



**Regione Abruzzo  
Provincia di L'Aquila  
Comune di Aielli**



**Oggetto:**

**RELAZIONE GEOLOGICA ALLEGATA AL PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE E GESTIONE DI UN IMPIANTO DI MESSA IN RISERVA R13 E RECUPERO R5 DI ROTTAMI METALLICI SITO NEL COMUNE DI AIELLI ED IDENTIFICATO CATASTALMENTE AL FOGLIO 22 PARTICELLE 719-456-457-458**

*Dott.  
Geologo*  
**Luca  
Rubeis**

*Committente:*  
**COMETAL  
s.r.l.**

*Indirizzo:*  
**VIA  
TIBURTINA  
VAALERIA  
KM 129, SNC  
AIELLI (AQ)**



**RELAZIONE GEOLOGICA E DI CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA**

SEDE:  
**Sant'Anatolia di  
Borghose (RI)**

DATA DI EMISSIONE:  
**22/09/2020**

CLASSE D'USO DELLA STRUTTURA

COORDINATE ED50:

**Lat: 42,057378**

**Lon: 13,579207**

TIMBRO E FIRMA:

IL PROGETTISTA:

FIRMA DIGITALE:

Questo documento è proprietà di Rubeis Luca. A termine di legge si riserva la proibizione di riprodurlo o trasferirlo a terzi senza l'autorizzazione scritta.



**GEOL. RUBEIS LUCA**

**Dott. Geol. Luca Rubeis**  
Via Equicola Comunale, 75 - 02021 Sant'Anatolia,  
Borghose (RI)  
Tel. 349 77 41 239  
e-mail: [rubeis.luca@gmail.com](mailto:rubeis.luca@gmail.com)  
P.e.c.: [luca.rubeis@pec.geologilazio.it](mailto:luca.rubeis@pec.geologilazio.it) P.I.:  
01143070579

## INDICE

1	<b>Premessa</b>	<b>Pag. 3</b>
2	<b>Normativa di riferimento</b>	<b>Pag. 5</b>
3	<b>Inquadramento geografico</b>	<b>Pag. 5</b>
4	<b>Assetto Geologico Geomorfologico e Idrogeologico</b> <b>4.1 PAI Piano d'assetto idrogeologico e Vincolo Idrogeologico</b>	<b>Pag. 8</b> <b>Pag.13</b>
5	<b>Prova di permeabilità</b>	<b>Pag. 15</b>
6	<b>Valutazione della vulnerabilità dell'acquifero con metodo G.O.D.</b> <b>6.1 Descrizione del metodo G.O.D.</b>	<b>Pag. 17</b> <b>Pag.17</b>
7	<b>Conclusioni</b>	<b>Pag. 19</b>
8	<b>Allegati</b>	<b>Pag. 20</b>

## **1 PREMESSA E PIANO D'INDAGINE**

Facendo seguito all'incarico conferitomi dalla **COMETAL s.r.l. P.IVA 02091340667**, con la presente relazione, si riferisce sui risultati delle indagini geognostiche ed idrogeologiche, espletate in corrispondenza dei terreni situati all'interno del territorio comunale di Aielli (AQ).

L'attività che si intende svolgere prevede la gestione di un impianto di recupero rifiuti non pericolosi appartenenti alla categoria dei rottami metallici prodotti da ditte terze. Il recupero consisterà nel sottoporre tali rifiuti ad un processo di trattamento al fine di ottenere materiali da utilizzare in conformità con gli impieghi previsti dalla legislazione vigente.

Le operazioni di recupero che si intendono attuare sono quelle elencate nell'allegato C alla Parte Quarta del D.Lgs.

152/06 e s.m.i. e più precisamente:

- *Messa in riserva* (operazione R13) dei rifiuti speciali non pericolosi in attesa di effettuare le operazioni di recupero;
- *Riciclaggio/recupero dei metalli e dei composti metallici* (operazione R4).

Il progetto prevede la realizzazione di opere funzionali alle attività da svolgere e in particolare:

- Realizzazione della recinzione perimetrale;
- Realizzazione di un capannone;
- Realizzazione di una pesa a ponte;
- Realizzazione di una pavimentazione impermeabile dell'intero sito;
- Realizzazione di un impianto per la depurazione delle acque di dilavamento delle aree pavimentate con relativa rete di raccolta (cunette, pozzetti, tubi in PE).

Per quanto sopra, si è ritenuto opportuno procedere nelle seguenti fasi:

- **Raccolta di notizie, dati bibliografici;**
- **Rilevamento geologico di superficie;**
- **Rilevamento geomorfologico dell'area interessata dall'intervento;**
- **Rilevamento idrogeologico con censimenti degli eventuali pozzi per emungimento idrico presenti in zona e determinazione di massima del livello piezometrico;**
- **Prove di percolazione per la determinazione della permeabilità del suolo che dovrà accogliere l'impianto di scarico.**

Le indagini pianificate ed eseguite sul sottosuolo del sito di progetto, sono state mirate ad acquisire tutti gli elementi necessari ad una corretta caratterizzazione geologica, geotecnica sismica ed idrogeologica dei terreni di fondazione.

Pertanto le indagini pianificate e realizzate sono state le seguenti:

- **n.1 prova penetrometrica superpesante DPSH (Dinamic Probing Super Heavy; DPSH) terebrata sino al rifiuto strumentale;**
- **n.1 indagine sismica di tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves; MASW) per la determinazione del parametro  $V_{s30}$ ;**

➤ **n.1 misura di rumore ambientale per la determinazione della frequenza fondamentale di sito (HVSR).**

Tutte le succitate prove ed indagini sono state ubicate all'interno del sito nel quale è prevista la realizzazione dell'opera in oggetto come è possibile verificare nell'allegata planimetria ubicativa delle indagini.

