

# Comune di Isola di Capo Rizzuto

SETTORE N. 3 - LAVORI PUBBLICI E TECNICO MANUTENTIVO

## PROGETTO DEFINITIVO/ESECUTIVO

### PIANO DELLE INDAGINI PRELIMINARI SULL'AREA IN LOC. CONCIO - S. PIETRO IN TRIPANI DEL COMUNE DI ISOLA DI CAPO RIZZUTO (PROV. KR)

Rev.	Descrizione	Data	Visto	Note		
03	Revisione	30/03/2021	<input checked="" type="checkbox"/>			
02	Revisione	31/12/2020	<input checked="" type="checkbox"/>			
01	Revisione	02/12/2019	<input checked="" type="checkbox"/>	Foglio	-	Scala
00	Emissione	02/10/2019	<input checked="" type="checkbox"/>	di	-	-
				Formato	A4	Doc. n° RT

Contenuto dell'elaborato

## RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA

PROGETTISTI



Dr.ssa Geol. Paola Angela Basta



Dr. Ing. Luca Paturzo, Ph.D.

RUP  
Ing. Antonio Otranto





## Sommario

1. <i>PREMESSA</i> .....	2
2.1 <i>Ubicazione del sito</i> .....	4
2.2 <i>Caratteristiche del sito di discarica</i> .....	6
2.3 <i>Strumenti urbanistici</i> .....	7
3 <i>Contesto geologico generale</i> .....	8
4.1 <i>Indagini indirette</i> .....	21
5. <i>PIANO DI INDAGINI di caratterizzazione ambientale</i> .....	24
<i>Indagini Geognostiche Dirette Ed Indirette Caratteristiche e Metodiche</i> .....	34
<i>Indagini Geofisiche:</i> .....	34
<i>Modalità esecutiva piezometri</i> .....	35
<i>Campionamento delle acque sotterranee</i> .....	37
<i>Metodiche analitiche per le analisi sulle acque di falda</i> .....	40
<i>Campionamento del terreno</i> .....	41
<i>Descrizione dei metodi di confezionamento e conservazione dei campioni</i> .....	42
<i>Analisi sul rifiuto</i> .....	44
6 <i>SICUREZZA</i> .....	46
7 <i>CONCLUSIONI</i> .....	46
ALLEGATI .....	47



## **I. PREMESSA**

La scrivente in seguito all’incarico conferitole dal Comune di Isola Capo Rizzuto (KR), in ottemperanza a quanto stabilito nella riunione del 08.02.2019, con il presente documento rielabora e illustra il Piano di indagini ambientali al fine di definire lo stato di contaminazione delle matrici suolo, sottosuolo e acque sotterranee in relazione alla presenza della ex discarica RSU ricadente in località Concio - San Pietro in Trapani nel Comune di Isola.

In dettaglio, nella procedura operativa riportata nella nota della Regione Calabria Dipartimento Ambiente e Territorio prot. n° 101958 del 11/03/2019, si evidenzia ai partecipanti che nel Piano delle Bonifiche del 2007 (Piano delle Bonifiche del 2001), al capitolo 10.13 “Messa in Sicurezza e Bonifica dei siti ad Alto Rischio, l’ufficio del Commissario indicava che a seguito di successivi aggiornamenti ai 40 siti ad Alto Rischio venivano aggiunti ulteriori 3 siti tra cui la discarica in loc. Concio- S.Pietro con un’estensione di 100.000 mq e un abbanco di 1.000.000 mc, senza applicare un livello di rischio.

Inoltre, nello stesso documento, l’ ARPACal espone la tipologia di indagini minime considerate ai fini del computo metrico proposto, rappresentate in 12 prospezioni geofisiche-tomografie geoelettriche, 16 sondaggi geognostici ambientali (16 campioni di terreno) e 4 piezometri (4 campioni di acqua) e 4 campioni di rifiuti, precisando che le stesse hanno carattere prettamente indicative, sono riferite ad una superficie ipotetica di 6 ettari e dovranno essere revisionate ed eventualmente rimodulate sulla base di ulteriori verifiche in merito alla superficie effettivamente interessata.

Tutti i campioni delle matrici ambientali dovranno essere sottoposti ad analisi chimiche di laboratorio per la determinazione delle concentrazioni degli analiti previsti dalla normative vigente in materia di bonifiche mentre i campioni di rifiuti saranno caratterizzati per l’indicazione della natura del rifiuti (pericoloso e non pericoloso).

Il presente piano di indagini è stato rielaborato nei limiti delle risorse economiche indicate nel Quadro economico (Allegato L) del progetto, in particolare al punto A.1 e A.2 si evidenzia che le risorse a disposizione delle indagini sono pari a 56.374,38 euro.

Il presente elaborato è corredato da cartografie di sintesi con indicate tutte le indagini da eseguirsi, suddivise in indagini dirette e indirette, con il seguenti accorgimento:

- nel cronoprogramma delle indagini l’esecuzione dei sondaggi (indagini dirette) sarà preceduta dalla realizzazione delle indagini indirette (Allegato 8) e dall’esecuzione delle trincee previste sia a scopo esplorativo che per il campionamento dei rifiuti.



### **Anamnesi storica del sito - Raccolta e Sistematizzazione dei dati e delle informazioni disponibili**

Il documento seguente è stato strutturato e redatto in base ai seguenti riferimenti normativi e documentali:

- *Decreto Legislativo 152/2006 e ss. mm. ii.*
- *Linee guida per la redazione dei piani di caratterizzazione ambientale di siti potenzialmente contaminati (Regione Calabria ARPACal);*
- *Linee guida APAT ed ISPRA.*

Di seguito vengono riassunte tutte le fasi del procedimento amministrativo e le attività di indagini ambientali già svolte in sito:

- La discarica comunale è stata autorizzata con DGR 3374 del 11/06/1991 (Verbale ARPACal);
- **ARPACal - Verbale del 15/03/2018:**  
“Rilevata la presenza di rifiuti sparsi e diffuse su una superficie molto più estesa rispetto a quella censita, l’estensione totale della discarica è stimabile in almeno 5-6 ettari, inclusa l’area oggetto di sequestro.  
Dall’esame visivo dei rifiuti affioranti sulla superficie della discarica è risultata la presenza di rifiuti e speciali costituiti da materiali di demolizione, pneumatici fuori uso; localmente si notava la presenza di elementi in fibrocemento contenente presumibilmente amianto.  
L’area occupata dai rifiuti si estende a valle fino al Torrente. Alla base del corpo di discarica si rilevano frequenti fuoriuscite delle acque meteoriche ricadenti sui rifiuti e drenate verso valle, che localmente si presentano di colorazione scura.”  
Il sito presenta una evidente contaminazione di tipo radiologico naturale, la cui reale estensione non può essere definita con la sola analisi campale ma deve essere determinata **previa caratterizzazione vasta del sito.**
- **Regione Calabria – Protocollo generale – SIAR N. 0357985 del 23/10/2018**  
Si segnala che ad oggi non sono state investigate dal soggetto responsabile dell’inquinamento le matrici ambientali per accertare la presenza di contaminazione presso per il sito in questione, utilizzato come discarica per rifiuti urbani da codesto comune di Isola.  
Infine si fa presente che, da quanto emerge dal verbale di sopralluogo redatto in data 15/03/2018, acquisito soltanto in data 17/10/2018 prot. 350874, I tecnici ARPACal hanno evidenziato sulla strada sterrata di servizio la presenza di metasilicati forforici contenenti TENORM, specificando però di non poter definire la reale estensione dell’area interessata con la sola analisi di campo, ma solo previa caratterizzazione di area vasta.
- **Regione Calabria – Prot. 101958 del 11/03/2019**  
La Regione puntualizza ad ARPACal ed al Comune che il livello di rischio da associare al sito dovrà essere riferito a tutta l’area che dovrà essere definita puntualmente, inclusa la zona segnalata separatamente dal Comune con “ex fabbrica di liquirizia”, e non solo alla ex discarica comunale oggi recintata.  
L’ ARPACal espone la tipologia di indagini minime considerate ai fini del computo metrico proposto, rappresentate in 12 prospezioni geofisiche-tomografie geoelettriche, 16 sondaggi geognostici ambientali (16 campioni di terreno) e 4 piezometri (4 campioni di acqua) e 4 campioni di rifiuti, precisando che le stesse hanno carattere prettamente indicative, sono riferite ad una superficie ipotetica di 6 ettari e dovranno essere revisionate ed eventualmente



rimodulate sulla base di ulteriori verifiche in merito alla superficie effettivamente interessata.

Tutti I campioni delle matrici ambientali dovranno essere sottoposti ad analisi chimiche di laboratorio per la determinazione delle concentrazioni degli analiti previsti dalla normative vigente in materia di bonifiche mentre I campioni di rifiuti caratterizzati per l’indicazione della natura del rifiuti (pericoloso e non pericoloso).

- **Regione Calabria – Decreto Dirigenziale “Registro dei decreti dei Dirigenti della Regione Calabria” N. 4036 del 29/03/2019.**

Esiste una forte discrasia tra tutte le informazioni acquisite sull’area (Comune, ARPACal, Capitaneria di Porto, Corpo Forestale dello Stato) e in particolare sull’estensione e sulle quantità di rifiuti abbancati;

Ai fini della valutazione del rischio nonché della presenza dei siti inquinati, che saranno contenuti nel Piano delle Bonifiche, è necessario chiarire la delimitazione dell’area potenzialmente inquinata e delle quantità di rifiuti abbancati, sebbene provenienti da diverse coltivazioni ma che nel contest ambientale rappresentano un’unica fonte di possibile inquinamento per le matrici ambientali;

L’ARPACal, in seguito ad una riunione tecnica tenutasi presso la Regione Calabria, ha redatto un proposta di indagini preliminare volta a chiarire anche gli aspetti sopra citati;

- **ARPACal – Protocollo n.25575 del 27/05/2019**

Trasmissione esiti indagini geoelettriche discarica loc. Concio – San Pietro in Tripani.

## 2.1 Ubicazione del sito

Il sito è ubicato in località Concio - San Pietro in Tripani al confine tra il territorio comunale di Isola e di Cutro (KR). I riferimenti cartografici, che individuano l’area di intervento, utilizzati per la redazione della presente relazione tecnica sono i seguenti:

- Carta d’Italia scala 1:50.000 (IGM, 1989 - 1991) Foglio 577 “Isola di Capo Rizzuto” Progetto CARG;
- Carta Tecnica Regionale scala 1:5.000, elementi: 577 011
- Immagini Google Earth vari anni;
- Carta Geologica della Calabria scala 1:25.000 (Ex CASMEZ, 1958 - 1962) Foglio 243 sez.IV NO “S. Leonardo di Cutro”.

L’ubicazione del sito è indicata nella seguente Tabella:

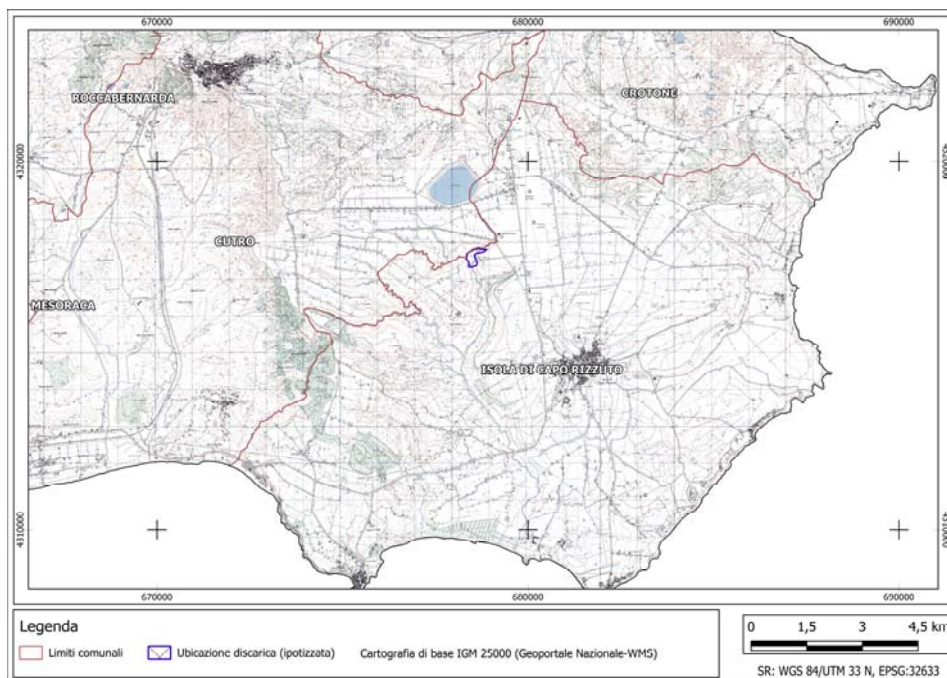
Coordinate geografiche WGS84		UTM33 WGS84		Quota media
Latitudine	Longitudine	E	N	metri s.l.m.
38°59'12.32"N	17° 3'41.10"E	678543.62	4317328.25	130 m

Tabella 1 – Ubicazione dell’ex discarica



Comune di  
ISOLA DI CAPO RIZZUTO  
(CZ)

*Rielaborazione “Piano delle Indagini preliminari sull’area in  
Località Concio-San Pietro in Trapani”*



**Figura 1** - Inquadramento su IGM 1:25000



**Figura 2** – Area ex discarica località Concio - San Pietro in Trapani (KR)  
(Immagine satellitare da Google Earth)



**Figura 2a** – Area ex discarica località Concio - San Pietro in Trapani (KR)  
(Immagine da Google Earth 12.01.2020)

## **2.2 Caratteristiche del sito di discarica**

L’area di indagine è una discarica dismessa, priva di presidi ambientali, che ricade a cavallo del confine comunale dei Comuni di Isola di Capo Rizzuto e Cutro, in località Concio – San Pietro in Trapani, ad una distanza di circa 10 km dal centro abitato di Isola.

La discarica è stata autorizzata con DGR 3374 del 11/06/1991, risulta attualmente in disuso per chiusura con Ordinanza del Commissario Delegato per l’Emergenza Ambientale n. 423 del 31/12/1998.

Sulla base delle informazioni estrapolate dai documenti consegnati alla sottoscritta, ed in particolare al verbale ARPACal del 15/03/2018, si evidenzia che *“Si rileva la presenza di rifiuti sparsi e diffuse su una superficie molto più estesa rispetto a quella censita, l’estensione totale della discarica è stimabile in almeno 5-6 ettari, inclusa l’area oggetto di sequestro”*.

Sulla base del sopralluogo visivo effettuato e della sovrapposizione su CTR del perimetro ipotizzato, è stato possibile stimare una superficie di circa 120.000 m<sup>2</sup>.

La discarica è dotata di recinzione, ma non di opere necessarie a prevenire l’inquinamento. Il corpo rifiuti risulta coperto con uno strato di terreno vegetale sul quale ha attecchito vegetazione spontanea (Fig. 2b).



Figura 2b – Dettaglio - Area ex discarica località Concio - San Pietro in Tripani (KR)

Dall’esame visivo dei rifiuti affioranti sul sito, il corpo della discarica è costituito prevalentemente da RSU.

E’ stata riscontrata la presenza di rifiuti speciali costituiti da materiali di demolizione, pneumatici fuori uso; localmente si notava la presenza di elementi in fibrocemento contenente presumibilmente amianto. (ARPACal - Verbale del 15/03/2018).

Inoltre, i tecnici ARPACal, hanno evidenziato sulla strada sterrata di servizio la presenza di metasilicati forforici contenenti TENORM, specificando però di non poter definire la reale estensione dell’area interessata con la sola analisi di campo, ma solo previa caratterizzazione di area vasta.

L’area non è dotata di serbatoi, platee di stoccaggio o impianti tecnologici di trattamento. Da una prima indagine condotta non vi sono condutture sotterranee o aeree (acquedotti o fogne).

Sul sito è presente un ex fabbrica di liquirizia, attiva fra la metà dell’800 e la metà del ‘900.

### 2.3 Strumenti urbanistici

Sulla base del Programma di Fabbricazione (PdF) del comune di Isola, il sito oggetto di studio ricade in un’area classificata come Zona Agricola, Foglio 9 Particella 166.

L’area in esame ai fini della caratterizzazione ambientale è stata considerata a destinazione d’uso “*verde pubblico e residenziale*”, in particolare:

- i limiti normativi di riferimento, per la matrice suolo, saranno relativi ad una destinazione d’uso “*Verde Pubblico, Privato e Residenziale*” tabella “1A” ai sensi dell’allegato n.5 del Titolo V Parte IV del D. Lgs. 152/06 e s.m.i..





Nell'area sono presenti le seguenti condizioni di rischio e vincoli:

- **Condizione di rischio e vincoli derivanti dallo studio Geomorfologico** allegato P.S.C. classe di fattibilità 3 e 4;
- **Zona di Interesse Archeologico;**
- **Area boscate percorse dal fuoco;**
- **Vincoli aeroportuali.**

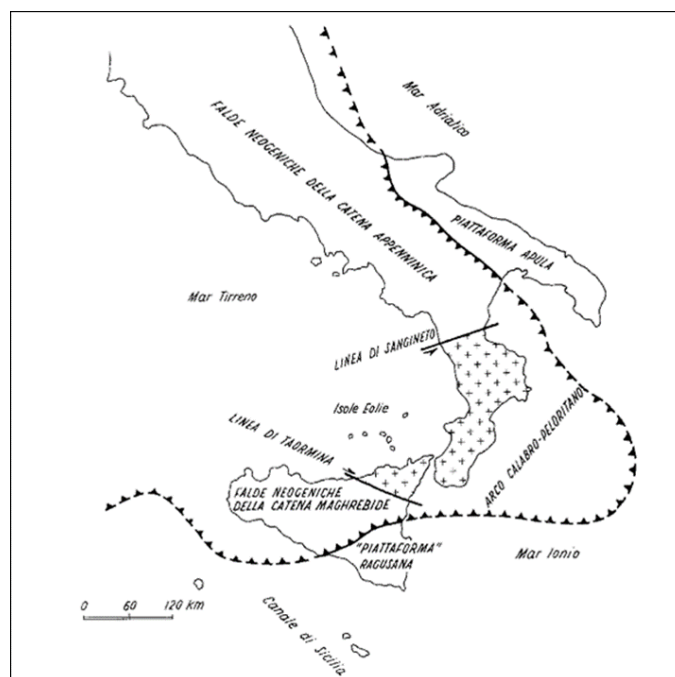
**Allegato 1** – Certificato di destinazione urbanistica

### 3 Contesto geologico generale

Le caratteristiche geologiche dell'area di progetto sono state desunte dalla Carta Geologica della Calabria scala 1:25.000 (edita dalla Cassa per il Mezzogiorno per la Calabria - Ex Casmez) e dalle note illustrative a corredo della stessa, nonché, da materiale bibliografico e pubblicazioni scientifiche.

L'area in esame ricade nella parte Nord-orientale dell'Arco Calabro Peloritano (APC). L'ACP è stato interpretato come un frammento di catena alpina (costituito da rocce cristalline e metamorfiche) sovrascorsa sulla catena appenninica-maghrebide. L'evoluzione del mediterraneo è caratterizzata dalla migrazione verso SE della catena peloritana nel corso dell'Eocene, la quale è sovrascorsa al di sopra della porzione settentrionale della placca africana e dei suoi promontori. Questi ultimi comprendono il blocco apulo a Nord (il quale comprende la piattaforma Adria) e il blocco ibleo a sud (nel quale fa parte la placca africana). Tra questi due elementi si trova il bacino ionico.

L'arco calabro si distingue in due settori: quello settentrionale che si estende dall'allineamento tettonico di Sangineto a quello di Capo Vaticano-Soverato, e quello meridionale che si estende dall'allineamento di Capo Vaticano-Soverato a quello di Taormina (fig.3).

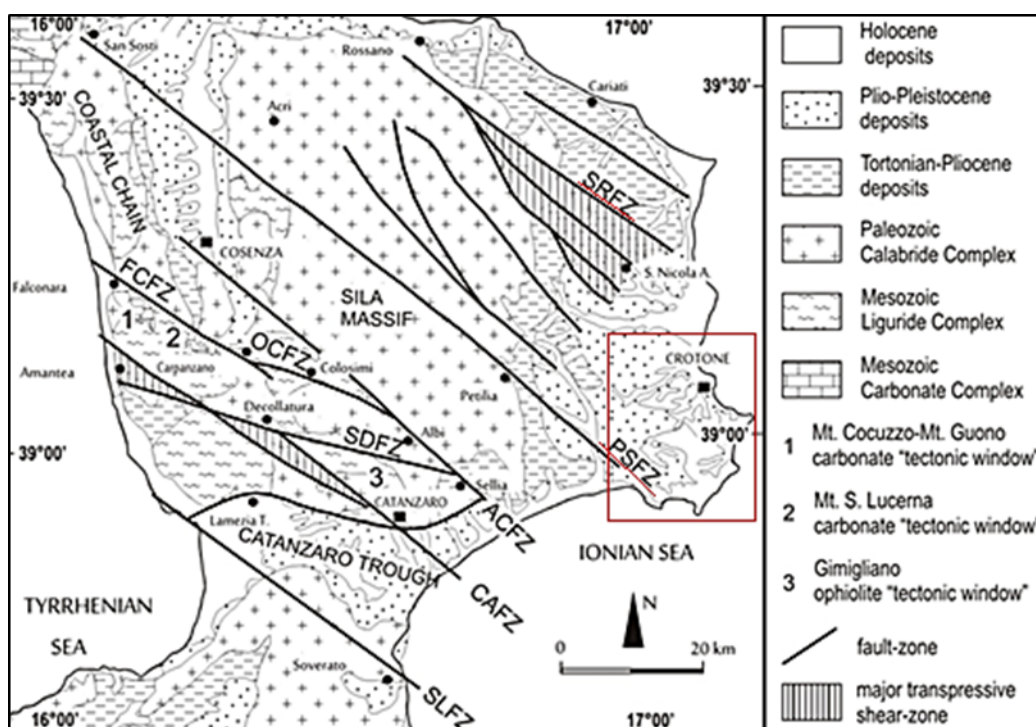


**Figura 3-** Rappresentazione schematica dell'Arco Calabro Peloritano.



Il sito d'interesse fa parte dell'unità geologica nota come Bacino Crotonese, che è compreso tra il margine orientale della Sila ed il Mar Ionio.

Il Bacino Crotonese è costituito prevalentemente da sedimenti che variano dal continentale al marino profondo di età compresa tra il Serravalliano ed il Pleistocene (RODA, 1964; VAN DIJK, 1990-1991). Dal punto di vista strutturale, esso è delimitato a Nord-Est e Sud-Ovest da due zone di taglio sinistre, la Rossano-S.Nicola Fault e la Petilia-Sosti Fault (fig.4).

