



COMUNE DI CANOSA DI PUGLIA
Provincia di Barletta – Andria – Trani
Settore Lavori Pubblici e Manutenzione

COMPENSORIO LOCALITÀ C.da TUFARELLE, COMUNE DI CANOSA DI PUGLIA (BAT)

PIANO DI INDAGINI INTEGRATIVE PER LA DETERMINAZIONE DEI VALORI DI FONDO GEOCHIMICO

—
In riferimento alle Linee Guida SNPA n°08/2008



Sede Legale: Via C. Costa, 182 - 41123 Modena
Uffici: Via Per Modena, 12 - 41051 Castelnovo R. (MO)
Tel. 059 3967169 - Fax. 059 5960176
info@geogroupmodena.it
www.geogroupmodena.it
P.IVA 02981500362

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche

📄 Via C. Costa, 182 – 41100 Mo – ☎ Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5960176 – 📧 e-mail: info@geogroupmodena.it.

Sommario

1. PREMESSA.....	5
2. INQUADRAMENTO GENERALE.....	6
3. CARATTERISTICHE DEL SITO E RICOSTRUZIONE STORICA ATTIVITÀ PRESENTI SUL SITO.....	13
3.1. UBICAZIONE DEL SITO	13
3.2. DESCRIZIONE DEL SITO	13
3.3. DESTINAZIONE D'USO.....	16
3.4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO	19
3.4.1. ASPETTI GENERALI	19
3.4.1.1. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DELL'AREA	19
3.4.1.2. IDROGEOLOGIA DELL'AREA.....	23
– GARGANO;	28
– TAVOLIERS DI FOGGIA;	28
– MURGIA (DI CUI FA PARTE L'AREA DI STUDIO);.....	28
– PIANA DI BRINDISI;	28
– ARCO IONICO TARANTINO;.....	28
– SALENTO.	28
3.4.2. ASPETTI DEL SITO SPECIFICI	35
3.4.2.1. STUDIO IDROGEOLOGICO PROF. PAGLIARULO EFFETTUATO PER L'IMPIANTO DELLA DITTA BLEU S.R.L.	35
3.4.2.2. RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, IDRAULICA, SISMICA, GEOTECNICA ED INDAGINI GEOL MANCINI REDATTA PER LA DITTA SOLVIC S.R.L..	36
3.4.2.3. UBICAZIONE POZZI DI MONITORAGGIO DELLA DISCARICA CONTROLLATA DELLA DITTA COBEMA S.R.L.	39

3.4.2.4. RELAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA DOTT.SA CORVASCE REDATTA PER LA DITTA BLUE S.R.L.	39
3.4.2.5. RELAZIONE IDROGEOLOGICA GEOSTUDI S.R.L. REDATTA PER LA DITTA DELTA PETROLI S.R.L.....	40
3.5 CARATTERISTICHE CLIMATOLOGICHE E AMBIENTALI DELL'AREA.....	41
4. ANALISI DEI DATI ESISTENTI E MODELLO CONCETTUALE PRELIMINARE	50
4.1 CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE ANNO 2014	50
4.2 VALIDAZIONE IRSA - CNR	56
4.3 APPROVAZIONE DELLE INDAGINI DI CARATTERIZZAZIONE (2014 - 2015).....	57
4.4 INDAGINI ESEGUITE NELL'ANNO 2017	58
4.5 VALIDAZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE NEL 2017 DA PARTE DI IRSA - CNR	60
5 DEFINIZIONE DEL MODELLO CONCETTUALE PRELIMINARE DEL SITO.....	61
6 PIANO DI INVESTIGAZIONE INIZIALE	63
6.1 OBIETTIVI DELL'INVESTIGAZIONE INIZIALE	63
6.2 INDIVIDUAZIONE AREE OMOGENEE	63
6.3 ANALISI DI CAMPO	65
6.3.1 CARATTERIZZAZIONE DELLA FALDA ACQUIFERA.....	65
6.3.1.1 METODICHE DI CAMPIONAMENTO DELLE ACQUE SOTTERRANEE.....	69
6.3.1.2 SET ANALITICO ACQUE SOTTERRANEE	71
7 ELABORAZIONE E INTERPRETAZIONE DEI DATI	72
7.1 ANALISI PRELIMINARE DEI DATI	73
VALIDAZIONE (B3 IN FIG. 7.1)	73
INDIVIDUAZIONE DELLE FACIES IDROCHIMICHE (B4 IN FIG. 7.1).....	73
EVENTUALE AGGIORNAMENTO DEL MODELLO CONCETTUALE (B5 IN FIG. 7.1)	75

<i>PRE-SELEZIONE (B6 IN FIG. 7.1)</i>	75
<i>ORGANIZZAZIONE DELLA BANCA DATI (B7 IN FIG. 7.1)</i>	76
<i>RAPPRESENTAZIONE DEI DATI IDROCHIMICI</i>	76
7.2 ANALISI PRELIMINARE DEI DATI	79
<i>A) ANALISI TEMPORALE DEI DATI</i>	79
<i>B) ANALISI SPAZIALE DEI DATI</i>	81
<i>VALUTAZIONE DELLA CONSISTENZA DEL DATASET (15-19)</i>	82
<i>DETERMINAZIONE DEI VALORI DI FONDO NATURALE</i>	83
7.3 CRONOPROGRAMMA DELLE ATTIVITÀ INVESTIGATIVE	86

1. PREMESSA

La presente relazione integra quanto presentato in precedenza sulla base delle richieste d'integrazione pervenute da ARPA PUGLIA (Parere Prot. n. 65708 del 02/10/2020), da Provincia di Barletta-Andria-Trani (Parere Prot. n. 20095 del 05/10/2020) e allegate alla Comunicazione della Regione Puglia (Prot. AOO_090/PROT/22/10/2020/0011884).

Si precisa che con **Determinazione Dirigenziale reg. Gen. 939 del 20/08/2019**, il Comune di Canosa di Puglia ha affidato alla studio GEO GROUP S.r.l., Via Cesare Costa n.182 - 41123 – Modena (MO), l'incarico per la *"progettazione (unico livello progettuale) del Piano di indagini di caratterizzazione, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione e di esecuzione, direzione dell'esecuzione del contratto, verifica di conformità, elaborazione Modello Concettuale Definitivo e di Analisi del Rischio sito specifica"*, nell'ambito della procedura *"POR Puglia 2014/2020 - Azione 6.2 - Bonifica siti inquinati. Intervento denominato Indagini integrative di caratterizzazione e AdR - Contrada Tufarelle. Incarichi di progettazione, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione, direzione dell'esecuzione del contratto, verifica di conformità. Elaborazione Modello Concettuale Definitivo ed Analisi di Rischio sito specifica"*.

L'area in esame ricade nel Comune di Canosa di Puglia, in località contrada Tufarelle, al confine con il Comune di Minervino Murge e risulta interessata dalla presenza di diverse attività ed impianti comportanti un potenziale "rischio ambientale".

In data 02.12.2019 era dunque stato presentato un **PIANO DI CARATTERIZZAZIONE**, redatto ai sensi dell'ALL.2 Parte IV Titolo V del D.Lgs. 152/06 e finalizzato alla raccolta di indicazioni conoscitive in merito allo stato qualitativo dell'acquifero, nonché alle condizioni idrogeologiche dell'area.

Tale studio si era reso necessario, poiché, a seguito dei superamenti delle CSC per la matrice acque sotterranee, rilevati da indagini eseguite in passato, il Comune aveva valutato la necessità di integrare e completare la caratterizzazione ambientale già disponibile per l'area, finalizzata all'elaborazione del **Modello concettuale definitivo del sito** e alla successiva **Elaborazione dell'analisi di Rischio sito-specifica** volta all'analisi ed alla gestione dei rischi per la salute e per l'ambiente derivanti da tali superamenti.

Tale PIANO DI CARATTERIZZAZIONE era poi stato aggiornato a seguito delle richieste della **Conferenza dei Servizi**, tenutasi in data **07/02/2020**.

In particolare in tale sede era stato osservato che *"essendo il piano di indagine ambientale volto allo studio qualitativo dell'area, questo secondo le linee guida ISPRA deve essere articolato su un'area o più aree con caratteristiche geomorfologiche omogenee, da rappresentarsi cartograficamente, e che le indagini devono essere distribuite secondo un criterio sistematico. Allo stesso modo il set di analiti dovrà essere legato ai parametri che hanno evidenziato superamenti*

delle concentrazioni soglia di contaminazione nel corso delle attività di indagini svolte negli anni precedenti e per i quali si ritenga necessaria la definizione dei valori di fondo geochimico".

Il piano inizialmente redatto è stato pertanto modificato, con la finalità di definire i **VALORI DI FONDO GEOCHIMICO DELL'AREA** per quanto riguarda la falda, per i parametri per i quali erano stati rilevati, in passato, superamenti delle CSC, così come richiesto in sede di Conferenza dei Servizi del 07.02.202, recependo le ulteriori richieste da parte di Arpa e Provincia, allegate alla Comunicazione della Regione Puglia (Prot. AOO_090/PROT/22/10/2020/0011884).

2. INQUADRAMENTO GENERALE

L'area in esame ricade nell'agro del Comune di Canosa di Puglia, in Contrada Tufarelle, al confine con il Comune di Minervino Murge, equidistante sia dall'abitato del Comune di Canosa, sia del Comune di Minervino (a circa 10 km).



Fig. 2.1 : Inquadramento territoriale

Le quote altimetriche dell'area sono comprese tra **100 e 150 m sul livello del mare**.

Il territorio è ubicato in corrispondenza del versante nord-occidentale delle Murge, dove l'altopiano calcareo degrada in direzione NW, verso la piana alluvionale del basso corso del **Fiume Ofanto**.

Caratteristica geografica e morfologica dell'area è la presenza del **Torrente Locone**, affluente in

destra idraulica del Fiume Ofanto, il più importante corso d'acqua della Puglia e per il quale è stato istituito un **Parco naturale regionale**, con L.R.14 dicembre 2007 n.37, nonché è stata definita l'**area SIC** (Sito di Interesse Comunitario) IT9120011 denominata *Valle Ofanto - Lago di Capaciotti* con DM 157 del 21.7.2005.

Nell'area risultano presenti numerose cave di tufo calcareo, alcune esaurite, altre in attività, individuate anche dal PRAE (Piano Regionale Attività Estrattive) ricadenti nel bacino di tipo BC (bacino di riordino e completamento).

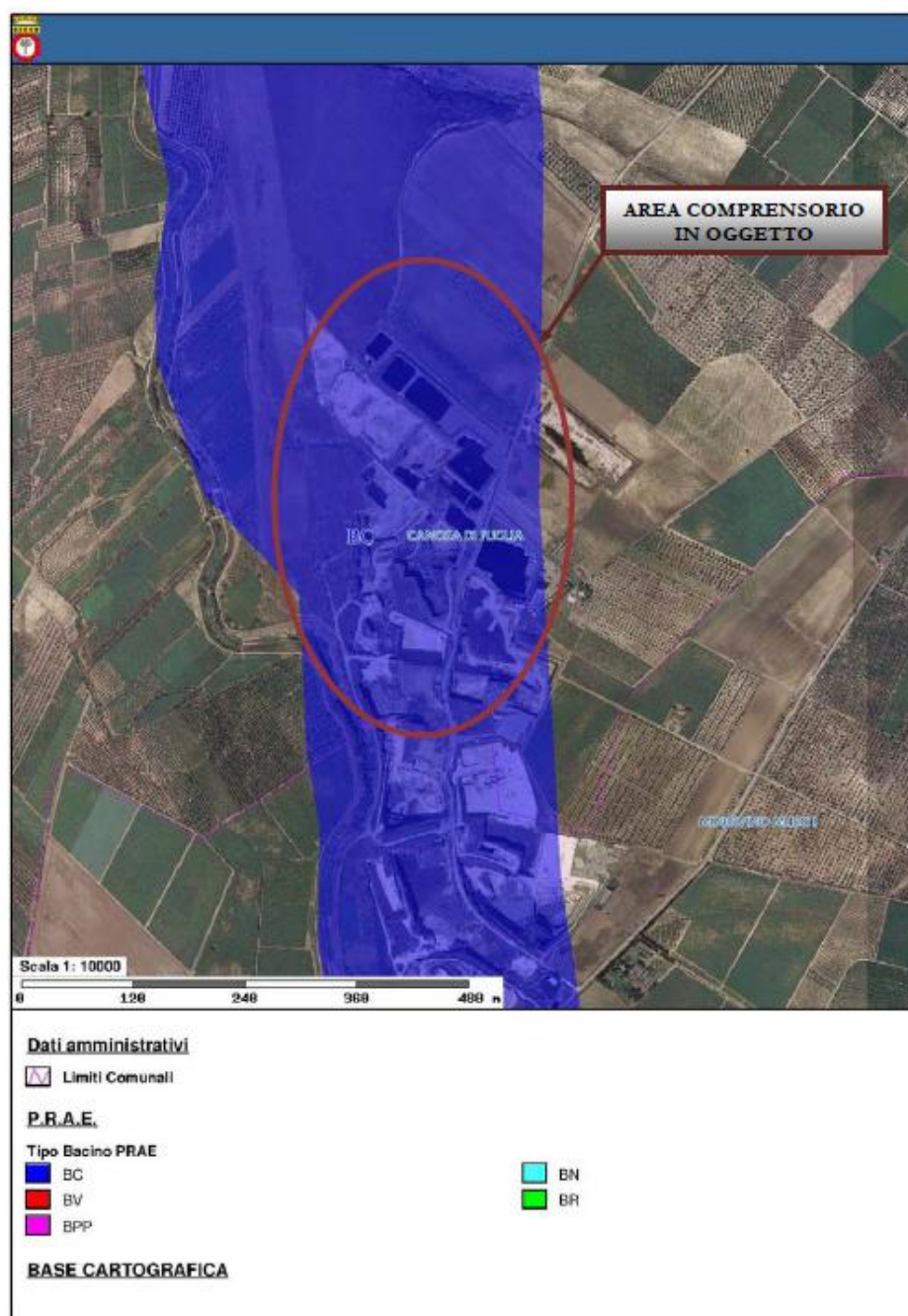


Fig. 2.2 : Stralcio planimetrico PRAE

Dall'esame della cartografia del PUTT/P (Piano Urbanistico Territoriale Tematico/Paesaggio) e degli elaborati grafici relativi all'Adeguamento del PRG comunale al Piano suddetto, l'area interessata dall'intervento ricade prevalentemente in area tipizzata come **Ambito Territoriale Esteso** di tipo "D" valore relativo e tipo "C" valore distinguibile, in corrispondenza delle aree attigue al Torrente Locone.

Per quanto riguarda gli **Ambiti Distinti**, l'area risulta caratterizzata dalla presenza del torrente Locone, per cui rientra nell'Ambito Distinto relativo all'idrologia superficiale (476 Fiume Ofanto e 534 Torrente Locone).



Fig. 2.3 : Stralcio planimetrico – Riporto degli ATE su cartografia comunale e relativa legenda

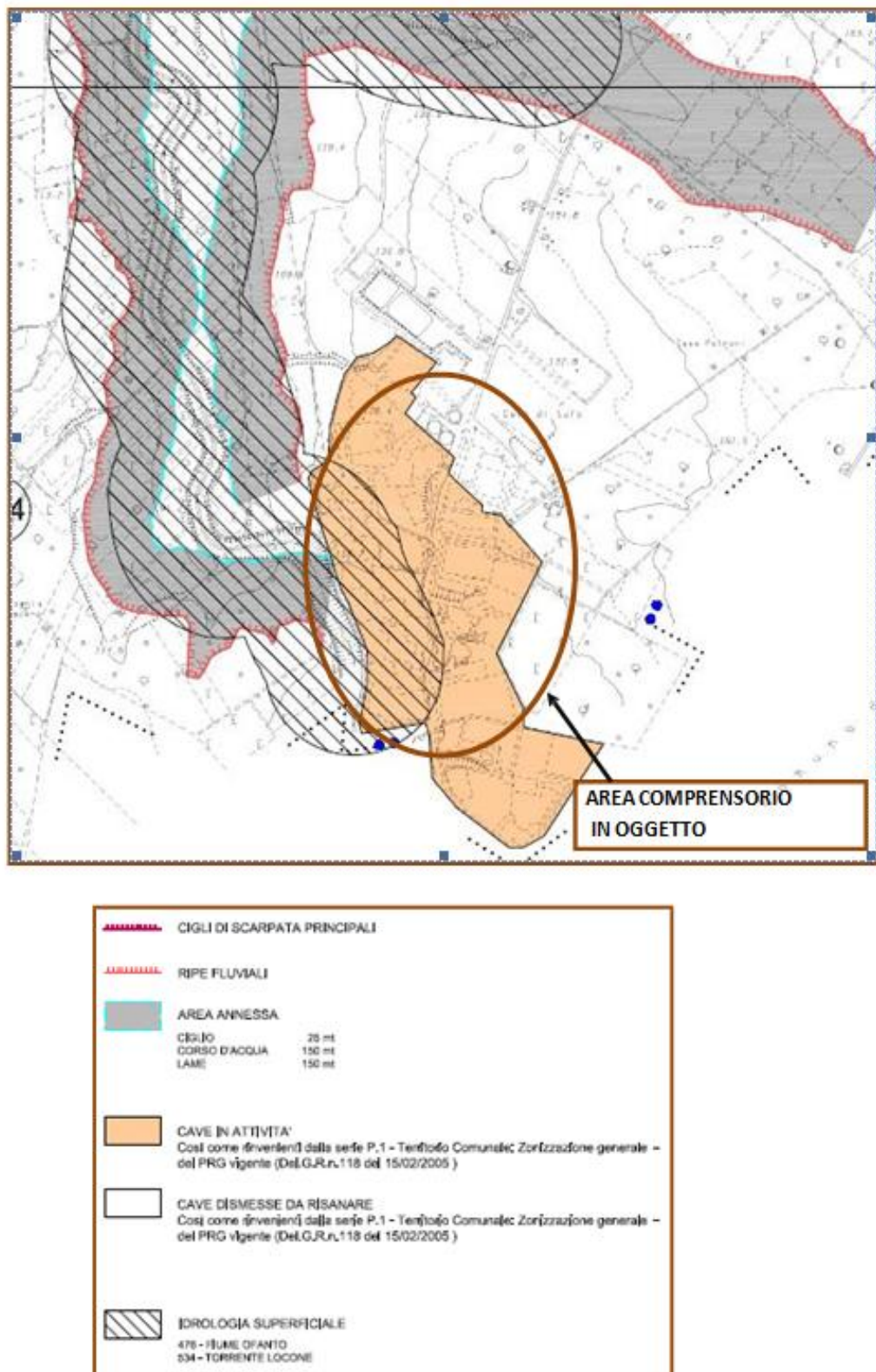


Fig. 2.4 : Stralcio planimetrico – Sistema geomorfologico – idrogeologico con relativa legenda

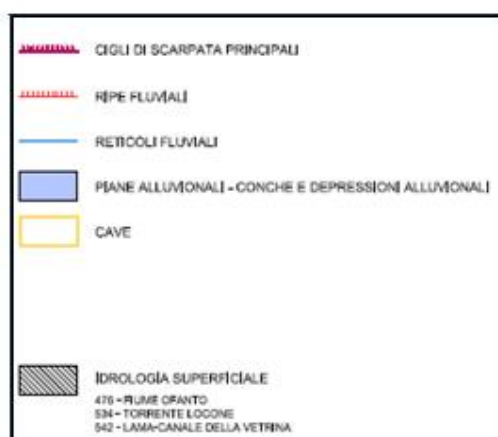
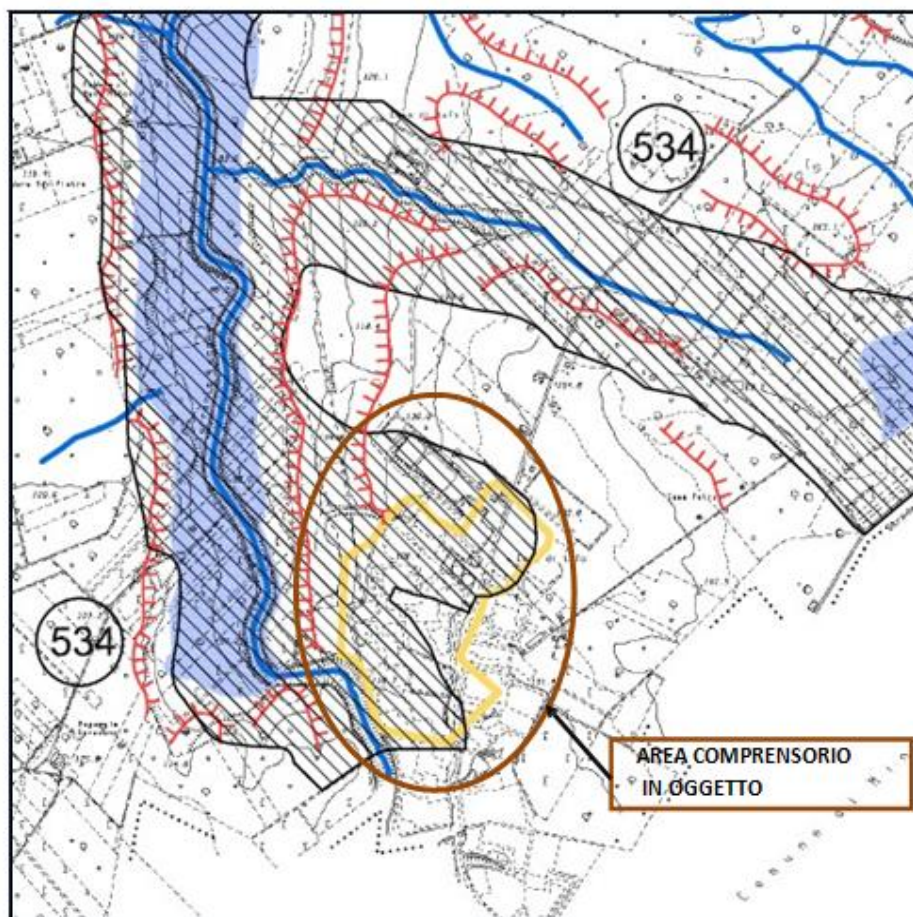


Fig. 2.5 : Stralcio planimetrico – Sistema idrogeologico con relativa legenda

Dall'analisi del PUTT/P l'area risulta interessata da un importante Reticolo fluviale, nonché rispetto agli Ambiti Distinti Geomorfológico da "ripe fluviali".

Esaminando la cartografia del PAI - Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico - elaborato dall'Autorità di Bacino della Regione Puglia, emerge la presenza di un'area ad elevata pericolosità idraulica (AP) a ridosso dell'asta fluviale del torrente Locone.

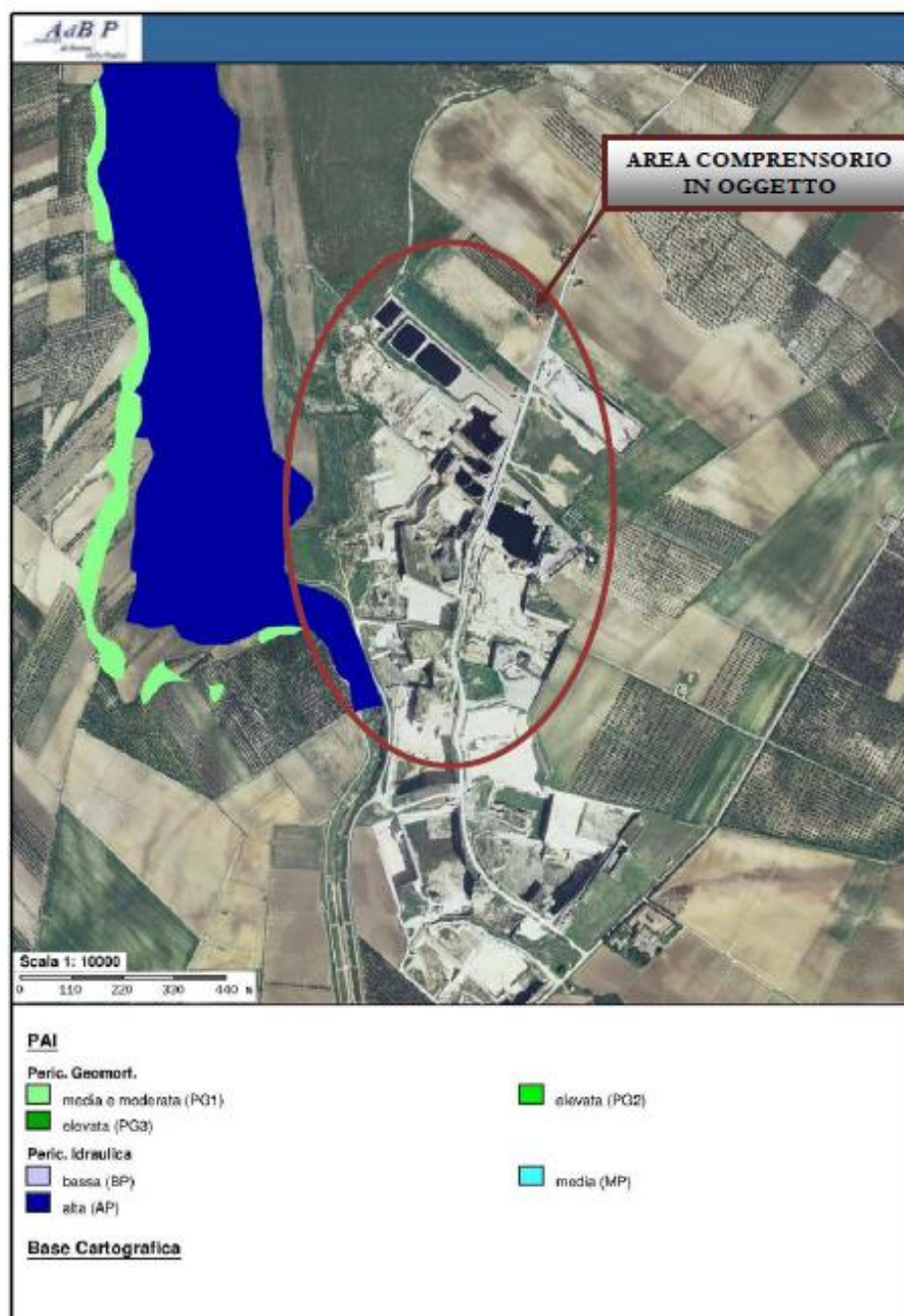


Fig. 2.6 : Stralcio planimetrico – Cartografia PAI

Dall'esame della cartografia della Rete Natura 2000, il comprensorio risulta interessato dalla presenza del Parco Naturale Regionale del fiume Ofanto istituito con LR n.37/2007.

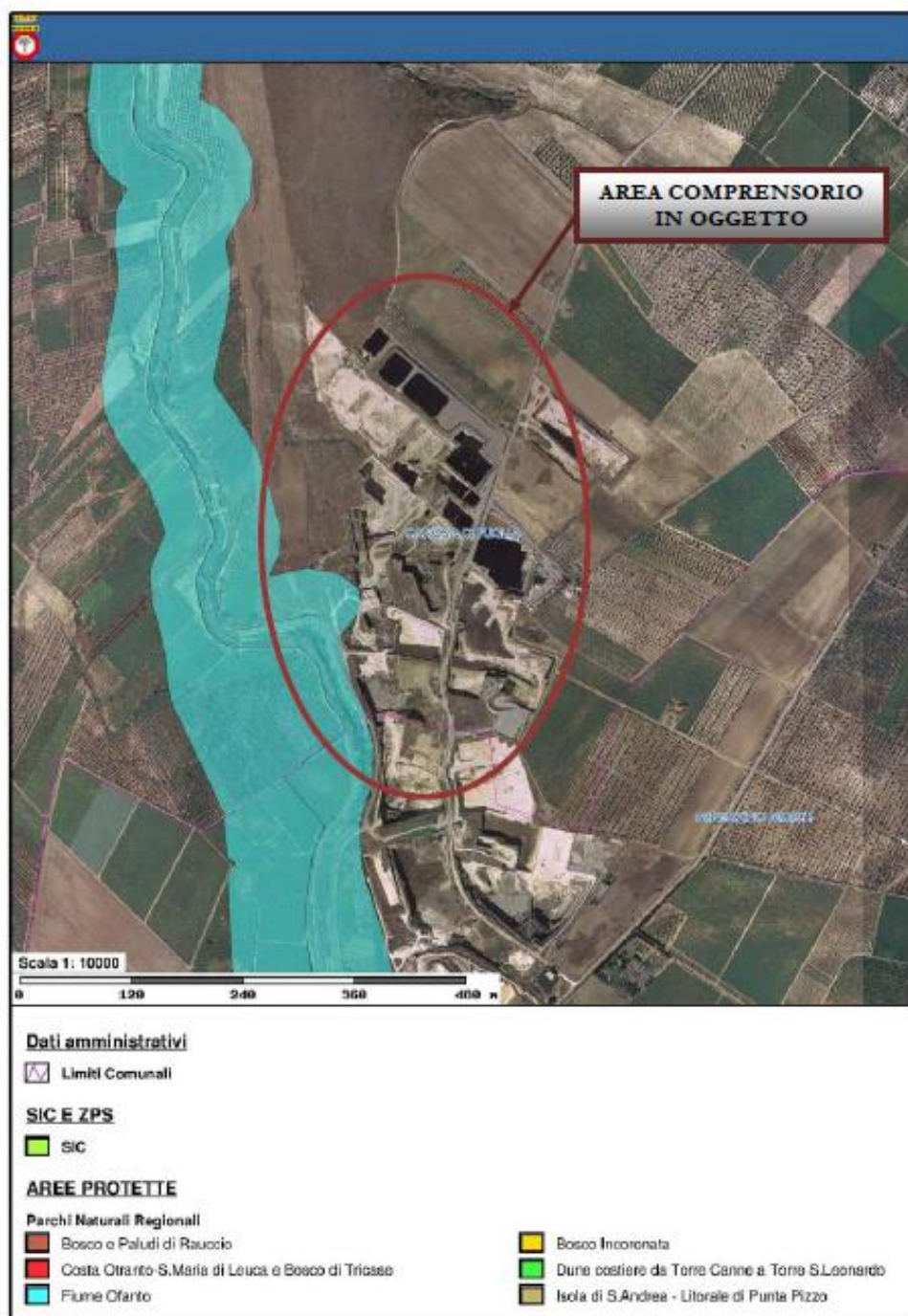


Fig. 2.7 : Stralcio planimetrico aree SIC e Aree Protette

3. CARATTERISTICHE DEL SITO E RICOSTRUZIONE STORICA ATTIVITÀ PRESENTI SUL SITO

3.1. Ubicazione del sito

Il sito oggetto del presente studio è rappresentato dal comprensorio che circonda gli impianti dei rifiuti in esercizio e/o post-esercizio, nonché le aree oggetto di attività estrattive in Contrada Tufarelle, nel Comune di Canosa, al confine con il Comune di Minervino Murge.

L'area di interesse è sita a sud dell'abitato di Canosa, da cui dista circa 10 km. Nell'area sono presenti alcuni impianti di trattamento rifiuti speciali e precisamente:

- nella zona a nord dall'impianto SOLVIC (in esercizio);
- nella zona a nord-est dall'impianto COBEMA (in fase di post-esercizio);
- nella zona sud dall'impianto BLEU (in esercizio).

L'area riveste anche una notevole importanza per l'industria lapidea; sono, infatti, presenti n°6 cave (fonte: *Catasto cave della Regione Puglia*), alcune attive, quasi tutte di calcarenite da taglio, posizionate nel territorio a ridosso del confine fra il Comune di Canosa di Puglia e quello di Minervino Murge.

Sulla base dell'estensione degli impianti suddetti e dell'area presa in esame in precedenti studi effettuati si è delimitato il sito all'interno di una circonferenza di 5 km con centro nell'area mediana degli impianti, per una superficie complessiva oggetto di investigazione di circa 20 kmq.