Si è inoltre provveduto alla:

- **verifica dell'assenza di situazioni di rischio geologico (rischio frana e rischio idraulico così come perimetrati dal Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale nel Piano stralcio per l'assetto idrogeologico – PSAI; L. n.226 del 13 luglio 1999 e L. n.365 dell'11 dicembre 2000 - Autorità di Bacino dei fiumi Liri Garigliano Volturno).**
- **Verifica tramite il "GeoPortaleRegione Abruzzo" <http://geoportale.regione.abruzzo.it/Cartanet/> come l'area di progetto non ricade nelle aree perimetrata a Vincolo Idrogeologico;**
- **Verifica situazioni di rischio tramite la Cartografia allegata al Progetto di Microzonazione sismica di I Livello;**
- **Assenza di dissesti franosi Catalogo IFFI e CEDIT;**
- **L'area presenta una debole pendenza verso S;**
- **Assenza di aree a rischio sinkhole;**
- **Assenza di rischio alluvionamento, assenza di rischio impaludamento.**
- **Assenza del Rischio Liquefazione.**



**Figura 1:** Ubicazione del lotto relativo all'opera in progetto.

## **2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- L.R. 29 luglio 2010, n. 31 "Norme regionali contenenti la prima attuazione del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 (Norme in materia ambientale)".

## **3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO**



**Figura 2:** Modello ombreggiato della Piana del Fucino ed ubicazione dell'area in studio

Il Comune di Aielli, nel cui territorio ricade il sito in studio, è posto a N del Lago del Fucino, un grande bacino intramontano dell'Appennino Centrale con un'estensione di circa 900 Km<sup>2</sup>. La piana, è circondata da rilievi carbonatici del Gruppo del Velino–Sirente del quale fa parte anche il Monte La Serra a N-W e i rilievi della Marsica Orientale. L'area in esame, è situata nel settore a Sud rispetto al centro storico di Aielli Alto, nella frazione di Aielli Stazione. Topograficamente la zona in esame è posta ad una quota di circa **688 m s.l.m.** in una porzione di territorio caratterizzata da una morfologia sub-pianeggiante nella settore più distale della fascia pedemontana che raccorda i depositi di versante con la piana del fucino.



Figura 3: Profilo topografico dell'area di studio Google Earth Pro

CATEGORIA	CATEGORIA TOPOGRAFICA
<b>T1</b>	<b>Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media <math>i \leq 15^\circ</math></b>
<b>T2</b>	<b>Pendii con inclinazione media <math>i &gt; 15^\circ</math></b>
<b>T3</b>	<b>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media <math>15^\circ \leq i \leq 30^\circ</math></b>
<b>T4</b>	<b>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media <math>i &gt; 30^\circ</math></b>

Tabella 1: Categorie topografiche NTC18

- Coordinate WGS84 33N Lat: 42.056400 Lon: 13.578303
- Carta Tecnica Regionale in scala 1:5000 Foglio 368112
- Carta Tecnica Regionale in scala 1:10000 foglio 368110
- Carta topografica in scala 1:25000 Foglio 368 Est

Per una migliore collocazione Geografica dell'Area interessata dall' intervento si è fatto uso della Nuova CTR Regione Abruzzo in Scala 1:5000 Foglio 368112 sovrapposta ad una immagine satellitare. La sovrapposizione, è stata realizzata in ambiente GIS. Si riporta uno stralcio di seguito.

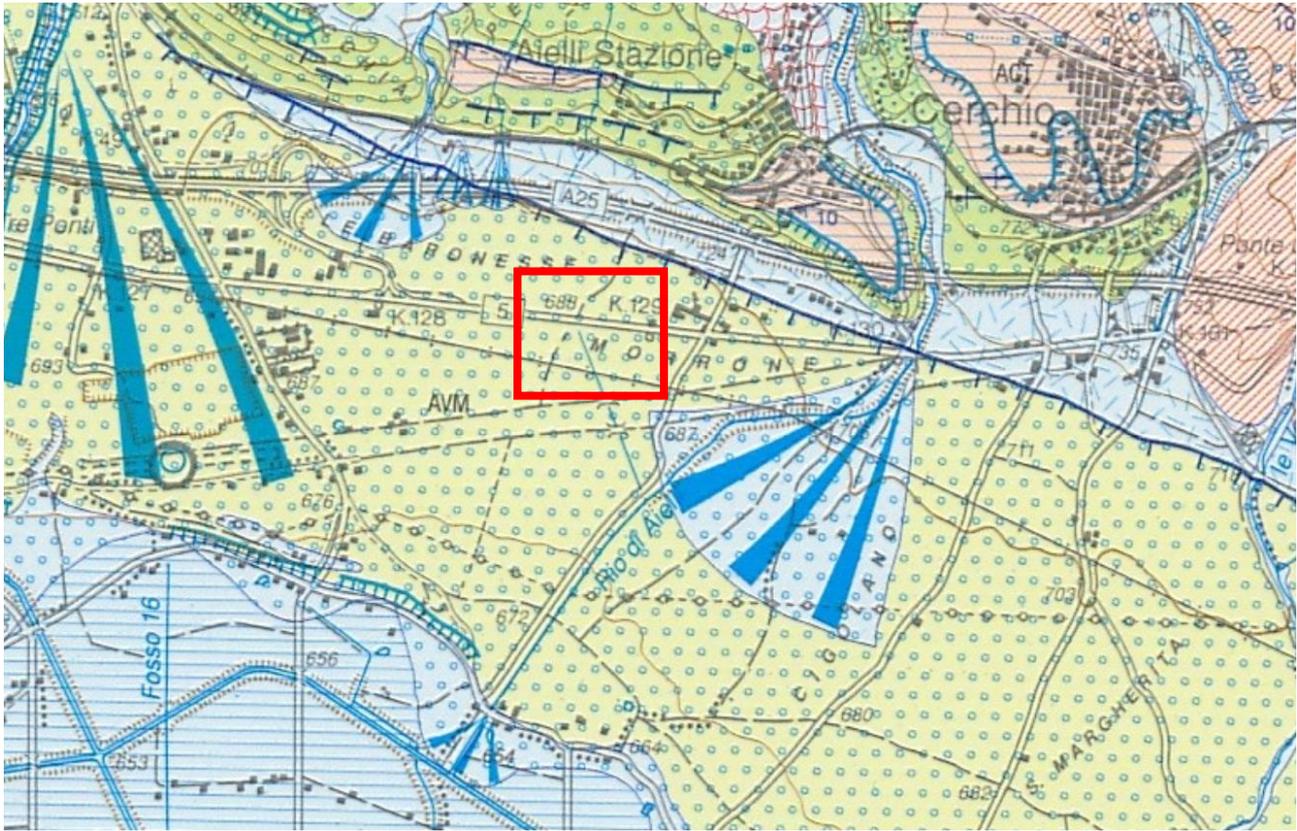


**Figura 4:** Stralcio in scala della Nuova CTR Regione Abruzzo in Scala 1:5000 Foglio 368112 shp.

## **4 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO**

L'area in esame ricade all'interno della Carta Geologica d'Italia in Scala 1:50000 Foglio 368 Avezzano, (*progetto CARG*) in quello che era il Dominio di Piattaforma Carbonatica Laziale-Abruzzese.