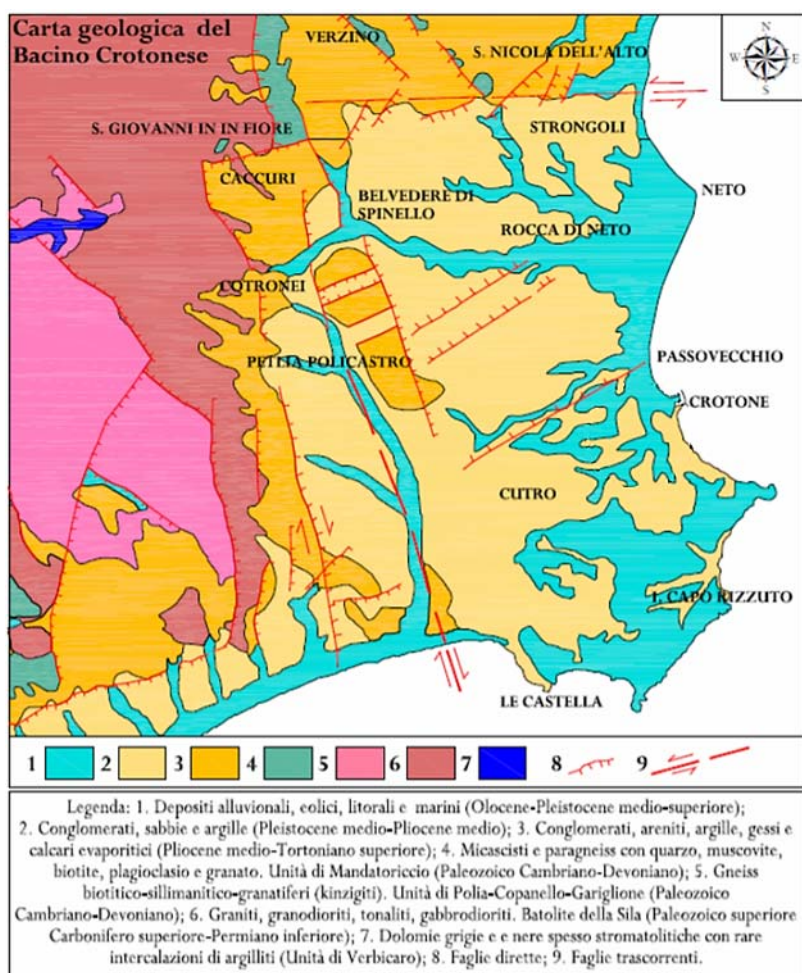


**Figura 4** – Inquadramento geologico-strutturale del bacino di Crotona e rappresentazione schematica delle *fault zones* oblique transpressive con orientamento NW-SE immergenti verso SE, caratterizzate da movimenti inversi-sinistri, attive tra il Miocene medio e il Pleistocene (da VAN DIJK *et al.*, 2000). Legenda: (SLFZ) Soverato-Lamezia Fault Zone; (CAFZ) Catanzaro-Amantea Fault Zone; (ACFZ) Albi-Cosenza Fault Zone; (SDFZ) Sellia-Decollatura Fault Zone; (OCFZ) Ospedale-Colosimi Fault Zone; (FCFZ) Falconara-Carpanzano Fault Zone; (PSEFZ) Petilia-S. Sosti Fault Zone; (SRFZ) S. Nicola-Rossano.

L'evoluzione del suddetto bacino viene correlato alla migrazione dell'Arco Calabro verso Sud-Est a partire dal Serravalliano-Tortoniano, con la conseguente subduzione della crosta ionica e l'apertura del Bacino Tirrenico (VAN DIJK & OKKES, 1990-1991). La successione sedimentaria del Bacino Crotonese è stata oggetto di un regime distensivo con eventi interruttivi di tipo deformativi compressivi, legati all'attivazione di faglie transpressive con orientamento NO-SW. Questi eventi verificatisi durante il Messiniano, tra il Pliocene inferiore e medio, e nel Pleistocene medio hanno determinato sollevamenti generalizzati e discordanze (VAN DIJK, 1990). A partire dal Pleistocene medio, successivamente alla deposizione dei depositi sabbioso-siltosi che passano a sabbie e microconglomerati rossastri di spiaggia (Formazione di San Mauro – RODA, 1964), l'Arco Calabro è stato oggetto di un continuo sollevamento dal quale ne ha conseguito l'emersione di vari bacini, tra cui il suddetto Bacino di Crotona. Ciò, viene testimoniato dalla presenza di alcuni ordini di terrazzi marini (RUGGIERI, 1941-1948) i cui tassi di sollevamento variano tra 0.4 e 1.8 m/ka (COSENTINO *et al.*, 2010-2011).



Dal punto di vista stratigrafico (fig.5), il Bacino di Crotonese è costituito nella parte settentrionale da depositi terrigeni di età serravalliano-tortoniano che poggiano in modo trasgressivo sul substrato metamorfico e dalla serie solfifera in cui sono intercalate lenti di Argille varicolori (OGNIBEN, 1955). La porzione meridionale è costituita dalla successione neogenica che si articola in circa sei sequenze deposizionali datate al Serravalliano-Tortoniano, Tortoniano sup.-Messiniano, Messiniano superiore, Pliocene inferiore, Pliocene medio e Pleistocene inferiore-medio. I depositi delle successioni pre-messiniane e messiniane affiorano nella parte nord-occidentale del bacino tra i paesi di S.Nicola dell’Alto, Cerenzia e Cotronei. I terreni infra e medio pliocenici affiorano nella parte centrale del bacino come strutture a horst asimmetrico. La sequenza sedimentaria chiude all’inizio del Pleistocene medio con la deposizione delle arenarie di S. Mauro costituite da depositi litorali che segnano l’inizio dell’uplift regionale che ha portato all’emersione l’intera successione sedimentaria.



**Figura 5** – Rappresentazione litologica e delle principali faglie che caratterizzano il Bacino di Crotonese. Da Protezione Civile Calabria, progetto sistemazione idraulica del Torrente Papanicario.

Dal punto di vista geologico locale, il sito d’interesse rientra nel Foglio 243 – IV NO “S. LEONARDO DI CUTRO” della Carta Geologica della Calabria (CASMEZ) in scala 1:25.000 dell’I.G.M., dove affiorano dal basso verso l’alto (fig.6):



- ✓ Argille siltose da grigio-azzurre grigio-chiare (P<sup>a</sup><sub>2-3</sub>);
- ✓ Sabbie da fini a grossolane, ghiaie e conglomerati (Q<sup>s-cl</sup>);
- ✓ Prodotti di soliflusione e dilavamento (a).

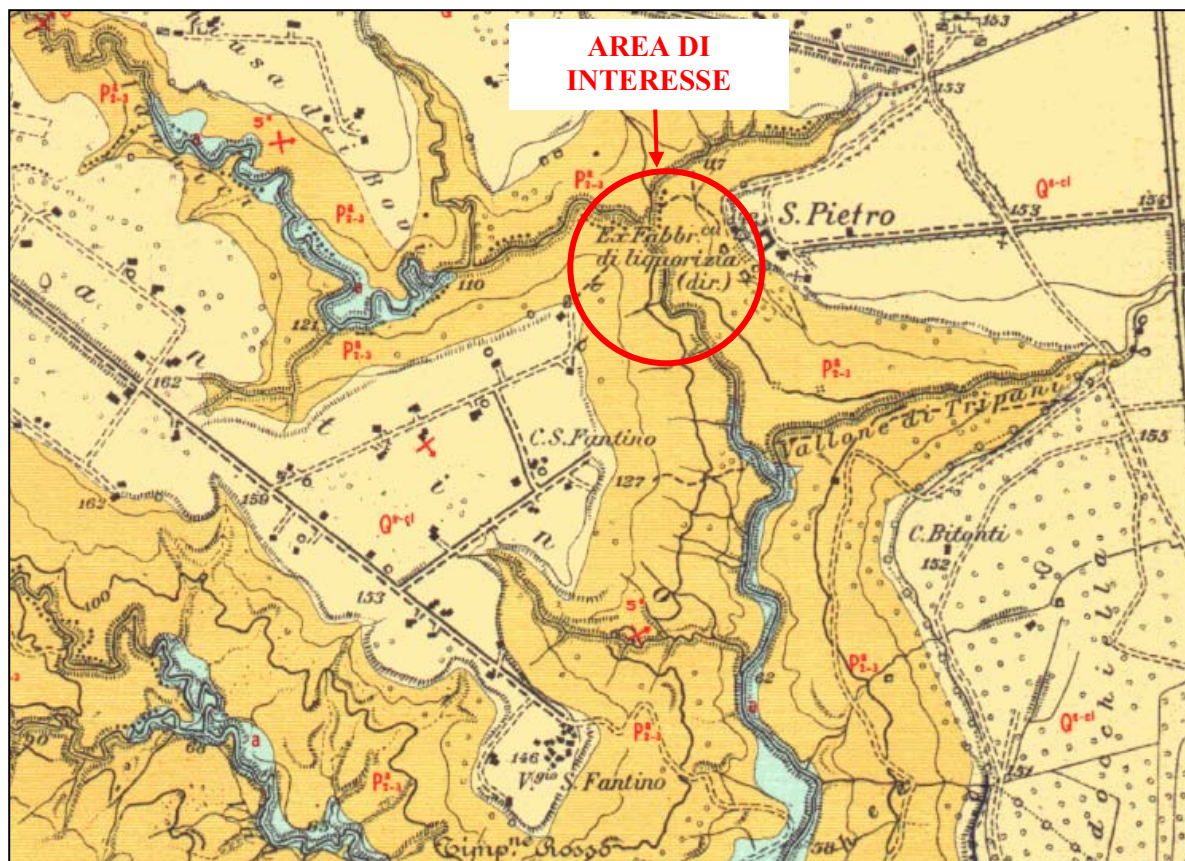


Figura 6 – Stralcio Carta geologica Scala 1.25000 Foglio 243 – IV NO “S. LEONARDO DI CUTRO”

### Legenda

	Prodotti di soliflusione e dilavamento, talora misti a materiale alluvionale.
	Sabbie, ghiaie e conglomerati da bruni a bruno-rossastri. Localmente si hanno intercalazioni di arenarie, arenarie bioclastiche a cemento calcareo e calcareniti, nonché lenti di calcari algali e biostromali. Pressochè tutti questi tipi litologici ricorrono nei depositi dei vari terrazzi, che sono così caratterizzati da una notevole variabilità laterale di facies. La stratificazione incrociata è molto frequente. Questi depositi contengono, localmente, una microfauna non significativa; macrofauna talora abbondante. La resistenza all'erosione dipende largamente dal locale grado di cementazione. Permeabilità in genere elevata.
	Argille siltose da grigie a grigio-azzurre, con occasionali sottili intercalazioni di sabbie e silts. Contengono in genere una buona microfauna a foraminiferi. Le argille presentano scarsa resistenza all'erosione e bassa permeabilità.

In dettaglio, nella zona subpianeggiante, topograficamente più elevata, si riscontrano i terreni pleistocenici composti da sabbie, ghiaie e conglomerati da bruni a rossastri. Localmente presentano intercalazioni di arenarie, arenarie bioclastiche a cemento calcareo e calcareniti. Pressochè tutti questi tipi litologici ricorrono nei depositi dei vari terrazzi, che sono caratterizzati da una variabilità laterale di facies. Questi depositi contengono, localmente, una microfauna non significativa e una



macrofauna a volte abbondante. La resistenza all’erosione dipende dal grado di cementazione. La permeabilità risulta in genere elevata. Queste poggiano in discordanza sui terreni pliocenici, costituiti da argille siltose con occasionali sottili intercalazioni di sabbie e silts. In genere, contengono una buona microfauna a foraminiferi. Le argille presentano una scarsa resistenza all’erosione e bassa permeabilità.



**Figura 7 – Arenarie**

**Allegato 2** - Carta geologica generale.

**Allegato 3** - Carta geologica locale.



### 3.1 Assetto geomorfologico generale e locale

La geomorfologia del territorio crotonese è fortemente controllata e influenzata dalla storia geodinamica della Calabria. A partire dal Pleistocene medio, l’Arco Calabro è stato soggetto ad un sollevamento dal quale ne consegue l’emersione del Bacino di Crotona. Ciò è dimostrato dalla presenza di alcuni ordini di terrazzi marini (RUGGIERI, 1941-1948) ai quali, da studi più recenti, si attribuisce un’età di circa 200 ka B.P (stadio isotopico 7) al terrazzo più antico ed ai successivi un’età che parte dal Tirreniano (stadio isotopico 5e, circa 125 ka B.P) fino a circa 50 ka B.P. (GLIOZZI, 1987; COSENTINO *et al.*, 1989). I tassi di sollevamento spaziano tra 0.4 e 1.8 m/ka (COSENTINO *et al.*, 1989). Nell’area “Isola di Capo Rizzuto” (Foglio 577, progetto Carg) sono stati riscontrati terrazzi marini che poggiano sull’argilla marnosa di Cutro. In quest’area sono stati rilevati cinque ordini di terrazzi marini (ZECCHIN *et al.*, 2004b), i cui depositi sono stati classificati come sintemi (fig.8):

- 1 Sintema del Lago di Sant’Anna: depositi terrazzati del 1° ordine, Pleistocene medio (riferibili al “terrazzo di Cutro”);
- 2 Sintema di Soverito: depositi terrazzati del 2° ordine, Pleistocene superiore;
- 3 Sintema di Capo Cimiti: depositi terrazzati del 3° ordine, Pleistocene superiore;
- 4 Sintema di Capo Rizzuto: depositi terrazzati del 4° ordine, Pleistocene superiore;
- 5 Sintema di Le Castella: depositi terrazzati del 5° ordine, Pleistocene superiore.

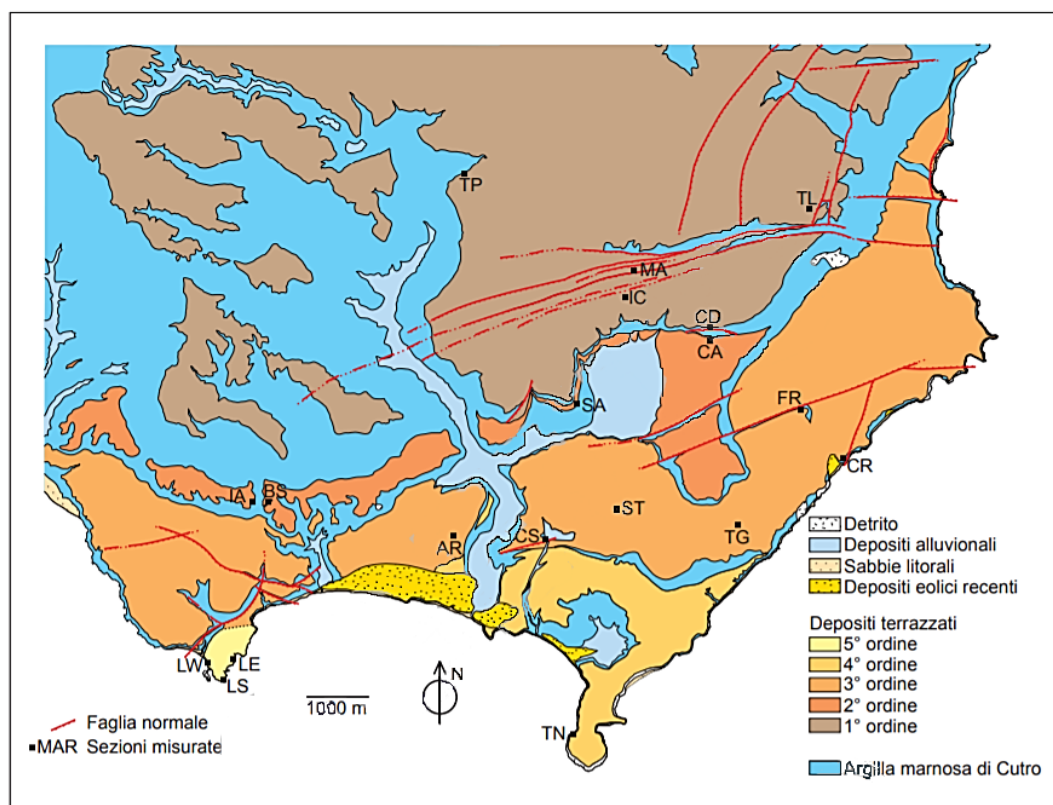


Figura 8- Carta geologica dell’area e terrazzi marini (PROGETTO CARG).

I terrazzi sono interessati principalmente da quattro sistemi di faglie dirette (Progetto CARG):

- 1 Sistema di faglie con direzione ENE-OSO: nella parte settentrionale dell’abitato di Isola di Capo Rizzuto si presentano tra loro in maniera subparallela e tagliano il sintema di Lago S. Anna. A Sud-Est di Isola di Capo Rizzuto, i terrazzi di Soverito e Capo Cimiti sono



- tagliati da due faglie dirette con medesima direzione ma con abbassamento del blocco settentrionale. Altre due faglie, infine, sono state rilevate rispettivamente nella parte Nord-occidentale di Le Castella e a Sud di Casa dello Stumio.
- 2 Sistema di faglie con direzione E-O: formano un angolo di circa 25° con il sistema di faglie precedente.
  - 3 Sistema di faglie con direzione NNE-SSO: formano angoli da 60° a 80° rispetto al primo sistema. Si tratta di tre faglie dirette che ribassano il blocco orientale del sistema del Lago Sant'Anna. Ad Ovest, nei pressi di Le Castella, è presente un'altra faglia con andamento sinuoso che disloca il sistema di Capo Cimiti.
  - 4 Sistema di faglie con direzione ONO-ESE: nei pressi di Le Castella queste, dislocano tutto il sistema di Capo Cimiti ribassando la porzione Sud-occidentale.

I sistemi di faglie descritti possono essere messi in relazione con il sollevamento dell'Arco Calabro iniziato nel Pleistocene medio. Alcune di queste faglie sono state attive dopo la deposizione del sistema del Lago di Sant'Anna (1° ordine) ma prima di quella del sistema di Soverito (2° ordine). Questo è osservabile nell'area di Isola di Capo Rizzuto, dove il sistema del Lago di Sant'Anna, più volte dislocato dal sistema di faglie ENE-OSO (e localmente E-O e NNE-SSO), è diviso dal sistema di Soverito tramite una bassa scarpata ed i suoi lembi più ribassati sono quasi fusi con quest'ultimo sistema (Casa Cardinale e tra le località S. Antonino e S. Costantino). L'attività delle faglie meridionali è più recente ed è iniziata a partire dal Pleistocene superiore, in base alla presunta età del sistema di Capo Cimiti (3° ordine) che viene dislocato da esse.

In generale, questo bacino è caratterizzato da due contesti morfologici differenti correlati alla diversa resistenza all'erosione delle rocce affioranti:

- Morfologia collinare dolce e/o morfologia calanchiva molto spinta che interessa le argille di Cutro;
- Morfologia tabulare, leggermente inclinata verso la costa ed interessa i depositi sabbioso-arenacei-conglomeratici che caratterizzano i depositi marini terrazzati.

Morfologicamente, il bacino presenta un sistema orografico costituito da deboli rilievi collinari che non superano la quota di 300m s.l.m. (fig.9).

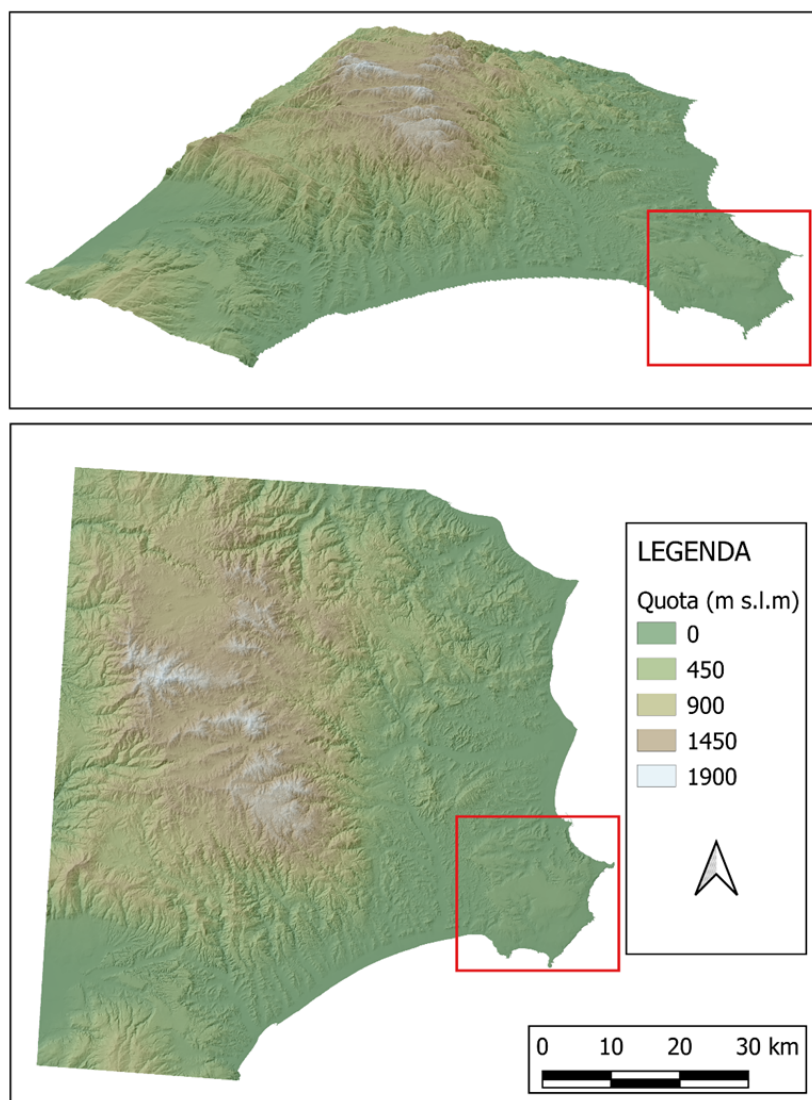
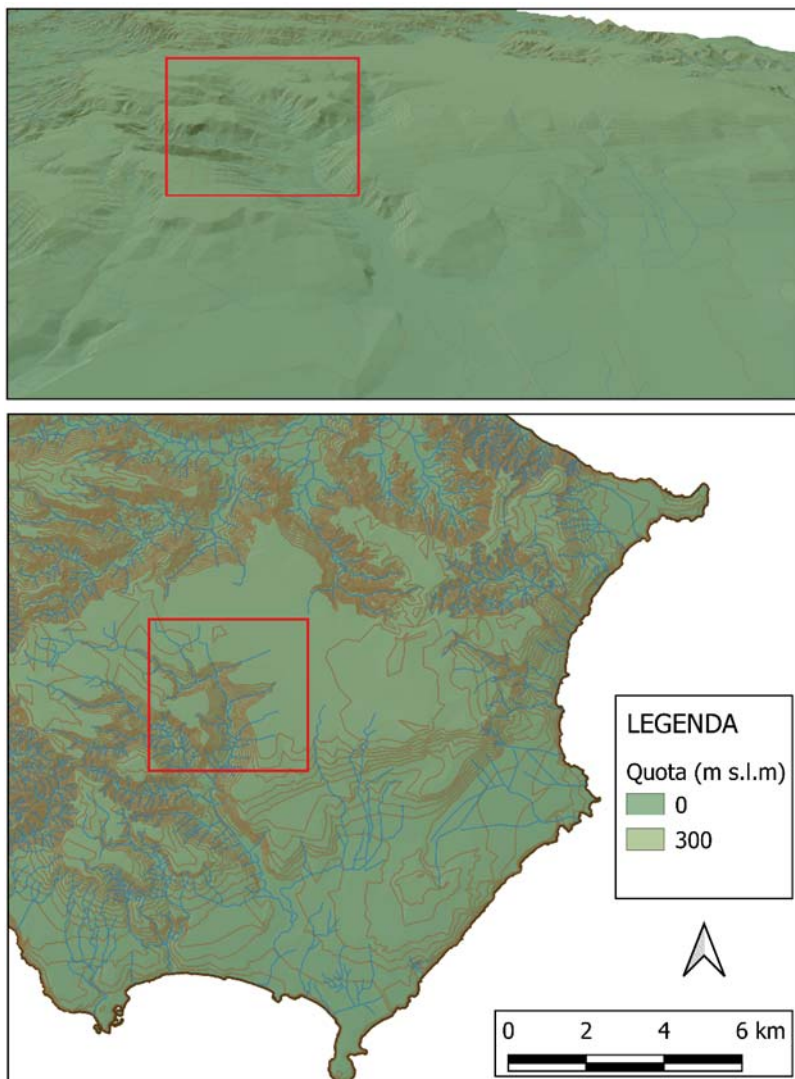


Figura 9 - Rappresentazione morfologica dell’area centro-orientale della Calabria.