3.2. Descrizione del sito

Il territorio oggetto dell'investigazione risulta essere caratterizzato da tre sistemi di notevole importanza paesaggistica e naturalistica quali :

- l'asta fluviale del Torrente Locone;
- il bacino di cave di calcarenite, alcune esaurite ed altre in attività, site in destra orografica del torrente Locone;
- aree agricole caratterizzate principalmente da colture arboree (uliveti e frutteti).

La valle del torrente Locone rappresenta la diramazione della valle fluviale dell'Ofanto, corso d'acqua principale della Regione Puglia, verso il Bradano, seguendo i tracciati delle antiche vie di aggiramento delle Murge e di attraversamento dall'Appennino, in direzione verso la sponda Ionica. Il paesaggio fluviale è segnato dalla presenza del torrente Locone e da sistemi carsici confluenti, come il canale della Piena delle Murge, che presentano ambienti naturali caratterizzati da pseudosteppe, pareti sub-verticali colonizzate da vegetazione erbacea, basso arbustiva o talvolta in formazione di macchia mediterranea.

Il paesaggio agricolo è caratterizzato da una fitta trama di vigneti e colture arboree, quali frutteti e uliveti, ma anche colture cerealicole presenti nella valle del Locone.

L'ambiente naturale del Torrente Locone è caratterizzato da pseudosteppe, pareti sub-verticali colonizzate da vegetazione erbacea, basso arbustiva o talvolta in formazione di macchia mediterranea. (fonte: *Piano Paesistico della Regione Puglia*).

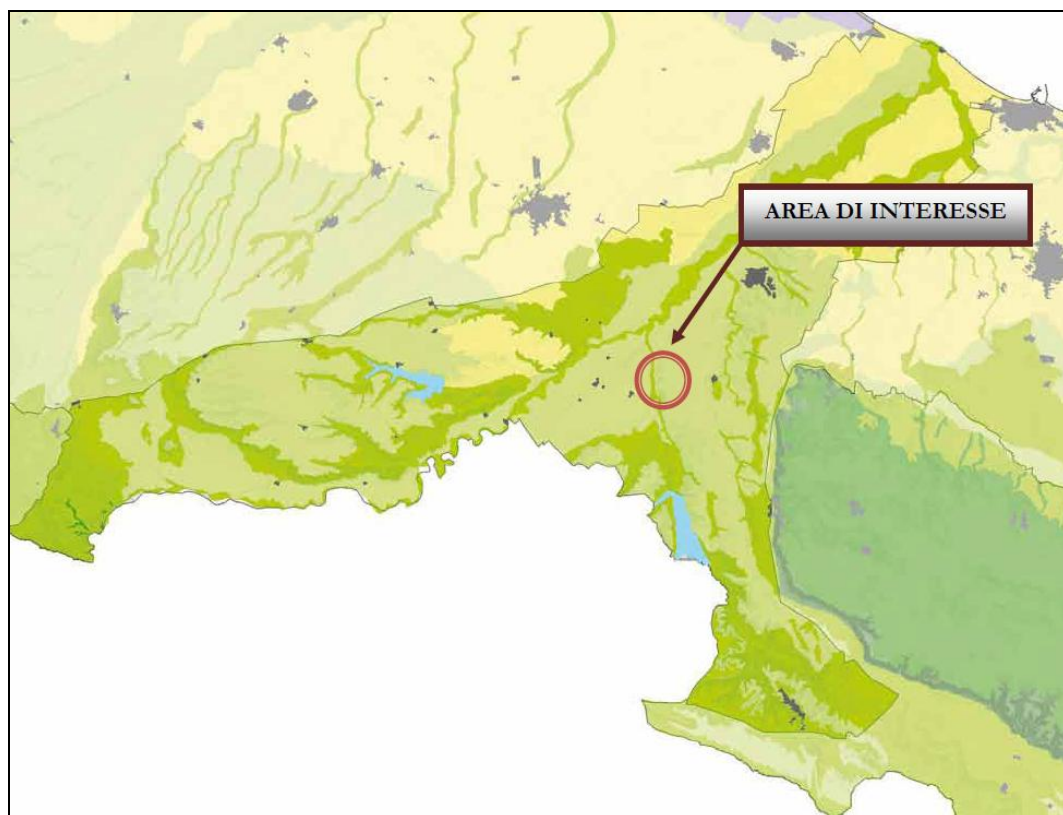


Fig. 3.2.1 : *Carta della valenza ecologica Valle dell'Ofanto (fonte PPTR)*

La valenza ecologica nell'area di interesse è di tipo medio-alta, per quanto riguarda i terreni lungo il torrente Locone, in cui la matrice agricola ha elevata contiguità con ecotoni e presenza di uliveti e aree agricole eterogenee, medio-bassa per le aree circostanti, corrispondente alle colture seminatrici marginali ed estensive, con presenza di uliveti persistenti e/o coltivati con tecniche tradizionali (PPTR).

La viabilità principale è costituita dalla Strada Provinciale n°24 e dalla strada comunale "Tufarelle", oltre alla presenza di numerose strade vicinali a servizio delle aree rurali.

La problematicità ambientale del sito è correlata alla co-esistenza nel comprensorio, come già detto, di n. 3 impianti di trattamento rifiuti:

- Discarica per rifiuti speciali non pericolosi, della ditta COBEMA, esaurita e in fase di postgestione;
- Discarica per rifiuti speciali non pericolosi, della ditta BLEU, in attività;
- Impianto per il trattamento di rifiuti liquidi speciali pericolosi e non pericolosi, della ditta SOLVIC, in attività,

oltre la presenza di impianti per l'estrazione di materiale lapideo.

Tutti gli impianti sono regolarmente autorizzati e, conformemente al D.Lgs. 36/03, forniscono, attraverso i Piani di sorveglianza e controllo un monitoraggio della situazione ambientale.

Oltre agli impianti suddetti sono state avviate le procedure per la realizzazione di altri due impianti:

- Piattaforma per il trattamento, recupero e stoccaggio definitivo di rifiuti speciali non pericolosi, in località Murgetta Grande, in agro di Minervino Murge, proposto dalla ditta Delta Petroli S.p.a. (in fase di procedura di VIA);
- Discarica per rifiuti non pericolosi, in contrada Tufarelle, nei comuni di Canosa di Puglia e di Minervino Murge, proposto dalla ditta BLUE S.r.l. (in fase di procedura AIA/VIA).

Nell'immagine seguente sono stati delimitati gli impianti esistenti e gli eventuali impianti che potrebbero sorgere nell'area di interesse.

Lo studio ha lo scopo di voler fornire una valenza più ampia organizzando in maniera più organica i dati oggi a disposizione.

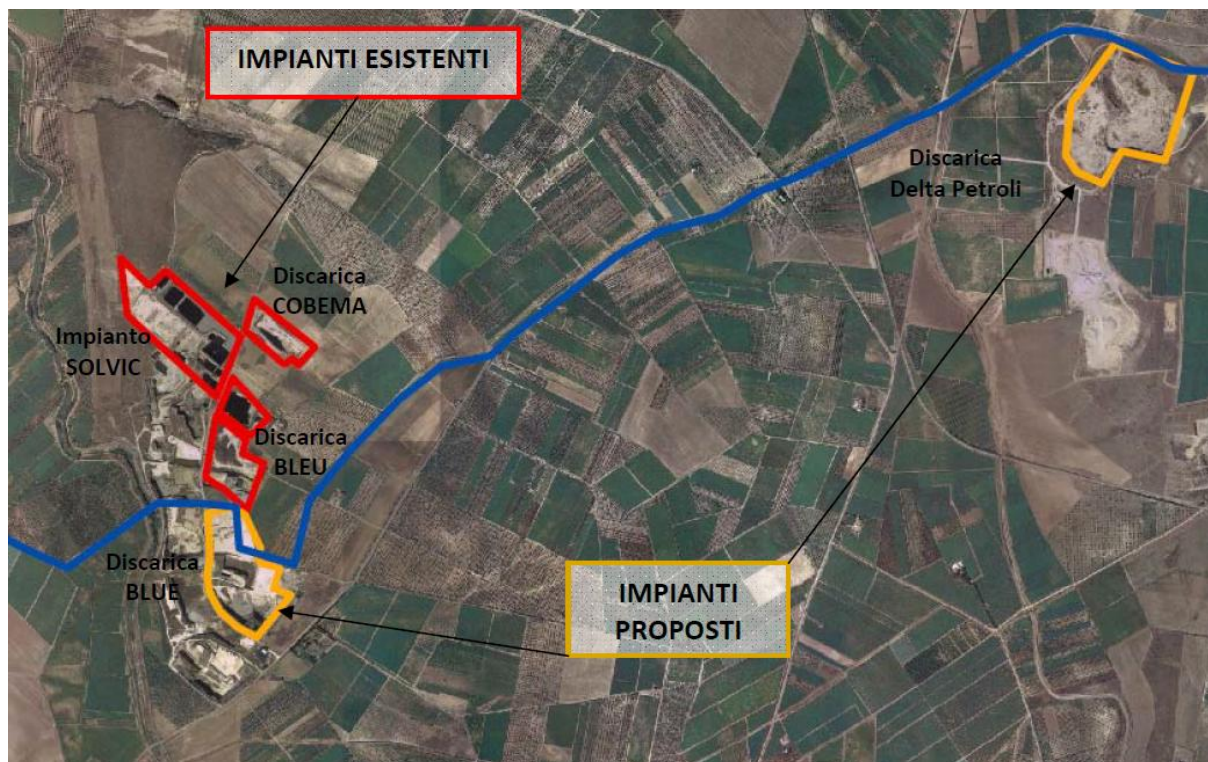


Fig. 3.2.2 : Individuazione impianti trattamento rifiuti

A causa della presenza di suddetti impianti, le condizioni ambientali dell'area sono motivo di costante preoccupazione per l'Amministrazione comunale, nonché per la popolazione residente, data anche la vocazione agricola dell'area e la presenza di numerosi pozzi a servizio delle aziende agricole. Infatti, dalle risultanze dei lavori del Tavolo Tecnico risulta necessario mantenere sotto osservazione costante lo stato qualitativo della falda nonché porre attenzione alla qualità dell'aria (polveri, odori, ecc.) e del suolo.

3.3. Destinazione d'uso

L'area presa in esame dallo studio risulta essere tipizzata dal PUG del Comune di Canosa, adottato con deliberazione n° 42 del 20/12/2011, ai sensi dell'art. 11 della L. R. 20/2001, come *area agricola*, con valore paesaggistico distinguibile (ATE C), con zone di vincolo afferenti al sistema botanico vegetazionale, geomorfologico - morfoidrologico (Torrente Locone) e "cave in attività".

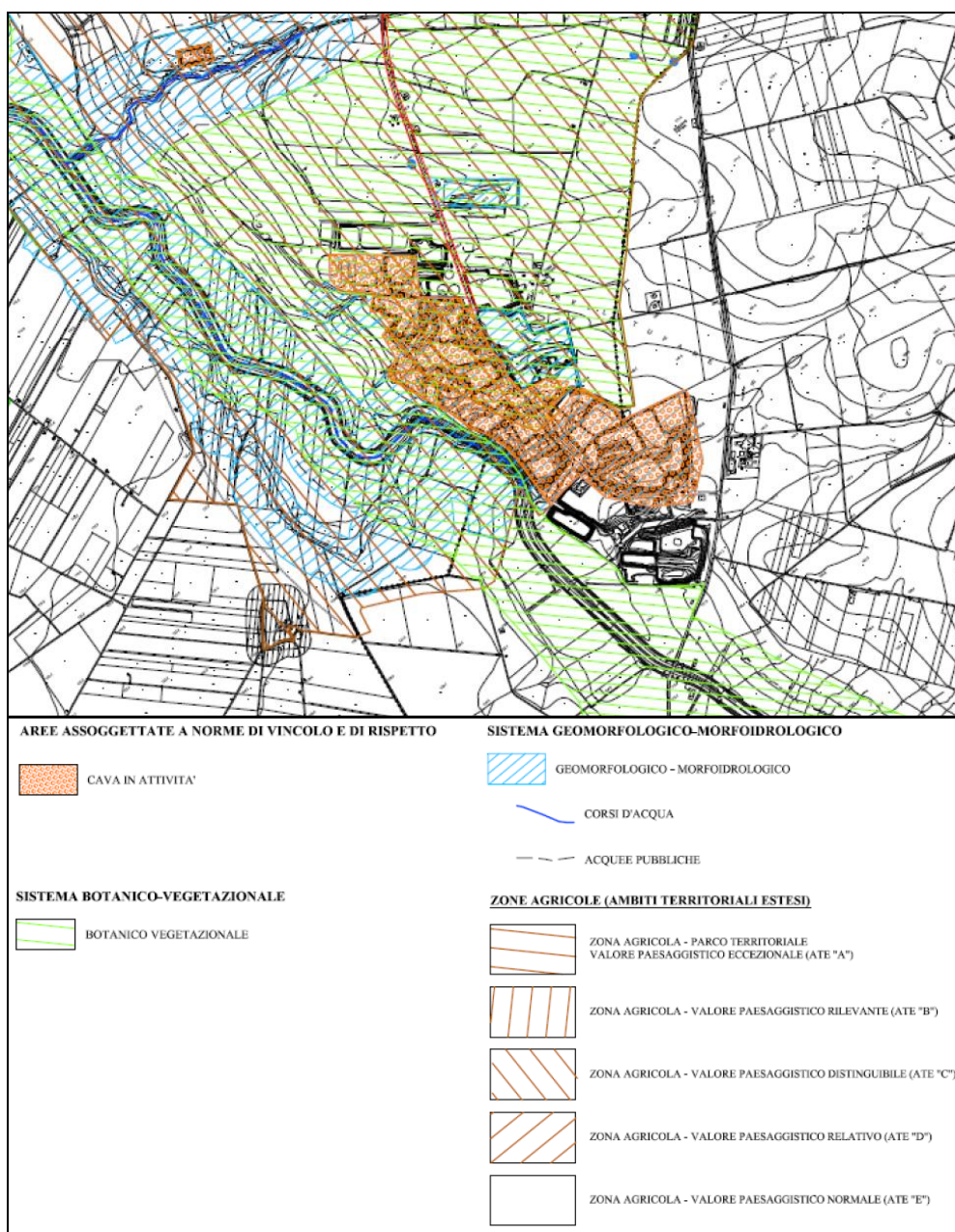


Fig. 3.3.1 : Stralcio planimetrico PUG zonizzazione e invarianti del territorio

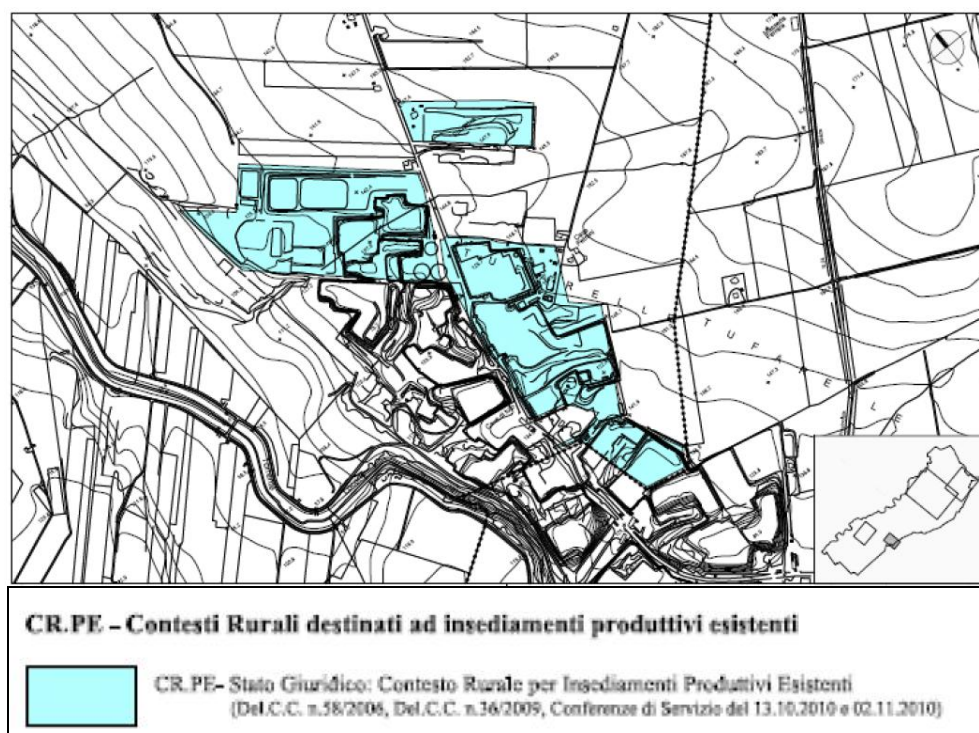


Fig. 3.3.2 : Stralcio planimetrico PUG insediamenti produttivi

Per quanto attiene agli altri strumenti di pianificazione e dell'uso del territorio, l'area risulta essere destinata dalla Carta uso del suolo (Corine Land Use) prevalentemente a coltivazioni di uliveti e vigneti, con alcune zone di frutteti e seminativi, ad eccezione dell'area di investigazione in cui sono presenti gli impianti di gestione rifiuti speciali oltre impianti di estrazione lapidea (cave), di cui alcune in esercizio.



Fig. 3.3.3 : *Stralcio planimetrico Corine Land Use*

3.4. Inquadramento geologico e idrogeologico

3.4.1. Aspetti generali

3.4.1.1. Geologia e geomorfologia dell'area

L'area oggetto di studio ricade in parte nel territorio comunale di Canosa di Puglia ed in parte nel territorio comunale di Minervino Murge (**fig.3.4.1.1.1**) e ricade a quote topografiche molto variabili, in genere comprese tra 150 (ad Est) e 90 (ad Ovest) m. s.l.m.

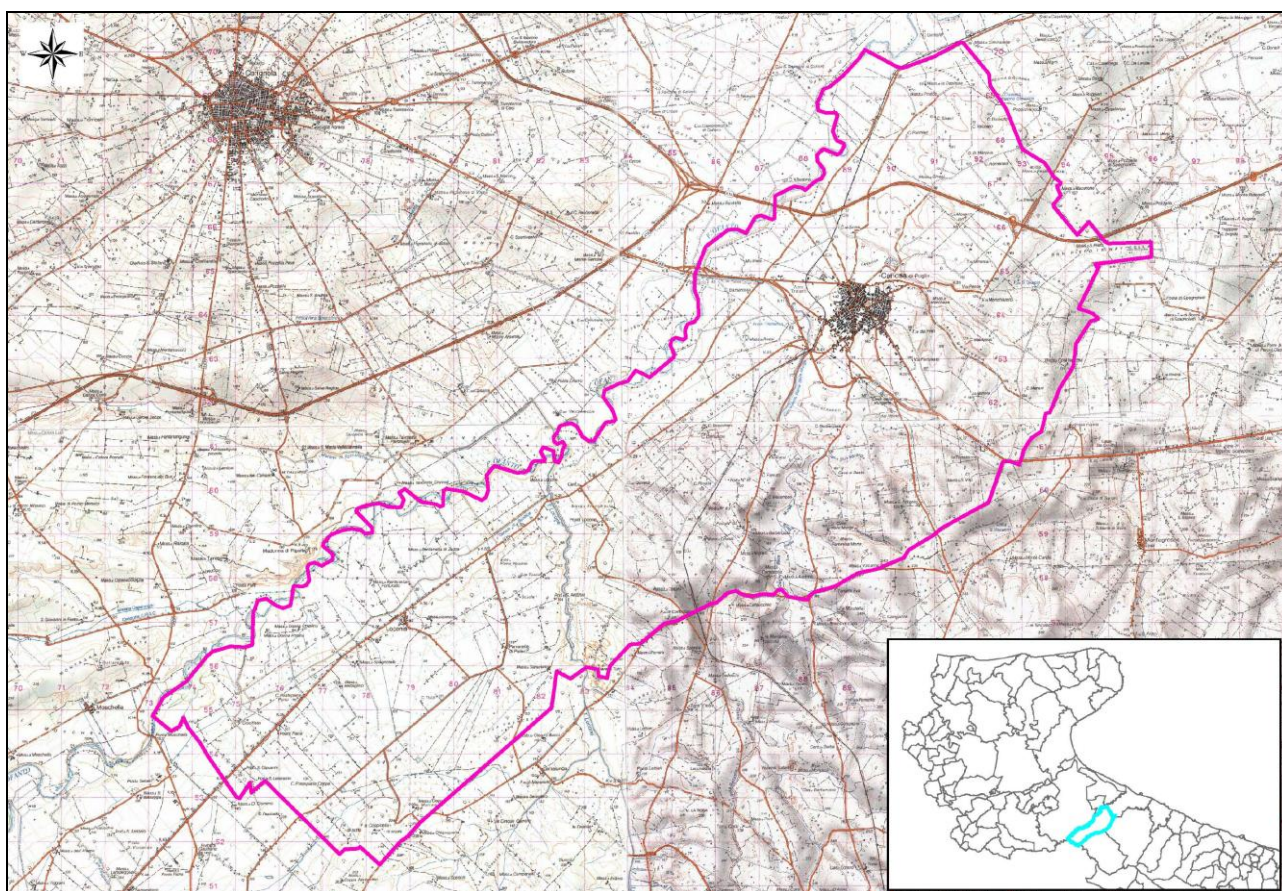


Fig. 3.4.1.1.1 - Localizzazione geografica dell'area di interesse (cerchio blu). In viola è delimitato il territorio comunale di Canosa di Puglia.

Dal punto di vista geologico l'area ricade nel settore occidentale del **Foglio geologico n. 176 "Barletta"** della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 (**Fig. 3.4.1.1.2**).

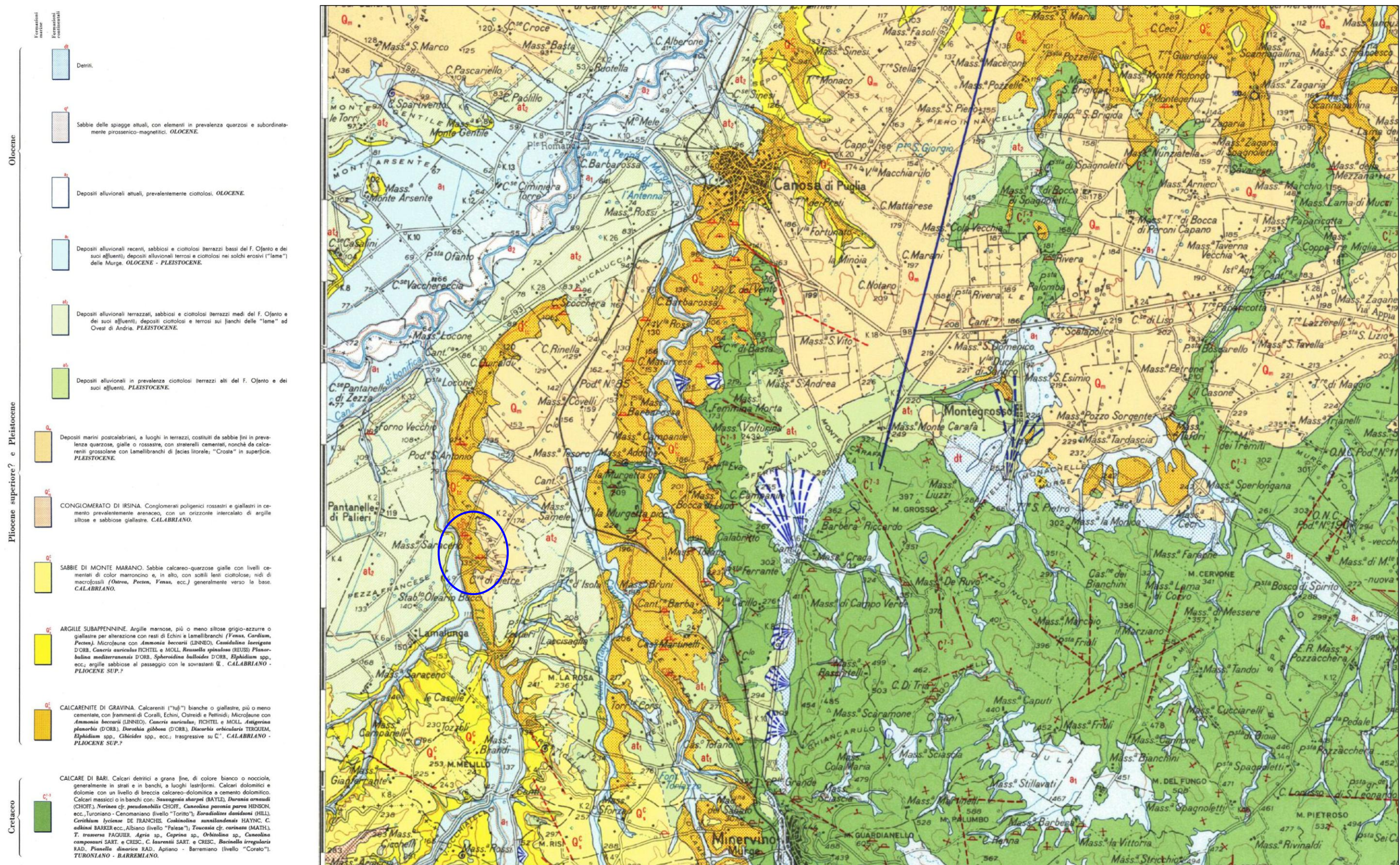
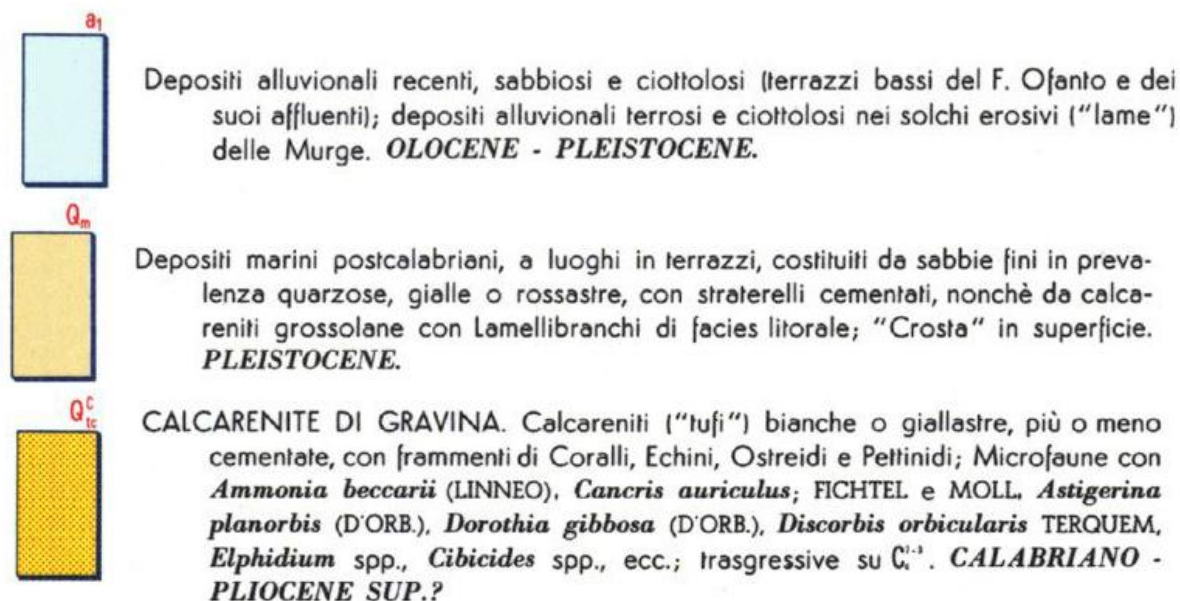


Fig. 3.4.1.1.2: Stralcio Carta geologica d'Italia, Foglio 176 - Barletta

Nel dettaglio, presso l'area oggetto di studio, sono presenti le seguenti litologie:



L'unità litostratigrafica più antica, indicata in **fig. 3.4.1.1.2** con il colore verde, è il **Calcare di Bari C_c**, di spessore circa 1300 metri, il quale affiora nella parte murgiana, in un'ampia zona ad est dell'area d'interesse. Tale Unità è costituita da strati di calcari detritici, in parte dolomitizzati, di colore bianco, rosato o grigio, con macrofauna a Rudiste e gasteropodi e microfauna a foraminiferi bentonici ed alghe. Nel foglio «Barletta» l'età della parte affiorante del Calcare di Bari risulta estesa dal Barremiano al Turoniano. Lo spessore dell'unità calcarea affiorante nel foglio Barletta non è calcolabile con precisione, ad ogni modo è stato stimato uno spessore dell'ordine dei 1300 metri.

Sul Calcare di Bari, lungo i margini del rilievo delle Murge, poggia in trasgressione una serie marina riferibile al Pliocene superiore (?) e al Calabriano. Si tratta della serie affiorante lungo l'intero margine murgiano della Fossa bradanica e presente proprio in corrispondenza dell'area d'interesse.

Particolarmente degni di nota per spessore ed estensione sono i suoi termini più antichi, rappresentati dalla *Calcarenite di Gravina* (presso il sito in esame) e dalle *Argille subappennine*.

La **Calcarenite di Gravina Q_{tc}**, affiorante presso l'area d'interesse e di spessore variabile fino ad alcune decine di metri, è costituita da calcareniti e a luoghi bioclastiti biancastre o giallastre, di ambiente litorale, generalmente prive di stratificazione; solo in alcuni affioramenti la parte superiore della formazione appare clinostratificata. La superficie di contatto sul Calcare di Bari è caratterizzata in genere da un livello di conglomerato con elementi provenienti dallo stesso Calcare. Tale conglomerato, che a luoghi può anche mancare, è scarsamente cementato da una matrice calcarenitica.

La formazione della Calcarenite di Gravina in più punti manifesta una grande abbondanza di fossili; si riconoscono, infatti, in essa due livelli a macrofossili, uno in prossimità della base (in prevalenza Ostreidi) e uno al contatto con le soprastanti Argille subappennine (a Pectinidi, Coralli, ecc.); in

generale sono presenti "nidi" di macrofossili (a Ostreidi, Pettinidi, Echinidi, ecc.) distribuiti nel corpo della formazione stessa.

Nelle parti più basse dei fianchi vallivi dei maggiori corsi d'acqua (specie del T. Locone e dei suoi affluenti), così come a sud dell'area d'interesse, affiorano largamente argille e argille marnose, a vari livelli anche siltose, di color grigio-azzurro, ascrivibili alla formazione delle **Argille subappennine Q_a^c**, di spessore variabile da qualche metro ad alcune centinaia di metri. Si tratta di un deposito probabilmente di ambiente neritico privo di stratificazione, fatta eccezione per la parte alta, dove si ha una fitta alternanza di straterelli argillosi e sabbiosi.

Tali argille poggiano in continuità stratigrafica sulla Calcarenite di Gravina, ma forse a luoghi sono anche in eteropia con la stessa.

L'appoggio delle Argille subappennine sul Calcare di Gravina è ben evidente ad esempio lungo il corso del Torrente. Locone, subito a ovest dell'area in esame: si verifica bruscamente senza che l'approssimarsi del contatto venga accompagnato da variazioni sensibili nei caratteri litologici delle formazioni stesse. Il passaggio alle sovrastanti **Sabbie di Monte Marano Q_s^c** si verifica invece per alternanze. L'approssimarsi della transizione è posto in evidenza dalla presenza nelle Argille di sempre più frequenti livelli e straterelli di sabbie.

In alcuni luoghi le Argille Subappennine poggiano direttamente sul Calcare di Bari (fra Canosa e Barletta), dove la locale mancanza della Calcarenite di Gravina fra i Calcari e le Argille è dovuta al fatto che la stessa Calcarenite si depositava solo in prossimità della costa, mentre più al largo il bacino di sedimentazione veniva riempito dalle argille.

Nel settore orientale del sito oggetto di studio, In trasgressione sui terreni sopra descritti, poggia una serie di **depositi marini, a luoghi terrazzati Q_m**, in gran prevalenza si tratta di sabbie quarzose fini e calcareniti (*Pleistocene*), di spessore variabile da alcuni metri a poche decine di metri. Tali depositi, difficili a rilevarsi quando poggiano su termini litologicamente simili della Fossa bradanica (Sabbie di M. Marano), sono costituiti da sabbie, sabbie calcaree e da calcareniti con frequente stratificazione incrociata. Alla base è sempre presente un livello ad *Ostrea* ai quali conferisce una facies tipicamente litorale.