La "Carta Geologica, riporta la presenza nell'area in esame di depositi alluvionali prevalentemente ghiaioso sabbiosi e sabbioso siltosi riferibili al Sintema di Valle Majelama.



**Figura 5:** stralcio della Carta Geologica in scala 1: 50000 progetto CARG Foglio 368 Avezzano.

### **Olo**

*Depositi alluvionali prevalentemente ciottoloso sabbiosi. Depositi palustri argilloso limosi. Depositi detritici di versante. Giacciono in discordanza angolare sui depositi più antichi. OLOCENE –ATTUALE*

### **AVM Sintema di Valle Majelama**

*Depositi alluvionali prevalentemente ghiaioso sabbiosi e sabbioso siltosi. Depositi detritici di versante. Giacciono in discordanza sul sintema più antico. PLEISTOCENE Sup.*

### **ACT Sintema di Catignano**

*Depositi alluvionali prevalentemente ghiaioso sabbiosi e sabbioso siltosi alterati.*

### **PLEISTOCENE MEDIO**

### **AP Supersintema di Aielli Pescina**

*Depositi alluvionali prevalentemente ciottoloso sabbiosi anche poco elaborati alternati a depositi detritici di versante anche molto grossolani. Si intercalano a depositi lacustri sabbioso siltosi anche a composizione prevalentemente carbonatica ed a depositi palustri siltosi-argillosi giacciono in discordanza angolare con il substrato\_PLEISTOCENE*

**CBZ3 Calcareniti a briozoi e Litotamni**

Calcareniti biancastre e grige a briozoi e frammenti di litotamni con intercalazioni di calcareniti fini saccaroidi bianche; calcareniti fini grigio giallastre a briozoi con intercalazioni di calcruditi a briozoi e pectinidi LANGHIANO-SERRAVALLIANO

**CFR1 Calcareniti a Macroforaminiferi**

Calcareniti nocciola alternate a micriti a planctonici ed a calcareniti ricche in nummuliti ed alveoline Passano verso il basso a calcareniti bianche massive o mal stratificate con ricca fauna a coralli CENOMANIANO – CAMPANIANO

**CTNd Calcarei cristallini**

Calcarei bioclastici bianchi a frammenti di rudiste talora laminati o parzialmente ricristallizzati in strati da spessi a molto spessi CENOMANIANO p.p. MASTRICHTIANO.

Il sito censito al catasto al Foglio 22 del comune di Aielli, presenta una stratigrafia che può essere così desunta:

**STRATO 1:** terreno di riporto costituito da materiale calcareo a medio grado di elaborazione delle dimensioni centimetriche in matrice sabbioso limosa. Tale livello presenta uno spessore variabile tra 0.8 e 2 m;

**STRATO 2:** sabbie limose debolmente argillose con presenza di sporadici clasti di natura calcarea. Lo spessore di tale livello è superiore a 15 m.

Le forme attuali, che caratterizzano l'area in esame, sono legate ad un'ampia gamma di fattori morfogenetici; oltre alle forme tettoniche e strutturali, quelle che più caratterizzano il paesaggio sono le forme carsiche, quelle di versante dovute alla gravità e quelle dovute alle acque correnti superficiali. Le forme di accumulo più diffuse sono le conoidi alluvionali o di origine mista, oggi in gran parte inattive, che si sono sviluppate in più fasi successive allo sbocco dei corsi d'acqua principali nelle piane o in corrispondenza dei principali versanti di faglia al raccordo con le piane antistanti. Un'esempio calzante è rappresentato dal Rio di Aielli il cui corso passa a poche decine di metri dal sito in oggetto.

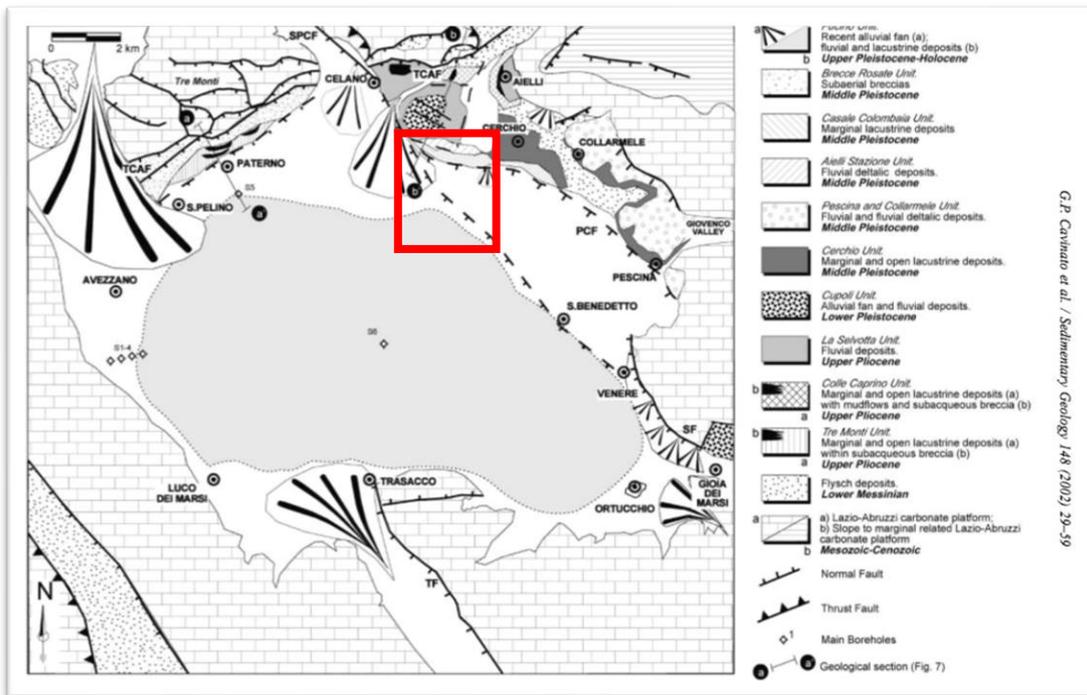


Figura 6: schema geologico strutturale della Piana del Fucino Cavinato et al., 2002).