Generalmente, i versanti possono essere soggetti a fenomeni erosivi che dipendono dalle caratteristiche litologiche, giaciture, climatologiche e dall’azione delle acque meteoriche.

Dal punto vista locale, il sito di interesse ricade in un territorio caratterizzato da una morfologia subpianeggiante inciso e delimitato da un’articolato sistema fluviale che ne conferisce pendenze comprese tra i 15° e i 35° (fig.10).





**Figura 10** -Rappresentazione morfologica del sito di interesse.

Di seguito nelle figure successive è rappresentato il Modello Digitale delle Altezze (DEM) per l’area- Il DEM rappresenta la modellizzazione della superficie topografica utilizzando i dati di elevazione sul livello del mare riportati nella cartografia regionale (CTR). Nelle figure successive il DEM dell’area è rappresentato sia in formato bidimensionale che tridimensionale.

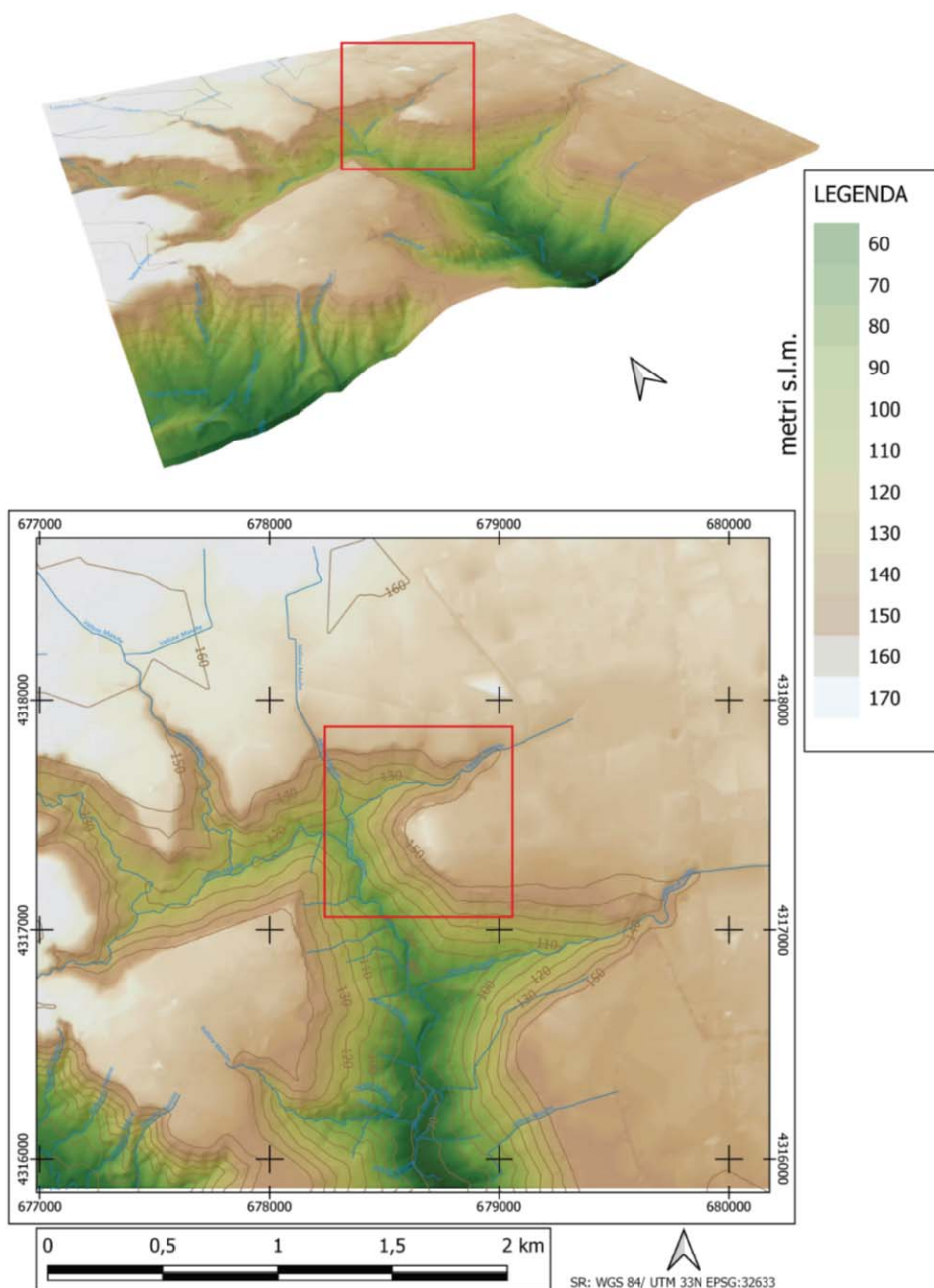


Figura 11 -Rappresentazione modellizzazione della superficie topografica del sito di interesse.

**Allegato 4** - Carta geomorfologica generale.

**Allegato 5** – Carta geomorfologica locale.

**Allegato 6** – Carta delle pendenze.



### 3.2 Assetto idrografico ed idrogeologico generale

Il Bacino di Crotone è attraversato da una serie di corsi d'acqua (tra i quali da Nord a Sud: Trevalloni, Crepacuore, Passovecchio, Esaro, Vorga, Purgatorio, Dragone e Pozzofieto), dotati in gran parte di bacini di piccole dimensioni, ad eccezione del fiume Esaro di Crotone (circa 115 km<sup>2</sup>) e del torrente Passovecchio (circa 78 km<sup>2</sup>).

Il sito d'interesse ricade in prossimità del Torrente Vorga caratterizzato da un pattern di tipo dentritico con lunghezza dell'asta principale superiore al chilometro. Il relativo bacino idrografico è caratterizzato da un'estensione areale di circa 63 Km<sup>2</sup>, con perimetro di circa 39800 m e pendenze comprese tra 15° e 35°. Quest'ultimo, presenta una quota massima di circa 195 m s.l.m e una quota media di circa 112 m s.l.m (fig.12).

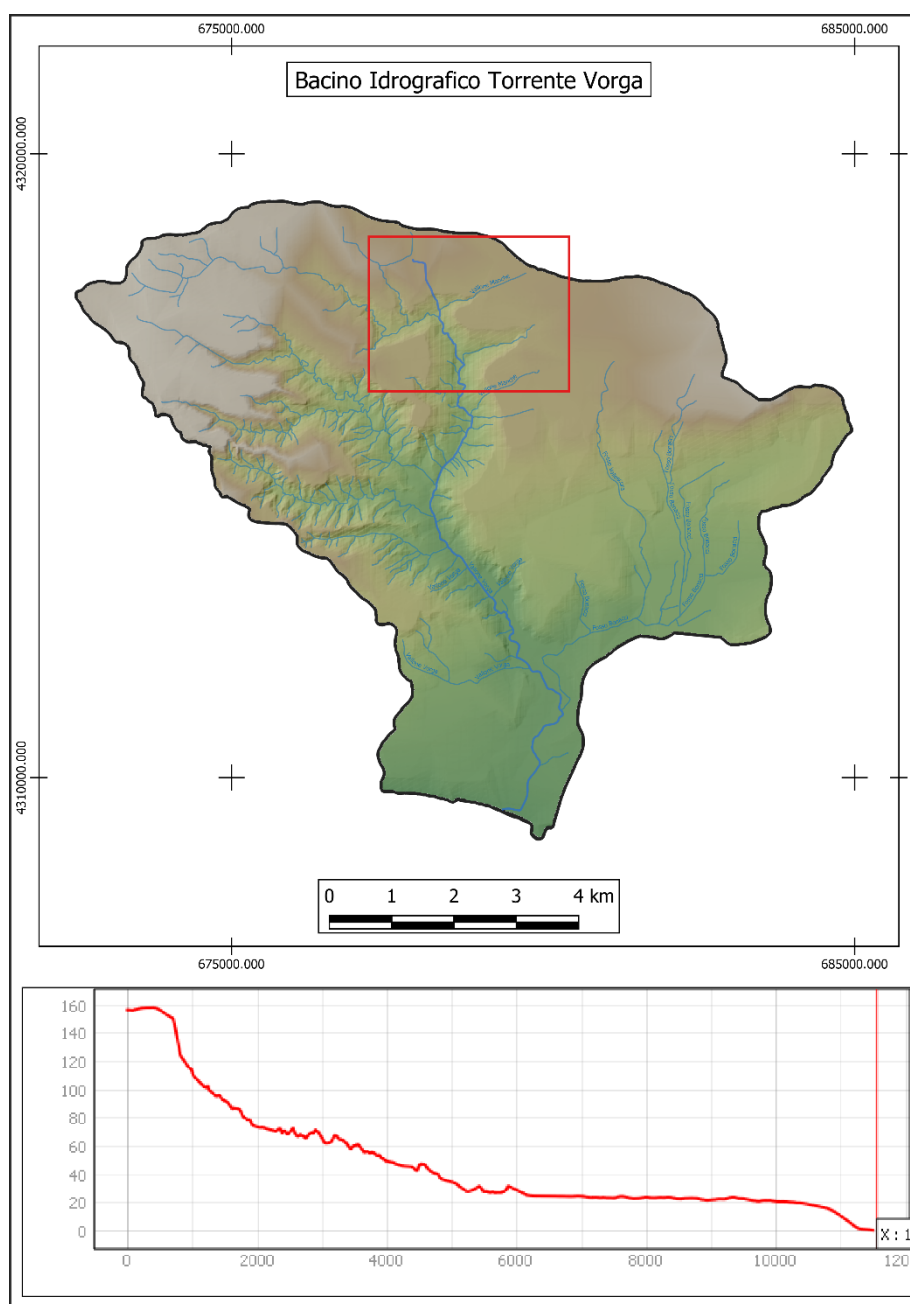


Figura 12 -Rappresentazione del bacino in cui ricade il Vallone Vorga e della relativa curva ipsografica.



Il Torrente si imposta principalmente sulle argille siltose plioceniche caratterizzate da scarsa resistenza all’erosione e bassa permeabilità. Nelle zone meridionali è possibile riscontrare materiale alluvionale misto a prodotti di dilavamento. Nelle aree vicine ai valloni, sulle superfici sub-pianeggianti sono presenti terreni a permeabilità media - elevata costituiti principalmente da sabbie da fini a grossolane, ghiaie e conglomerati pleistocenici.

Le sorgenti e i pozzi presenti nell’area di progetto sono state censite dalle seguenti fonti:

- “Le Sorgenti italiane – elenco e descrizione – Vol. VI - Calabria” edito dal Servizio Idrologico Centrale (1941);
- PTA Piano Tutela delle Acque Regione Calabria – adottato con Deliberazione di Giunta regionale n. 394 del 30.06.2009;
- Censimento previsto dalla Legge 464/84 consultabile tramite il WebGis dell’ISPRA.

ID	Nome	UTM33 WGS84		Quota [m s.l.m.]	Portata [l/sec]	Fonte
		Latitudine/X	Longitudine/Y			
1026	Acquafredda	4° 36' 50"	38° 57' 24"	80	10.40	Le Sorgenti italiane Vol. VI
1027	Gr. S. Pietro	4° 36' 45"	38° 57' 06"	142	2.79	Le Sorgenti italiane Vol. VI
1028	Serbatoio di Trapani	4° 36' 29"	38° 57' 53"	149	5.25	Le Sorgenti italiane Vol. VI

**Tabella 2** – Sorgenti presenti nell’area di progetto

Nell’elenco delle sorgenti d’Italia, Vol. VI, Calabria, relativamente all’area di progetto, le sorgenti rilevate sono, in maggior parte, piuttosto modeste. La più notevole risulta la “Acquafredda” con una portata di 10.40 l/s misurata a luglio del 1934.

Sulla base dei dati ISPRA, non vi sono pozzi censiti nell’area di progetto.

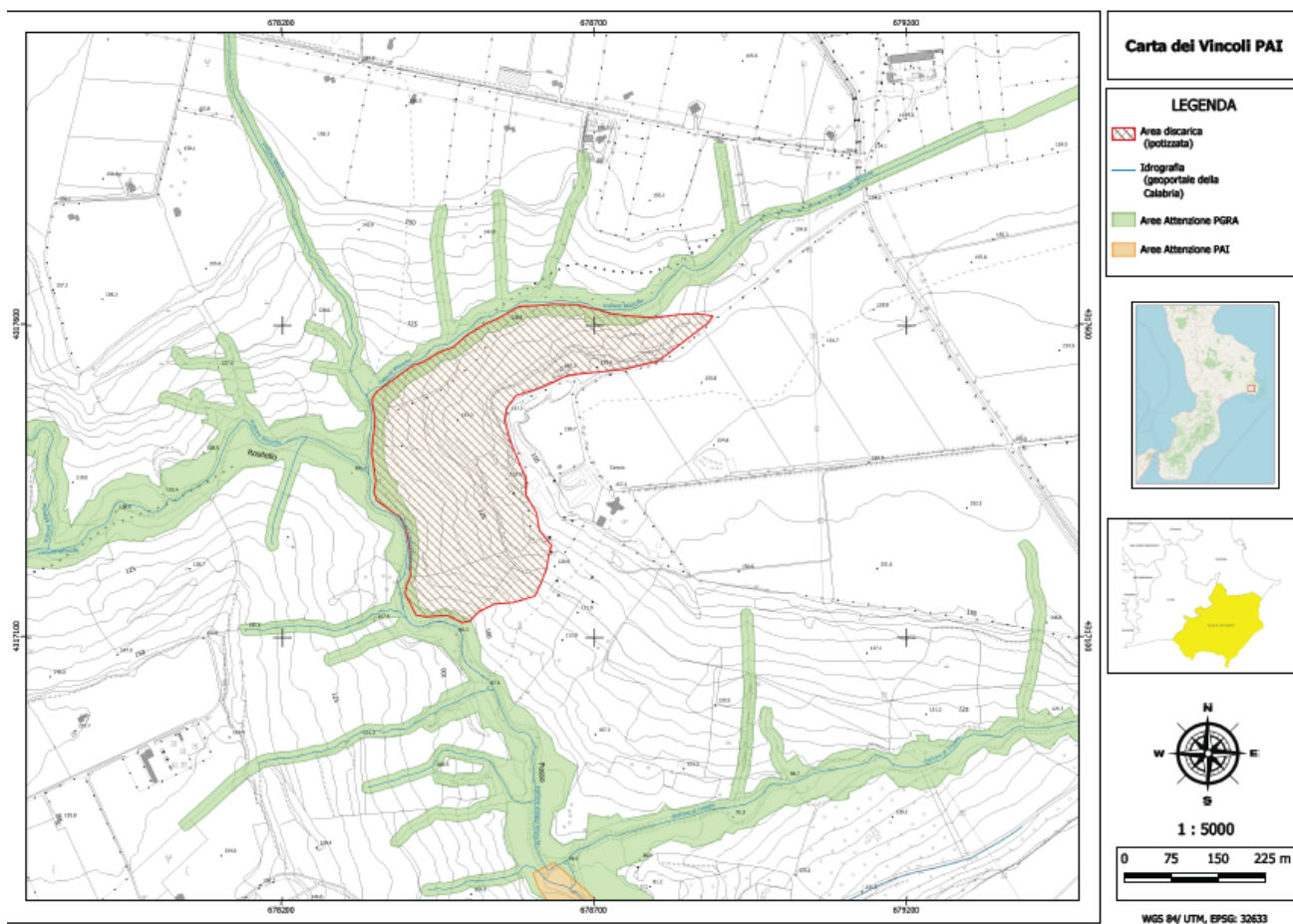
**Allegato 7** – Carta Idrogeologica.



Comune di  
ISOLA DI CAPO RIZZUTO  
(CZ)

Rielaborazione “Piano delle Indagini preliminari sull’area in  
Località Concio-San Pietro in Tripani”

### 3.3 Vincoli PAI



**Figura 13** – Cartografia delle aree esondabili ed a rischio idraulico rispetto alla discarica: nell’area non vi sono elementi a rischio idraulico.

Dalla sovrapposizione della cartografia PAI relativa al rischio e vincoli geomorfologici si evidenzia che l’area ricade per una piccola porzione a valle in un’area di attenzione PGRA.



#### 4 Censimento dei dati ambientali:

Indagini di caratterizzazione ambientali eseguite nel 2019.

##### 4.1 Indagini indirette

Nel maggio 2019 nell’area dell’ex discarica sono state realizzate da ARPACal le seguenti indagini indirette:

- Indagini geofisiche

Le indagini condotte hanno dato delle indicazioni preliminari sito specifiche da utilizzare per tarare le indagini dirette.

##### 4.1.1 Prospezioni geoelettriche

Il 17 aprile e il 06 maggio 2019 sono state eseguite n.4 prospezioni di tomografia elettrica di tipo attivo (RES1÷RES7).

La campagna d’indagine è stata condotta con un elettrotomografo ARES II a 48 elettrodi multicanale GF Instruments. (Report ArpaCal).



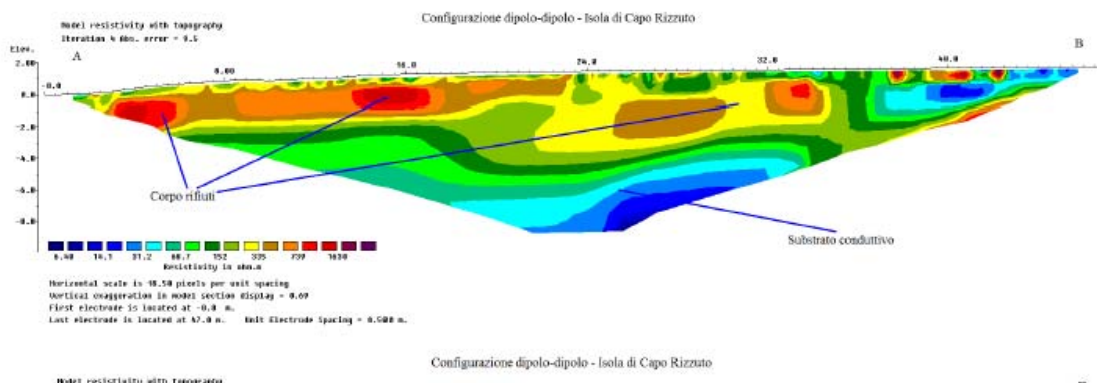
Figura 14 – Ubicazione prospezioni geoelettriche anno 2019 Piano di Caratterizzazione  
(figura tratta dal Report dell’ARPACal)



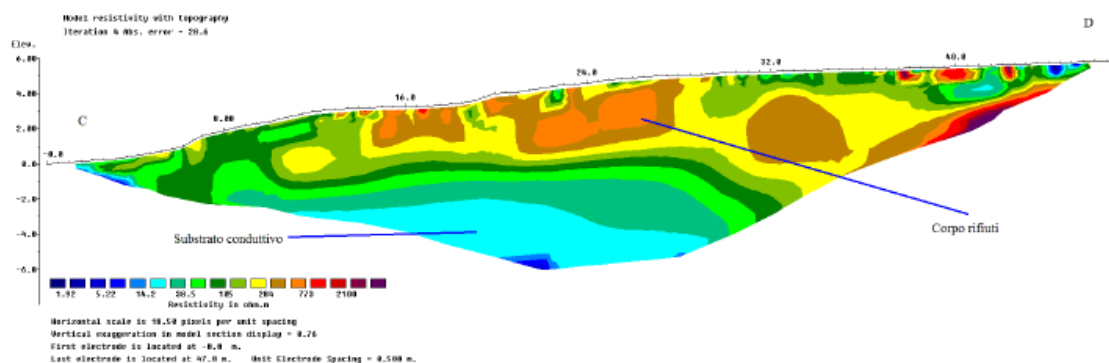
### Risultati prospezioni geoelettriche

Il sondaggio AB, eseguito in direzione est-ovest, avendo uno schieramento di elettrodi lungo 47m, ha consentito di indagare una sezione profonda 8m circa in corrispondenza del suo settore centrale.

ALLEGATO 1 – Sezioni elettrotomografiche



Il sondaggio CD, condotto approssimativamente con direzione perpendicolarmente al precedente, con schieramento lungo 47m, ha raggiunto una profondità di indagine massima di 8m circa.



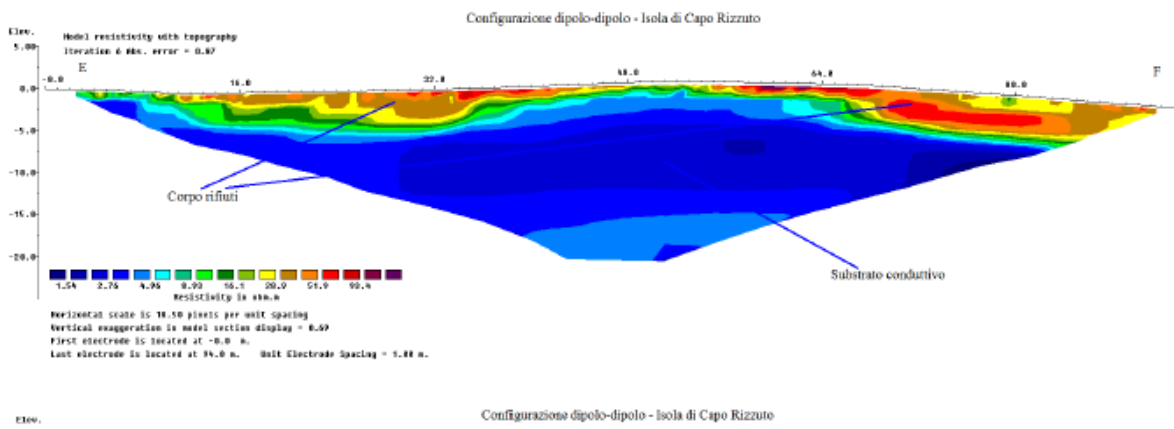
Entrambe le elettrotomografie consentono l'identificazione del corpo rifiuti che risulta visibile fin dalla superficie. La base del corpo rifiuti, per le porzioni di terreno indagate, è collocabile ad una profondità variabile da 3 a 5-6 m circa. I valori di resistività misurati al disotto di tale interfaccia sono compatibili con la presenza di un livello impermeabile di fondo costituito da materiali argillosi.

I sondaggi EF e GH (allegato 2), ubicati a sud-ovest dei precedenti, hanno avuto lunghezze di 94 m consentendo una maggiore profondità di indagine.

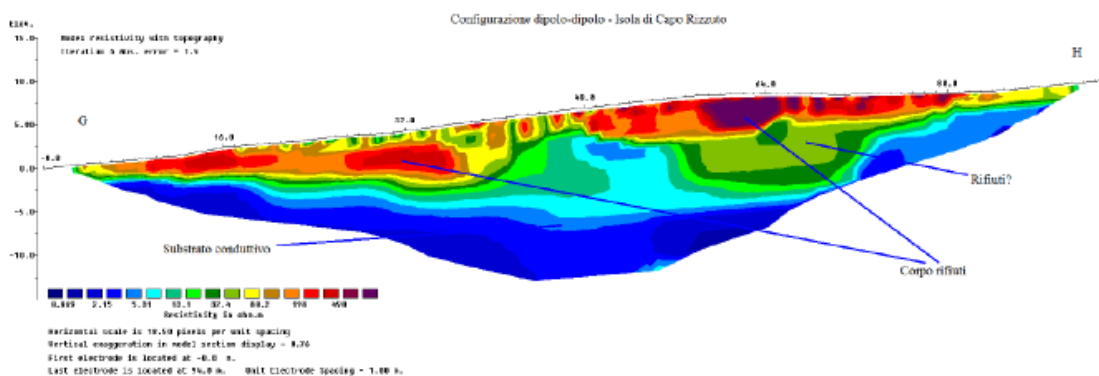


Il corpo rifiuti identificato ha profondità variabile da 2m a circa 6 – 7 m.