I depositi stessi sono posti a quote via via decrescenti verso il mare e, a luoghi, come ad es. lungo l'allineamento Canosa-foce Ofanto, formano una serie di ripiani, limitati in basso da scarpate.

Quasi dappertutto i depositi stessi hanno, nella parte superficiale, un livello di «crosta» dovuto a risalita capillare di soluzioni ricche di CaCO₃, in clima caldo.

I fianchi delle maggiori valli incise, comme la Valle del Fiume Ofanto, sono coperti a luoghi da depositi alluvionali in terrazzi - **Depositi alluvionali antichi (at₁ e at₂)**. Tali depositi affiorano a quote diverse e sembrano riferibili a due cicli.

Il deposito più elevato (**at₁** terrazzo alto del Fiume Ofanto e dei suoi affluenti) è situato generalmente al di sopra della quota 250 m.s.l.m.; è in gran prevalenza piroclastico (proviene dall'attività del vicino Vulture) ma a luoghi contiene detriti calcarei provenienti dalle Murge.

Il deposito terrazzato più recente (**at₂** terrazzo medio del F. Ofanto e dei suoi affluenti) si riconosce in lembi lungo i fianchi della valle del Torrente Locone e del Fiume Ofanto. E' in gran prevalenza costituito da sedimenti ciottolosi o ciottoloso-sabbiosi; ha uno spessore che a luoghi supera i dieci metri.

In adiacenza al sito d'interesse, ed in particolare in corrispondenza del corso del Torrente Locone, l'alveo mostra sottili spessori di **Depositi alluvionali recenti a₁**, terrazzati, in gran prevalenza ciottolosi; nei solchi erosivi («lame») incisi nei calcari cretacei, questi depositi sono essenzialmente ciottoloso-terrosi.

In corrispondenza invece dell'alveo dell'Ofanto, i **Depositi alluvionali attuali a₂** risultano incisi più o meno profondamente dal corso d'acqua, in vicinanza del quale si riconosce un ultimo deposito, anch'esso quasi esclusivamente ciottoloso.

Secondo quanto appreso in letteratura, lembi di depositi litorali di età post-calabrianica (**Qm**) poggiano direttamente sul Caricatore di Bari o, come nel sito oggetto di studio, sulla Calcarenite di Gravina; inoltre in più luoghi questi depositi si mostrano evidentemente disposti in terrazzi, di età via via più recente verso l'esterno del rilievo murgiano. Fra i depositi stessi predominano sabbie fini e calcareniti grossolane.

La valle dell'Ofanto, così come si nota lungo il perimetro a nord-ovest del sito in esame, in sponda idrografica sinistra del Torrente Locone, è caratterizzata dalla presenza di depositi alluvionali in più ordini di terrazzi dei quali quelli appartenenti ai depositi più recenti costituiscono un'estesa fascia pianeggiante.

La topografia del terreno, priva di grandi sbalzi, e la diffusa copertura pleistocenica o recente, non consente di individuare con sicurezza le dislocazioni/deformazioni che hanno determinato il sollevamento del rilievo murgiano.

Per quanto riguarda i caratteri morfologici, si segnalano opere antropiche quali **cave e discariche**. Le **discariche** sono in genere di tipo controllato e ubicate alcune a sud di Canosa su affioramenti rocciosi prevalentemente calcareo-dolomitici ed altre in vicinanza del T. Locone su substrati a componente arenitica e siltoso/sabbiosa. Le **cave** sono state ricavate prevalentemente su substrato arenitico (Calcarenite di Gravina) e sono ubicate a sud di Canosa, nei pressi del T.Locone.

3.4.1.2. Idrogeologia dell'area

Le caratteristiche geologiche, strutturali e morfologiche dell'area hanno consentito la formazione di cospicui corpi idrici sotterranei, contenuti fondamentalmente nelle successioni carbonatiche mesozoiche e, solo in subordine, mioceniche e quaternarie.

Le successioni mesozoiche costituiscono l'ossatura del sistema idrogeologico e ne contengono le maggiori riserve idriche.

La notevole presenza di affioramenti calcarei fessurati e carsicizzati, fortemente permeabili all'acqua, in genere non consente lo sviluppo di una vera e propria idrografia superficiale, tuttavia, in questo caso, la presenza di argille azzurre plio-pleistoceniche e di depositi clastici, sovrastanti i calcari di base, ha favorito la formazione di corsi d'acqua a regime essenzialmente torrentizio che, solcando gli affioramenti alluvionali, si riversano nel mar Adriatico.

Le acque meteoriche riescono ad infiltrarsi agevolmente nel sottosuolo, con modalità legate alle locali condizioni morfologiche, geologico-strutturali e di permeabilità dei terreni e delle rocce affioranti. Le piogge costituiscono l'unica fonte di alimentazione delle falde, appartenenti sia ai

corpi acquiferi estesi e profondi del mesozoico, sia ad eventuali acquiferi minori, presenti in formazioni di età miocenica o quaternaria.

Le prime sistematiche ricerche condotte all'inizio degli anni '50, consentirono già di evidenziare la peculiarità del sistema idrogeologico dell'area e, più in generale, della Puglia, dove le formazioni carbonatiche carsiche, affioranti o meno, sono sempre esposte al **fenomeno dell'intrusione marina** e finiscono con l'essere **particolarmente vulnerabili all'infiltrazione dalla superficie** di sostanze inquinanti.

Il fenomeno dell'intrusione marina nel continente interessa quasi ovunque, e con continuità, il territorio pugliese: è nota, infatti, la intercomunicazione sotterranea tra mare Ionio e mare Adriatico nell'ambito delle formazioni carbonatiche mesozoiche e mioceniche del Salento (**fig. 3.8**).

Acqua di mare è stata inoltre rinvenuta nei calcari di base, sottostanti ai terreni pleistocenici del Tavoliere, sino a profondità dell'ordine dei 1'000 m ed a notevole distanza dalla linea di costa (**fig. 3.4.1.2.1**).

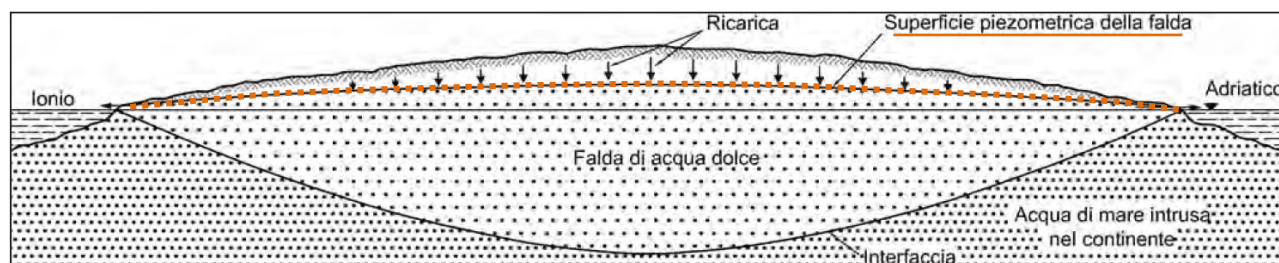
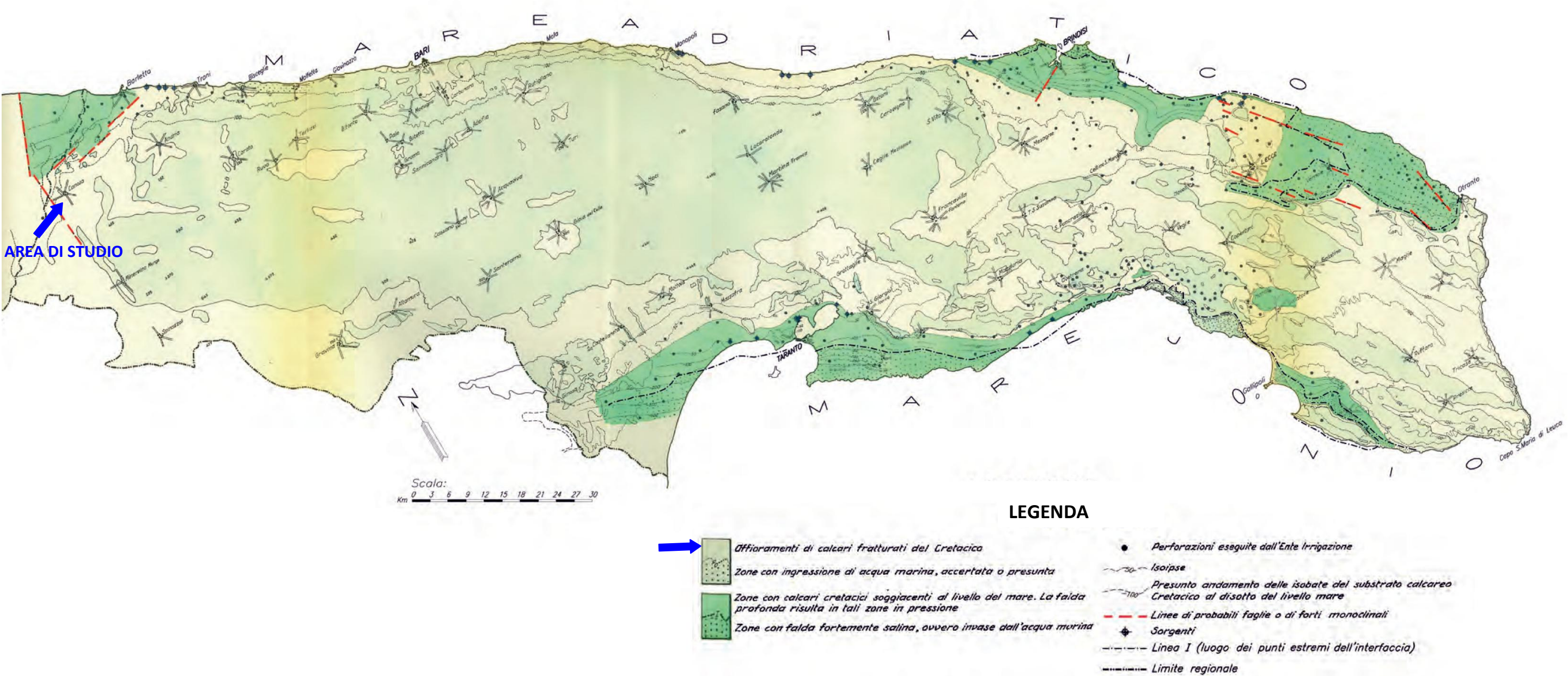
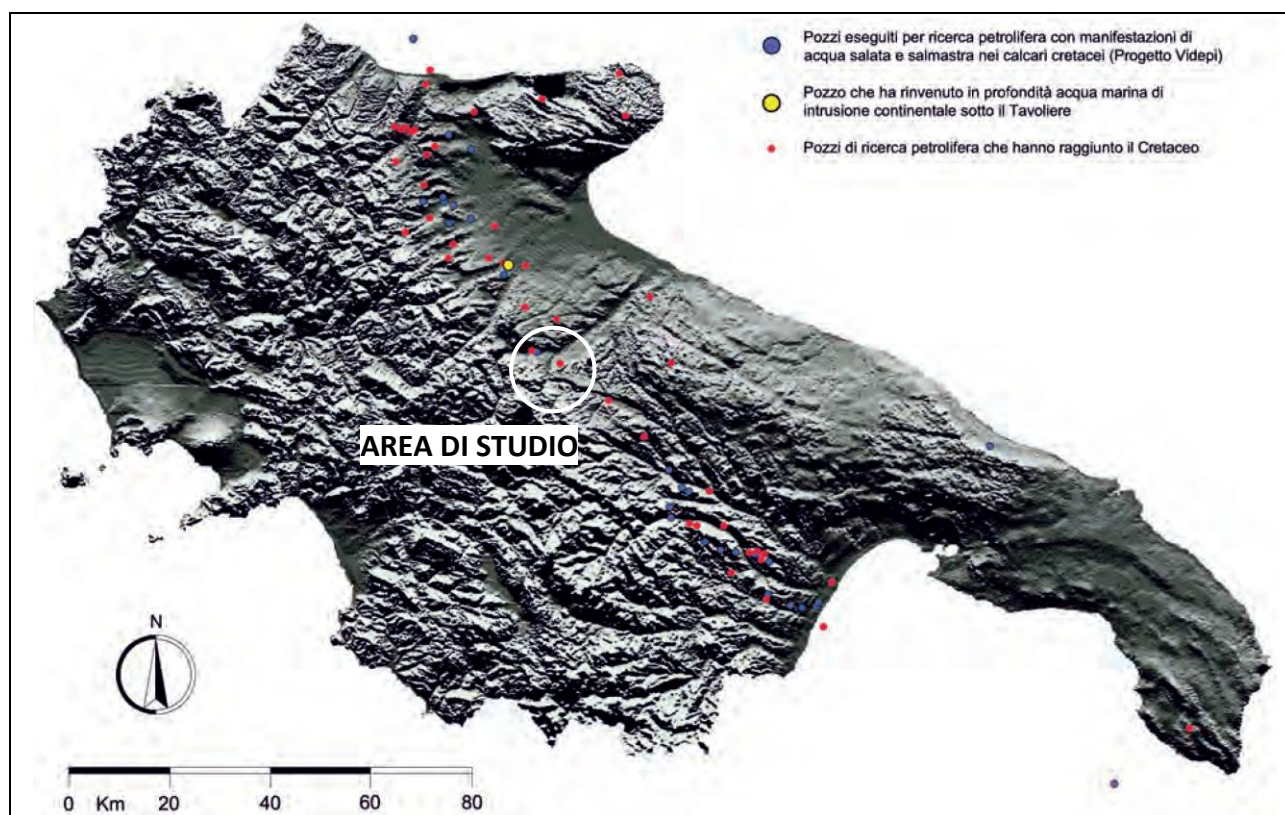


Fig 3.4.1.2.1: - Preliminare schematizzazione dell'intrusione marina in Salento, così come indicativamente rappresentata nei primi anni '50 (da COTECCHIA et alii, 1957).



3.4.1.2.2.- Caratteristiche della falda profonda della Penisola Salentina in rapporto all'andamento del tetto dei calcari fratturati del Cretacico, con indicazione dei pozzi utilizzati nell'ambito delle prime ricerche sulle acque sotterranee della Regione condotte negli anni '50 (mod., da COTECCHIA et alii, 1957). La freccia blu indica l'ubicazione dell'area oggetto di studio.

Acqua salmastra o salata di presumibile origine marina è stata intercettata anche nel complesso carbonatico murgiano, a circa 2000 m di profondità, in particolare nel pozzo Gaudiano eseguito dall'AGIP per ricerche petrolifere a circa 45 km di distanza dal mare (**fig. 3.4.1.2.3**).



3.4.1.2.3 - Ubicazione dei pozzi profondi che hanno rinvenuto acqua salata di probabile origine marina nei calcari cretacei dell'avanfossa bradanica e nei pozzi che hanno raggiunto il Cretaceo sottostante al Tavoliere di Foggia.

La permeabilità delle formazioni rocciose presso la costa consente dunque l'ingressione delle acque marine nel continente, che si dispongono, per motivi di densità, alla base della falda di acqua dolce, costituendone il livello inferiore.

La falda profonda presenta quindi i suoi punti di emergenza ove gli affioramenti cretacei raggiungono il mare, di conseguenza, procedendo dalla costa verso l'interno del continente, la superficie piezometrica sale molto dolcemente, a causa dell'elevata permeabilità della formazione rocciosa.

La superficie di separazione tra la falda di acqua dolce e la sottostante acqua di mare di intrusione continentale è in genere denominata "interfaccia", anche se ad essa corrisponde in realtà una zona di transizione, ove la salinità dell'acqua cresce gradualmente dai valori della falda di acqua dolce ai valori dell'acqua di mare, e il cui spessore è funzione di numerosi parametri, come la permeabilità del mezzo, le sue condizioni geo-strutturali, la distanza dalla costa e l'entità delle oscillazioni piezometriche di falda, dovute principalmente alla ricarica e alle maree.

Per quanto riguarda il **chimismo delle acque profonde**, la falda di acqua dolce presenta valori di **salinità** che possono essere più o meno influenzati dalle acque marine alla base: si passa infatti da valori molto ridotti, anche inferiori a 400 mg/l, a valori di diversi grammi per litro.

Ciò va letto in relazione ai fenomeni di mescolamento che hanno parte nell'acquifero; in pratica, procedendo dalle zone interne verso la costa, si osserva spesso il passaggio da acque di tipo oligominerale ad acque fortemente salmastre, inutilizzabili a volte persino in agricoltura, anche nelle porzioni più superficiali della falda.

La falda contenuta nelle formazioni mesozoiche trova ovunque, lungo tutto il territorio regionale, recapito finale in mare. La quota di efflusso delle acque di falda inoltre è sempre prossima a quella del livello mare (fig. 3.4.1.2.4).

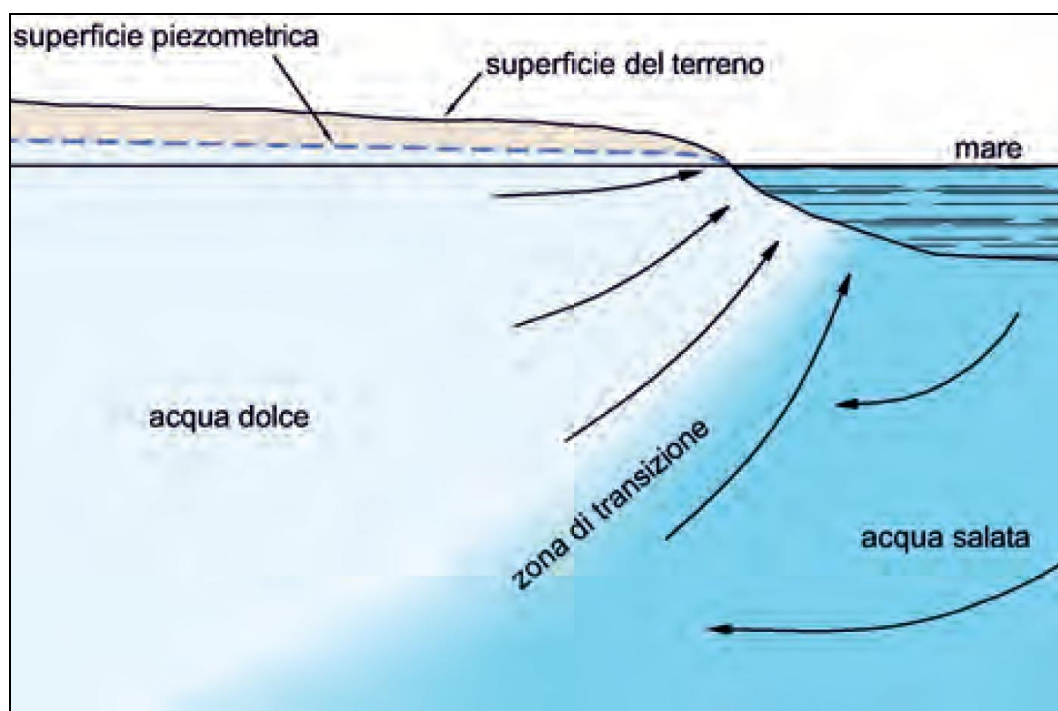


Fig. 3.4.1.2.4- Intrusione marina negli acquiferi costieri con indicazione della circolazione di acqua dal mare verso la zona di transizione e da questa di nuovo al mare (da COTECCHIA, 1963).

Le **quote piezometriche della falda profonda**, prossime, nelle vicinanze della costa, alla quota del livello mare, aumentano procedendo verso il continente, con modalità sostanzialmente legate ai caratteri di permeabilità dell'acquifero e alle condizioni di ricarica dello stesso.

Le principali aree di ricarica dell'acquifero sono posizionate al centro del promontorio del Gargano, sugli alti rilievi della Murgia e nelle porzioni più centrali della Soglia Messapica e della Penisola Salentina.

Si rileva però che, mentre per la Penisola Salentina i massimi carichi piezometrici misurati nelle zone più interne sono dell'ordine di alcuni metri sul livello del mare, per il Gargano e la Murgia si raggiungono invece quote piezometriche dell'ordine di diverse decine di metri, che possono raggiungere, con particolare riferimento all'Alta Murgia, valori dell'ordine di 200 m s.l.m.. In quest'ultimo caso permangono ancora notevoli incertezze nell'interpretare le caratteristiche della circolazione idrica sotterranea.

La differenza rilevata nella modalità con cui i carichi piezometrici variano procedendo dalla costa verso le aree interne del territorio regionale è imputabile alla notevole differenza dei caratteri di

permeabilità degli acquiferi, che determinano una sostanziale variazione nella cadente piezometrica della falda.

Nella **Penisola Salentina**, ad esempio, la cadente piezometrica è spesso dell'ordine di alcuni punti per mille, e ciò è ascrivibile all'elevata permeabilità dell'acquifero, che presenta valori del coefficiente di permeabilità spesso superiori a 10^{-1} cm/s sin nelle zone più interne.

Nell'adiacente **Murgia**, ove la permeabilità dell'acquifero è molto inferiore a quella del Salento, specie nelle zone interne, si hanno invece valori della cadente piezometrica anche di due ordini di grandezza superiori.

Nel **Gargano** si rilevano invece condizioni intermedie.

L'area in esame ricade al margine settentrionale della zona della Murgia.

Da quanto esposto consegue che le modalità di ricarica delle falde regionali, il moto di queste ultime all'interno degli acquiferi e il deflusso a mare variano da zona a zona del territorio pugliese, in relazione alle caratteristiche geologico-strutturali, idrogeologiche e morfologiche locali, cui spesso si associa una sostanziale differenza anche nelle problematiche di tipo idrogeologico connesse con la gestione e la salvaguardia delle risorse idriche sotterranee.

Il territorio regionale è suddiviso nelle seguenti aree idrogeologiche (**fig. 3.4.1.2.6**):

- Gargano;
- Tavoliere di Foggia;
- Murgia (di cui fa parte l'area di studio);
- Piana di Brindisi;
- Arco Ionico Tarantino;
- Salento.

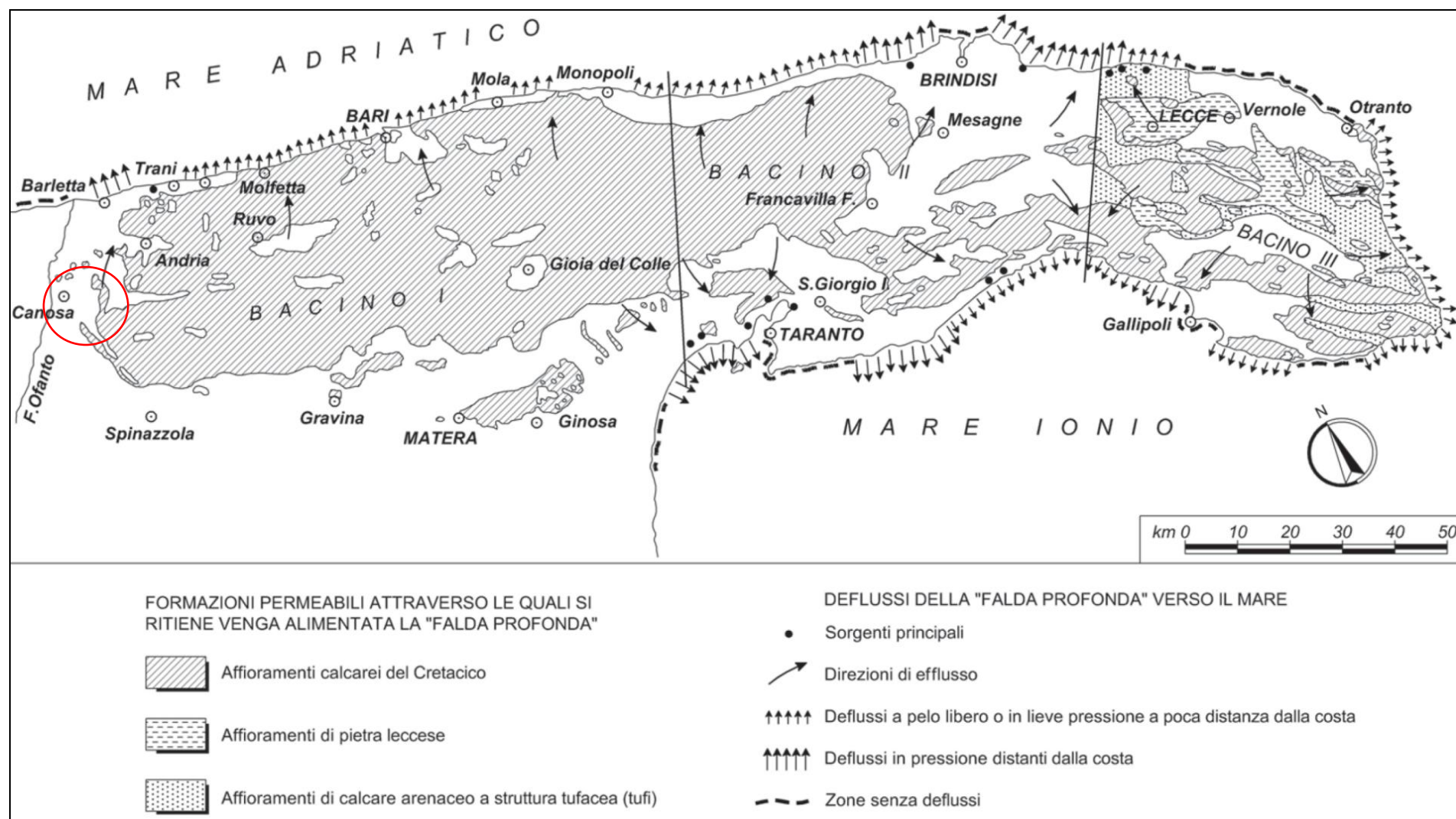


Fig. 3.4.1.2.5- Murgia e Salento con indicazione della tipologia di deflusso della falda profonda contenuta nei calcari mesozoici e delle principali manifestazioni sorgentizie (da COTECCHIA, et alii, 1957)

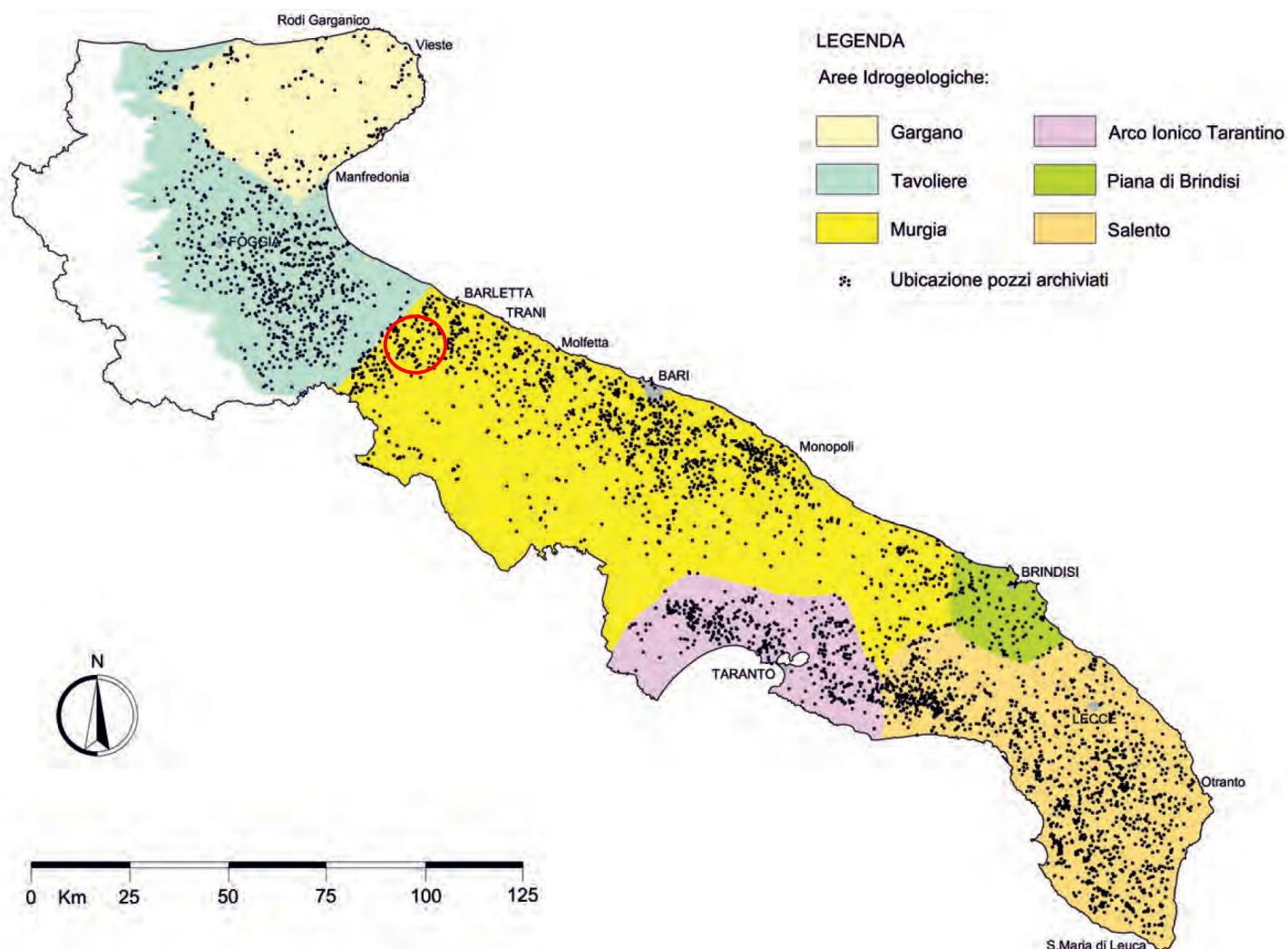


Fig. 3.4.1.2.6 - Aree idrogeologiche entro cui è stato suddiviso funzionalmente il territorio regionale nella ricerca svolta per la presente monografia e indicazione delle ubicazioni dei pozzi a detti fini adottati

Di seguito viene trattata nel dettaglio l'area della Murgia, alla quale appartiene il sito d'interesse.

L'AREA IDROGEOLOGICA DELLA MURGIA coincide sostanzialmente con l'Altopiano murgiano, che impegna gran parte della piattaforma carbonatica apula e si estende dal fiume Ofanto sino alla Soglia messapica a Sud, mentre ad Est e ad Ovest è delimitata rispettivamente dal mar Adriatico e dalla Fossa Bradanica (**fig. 3.4.1.2.6**).

Nella Murgia la risorsa idrica sotterranea è rappresentata quasi esclusivamente dalla falda profonda, contenuta nei calcari fratturati e carsicizzati del mesozoico, in genere sostenuta alla base da acqua marina intrusa nel continente.

Caratteristica idrogeologica peculiare della Murgia è la bassa permeabilità della formazione calcarea nelle zone interne, cui è imputabile l'elevato valore delle cadenti piezometriche: le altezze piezometriche della falda raggiungono, infatti, nelle aree più interne dell'altopiano, anche valori dell'ordine di 200 m s.l.m.

Ad oggi, le condizioni idrogeologiche caratterizzanti le porzioni centrali dell'Alta Murgia non sono completamente note. Qui l'acquifero, riscontrabile a profondità dell'ordine delle centinaia di metri sotto il livello mare, è interessato da una circolazione idrica fortemente in pressione.

Una ricerca mirata di dati idrogeologici relativi a perforazioni eseguite nel corso del tempo da Enti pubblici e imprese private, sebbene abbia consentito di ricavare importanti informazioni, non è stata in grado di definire un quadro interpretativo unico ed esaustivo. Allo stato attuale permangono, infatti, forti incertezze riguardo alla definizione sia delle condizioni di alimentazione e di distribuzione delle quote piezometriche della falda profonda, sia del fenomeno dell'intrusione marina.