Il corso principale nella piana del Fucino, il fiume Giovenco, si inserisce all'interno del bacino dei fiumi Liri-Garigliano e Vulturno. La superficie complessiva del bacino idrografico Liri-Garigliano e Vulturno è di 4.984 km<sup>2</sup> con una lunghezza dell'asta principale di 164 km (Celico, 1983). La conca del Fucino è un bacino di tipo endoreico (senza nessuno sbocco per i fiumi che vi convergono all'interno) morfologicamente e geograficamente separato dal bacino del Liri. Tuttavia, le opere di bonifica hanno permesso il collegamento del reticolo idrografico del Fucino con il bacino del Liri-Garigliano e Vulturno tramite un canale sotterraneo. La rete idrografica del bacino del Fucino è molto articolata ed è composta da numerosi canali (denominati Fossi), scavati durante le opere di bonifica, i quali convergono verso il fiume Giovenco che è in collegamento diretto con il Fiume Liri (Celico, 1983).

Vista la variabilità litologica delle rocce affioranti e del substrato al di sotto della piana del Fucino sono stati distinti diversi acquiferi con diversi valori di permeabilità e conduttività idraulica. Le dorsali carbonatiche che circondano la piana del Fucino sono caratterizzate da acquiferi ad alta potenzialità idrica e da un'elevata circolazione idrica sotterranea grazie all'elevata permeabilità per fratturazione e carsismo che caratterizza le rocce calcaree. Questa circolazione sotterranea trova sbocco in diverse sorgenti per soglia di permeabilità sovrapposta, grazie al contatto dei sedimenti argilloso-siltosi a bassa permeabilità della piana del Fucino con i calcari fratturati. Per questa ragione le sorgenti sono allineate lungo i margini della Piana del Fucino (Celico, 1983). In particolare si ritrovano sorgenti:

- 1) a Nord, dai massicci del Monte Velino e del Monte Sirente;**
- 2) a Est, dai massicci del Monte Sirente e del Monte Pianecchia-Fontecchia;**
- 3) a Sud, dai Monti Carseolani e da Monte Cornacchia;**
- 4) a Ovest, dai massicci dei Monti Carseolani e del Monte Velino.**

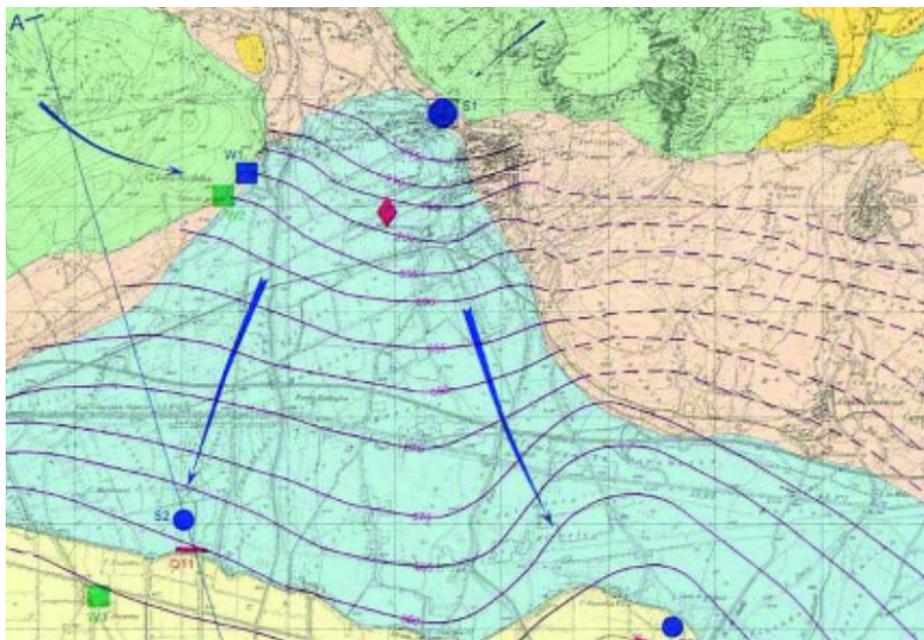
La situazione è più complessa per l'acquifero sotterraneo nella piana del Fucino. L'acquifero è costituito principalmente da depositi fluvio-lacustri (Pliocene-Olocene) con elevata variabilità di litotipi. In particolare, depositi fluviali prevalentemente ghiaioso-sabbiosi sono presenti verso i bordi della Piana a ridosso dei rilievi carbonatici, mentre depositi lacustri essenzialmente argilloso-limosi-sabbiosi sono presenti nel settore centrale e sono caratterizzati da uno spessore di circa 1000 metri (Giraudi, 1988; Cavinato et al., 2002). Il limite inferiore dei depositi fluvio-lacustri è marcato dal contatto con il complesso arenaceo-argilloso dei depositi flyschoidi (Cavinato et al., 2002). I depositi affioranti nella Piana sono costituiti prevalentemente da limi e sabbie (Zarlenga, 1987), a bassa permeabilità. Verso il centro della piana si passa a litotipi prevalentemente argillosi, con permeabilità quasi nulla, mentre verso la base delle dorsali calcaree si passa verso litotipi più ghiaiosi (Bosi et al., 1995). Alla base delle dorsali carbonatiche sono presenti numerose conoidi ghiaiose (Cardarelli et al., 2003) con valori di conducibilità idraulica che variano tra 1 m/s e 5 m/s.