#### ALLEGATO 2 – Sezioni elettrotomografiche



Nella porzione destra della sezione tomografica, al disotto del corpo rifiuti superficiale, si individua un settore con resistività variabili da 30 a 80 ohm\*m potenzialmente riconducibile a rifiuti con caratteristiche differenti da quelli soprastanti.



Si individua, anche in questo caso, un substrato conduttivo compatibile con la presenza di un sottofondo costituito da materiali argillosi (*Report dell'ARPACal*).

Precedentemente alla effettuazione delle indagini geofisiche di cui sopra, in data 15/03/2018 i tecnici ARPACal hanno condotto un sopralluogo presso la discarica al fine di effettuare una raccolta di dati, redigendo apposito verbale di pari data. Di seguito si riporta quanto riscontrato nel citato verbale, acquisito dalla Regione Calabria al Prot. n. 11415 del 16/03/2018.

Dall'esame visivo dei rifiuti affioranti sulla superficie della discarica è risultata la presenza di rifiuti urbani e speciali costituiti principalmente da materiali da demolizione, pneumatici fuori uso; localmente si notava la presenza di elementi in fibrocemento contenenti presumibilmente amianto.





Il sopralluogo in sito ha previsto anche una verifica radiometrica di tipo campale che ha misurato un fondo ambientale pari a  $104 \pm 11$  nSv/h, valore che è stato rivelato nel punto di coordinate 678840 m E e 4317575 m N (UTM33). Il sito risulta per la sua totalità privo di interesse radiometrico di tipo campale, tranne un intorno più o meno vasto al punto di coordinata 678564 m E e 4317365 m N (UTM33), dove si registra un’anomalia radiometrica dovuta alla presenza di metasilicati fosforici contenenti TENORM, nel quale risulta un valore di  $392 \pm 40$  nSv/h. È presente infatti una strada sterrata di servizio dove affiorano i metasilicati contenenti TENORM che, come noto, nell’area crotonese sono stati utilizzati come materiali da riempimento e già più volte rilevati.

Pertanto, su questo specifico punto, il sito presenta una evidente contaminazione di tipo radiologico naturale, la cui reale estensione non può essere definita con la sola analisi campale ma deve essere determinata previa caratterizzazione vasta del sito.

## **5. PIANO DI INDAGINI DI CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE**

L’attività d’indagine, mira ad acquisire tutte le informazioni di dettaglio utili a ricostruire il modello concettuale definitivo necessario per implementare una analisi di rischio sanitario e progettare interventi mirati per la messa in sicurezza permanente delle fonti di contaminazioni (discariche).

Il piano delle indagini è stato sviluppato in base alle indagini documentali presenti e nei limiti delle risorse economiche presenti, al fine di:

- a) perimetrare/delimitare in maniera definitiva la fonte di contaminazione primaria rappresentata dai rifiuti;
- b) verifica dell’estensione delle aree contaminate;
- c) verifica del plume di contaminazione nelle acque
- d) acquisizione di tutti i dati sito specifici necessaria a costruire il modello definitivo per l’eventuale elaborazione dell’analisi di rischio;

Le indagini hanno l’obiettivo di valutare:

- le caratteristiche chimico fisiche della matrice ambientale suolo e sottosuolo all’esterno dell’area di discarica;
- le caratteristiche chimico fisiche del rifiuto abbancato in corrispondenza del corpo di discarica;
- le caratteristiche chimico fisiche delle acque sotterranee;
- monitorare le fuoriuscite del percolato;
- la presenza di biogas all’interno dell’area di discarica.

Dai sondaggi ambientali realizzati saranno prelevati campioni della matrice ambientale suolo e sottosuolo da sottoporsi a specifiche analisi chimiche e geotecniche, fondamentali per l’elaborazione della procedura di analisi di rischio.

Di seguito si descriverà il piano delle indagini che si intende eseguire per la caratterizzazione ambientale dell’area.



### **5.1 Indagini indirette**

La campagna di indagine sarà così articolata. Nella prima fase saranno condotte indagini indirette lineari (prospezioni sismiche ed elettriche).

I risultati delle indagini così come dimensionati consentiranno di determinare una migliore ubicazione dei punti di indagine diretta (prelievo di terreno e di acqua) ed ottenere una maggiore copertura areale delle informazioni.

#### **5.1.1 Gas interstiziali**

Lo studio della distribuzione delle concentrazioni delle sostanze contaminanti nei gas interstiziali del terreno (soil gas), e della loro variabilità temporale può costituire un valido supporto alle attività di bonifica dei siti contaminati. In particolare, il monitoraggio del soil gas può essere previsto in fase di caratterizzazione, al fine di delimitare l’estensione della sorgente di contaminazione ed al fine di supportare l’individuazione dei punti di campionamento dei terreni e delle acque sotterranee. I limiti di rilevabilità delle metodiche analitiche scelte per la determinazione delle concentrazioni presenti nel soil gas dovranno essere adeguati allo scopo del monitoraggio.

In tal senso il campionamento dei gas interstiziali avendo l’obiettivo di dare delle informazioni riguardo la delimitazione della sorgente primaria di contaminazione sarà fatto, in questa fase, con l’infissione delle sonde direttamente nel terreno (sonde in fori creati con la tecnologia *direct push*), mentre nella fase di caratterizzazione saranno installati le strumentazioni in appositi fori di sondaggio.

#### **5.1.2. Metodiche di campionamento dei gas interstiziali**

L’indagine sui gas interstiziali può essere condotta utilizzando sonde di acciaio di piccolo diametro (da 5/8 a 1”). Una tipica sonda è composta da una punta forata avvitata su una serie di aste di prolungamento. L’installazione delle sonde viene effettuata tramite martello elettrico. Le concentrazioni di CO<sub>2</sub> ed O<sub>2</sub> possono essere analizzate tramite rilevatori portatili a batteria, con un intervallo di rilevabilità da 0 a 25 % per entrambi i gas. Il rilevatore deve essere calibrato ogni giorno di misura con i gas atmosferici (20.9 % di Ossigeno e 0.05 % di anidride carbonica) e con uno standard contenente lo 0.0 % di ossigeno, il 5 % di anidride carbonica ed il 95 % di azoto.

Esistono molti strumenti utilizzabili (per esempio FID – Flame Ionization Detector e PID – Photoionization Detector) per le misure sul terreno. Il requisito fondamentale dello strumento scelto è che deve poter misurare concentrazioni di idrocarburi comprese tra 1 e 10000 ppm e deve essere in grado di distinguere tra idrocarburi del metano e non. Qualsiasi strumento si decida di utilizzare, è comunque sempre necessario calibrarlo con un gas di esano per essere sicuri dell’esattezza delle misure. L’analizzatore scelto deve anche avere la possibilità di escludere il contributo del metano dalla lettura della concentrazione di idrocarburi. Infatti il metano è un gas molto comune nel terreno, in presenza di materia organica, pertanto la sua presenza può causare una sovrastima delle concentrazioni di idrocarburi.

Per lo spurgo dei pozzetti di monitoraggio e dei pozzi e per la raccolta di campioni, si utilizzano delle pompe a motore. Queste devono avere una portata di circa 28 l/min di aria con un vuoto massimo di  $6.7 \times 10^4$  Pa. Devono avere dei filtri per eliminare delle particelle dal flusso di aria e non devono avere parti lubrificate ad olio.

Raccomandazioni:



- 1) tutte le indagini sui gas del suolo in un sito devono seguire identiche procedure.
- 2) il campionamento deve essere completato nel minor tempo possibile (ore, giorni) per minimizzare l'influenza delle variazioni climatiche (temperatura, umidità, pressione atmosferica, pioggia) sulla concentrazione dei gas nel suolo.
- 3) si devono attuare procedure di decontaminazione del materiale di campionamento.
- 4) la tubazione entro cui fluisce il gas dal terreno al contenitore o allo strumento di misura deve essere priva di umidità e di aria, cosa che si ottiene mediante spurgo prima del campionamento.
- 5) assicurarsi della tenuta dei giunti.
- 6) lo spazio anulare tra il foro e l'equipaggiamento di perforazione deve essere sigillato in superficie con bentonite o materiali simili.
- 7) è richiesto il prelievo di campioni di bianco per valutare la bontà delle procedure di decontaminazione e di campioni in doppio per valutare la riproducibilità del dato.

### ***5.1.3 Distribuzione punti di misura gas interstiziali***

I punti di indagine dei gas saranno disposti secondo una griglia centrata nell'area che si suppone contaminata. In ogni caso i risultati di un'indagine sui gas interstiziali in un'area contaminata devono essere confrontati con quelli di un'area non contaminata con caratteristiche ambientali analoghe.

### ***5.1.4 Indagini indirette - geofisiche***

L'individuazione dell'estensione dell'inquinamento di suoli e falde idriche, indotto dai processi di degradazione dei rifiuti in discarica, può risultare difficile e spesso poco economica, soprattutto se i volumi coinvolti sono di notevole entità, attraverso il solo uso di tradizionali tecniche di perforazione. Infatti, l'eterogeneità dei materiali messi a dimora comporta l'esecuzione di un elevato numero di pozzi, dal momento che l'informazione che essi forniscono è del tutto puntuale. La delimitazione delle aree su cui concentrare rilievi specifici rappresenta, quindi, un passaggio necessario per l'ottimizzazione della ricerca.

I metodi geofisici sono in grado di fornire una rappresentazione globale dei volumi sepolti in termini di distribuzione verticale e laterale dei parametri fisici che caratterizzano le aree. In tal modo il numero delle perforazioni può essere notevolmente concentrato e meglio dimensionato nelle aree indicate come anomale dall'indagine geofisica o laddove è necessario acquisire informazioni di maggior dettaglio.

Un ambiente di discarica è sensibile ai metodi geofisici poiché solitamente contiene materiali caratterizzati da elevate conducibilità elettriche, alte suscettività magnetiche e basse velocità sismiche. In aggiunta, i valori di conducibilità relativamente bassi che descrivono il *bedrock* o, quando presenti, le geo-membrane, consentono di delineare i limiti della discarica, ovvero le sue dimensioni ed i confini con il terreno naturale o le opere di impermeabilizzazione.



La presenza di rifiuti o - in generale - di corpi estranei nel sottosuolo determina delle importanti variazioni di alcuni parametri chimico-fisici rilevabili con metodologie geofisiche, tra cui i più rilevanti sono:

- 1) la conducibilità elettrica dei terreni definisce la capacità di un materiale di permettere il passaggio di una corrente elettrica; spesso si è soliti utilizzare il parametro di resistività elettrica (inverso della conducibilità elettrica ed espresso in ohm/m);
- 2) la “caricabilità” elettrica (la polarizzazione indotta dal passaggio di corrente elettrica nel sottosuolo, particolarmente sensibile per materiali polarizzabili quali fluidi ipersalini o materiali metallici);
- 3) la suscettività magnetica determina la capacità di un materiale di magnetizzarsi in presenza di un campo magnetico esterno.

Al fine di soddisfare le diverse necessità in precedenza descritte, risulta di fondamentale importanza un approccio geofisico “multidisciplinare”, in quanto consente di ottenere risultati apprezzabili in termini di geometria del corpo della discarica e delle caratteristiche dei materiali che costituiscono la stessa.

Più in dettaglio, occorre considerare:

A) un tipo di indagine “areale” preliminare, in grado di localizzare in modo speditivo su aree di vaste dimensioni le zone “anomale” correlabili a possibili interramenti di rifiuto. La metodologia geofisica che meglio risponde a tale requisito è il metodo elettromagnetico, con strumentazione spalleggiabile su una griglia a maglia regolare. La capacità di “creare” campi EM secondari legata alla presenza di corpi conduttori, che caratterizzano generalmente le discariche (frammenti metallici, soluzioni ipersaline legate a percolato, ecc.). L’elaborazione dei dati acquisiti fornisce una mappa di distribuzione della conducibilità elettrica apparente, in grado di evidenziare aree anomale rispetto ai valori di fondo del terreno naturale.

B) una seconda fase di indagine “di dettaglio” consiste nella realizzazione di tomografie di resistività elettrica e indagini di sismica a rifrazione in corrispondenza delle zone anomale individuate con la metodologia elettromagnetica. La tomografia geoelettrica (con la misura combinata di resistività elettrica e polarizzazione indotta). In grado di discriminare tra terreno naturale e rifiuto e, all’interno di quest’ultimo, identificare zone polarizzabili o “caricabili” legate ad accumuli di sostanze metalliche o percolato. Il metodo di indagine, largamente diffuso, prevede la stesa di linee multielettrodo con acquisizione dei dati mediante georesistivimetro.

### **5.1.5 Il metodo elettromagnetico**



Le indagini elettromagnetiche in dominio di frequenza (FEM) consentono di ottenere, in modo speditivo, profili e mappe dei valori della variazione di fase e dell'intensità del campo elettromagnetico secondario rispetto ai valori del campo primario. Il metodo di prospezione EM consiste nel passaggio di corrente alternata in una bobina trasmittente dando origine ad un campo magnetico (campo EM primario) variabile nel tempo; il flusso di tale campo magnetico genera in tutti i conduttori sui quali esso agisce (suoli, rocce) delle correnti indotte (correnti di Foucault) che, a loro volta, danno luogo ad un campo EM secondario. Tale campo elettromagnetico secondario, insieme a quello primario, si propaga direttamente attraverso l'aria provocando il passaggio di corrente alternata in una bobina ricevente. L'ampiezza delle correnti indotte in un corpo conduttore nel sottosuolo dipende principalmente da dimensione, forma, profondità dal p.c. e proprietà elettriche del conduttore stesso, nonché dalla frequenza del campo primario generato. La conduttività elettrica dei suoli e delle rocce dipende inoltre dal grado di saturazione in acqua, dalla salinità dell'acqua contenuta nei pori della roccia, dalla composizione mineralogica e dalla presenza di metalli o contaminati organici (benzina, gasolio, nafta ecc.). L'indagine elettromagnetica prevede quindi l'analisi della variazione in termini di ampiezza e fase che un segnale (onda sinusoidale) subisce nell'attraversare mezzi a diversa conduttività.

### ***Metodi di indagine***

L'acquisizione dei dati avviene trasportando l'elettromagnetometro lungo linee equipaziate e disposte secondo una maglia quanto più possibile regolare, compatibilmente alla morfologia del sito in esame ed alla presenza di eventuali ingombri in superficie. E' evidente che la presenza di campi elettromagnetici nella zona del rilievo possono essere fonte di disturbo. La misura elettromagnetica, in particolare, risulta fortemente disturbata dalla presenza di strutture interrato e non (fabbricati, solette in cemento armato, ecc.), tubazioni (elettrodotti, gasdotti, ecc.), motori elettrici di grosse dimensioni ed accumuli di rottami metallici. La procedura di acquisizione dati può essere suddivisa in quattro fasi fondamentali:

- 1) tracciamento dell'area di acquisizione che, opportunamente referenziata rispetto ad un sistema di coordinate note, viene suddivisa in subaree (possibilmente rettangolare) costituite da serie regolari di linee di misura con interasse costante pari a 1.4 m, in funzione del dettaglio richiesto;
- 2) impostazione, da parte dell'operatore, dei parametri di acquisizione;
- 3) posizionamento sul primo punto di acquisizione (con coordinate  $x = 0$ ,  $y = 0$ ): l'operatore, attivato lo strumento, cammina con passo quanto più possibile regolare lungo la prima linea di misura;
- 4) dopo aver registrato i dati acquisiti lungo la prima linea, l'operatore passa alla successiva e ripete le procedure di cui al punto 3) fino a coprire l'intera area in esame.

Al termine dell'acquisizione il data-logger genera un file output costituito da una serie di punti a cui vengono attribuite le coordinate rispetto al sistema di riferimento locale, le componenti in quadratura e fase del segnale elettromagnetico, la conducibilità elettrica (funzione della quadratura) e la suscettività magnetica (funzione della componente in fase) per ogni frequenza impostata. La componente in fase risulta sensibile ad oggetti metallici (fusti sepolti, tubazioni interrato ecc., mentre la componente in quadratura di fase. proporzionale alla conducibilità del mezzo indagato. Tutti i parametri che vengono ottenuti sono definiti apparenti, in quanto risultanti dalla media delle proprietà dei materiali che costituiscono l'intero spessore di terreno investigato (generalmente 3.6 m di profondità). L'utilizzo di più frequenze



contemporaneamente consente di individuare anomalie diverse prodotte da target di diversa natura. La profondità d'indagine, funzione della frequenza, della conducibilità del mezzo e della geometria e disposizione dell'anomalia da indagare. La maglia da utilizzare è di 5mx5m.

### **5.1.6 Il metodo geoelettrico**

Il metodo geoelettrico in corrente continua consiste nella determinazione sperimentale di un set di valori di resistività apparente, che in accordo a una formulazione matematica deducibile direttamente dalle leggi dell'elettromagnetismo per campi stazionari, descrivono una qualsiasi struttura complessa formata da materiali fisicamente diversi in contatto elettrico. Attraverso appropriati procedimenti interpretativi è possibile poi ricavare dal set di dati sperimentali la resistività reale e la geometria di ogni materiale costituente. La resistività elettrica (l'inverso della conducibilità) esprime la maggiore o minore predisposizione di un materiale a farsi attraversare dalla corrente e dipende da molti fattori, i più importanti dei quali sono la presenza di acque ionizzate e/o di particelle minerali metalliche nella struttura dei pori. Entrambi i fattori, infatti, possono

dar luogo a traiettorie interne particolarmente conduttive, in contrasto con situazioni resistive caratterizzate da strutture compatte e/o pori anidri. Tecnicamente la determinazione dei valori di resistività apparente si ottiene attraverso misure congiunte di intensità di corrente elettrica, inviata nel sottosuolo mediante una coppia di elettrodi infissi nel terreno, e di tensione ai capi di una seconda coppia di elettrodi, anch'essi in contatto diretto con il suolo. L'analisi del comportamento della resistività apparente, al mutare della dimensione e posizione del dispositivo elettrodico di misura (tomografia geoelettrica), fornisce un quadro normativo della distribuzione delle resistività intrinseche nel sottosuolo nell'ambito dei volumi investigati, e quindi un contributo significativo al disegno del locale assetto geologico strutturale, nonché alla soluzione di eventuali problematiche applicative ad esso connesse. In particolare, nello studio di una discarica questo tipo di tecnica è molto efficace nella definizione dei limiti del bacino di discarica, in virtù degli elevati contrasti di resistività tra i rifiuti e la barriera impermeabile (naturale o artificiale), e soprattutto nell'individuazione di eventuali lacerazioni delle geomembrane e della conseguente migrazione di percolato (se presente) all'esterno dell'invaso controllato. L'importanza di queste informazioni è evidente: infatti, la conoscenza della configurazione geometrica del corpo di discarica e dei percorsi idrici al suo interno può sia aiutare a individuare la presenza di sacche di percolato e/o di biogas, sia a meglio valutare le eventuali modifiche delle proprietà fisiche dei terreni limitrofi in seguito all'interazione con fluidi inquinanti.

### **Modalità di acquisizione ed elaborazione dati**

La metodologia di misura geoelettrica multielettrodo consiste nel disporre sul terreno un numero di elettrodi compreso tra 24 e 96 allineati lungo un profilo (con passo dipendente dalla risoluzione e dalla profondità d'indagine richieste). Questi sono collegati con un cavo multipolare al georesistivimetro, che consiste in un'unità di switching che può essere esterna o interna, comandata da un microprocessore e che ha la funzione di selezionare, per ogni lettura, gli elettrodi attivi (due di corrente e due di tensione). La sequenza delle misure, cos. come il tipo di array, l'intensità di corrente e la durata delle acquisizioni, sono parametri di input usualmente impostati dall'utente. Il formato di uscita della strumentazione normalmente permette di ottenere per ogni misura, la corrente immessa, la differenza di potenziale, la configurazione elettrodica, la resistività apparente e una stima statistica



sulla qualità delle misure. Le configurazioni elettrodiche più utilizzate nelle indagini geofisiche di resistività, sono generalmente: Wenner, Wenner-Schlumberger, Polo-Dipolo e Dipolo-Dipolo. Queste differiscono principalmente in relazione a potere risolutivo, profondità di investigazione, copertura orizzontale e stabilità del segnale. Il dispositivo Wenner-Schlumberger rappresenta una soluzione ibrida ed è, pertanto, quello maggiormente utilizzato in geofisica ambientale in quanto costituisce il giusto compromesso tra grado di risoluzione (sia orizzontale che verticale) e profondità di indagine. Per una trattazione teorica più completa si rimanda alla letteratura specifica (in bibliografia). Nell'area saranno eseguite delle tomografie elettriche. Si tratta di una moderna metodologia d'indagine geofisica frutto dell'evoluzione delle classiche metodologie d'indagine geoelettrica. Questo tipo d'indagine utilizza un gran numero di elettrodi connessi a strumentazioni computerizzate in grado di acquisire migliaia di misurazioni di resistività elettrica del sottosuolo con svariate combinazioni elettrodiche opportunamente programmate. In questo modo è possibile ottenere informazioni relative alle caratteristiche elettriche dei volumi elementari (voxel) costituenti il sottosuolo. Algoritmi dedicati consentono l'elaborazione delle misure di campagna e la ricostruzione di modelli di resistività elettrica con un dettaglio sino a poco tempo fa inimmaginabile. Inoltre particolari disposizioni elettrodiche permettono lo studio tridimensionale del sottosuolo e la ricostruzione dettagliata in 3D degli orizzonti stratigrafici sommersi.

### **5.1.7 Indagini dirette**

- a) realizzazione di sondaggi e posa in opera di piezometri;
- c) misure di soggiacenza della falda per la ricostruzione della direzione di flusso e gradiente idraulico;
- d) misure con sonda multiparametrica per la verifica dei parametri principali delle acque;
- d) verifica battente di percolato all'interno del corpo discarica;
- e) campionamenti di terreno (in foro e top-soil) e acque sotterranee, nonché acque superficiali, sedimenti, a valle lungo i fossi dei valloni che delimitano il promontorio che ospita la discarica;
- f) campionamento di rifiuto direttamente dal corpo della discarica, al fine di caratterizzare i rifiuti abbancati ed effettuare test di cessione in acqua, simulando la lisciviazione delle acque di infiltrazione;
- g) analisi di laboratorio.

Si ipotizza, sulla base dei sopralluoghi eseguiti, che l'area da investigare è pari a 120.000 mq. Per quanto riguarda la disposizione dei punti di prelievo (sondaggi geognostici e trincee) l'ubicazione è stata fatta in modo ragionato rispetto ai dati idrogeologici e geologici a disposizione. Si distingue tra sondaggi all'interno del corpo discarica e sondaggi all'esterno. La disposizione delle indagini dirette, potrebbe variare sulla base delle risultanze delle indagini indirette.

### **5.2 Caratterizzazione sorgente primaria di contaminazione prelievi del rifiuto interni**

Saranno eseguiti 6 sondaggi a carotaggio continuo interni all'area di abbanco individuata con il prelievo di 3 campioni di rifiuto e 6 campioni di terreno.