Le quote piezometriche della falda profonda, che assumono i massimi valori nell'Alta Murgia, si riducono poi rapidamente verso la costa, ove raggiungono valori pari ad alcuni metri sul livello mare. Nelle porzioni costiere si ha, infatti, un notevole incremento di permeabilità, pur discontinuo e non generalizzato, sicché la falda defluisce verso il mare con cadenti piezometriche molto dolci, anche dell'ordine dei decimi per mille.

La falda che permea l'acquifero murgiano, oltre a defluire verso il mare, contribuisce inoltre ad alimentare, a livello della Soglia messapica, l'adiacente area idrogeologica del Salento.

L'acquifero murgiano alimenta, poi, i calcari mesozoici che costituiscono il graben del Tavoliere nelle porzioni adiacenti alla faglia dell'Ofanto e quelli dell'Avanfossa Bradanica.

In sostanza la murgia si presenta come un'isola, allungata in direzione appenninica e drenata da ogni lato, anche se il principale e più abbondante efflusso resta quello verso il mar Adriatico.

Le falde superficiali sono praticamente assenti, con la sola eccezione di quelle prossime a depositi terrazzati lungo il margine nord occidentale, nei pressi di Barletta, e di alcune falde sospese nell'ambito di terreni post-cretacei che sovrastano i calcari mesozoici in corrispondenza dell'Alta Murgia.

Più nel dettaglio, sotto l'aspetto idrogeologico, la Murgia è caratterizzata prevalentemente dagli affioramenti delle rocce carbonatiche mesozoiche, di rado ricoperte per trasgressione da sedimenti calcarenitici quaternari. La distribuzione dei caratteri di permeabilità delle rocce carbonatiche mesozoiche è legata principalmente all'evoluzione del fenomeno carsico. Detto fenomeno non ha ovunque le stesse caratteristiche di intensità. Le ripetute e sostanziali variazioni

di quota subite dal livello di base della circolazione idrica sotterranea hanno notevolmente influenzato i processi di carsificazione. Ad aree interessate da un macrocarsismo, molto spesso si affiancano aree manifestanti un microcarsismo, come non mancano zone dove, indipendentemente dalle quote, detto fenomeno è quasi assente. Le delimitazioni fisiche di questa unità idrogeologica (stimata in 7.672 km²), sono date superiormente dal corso del fiume Ofanto ed inferiormente dall'allineamento ideale Brindisi - Taranto.

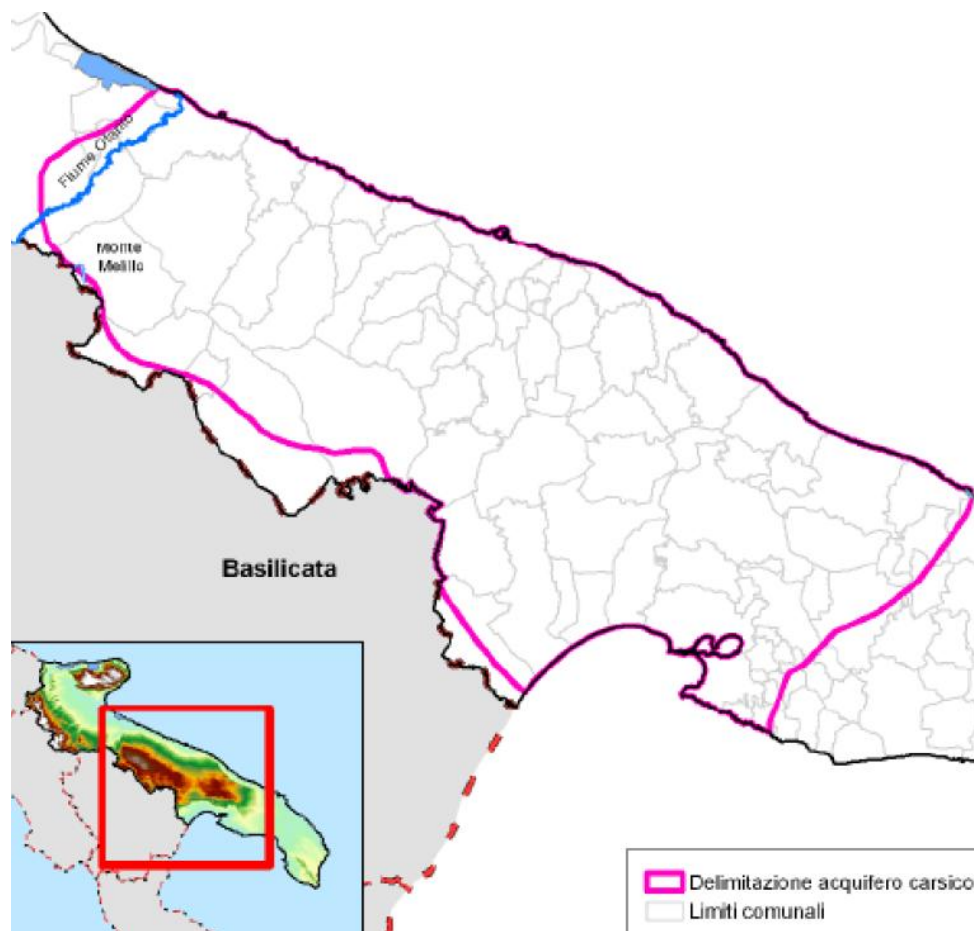


Fig 3.4.1.2.7: Cartografia di inquadramento Acquifero della Murgia (estratto dal PTA)

L'acquifero della Murgia è del tipo permeabile per fessurazione e/o carsismo. Da un punto di vista idrogeologico assume notevole importanza anche l'estesa ed a volte spessa copertura di terra rossa.

Essendo l'acquifero murgiano talora limitato al tetto da rocce praticamente impermeabili e dotato di una permeabilità d'insieme spesso relativamente bassa, le acque di falda sono generalmente costrette a muoversi in pressione, spesso a notevole profondità al di sotto del livello mare, con carichi idraulici ovunque alti (spesso dell'ordine dei 30 ÷ 50 m s.l.m.) e sensibilmente variabili lungo la verticale dell'acquifero. Anche le cadenti piezometriche, con le quali la falda defluisce verso il mare, sono alte (2÷8 per mille). I massimi carichi piezometrici si riscontrano nelle aree più interne dell'altopiano murgiano, ove si raggiungono valori di circa 200 m s.l.m., ma non di rado carichi idraulici di 10÷15 m s.l.m. si osservano anche in aree situate ad appena pochi chilometri dalla linea di costa. L'irregolare distribuzione della permeabilità in senso verticale fa sì che la parte più alta della falda risulti talora frazionata in più livelli idrici sovrapposti, spesso modesti e separati

da orizzonti rocciosi praticamente impermeabili e solo a luoghi permeabili, non di rado dotati di carichi idraulici e di mobilità sensibilmente diversi.

Per quanto riguarda l'**idrografia superficiale**, come detto, è presente il **Torrente Locone**.

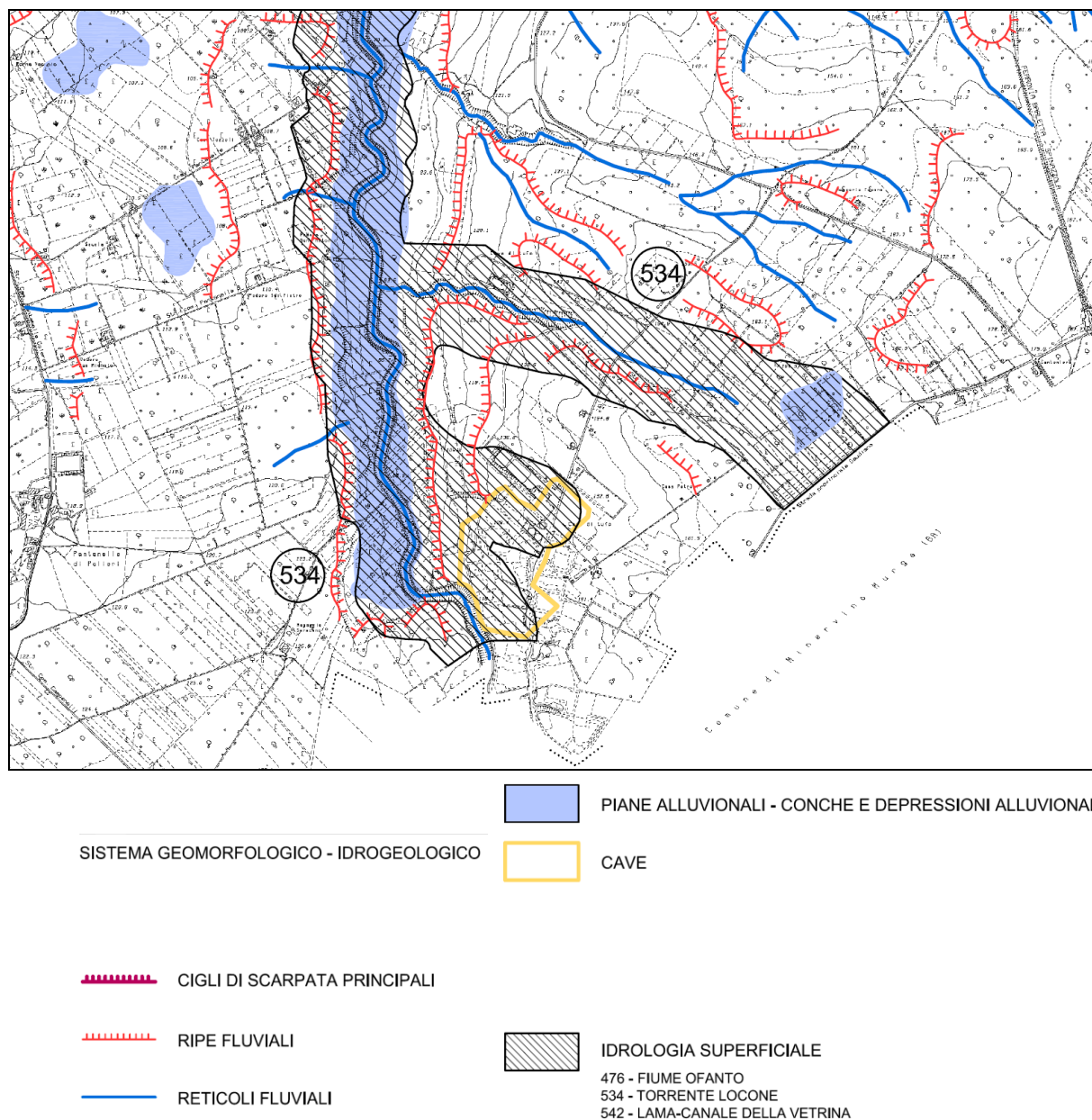


Fig 3.4.1.2.8: Sistema geomorfologico-Idrogeologico (estratto dalla Tav. 3.1 del PUTT/P - Regione Puglia)

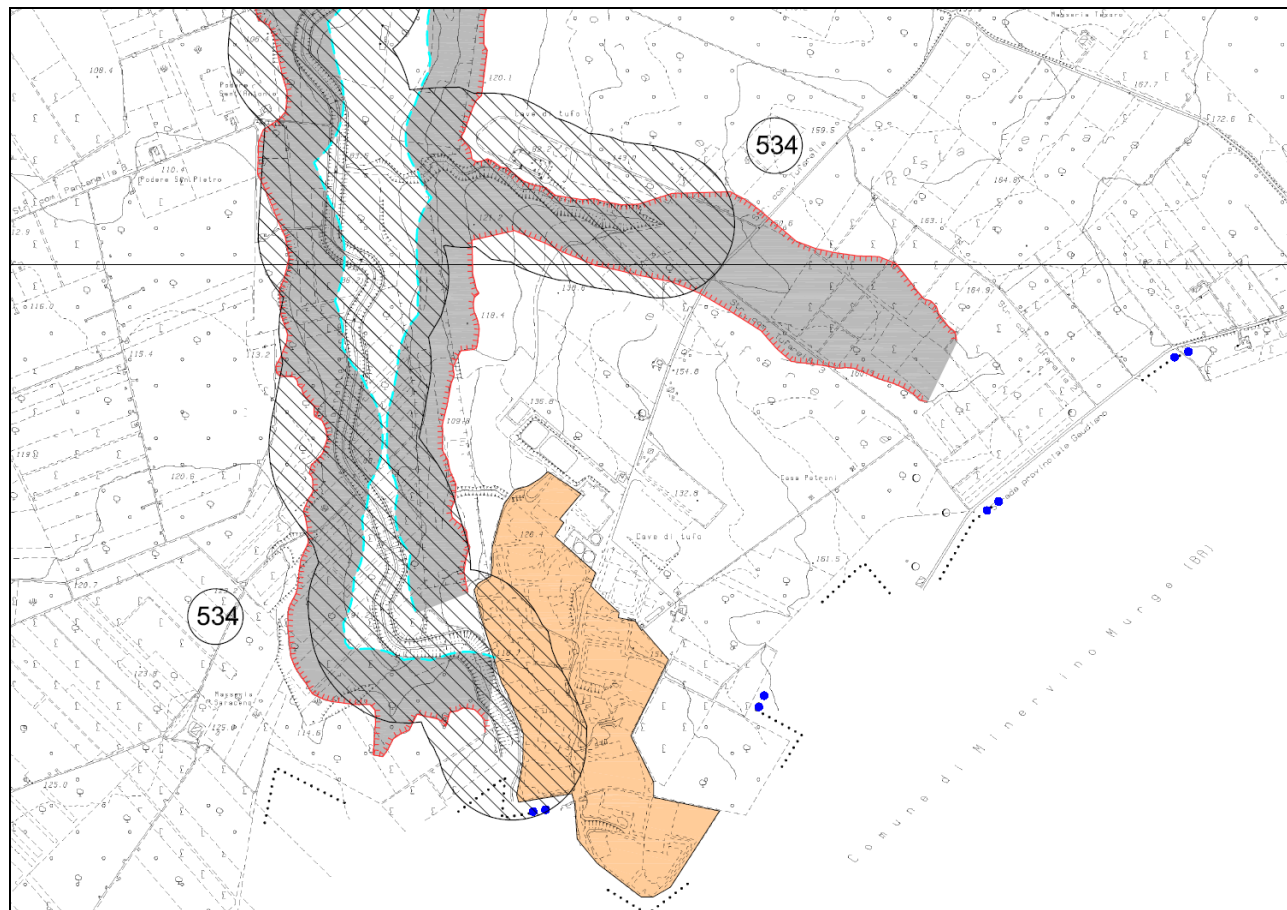
Il Torrente Locone nasce in prossimità del paese di Spinazzola e scorre in direzione ovest, lungo un fondo valle ampio e pianeggiante con fianchi collinari per confluire dopo circa trenta chilometri nel fiume Ofanto.

Il corso del Torrente Locone segna in modo netto il passaggio tra le rocce calcaree del rilievo delle Murge e la successione argillosa che costituisce il sottosuolo del Tavoliere di Puglia.

Il Locone presenta le tipiche caratteristiche dei torrenti dell'Italia meridionale e cioè deflussi estivi molto scarsi e piene invernali brevi ma intense.

Sul Torrente Locone è presente una diga, situata qualche chilometro ad ovest del comune di Minervino Murge. La capacità totale d'invaso è pari a 131'000'000 mc, con un volume utile di regolazione pari a 106'000'000 mc.

Particolarmente critica appare la gestione idraulica del corso fluviale del Locone che ha prodotto inquinamento delle acque per scarichi abusivi e l'impovertimento della portata idrica per prelievo irriguo e cementificazione delle sponde in dissesto.



SISTEMA GEOMORFOLOGICO - IDROGEOLOGICO

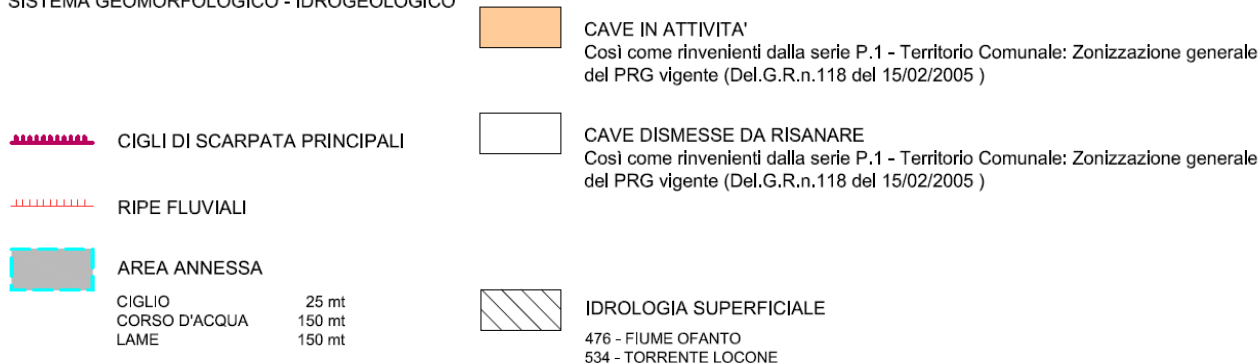


Fig 3.4.1.2.9: Sistema geomorfologico-Idrogeologico (estratto dalla Tav. 5.1c del PUTT/P - Regione Puglia)

3.4.2. Aspetti del sito specifici

Considerata la presenza degli impianti autorizzati per il trattamento e deposito controllato di rifiuti, nel corso degli anni sono stati eseguiti sull'area di interesse diversi studi, da parte delle singole ditte, effettuando attività investigative finalizzate alla caratterizzazione dell'area sotto il profilo geologico e idrogeologico. Di seguito si riportano i risultati desunti dagli studi a disposizione, per poter definire un modello concettuale preliminare.

3.4.2.1. Studio idrogeologico Prof. Pagliarulo effettuato per l'impianto della Ditta BLEU S.r.l..

Dallo studio idrogeologico eseguito dal Prof Pagliarulo nel maggio 2010 emerge che l'area dove ricade la contrada Tufarelle appartiene alla formazione affiorante delle "Calcarenite di Gravina", note con il termine di "Tufo calcareo".

La **Calcarenite di Gravina**, d'età pliocenica, raggiunge gli **80-85 m** di spessore ed è formata da rocce calcaree con granulometria da fine a grossa, porose, con grado di cementazione variabile e relativamente poco resistenti alle azioni meccaniche. In genere la successione rocciosa si presenta non stratificata e poco fratturata.

In adiacenza all'area Tufarelle, l'**acquifero del substrato carbonatico** è presente in sinistra del torrente Locone con una profondità di circa **100-200 m**.

Dalle indagini geognostiche eseguite per conto della Ditta BLEU, la successione stratigrafica del sottosuolo in contrada Tufarelle è risultata la seguente (*Paragrafo § 3 della citata relazione*):

- Tufo calcareo di colore bianco – giallastro, riferibile all'unità litostratigrafica della "Calcarenite di Gravina" dello spessore di 80-85 m;
- Breccia ad elementi calcarei in matrice tufacea dello spessore di alcuni metri;
- Rocce calcaree e dolomitiche riferibili all'unità del "Calcarea di Bari"

La falda acquifera è stata rinvenuta a profondità variabile tra i **105 -120 m**. Dalle analisi e dai rilievi delle quote piezometriche dei pozzi di monitoraggio effettuate nell'aprile del 2004 e, successivamente, nel marzo del 2007 e nel maggio 2009 si **ipotizza** che il carico idraulico della falda diminuisca con regolarità in direzione SE, indicando, nel settore dell'acquifero considerato, l'esistenza di una direzione di movimento delle acque sotterranee verso SE (dato tuttavia oggetto d'incertezza, dunque da confermare). L'acquifero risulta presente nell'unità calcarea, come riportato nello schema sottostante.

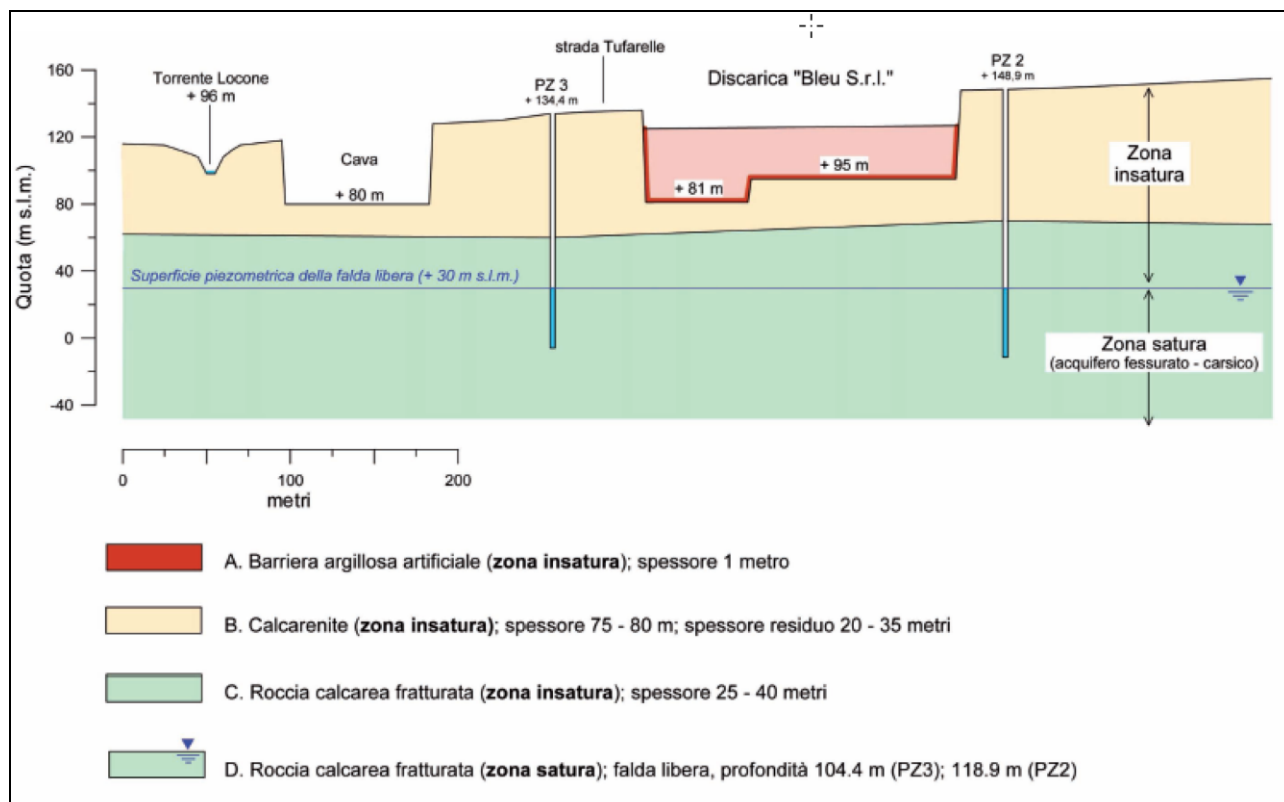


Fig 3.4.2.1.1 : Sezione stratigrafica in corrispondenza della discarica BLEU (estratto dalla relazione idrogeologica Prof. Pagliarulo)

3.4.2.2. Relazione geologica, idrogeologica, idraulica, sismica, geotecnica ed indagini Geol Mancini redatta per la Ditta SOLVIC S.r.l.

Dall'esame della relazione geologica-idrogeologica a corredo del progetto dell'impianto della ditta Solvic, redatta dal geol. L. Mancini, nel novembre 2007, la successione litostratigrafica dell'area, ricostruita per uno spessore complessivo di circa 40 m, risulta costituita, partendo dal basso verso l'alto da:

- biocalciruditi e calciruditi giallastre contenenti scarsi macrofossili interi (Ostree) ed in frammenti nonché numerosi ciottoli calcarei arrotondati di medie dimensioni con bioerosioni determinate dall'attività di organismi endofitici quali spugne e vermi. Tale intervallo, poco utilizzato per le difficoltà di estrazione determinate dai ciottoli calcarei e dalla variabilità del grado di cementazione, presenta uno spessore massimo di metri 8.00 ca.
- Biocalcareni e calcareniti di colore bianco-grigiastro a grana grossolana e media, a luoghi giallo-rossastre per la presenza di terra rossa finemente diffusa, contenenti scarsi macrofossili interi (Ostree) ed in frammenti nonché ciottoli arrotondati e bioerosi. A tratti si rinvencono sottili livelli di calcareniti ben cementate. Nella parte inferiore di questo intervallo i livelli di calcareniti fini ben cementate aumentano in spessore e frequenza in

modo tale da sconsigliare un ulteriore approfondimento del piano di cava. L'intervallo presenta uno spessore massimo di circa 18 - 20 m.

- Biocalcareni e calcareniti di colore giallino a grana media e grossolana, caratterizzate dalla presenza di macrofossili e da livelli di ciottoli calcarei ben arrotondati e bioerosi. Questo intervallo ha uno spessore di 12 m circa.
- Calcareni e biocalcareni di colore giallastro a grana media e grossolana, ben cementate, dello spessore di circa 2.00 m, che localmente costituiscono il "cappellaccio".

L'acquifero, nell'area d'interesse, circola a "pelo libero" e normalmente a circa +30 m s.l.m. Tale falda è caratterizzata da portate elevate (molto prossime ai 10 l/s) e per contro da deboli depressioni. Così come comprovato da studi esistenti nell'area, in corrispondenza del centro abitato di Canosa di Puglia esiste uno spartiacque idrogeologico che indirizza verso l'Adriatico le acque defluenti a Nord, e verso la Fossa Bradanica le acque defluenti nelle zone meridionali.

Dall'esame delle monografie dei pozzi esistenti nell'area, le linee di flusso della falda, nell'area d'interesse, viene individuata in direzione S ovvero S-W, con velocità di deflusso di circa 100 m all'anno.

Il pozzo situato all'interno dello stabilimento SOLVIC ha una profondità pari a circa 300 m e il livello statico della falda si attesta a circa 84 m di profondità dal piano campagna.

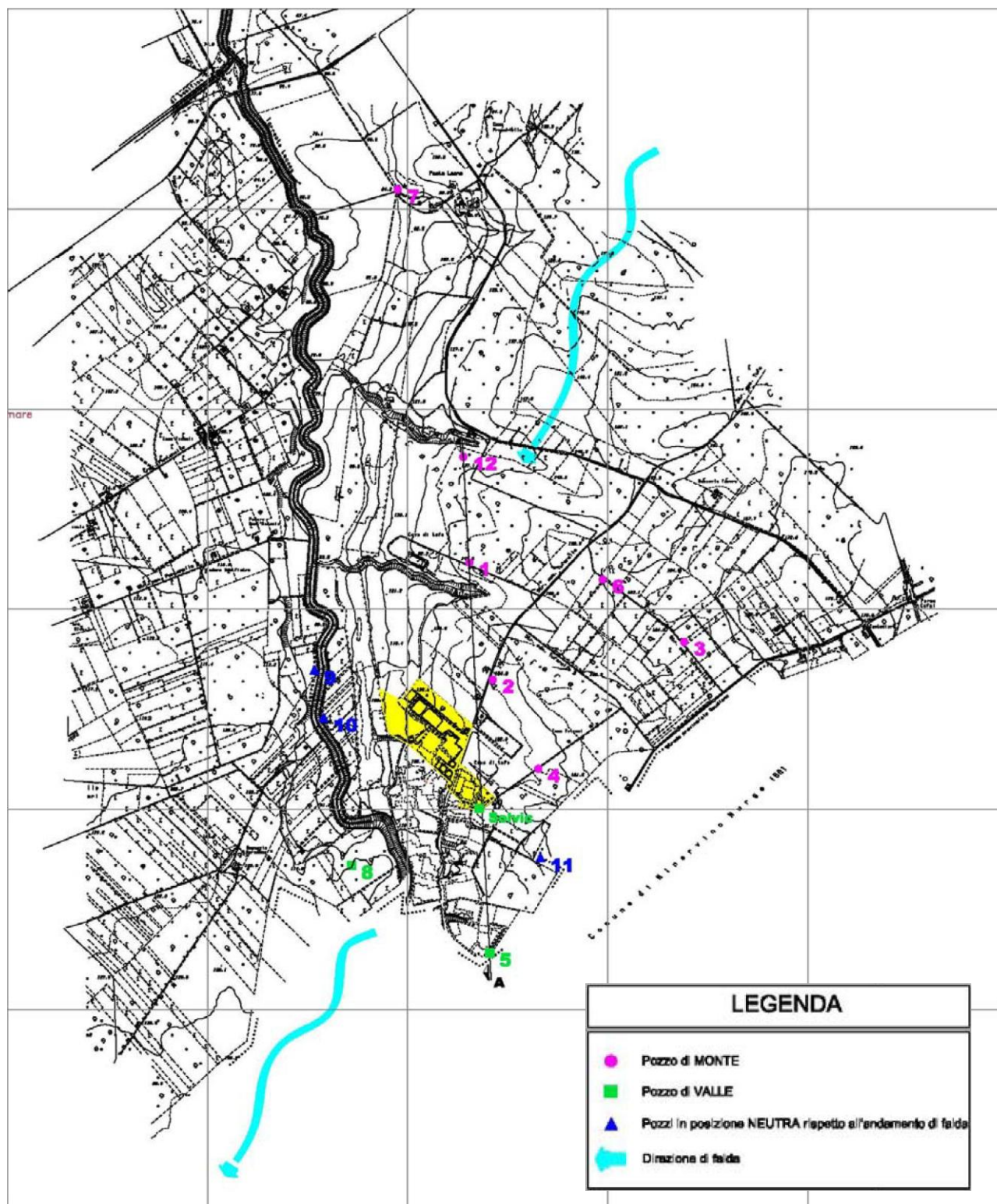


Fig. 3.4.2.2.1 : Planimetria ubicazione pozzi di monitoraggio dell'impianto SOLVIC e indicazione del flusso di falda (Fonte : allegato alla relazione idrogeologica Geol. Mancini)

3.4.2.3. Ubicazione pozzi di monitoraggio della Discarica controllata della Ditta COBEMA S.r.l..

Di seguito si riporta la cartografia allegata al progetto depositato presso il Comune di Canosa, relativa all'ubicazione dei pozzi di monitoraggio della discarica non in esercizio della ditta Cobema con indicazione dei pozzi ubicati a monte e a valle della discarica stessa.