A causa della elevata eterogeneità geologica e giacitura che caratterizza i vari litotipi (con lenti più o meno estese e tra loro interdigitate a depositi con differente grado di permeabilità) che costituiscono l'acquifero sotterraneo nella piana del Fucino, la circolazione idrica sotterranea si esplica secondo "falde sovrapposte" caratteristica di un acquifero multifalda poroso (Celico, 1988). Dall'assetto stratigrafico appena descritto ne consegue che, in poche centinaia di metri, vi possono essere variazioni orizzontali e verticali di permeabilità di parecchi ordini di grandezza, cosicché la struttura dei corpi alluvionali è molto complessa a scala locale (con interdigitazioni di corpi lenticolari a diversa permeabilità). Tuttavia, alla scala regionale del bacino del Fucino, le unità idrogeologiche hanno una geometria pressoché tabulare (Celico, 1988).

In particolare, nell'area di studio si verifica un drenaggio dai rilievi carbonatici alle spalle di Celano verso la piana del Fucino. L'andamento generale delle direzioni di flusso idrico è convergente verso la Piana del Fucino (dai massicci carbonatici in direzione della piana. Localmente il flusso idrico è influenzato da emungimenti tramite pozzi, apporti dalle sorgenti, variazioni di conducibilità idraulica ed interazione con il complesso sistema di canali di bonifica. Nell'area del paese si osserva un andamento radiale divergente delle isopieze, con centro localizzato nella sorgente Fonte Grande.

L'area in esame ricade nel:

**complesso dei depositi detritico - alluvionali recenti: è costituito da depositi di versante, eluvio-colluviali, di conoide alluvionale e fluvio-lacustri del Pleistocene superiore – Olocene; la permeabilità è variabile, generalmente medio-alta per porosità; sono presenti falde di limitata estensione e potenzialità, a luoghi sospese.**



- |  |                         |                                     |
|--|-------------------------|-------------------------------------|
| S1 Sorgenti parzialmente captate ad uso potabile | Sito in studio          | 650 - Curve isopieze metriche       |
| W3 Campi pozzi ad uso potabile                   | Stazioni meteorologiche | Direzioni flusso idrico sotterraneo |
| W2 Campi pozzi ad uso irriguo                    |                         |                                     |

**Complesso dei depositi detritico-alluvionali recenti:** Depositi alluvionali fluvio-lacustri, conoidi di deiezione, detrito di versante scarsamente cementato, depositi detritico-colluviali e terre rosse (Pleistocene sup. - Olocene). Permeabilità generalmente medio-alta e variabile per porosità. Acquifero secondario ospitante falde di limitata estensione e spesso costituisce zona di raccordo e travaso sotterraneo tra l'acquifero carbonatico e il fondo valle lacustre. Localmente l'infiltrazione può essere elevata.

**Complesso dei depositi detritico-alluvionali antichi:** Successione eterometrica di depositi fluvio-lacustri, brecce di versante anche ben cementate e depositi caotici (settore settentrionale) con blocchi di grandi dimensioni (Pliocene sup. - Pleistocene sup.). Permeabilità generalmente medio-bassa. Costituisce un acquifero che può contenere falde di limitata estensione. L'infiltrazione efficace, limitata, è concentrata nelle frazioni a granulometria grossolana.

**Complesso dei depositi arenaceo-marnosi:** Depositi terrigeni sinorogenici, caratterizzati da arenarie in banchi alternate a sequenze marnoso-argillose in strati (Miocene sup.). Permeabilità per porosità e fratturazione, estremamente bassa, che aumenta in corrispondenza delle zone fratturate dove possono ospitare falde locali. Poco affiorante, l'infiltrazione efficace può considerarsi trascurabile.

**Complesso dei depositi carbonatici:** Calcarei e calcari dolomitici di ambiente di piattaforma e transizione (Lias sup. - Miocene med.). Permeabilità elevatissima per fratturazione e carsismo; è l'acquifero principale con fenomeni di travaso verso acquiferi e acquitardi detritico-alluvionali. Infiltrazione efficace tra gli 800 e i 900 mm/anno.

**Figura 7-8:** Stralcio idrogeologico del sito in esame, modificata dalla Carta Idrogeologica del Fucino (Petitta M. et al., 2005).

Nei dintorni del lotto d'interesse è presente un pozzo per l'emungimento, all'interno del quale è stata effettuata una misura freaticometrica.



**Figura 9:** Immagine riferita alla misurazione del livello piezometrico all'interno del pozzo di proprietà della committenza.

Da tale misurazione è emerso che il livello piezometrico dell'area in condizioni statiche, si attesta a circa 17 m dal P.C.

#### 4.1 PAI e VINCOLO IDROGEOLOGICO (Piano di Assetto Idrogeologico)

Il sito non risulta compreso nelle aree censite nella cartografia del PAI (Piano di Assetto Idrogeologico) ne per quanto riguarda la Pericolosità Idrogeologica tantomeno per ciò che concerne il Rischio così come si evince dalla cartografia riportata in seguito tratta dal servizio del GeoPortaleNazionale all'indirizzo <http://www.pcn.minambiente.it/viewer/>.

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo e la corretta utilizzazione delle acque, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato.

Il PAI è uno strumento dinamico, in continua evoluzione, che prevede un aggiornamento continuo delle problematiche e delle soluzioni, è un piano territoriale, che la legge pone in una posizione sovraordinata nei confronti degli strumenti di pianificazione di settore, ponendosi come vincolo anche rispetto alla pianificazione urbanistica. La regimazione idrica ad opera dei canali di raccolta e delle opere di urbanizzazione primaria, riduce notevolmente la possibilità di fenomeni di alluvionamento, debris flow o tracimazione delle acque.

A seguito di tale disamina, l'area d'interesse, può essere definita stabile dal punto di vista geomorfologico in quanto non sono presenti fenomeni di instabilità gravitativa.