I sondaggi all'interno della discarica hanno una profondità pari a 12 m metri, **eccetto situazioni in cui possano essere riconosciuti spessori maggiori di rifiuto**, i sondaggi devono essere spinti sino a superare l'abbanco dei rifiuti. L'ubicazione esatta sarà decisa in seguito alle indicazioni avute dalle indagini geofisiche eseguite.



Al fine di determinare puntualmente il perimetro della sorgente primaria di contaminazione e caratterizzare i rifiuti saranno eseguiti degli scavi lungo i versanti in cui è presente l'abbanco esterne alla buca dei rifiuti per valutare la presenza di percolato. Le trincee saranno eseguite mediante l'utilizzo di una benna meccanica o di operatori manuali e lo scavo si spingerà fino ad individuare la matrice terreno, saranno prelevati. Le trincee saranno immediatamente chiuse dopo lo scavo. I campionamenti dovranno essere condotti fino a comprendere l'intero spessore dei rifiuti e/o dello strato di riporto.

Sul rifiuto prelevato saranno effettuati n.3 test di cessione (prova di rilascio di contaminanti) per verificarne il potere inquinante.

### **5.3 Sondaggi esterni al corpo della discarica**

Sono stati previsti 3 sondaggi a carotaggio continuo esterni al corpo della discarica attrezzati con piezometro, con il prelievo di 9 campioni.

I sondaggi saranno approfonditi in modo da verificare la qualità delle matrici ambientali immediatamente al di sopra della falda e nella frangia capillare e per il prelievo di campioni indisturbati per la caratterizzazione geotecnica.

Inoltre saranno eseguite delle indagini (2 saggi) sul top soil (profondità 0- 0.10 m) esterni al sito per la ricerca dei seguenti parametri:

- Amianto;
- Diossine e Furani.

**Allegato 8** - Localizzazione piano d'indagini.

*Il numero dei campioni delle matrici suolo, sottosuolo, acque sotterranee, acque superficiali e del rifiuto è il seguente:*

<b>Matrice ambientale</b>	<b>Numero</b>
Campioni suolo (suolo, sottosuolo e top soil )	15
Campioni acque sotterranee	3
Campioni rifiuto	5





## ULTERIORI INDAGINI

### Prove di permeabilità in foro (prove Lefranc)

E’ prevista l’esecuzione di 2 prove di permeabilità in foro di tipo Lefranc a carico variabile.

Per quanto riguarda la matrice acquosa saranno determinati tutti i parametri ricercati per le acque sotteranee ed in aggiunta i seguenti parametri riassunti nella seguente tabella:

Portata (m <sup>3</sup> /s)	Ossigeno disciolto (mg/L) ** (o)
pH	BOD5 (O <sub>2</sub> mg/L) ** (o)
Solidi sospesi (mg/L)	COD (O <sub>2</sub> mg/L) ** (o)
Temperatura (°C)	Ortofosfato (P mg/L) *
Conducibilità (µS/cm (20°C)) **	Fosforo Totale (P mg/L) ** (o)
Durezza (mg/L di CaCO <sub>3</sub> )	Cloruri (Cl <sup>-</sup> mg/L) *
Azoto totale (N mg/L) **	Solfati (SO <sub>4</sub> — mg/L) *
Azoto ammoniacale (N mg/L) * (o)	<i>Escherichia coli</i> (UFC/100 mL) (o)
Azoto nitrico (N mg/L) * (o)	

### MODALITA’ DI CAMPIONAMENTO DELLE MATRICI AMBIENTALI

La validità dei risultati analitici relativi ad un sito potenzialmente inquinato, e quindi la definizione del suo stato quali-quantitativo e gli interventi da adottare, dipendono in massima parte da un corretto campionamento, stoccaggio e trasporto dei campioni di terreno ed acque, così come è di fondamentale importanza provvedere alla pulizia degli strumenti ed attrezzi utilizzati tra il prelievo di un campione e l’altro, ed anche utilizzare contenitori rigorosamente nuovi ed adatti. Le attrezzature e gli strumenti utilizzati devono garantire il non rilascio, seppure accidentale, di sostanze che possano alterare le caratteristiche delle matrici ambientali.

A titolo cautelativo, si riportano le procedure operative che devono essere eseguite:

- controllare l’assenza di perdite di oli lubrificanti e altre sostanze utilizzate per il funzionamento dei macchinari, degli impianti e di tutte le attrezzature utilizzate durante il campionamento; nel caso di perdite verificare che queste non producano contaminazione del terreno prelevato e annotarle comunque nel verbale di giornata;

- alla fine di ogni perforazione decontaminare tutti gli attrezzi e gli utensili che operano in superficie, mentre il carotiere e le aste che operano in profondità nel perforo devono essere decontaminati ad ogni “battuta”. In particolare dopo aver attraversato uno strato di terreno particolarmente inquinato, si procederà ad un’accurata pulizia delle attrezzature di carotaggio prima di continuare la perforazione; tali operazioni sono compiute con acqua in pressione e getti di vapore acqueo;

- in caso di pioggia durante le operazioni di estrazione è necessario garantire che il campione non sia modificato dal contatto con le acque meteoriche; le operazioni di prelievo possono essere eseguite solo nel caso si garantisca una adeguata protezione delle attrezzature e delle aree su cui sono disposti i campioni;

- nel maneggiare i campioni utilizzare guanti monouso puliti per prevenire il diretto contatto con il materiale estratto; per la decontaminazione delle attrezzature deve essere predisposta un’area delimitata e impermeabilizzata, posta ad una distanza dall’area di campionamento sufficiente ad evitare la diffusione dell’inquinamento nelle matrici



campionate; devono essere previsti degli accorgimenti tecnici atti al contenimento ed alla raccolta delle acque di lavaggio. La decontaminazione dovrà avvenire utilizzando acqua potabile o, in assenza di questa, acqua la cui qualità sia accertata da analisi chimiche.

### ***Modalità esecutive dei sondaggi geognostici***

Le perforazioni saranno eseguite mediante sonda idraulica e realizzate con tecnica a carotaggio continuo, con carotiere del diametro da 101 mm ed eventuale rivestimento di 127/152 mm. La perforazione sarà eseguita a secco, senza l’ausilio di fluidi di perforazione, in modo da eliminare il rischio di dilavamento dei materiali attraversati. Solamente se strettamente necessario, verrà impiegata acqua non contaminata per l’approfondimento della tubazione di rivestimento.

Prima dell’utilizzo su ciascun punto di indagine è prevista la decontaminazione delle attrezzature di perforazione mediante impiego di idropulitrice.

Le carote di terreno recuperate saranno poste in cassette catalogatrici con separatori interni, al fine di poter ricostruire la stratigrafia di dettaglio dei terreni attraversati.

Ciascuna cassetta catalogatrice verrà infine fotografata.

Su ogni cassetta catalogatrice saranno indicati in maniera chiara e indelebile:

- il nome del sito;
- la denominazione del punto di indagine;
- la profondità dell’intervallo di terreno contenuto nella cassetta.

Ove possibile, le tecniche di perforazione utilizzate non dovrebbero richiedere l’utilizzo di acqua o di altri fluidi per evitare di introdurre nel foro sostanze estranee al terreno e/o di veicolare altrove l’eventuale contaminazione del terreno stesso (fenomeno spesso indicato col termine anglosassone di ***cross-contamination***, ovvero contaminazione incrociata). Tuttavia, quando l’utilizzo di fluidi di perforazione risulta inevitabile, come ad esempio nella perforazione di pavimentazioni in asfalto o cemento o di strati di roccia litoide, questi dovrebbero provocare il minor impatto possibile sulla qualità dei campioni successivamente prelevati. Quasi sempre si ricorre all’acqua, possibilmente potabile o di qualità nota, approvvigionata direttamente dalla rete o grazie a cisterne. A maggiore garanzia di qualità è buona regola far analizzare in laboratorio un campione dell’acqua che verrà usata durante il lavoro.



### **INDAGINI GEOGNOSTICHE DIRETTE ED INDIRETTE CARATTERISTICHE E METODICHE**

Le indagini dirette consisteranno in 9 sondaggi a carotaggio continuo, di cui 3 attrezzati a piezometro, e in 8 scavi sia esplorativi che per il prelievo di rifiuto con pala meccanica e/o con utilizzo di operatori manuali. Le caratteristiche delle indagini da eseguire sono sintetizzate di seguito:

<b>COD STAZIONE</b>	<b>Prof. m dal p.c.</b>	<b>Piezometro</b>	<b>Tipologia di indagine</b>	<b>Matrice da prelevare/attività</b>
S1	12,00	Si	Carotaggio Continuo	Prelievo acqua sotterranea e misure freaticometriche prelievo di tre campioni di suolo e sottosuolo
S2	12,00	Si	Carotaggio Continuo	Prelievo acqua sotterranea e misure freaticometriche prelievo di tre campioni di suolo e sottosuolo
S3	15,00	Si	Carotaggio Continuo	Prelievo acqua sotterranea e misure freaticometriche prelievo di tre campioni di suolo e sottosuolo
S4	12,00	Si	Carotaggio Continuo	Prelievo di suolo - rifiuto
S5	12,00	No	Carotaggio Continuo	Prelievo di suolo - rifiuto
S6	12,00	No	Carotaggio Continuo	Prelievo di suolo - rifiuto
S7	12,00	No	Carotaggio Continuo	Prelievo di suolo
S8	12,00	No	Carotaggio Continuo	Prelievo di suolo
S9	12,00	No	Carotaggio Continuo	Prelievo di suolo
n. 8 Trincee esplorative prelievo rifiuto	2.50/3.00	No	Trincee con pala meccanica e/o con operatori manuali	Analisi visiva della presenza o meno del rifiuto/Prelievo n. 1 campione per analisi merceologica/prelievo campione per test di cessione ammissibilità in discarica

### **INDAGINI GEOFISICHE:**

<b>COD STAZIONE</b>	<b>Quantità</b>	<b>Tipologia d'indagine</b>
TM_1	90 m	Tomografia elettrica
TM_2	90 m	Tomografia elettrica
TM_3	90 m	Tomografia elettrica
TM_4	90 m	Tomografia elettrica
TM_5	90 m	Tomografia elettrica
TM_6	90 m	Tomografia elettrica



TM 7	90 m	Tomografia elettrica
TM 8	90 m	Tomografia elettrica
TM 9	90 m	Tomografia elettrica
EM	30.000 MQ	Prospezione elettromagnetica

### **Modalità esecutiva piezometri**

Si prevede di realizzare n.3 carotaggi attrezzati a piezometri messi in opera con una colonna di tubi in PVC rigido del diametro di 3" e saranno posti in opera entro un foro rivestito con una tubazione provvisoria di diametro utile (152 mm).

I piezometri raggiungeranno la profondità di 12 m e di 15 m dal p.c.. In fase di esecuzione sarà accertato che ogni piezometro dovrà attestarsi per almeno 5 m al di sotto del livello statico misurato in fase di terebrazione. **Le profondità di esecuzione dei sondaggi potrà subire variazioni sulla base di quanto effettivamente riscontrato in fase di perforazione.**

Le perforazioni saranno eseguite mediante carotaggio continuo a secco, evitando il surriscaldamento del terreno e limitando l'uso di acqua non contaminata come fluido di perforazione solo nel caso in cui si verifichi l'impossibilità di procedere all'infissione a secco. La velocità di rotazione dovrà sempre essere moderata, in modo da limitare l'attrito tra suolo e attrezzo campionatore e, ad ogni manovra di al massimo di un metro, dovrà seguire l'infissione del rivestimento.

Previo opportuno alesaggio del foro di sondaggio, si procederà all'installazione del tubo piezometrico cieco in HDPE, micro-fessurato nel tratto di intersezione con l'acquifero.

Le perforazioni attrezzate a piezometro verranno completate posizionando, nel tratto di intersezione con l'acquifero, appositi filtri e pre-filtri in grado di trattenere le componenti solide più fini della roccia serbatoio, prevenendo l'intasamento delle micro-fessure del tubo in PE e la conseguente perdita di efficienza della captazione. Il filtro dovrà prevedere una percentuale di fessure almeno doppia rispetto al valore della porosità efficace dell'acquifero intercettato. Un buon pre-filtro ambientale è costituito usualmente da ghiaietto a granulometria uniforme di natura silicea. Il filtro andrà esteso per 1,0 m al di sopra della sommità del tratto fenestrato. All'interno dello spazio anulare compreso tra il tubo piezometrico e le pareti del foro andrà prevista, successivamente all'immissione del ghiaietto, la posa in opera di sabbia per uno spessore di 0,2 m al di sopra del dreno, sormontata da un setto impermeabile di bentonite per lo spessore di 0,5 m, ultimando l'operazione con il riempimento dell'intercapedine fino alla superficie con miscela di cemento e bentonite (1,8 kg/L) per isolare il manto drenante, evitare l'eventuale infiltrazione di acque dalla superficie e rendere solidale il piezometro con le pareti del foro.

Prima di effettuare qualsiasi tipo di cementazione, andranno eseguite le operazioni di spurgo, in modo da permettere al ghiaietto di assestarsi all'interno dello spazio anulare esterno al tubo piezometrico. Lo spurgo sarà eseguito per eliminare i residui di perforazione; le acque da esso derivanti sono considerate rifiuti e, pertanto, andranno gestite conformemente alla normativa vigente.

Le attrezzature di perforazione, venute in contatto con il terreno potenzialmente contaminato, verranno lavate e pulite, ove necessario, tra un sondaggio e l'altro e, se necessario, tra una manovra e l'altra al fine di evitare possibili fenomeni di contaminazione incrociata. I liquidi derivanti da questa operazione devono essere raccolti in vasche di idonea volumetria e successivamente trasferite su cisternette o cisterna scarrabile per essere smaltite coerentemente alle previsioni normative sui rifiuti.

Le perforazioni saranno eseguite evitando l'immissione nel sottosuolo di composti estranei, con l'adozione dei seguenti accorgimenti:



- rimozione dei lubrificanti dalle zone filettate;
- uso di rivestimenti, corone e scarpe non verniciate;
- eliminazione di gocciolamenti di olii dalle parti idrauliche;
- pulizia dei contenitori per l’acqua.

I rifiuti prodotti da queste operazioni dovranno essere gestiti e di seguito smaltiti secondo la normativa vigente e secondo quanto riportato nel paragrafo relativo alla gestione dei rifiuti.

Le carote ottenute dovranno essere riposte in cassette catalogatrici ognuna a 5 scomparti da 1 m, identificate e fotografate. L’Affidataria provvederà a riunire le cassette catalogatrici in un luogo protetto, evitando che le stesse siano esposte ad agenti atmosferici, dove saranno custodite sino all’approvazione degli esiti della caratterizzazione, prima di essere smaltite ad onere e cura della stessa Affidataria.

Gli ulteriori materiali di risulta, solidi e liquidi, provenienti dalle attività di campo, dovranno essere stoccati per il tempo necessario, conformemente alle disposizioni vigenti, in attesa dello smaltimento da parte dell’Affidataria.

Poiché i piezometri costituiscono una via di accesso diretto al sottosuolo e alla falda acquifera, per scongiurare il pericolo di ingresso di contaminanti o materiali estranei ciascuna testa pozzo dovrà essere adeguatamente protetta. La bocca-pozzo dovrà essere posta a quota circa 0,2 m superiore rispetto al p.c., per impedire l’ingresso di acque di ruscellamento. La testa dei pozzi andrà protetta con idoneo cappellotto colorato, prevedendo la chiusura con lucchetto da consegnare alla Committenza alla conclusione delle attività.

Durante l’esecuzione dei sondaggi si provvederà al campionamento del suolo e sottosuolo. In totale all’interno dei sondaggi si prevede per ogni sondaggio il prelievo di 2 campioni di suolo per le analisi in laboratorio ed un prelievo per le analisi geotecniche.

#### *Analisi merceologica*

L’analisi merceologica sarà eseguita sia utilizzando una pala meccanica che, nelle aree meno accessibili, attraverso operazioni manuali.

Le indagini sui rifiuti saranno eseguite in modo da determinare i seguenti aspetti:

- o Aspetto visivo e stato di assestamento generale del deposito;
- o Contenuto naturale d’acqua e contenuto di materia organica;
- o analisi delle classi dei materiali secondo 3 steps:

STEP1: Suddividere opportunamente tutto l’ammasso in una serie di classi di materiali.

STEP2: Determinare la distribuzione granulometrica di tutte le particelle con dimensione < 120 mm.

STEP3: Identificazione e descrizione di ciascuna delle classi individuate di materiali (incluse quelle con  $D < 120\text{mm}$ ).

Si procederà, una volta scavati i rifiuti, alla cernita manuale delle frazioni merceologiche individuate, ponendole nei rispettivi contenitori prearati. A conclusione di questa operazione, saranno pesati i rifiuti appartenenti alle differenti classi, utilizzando un idoneo sistema di pesatura. Infine si giungerà alla caratterizzazione merceologica. Il materiale prelevato sarà sottoposto a quartatura su telo impermeabile. La trincea sarà immediatamente oblitterata e sarà ripristinato lo stato dei luoghi.



### ***Campionamento delle acque sotterranee***

Per quanto riguarda i campioni di acqua prima di procedere al campionamento in base ai dati reperiti durante i sondaggi dovranno essere riassunte in un rapporto le modalità di prelievo che si sono eseguite, indicando:

- a. caratteristiche del piezometro (profondità, diametro interno, caratteristiche dell'eventuale dreno, modalità costruttive e intervallo di profondità della porzione filtrante); la porzione filtrante dei piezometri, in particolare, deve essere prevista, approssimativamente, in prossimità degli strati più trasmissivi del terreno; le modalità di installazione dei piezometri e i materiali da utilizzare per il completamento del pozzo, per il dreno e per la sigillatura devono essere individuati tra quelli sopra descritti e/o nel Manuale APAT per le indagini ambientali nei siti contaminati 43/2006;
- b. criteri e modalità ipotizzati per lo spurgo del piezometro (portata e di tempo di spurgo);
- c. modalità con cui si è eseguito il prelievo (dinamica o statica);
- d. profondità a cui si è eseguito il prelievo;
- e. eventuali determinazioni quali-quantitative che si intendono effettuare durante le indagini con l'ausilio di strumenti di campo;
- f. eventuale filtraggio o altra stabilizzazione del campione.

Lo spurgo sarà eseguito con pompe a bassa portata (qualche litro al minuto) poiché consente di rimuovere l'acqua dal piezometro e dal suo intorno senza mobilizzare particelle di terreno che finirebbero per intorbidire il campione. Le consolidate tecniche d'idrogeologia applicata alle tematiche ambientali annoverano tre procedure di spurgo basate su altrettanti criteri: **a)** Metodo del volume del piezometro (volumetrico): rimozione di una quantità di acqua compresa tra 3 e 5 volte il volume di acqua presente all'interno del piezometro in condizioni statiche. Questa procedura è in genere quella più utilizzata. **b)** Metodo del monitoraggio dei principali parametri chimico fisici dell'acqua di spurgo: monitoraggio, durante lo spurgo di: ossigeno disciolto, conducibilità elettrica, pH, temperatura), fino alla stabilizzazione. Il monitoraggio deve essere effettuato direttamente nel piezometro mediante sonde multiparametriche o abbinando una celle di flusso. **c)** Metodo dello spurgo a basso flusso (low flow purging), dove il termine basso flusso si riferisce alla velocità con cui l'acqua entra nella pompa. L'applicazione di questo metodo consente di ridurre i volumi di spurgo, le perturbazioni al sistema acquifero, la mobilizzazione di particelle di terreno e lo strappaggio di sostanze contaminanti eventualmente presenti in falda.

Al termine dello spurgo può avere inizio il campionamento, che sarà anch'esso del tipo a basso flusso.

***Per la contaminazione e le caratteristiche geologiche del sito il metodo più idoneo sarà quello volumetrico.***

Durante le fasi di spurgo e di campionamento devono essere utilizzati indumenti protettivi adatti al tipo e al livello di contaminazione e dovranno essere sempre presi i seguenti accorgimenti: - Qualora fosse quindi necessario utilizzare un generatore di corrente, questo verrà posizionato sotto vento rispetto al punto di campionamento ed alla massima distanza possibile dal quest'ultimo; - Al termine delle operazioni di spurgo verrà estratto tutto il materiale presente nel piezometro e verrà lavato con acqua pulita per la decontaminazione delle attrezzature. Nel caso di campionamenti in contraddittorio alla presenza dell'Ente di controllo è prassi comune che la vetreria venga fornita dal laboratorio privato incaricato delle analisi, il quale assicura anche la perfetta sterilità di tutto il materiale inviato. Durante il prelievo del campione: a. La portata deve rimanere la stessa utilizzata durante lo spurgo o può essere leggermente modificata in caso si debba minimizzare l'areazione, la formazione di bolle, il riempimento troppo turbolento del contenitore o la perdita di volatili dovuti a



lunghe tempi di prelievo. Le portate più adatte sono quelle inferiori a 0.5 l/min. b. La velocità di spurgo dell'acqua dovrà comunque essere tale da non portare a secco il piezometro, se la pompa utilizzata non permettesse di regolare il flusso è opportuno consultare i dati di costruzione del piezometro per verificare che i tempi di ricarica siano compatibili con la portata di spurgo della pompa. c. Dovrà essere utilizzata per il campionamento la stessa apparecchiatura impiegata per lo spurgo. d. La campagna di campionamento deve partire dal pozzo meno contaminato e passare man mano a quelli con livelli di contaminazione superiori. Il contenitore del campione sarà preparato in precedenza e scelto in base agli analiti da ricercare ed includerà, quando necessario, le sostanze atte alla conservazione del campione. f. Il campione d'acqua deve essere versato direttamente nel contenitore dal tubo di mandata della pompa avendo cura di far scorrere l'acqua lungo le pareti del contenitore con la minima turbolenza possibile. g. Prima di iniziare il riempimento del recipiente o dei recipienti destinati a ciascun campione, questi devono essere "avvinati", ossia sciacquati con l'acqua proveniente dal piezometro (dopo lo spurgo). L'avviamento avviene di norma sciacquando energicamente il recipiente per tre volte. Questa operazione assicura che il campione non venga in contatto con sostanze estranee eventualmente presenti nel recipiente o non venga diluito dai liquidi di risciacquo utilizzati per la sua pulizia. h. Il contenitore, immediatamente dopo essere stato riempito, deve essere etichettato e conservato. Può essere necessario aggiungere stabilizzanti nel caso in cui le analisi vengano effettuate dopo le 24 ore dal prelievo. In particolare, nel caso di campionamento in contraddittorio i campioni dovranno essere sigillati dall'Ente di controllo. i. Gli stabilizzanti devono essere trasferiti dal loro contenitore al contenitore del campione utilizzando pipette usa e getta in polietilene. j. Alla fine delle operazioni di prelievo e confezionamento del campione quest'ultimo deve essere conservato refrigerato. k. Dovrà essere annotata la temperatura esterna di prelievo del campione ( $T^{\circ}$  ambiente). Durante il prelievo, nel caso siano presenti sedimenti in sospensione nel campione, le operazioni dovranno essere sospese riposizionando la pompa ad una quota superiore per eliminare o ridurre tale inconveniente al fine di evitare, il trascinarsi di materiale fine e quindi un eccessivo l'intorbidamento dell'acqua.

### ***Campioni di acqua***

Di seguito sono elencati i quantitativi minimi e le caratteristiche del contenitore da utilizzare per il campione da analizzare.