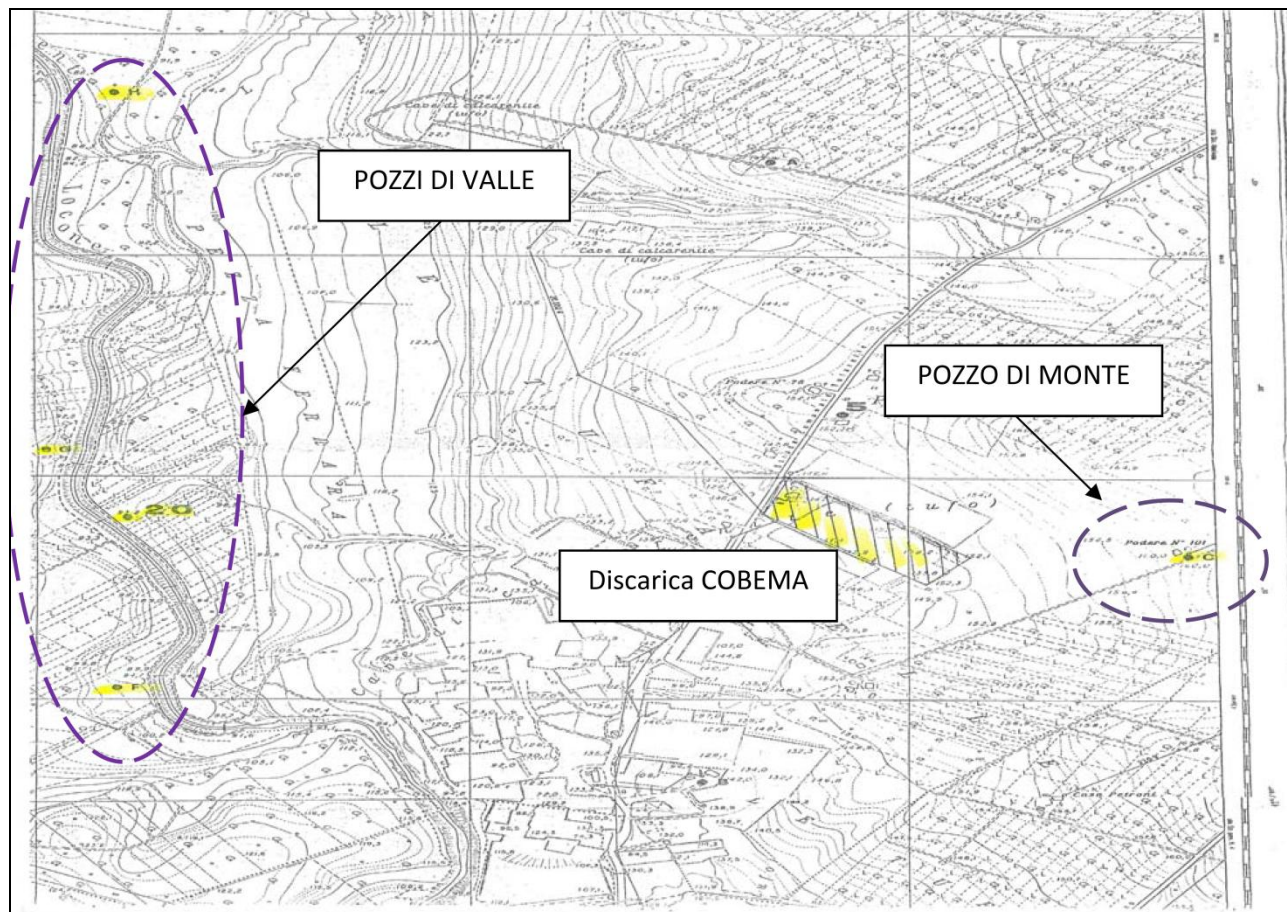


Fig 3.4.2.3.1 : Planimetria ubicazione pozzi di monitoraggio della Discarica COBEMA

3.4.2.4. Relazione Geologica e geomorfologica Dott.sa Corvasce redatta per la Ditta BLUE S.r.l..

La relazione si riferisce al progetto proposto per la realizzazione di un nuovo impianto di discarica controllata per rifiuti speciali in località Tufarelle, in agro dei Comuni di Minervino M. e Canosa di Puglia, redatta dalla Dott.sa Corvasce nel luglio 2008.

La località Tufarelle rappresenta un'area di affioramento della "Calcareite di Gravina", nota in Puglia con il termine di "Tufo calcareo". Questa formazione rappresenta il primo termine trasgressivo sulla potente successione carbonatica delle Murge, il "Calcare di Bari", di età cretacea inferiore e superiore che, con il "Calcare di Altamura", di età cretacea superiore, costituisce l'ossatura dell'altopiano murgiano. Le successioni carbonatiche del Cretaceo sono sede della falda

idrica profonda pugliese. Le principali caratteristiche idrodinamiche di tale falda dipendono dal grado di fessurazione e carsismo dei calcari che la ospitano.

L'intera area delle Murge costituisce quindi una importante unità idrogeologica dove le acque sotterranee circolano secondo livelli idrici preferenziali, irregolarmente distribuiti nello spazio in accordo con il forte grado di anisotropia che caratterizza l'acquifero. Misure effettuate sui pozzi piezometrici della vicina discarica in esercizio gestita dalla società Blue S.r.l. nel Comune di Canosa di Puglia, confermano la presenza di una falda, localmente non confinata, la cui superficie piezometrica si stabilizza intorno ai 30 m s.l.m..

Le indagini condotte dal 2004 al 2006 da vari consulenti (dott. geol. P. Pagliarulo; dott. geol. M. A. Corvasce; dott. geol. R. Lopez), fanno riferimento a misure eseguite sui piezometri realizzati nelle aree adiacenti la discarica e su pozzi vicini alla discarica e che intercettano la falda profonda.

La direzione di deflusso individuata è dai quadranti nord orientali verso quelli sud occidentali. Tali asserzioni hanno consentito di individuare i pozzi di monitoraggio della falda a monte e a valle della discarica.

3.4.2.5. Relazione idrogeologica Geostudi S.r.l. redatta per la Ditta DELTA PETROLI S.r.l..

La relazione si riferisce al progetto per una discarica sita nel Comune di Minervino Murge al confine con il Comune di Canosa, in località Murgette non distante dall'area di interesse (circa 3,5 km).

I terreni che affiorano nell'area di indagine ed in gran parte della superficie del bacino delle Murge sono rappresentati da due unità stratigrafiche, il Calcare di Bari (Cretaceo superiore), le "Calcareni di Gravina" (Plio-Pleistocene) e da modeste coltri di riporto antropico.

Nel sistema Murgiano la circolazione delle acque avviene in pressione e molto spesso al di sotto del livello del mare.

Questa caratteristica è imputabile alla presenza, nell'unità carbonatica, di zone integre o scarsamente fratturate, proprio in prossimità del livello del mare, che fungono da barriera impermeabile rispetto alla sottostante formazione fratturata e carsificata.

Nell'area di cava il livello freatico è intercettato a -10, -20 metri al di sotto del livello del mare, con risalita del livello statico dal piano campagna variabile tra 140 e 250 m (informazioni ottenute da pozzi localizzati nel raggio di 2Km).

L'alimentazione del sistema idrografico è assicurata dalle precipitazioni del semestre autunno-inverno. Le vie attraverso le quali le acque di precipitazione meteorica raggiungono l'acquifero profondo sono rappresentate da quei canali (inghiottitoi, doline, lame, fratture) che interessano la compagine carbonatica fino al tetto dell'acquifero.

Emerge dai dati raccolti, l'incongruenza di una falda profonda in pressione associata ad una modesta circolazione superficiale, implicitamente associabile alla presenza di linee di flusso sviluppate. E' possibile supporre che l'alimentazione dell'acquifero non avvenga sulla verticale del sito ma ad una certa distanza da esso. Inoltre non essendo stata rilevata acqua nei piezometri

installati nei fori di sondaggio, si può asserire che sono presenti falde sospese entro 30m di profondità dal piano campagna.

Il deflusso meteorico viene smaltito rapidamente dal reticolo di faglie e fratture di trazione in comunicazione con la rete carsica epigea e profonda. I rilievi geomeccanici effettuati sui fronti cava confermano immersioni prevalenti delle fratture e delle faglie verso SW-SE e NW, direzione coincidente con gli assi di sviluppo regionale della rete carsica. A queste direzioni è comunque necessario sommare una importante componente verticale.

3.5 Caratteristiche climatologiche e ambientali dell'area

La Puglia è caratterizzata da un clima tipicamente mediterraneo, con inverno mite e poco piovoso alternato ad una stagione estiva calda e secca: appartiene dunque alle aree con climi marittimi temperati (o climi sub-tropicali ad estate secca).

L'Appennino offre alla regione un certo riparo dai venti occidentali, mentre essa rimane esposta alle correnti atmosferiche provenienti dall'Adriatico e da Sud; ciò le conferisce una minore piovosità rispetto alle regioni del versante tirrenico ed una certa frequenza di bruschi passaggi tra tempi meteorologici diversi.

Nei mesi estivi è pronunciata la tipica siccità del clima mediterraneo, a causa del dominio delle masse d'aria calda e secca tropicale sul bacino del Mediterraneo. I mesi autunno invernali presentano frequente nuvolosità e piogge relativamente copiose, recate in genere da venti sciroccali, ed avvicendate con periodi sereni piuttosto freddi provocati dallo spirare di venti settentrionali e di N-E, talora di considerevole violenza. In primavera si intercalano anche correnti da S-O, di provenienza africana, apportando calori precoci ed aria soffocante.

La maggior parte della regione ha una temperatura media annua compresa fra 15° e 17°. Nel mese di gennaio, che generalmente è il più freddo, la temperatura oscilla intorno ai 6°; i valori più bassi si registrano sul Gargano con 2°, quelli più alti nelle zone costiere e nella penisola salentina con 8°-9°. Nel mese di luglio non si notano sensibili variazioni dei valori medi della temperatura che si mantiene intorno ai 25°-26°.

Le escursioni medie annue oscillano, quasi ovunque, fra 16° e 18°. I giorni cosiddetti "tropicali", quelli cioè con temperature superiori ai 30° sono mediamente 30 lungo la costa barese e nelle aree interne a quota maggiore del Subappennino e del Gargano: raggiungono addirittura il numero di ottanta nella zona fra Taranto e Lecce. I giorni di "gelo", con temperature al di sotto di 0°, sono 15-16 nel Subappennino, meno nelle altre aree.

Annualmente la regione riceve in media poco più di 600 mm di pioggia; la maggiore piovosità si osserva sul Gargano (1100-1200 mm), che è interessato da piogge di tipo orografico che si aggiungono a quelle di origine frontale legate alla ciclogenese del Mediterraneo orientale; la minore sul Tavoliere, dove si scende al di sotto di 400 mm; un secondo minimo è presente in una ristretta fascia costiera intorno a Taranto; nel Subappennino dauno ci si avvicina a 1000 mm e la maggior parte delle ree pianeggianti ha meno di 700 mm. In tutta la regione, le precipitazioni si concentrano per oltre il 60% nei mesi autunno-invernali, con massimi nel Salento che toccano l'80%. Il decorso medio delle precipitazioni nel ciclo annuo mostra in genere un solo massimo ben distinto, in novembre o dicembre, mentre il minimo è in luglio per tutta la regione. La stagione

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche e ambientali

☎ Via C. Costa, 182 – 41100 Mo – ☎ Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5960176 – ✉ e-mail: info@geogroupmodena.it

estiva è caratterizzata da una generale aridità su tutto il territorio, succede tuttavia, che non siano infrequenti i brevi ed intensi rovesci estivi con punte 30-50 mm in pochi minuti.

I giorni piovosi sono naturalmente scarsi: il loro numero compreso in media fra 60 e 80, a seconda della dislocazione del punto d'osservazione. Elevata è infatti la variabilità interannuale delle piogge: si può passare in una qualunque stazione dai 300 mm di un anno ai 900-1000 dell'anno seguente.

Più nello specifico, Canosa di Puglia è un Comune della Provincia di Barletta-Andria-Trani, caratterizzato da **clima** tipico mediterraneo, con caratteristiche più continentali nelle zone interne: le **estati** si presentano calde e secche, gli **inverni** sono prevalentemente piovosi con episodi nevosi sui rilievi e sporadicamente anche sulle coste. La **piovosità** media si aggira approssimativamente intorno ai 600 mm annui con picchi più elevati sui rilievi murgiani.

Il territorio della provincia BAT ricade in quattro ambiti territoriali, caratterizzati da specifiche connotazioni fisiche, così come identificati nel Piano Territoriale Paesaggistico della Regione Puglia.

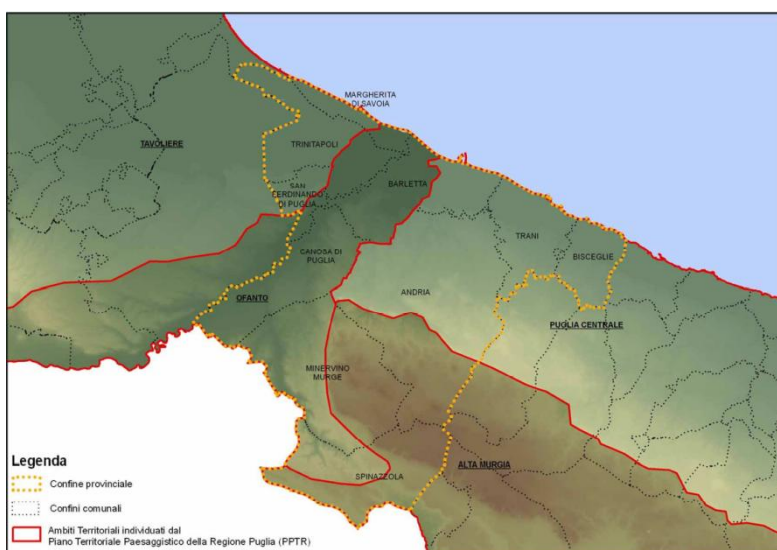


Figura 3.5.1: Ambiti territoriali della Regione Puglia (Tratto dal "Quadro Conoscitivo" del "Paino Energetico Provinciale – parte I)

- L'AMBITO **Ofanto** comprendente parte dei comuni di San Ferdinando di Puglia, Barletta, Trinitapoli, Margherita di Savoia e totalmente il Comune di Canosa di Puglia;
- L'Ambito **Puglia Centrale** comprendente interamente i comuni marittimi di Trani e Bisceglie, e parte dei comuni di Barletta e Andria;
- L'Ambito **Tavoliere**, con parte dei comuni che si estendono lungo il corso del fiume: San Ferdinando di Puglia, Trinitapoli e Margherita di Savoia;
- L'AMBITO interno dell'**Alta Murgia** settentrionale, che costituisce l'area a maggiore quota sul livello del mare, con parte dei comuni di Minervino Murge, Spinazzola e Andria.

L'Ambito Ofanto è un'area che si estende per tutto il corso dell'omonimo fiume che nasce in Campania e attraversa le provincie di Avellino, Potenza, Foggia e la provincia BAT. E' caratterizzata da un terreno particolarmente fertile e per questa sua caratteristica, che lo rende favorevole alla

pratica delle colture irrigue, ha attirato a sé il sorgere di numerosi centri abitati che fondano la loro economia sull'agricoltura.

Da un punto di vista fisico si presenta come una sorta di corridoio naturale costituito essenzialmente da una coltre di depositi alluvionali, prevalentemente ciottolosi, articolati in una serie di terrazzi che si ergono lateralmente a partire del fondovalle, che tende a allargarsi sia verso l'interno dove all'alveo si raccordano gli affluenti che provengono dalla zona di avanfossa, e verso la foce dove si sviluppano i sistemi delle zone umide costiere di Margherita di Savoia e Trinitapoli, e nelle aree dove sono state effettuate numerose bonifiche.

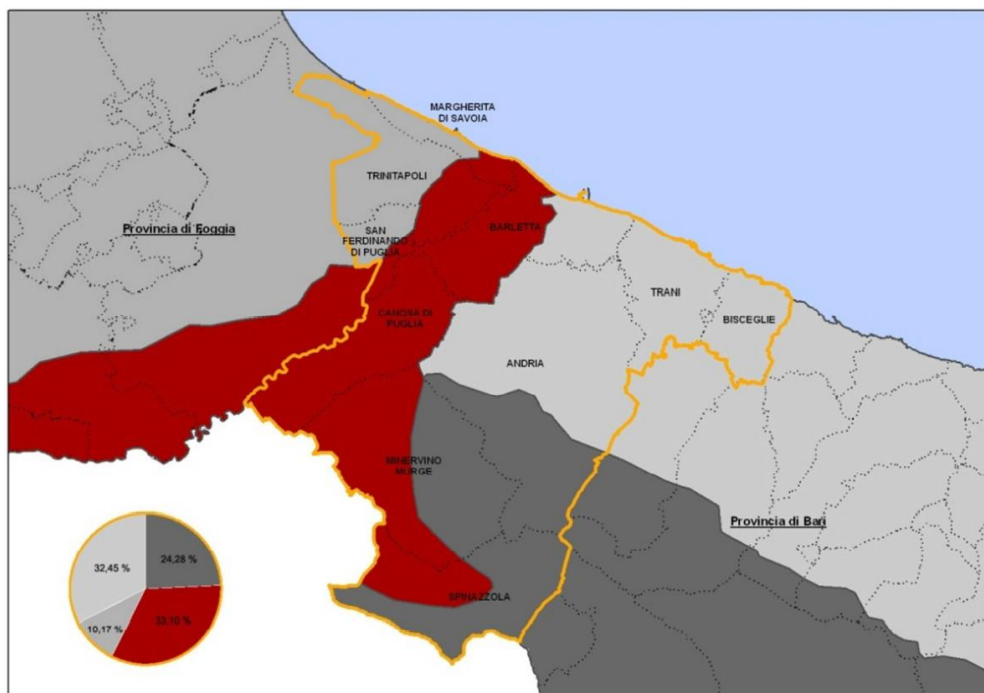


Figura 3.5.2: Suddivisione territoriale Ambito Ofanto (Tratto dal "Quadro Conoscitivo" del "Piano Energetico Provinciale – parte I)

Il clima è tipicamente mediterraneo lungo la fascia costiera e continentale nelle aree interne. Le temperature medie mensili risentono fortemente dell'influenza del clima murgiano, infatti le precipitazioni piovose annuali sono distribuite prevalentemente nel periodo da settembre ad aprile, mentre durante la stagione estiva la carenza di pioggia non determina particolari problemi all'esercizio dell'attività agricola, grazie alla ricchezza delle falde sotterranee, alimentate dalle acque provenienti dal sistema murgiano, che rendono possibile qualsiasi pratica irrigua.

La tabella seguente riporta la ripartizione territoriale dell'ambito della *Valle dell'Ofanto* all'interno dei comuni della Provincia BAT.

La provincia BAT, riunisce in sé dieci comuni: Andria, Barletta, Bisceglie, Canosa di Puglia, Margherita di Savoia, Minervino Murge, San Ferdinando di Puglia, Spinazzola, Trani, Trinitapoli che sono dislocati in porzioni di territorio piuttosto disomogenee per altitudine e tipo di paesaggio.

Le zone costiere sono caratterizzate da un clima mite con escursioni termiche stagionali meno spiccate rispetto al resto del territorio grazie all'azione mitigatrice dei mari Adriatico e Ionio, mentre le zone dell'entroterra nei pressi del promontorio del Gargano presentano un clima più

simile a quello continentale con maggiori escursioni termiche al variare delle stagioni. Le precipitazioni piovose sono piuttosto scarse e concentrate soprattutto durante l'autunno inoltrato e l'inverno.

Di seguito si riporta un quadro delle temperature medie della provincia nell'arco dell'anno:

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Temperatura massima media (°C)	10,9	12,1	14,9	18,9	23,5	28,3	31,1	31,2	26,8	21,3	16,5	12,9
Temperatura minima media (°C)	3,6	4,0	6,0	8,8	12,4	16,6	19,3	19,5	16,2	12,3	8,4	5,4
Temperatura media (°C)	7,3	8,1	10,5	13,9	18,0	22,5	25,2	25,4	21,5	16,8	12,5	9,2

Tabella 3.5.1: Temperature medie per la Provincia (Tratto dal "Quadro Conoscitivo" del "Paino Energetico Provinciale – parte I)

La temperatura media annua è compresa tra 15 e 16° C. In particolare nel mese di gennaio la temperatura oscilla intorno ai 7,3°C; i valori più bassi si registrano nel territorio delle Murge, a Spinazzola, con 6 °C a gennaio di media. Nei mesi estivi non si notano sensibili variazioni di temperatura; nei mesi di luglio e agosto la temperatura si assesta intorno ai 25°C.

Dati anemometrici

Al fine di disporre di un quadro anemometrico sul territorio della provincia BAT si è fatto riferimento all'Atlante Eolico dell'Italia (Atlaeolico3).

In particolare Atlaeolico restituisce la velocità media annua del vento (m/s).

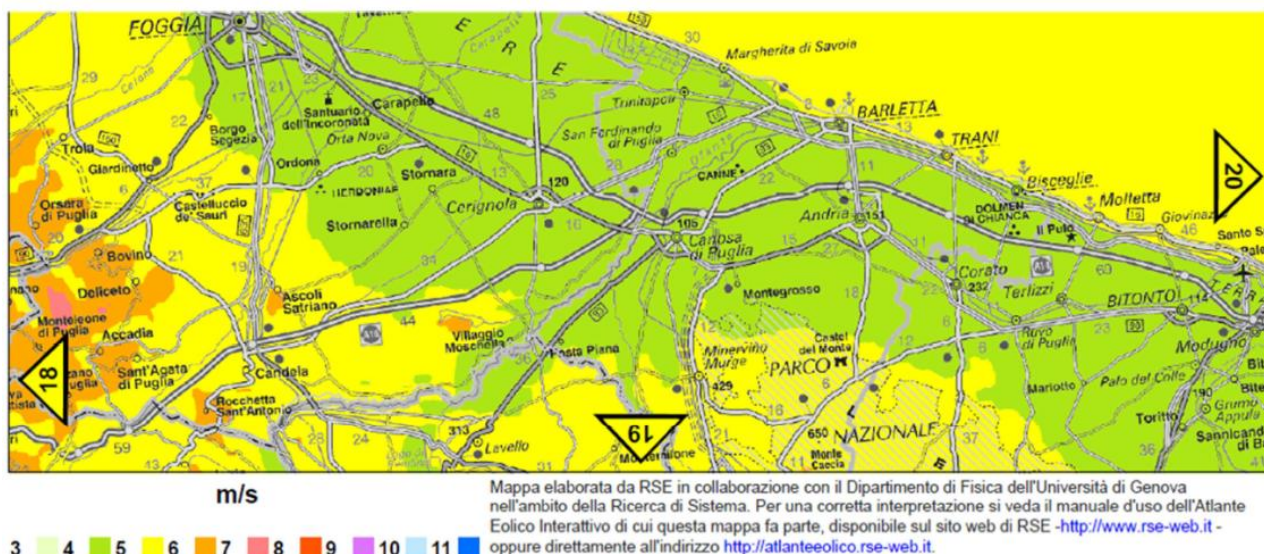


Figura 3.5.3: Velocità media annua del vento (m/s)

Dati pluviometrici

Nella **fig. 3.5.4** di seguito riportata, è illustrata l'ubicazione delle stazioni idrometriche considerate. Come già riportato più volte, l'area d'interesse ricade nel bacino idrografico del Fiume Ofanto. La lunghezza dell'asta principale è di circa 170 Km con pendenza media dello 0.748%. L'afflusso medio annuo è di circa 720 mm; la temperatura media annua è di poco superiore a 14 °C. Il valore della densità di drenaggio è 1.0 km/kmq. Il bacino presenta un coefficiente di forma (Gravelius, rapporto tra il perimetro del bacino e la circonferenza di un cerchio di uguale area) pari a 6.8. La sorgente, da cui ha origine il fiume, è posta a sud di Torella dei Lombardi, in provincia di Avellino, a quota 715 m sul livello del mare. Questa non è l'unica sorgente ma ve ne sono altre con portate minori. Il regime idraulico del fiume è di tipo torrentizio e i deflussi sono concentrati nel periodo autunno-invernale. La mancanza di vegetazione, la presenza di terreni impermeabili sciolti, le elevate precipitazioni e l'andamento irregolare del letto conferiscono al fiume, nella zona dell'alto bacino ed in parte nel medio, un'azione erosiva molto intensa.

L'andamento idrografico è caratterizzato in prevalenza dall'affioramento di rocce impermeabili sottoposto, per le abbondanti piogge, ad una marcata azione di dilavamento superficiale.

Il fiume si trova in uno stadio evolutivo giovanile, pertanto il reticolo idrografico è ancora poco sviluppato e quindi soggetto ad ampliarsi.

I suoi principali affluenti sono, in destra: torrente Ficocchia; torrente Liento, fiumara di Atella, torrente Refezze, torrente Laghi, torrente Faraona, torrente Muro Lucano o San Pietro, torrente Olivento. Quest'ultimo è emissario dell'invaso del Rendina, ottenuto mediante una diga sui torrenti Arcidiaconata e Venosa, torrente Lampeggiano, torrente Locone.

In sinistra: torrente Sarda, torrente Orato, torrente Osento, torrente Marana Capacciotti, torrente Marana Fontana Figura.

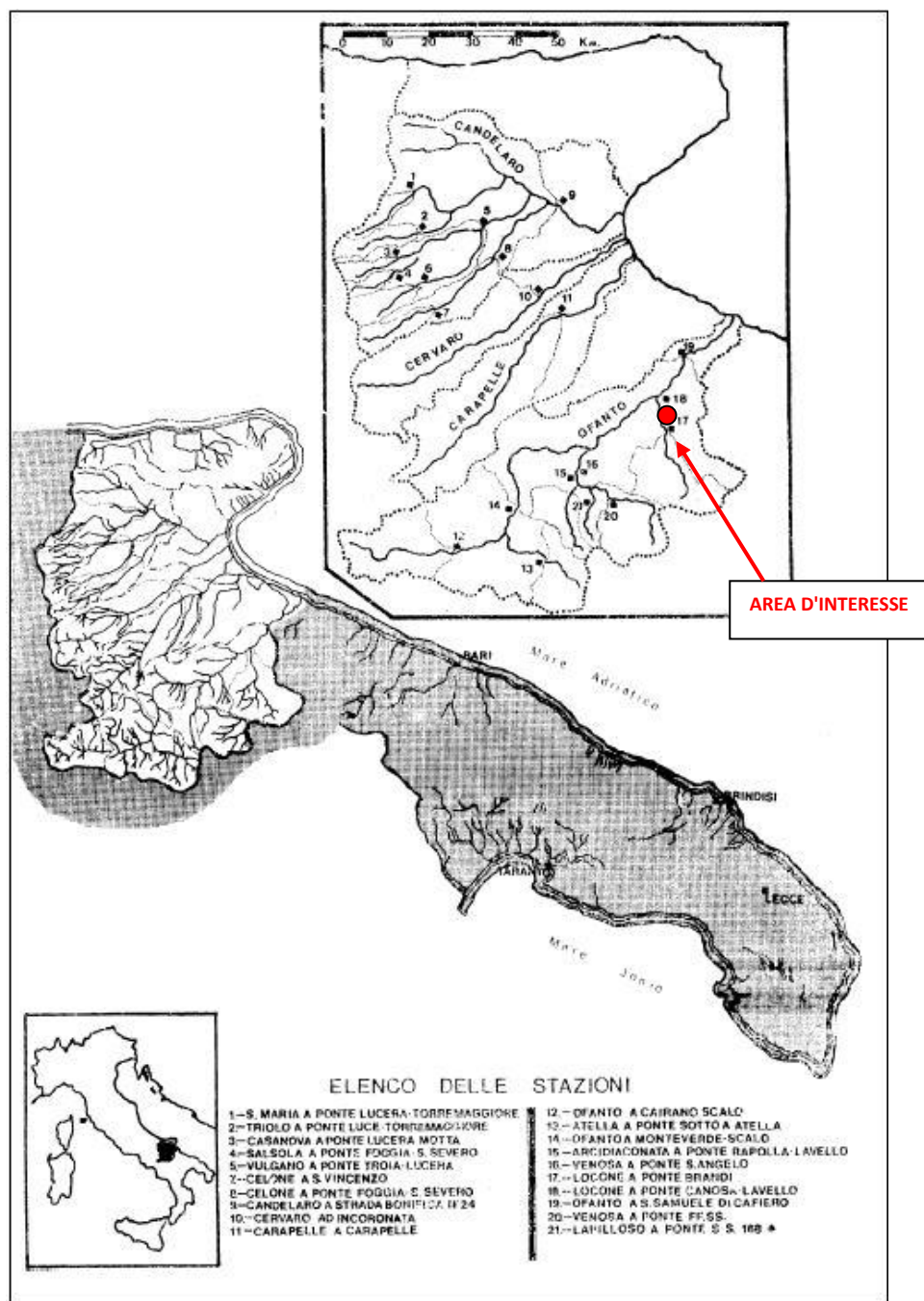


Figura 3.5.4: Bacini idrografici della Puglia Settentrionale ed ubicazione delle stazioni di misura.

Gli affluenti, pur essendo di scarsa consistenza come portata, rivestono comunque un ruolo determinante, essi infatti assicurano il mantenimento di un delicato equilibrio idrografico e idrogeologico all'interno del fiume, attraverso il costante apporto solido e liquido, in grado di assicurare per l'intero anno la presenza di acqua nell'alveo, grazie al loro assetto stagionale con carattere torrentizio, cosa molto importante per la vita del fiume.



Figura 3.5.5: Bacino idrografico del Fiume Ofanto

Il bacino, dal punto di vista altimetrico, è così caratterizzato:

- quota minima $H_{min} = 1.0$ m s.l.m.,
- quota massima $H_{max} = 1460.0$ m s.l.m.,
- quota media $H_{med} = 419.2$ m s.l.m..

Tali quote del bacino, inoltre, sono distribuite nelle seguenti classi:

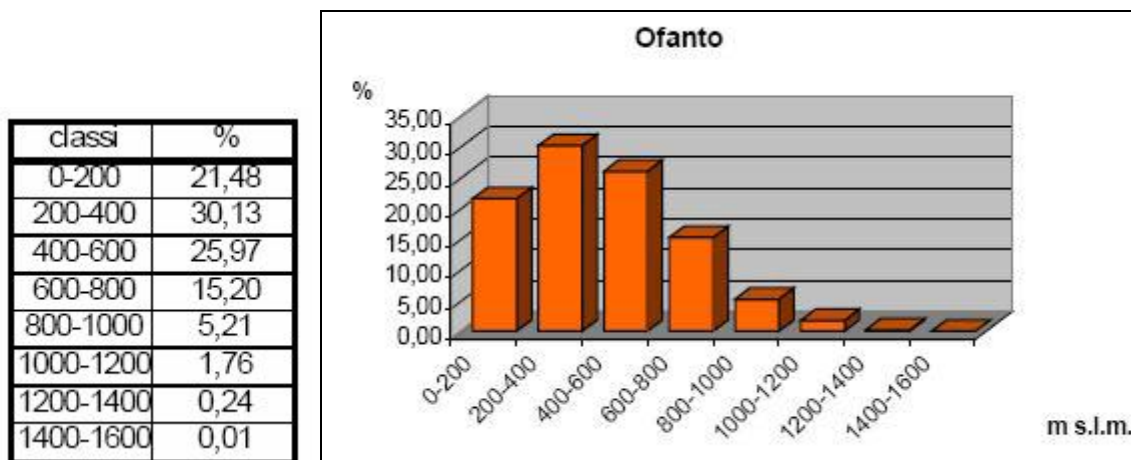


Figura 3.5.5: Distribuzione delle fasce altimetriche del bacino del fiume Ofanto.

L'intero bacino del fiume Ofanto è monitorato **dall'Ufficio Idrografico e Mareografico del Settore Protezione Civile della Regione Puglia** attraverso **n. 7 stazioni di rilevamento** dotate di idrometrografi, pluviografi, termoigrografi e strumenti di telerilevamento.