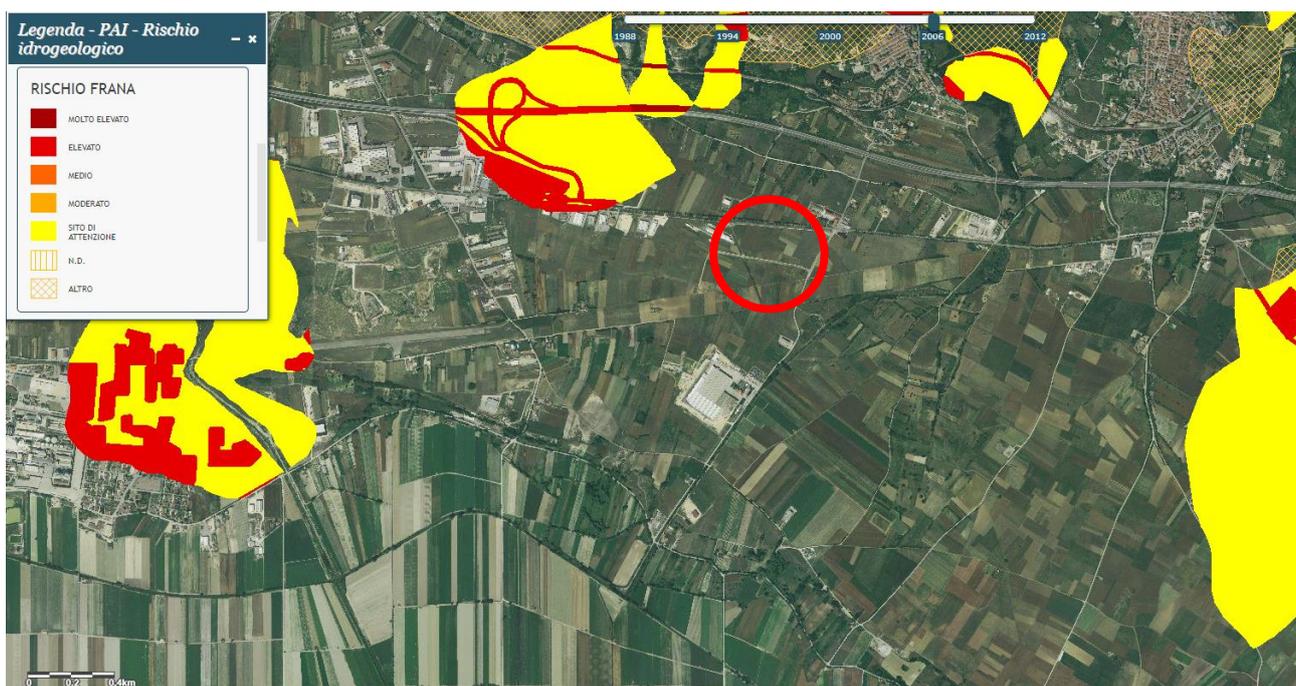


Figura 10: stralcio cartografico dell'area in esame, estratto da *GeoPortaleNazionale* all'indirizzo <http://www.pcn.minambiente.it/viewer/>. I cerchi indicano la collocazione del sito.

Il R.D.L. 30.12.1923 n° 3267 , tuttora in vigore, dal titolo: "Riordinamento e riforma in materia di boschi e terreni montani" sottopone a "vincolo per scopi idrogeologici i terreni di qualsiasi natura e destinazione che, per effetto di forme di utilizzazione contrastanti con le norme di cui agli artt. 7,8 e 9 (articoli che riguardano dissodamenti, cambiamenti di coltura ed esercizio del pascolo), possono con danno pubblico subire denudazioni, perdere la stabilità o turbare il regime delle acque".

Lo scopo principale del Vincolo Idrogeologico è quello di preservare l'ambiente fisico e quindi di garantire che tutti gli interventi che vanno ad interagire con il territorio non compromettano la stabilità dello stesso, né inneschino fenomeni erosivi, ecc., con possibilità di danno pubblico, specialmente nelle aree collinari e montane. Il Vincolo Idrogeologico in generale non preclude la possibilità di intervenire sul territorio, ma segue l'integrazione dell'opera con il territorio.

**Il sito d'indagine non è sottoposto al Vincolo Idrogeologico.**



**Figura 11:** Dettaglio della porzione del territorio comunale, sottoposta al vincolo idrogeologico.

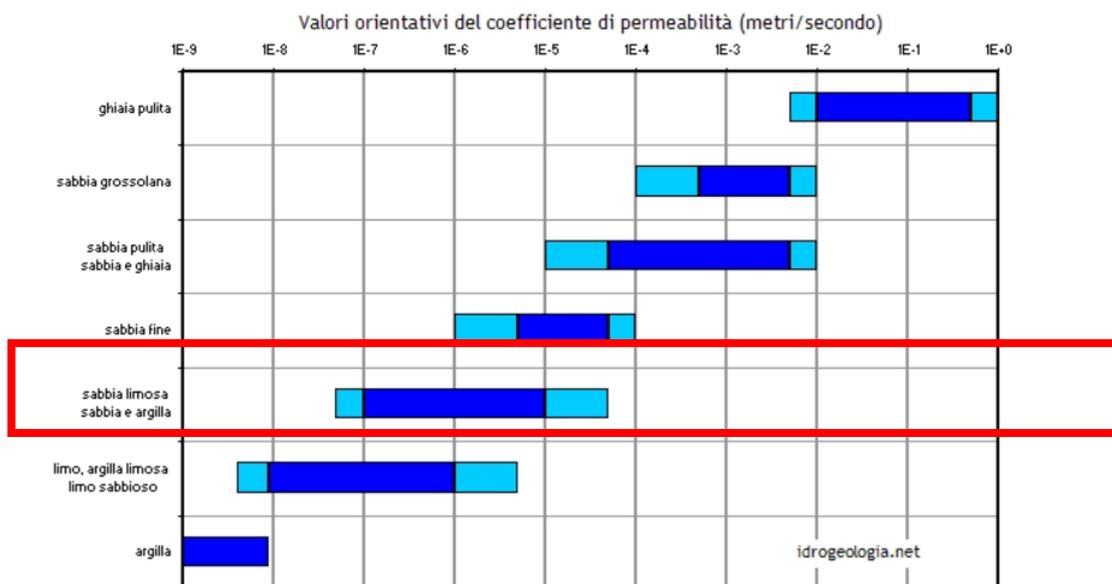
<http://geoportale.regione.abruzzo.it/Cartanet/viewer>

## 5 PROVA DI PERMEABILITÀ

Per stimare il coefficiente di permeabilità delle litologie sopra descritte, è stato realizzato un foro a sezione circolare profondo 70 cm. All'interno del foro esplorativo, è stata effettuata una prova di permeabilità a carico variabile.