- 1 litro di acqua in un contenitore di vetro per parametri di base;
- 250 ml di acqua in un contenitore monouso in plastica (polietilene) per i metalli;
- 250 ml di acqua in un contenitore monouso in plastica (polietilene) per gli alifatici cancerogeni;

### ***Precauzione per il campionamento***

- devono essere evitati fenomeni di trascinarsi della contaminazione a causa delle operazioni di prelievo (ad esempio creazione di percorsi preferenziali per la migrazione della contaminazione a strati o zone non contaminate);
- si deve mantenere una adeguata pulizia delle apparecchiature per il prelievo, onde evitare fenomeni di contaminazione di campioni indisturbati;
- deve essere evitato il prelievo delle frazioni adiacenti alla superficie degli organi di scavo; ad esempio, nel caso di carotaggi, il prelievo deve essere effettuato nel nucleo centrale della carota;
- l'estrazione della carota di terreno dal carotiere deve essere effettuata preferibilmente tramite spintore e non tramite martellamento del carotiere stesso, onde evitare mescolamenti;
- i contenitori con i campioni di terreno e di acqua devono essere chiusi e sigillati sul posto al fine di evitare manomissioni, anche accidentali, del contenuto e per consentire l'effettuazione di un'eventuale controanalisi;
- le teste dei piezometri devono essere presidiate adeguatamente con opportuni accorgimenti tecnici, in modo da evitare la percolazione all'interno del piezometro di liquidi di origine esterna;



Comune di  
ISOLA DI CAPO RIZZUTO  
(CZ)

*Rielaborazione “Piano delle Indagini preliminari sull’area in  
Località Concio-San Pietro in Trapani”*

- i contenitori devono essere etichettati chiaramente, riportando tutte le informazioni necessarie alla completa individuazione di quanto prelevato (identificativo del campione e del sito, data e ora del prelievo, sigla del tecnico che ha effettuato il prelievo, ecc.);
- per l’attività di campionamento deve essere compilata una scheda o un verbale, comprendente una serie di informazioni, tra cui la data e l’ora, le modalità di prelievo, eventuali osservazioni di tipo organolettico, eventuali anomalie riscontrate nel corso del campionamento e ogni altra informazione che possa risultare utile nella interpretazione dei risultati;
- le teste pozzo dei piezometri devono essere georeferenziate con adeguata accuratezza esse devono essere univocamente identificabili in situ, ne deve essere garantito l’accesso in qualsiasi momento agli organi di controllo e ne deve essere garantita la manutenzione; vanno georeferenziate e riportate in una tabella anche tutti i punti di sondaggio del terreno, con le relative coordinate.





### Metodiche analitiche per le analisi sulle acque di falda

Per le acque, le determinazioni verranno eseguite secondo i metodi ufficiali di analisi (vedi tabella). I parametri da ricercare per le acque e le metodiche analitiche da utilizzare vengono di seguito riportati:

Parametro	Metodica	UdM
Alluminio	EPA 6020 A 2007	µg/l
Antimonio	EPA 6020 A 2007	µg/l
Argento	EPA 6020 A 2007	µg/l
Arsenico	EPA 6020 A 2007	µg/l
Berillio	EPA 6020 A 2007	µg/l
Cadmio	EPA 6020 A 2007	µg/l
Cobalto	EPA 6020 A 2007	µg/l
Cromo totale	EPA 6020 A 2007	µg/l
Cromo (VI)	APAT CNR IRSA 3150 B2 Man 29 2003	µg/l
Ferro	EPA 6020 A 2007	µg/l
Mercurio	EPA 6020 A 2007	µg/l
Nichel	EPA 6020 A 2007	µg/l
Piombo	EPA 6020 A 2007	µg/l
Rame	EPA 6020 A 2007	µg/l
Selenio	EPA 6020 A 2007	µg/l
Manganese	EPA 6020 A 2007	µg/l
Tallio	EPA 6020 A 2007	µg/l
Zinco	EPA 6020 A 2007	µg/l
Boro	EPA 6020 A 2007	µg/l
Solfati	APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003	mg/l
Cianuri liberi	EPA 6020 A 2007	µg/l
Fluoruri	EPA 6020 A 2007	µg/l
Nitriti	EPA 6020 A 2007	µg/l
Clorometano	EPA 524.2 1995	µg/l
Triclorometano	EPA 524.2 1995	µg/l
Cloruro di Vinile	EPA 524.2 1995	µg/l
1,2 - Dicloroetano	EPA 524.2 1995	µg/l
1,1 - Dicloroetilene	EPA 524.2 1995	µg/l
Tricloroetilene	EPA 524.2 1995	µg/l
Tetracloroetilene (PCE)	EPA 524.2 1995	µg/l
Esaclorobutadiene	EPA 524.2 1995	µg/l
Sommatorio organoalogenati	EPA 524.2 1995	µg/l
Azoto ammoniacale (come NH4)	APAT CNR IRSA 4030 B Man 29 2003	mg/l
pH	APAT CNR IRSA 2060 Man 29 2003	
Potenziale redox	APAT CNR IRSA 2060 Man 29 2003	
Temperatura	APAT CNR IRSA 2100 Man 29 2003	°C
Conduttività	APAT CNR IRSA 2030 Man 29 2003	µS/cm
Alcalinità	APAT CNR IRSA 2010 B Man 29 2003	mg/l CaCO3
Azoto ammoniacale (come NH4)	APAT CNR IRSA 4030 B Man 29 2003	mg/l
Ione ammonio	APAT CNR IRSA 4030 B Man 29 2003	mg/l
Azoto nitroso e nitrico	APAT CNR IRSA 4030 B Man 29 2003	mg/l
Solventi clorurati solventi azotati ed aromatici	APAT CNR IRSA 4030 B Man 29 2003	mg/l
COD	ISO 15705:2002	mg/l
BOD5	APAT CNR IRSA 5120 Man 29 2003	mg/l
Escherichia coli	APAT CNR IRSA 7030 Man 29 2003 Met F	ufc/100 ml

I risultati dei parametri ricercati, sopra riassunti, saranno confrontati con le CSC previste per le acque sotterranee riportate nella tabella 2 dell’allegato 5 alla parte IV D.Lgs. 152/06 ; in particolare, esclusivamente per i metalli le analisi verranno effettuate sul campione filtrato così come prevede il



Dlgs 16.03.2009 n. 30 Allegato 3 e le note dell'ISS 006038 I.A.12 del 23/01/02 e l'ultima nota n. 0020925 – AMPP 03/04/08-001238. Per ogni campione analizzato si allegherà il certificato/rapporto di prova.

Le campagne di campionamento saranno svolte in contraddittorio con l'ARPACal competente per il territorio. Se richieste dall'Ente competente, prima dell'avvio delle operazioni di campo saranno condotte delle prove di inter-calibrazione tra il laboratorio dell'Affidataria dell'intervento ed il laboratorio che opererà il contraddittorio. L'impresa Affidataria dovrà concordare, in contraddittorio, tutte le fasi di esecuzione con ARPACal e dovrà scrupolosamente attenersi a tutte le prescrizioni legittimamente impartite da questo o da altri Enti in tutta la fase esecutiva del lavoro.

### ***Campionamento del terreno***

Per il campione di suolo da analizzare in laboratorio dai sondaggi si preleveranno 3 aliquote:

- a. una per le analisi da parte della ditta e consegnate al laboratorio di analisi privato;
- b. una a disposizione dell'autorità competente (ARPACal) da conservare a cura della ditta;
- c. una eventuale per il confronto tra i laboratori ARPACal e privati qualora non ci fosse una convergenza dei risultati.

L'aliquota sulla quale l'Ente di controllo vorrà operare la validazione delle analisi sarà confezionata in contraddittorio con lo stesso Ente competente.

L'aliquota del campione di terreno da sottoporre ad analisi al fine di determinare il contenuto di inquinanti, dovrà essere confezionato scartando in campo, dopo quartatura, i ciottoli ed il materiale grossolano di diametro maggiore a circa 2 cm.

Le modalità di campionamento saranno le seguenti:

- il campionamento verrà effettuato non appena estratto il materiale e posizionato nelle cassette catalogatrici, tramite paletta in acciaio inox decontaminata dopo ogni operazione;
- la formazione dei campioni prelevati dai sondaggi avverrà con carote di sezione pari ad un metro;
- verranno utilizzati guanti in lattice monouso per evitare la contaminazione dei campioni;
- ogni campione verrà etichettato, identificato e conservato in frigorifero ad una temperatura inferiore a 4°C;
- nelle etichette verrà riportato l'identificativo, la profondità e l'ora di prelievo del campione, il tipo di campione e le analisi richieste.

In particolare la frazione sulla quale condurre le analisi di laboratorio per tutte le sostanze indicate è quella passante al vaglio dei 2 mm; la concentrazione del campione dovrà essere determinata riferendosi alla totalità dei materiali secchi, comprensiva anche dello scheletro, escluso la frazione granulometrica superiore ai 2 cm, che andrà scartata in campo. Per poter valutare eventuali differenze sostanziali tra le concentrazioni espresse sul suolo comprensivo dello scheletro e sulla terra fine, dovranno comunque essere forniti anche i risultati delle concentrazioni riferite alla terra fine (passante a 2 mm). In altre parole dovrà essere fornita la percentuale delle granulometrie che compongono il campione (passante ai 2mm e non passante inferiore ai 2cm). Nell'ipotesi in cui si dovesse rinvenire una concentrazione di idrocarburi superiore alle CSC l'Affidataria dovrà provvedere ad eseguire la speciazione degli stessi secondo il protocollo MADEP (vedi Linee Guida ISPRA sull'Analisi di Rischio), sul campione maggiormente rappresentativo, al fine di permettere la successiva esecuzione dell'Analisi di Rischio sito specifico.

La formazione del campione dovrà avvenire su sezioni di carote di spessore inferiore al metro, qualora nell'intervallo delle battute, al momento dell'estrazione del materiale o all'atto della



perforazione, si rilevino evidenze che richiedono analisi specifiche quali particolarità litologiche, strati di rifiuti o episodi di inquinamento. La formazione del campione deve avvenire su telo impermeabile (es. polietilene) in condizioni idonee al fine di evitare la variazione delle caratteristiche e la contaminazione del materiale. L’eventuale campionamento di gas interstiziali dal suolo deve essere specificatamente segnalato e dovrà essere eseguito con metodi riconosciuti a livello ufficiale.

Le operazioni di campionamento dei terreni verranno eseguite attenendosi a quanto previsto dalla normativa vigente e utilizzando criteri e metodologie di riferimento quali:

- ✓ Modalità di formazione del campione - Metodiche IRSA-CNR n. 64, Appendice 1;  
Manuale Unichim n. 175/94, schede C-02 e C-03;
- ✓ US EPA Removal Program Representative Sampling Guidance – vol. 1 – soil;
- ✓ US EPA SOP – 2012, soil sampling;
- ✓ US EPA SOP – 2006, soil sampling.

L’estrusione del materiale dal tubo carotiere deve essere effettuata, dopo ogni battuta, senza ricorrere a liquidi, soprattutto in condizioni di materiale granulare. Bisognerà porre la carota, in modo da non modificarne la stratigrafia, in una cassetta catalogatrice da 5 m, in plastica oppure, se di diverso materiale, rivestita con telo in plastica, per evitare fenomeni di cross – contamination. Sulle cassette catalogatrici dovranno essere riportati con pennarello indelebile: committente, località, numero sondaggio, profondità di riferimento.

Le attività di campionamento rispetteranno tutte le condizioni di base per potere ottenere campioni che rappresentino correttamente la situazione esistente in sito. Nel corso degli interventi di prelievo dei campioni, tutto il materiale estratto deve essere esaminato e la descrizione della stratigrafia deve essere effettuata a cura di **un Geologo**. Nella formazione del campione da inviare alle analisi si provvederà ad adottare una serie di accorgimenti:

- ✚ identificare e scartare materiali estranei che possono alterare i risultati finali (pezzi di vetro, ciottoli, rami, foglie, ecc.), indicandoli opportunamente nel rapporto di campionamento;
- ✚ omogeneizzare il campione per avere una distribuzione uniforme dei contaminanti (tale azione va evitata per le analisi dei composti organici volatili);
- ✚ suddividere il campione in più parti omogenee, adottando metodi di quartatura riportati nella normativa (IRSA-CNR, Quaderno 64 del gennaio 1985);

### ***Descrizione dei metodi di confezionamento e conservazione dei campioni***

I campioni prelevati, verranno conservati in contenitori di vetro, chiusi e nastrati; sulle etichette saranno riportate il n. del sondaggio Sx Cx, la data e la quota di prelievo. In particolare, i campioni contenenti sostanze degradabili verranno posti immediatamente in contenitori in vetro o in polietilene, in base al comportamento delle sostanze da ricercare, eventualmente additivati con sostanze conservanti non interferenti con le analisi, tenuti chiusi, al buio ed al riparo da fonti di calore e, ove necessario, in frigorifero e saranno avviati all'analisi nel più breve tempo possibile. Nella formazione del campione da predisporre per l’analisi dei composti volatili, onde limitare la volatilizzazione di tali sostanze, si provvederà a ridurre i tempi di esposizione all’aria dei materiali. In questo caso le operazioni di formazione del campione saranno condotte immediatamente dopo la deposizione della carota nell’apposito contenitore, prima della deposizione in cassetta, catalogatrice e prima di procedere alle operazioni di descrizione. Con una paletta/spatola in acciaio inox opportunamente decontaminata saranno prelevate porzioni di materiali solidi, selezionando casualmente alcune aliquote su tutta la lunghezza della colonna da campionare. Il materiale



prelevato con la spatola sarà immediatamente inserito in un contenitore idoneo e con tappo a tenuta, da riempire completamente e sigillare immediatamente.

Dopo la formazione del campione, lo stesso verrà immediatamente posto in un contenitore mantenuto a 4° C e inviato, entro le 24 h, al laboratorio.

- il contenitore in cui riporre il campione deve essere adeguato alle caratteristiche dell'inquinante e deve essere conservato in luogo adeguato a preservarne inalterate le caratteristiche chimico –fisiche;
- i contenitori devono essere completamente riempiti di campione, sigillati, etichettati e inoltrati subito al laboratorio di analisi, insieme con le note di prelevamento. Nel caso siano da determinare inquinanti facilmente degradabili o volatili e la consegna dei campioni ai laboratori di analisi non possa avvenire in tempi brevi, si dovrà procedere alla conservazione dei campioni stessi in ambiente refrigerato;
- le operazioni di formazione del campione devono essere effettuate con strumenti decontaminati dopo ogni operazione e con modalità adeguate ad evitare la variazione delle caratteristiche e la contaminazione del materiale.

I parametri da analizzare per i terreni saranno i seguenti:

Parametro	Metodica	UdM
Antimonio	EPA 3051 A 2007 + EPA 6020 A 2007	mg/Kg
Arsenico	EPA 3051 A 2007 + EPA 6020 A 2007	mg/Kg
Berillio	EPA 3051 A 2007 + EPA 6020 A 2007	mg/Kg
Cadmio	EPA 3051 A 2007 + EPA 6020 A 2007	mg/Kg
Cobalto	EPA 3051 A 2007 + EPA 6020 A 2007	mg/Kg
Cromo totale	EPA 3051 A 2007 + EPA 6020 A 2007	mg/Kg
Cromo (VI)	EPA 3060 A 1996 + EPA 7197 1986	mg/Kg
Mercurio	EPA 3051 A 2007 + EPA 6020 A 2007	mg/Kg
Nichel	EPA 3051 A 2007 + EPA 6020 A 2007	mg/Kg
Piombo	EPA 3051 A 2007 + EPA 6020 A 2007	mg/Kg
Rame	EPA 3051 A 2007 + EPA 6020 A 2007	mg/Kg
Selenio	EPA 3051 A 2007 + EPA 6020 A 2007	mg/Kg
Organi stannici	EPA 3051 A 2007 + EPA 6020 A 2018	mg/Kg
Tallio	EPA 3051 A 2007 + EPA 6020 A 2007	mg/Kg
Vanadio	EPA 3051 A 2007 + EPA 6020 A 2007	mg/Kg
Zinco	EPA 3051 A 2007 + EPA 6020 A 2007	mg/Kg
Benzene	EPA 5021 A 2003 + EPA 8015 D 2003	mg/Kg
Etilbenzene	EPA 5021 A 2003 + EPA 8015 D 2003	mg/Kg
Stirene	EPA 5021 A 2003 + EPA 8015 D 2003	mg/Kg
Toluene	EPA 5021 A 2003 + EPA 8015 D 2003	mg/Kg
Xilene	EPA 5021 A 2003 + EPA 8015 D 2003	mg/Kg
Sommatoria organici aromatici (IPA)		
Clorometano	EPA 5021 A 2003 + EPA 8260 C 2006	mg/Kg
Diclorometano	EPA 5021 A 2003 + EPA 8260 C 2006	mg/Kg
Triclorometano	EPA 5021 A 2003 + EPA 8260 C 2006	mg/Kg
Cloruro di Vinile	EPA 5021 A 2003 + EPA 8260 C 2006	mg/Kg



1,2 - Dicloroetano	EPA 5021 A 2003 + EPA 8260 C 2006	mg/Kg
1,1 - Dicloroetilene	EPA 5021 A 2003 + EPA 8260 C 2006	mg/Kg
Tricloroetilene	EPA 5021 A 2003 + EPA 8260 C 2006	mg/Kg
Tetracloroetilene (PCE)	EPA 5021 A 2003 + EPA 8260 C 2006	mg/Kg
Frazione granulometrica < 2 mm	DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 Met II.1 parte 2	%p/p
Frazione granul. > 2 mm e < 2 cm	DM 13/09/1999 GU n° 248 21/10/1999 Met II.1 parte 2	%p/p

I risultati saranno comparati con i limiti di concentrazioni soglia (CSC) stabiliti dal D.Lgs. 152/06 Allegato 5 alla Parte IV, Titolo V, Tab. 1 (A) per siti a destinazione d'uso verde e residenziale per quanto riguarda la matrice terreno.

Le campagne di campionamento saranno svolte in contraddittorio con l'ARPACal competente per il territorio. Se richieste dall'Ente competente, prima dell'avvio delle operazioni di campo saranno condotte delle prove di inter-calibrazione tra il laboratorio dell'Affidataria dell'intervento ed il laboratorio che opererà il contraddittorio. L'impresa Affidataria dovrà concordare, in contraddittorio, tutte le fasi di esecuzione con ARPACal e dovrà scrupolosamente attenersi a tutte le prescrizioni legittimamente impartite da questo o da altri Enti in tutta la fase esecutiva del lavoro.

#### ***Analisi sul rifiuto***

I campioni saranno sottoposti a test di cessione di cui all'allegato 3 del D.M. 27/09/2010 (Allegato 3 DM Ambiente 5 febbraio 1998) come modificato nel 2015, per l'accettabilità in discariche.

#### ***Indagini per l'acquisizione di parametri analitici e geotecnici sito specifici per l'elaborazione della procedura di analisi di rischio.***

Alle indagini di cui ai precedenti paragrafi saranno associate indagini di tipo geognostico finalizzate all'acquisizione di alcuni parametri sito specifici di interesse per l'eventuale svolgimento dell'analisi di rischio sito specifico nonché per il dimensionamento di un eventuale intervento operativo di bonifica e o messa in sicurezza.

Le indagini in oggetto consisteranno in:

- realizzazione di n. 2 prove di permeabilità Lefranc, a profondità variabile;
- prelievo di n. 3 campioni di terreno sottoposti ad analisi geotecniche di laboratorio volte alla ricerca di parametri significativi per eventuale svolgimento dell'analisi di rischio sito specifica;
- prelievo di n. 3 campioni della matrice ambientale suolo e sottosuolo da sottoporsi ad analisi chimiche di laboratorio specifiche (misura del coefficiente di partizione suolo/acqua e della frazione di carbonio organico)
- 

#### ***Prove di permeabilità in foro (prove Lefranc)***

E' prevista l'esecuzione di 2 prove di permeabilità in foro di tipo Lefranc a carico variabile, in corrispondenza dei diversi orizzonti che si attraverseranno nei sondaggi a carotaggio a carotaggio continuo. Le prove di permeabilità in foro saranno eseguite in fase di avanzamento della perforazione, con la finalità di valutare la conducibilità idraulica dell'acquifero misurando gli assorbimenti d'acqua attraverso un determinato tratto di foro.

La procedura per l'esecuzione delle prove di permeabilità sarà la seguente:

- la perforazione sarà avanzata sino alla quota di prova, spingendo il rivestimento fino alla medesima quota;



- verrà sollevata la batteria d'aste per 0,5-1m, con solo tiro della sonda;
- si procederà alla misurazione del livello idrico nel foro con sonda elettrica centimetrata (freatimetro);
- si riempirà il tubo di rivestimento sino circa alla sua sommità con acqua pulita;
- si procederà alla misura del livello d'acqua all'interno del tubo di rivestimento, senza ulteriori immissioni.

I dati ottenuti dalle prove di campo saranno elaborati per il calcolo della conducibilità idraulica.

### ***Analisi geotecniche di laboratorio***

Oltre alle previste prove di permeabilità in foro, in fase di realizzazione della campagna di indagine, è stato previsto il prelievo di alcuni campioni da avviare ad analisi geotecniche di laboratorio mirate alla definizione della percentuale granulometrica, del grado di umidità naturale, della porosità e del peso specifico dei campioni prelevati per ciascuna delle litologie incontrate durante la fase di perforazione. Tale scelta è stata effettuata con lo scopo di giungere ad un maggior grado di conoscenza relativamente alle caratteristiche lito-stratigrafiche del sito al fine di svolgere l'analisi di rischio sito specifica ex D. Lgs. 152/06. Sono stati, pertanto, previsti un totale di n. 2 campioni su cui effettuare analisi geotecniche di laboratorio per la determinazione dei parametri sopra riportati.

### ***Analisi del Kd e del FOC***

Si è previsto il prelievo di 3 campioni della matrice ambientale suolo e sottosuolo al fine di monitorare il coefficiente di partizione suolo/acqua (kd) e la frazione del carbonio organico (FOC). Il coefficiente di partizione suolo acqua (Kd) è utilizzato per descrivere il fenomeno dell'adsorbimento: per conoscere il comportamento di una specie inquinante nel sottosuolo è necessario descrivere l'equilibrio di adsorbimento che si instaura all'interfaccia solido liquido, ovvero come la specie chimica si ripartisce tra la matrice solida del terreno (nelle due componenti minerale ed organica) ed il fluido di circolazione.

Il coefficiente di partizione kd è definito come il rapporto tra la quantità di inquinante adsorbito sulla matrice solida con quello presente in soluzione in condizioni di equilibrio. Viene pertanto espresso dalla relazione  $kd = C_s / C_L$  dove  $C_s$  è la concentrazione del contaminante adsorbito sulla fase solida in mg/kg,  $C_L$  è la concentrazione del soluto nella fase acquosa in mg/li ed infine, kd è il coefficiente di partizione espresso in l/kg. Pertanto, il valore di Kd aumenta al crescere della tendenza dell'inquinante a permanere nella fase solida ed è inversamente proporzionale alla mobilità dell'inquinante, cioè alla sua tendenza a trasferirsi in acqua.

Il coefficiente di partizione viene utilizzato, nell'ambito dell'analisi di rischio sito-specifico, dai modelli di fate&transport per stimare il fattore di ritardo (R, dimensionale) che descrive il movimento del contaminante rispetto al movimento della falda:

$$R = 1 + \frac{\rho_b \cdot K_d}{\theta}$$

dove  $\rho_b$  è la densità della zona satura (gr/cm<sup>3</sup>), Kd è il coefficiente di partizione inorganica (ml/gr)m  $\theta$  è la porosità effettiva della zona satura (cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>).