Le stazioni sono:

- **Ofanto a Cairano:** posizionata ad una distanza di circa 138 km dalla foce. Il bacino di dominio ricopre un'area di 272 kmq, con altitudine max di 1493 m s.l.m. e media di 647 m s.l.m.. Lo zero idrometrico si trova a 380.277 m s.l.m. Inizio osservazioni idrotorbiometriche 1963. La stazione è stata dismessa nel 1996.
- **Ofanto a Monteverde:** posizionata lungo l'asta, in corrispondenza del tratto mediano del bacino ad una distanza di circa 114 km dalla foce. Il bacino di dominio ricopre un'area di 1028 kmq, con altitudine max di 1493 m s.l.m. e media di 657m s.l.m.. Lo zero idrometrico si trova a 270.080 m s.l.m. Tale stazione ha sostituito nel 1955 quella di Rocchetta S. Antonio, posta a 16 km a valle, sostanzialmente in corrispondenza della traversa di S. Venere. Inizio osservazioni idrotorbiometriche 1926.
- **Atella a Ponte sotto Atella:** posizionata ad una distanza di circa 14 km dalla confluenza con l'Ofanto. Il bacino di dominio ricopre un'area di 175 kmq, con altitudine max di 1425 m s.l.m. e media di 813 m s.l.m. Lo zero idrometrico si trova a 406 m s.l.m.. Fino al 1996 la stazione era costituita da un impianto a monte del ponte ed uno a valle, quest'ultimo dismesso nel 1996 aveva essenzialmente la funzione di "verifica" delle rilevazioni fatte a monte. Inizio osservazioni idrometriche 1935 torbiometriche 1952.
- **Arcidiaconata a Ponte Rapolla:** dal 1952 posizionata sul ponte vecchio Rapolla-Lavello in località Toppo Laguzzo (fino al 1951 era ubicata sul ponte stradale Rapolla-Lavello) ad una distanza di circa 4 km dalla confluenza con il Rendina. Il bacino di dominio ricopre un'area di 124 kmq, con altitudine max di 1327 m s.l.m. e media di 530 m s.l.m. Lo zero idrometrico si trova a 226.352 m s.l.m.. Inizio osservazioni idrotorbiometriche 1952.
- **Lapiloso a Ponte S.S.168:** posizionata ad una distanza di circa 7 km dalla confluenza con il Venosa. Il bacino di dominio ricopre un'area di 29.5 kmq, con un'altitudine max di 819 m s.l.m. e media di 559 m s.l.m. Lo zero idrometrico si trova a 299.067 m s.l.m.. Inizio osservazioni idrotorbiometriche 1973.
- **Venosa a Ponte Ferroviario KM 30+283:** posizionata ad una distanza di circa 11 km dalla confluenza con il Rendina. Il bacino di dominio ricopre un'area di 201 kmq, con altitudine max di 889 m s.l.m. e media di 472 m s.l.m. Lo zero idrometrico si trova a 250m s.l.m. La stazione è stata dismessa nel 1996. Inizio osservazioni idrotorbiometriche 1973. Fino al 1986 era presente una stazione teleferica presso Venosa Ponte Sant'Angelo le cui osservazioni idrometriche sono iniziate nel 1928 mentre quelle torbiometriche nel 1953.
- **Ofanto a S. Samuele di Cafiero:** posizionata ad una distanza di circa 25 km dalla foce. Il bacino di dominio è il più ampio e ricopre un'area di 2716 kmq, con altitudine max di 1493 m s.l.m. e media di 454 m s.l.m. Lo zero idrometrico si trova a 31.734 m s.l.m.. Inizio osservazioni idrotorbiometriche 1930.

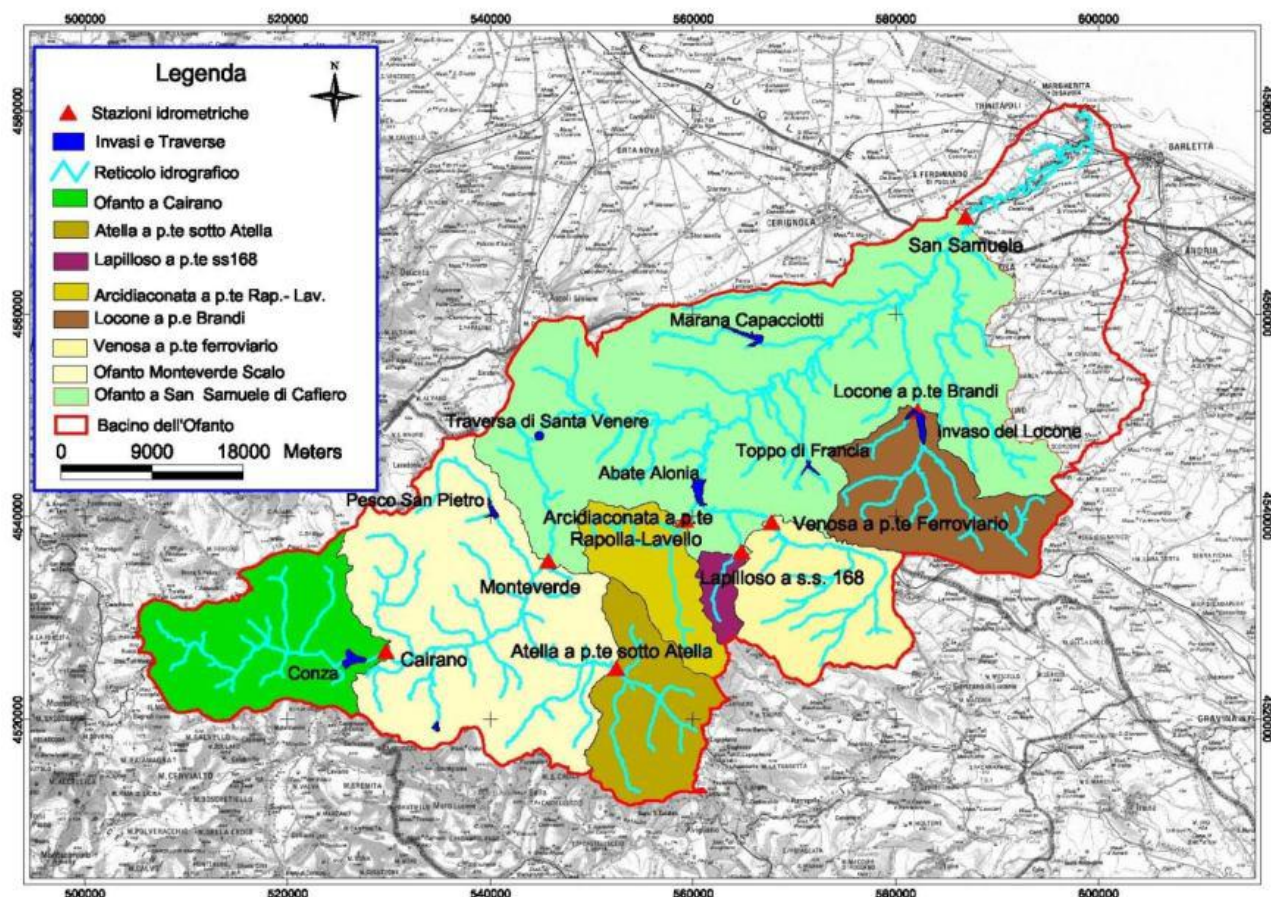


Figura 3.5.6 - Ubicazione delle stazioni idrometrografiche e degli impianti di derivazione e regolazione

Dall'analisi dei dati pluviometrici si evince che la piovosità media annua è di circa 400-600 mm. Le precipitazioni si concentrano per oltre il 60% nei mesi autunno-invernali. Il decorso medio delle precipitazioni nel ciclo annuo mostra in genere un solo massimo ben distinto, in novembre o dicembre, mentre il minimo è in luglio. La stagione estiva è caratterizzata da una generale aridità su tutto il territorio, succede tuttavia, che non siano infrequenti i brevi ed intensi rovesci estivi con punte 30-50 mm in pochi minuti.

4. ANALISI DEI DATI ESISTENTI E MODELLO CONCETTUALE PRELIMINARE

Nel presente capitolo si riportano, in sintesi, i dati provenienti dalle indagini eseguite in passato nell'area, al fine di definire il Modello Concettuale Preliminare del Sito.

A seguito di superamenti rilevati dalle analisi eseguite sulle acque di falda da parte delle ditte esercenti, ubicate nelle aree di Ex Cava, site in Contrada Tufarelle, dalle quali sono emersi superamenti rispetto ai limiti previste per le acque sotterranee dalla normativa vigente, sull'area si sono eseguiti gli studi ambientali di approfondimento che vengono riportati sinteticamente di seguito.

4.1 Caratterizzazione ambientale anno 2014

Nel corso dell'anno 2014 è stato eseguito uno studio di Caratterizzazione ambientale dell'area a cura della **società di ingegneria AD. ENG. S.r.l.** di cui si riporta una sintesi di seguito. Tale studio rappresenta una delle fasi per la "Caratterizzazione ambientale del comprensorio Località Tufarelle, ai sensi dell'All.2 Parte Quarta Titolo V del D. Lgs. 152/2006", approvato con Determina Dirigenziale della Regione Puglia - Servizio Ciclo dei Rifiuti e Bonifica **n.96 del 18/10/2012**. Il Comune di Canosa di Puglia ha poi preso atto di tale determina con Determinazione del Dirigente del Settore LL.PP. n.48 del 23/001/2013.

La **prima fase delle attività è stata svolta tra febbraio e maggio del 2014** e prevedeva:

- l'esecuzione di n.2 sondaggi a carotaggio continuo, spinti fino a - 5.00 m da p.c., con prelievo di n.4 campioni di terreno e n.4 campioni di gas interstiziale;
- campionamento di terreno superficiale (n.10 campioni di top soil);
- realizzazione di 1 piezometro (SP1) per il monitoraggio delle acque di falda, con misurazione del livello di falda, prova di permeabilità e prelievo di 1 campione d'acqua;
- prelievo di 17 campioni d'acqua di cui 11 da pozzi esistenti e 6 da acque superficiali, lungo il Torrente Locone;
- analisi chimico - fisiche eseguite sui campioni prelevate;
- campagna di monitoraggio della qualità dell'aria, tramite l'utilizzo di strumenti portatili per il rilevamento e la misurazione di alcuni parametri tipici sviluppabili dagli impianti presenti nell'area di studio e alcuni parametri tipici sviluppabili dagli impianti presenti nell'area di studio e alcuni parametri odorigeni (metano, anidride carbonica, idrogeno, acido solfidrico, ammoniacale, mercaptani, COV, polveri totali) per 6 misurazioni in punti significativi individuati nei pressi dei diversi impianti presenti nell'area di studio);
- campagna di monitoraggio per analisi rumore, mediante rilevamenti fonometrici effettuati sia in orari diurni che notturni.

La seconda fase delle attività è stata svolta nel mese di giugno 2014 e ha riguardato:

- la realizzazione del secondo piezometro previsto (SP2), con misurazione del livello di falda, l'esecuzione di una prova di permeabilità e il prelievo di 1 campione d'acqua;
- il monitoraggio delle acque superficiali e profonde mediante il prelievo di 6 campioni di acque superficiali, lungo il ramo del Torrente Locone e 12 campioni di acqua di falda (1 campione dal piezometro SP1 e 11 campioni dagli altri pozzi presenti nell'area di studio e individuati nella prima fase);
- le analisi chimico - fisiche relative ai campioni d'acqua prelevati.

La terza fase delle attività è stata svolta nel mese di settembre 2014 e ha riguardato:

- il monitoraggio delle acque superficiali e profonde mediante il prelievo di 6 campioni di acque superficiali lungo il ramo del Torrente Locone ricadente nell'area di studio e 12 campioni di acqua di falda (2 campioni dal piezometro SP1 e SP2bis e 10 campioni dagli altri pozzi presenti nell'area di studio e individuati nella prima fase); il numero dei campioni di acqua di falda prelevata dai pozzi risulta inferiore rispetto a quanto previsto poichè nella terza fase di campionamento non è stato possibile eseguire il monitoraggio sul pozzo denominato P011 per problemi tecnici;
- le analisi chimiche fisiche relative ai campioni di acqua prelevati;
- la restituzione dei dati relativi alla sonda multiparametrica installata nel piezometro SP1 per l'acquisizione in continuo (8/4/2014 - 24/09/2014) dei dati pH, potenziale redox, ossigeno disciolto, conducibilità elettrica e torbidità.

La quarta fase delle attività è stata eseguita nel mese di febbraio 2015 e ha riguardato:

- il monitoraggio delle acque superficiali e profonde mediante il prelievo di n.6 campioni di acque superficiali, lungo il ramo del Torrente Locone ricadente nell'area di studio e n.6 campioni di acqua di falda (n.2 campioni dal piezometro SP1 e SP2 e n.6 campioni dagli altri pozzi presenti nell'area di studio e individuati nella prima fase); il numero dei campioni di acqua di falda prelevata risulta inferiore rispetto al numero di pozzi individuati, in quanto nella quarta fase di campionamento non è stato possibile effettuare il monitoraggio sui pozzi P02, P03, P04, P09, P011 per problemi di funzionalità tecnica degli stessi.
- le analisi chimico - fisiche sui campioni d'acqua prelevati.

Durante le attività di indagine ambientale eseguite nel corso del 2015 sono state affidate dalla stazione appaltante le controanalisi sui campioni d'acqua al CNR IRSA, il quale ha effettuato il prelievo delle acque di falda in data 06/02/2015 e inviato in data 05/05/2015 la relazione di validazione, in cui si convalidano le analisi eseguite dal laboratorio C.P.G. Lab S.r.l. del R.T.I.

Risultati delle analisi eseguiti nel corso del 2014 e 2015

Dall'esecuzione delle indagini nel corso degli anni 2014 e 2015, descritte in precedenza, è emerso quanto riportato sinteticamente di seguito:

- dai campionamenti eseguiti sulla matrice "**aria**" non si è rilevato alcun superamento dei limiti previsti dalla normativa vigente. In particolare per i parametri "COV" ed "idrogeno" sono risultati molto bassi, tutti gli altri analiti sono risultati inferiori al valore limite di rilevabilità. Le concentrazioni relative al parametro "polveri totali" sono risultate inferiori a $100 \mu\text{m}/\text{m}^3$
- Le misurazioni effettuate sul **rumore** hanno rilevato valori inferiori a 70 dB(A) sia nelle misurazioni diurne, sia notturne in tutte e 3 le postazioni individuate.
- dai campionamenti eseguiti sulla matrice "**suolo**", sulla totalità dei campioni prelevati (n.10 campioni di Top soil e n.4 campioni di terreno prelevati nei primi 5 m di profondità) non sono rilevati superamenti delle CSC per i parametri analizzati.
- per quanto riguarda le misurazioni eseguite sulla matrice "acqua di falda", eseguiti con frequenza temporale di 3 mesi, per un'annualità, nel corso della quale sono stati prelevati in totale n. 45 campioni, si è rilevato il superamento delle CSC per i seguenti, tra i parametri analizzati:
 - ferro (n.24 superamenti)
 - manganese (n.4 superamenti)
 - nitriti (n.2 superamenti)
 - fluoruri (n.1 superamento)
 - antimonio (n.1 superamento)

Le risultanze emerse dal monitoraggio trimestrale della falda, eseguito nell'arco temporale di un anno sono riassunte di seguito:

Ferro: si è rilevato il superamento delle CSC in tutte le campagne; il superamento ha riguardato almeno una volta tutti i pozzi monitorati, compreso il piezometro di nuova realizzazione (SP2 bis), ad eccezione del piezometro SP1. I valori di concentrazione dell'inquinante, relativi alla prima campagna (primavera) risultano in media più elevati (superiore a $1000 \mu\text{g}/\text{l}$) rispetto alle successive campagne, i cui valori sono compresi tra i $206 \mu\text{g}/\text{l}$ e gli $800 \mu\text{g}/\text{l}$. In particolare

- nella prima campagna di monitoraggio (primavera) il superamento è stato rilevato per i campioni d'acqua prelevati dai seguenti pozzi: PO1, PO2, PO3, PO4, PO5, PO6, PO8;
- nella seconda campagna di monitoraggio (estate) il superamento è stato rilevato per i campioni d'acqua prelevati dai seguenti pozzi: PO1, PO3, PO5, PO9, SP2;
- nella terza campagna di monitoraggio (autunno) il superamento è stato rilevato per i campioni d'acqua prelevati dai seguenti pozzi: PO2, PO3, PO4, PO6, PO8, PO10, SP2;
- nella quarta campagna di monitoraggio (inverno) il superamento è stato rilevato nei campioni d'acqua prelevati dai seguenti pozzi: PO1, PO5, PO8, PO10, SP2.

Manganese: il superamento della CSC è stato rilevato in tutte le campagne nel pozzo PO6 in tutte e quattro le campagne, nel pozzo PO8 e nel piezometro SP2bis nella quarta campagna; il valore di superamento è quasi sempre intorno a $100 \mu\text{g}/\text{l}$.

Nitriti: il superamento di CSC è stato riscontrato per le acque di falda prelevate dal pozzo PO8 nella prima e nella terza campagna di monitoraggio.

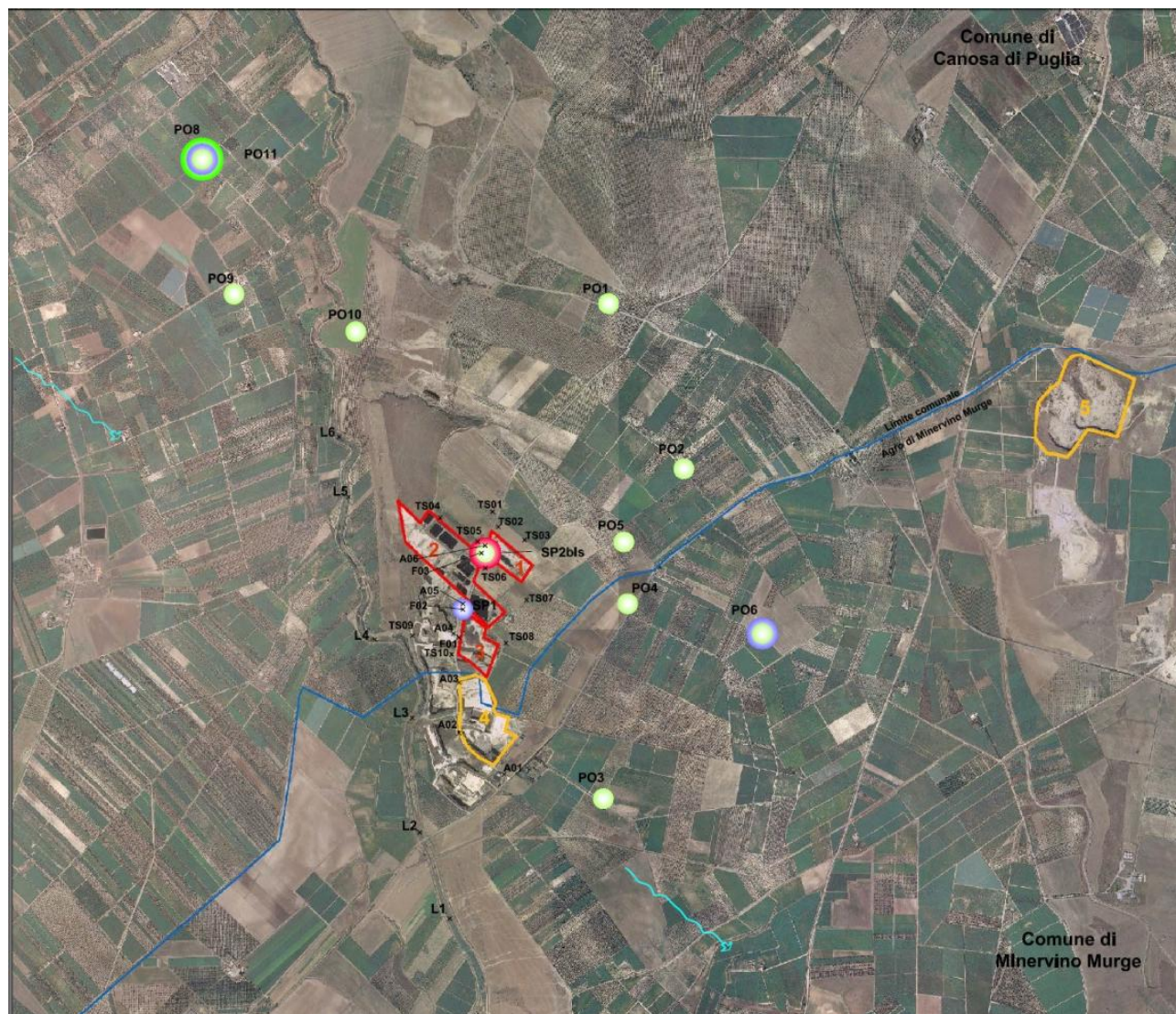
Antimonio: il superamento del valore di CSC è stato rilevato per il piezometro SP2bis nella seconda campagna di monitoraggio

Fluoruri: il superamento del valore di CSC è stato rilevato per un solo campioni di acqua prelevato dal pozzo P07 nella quarta campagna di monitoraggio.

Nel corso delle indagini sopracitate è stata eseguita una prova con tracciante finalizzata a definire il **deflusso delle acque sotterranee**, tramite la quale è stato individuato un deflusso alla quota di circa 120 m da p.c., secondo la **direttrice NW verso SE**.

Acque superficiali: le risultanze delle analisi eseguite sulle acque superficiali, prelevate lungo l'asta del Torrente Locone sono state confrontate con i valori di concentrazione indicati nell'allegato 1 alla parte III del D. Lgs. 152/2006, così come sostituito dall'Allegato 1 del D.M. n.260 del 2010 ("Regolamento recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali, per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n.152, recante norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del medesimo decreto legislativo"). I valori di alcuni parametri analizzati (sostanze nell'elenco delle priorità, individuate dalle "direttive figlie" della Direttiva 76/464/CE) sono stati confrontati con i valori di cui alla tabella 1/A e 1/B del D.M. n.260/2010 e non sono stati rilevati superamenti.

Si riporta in **Fig. n.4.1.1** l'ubicazione dei punti campionati e l'indicazione dei relativi superamenti.



LEGENDA	
Superamenti per acque di falda	
Parametri	Pozzi
Superamenti del parametro "Ferro"	PO1 - PO2 - PO3 - PO4 - PO5 - PO8 - PO9 - PO10 - SP2 bis
Superamenti parametro "Manganese"	PO6 - PO8 - SP1
Superamenti parametro "Nitriti"	PO8
Superamenti parametro "Fluoruri"	PO7
Superamenti parametro "Antimonio"	SP2bis
DATI	
n° complessivo di campioni prelevati durante le campagne di monitoraggio	45
n° complessivo superamenti parametro "ferro"	24
n° complessivo superamenti parametro "manganese"	4
n° complessivo superamenti parametro "nitriti"	2
n° complessivo superamenti parametro "fluoruri"	2
n° complessivo superamenti parametro "antimonio"	1
Direzione flusso di falda NW-SW	

Legenda	
1	Discarica esaurita di rifiuti non pericolosi Ditta Cobema (esistente)
2	Impianto di trattamento di rifiuti liquidi Ditta Solvic (esistente)
3	Discarica in attività di rifiuti non pericolosi Ditta Bleu (esistente)
4	Discarica di rifiuti non pericolosi Ditta Blue (in fase autorizzativa)
5	Piattaforma per il trattamento di rifiuti speciali non pericolosi Ditta Delta Petroli (in fase autorizzativa)
	Impianti esistenti
	Impianti in fase di autorizzazione
	Limite amministrativo
PO	Pozzi usati per il monitoraggio delle acque di falda
SP	Piezometri di nuova realizzazione
L	Punti di prelievo acqua Torrente Locone
TS	Top Soil
A	Punti di monitoraggio aria
F	Punti di monitoraggio fonometrico

Coordinate punti di monitoraggio			Sistema di riferimento WGS-84 Proiezione UTM 33N	
N°	Nome/Proprietario	Nome	E	N
	Com.IRR. "Cefalicchio"	PO1	583992,534	4557726,337
	Com.IRR. "Tufarelle"	PO2	584373,861	4556831,836
	Di Stasi G.	PO3	583945,821	4555068,912
	Di Stasi G.	PO4	584071,469	4556110,571
	Mariano M.	PO5	584050,382	4556444,551
	Com.Agricola Tufarelle	PO6	584784,105	4555943,591
	DI Barl F.	PO7	580568,335	4558178,123
	Com.IRR. "Fornovecchio"	PO8	581818,592	4558504,367
	DI Stasi N.	PO9	581990,248	4557779,705
	Caporale S.	PO10	582642,169	4557577,813
	Com.IRR. "Pantanelle"	PO11	582223,374	4558504,051
		SP01	583310,770	4556383,980
		SP02	583187,551	4556073,136
		L1	583100,808	4554459,574
		L2	582945,923	4554902,721
		TS05	583280,537	4556435,590
		TS06	583308,961	4556304,754
		TS07	583531,491	4556138,999
		TS08	583417,334	4555905,708
		TS09	582917,126	4555946,021
		TS10	583127,310	4555845,943
		A01	583407,833	4555203,394
		A02	583168,852	4555426,400
		A03	583168,203	4555691,409
		L3	582920,631	4555506,470
		L4	582711,510	455920,880
		L5	582575,634	4556686,461
		L6	582528,256	4557002,657
		TS01	583342,222	4556600,992
		TS02	583378,478	4556523,704
		TS03	583524,272	4556448,206
		TS04	583069,022	4556563,335
		TS05	583280,537	4556435,590
		A04	583159,958	4555942,479
		A05	583195,121	4556100,275
		A06	583312,395	4556412,046
		F01	583162,718	4555933,904
		F02	583190,236	4556081,919
		F03	583299,976	4556375,761

Figura 4.1.1 - Ubicazione dei punti di campionamento e dei superamenti rilevati nel corso delle indagini eseguite nel corso del 2014 e 2015

4.2 Validazione IRSA - CNR

Al fine di validare le indagini eseguite nell'area nel corso del 2014 e del 2015, l'Istituto di Ricerca sulle Acque del Consiglio Nazionale delle Ricerche ha effettuato le determinazioni di validazione delle analisi eseguite sui campioni di acqua e suolo.

Sono state, pertanto, eseguite le seguenti campagne:

- in data 06 aprile 2014 sono stati effettuati campionamenti riguardanti la matrice acque e la matrice suolo e in particolare:
 - 18 campioni della matrice acqua così suddivisi:
 - n.11 campioni da pozzi presenti nell'area;
 - n.6 campioni di acque superficiali prelevati lungo il corso del Torrente Locone;
 - n.1 campione di acqua sotterranea con monitoraggio piezometrico
 - 12 campioni di suolo di cui:
 - n.2 campioni di suolo con carotaggi a profondità 0 -1 m e 1.8 - 2.4 m
 - n.10 campioni di top soil
- in data 25 giugno 2014 sono stati effettuati campionamenti riguardanti la matrice acqua e in particolare
 - n.19 campioni della matrice acqua così suddivisi:
 - n.11 campioni da pozzi presenti nell'area
 - n.6 campioni di acque superficiali prelevati lungo il Torrente Locone
 - n.2 campioni d'acqua sotterranea con monitoraggio piezometrico
- al termine del mese di settembre 2014 sono stati effettuati campionamenti riguardanti la matrice acqua e in particolare:
 - n.18 campioni della matrice acqua così suddivisi:
 - n.10 campioni da pozzi presenti nell'area
 - n.6 campioni di acque superficiali prelevati lungo il Torrente Locone
 - n.2 campione di acqua sotterranea con monitoraggio piezometrico.

A tale campionamento si è allegata la documentazione relativa ad una sonda multiparametrica installata sul piezometro SP1.

- in data 06 febbraio 2015 sono stati effettuati campionamenti riguardanti la matrice acqua ed in particolare:
 - n.14 campioni della matrice acqua così suddivisi:
 - n.6 campioni da pozzi presenti nell'area
 - n.6 campioni di acque superficiali prelevati lungo il Torrente Locone
 - n.2 campioni di acqua sotterranea con monitoraggio piezometrico

Nelle prime tre campagne di monitoraggio le attività di campionamento e di conservazione sono state eseguite in presenza di un tecnico Arpa della sezione Barletta - Andria - Trani che non ha provveduto al prelievo dell'aliquota come contro campione, nella quarta campagna di campionamento e la conservazione del campione è avvenuta in piena autonomia della ditta con consegna di n.14 contro campioni di acqua ai rappresentanti del CNR - IRSA di Bari.

Successivamente sono stati inviati al CNR - IRSA i campioni relativi alla campagna di monitoraggio dei suoli effettuata nella prima campagna e i relativi campioni di acqua delle prime tre campagne.

Sulla base delle analisi eseguite e con l'applicazione del calcolo della "percentuale di discordanza" come da normativa, si è concluso quanto segue:

- dall'analisi del campione di acqua superficiale relativo al campionamento effettuato sul Torrente Locone, identificato dal punto "Torrente Locone 1" è risultato che tutti i parametri analizzati dal CNR. IRSA presentano un'accettabilità rispetto ai parametri analizzati dal laboratorio privato C.P.G. Lab s.r.l. sempre superiore al 90% sia per quanto concerne i metalli che per quanto attiene i composti organici.
- dall'analisi del campione di acqua sotterranea relativo al campionamento effettuato sul campione PO5 è risultato che tutti i parametri analizzati dal laboratorio privato C.P.G. Lab s.r.l. sempre superiore al 90% sia per quanto concerne i metalli che per quanto attiene i composti organici.
- dall'analisi del campione di acqua superficiale relativo al campionamento effettuato sul top soil n.5 identificato dal codice 14S002837 è risultato che tutti i parametri analizzati dal CNR-IRSA presentano un'accettabilità rispetto ai parametri analizzati dal laboratorio privato C.P.G. Lab s.r.l. sempre superiore al 90% sia per quanto concerne i metalli che per quanto attiene i composti organici.

Alla luce delle pregresse constatazioni è stato possibile convalidare le analisi eseguite dal laboratorio C.P.G. Lab s.r.l.

4.3 Approvazione delle indagini di caratterizzazione (2014 - 2015)

In data 18/02/2016 si è tenuta la Conferenza dei Servizi per l'approvazione delle indagini di caratterizzazione eseguite nel corso degli anni 2014 e 2015.

Da tale Conferenza dei Servizi è emerso quanto segue:

- La Regione Puglia afferma che "in mancanza della definizione dei valori di fondo per le acque sotterranee per i parametri Ferro e Manganese, **ricorrono le condizioni per l'avvio dei procedimenti tecnico - amministrativi richiamati agli artt. 242 e 244 del TUA**"
- La Regione Puglia chiede di **"completare la caratterizzazione nella parte posta ad ovest delle discariche"**
- La Provincia di BAT richiede ad ARPA di considerare i dati disponibili per **"valutare se le concentrazioni riscontrate nelle acque per Ferro e Manganese possano essere considerati valori di fondo ai sensi dell'art.240 c.1 - lettera b del TUA"**.
- Si evidenzia la necessità, per la successiva definizione del Modello Concettuale del Sito, di **"definire con certezza la direzione del flusso di falda"**, indicata ipoteticamente con direzione NW - SE.

4.4 Indagini eseguite nell'anno 2017

Al fine di rispondere alle richieste pervenute dalla Conferenza dei Servizi e completare le indagini di caratterizzazione nell'area, il Comune di Canosa di Puglia, con **D.D. n.966 del 02/09/2016**, ha incaricato la società **Ambiente sc**, ad eseguire il campionamento di n. 5 pozzi integrativi ubicati nell'area posta ad ovest della discarica.

In particolare la suddetta ditta è stata incaricata di quanto riportato di seguito:

- prelievo di n.5 campioni di acqua di falda da pozzi da individuare nell'area posta ad ovest delle discariche;
- analisi chimico - fisiche di laboratorio sui campioni d'acqua prelevati;
- indagine per la determinazione della direzione del flusso di falda dell'acquifero mediante l'utilizzo di traccianti;
- redazione di report finale.

In data 12 settembre 2017 sono state, pertanto, svolte le seguenti attività:

- prelievo di n.5 campioni di acqua da pozzi denominati P12, P14, P16, P17, P18
- rilievo freaticometrico effettuato sul piezometro denominato SP1

L'esito delle analisi chimiche effettuate sulle acque prelevate viene sintetizzato di seguito:

- **nei pozzi denominati P18 e P12 si è riscontrato il superamento dei limiti per il parametro Ferro**
- **nel pozzo denominato P12 si è riscontrato il superamento dei limiti per il parametro Manganese**

La soggiacenza della falda è stata rilevata, nel piezometro denominato SP1, è stata rilevata alla quota di -113.21 m da piano campagna.

A conclusione del suddetto studio, comparando i dati con quelli dello studio precedente, si riassume quanto riportato di seguito:

- i parametri su cui sono stati osservati superamenti delle CSC riscontrabili in tutte le campagne di monitoraggio sono Ferro e Manganese;
- sporadicamente sono stati riscontrati superamenti delle CSC dei parametri Nitriti, Fluoruri e Antimonio;
- i pozzi su cui sono stati riscontrati i superamenti sono distribuiti sia a valle che a monte nell'unica direzione di flusso della falda ad oggi conosciuta, che ha direttrice NW-SE (il dato deriva dal rilievo effettuato durante la campagna di monitoraggio e le indagini effettuate negli anni 2014 e 2015);
- a causa delle caratteristiche dei pozzi non è stato possibile effettuare una nuova prova per la determinazione definitiva della direzione del flusso di falda, che confermi quanto riscontrato nella precedente campagna di indagini.