### Valori orientativi del coefficiente di permeabilità

La figura seguente riporta i valori tipici del coefficiente di permeabilità orizzontale ( $k_h$ ) per una serie di terreni sciolti a granulometria decrescente dalle ghiaie alle argille. Per via della natura usualmente stratificata dei terreni, il valore del coefficiente di permeabilità verticale ( $k_v$ ) è di solito inferiore al valore di  $k_h$ . Il rapporto fra  $k_h$  e  $k_v$  tipicamente oscilla da 2 a 20 ma può arrivare fino a 100 in presenza di terreni molto stratificati.



$k_e$ (m/s)	1	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-10</sup>	10 <sup>-11</sup>
<i>Grado di permeabilità</i>	alto			medio		basso		molto basso		impermeabile		
<i>Drenaggio</i>	buono				povero				praticamente impermeabile			
<i>Tipo di terreno</i>	ghiaia pulita		sabbia pulita e miscele di sabbia e ghiaia pulita			sabbia fine, limi organici e inorganici, miscele di sabbia, limo e argilla, depositi di argilla stratificati			terreni impermeabili argille omogenee sotto la zona alterata dagli agenti atmosferici			
				terreni impermeabili modificati dagli effetti della vegetazione e del tempo								

Le prove in pozzetto, consentono di determinare la permeabilità di un terreno superficiale sopra falda. Il pozzetto di prova può essere di forma quadrata o circolare.

Le fasi operative consistono nel realizzare uno scavo, riempirlo d'acqua valutare l'abbassamento dell'acqua all'interno dello scavo (prove a carico variabile).

Le seguenti condizioni sono necessarie per una corretta esecuzione della prova:

- a) Il terreno deve essere preventivamente saturato mediante immissione di acqua in modo da stabilire un regime di flusso permanente;**
- b) le dimensioni geometriche del pozzetto devono aumentare all'aumentare delle dimensioni dei granuli del terreno. In particolare il diametro del cerchio (per pozzetti circolari) deve essere superiore a 10-15 volte la dimensione della frazione granulometrica significativa;**
- c) è preferibile eseguire la prova in terreni omogenei, isotropi e con coefficiente di permeabilità  $k > 10^{-6}$  m/s.**



Di seguito si riportano le formule utilizzate per calcolare il coefficiente di permeabilità

**Pozzetto circolare, Prova a carico variabile**

$$k = \frac{d \cdot (h_2 - h_1)}{[32 \cdot (t_2 - t_1) \cdot h_m]}$$

Dove:

**q** = portata assorbita a livello costante;

**h** = altezza dell'acqua nel pozzetto ( $h > d/4$ ); 40 CM

**d** = diametro del pozzetto. 20 CM

**h<sub>m</sub>** = altezza media dell'acqua nel pozzetto ( $h_m > d/4$ ); 20 CM

**t<sub>2</sub> - t<sub>1</sub>** = intervallo di tempo; 1800 S

**h<sub>2</sub> - h<sub>1</sub>** = variazione di livello dell'acqua nell'intervallo **t<sub>2</sub> - t<sub>1</sub>** 20 CM

Associando i dati ricavati dalla prova si evince come, per i terreni superficiali in esame, è possibile definire quantitativamente il coefficiente di permeabilità e qualitativamente i loro parametri idrogeologici (grado di permeabilità K e drenaggio), come descritto nella tabella seguente.

Pozzetto	Prof. Da P.C. (m)	Litologia	K(cm/s)	Kh(cm/s)	Grado di K	Drenaggio
1	0.70	Limi sabbiosi	0.000347	3.47x10 <sup>-4</sup>	Medio	Buono

Quanto emerge dalla prova di permeabilità, mette in evidenza come questi depositi, abbiano una permeabilità medio-bassa.

## **6 VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' DELL'ACQUIFERO CON METODO G.O.D.**

La vulnerabilità rappresenta la facilità con cui un acquifero può essere raggiunto da una sostanza inquinante introdotta sulla superficie del suolo. Maggiore è la vulnerabilità di un acquifero, più facilmente esso potrà essere contaminato da un carico inquinante rilasciato dalla superficie. I metodi di valutazione della vulnerabilità degli acquiferi sono molteplici e si differenziano in base al grado di approfondimento delle fasi in cui si attua il processo di contaminazione di un acquifero. I metodi più impiegati oggi sono i metodi parametrici (semi-quantitativi). Essi sono basati sulla determinazione del valore numerico di alcuni parametri che influiscono sul grado di vulnerabilità di un acquifero. Tra i vari il più utilizzato, e di seguito descritto, è il Metodo G.O.D, risultato molto efficace nei sistemi pianeggianti.

### **6.1 Descrizione del metodo G.O.D.**

Al fine di valutare la vulnerabilità dell'acquifero è stato impiegato il **Metodo G.O.D.** (Foster e Hirata, 1987), poiché risulta uno dei metodi, riconosciuti in campo internazionale, più facilmente applicabile e aggiornabile, inoltre i dati a nostra disposizione permettono l'utilizzo di tale metodo. Il metodo G.O.D. (acronimo di Groundwater occurrence, Overall lithology of aquifer, Depth to groundwater table or strike) è stato proposto da Foster e Hirata nel 1987.

Tale metodo considera i seguenti fattori:

- **G (tipologia della falda: libera, confinata, semi-confinata);**
- **O (tipo di acquifero, ed in particolare caratteristiche litologiche e grado di consolidazione delle rocce della zona non satura, per gli acquiferi non confinati, e dei livelli confinati al tetto, per gli acquiferi confinati);**
- **D (soggiacenza della falda a superficie libera nel caso di acquifero non confinato o tetto dell'acquifero per gli acquiferi confinati).**

Per quanto concerne il parametro **G**, (tipo di falda) è possibile scegliere tra 6 classi alle quali vengono attribuiti punteggi tra 0 e 1.

Ai caratteri litologici della tipologia di acquifero, parametro **O**, compete un punteggio variabile tra 0,4 e 1.