Il fattore di ritardo è un parametro empirico comunemente utilizzato nei modelli di trasporto per descrivere le interazioni chimiche tra il contaminante ed i materiali geologici. Esso prende in considerazione processi quali l'adsorbimento, l'assorbimento, la precipitazione e la filtrazione chimica dei colloidali. Il fattore di ritardo risulta quindi direttamente proporzionale al coefficiente di partizione inorganica (Kd), il quale è fortemente dipendente, oltre che dal contaminante, dalle caratteristiche chimico fisiche delle fasi solida e liquida. Infatti, quando il termine Kd è diverso da zero, l'equazione di trasporto è funzione anche dei processi sopra citati (assumendo, comunque, che



le reazioni arrivino all’equilibrio, siano reversibili e che il flusso del contaminante nella fase acquosa sia costante nello spazio e nel tempo). Se da una parte è vero che tali assunzioni raramente risultano reali nell’ambiente naturale, dall’altra è necessario considerare che esse portano ad un approccio troppo conservativo, sovrastimando la concentrazione dell’inquinante al punto recettore. Risulta quindi evidente come all’aumentare del  $K_d$  aumenti il fattore di ritardo  $R$  dello specifico inquinante a causa della sua maggiore tendenza a permanere nella fase solida. Tutto ciò comporta sia un aumento del tempo necessario all’esaurimento della sorgente di inquinamento nella zona satura sia un aumento del tempo necessario al plume di inquinamento a raggiungere il bersaglio predefinito.

La determinazione del coefficiente di partizione suolo/acqua sito specifico permette, pertanto, di giungere alla definizione del reale grado di interazione chimica tra il contaminante ed i materiali dell’area.

## **6 SICUREZZA**

Nell’esecuzione del Piano di indagini si procederà secondo quanto previsto dalle norme di legge per prevenzione degli infortuni, igiene e sicurezza sui luoghi di lavoro e dalle norme di buona tecnica. Prima dell’inizio delle attività, l’Affidataria dovrà redigere un apposito Piano Operativo di Sicurezza (P.O.S.), conforme ai contenuti minimi previsti dal D.Lgs. 81/08, da sottoporre alla Committente. All’interno del P.O.S. dovranno essere chiaramente specificate la modalità di esecuzione dei lavori, le dotazioni di sicurezza degli addetti, le attrezzature utilizzate e quant’altro si riferisca agli interventi da eseguire.

Dovrà inoltre essere posta attenzione al pericolo di esalazioni di vapori di sostanze nocive per la salute umana, connessi con la presenza di fasi immiscibili nella falda, nonché per la possibile presenza di ulteriori sostanze nocive quali polveri e materiali fibrosi e, pertanto, prevedere gli adeguati Dispositivi di Protezione Individuale (D.P.I.). Dovranno pertanto essere impiegate attrezzature e dispositivi rispondenti alla normativa vigente sulla sicurezza delle apparecchiature e degli impianti. Tutto il personale dell’Affidataria operante nel sito dovrà essere dotato di idonei D.P.I. delle vie respiratorie e di un sufficiente numero di indumenti protettivi completi ed a norma.

La fornitura di energia elettrica e di acqua industriale e potabile, nonché lo smaltimento delle acque nere e bianche, sono un onere dell’Affidataria che dovrà provvedere, in linea con le previsioni normative, all’approvvigionamento delle utenze ritenute utili.

Gli oneri per la sicurezza e salute dei lavoratori, derivanti dall’applicazione delle norme generali di settore sono già inclusi nelle somme poste a base dell’appalto.

## **7 CONCLUSIONI**

Al termine delle nuove attività di caratterizzazione che chiariranno puntualmente lo stato effettivo di contaminazione del sito, si valuterà se effettuare una nuova analisi di rischio sito specifica che attualizzi gli obiettivi di bonifica.



## ALLEGATI

- 1 - Certificato di destinazione urbanistica
- 2 - Carta geologica generale.
- 3 - Carta geologica locale.
- 4 - Carta geomorfologica generale.
- 5 - Carta geomorfologica locale.
- 6 - Carta delle pendenze.
- 7 - Carta Idrogeologica.
- 8 - Localizzazione piano d’indagini.





**Comune di Isola di Capo Rizzuto**  
Provincia di Crotona  
SETTORE n. 4 – U.T.C. Servizio Urbanistica

**CERTIFICATO DI DESTINAZIONE URBANISTICA**  
CDU – 106 - 2020

**IL RESPONSABILE DEL SETTORE**

**CERTIFICA**

Che l'area di cui fa parte il terreno sito in Isola Capo Rizzuto (KR), ai sensi del **Programma di Fabbricazione** (PdF) approvato con Decreto Presidente della Giunta Regionale n. 726 del 02.07.1975, ha la seguente destinazione urbanistica:

- **F. 9 P.lla 166 "Zona Agricola"**

Che l'area di cui fa parte il terreno sito in Isola Capo Rizzuto (KR), ai sensi del **PIANO STRUTTURALE COMUNALE (PSC)** adottato con Delibera di Consiglio Comunale n.40 del 05.08.2016, ha la seguente destinazione urbanistica:

- **F. 9 P.lla 166 — Territorio agricolo-forestale (TAF) "E1 aree caratterizzate da produzioni agricole tipiche, vocazionali e specializzate art. 30" -**  
**Pertinenze dei beni storico-architettonici e testimoniali – PES (art. 48.2);**

con la presenza delle seguenti condizioni di rischio e vincoli:

- **Condizione di rischio e vincoli derivanti dallo studio Geomorfologico** allegato al P..S.C. classe di fattibilità 3 e 4 con consistenti e gravi limitazioni ;
- **Zona di Interesse Archeologico** (art. 142, c.1 lett.m. D.lg 42/2004);
- **Aree boscate percorse dal fuoco** (art. 142, lett.g. D.lg 42/2004; art. 6 lett. e) LR 23/1990; L. 353/200 art. 10);
- **Vincoli aeroportuali**
- limitazioni per l'installazione di sorgenti laser e proiettori ad alta densità (tav. PC01B Mappa vincolo ENAC) ;
- **Vincoli altimetrici derivanti dalle superfici di delimitazioni degli ostacoli** (Mappe vincolo Enac);
- **Limitazioni nella realizzazione di manufatti con finiture esterne riflettenti e campi fotovoltaici; Antenne ed apparati radioelettrici irradianti** (indipendentemente dalla loro altezza), che prevedendo l'emissione di onde elettromagnetiche possono creare interferenze con gli apparati di radionavigazione aerea (Mappe vincolo Enac);
- **Area di incompatibilità assoluta per la realizzazione di impianti eolici** (Mappa vincolo Enac);

Isola Capo Rizzuto, li  
07.12.2020

Il responsabile del SUE

arch. Onofrio Ventura

11 le  
117  
Adi 00095 -



Il Responsabile del Settore

Ing. Pasqualino Nicotera

# Carta Geologica Generale

## LEGENDA



Discarica

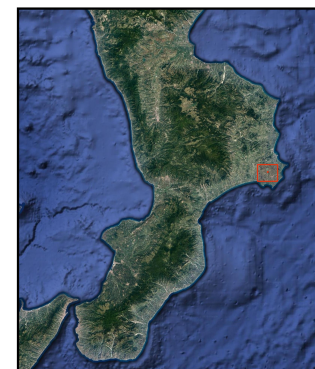
## LITOLOGIA

alluvioni fissate dalla vegetazione e/o artificialmente

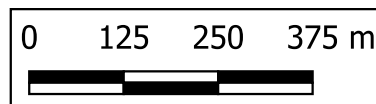
argille siltose da grigio-azzurre a grigio-chiare

materiali di solifussione e dilavamento

sabbie da fini a grossolane, ghiaie, conglomerati e sabbioni

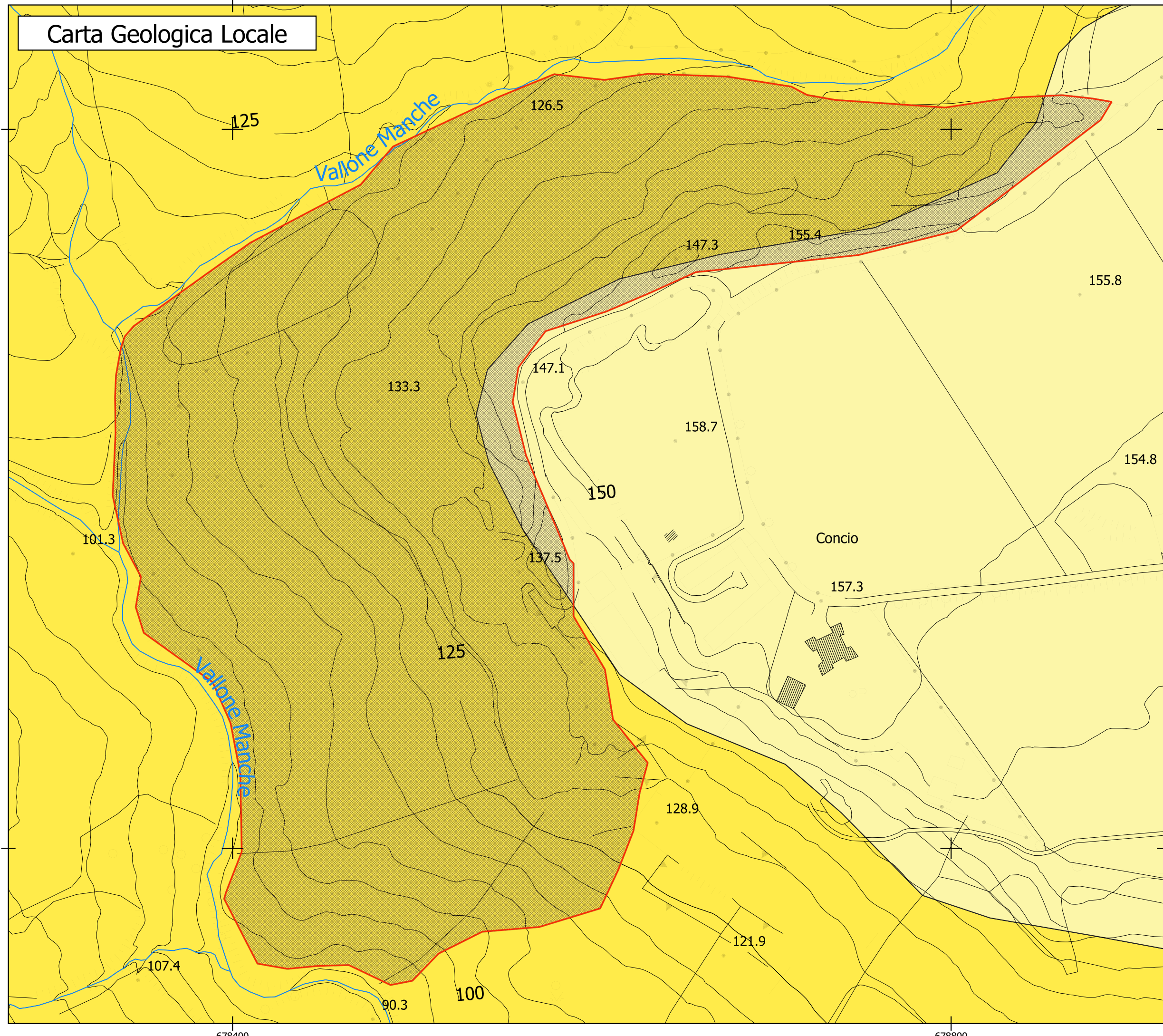


1:10000



SR: WGS84/UTM 33N, EPSG:32633


# Carta Geologica Locale




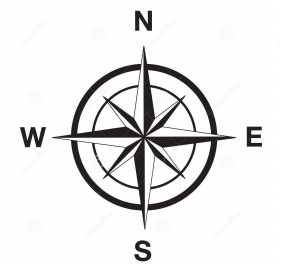
## LEGENDA

 Discarica

### LITOLOGIA

 argille siltose da grigio-azzurre a grigio-chiare

 sabbie da fini a grossolane, ghiaie, conglomerati e sabbioni








1:2000

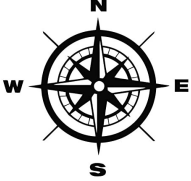
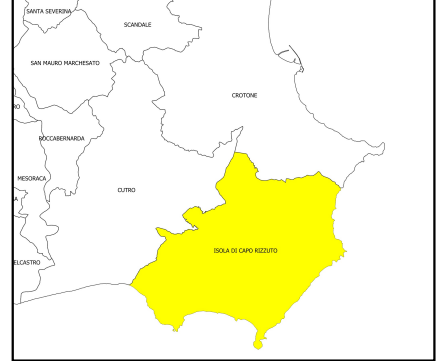
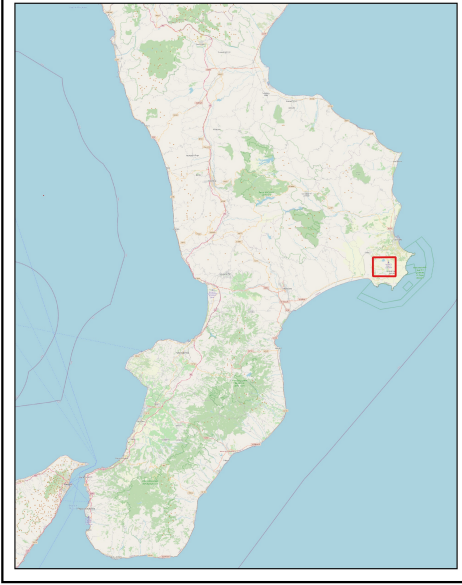


SR: WGS84/UTM 33N, EPGS:32633

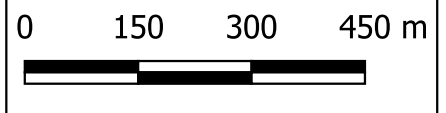
# Carta Geomorfologica Generale

## LEGENDA

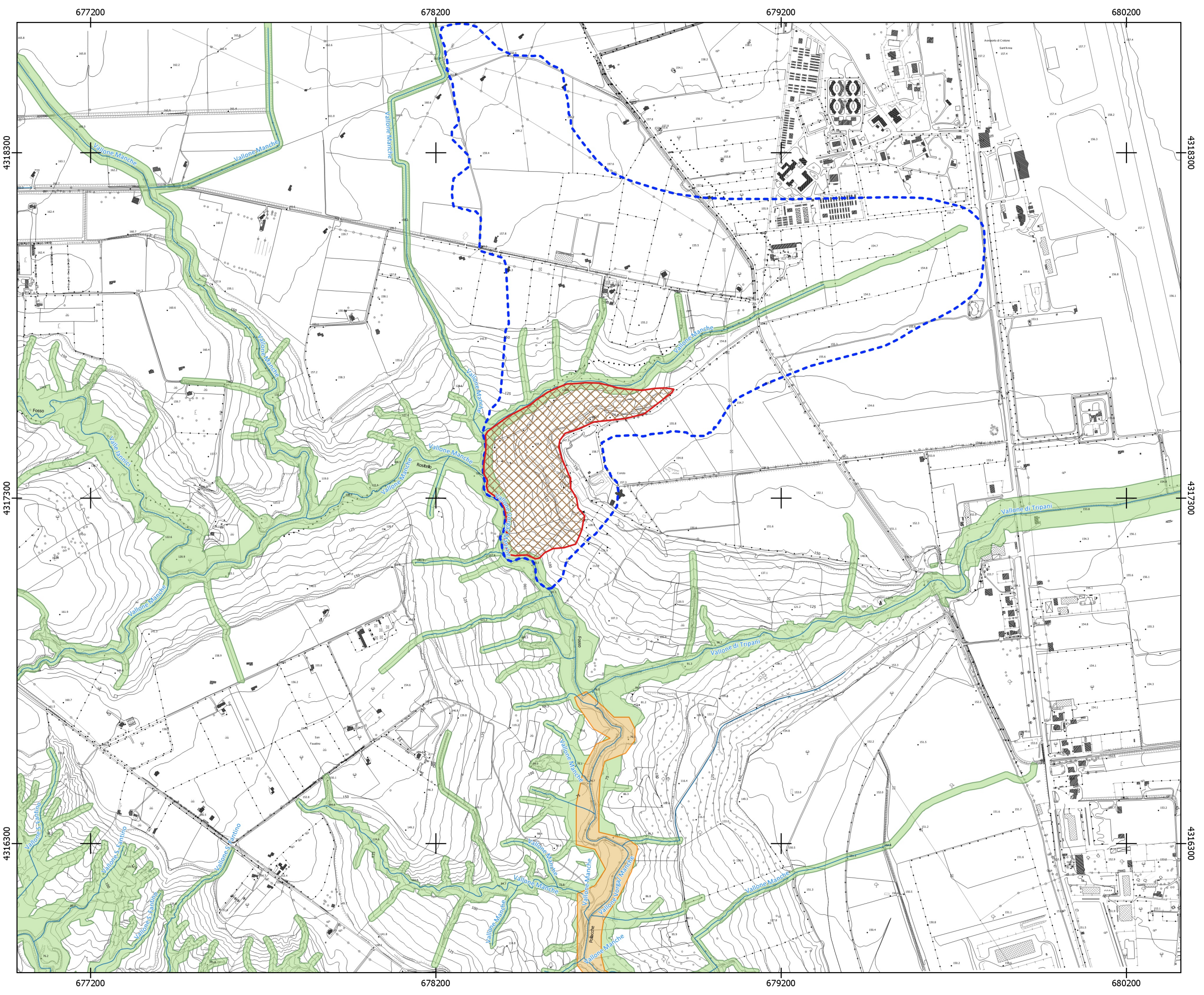
-  Area discarica (ipotizzata)
-  Idrografia (geoportale della Calabria)
-  Bacino idrografico area discarica (ipotizzata)
-  Aree Attenzione PGRA
-  Aree Attenzione PAI



1 : 10000







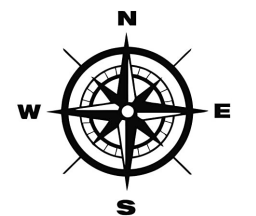
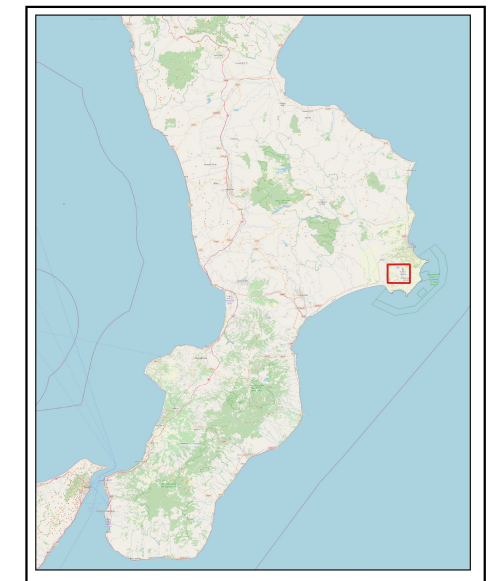
WGS 84/ UTM 33 N, EPSG: 32633



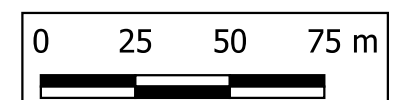
# Carta Geomorfologica Locale

## LEGENDA

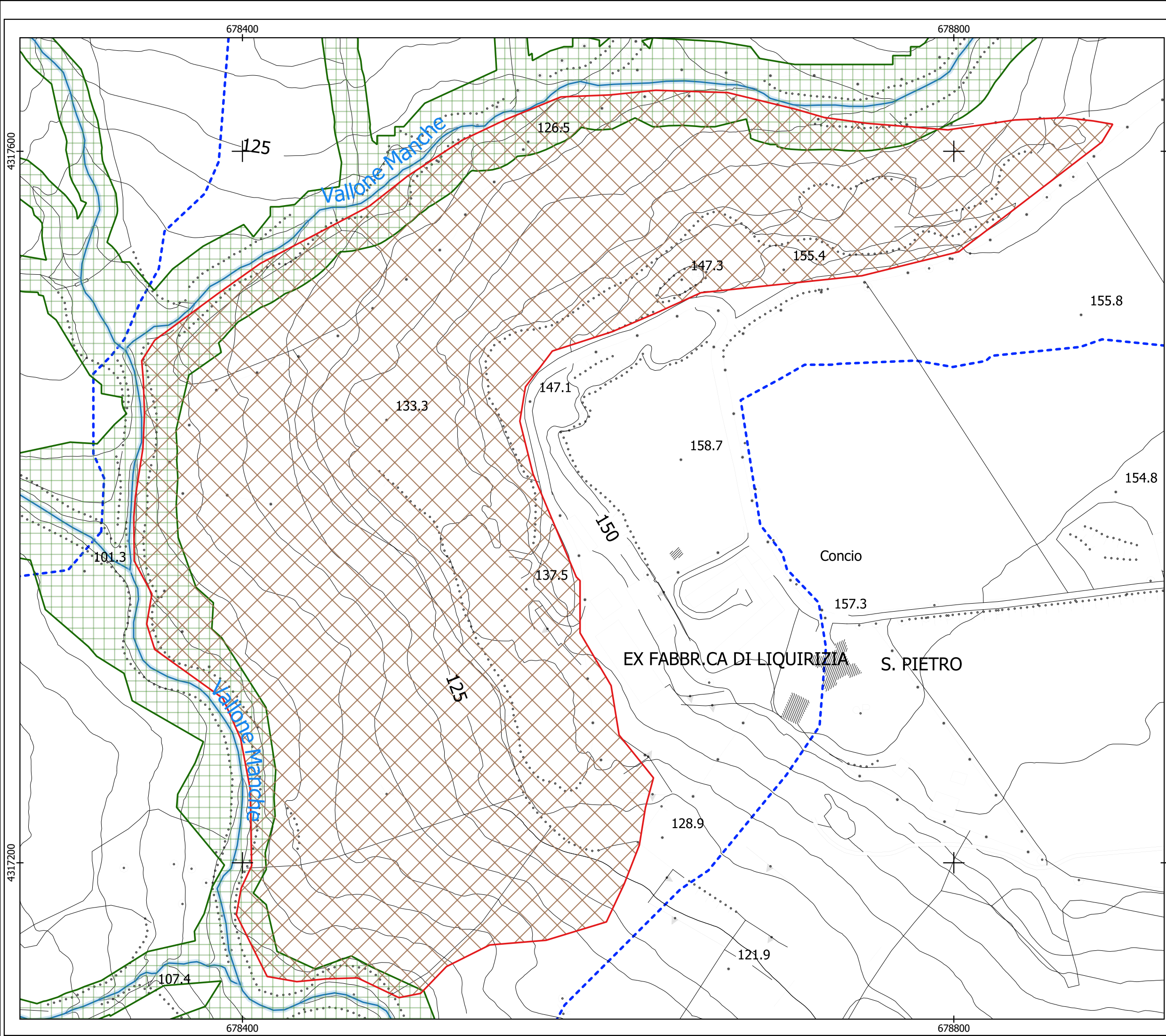
-  Discarica
-  Idrografia
-  Bacino area Discarica
-  Aree Attenzione PGRA