Inoltre già nella "Relazione finale sulle attività eseguite nell'ambito della caratterizzazione ambientale del comprensorio Contrada Tufarelle" si ipotizzava il possibile legame esistente tra i superamenti di Ferro e Manganese con valori di fondo naturale della falda.

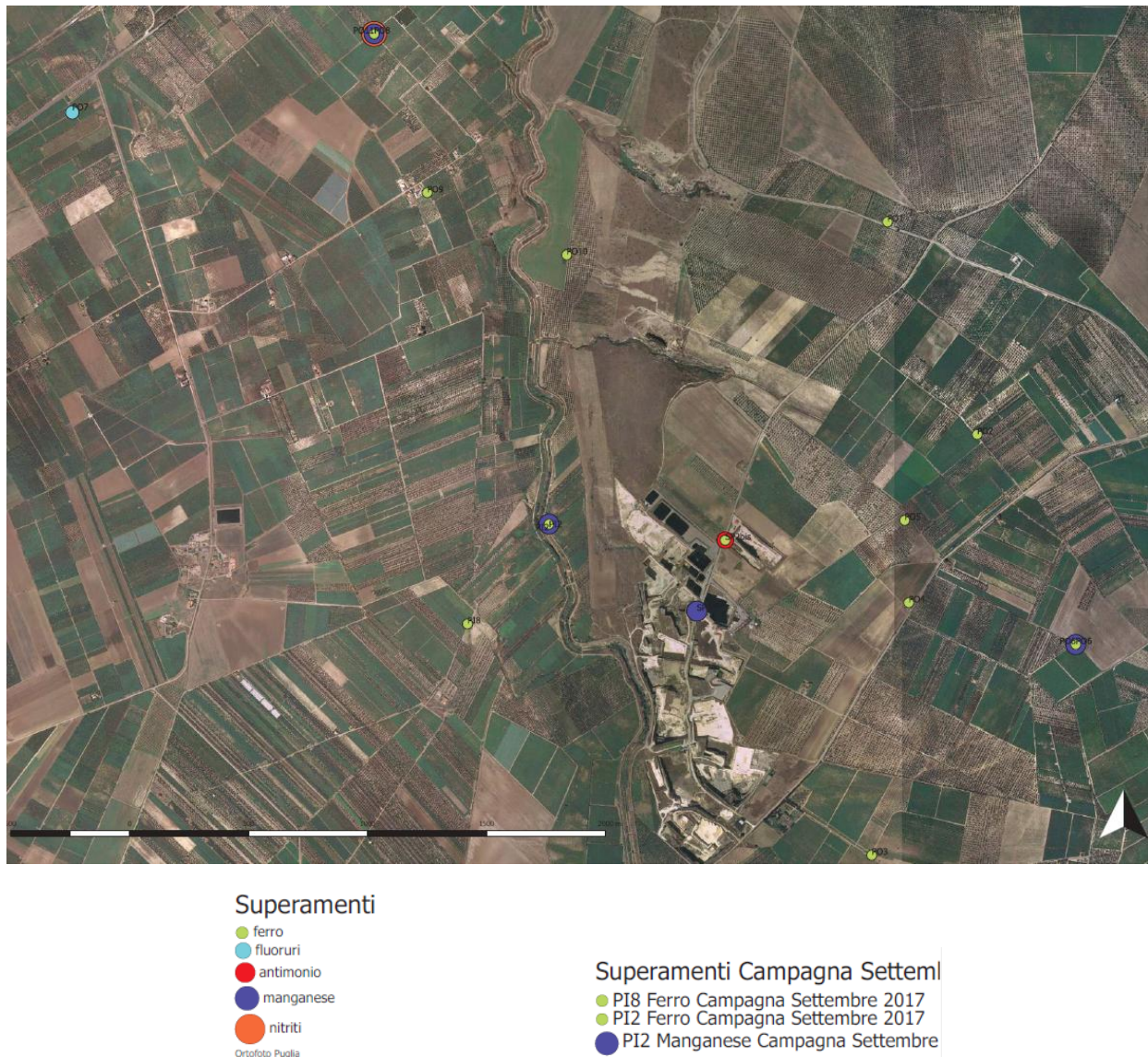


Figura 4.4.1 - Ubicazione dei punti di campionamento e dei superamenti rilevati nel corso delle indagini eseguite nel corso del 2017

4.5 Validazione delle indagini eseguite nel 2017 da parte di IRSA - CNR

Al fine di validare le indagini eseguite nel corso dell'anno 2017, l'Istituto di Ricerca sulle Acque del Consiglio Nazionale delle Ricerche ha effettuato la validazione delle analisi sui campioni d'acqua svolte dalla società Ambiente SC.

In data 12 settembre 2017 sono, pertanto, stati effettuati campionamenti riguardanti la matrice acqua di falda e in particolare, 5 campioni della matrice acqua da pozzi presenti nell'area, unitamente ai tecnici della società Ambiente SC.

Sulla base delle analisi eseguite e con l'applicazione del calcolo della "percentuale di discordanza" come da normativa è stato possibile stabilire che dall'analisi del campione di acqua sotterranea relativo al campionamento effettuato sul pozzo PI6 è risultato che tutti i parametri analizzati dal CNR-IRSA presentano un'accettabilità rispetto ai parametri analizzati dal laboratorio privato di Ambiente SC sempre superiore al 90%.

5 DEFINIZIONE DEL MODELLO CONCETTUALE PRELIMINARE DEL SITO

La costruzione del Modello Concettuale del Sito (MCS) costituisce la base di partenza per lo studio di un sito contaminato; esso viene elaborato, dapprima, in via preliminare e, a seguito della caratterizzazione ambientale del sito, in via definitiva. Il Modello Concettuale definitivo del sito rappresenta, poi, la base di partenza per la successiva elaborazione di un progetto di bonifica o per l'elaborazione dell'Analisi di Rischio sito-specifica.

Il modello concettuale del sito spiega l'origine, la distribuzione, il trasporto dei potenziali contaminanti e la loro interazione con i recettori e prende in considerazione i seguenti aspetti:

- assetto geologico, stratigrafico e idrogeologico
- individuazione delle sorgenti naturali
- individuazioni delle sorgenti antropiche
- individuazione dei fattori e/o processi che regolano la distribuzione spaziale dei parametri in esame.

Esso rappresenta, pertanto, la parte centrale dello studio ambientale, anche nel caso in cui la finalità sia la definizione dei valori di fondo.

L'elaborazione del Modello Concettuale è il frutto delle indagini e delle analisi di caratterizzazione eseguite in sito e la sua definizione comprende essenzialmente la ricostruzione dei caratteri delle tre componenti che caratterizzano un sito contaminato.



Devono quindi essere definiti:

- 1) le sorgenti di contaminazione;
- 2) le vie di migrazione;
- 3) i bersagli della contaminazione.

Il modello concettuale preliminare relativo al sito studiato può essere sinteticamente descritto come riportato di seguito:

- **Descrizione e contesto del sito:** l'area di studio è ubicata in corrispondenza di Contrada Tufarelle, al confine tra il Comune di Canosa di Puglia e il comune di Minervino, in una zona che è stata sede, in passato, di attività estrattiva, posta all'interno di un'area a prevalente uso agricolo.
- **Caratteristiche geologiche, idrogeologiche del sito:** le caratteristiche geologiche ed idrogeologiche del sito sono state descritte nel dettaglio nel paragrafo 3.
- **Caratteristiche delle aree sorgenti:** dalle indagini eseguite è stata individuata come probabile sorgente secondaria di contaminazione la falda profonda. I contaminanti rilevati

finora in corrispondenza di tale sorgente sono costituiti principalmente da Ferro e Manganese.

- **Ubicazione e tipologia dei recettori/bersagli:** i probabili bersagli della contaminazione sono costituiti dalle matrici ambientali costituite da falda, suolo e sottosuolo e secondariamente la risorsa agricola e l'uomo.
- **identificazione dei meccanismi di trasporto e dei percorsi di esposizione:** i meccanismi di trasporto ed esposizione per la sorgente individuata sono costituiti da lisciviazione e trasporto in falda.

Le indagini previste nel presente elaborato sono volte ad implementare il Modello Concettuale preliminare individuato con i lavori eseguiti in passato ed elaborare il Modello Concettuale Definitivo per l'elaborazione dell'Analisi di Rischio sito-specifica dell'area.

6 PIANO DI INVESTIGAZIONE INIZIALE

6.1 Obiettivi dell'investigazione iniziale

Ai fini della completa caratterizzazione geo-ambientale dell'area oggetto di studio, sono necessarie osservazioni dirette della matrice ambientale acque sotterranee. Lo scopo principale risulta essere quello di definire i valori di fondo per quanto riguarda i parametri **Ferro** e **Manganese**, per i quali sono stati rilevati, in passato superamento delle CSC.

6.2 Individuazione aree omogenee

Al fine di determinare i valori di fondo di un'area occorre innanzitutto definire delle **aree omogenee che costituiscono aree rappresentative per la stima del fondo**.

L'area in oggetto è stata suddivisa in due aree omogenee denominate come riportato di seguito:

- Area "Destra Locone"
- Area "Sinistra Locone"

La suddivisione è stata eseguita sulla base della posizione rispetto al Torrente Locone, che costituisce un elemento geomorfologico di separazione del territorio. Il limite nord è stato definito dalla posizione del Fiume Ofanto, mentre i limiti sud, est ed ovest sono stati delineati sulla base della posizione di elementi di origine antropica che caratterizzano il territorio (invaso, strade, confini amministrativi).

Si riporta nella figura seguente la delimitazione delle due aree omogenee individuate.



Figura 6.2.1 - Suddivisione dell'area in due zone omogenee

6.3 Analisi di campo

Per il completamento della caratterizzazione delle matrici ambientali della Contrada Tufarelle in Comune di Canosa di Puglia (BAT), ai fini della definizione dei valori di fondo geochimico, si propone quanto segue.

6.3.1 Caratterizzazione della falda acquifera

Al fine di comprendere meglio le caratteristiche locali dell'acquifero sotterraneo, determinarne l'effettivo andamento e monitorarne il chimismo si prevede la realizzazione di:

- **n. 20 sondaggi a distruzione di nucleo da piano campagna attuale a -150.00 m da p.c. attuale** da realizzare all'interno delle due aree omogenee così come definite in precedenza; si precisa che al fine di ottenere la significatività statistica del dato, occorrerà prelevare un numero minimo di 10 campioni per ogni area omogenea;
- i punti d'indagine saranno ubicati in modo sistematico, secondo una maglia regolare, in ognuna delle 2 aree, come riportato nella figura seguente;
- **installazione**, nei sondaggi a distruzione di nucleo, **di n. 20 piezometri** al fine di monitorare la qualità delle acque sotterranee;
- **misura della soggiacenza della falda acquifera sotterranea**, mediante freatimetro elettroacustico, per ogni piezometro realizzato;
- **ricostruzione stratigrafica dell'area oggetto di studio** utilizzando le stratigrafie di dettaglio, basata sui residui di perforazione (cuttings), dei piezometri in progetto e l'osservazione diretta delle pareti di cava;
- prelievo di n.1 campione di acqua da ogni piezometro al fine di sottoporlo ad idonee analisi di laboratorio di chimica al fine di eseguire una **caratterizzazione delle acque sotterranee ai sensi del D. Lgs. n. 152/2006 e s.m.i., Titolo V, Tabella 2, Allegato 5;**
- **rilievo topografico** e georeferenziazione dei punti di sondaggio **mediante strumentazione GPS**.
- monitoraggio trimestrale del chimismo e della soggiacenza della falda freatica nell'arco di un anno, per la durata di due anni.



Figura 6.3.2.1 - Ubicazione dei piezometri in progetto

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche e ambientali

Via C. Costa, 182 – 41100 Mo – Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5960176 – e-mail: info@geogroupmodena.it

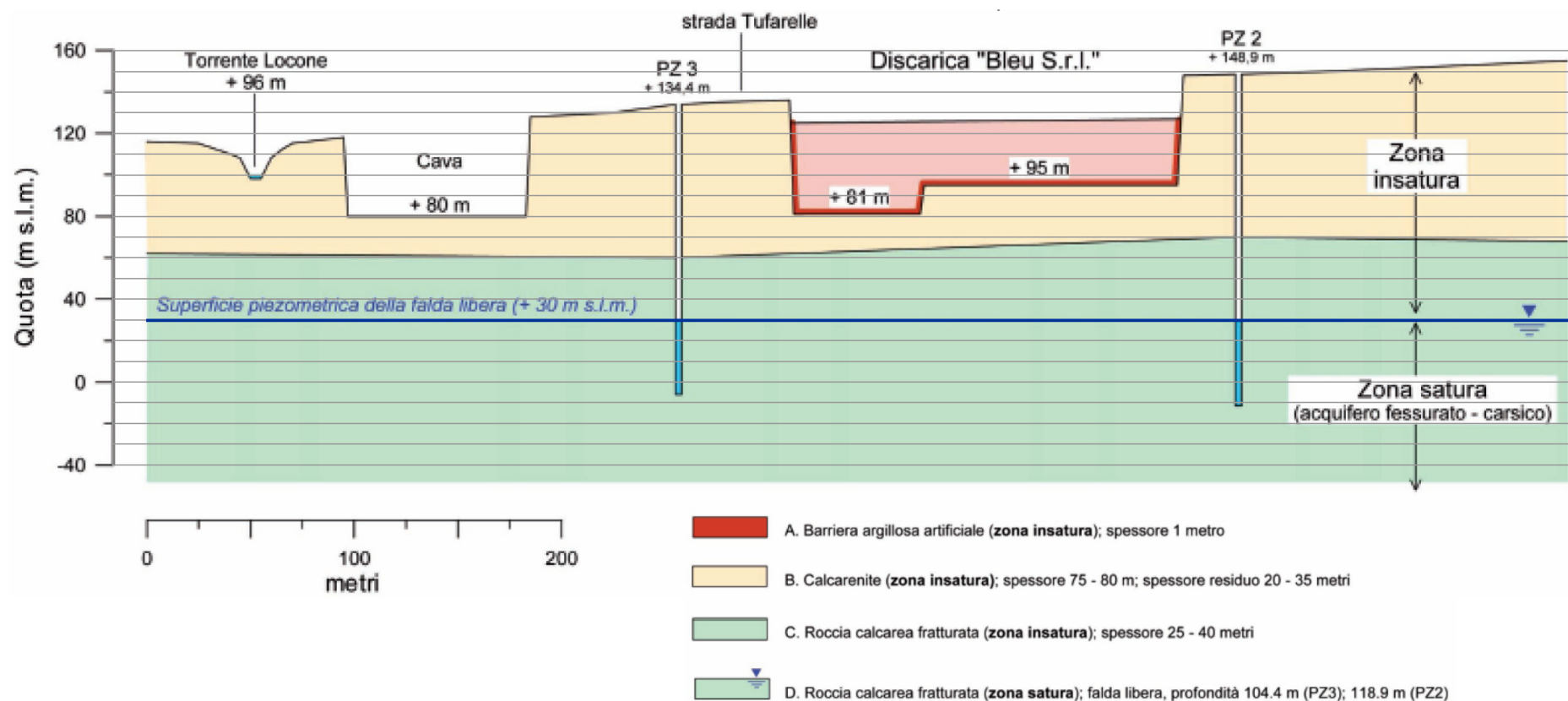


Figura 6.3.2.2 - Sezione tipo dell'area "Destra Locone"

I sondaggi saranno realizzati a distruzione di nucleo da piano campagna fino a alla profondità di **150.00 metri dal p.c.** ovvero fino ad intercettare la falda profonda (si veda **fig. 6.3.2.2**).

I materiali estratti da piano campagna a -150.0 m saranno raccolti in apposite cassette catalogatrici e sul coperchio di ciascuna cassetta saranno riportati i seguenti dati:

- Nome del sito;
- Nome del Sondaggio;
- Data di esecuzione del sondaggio;
- Intervallo della profondità investigata.

Durante la perforazione di ogni sondaggio verrà redatta la stratigrafia di dettaglio basata sui residui di perforazione (cuttings).

Verranno inoltre identificati e annotati gli eventuali differenti livelli idrici intercettati, in modo tale da ricostruire la circolazione idrica sotterranea locale.

Al termine delle operazioni di perforazione, all'interno del foro di sondaggio verrà messo in opera, dalla quota di inizio sondaggio (coincidente con il piano campagna) fino a fondo foro (- 150,00 m da p.c.), un **piezometro** semplice a tubo aperto (Norton), con le seguenti caratteristiche:

- materiale: PVC atossico,
- diametro interno: $\varnothing = 4''$ (corrispondente a 10,16 cm),
- cieco per i primi 80.00 m metri indicativamente (da p.c. a -80.00 m), in modo tale da avere il tratto cieco in corrispondenza delle Calcareni di Gravina e nei primi 10 m del sottostante Calcere di Bari,
- micro-fessurato (slot 0,4 mm) da -80,00 m a -150,00 m da p.c., in corrispondenza del Calcere di Bari.

Nel caso specifico si propone la realizzazione di n. **20 piezometri** utilizzando tubi in PVC da 4" con le seguenti caratteristiche:

Profondità	Diametro	Tratto cieco	Tratto micro-fessurato
- 150.00 m da p.c.	$\varnothing = 5''$	Da p.c. a -80.00 m da p.c.	Da -80.00 m a - 150.00 m da p.c.

L'intercapedine tra i tubi piezometrici e le pareti dei fori di sondaggio dovranno essere riempiti mediante la posa di:

- boiaccia cementizia miscelata con bentonite, in corrispondenza del tratto cieco;
- ghiaietto siliceo calibrato ($\varnothing = 3$ mm) in corrispondenza del tratto microfessurato.

Al termine delle operazioni sopradescritte, la sommità dei piezometri saranno chiusi mediante tappi filettati e il tutto sarà protetto mediante la realizzazione di uno scatolato in cemento fuori terra, di dimensioni 0.50X0.50 m e H = 0.5 m, con coperchio opportunamente lucchettato.

Il manufatto dovrà essere opportunamente segnalato.

Tali piezometri consentiranno di monitorare non solo le variazioni stagionali del livello piezometrico della falda acquifera sotterranea, ma anche lo stato di qualità della stessa, mediante il prelievo di campioni di acqua di falda.

Al termine dell'installazione dei piezometri sarà effettuata l'operazione di spurgo del tubo piezometrico mediante la rimozione di un volume d'acqua pari a 3-5 volte il volume del piezometro stesso.

6.3.1.1 Metodiche di campionamento delle acque sotterranee

Prima delle operazioni di spurgo, propedeutiche al campionamento, si dovrà procedere alla **misura del livello piezometrico**.

Il campionamento delle acque sotterranee dai piezometri verrà eseguito in **modalità "dinamica"** mediante l'utilizzo di un'apposita pompa sommersa dotata di una prevalenza di 150 m.

Il campionamento verrà eseguito previo **spurgo** prolungato sino all'ottenimento di acqua chiara e comunque prelevando da tre a cinque volte il volume d'acqua contenuto all'interno del piezometro stesso.

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 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.

Le acque derivanti dallo spurgo saranno stoccate in idoneo contenitore a tenuta ermetica e dovranno essere smaltite in idoneo impianto al termine del periodo di monitoraggio. Prima di procedere con lo spurgo del piezometro dovrà essere verificata la soggiacenza del livello statico della falda e la profondità del piezometro. Al termine delle operazioni di spurgo si potrà procedere con il prelievo del campione di acqua prelevando immediatamente n.2 vial da 40 ml da destinare alla ricerca dei composti volatili e successivamente si potrà riempire il contenitore da cui ricavare le diverse aliquote. Prima di iniziare il riempimento del recipiente o dei recipienti destinati a ciascun campione, questi devono essere "avvinati".

L'aliquota destinata all'analisi dei metalli dovrà essere opportunamente e rapidamente **filtrata in campo** con **filtro da 0.45 µm** e immediatamente acidificata con acido nitrico per la conservazione del campione.

Le diverse aliquote saranno riposte all'interno di vasetti di vetro oscurati o polietilene a seconda degli analiti da ricercare; ogni contenitore dovrà essere etichettato e classificato. Su ogni etichetta, dovrà essere riportata:

- identificazione del Sito di indagine;
- località (area o indirizzo);

- denominazione del punto di prelievo (pozzo/piezometro);
- data di prelievo del campione;
- La temperatura esterna di prelievo del campione (T° ambiente);
- firma del tecnico addetto al prelievo.

Dopo aver effettuato le operazioni di etichettatura i campioni devono essere sigillati.

I campioni dovranno essere trasportati in laboratorio in contenitori idonei che garantiscano la corretta conservazione, adottando opportuni accorgimenti che permettono di ridurre al minimo le possibili alterazioni, anche in funzione dei parametri da determinare. I campioni devono essere trasportati e conservati refrigerati alla temperatura di 4 °C sino all'arrivo in laboratorio chimico.

Contestualmente allo spurgo e al campionamento si dovrà procedere con la misura in campo, **lungo la colonna idrica**, delle **CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE** dell'acqua mediante l'utilizzo di sonde multiparametriche in grado di misurare:

- temperatura,
- pH,
- ossigeno disciolto,
- salinità,
- conducibilità elettrica,
- potenziale di ossidoriduzione.

Le fasi di campionamento devono essere accompagnate dalla raccolta di **campioni di "bianco"** (bianco di campo etc.) al fine di valutare l'accuratezza dei dati chimici prodotti (APAT, 2006).

Al termine delle operazioni di campionamento, ciascun campione dovrà essere **etichettato** e dovrà essere redatto il **VERBALE DI CAMPIONAMENTO** che dovrà contenere le seguenti informazioni minime:

- Generalità del/i rappresentante/i della Ditta/ parte;
- Operatore (esecutore del campionamento)
- Generalità del personale ARPA e dei rappresentanti di altri Enti/Forze dell'Ordine (se presenti);
- Data di campionamento
- Il sito di campionamento (Comune, località - area o indirizzo);
- Il punto di prelievo (pozzo/piezometro);
- Coordinate del punto di campionamento
- Quota b.p. (m s.l.m.)
- Quota piano campagna (m s.l.m.)
- Profondità del tratto filtrato (top e bottom)
- Livello dell'acqua da b.p. all'atto del campionamento
- Profondità di campionamento
- Stratigrafia

- Dati chimico-fisici all'atto del campionamento (T° , pH, Eh, conducibilità, ossigeno disciolto)
- Modalità di spurgo
- Pretrattamento (filtrazione, aggiunta di reagenti/conservanti)
- Modalità di conservazione del campione (contenitori utilizzati, temperatura di conservazione)
- Le finalità del campionamento;
- Le modalità del campionamento, di confezionamento delle aliquote;
- La temperatura esterna di prelievo del campione (T° ambiente).

Si sottolinea che in fase di esecuzione delle indagini qui descritte, verrà eseguito il rilievo topografico mediante strumentazione GPS, dei sondaggi eseguiti che verranno georeferenziati sui foto aeree.

6.3.1.2 Set analitico acque sotterranee

Preliminarmente ad ogni campionamento verrà misurato in campo il livello piezometrico, sia in termini relativi (metri da bocca pozzo o da piano campagna), sia assoluti (metri s.l.m.).

Ai fini della determinazione dei valori di fondo, gli analiti di interesse sono quelli riportati nella tabella n°6.3.1.2.1:

Parametro	UM
Ferro	$\mu\text{g/l}$
Manganese	$\mu\text{g/l}$

Tabella 6.3.1.2.1: Analiti di interesse per determinare i valori di fondo.

Oltre a tali analiti, al fine di valutare gli equilibri chimici al contorno, verranno valutati in campo i seguenti parametri:

- **temperatura,**
- **potenziale redox,**
- **conducibilità elettrica,**
- **salinità,**
- **pH,**
- **ossigeno disciolto.**

Al fine di individuare la facies idrochimica indotta dall'interazione acqua-roccia, i processi di mixing, e per verificare una complessiva qualità analitica del dato basata sul bilancio ionico, in laboratorio si procederà con la determinazione dei cationi e anioni principali, quali: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^- , NO_3^- , NH_4^+ e F^- .

Inoltre, sempre in laboratorio, al fine di individuare un eventuale impatto antropico, verranno valutati alcuni potenziali indicatori, quali: **nitriti, nitrati, COD e azoto ammoniacale**.

Per tutti gli analiti da determinare, dovranno essere utilizzati metodi di analisi ufficiali riconosciuti a livello nazionale e/o internazionale; tali metodi inoltre dovranno fare riferimento alle più avanzate tecniche di impiego generale.

Qualora prodotti da soggetti privati, i dati saranno validati dall'Ente di Controllo, sia per le attività di campo che di laboratorio.

7 ELABORAZIONE E INTERPRETAZIONE DEI DATI

Al termine delle attività di indagine in campo e di laboratorio, si procederà come riportato di seguito.

Al termine delle attività di indagine in campo e di laboratorio, verranno redatte, oltre alle documentazioni fotografiche delle attività eseguite, le seguenti restituzioni grafiche:

- stratigrafie dei sondaggi
- sezioni litologiche e idrostratigrafiche
- planimetrie con indicate le isopiezometriche
- planimetrie di isoconcentrazione dei valori di **Fe** e **Mn**

Eventualmente, se ritenuto utile ai fini interpretativi, si procederà con la restituzione grafica, in planimetria, delle isolinee di temperatura, pH, conducibilità e quant'altro ritenuto utile.

Per quanto riguarda l'analisi dettagliata dei dati, si procederà come riportato di seguito.

7.1 Analisi preliminare dei dati

Validazione (B3 in fig. 7.1)

Nella fase di analisi preliminare sarà valutata l'affidabilità delle procedure di campionamento, conservazione ed analisi del campione sulla base degli esiti di campioni replicati, o "ciechi", o di bianco di campo.

Un altro criterio consiste nel valutare il bilancio ionico condotto sulle specie ioniche maggiori (solitamente K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , NO_3^-): si ritiene accettabile uno scarto del bilanciamento ionico inferiore al 10%. I dati ritenuti poco affidabili sono eliminati dal DB.

Nel caso in cui le concentrazioni di alcuni parametri dovessero risultare inferiori al limite di quantificazione (LOQ) o al limite di rilevabilità (LOD) del metodo analitico con il quale sono stati analizzati, si ritiene opportuno associare alle osservazioni <LOQ o <LOD un valore di concentrazione pari rispettivamente a $\frac{1}{2}$ LOQ e $\frac{1}{2}$ LOD.

Individuazione delle facies idrochimiche (B4 in fig. 7.1)

Qualora un parametro (tra **Ferro** o **Manganese**) di cui si vuole determinare il valore di fondo mostri evidenti correlazioni con le caratteristiche chimico fisiche delle acque campionate, sarà opportuno suddividere le osservazioni inerenti quel parametro in dataset distinti da elaborare separatamente e all'interno dei quali dette caratteristiche siano sostanzialmente omogenee.

Pertanto, con particolare riferimento alla definizione dei VFN di elementi redox-sensibili (come nel nostro caso Mn, Fe) potranno essere distinti ed elaborati separatamente i dati afferenti a facies idrochimiche ossidanti da quelli afferenti a facies riducenti, riconosciute sulla base delle misure condotte in campo del potenziale redox e dell'ossigeno disciolto.

Analogamente possono essere separati set di dati ascrivibili a facies idrochimiche distinte, sulla base della chimismo principale: (K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , NO_3^- da rappresentare tramite diagrammi di Piper o similari), della salinità o altri parametri da valutare in base al modello concettuale.

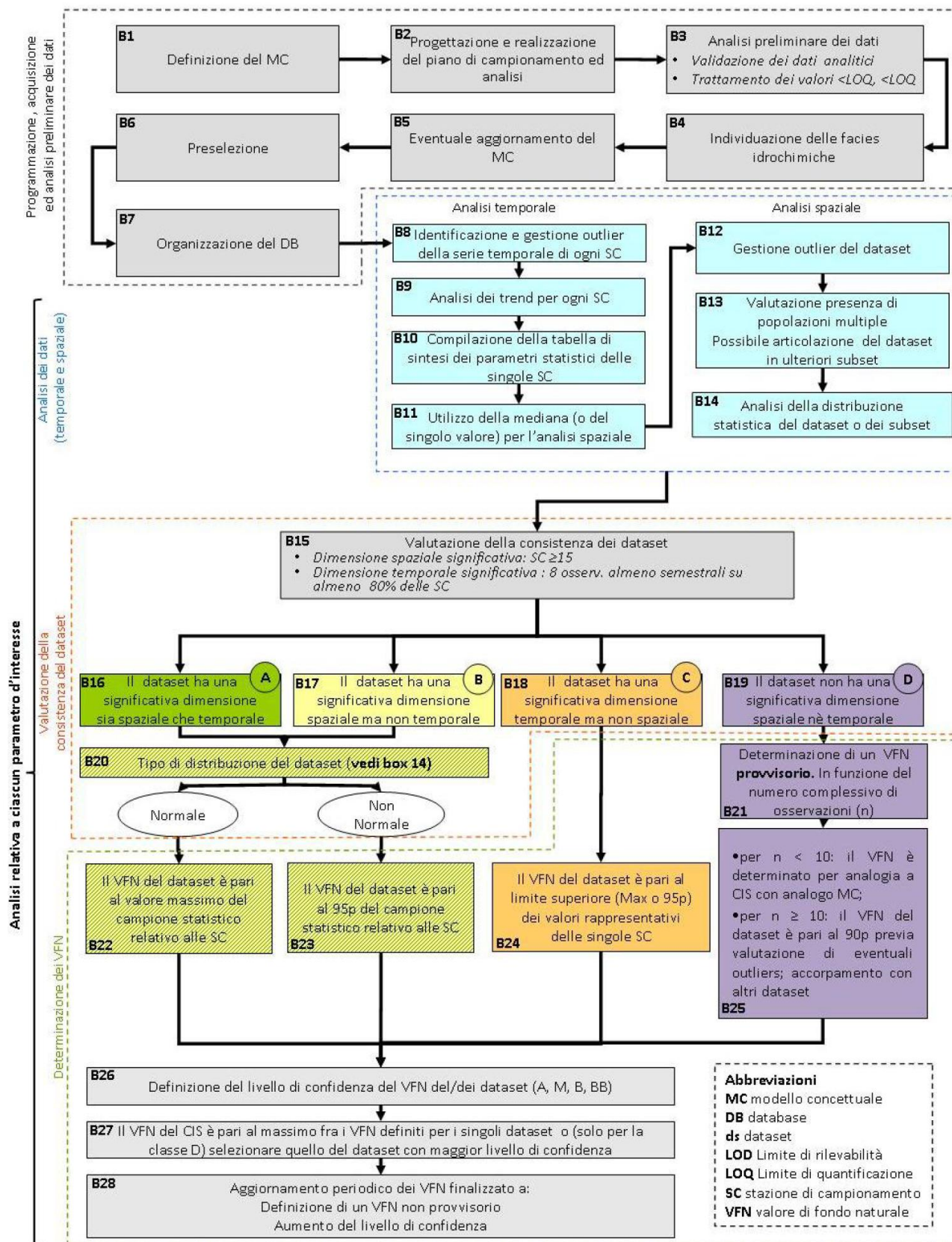


Figura 7.1. Procedura proposta per la determinazione dei valori di fondo

Eventuale aggiornamento del modello concettuale (B5 in fig. 7.1)

L'analisi preliminare dei dati, l'individuazione di eventuali facies idrochimiche che caratterizzano il corpo idrico sotterraneo, e le successive elaborazione dei dati anche su base statistica, potranno ulteriormente affinare le conoscenze sul sistema in esame con particolare riferimento ai fattori che presiedono alla distribuzione, nel tempo e nello spazio dei parametri di interesse.

In tale evenienze sarà opportuno procedere all'aggiornamento del modello concettuale.

Pre-selezione (B6 in fig. 7.1)

Attraverso la pre-selezione saranno scartati tutti quei punti che mostrano evidenze di impatto antropico, sia per la presenza di markers (nitrati/ammoniaca, sostanze di chiara origine antropica, sostanze che derivano da processi antropici che interessano il CIS in esame, composizione isotopica, ecc.) sia per la prossimità con possibili sorgenti di contaminazione.