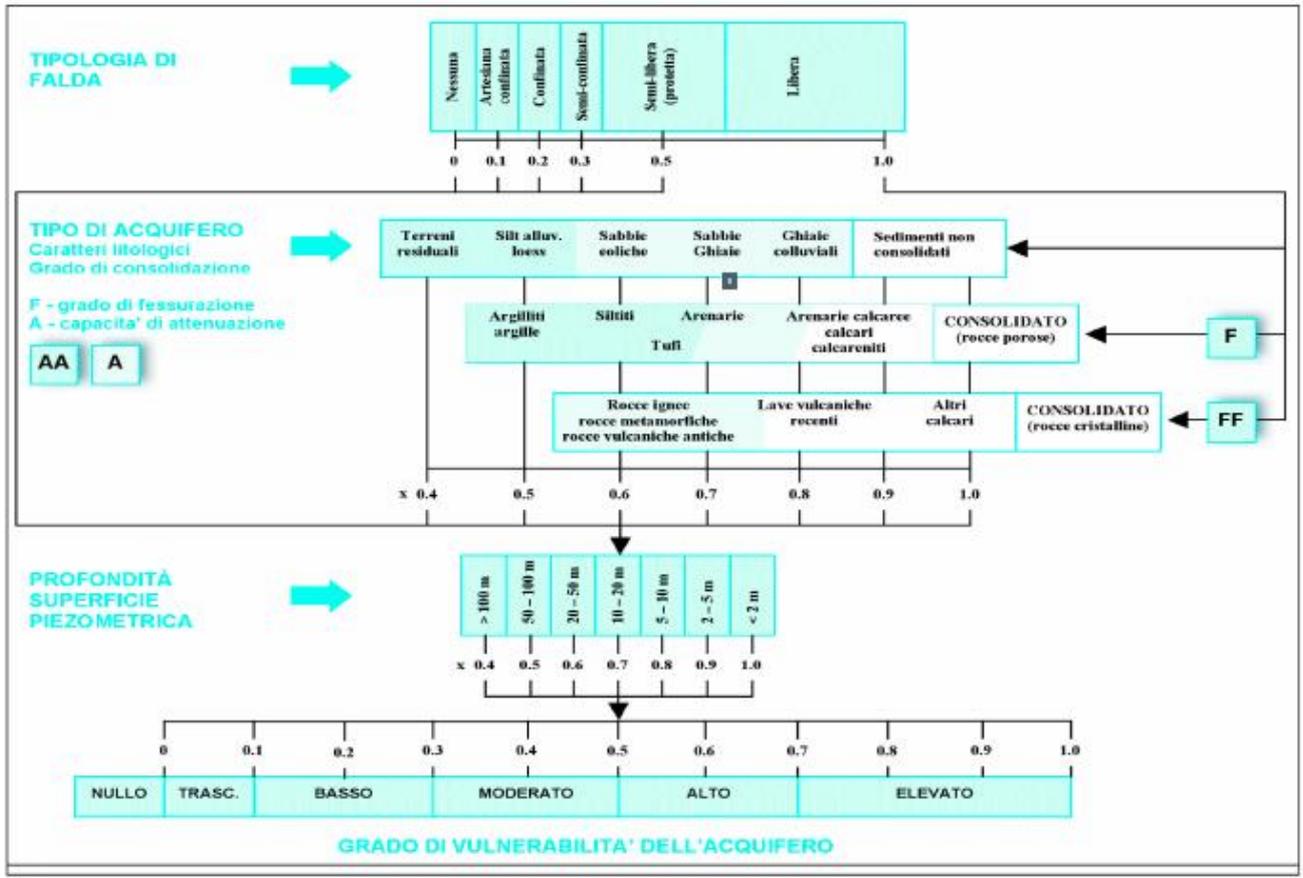
Alla soggiacenza della falda, parametro **D**, può essere assegnato un punteggio compreso tra 0,4 e 1.

La vulnerabilità è valutata come il prodotto tra i tre indici numerici corrispondenti ai parametri suddetti:

$$\text{Indice di vulnerabilità GOD} = G \cdot O \cdot D$$

Tale indice può essere compreso tra 0 e 1 e corrisponde a 5 gradi di vulnerabilità individuati dagli autori, a cui si aggiunge un'ulteriore classe con vulnerabilità nulla (caso con acquifero mancante):

- **0 – 0,1 vulnerabilità trascurabile**
- **0,1 - 0,3 vulnerabilità bassa**
- **0,3 – 0,5 vulnerabilità moderata**
- **0,5 – 0,7 vulnerabilità alta**
- **0,7 – 1 vulnerabilità elevata**



L'acquifero è stato considerato, in relazione ai terreni mediamente permeabili con  $K=0.000347$  cm/s limoso sabbiosi.

Trattandosi di una falda SEMICONFINATA, al parametro **G** è stato attribuito il punteggio **0.3**

L'acquifero risulta essere costituito essenzialmente da limi-sabbiosi pertanto al parametro **O** è stato attribuito il valore di **0.5**

Le misure freatiche effettuate hanno permesso di individuare il livello statico della superficie freatica a 17 m dal P.C. pertanto al parametro **D** è stato dato un valore pari a **0.7**.

Sulla base dei valori ottenuti è stato possibile calcolare il valore dell'indice di vulnerabilità dell'acquifero:

$$0.3 \times 0.5 \times 0.7 = 0.10$$

Il valore ottenuto, individua una vulnerabilità **BASSO**

## **7 CONCLUSIONI**

Riassumendo quanto segue per il sito di intervento in base allo studio eseguito.

**Lo studio geologico ed idrogeologico, è stato svolto a supporto della richiesta di autorizzazione alla Realizzazione e gestione di un impianto di messa in riserva R13 e recupero R5 di rottami metallici**

- **E' stata eseguita una prova di permeabilità in pozzetto a carico variabile per avere una stima del coefficiente di permeabilità K, questo è risultato pari a  $3.47 \times 10^{-4}$  cm/s, pertanto è possibile affermare che si tratta di litologie a MEDIA permeabilità.**
- **Inoltre i dati in possesso hanno permesso di calcolare l'indice di vulnerabilità dell'acquifero tramite il metodo parametrico G.O.D..**

**Tale valore è pari a 0,15 pertanto la vulnerabilità è BASSA perché compresa tra 0,1 e 0,3.**

Si rimane a disposizione della Committenza per eventuali ulteriori chiarimenti.

**ALLEGATI:****ORTOFOTO SATELLITARE****CTR 1:10000****CTR 1:25000**