1:2000



SR: WGS84/UTM 33N, EPSG:32633



# Carta delle Pendenze

677300

678600

679900

4318200

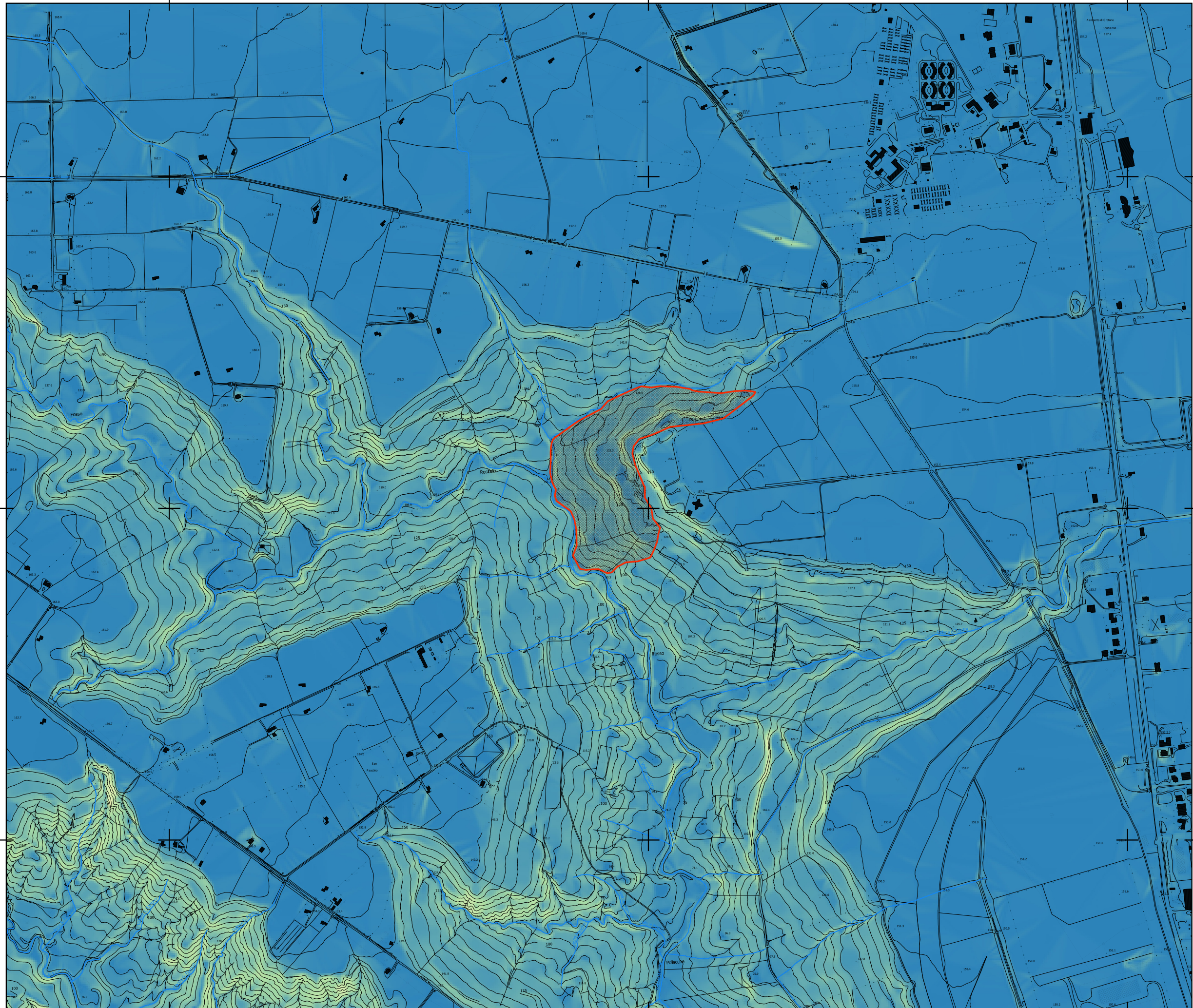
4318200

4317300

4317300

4316400

4316400




## LEGENDA

 Discarica

Pendenza (°)

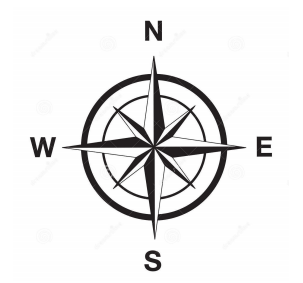
 0

 25

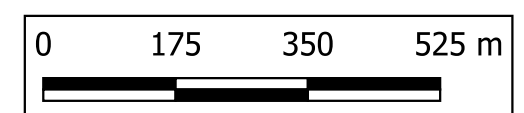
 45

 75

 90



1:10000



SR: WGS84/UTM 33N, EPSG:32633

677300

678600


679900

# Carta Idrogeologica


## LEGENDA


 Area discarica (ipotizzata)


 Idrografia  
(geoportale della Calabria)

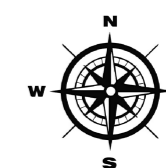
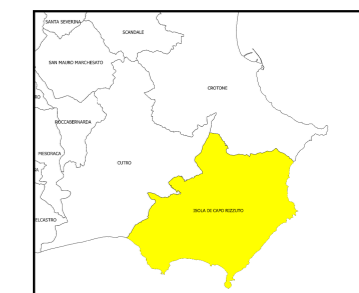
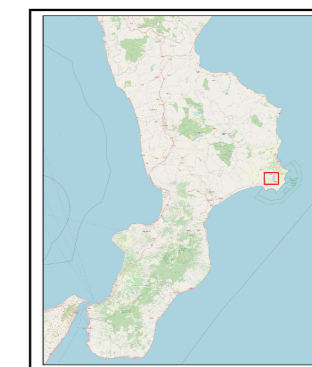
 Bacino idrografico area discarica (ipotizzata)

### Complessi Idrogeologici

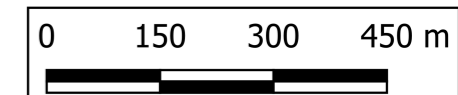
 <sup>a</sup> Complesso delle alluvioni  
Materiale alluvionale Olocenico.  
Permeabilità medio-elevata.

 <sup>Q\_s.cl</sup> Complesso conglomeratico-sabbioso  
Sabbie, ghiaie e conglomerati da  
bruni a bruno-rossastri, Pleistocenici.  
Resistenza all'erosione variabile in  
funzione del grado di cementazione,  
permeabilità generalmente elevata.

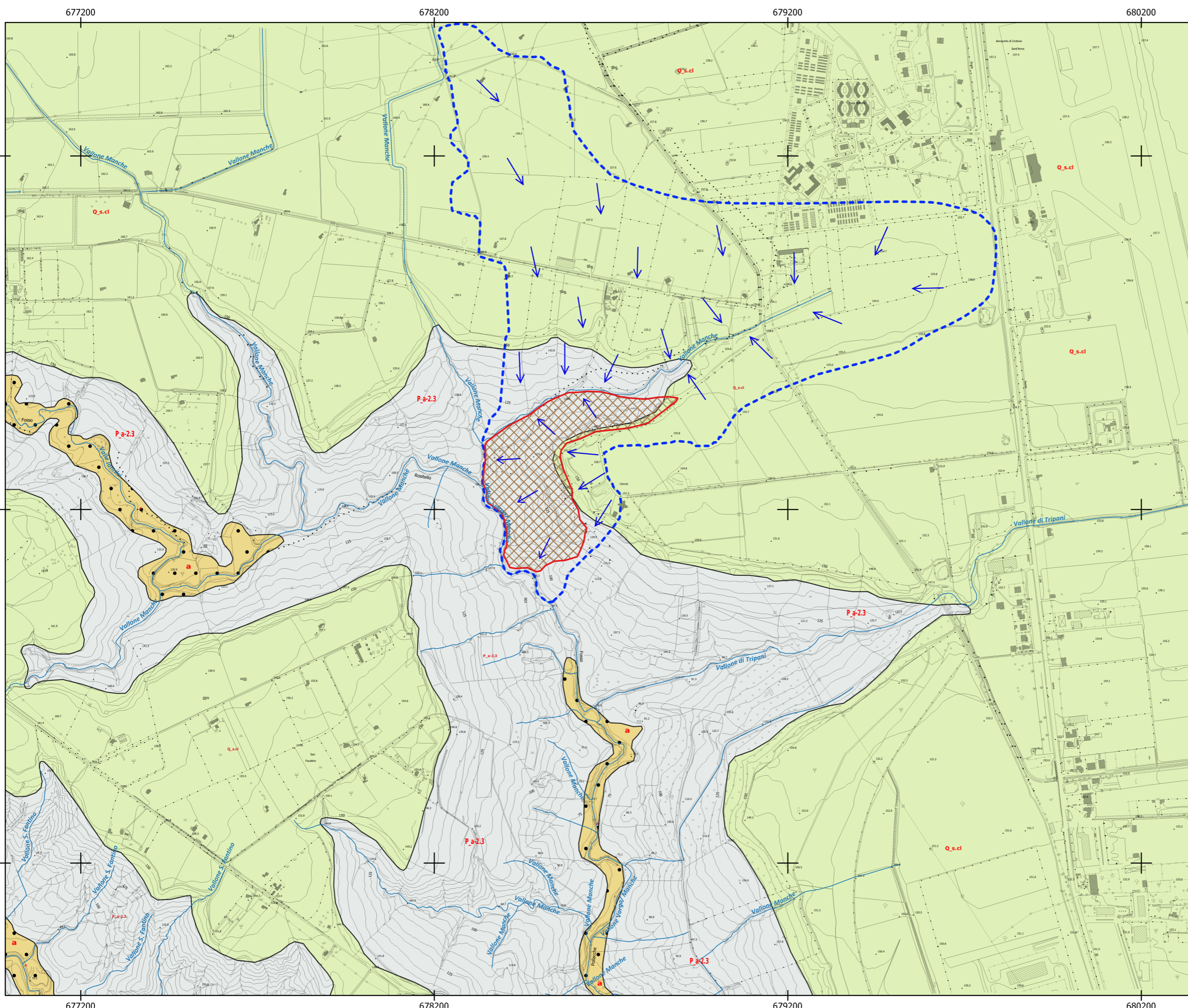
 <sup>P\_a-2.3</sup> Complesso argilloso  
Argille siltose da grigie a grigio-  
azzurre, Plioceniche (Medio-  
Calabriano). Resistenza all'erosione  
scarsa e permeabilità bassa.



1 : 10000





WGS 84/ UTM 33 N, EPSG: 32633







# Localizzazione Piano Indagini





## LEGENDA

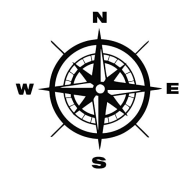
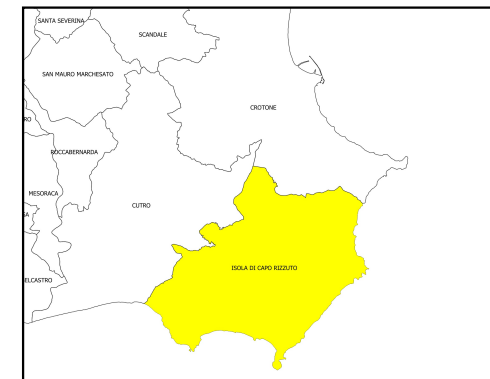
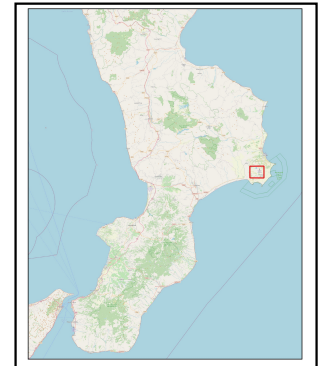
-  Area Discarica (ipotizzata)
-  Idrografia (Geoportale della Calabria)

### Indagini Dirette

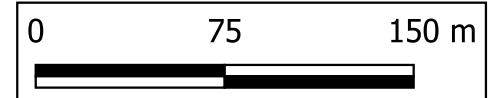
-  Trincee
-  Sondaggio interno
-  Sondaggio esterno attrezzato con piezometro
-  Top soil

### Indagini Indirette

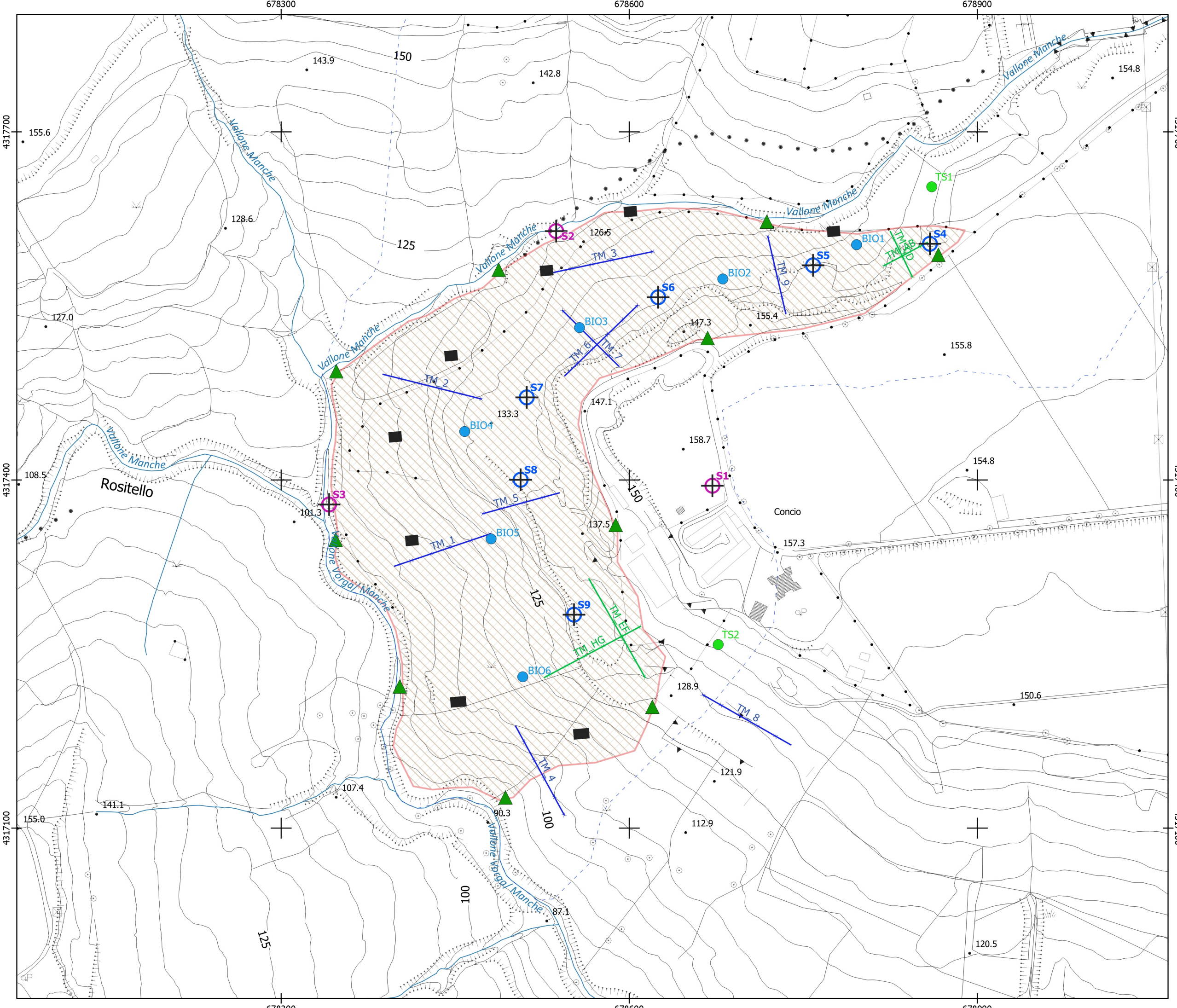
-  Tomografia progressa (ARPACAL)
-  Tomografia elettrica
-  Biogas
-  Elettromagnetiche



1 : 3000





WGS 84/ UTM 33 N, EPSG: 32633









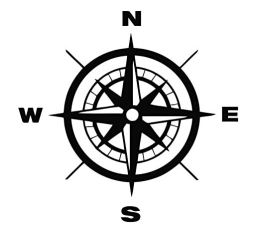
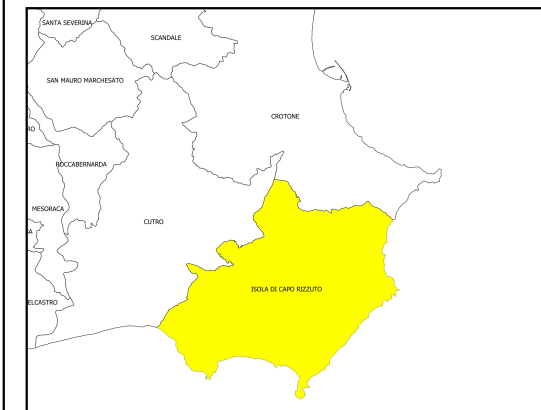
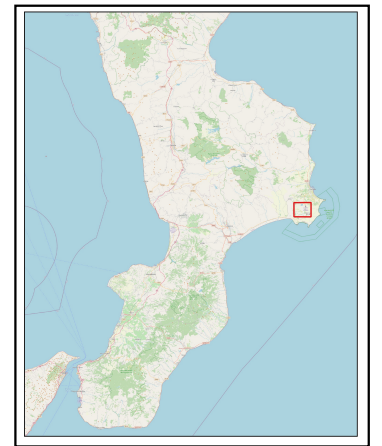
# Localizzazione Piano Indagini (Indirette)

## LEGENDA

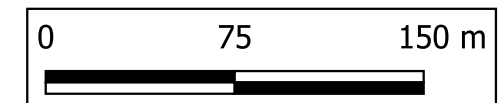
-  Area Discarica (ipotizzata)
-  Idrografia (Geoportale della Calabria)

## Indagini Indirette

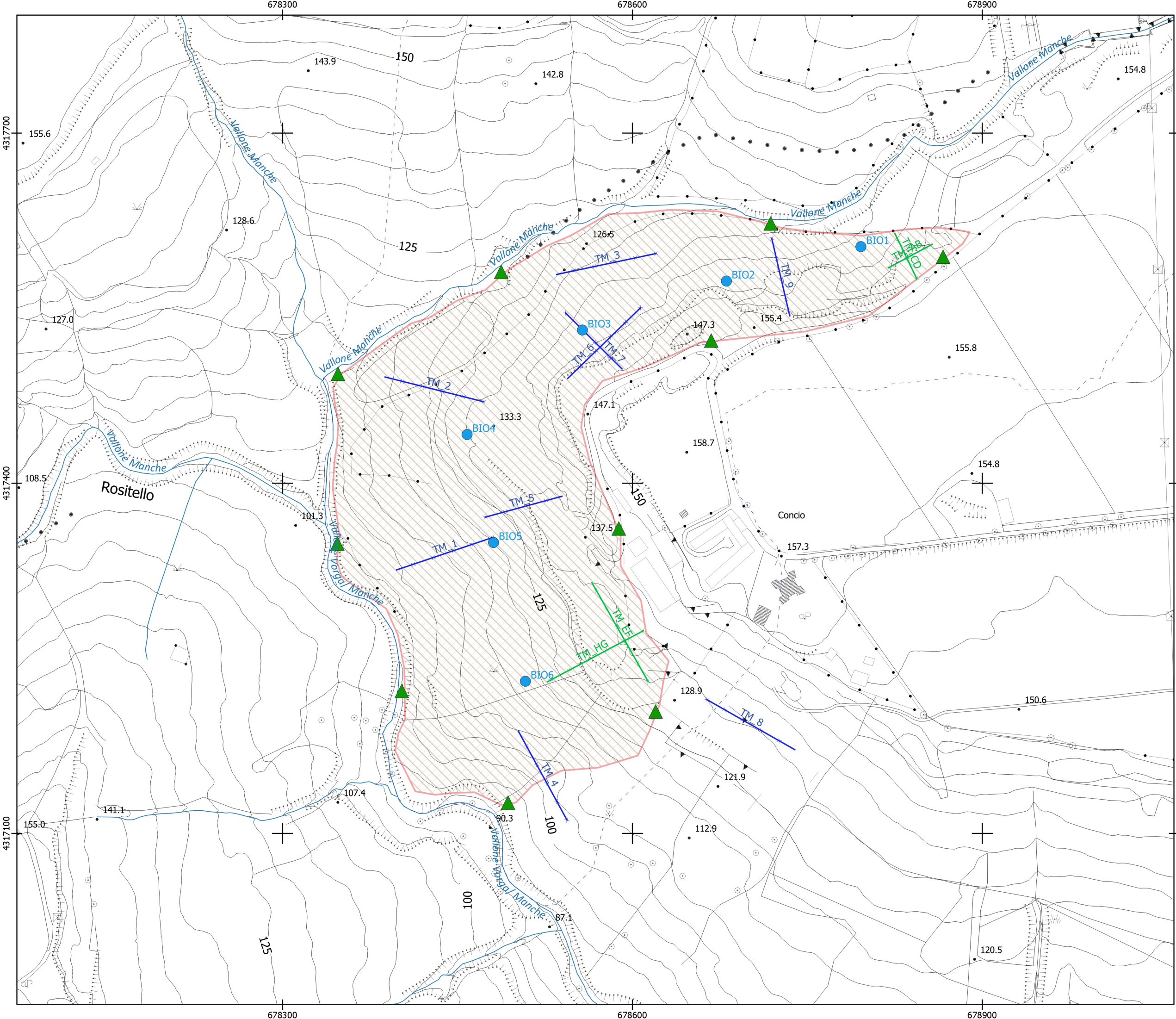
-  Tomografia progressa (ARPACAL)
-  Tomografia Elettrica
-  Biogas
-  Elettromagnetiche



1 : 3000





WGS 84/ UTM 33 N, EPSG: 32633







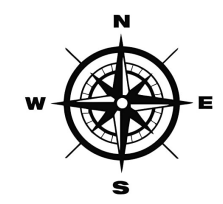
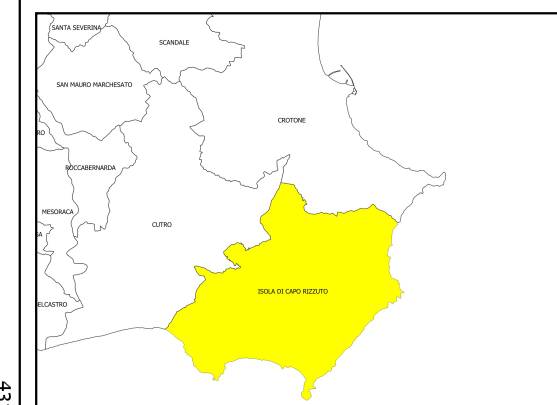
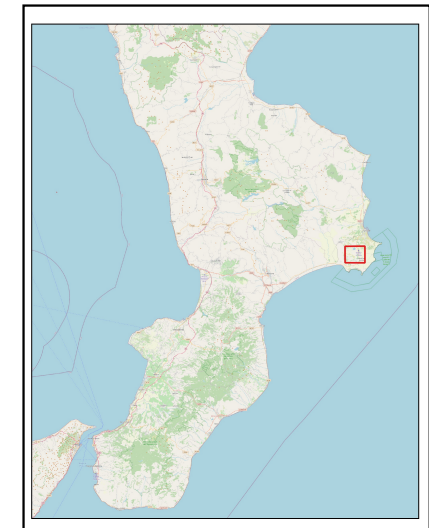
# Localizzazione Piano Indagini (Dirette)

## LEGENDA

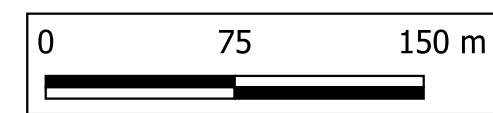
-  Area Discarica (ipotizzata)
-  Idrografia (Geoportale della Calabria)

## Indagini Dirette

-  Trincee
-  Sondaggio interno
-  Sondaggio esterno attrezzato con piezometro
-  Top soil



1 : 3000



WGS 84/ UTM 33 N, EPSG: 32633