La valutazione dell'opportunità di escludere i dati, sia perché non ritenuti rappresentativi del sistema in esame, sia perché ritenuti di scarsa qualità, sia perché potenzialmente affetti da significativi input antropogenici, sarà basata sui seguenti criteri:

- i campioni che mostrano concentrazioni di contaminanti organici, o comunque correlabili ad attività antropica, maggiori del 75% del valore soglia previsto dai riferimento vigenti (Tabella 3 "Valori soglia da considerare per la valutazione dello stato chimico delle acque sotterranee" Allegato 1 della parte III del TUA);
- i campioni prelevati in pozzi/piezometri per i quali non è possibile, con i dati a disposizione, verificare la coerenza con il modello concettuale.

In particolare si segnala la necessità di verificare, quali principale marker di contaminazione antropica, le concentrazioni anomale di *azoto nitrico o ammoniacale*.

In questo caso si consiglia di utilizzare i seguenti possibili valori soglia da selezionare a seconda delle peculiarità del CIS in esame (condizioni redox prevalentemente positive o negative):

- il livello di riferimento fissato nell'ambito del progetto BRIDGE, pari a **10,0 mg/L per i Nitrati** (espressi come NO_3^-) ed, in analogia, **0,1 mg/L per l'Ammoniaca** (espressa come NH_4^+);
- un limite massimo di **37,5 mg/L per i Nitrati** e **0,375 mg/L per l'Ammoniaca**, pari al 75% delle rispettive soglie per il consumo umano;
- una soglia locale individuata tramite opportune tecniche, quali ad esempio metodi grafici (istogrammi di frequenza, box plot, curve di frequenza cumulata e non), il cui valore, salvo casi specifici riconducibili a CIS con ambientazioni geochimiche peculiari, non potrà essere comunque superiore 75% delle rispettive soglie per il consumo umano.

Le difformità dai requisiti sopra enunciati, inclusa la possibilità di recuperare nel dataset i dati relativi a SC risultate affette da contaminazione antropica o difformi dal modello concettuale,

dovranno essere opportunamente documentate e verificate, anche mediante l'applicazione di opportuni strumenti statistici.

A fronte di un robusto modello concettuale che sostenga la totale o parziale origine naturale dei marker individuati potranno essere stabiliti nuovi livelli di riferimento sito specifici oppure potrà essere stabilita la non idoneità, nel caso specifico, del/i marker della contaminazione sopra riportati.

Organizzazione della banca dati (B7 in fig. 7.1)

La banca dati dovrà essere organizzata in modo tale da contenere le seguenti informazioni:

- *Anagrafica della stazione di campionamento*: coordinate, tipologia punto monitoraggio (pozzo per acqua, pozzetto di monitoraggio o piezometro, sorgente), ricostruzione stratigrafica, profondità del tratto filtrato;
- *Condizioni di campionamento*: profondità di campionamento, data di campionamento, metodo di campionamento, pretrattamento del campione (ad esempio, campione tal quale o filtrato a 0,45 μm , aggiunta di reagenti e/o di preservanti), conservazione e metodi di analisi per ciascun parametro;
- *Dati chimico-fisici*: temperatura, conducibilità elettrica, pH, Eh, ossigeno disciolto, torbidità. Tali parametri permettono di valutare gli equilibri chimici a cui possono partecipare gli analiti in esame e le loro eventuali variazioni caratterizzanti il corpo idrico (es. mobilitazione dei metalli pesanti): la torbidità, per esempio, può evidenziare, laddove non fosse esplicitamente riportato, le condizioni di campionamento (es. inadeguato spurgo del pozzo) e la presenza di solidi sospesi nel campione;
- *Parametri di interesse*: sono i composti inorganici per i quali si vogliono determinare i valori di fondo nelle acque sotterranee;
- *Composti indicatori di contaminazione antropica* (es. composti del ciclo dell'azoto, idrocarburi ecc.);
- *Facies idrochimica attribuita al campione*: è attribuita considerandole condizioni redox e/o il chimismo principale.

Rappresentazione dei dati idrochimici

I dati idrochimici verranno rappresentati graficamente in modo tale da:

- descrivere la qualità delle acque e comparare i diversi campioni per enfatizzare similitudini o differenze;
- identificare processi specifici cui è soggetta l'acqua nel suo processo evolutivo dalle aree di ricarica a quelle di recapito finale (es. miscelamento di acque con composizione differente, processi di dissoluzione/precipitazione della fase minerale ecc.);
- evidenziare rapidamente eventuali trend temporali (se il set di osservazioni è costituito da una serie storica) o spaziali (se il set di osservazioni interessa aree di vaste dimensioni).

Con riferimento al tema in esame, particolare attenzione merita l'individuazione e la rappresentazione della facies geochimica delle acque considerate (derivando il concetto dalla geologia, per facies geochimica si intende l'insieme delle caratteristiche geochimiche salienti).

Tale passo consente infatti di approfondire il modello concettuale, con particolare riferimento agli aspetti idrogeologici ed idrochimici. In sostanza si può verificare se i campioni considerati afferiscono tutti allo stesso "corpo idrochimico" oppure esistono dei trend evolutivi delle caratteristiche chimiche delle acque, in funzione dell'area di campionamento, oppure ancora se esistono delle porzioni di acquifero con caratteristiche specifiche legate a fenomeni locali (e.g. input di acque profonde, processi geotermali, ecc.).

La definizione della facies geochimica di un campione di acqua si basa sulla presenza e distribuzione dei componenti principali Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+ , SO_4^{-2} , Cl^- , HCO_3^- e subordinatamente CO_3^{-2} , F^- , NO_3^- .

Detti componenti derivano dall'interazione acqua-roccia ovvero dalla solubilizzazione di fasi minerali comuni nelle rocce crostali (sedimentarie, ignee e metamorfiche).

Le rappresentazioni più comunemente utilizzate per rappresentare la composizione delle acque di falda sono costituite dal **diagramma di Piper** e dai **diagrammi di Stiff o di Schoeller**, di seguito riportati (**Figura 7.2**).

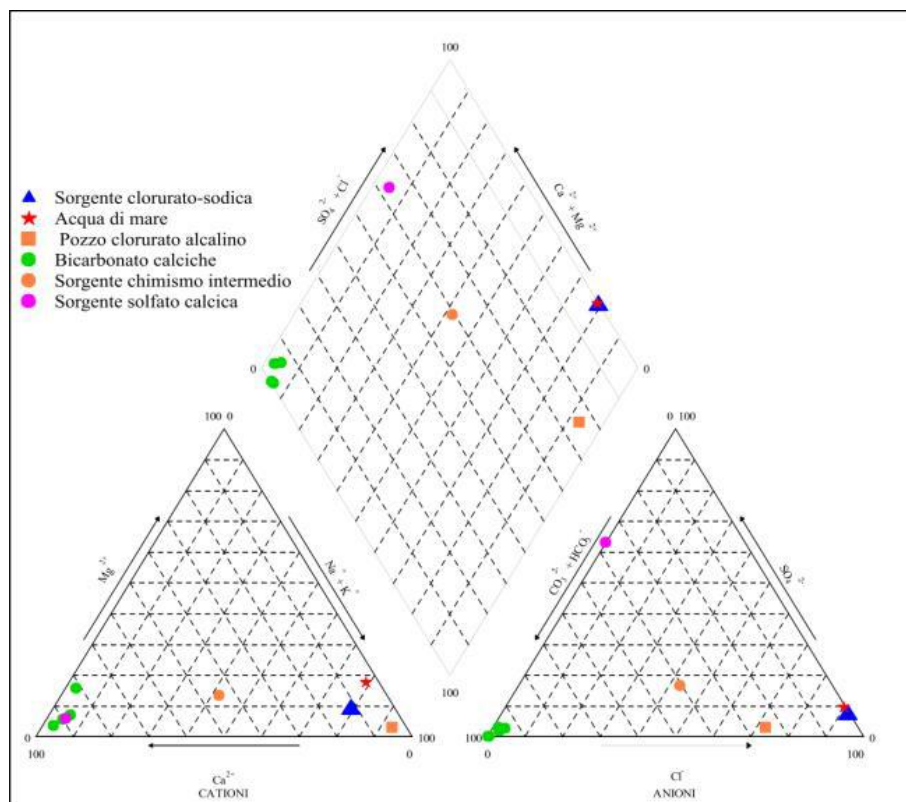


Diagramma di Piper. Nel diagramma di Piper i cationi e gli anioni sono rappresentati in diagrammi ternari separati. I vertici del diagramma dei cationi sono costituiti da Ca^{+2} , Mg^{+2} , e $\text{Na}^{++}\text{K}^{+}$; i vertici del diagramma degli anioni sono invece costituiti da $\text{SO}_4^{-2}+\text{Cl}^{-}$, $\text{CO}_3^{-2}+\text{HCO}_3^{-}$. I due diagrammi ternari sono quindi “proiettati” su un diagramma a forma di rombo in cui le “coordinate” del campione sono date rispettivamente dai rapporti $(\text{SO}_4^{-2}+\text{Cl}^{-})/\text{anioni totali}$ e $(\text{Na}^{++}\text{K}^{+})/\text{cationi totali}$, previa normalizzazione a 100 della somma degli anioni e della somma dei cationi.

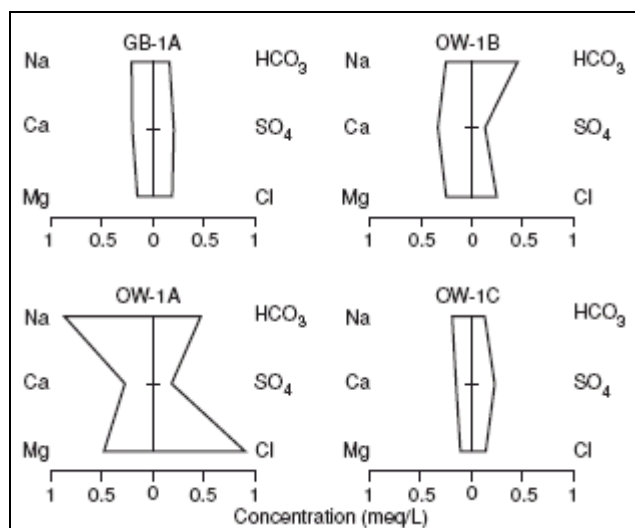


Diagramma di Stiff. In questo tipo di rappresentazione viene costruito un poligono, considerando degli assi orizzontali paralleli che intersecano un asse verticale di “0”. Su ogni asse orizzontale, sul lato sinistro viene riportato il valore dei singoli cationi, sul lato destro il valore degli anioni, espressi in meq/l dove i vertici sono costituiti. La forma risultante costituisce l’“impronta” chimica del campione di acqua.

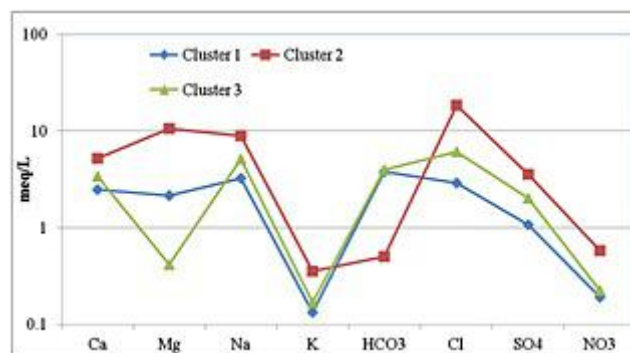


Diagramma di Schoeller. In questo tipo di rappresentazione i valori di concentrazione espressi come meq/l dei costituenti ionici principali sono riportati sull’asse delle ordinate, e il singolo campione di acqua è rappresentato da una linea spezzata che va a costituire il “profilo idrochimico” del campione

Fig. 7.2 - Rappresentazioni grafiche dei dati idrochimici

GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche e ambientali

Via C. Costa, 182 – 41100 Mo – Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5960176 – e-mail: info@geogroupmodena.it

7.2 Analisi preliminare dei dati

Per ogni parametro di interesse di cui si vuole determinare il valore di fondo, verrà analizzata la variabilità in termini temporali e spaziali.

Il procedimento ha anche lo scopo di individuare eventuali condizioni non riconducibili a condizioni naturali, oppure di evidenziare condizioni naturali anche molto diverse all'interno del CIS in esame che impattano sulla distribuzione spaziale del parametro considerato.

Questa fase comprende:

- l'analisi **temporale** dei dati
- l'analisi **spaziale** dei dati.

a) Analisi TEMPORALE dei dati

Con l'analisi temporale dei dati si intende stabilire, al netto di oscillazioni stagionali o comunque riconducibili a cause naturali, la stazionarietà/non stazionarietà dei valori osservati all'interno di ogni stazione di campionamento.

Il riscontro di condizioni di non stazionarietà (ovvero l'identificazione di trend non correlabili ad oscillazioni naturali) da un lato rende poco robusto qualsiasi trattamento dei dati, dall'altro potrebbe rendere conto di un sistema in non-equilibrio e potenzialmente soggetto ad alterazioni indotte da pressioni antropiche.

Le analisi delle serie temporali saranno condotte per ogni singola stazione di campionamento secondo le seguenti fasi:

1. Identificazione e gestione degli outlier (B8 e B12)

L'identificazione e la gestione di eventuali outlier è condotta sia per i dati temporali di una specifica stazione di campionamento, sia per l'analisi spaziale, cioè fra stazioni diverse.

2. Analisi dei trend (B9)

Questa analisi sarà condotta per tutte le stazioni di campionamento che mostrano una serie di almeno 8 osservazioni distribuite con frequenza regolare su almeno 2 anni.

Alcuni dei metodi più comunemente utilizzati per l'analisi dei trend comprendono:

- Diagrammi di serie temporali
- Regressione lineare
- test di Mann-Kendall e metodo di Theil-Sen per la stima della pendenza della linea di tendenza

In funzione dei risultati ottenuti, sono proposte le seguenti azioni.

ESITO	PROCEDURA PROPOSTA
L'analisi dei trend <u>non</u> evidenza, per la singola stazione di campionamento, <u>trend temporali significativi</u> nella finestra temporale osservata, ovvero essi sono riconducibili a variazioni stagionali o comunque a condizioni naturali	Per ogni stazione di campionamento, al netto di eventuali outlier per i quali è stata decisa l'eliminazione, saranno calcolati valori rappresentativi (tendenza centrale e limite superiore) in dipendenza della normalità o meno della distribuzione dei dati: - per distribuzioni normali: mediana e valore massimo; - per distribuzioni non normali: mediana e 95°percentile.
L'analisi dei trend evidenza, per la singola stazione di campionamento, <u>trend temporali significativi</u> nella finestra temporale osservata, non riconducibili a variazioni stagionali o comunque a condizioni naturali	Il parametro in esame in corrispondenza della stazione di campionamento è sospettato di essere soggetto a fattori di controllo non naturali. Si valuti, tenuto conto anche di ulteriori indizi l'opportunità di eliminare dalla valutazione dei VFN la SC. In alternativa si suggerisce individuare il valore rappresentativo per la SC limitando l'analisi ad eventuali intervalli stazionari di "basso" o di considerare un indicatore della tendenza centrale, (mediana).

3. Compilazione della Tabella di sintesi (B10)

Per ogni stazione di campionamento e per ogni parametro considerato, il dataset costituito dalla dimensione temporale (e.g. attività di monitoraggio) sarà sintetizzato in uno o più valori rappresentativi (es. mediana, 95p) che saranno utilizzati nelle fasi successive di trattamento dei dati e/o determinazione dei VFN.

Il valore rappresentativo della singola SC (stazione di campionamento) sarà inoltre utilizzato per le operazioni di classificazione dello stato chimico delle singole stazioni di campionamento ai sensi del D. lgs 30/2009.

In tal senso nella relazione che descrive la determinazione dei VFN sarà opportuno archiviare in una tabella riepilogativa (si veda tabella che segue) l'esito della procedura per ogni singolo corpo idrico sotterraneo e per ciascun parametro chimico di cui si è determinato il valore di fondo.

La tabella dovrà essere organizzata come di seguito riportato e dovrà contenere il dettaglio delle eventuali facies individuate per ciascun corpo idrico, le SC sottoposte alla procedura e i parametri statistici calcolati per la singola stazione.

Assumendo che le SC possano, per un dato parametro, mostrare un numero diverso di osservazioni, si è ritenuto opportuno considerare quale valore rappresentativo della SC e ai soli fini dell'analisi spaziale, la mediana (o eventualmente l'unica osservazione a disposizione).

Codice Corpo Idrico Sotterraneo		Parametro chimico			Valore di Fondo		Livello confidenza (A, M, B, BB)		Anno aggiornamento
IT18002345XX		Cromo esavalente			26		M		2017
Nome Corpo Idrico Sotterraneo		Periodo osservazioni	Numerosità campionaria n.	Minimo	Mediana	95° perc.	Massimo	Parametri preselezione e relativa soglia per ciascuna facies	
Facies Idrochimica	Stazione								
Facies A	Codice SC1	2000-2016	30	2	18.2	26.2	27	NO ₃ >10 mg/L Cloruri >1000 mg/L	
Facies A	Codice SC2	2003-2014	44	2	15.4	23.7	26		
Facies B						
...						
Facies Z	Codice SCN						

Tabella III. Esempio di Tabella riepilogativa per parametro chimico, per corpo idrico e per singola stazione di campionamento (SC)

b) Analisi SPAZIALE dei dati

Una volta completata l'analisi temporale per ogni parametro di interesse, le analisi spaziali o "interstazioni" condotte sui valori rappresentativi più opportuni (media o mediana a seconda della normalità o meno) avranno l'obiettivo di valutare la variabilità nello spazio del parametro stesso. Questo tipo di analisi potrà dare indicazioni circa l'opportunità di:

- suddividere il CIS in due o più sub-aree (evento che deve essere valutato anche in base al modello concettuale, all'eventuale presenza di due o più facies idrochimiche, all'evidenza di due o più popolazioni statistiche "parenti" del campione statistico);
- indagare ulteriormente (ed eventualmente escludere) i punti di osservazione che sulla base della distribuzione spaziale suggeriscano di essere riconducibili a fattori di controllo non attinenti al fondo (i.e. contaminazione puntuale, ma anche hot spots dovuti ad anomalie geochemiche o ad altre cause di origine naturale).

L'analisi spaziale sarà condotta sui valori rappresentativi delle SC, definiti al Box B11 secondo le seguenti fasi:

1. Individuazione e gestione degli outlier (Box B12)

I metodi per il riconoscimento dei potenziali outlier statistici all'interno del campione rappresentativo della

distribuzione spaziale del parametro e le modalità gestionali degli stessi sono descritti nella sezione 4.1.2

(Box A10) e nell'Allegato B.

2. Individuazione di popolazioni multiple (Box B13)

All'interno di uno stesso CIS possono insistere diversi fenomeni, sia naturali che antropici, che incidendo su una data variabile, sono causa di una distribuzione complessa derivata dalla "sovrapposizione" di due o più popolazioni con diverse caratteristiche statistiche (es. media, deviazione standard, tipo di distribuzione).

Lo scopo di questa fase di analisi è quello di verificare se dal campione statistico sono "separabili" due o più subset di osservazioni che possano essere considerati rappresentativi di altrettante popolazioni a loro volta geneticamente legate a fenomeni o processi di controllo agenti sul CIS indagato.

Gli strumenti comunemente utilizzati comprenderanno metodi grafici (curve di frequenza cumulata e non) sulla base dei quali procedere eventualmente con la partizione delle popolazioni individuate (es. metodo di Sinclair), metodi statistici.

3. Analisi della distribuzione statistica dei dati (Box 14)

Una volta individuato il set o il "subset" di osservazioni considerato rappresentativo della popolazione di valori legata ad un determinato contributo/fenomeno, è opportuno, qualora possibile, individuare una funzione di probabilità che approssimi meglio l'insieme dei dati disponibili (es. gaussiana, log-normale).

L'individuazione del tipo di distribuzione che meglio approssima il campione di dati serve a definire i descrittori statistici più appropriati per calcolare il valore del fondo. Questa operazione è comunemente condotta applicando opportuni test (Shapiro e Wilk, D'Agostino, Lilliefors) spesso condotti automaticamente da molti software dedicati (es. ProUCL 5.0 e seguenti, EPA).

Valutazione della consistenza del dataset (15-19)

Coerentemente con i principi riportati nell'art. 1 del DM 6 luglio 2016, la determinazione dei VFN dovrà tenere conto della variabilità spaziale (laterale e verticale) e temporale (monitoraggi) delle caratteristiche idrochimiche dei CIS.

Detta determinazione sarà condotta anche nei casi in cui i dati di monitoraggio siano limitati o insufficienti.

Al fine di distinguere differenti livelli di "copertura" spaziale e temporale dei dati a disposizione per un determinato CIS, da cui dipende anche il livello di affidabilità del VFN determinato, concluse le elaborazioni descritte nelle sezioni precedenti, per effetto delle possibili esclusioni e/o separazioni in diverse popolazioni si procederà alla valutazione definitiva della consistenza dei singoli datasets.

Si individuano 4 casi:

- **CASO A:** Numerosità campionaria adeguata a descrivere la variabilità nel tempo e nello spazio del parametro/i nelle acque del dataset in esame (16)
- **CASO B** Numerosità campionaria adeguata a descrivere la variabilità nello spazio del parametro/i nelle acque del dataset in esame, ma non nel tempo (17)

- **CASO C** Numerosità campionaria adeguata a descrivere la variabilità nel tempo del parametro/i nelle acque del dataset in esame, ma non nello spazio (18)
- **CASO D** Numerosità campionaria inadeguata a descrivere la variabilità nel tempo e nello spazio del parametro/i nelle acque del dataset in esame (19)

Per numerosità campionaria adeguata a descrivere, da un punto di vista meramente statistico, la variabilità nello spazio del sistema in esame, si intende un minimo di 15 stazioni di campionamento distribuite in modo adeguato ($N \geq 15$).

Per numerosità campionaria adeguata a descrivere, da un punto di vista meramente statistico, la variabilità nel tempo del sistema in esame, si intende un minimo di 8 osservazioni distribuite con frequenza regolare su almeno 2 anni per ciascuna stazione, su almeno l'80% delle stazioni ($n \geq 8$, dove i è la i -esima stazione).

L'individuazione di questi casi incide in maniera significativa nell'attribuzione del livello di significatività al VFN determinato, anche in funzione delle caratteristiche (es. dimensioni) del CIS in esame.

Determinazione dei valori di fondo naturale

La determinazione dei VFN del CIS è effettuata in due fasi:

- la determinazione dei VFN afferenti a specifici dataset in cui sono stati suddivisi i dati relativi al CIS esaminato. A tali VFN è anche associato un livello di confidenza;
- la selezione del VFN di un dataset come rappresentativo dell'intero CIS;

Come descritto nelle sezioni precedenti, i dati afferenti al CIS in esame potranno essere suddivisi in due o più dataset, in funzione delle facies idrochimiche individuate e/o di più popolazioni individuate con metodi statistici o grafici. Questi dataset rappresentano gruppi di osservazioni che, in riferimento al parametro in esame, sono considerati appartenenti ad una singola popolazione per la quale può essere determinato un VFN.

A seconda della classe di appartenenza del dataset i relativi VFN saranno determinati come descritto di seguito.

Determinazione dei VNF per i dataset ricadenti nei casi A e B (B22 e B23).

Questi tipi di dataset mostrano entrambi una adeguata dimensione spaziale. Il caso A, a differenza del B, mostra anche una adeguata copertura temporale. Ai fini della computazione dei VFN afferenti ai dataset non c'è una sostanziale differenza fra i tipi A e B, differenza che si rifletterà solo in un maggior livello di confidenza da attribuire ai VFN determinati per il tipo A (Tabella IV).

I tipi A e B sono costituiti dai N SC (con $N \geq 15$).

Per ognuna delle N SC il valore rappresentativo è dato dalla tendenza centrale (mediana o, nei casi limite, dal singolo valore disponibile per la SC) delle n osservazioni temporali relative alla singola stazione di campionamento.

Il VFN del dataset è dato:

- dal valore massimo degli N valori rappresentativi di ciascuna SC, nel caso che gli N valori mostrino una distribuzione normale;
- dal 95p degli N valori rappresentativi delle SC, nel caso che gli N valori mostrino una distribuzione non normale (parametrica o non parametrica).

Determinazione dei VNF per i dataset ricadenti nel caso C (B24)

Questo tipo di dataset mostra una adeguata dimensione temporale ma una scarsa copertura spaziale. In questo caso, l'insieme dei valori rappresentativi delle SC sarà limitato alle sole stazioni con serie temporale adeguata ($n \geq 8$) che comunque costituisce almeno l'80% dell'insieme totale (dove il numero N di SC del dataset risulterà $1 \leq N < 15$)

Per ogni SC viene considerato:

- il valore massimo delle n osservazioni, se esse mostrano una distribuzione normale;
- il 95p delle n osservazioni, se esse mostrano una distribuzione non normale.

Il VFN del dataset è dato dal valore massimo dei valori rappresentativi delle SC afferenti il dataset.

Determinazione dei VNF per i dataset ricadenti nel caso D (B21-B25)

Quando i dati non hanno una dimensione significativa né nel tempo né nello spazio (Caso D), il *DM 6 luglio 2016* prevede che debbano essere raccolti ulteriori dati e informazioni e che nel contempo si debba procedere ad una **stima** dei valori di fondo, mediante un approccio semplificato o, se del caso, *"basandosi su risultati statistici di riferimento per il medesimo tipo di falda acquifera in altri settori per cui sussistono dati di monitoraggio sufficienti"*.

In tali condizioni, per i dataset che non garantiscono una adeguata numerosità campionaria (sia in senso spaziale che temporale) sarà determinato un **VFN provvisorio**.

$$O_{tot} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^n O_{i,j}$$

Dato il numero di osservazioni totali disponibili:

dove $O_{i,j}$ è la j-esima osservazione presa nell'i-esima stazione di campionamento:

Se $O_{tot} \geq 10$:

- 90 percentile dell'insieme delle osservazioni disponibili O_{tot} derivate dal monitoraggio delle N SC che costituiscono il dataset (cioè includendo le dimensioni temporale e spaziale e previa valutazione degli outlier)
- valutare l'opportunità di riunire l'esiguo dataset con altri dataset/CIS analoghi (caratterizzati da condizioni analoghe in termini di facies geochimica, contesto idrogeologico, pressioni antropiche)

Se $O_{tot} < 10$:

- per analogia con altri CIS o porzioni di CIS (caratterizzati da condizioni analoghe in termini di facies geochimica, contesto idrogeologico, pressioni antropiche).

Definizione dei livelli di confidenza (B26)

Il **DM 6 luglio 2016** stabilisce che la determinazione dei VFN:

- i) “debba tenere conto del fatto che condizioni di flusso e la chimica delle acque sotterranee presentano variazioni a livello laterale e verticale”;
- ii) i VFN dovranno essere determinati anche “in caso di dati di monitoraggio limitati”;
- iii) i VFN dovranno essere determinati anche “in caso di dati di monitoraggio insufficienti”.

Coerentemente a tali indicazioni sarà ritenuto opportuno associare al VFN determinato per un CIS, o a un dataset afferente ad una porzione di CIS, anche un indice (livello di confidenza) delle dimensioni del campione statistico su cui è stata basata la determinazione del VFN anche in relazione alle caratteristiche dimensionali e tipologiche del CIS o porzione di CIS (Tabella IV).

TIPO	N. totale osservazioni	N. totale SC	Estensione CIS/ porzione di CIS rappresentata dal dataset (km ²) / Tipologia acquifero							
			<10		10-70		70-700		>700	
			Libero	Confinato	Libero	Confinato	Libero	Confinato	Libero	Confinato
A		15-25	A	A	A	A	M	A	M	A
		>25	A	A	A	A	A	A	A	A
B		15-25	M	A	M	A	B	M	B	M
		>25	A	A	A	A	M	A	M	M
C	≤ 15		M	M	B	M	BB	B	BB	BB
	16-30		M	A	M	M	B	M	BB	B
	> 30		A	A	M	A	M	A	M	M
D	<10		B	B	BB	BB	BB	BB	BB	BB
	≥ 10		B	B	B	B	BB	B	BB	BB

Tabella IV. Livello di confidenza. Il livello di confidenza attribuito ad un VFN tiene conto delle caratteristiche del data set (tipo A, B, C, D,) del numero di totale di osservazioni e di SC, anche in riferimento all'estensione del CIS o della porzione di CIS rappresentata dal dataset sul quale è stato determinato il VFN e alla tipologia di acquifero (libero, confinato)

Il livello di confidenza “tabellato” potrà essere modificato a seguito di informazioni /indagini complementari che comportano una maggiore robustezza.

Ad esempio l'applicazione della modellazione geochimica dell'interazione acqua roccia che conferma i risultati dell'analisi statistica, o indagini isotopiche possono comportare l'incremento di una classe (es. da B a M).

Determinazione dei VNF del corpo idrico sotterraneo (B27)

Qualora i dati afferenti ad un CIS siano organizzati in un unico data set, è evidente che il VFN determinato per quel dataset coinciderà anche con il VFN del CIS.

Tuttavia, in base al percorso sopradescritto, può risultare che la distribuzione di un dato parametro in un singolo CIS risulti descritta da uno o più dataset. Ordinariamente, il VFN per il CIS sarà dato dal valore massimo dei VFN definiti per i singoli dataset riconosciuti all'interno del CIS. Con riferimento ai soli dataset di tipo "D" sarà selezionato il dataset con maggior livello di confidenza.

In ogni caso il VFN per un dato parametro andrà espresso con la stessa unità di misura e arrotondato con il medesimo numero di decimali del relativo valore soglia indicato nel TUA.

Aggiornamento dei VFN (B28)

La definizione dei livelli di confidenza, oltre che dare indicazioni sulla robustezza dei VFN determinati permette di evidenziare i CIS o le porzioni di essi (es. caratterizzati da livelli di confidenza B o BB) che richiedono un ampliamento delle osservazioni disponibili, in termini spaziali (i.e. individuazione di SC) e/o temporali (i.e. incremento dell'azione di monitoraggio). L'aggiornamento dei VFN interesserà in via prioritaria le situazioni in cui è stato definito un VFN provvisorio. In linea più generale i VFN dei CIS saranno aggiornati avendo un obiettivo finale di conseguire almeno un livello di confidenza M, conseguibile ordinariamente in pochi anni di monitoraggio su base stagionale.

7.3 Cronoprogramma delle attività investigative

Si riporta di seguito una tabella riassuntiva delle tempistiche delle attività elencate in tale documento:

Attività		Tempistica prevista																							
anno		2021											2022												
mesi		5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
1	Esecuzione sondaggi a distruzione di nucleo e installazione piezometri																								
2	Spurgo piezometri e campionamento falda																								
3	Analisi di laboratorio di chimica																								
4	Elaborazione dati e redazione relazione finale																								

Attività		Tempistica prevista											
anno		2023											
mesi		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Esecuzione sondaggi a distruzione di nucleo e installazione piezometri												
2	Spurgo piezometri e campionamento falda												
3	Analisi di laboratorio di chimica												
4	Elaborazione dati e redazione relazione finale												

Si sottolinea che tali tempistiche potranno subire variazioni sulla base delle tempistiche che effettivamente si verranno a creare in fase di esecuzione delle attività e sulla base delle condizioni meteorologiche nell'area oggetto di indagine in occasione dell'esecuzione delle indagini.

A disposizione per ulteriori chiarimenti, si coglie l'occasione per porgere distinti saluti.

Modena 10 Dicembre 2020

GEO GROUP SRL

Gruppo di lavoro:

dott.ssa Arianna Casarini

dott.ssa Sonia Giovannini

dott.ssa Nunzia Castronuovo

Dott. Geol. Pier Luigi Dallari



GEO GROUP s.r.l.

Indagini geologiche, geofisiche e ambientali - Consulenze geologiche e geotecniche e ambientali

Via C. Costa, 182 – 41100 Mo – Tel. 059/3967169 – Fax. 059/5960176 – e-mail: info@geogroupmodena.it