

CONCESSIONE “ACQUA MAJA”



Spumador spa,, Sede Legale: Via alla Fonte, 13 22071 Caslino al Piano
(Como), Piva: 00221700131, REA: CO 0100516

RELAZIONE SUL BACINO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E IMBRIFERO DELLA CAPTAZIONE



OTTOBRE 2017

LUCIANO SERGIAMPIETRI GEOLOGO

VIA DI CAFAGGIO, 2 56122 PISA

studiolsg@gmail.com – cell. 3476697582

Ordine dei Geologi della Toscana n.458

CONTENUTI

PPREMESSA

CAPITOLO 1 – IL POZZO “ACQUA MAJA”.

- 1.1 – Ubicazione e caratteri geografici dell’area.
- 1.2 – Modalità di perforazione e struttura di completamento del pozzo.
- 1.3 – Produttività e parametri idrodinamici dell’acquifero captato.

CAPITOLO 2 – GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA.

- 2.1 – Il contesto geologico.
- 2.2 – La conca di Sulmona.
- 2.3 – Il contesto idrogeologico.
- 2.4 – Posizione ed estensione dell’acquifero captato.
- 2.5 – Indagine geofisica eseguita nel presente studio.
- 2.6 – Caratterizzazione idrochimica dell’Acqua Maja.
- 2.7 – Bacino idrografico.
- 2.8 – Cenni di climatologia e considerazioni relative al bilancio.
- 2.9 – Bacino idrografico e bacino idrogeologico.

CAPITOLO 3 – MODELLO CONCETTUALE DELL’ACQUIFERO.

- 3.1 – Modello concettuale dell’acquifero.
- 3.2 – Zone di protezione ambientale.

BIBLIOGRAFIA.

PREMESSA.

Il presente lavoro ha lo scopo di illustrare il contesto idrogeologico in cui si colloca l'orizzonte acquifero captato dal pozzo "Acqua MAJA", realizzato da Spumador Spa nelle pertinenze del proprio stabilimento di Sulmona (AQ) e di collocare il suddetto orizzonte (per la prima volta attraversato e messo in produzione da Spumador spa) nel quadro geologico ed idrogeologico della Conca di Sulmona e dei rilievi contermini.

In particolare sono illustrate la posizione spaziale dell'acquifero, la sua estensione ed i suoi rapporti con le strutture ed i complessi idrogeologici dell'area.

Da un punto di vista metodologico le informazioni principali derivano dalla perforazione del pozzo stesso che, raggiungendo la ragguardevole profondità di 435 m dal piano di campagna, ha fornito importanti informazioni sulla successione stratigrafica caratteristica della conca di Sulmona, dai test di pompaggio eseguiti, dal quadro idrochimico che caratterizza l' "Acqua MAJA" e da specifiche indagini geologiche e geofisiche da noi eseguite.

Tali informazioni sono state relazionate con il quadro geologico-idrogeologico emergente da una cospicua letteratura scientifica riferita all'area in esame (vedi bibliografia), tra cui spicca per importanza il modello geologico-geotecnico emergente dalla Microzonazione sismica di livello 1 del comune di Sulmona, che permette una ricostruzione del sottosuo0lo del bacino tettonico nel quale inserire e calibrare le informazioni e i dati da noi rilevati. In particolare è stata eseguita una campagna di indagini sismiche (misure di microtremore) nella porzione centro settentrionale della valle, le cui risultanze possono essere utilmente confrontate con i modelli preesistenti.

CAPITOLO 1

IL POZZO 'ACQUA MAJA'.

1.1 – Ubicazione e caratteri geografici dell'area.

L'opera di captazione è ubicata nella cosiddetta Conca di Sulmona, in area pianeggiante, circa 2 km a Nord dell'abitato di Sulmona (zona industriale) e circa 1,690 km dalla pendice occidentale del Monte Morrone.

Il sito si trova a 355 m s.l.m, coordinate Gauss-Boaga 42 04' 49,20" N ; 13 54' 47,16"E.

La Conca di Sulmona è un bacino intramontano allungato in direzione SSE – NNW, delimitato ad Est dal massiccio di Monte Morrone(1.800 m slm) e ad Ovest dai rilievi di M.te Ventola (932 m slm) – M.te dei Vecchi (1.317 m slm) – M.te Prezza (1.350 m slm), a SSE dai massicci di M.te Genzana - M.te Greco e M.te Porrara.

La conca è percorsa dal Fiume Sagittario che, a valle dell'abitato di Sulmona, riceve le acque del Fiume Gizio e del suo affluente di destra Fiume Vella.

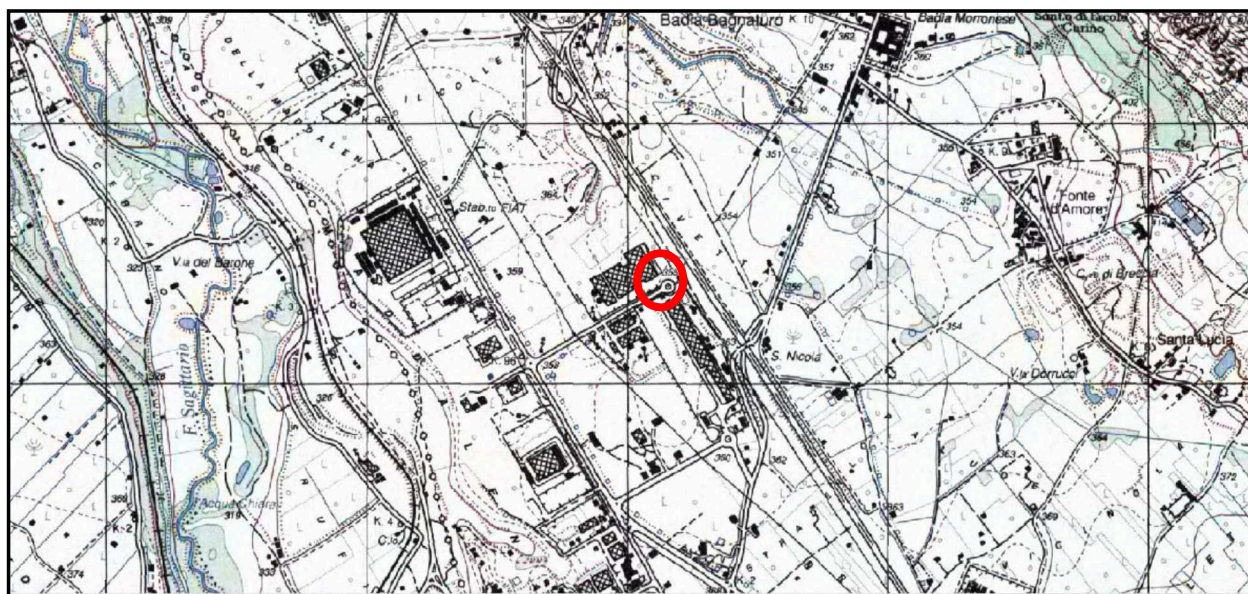


Fig. 1 – Ubicazione del pozzo Acqua Maja (scala 1: 25.000)

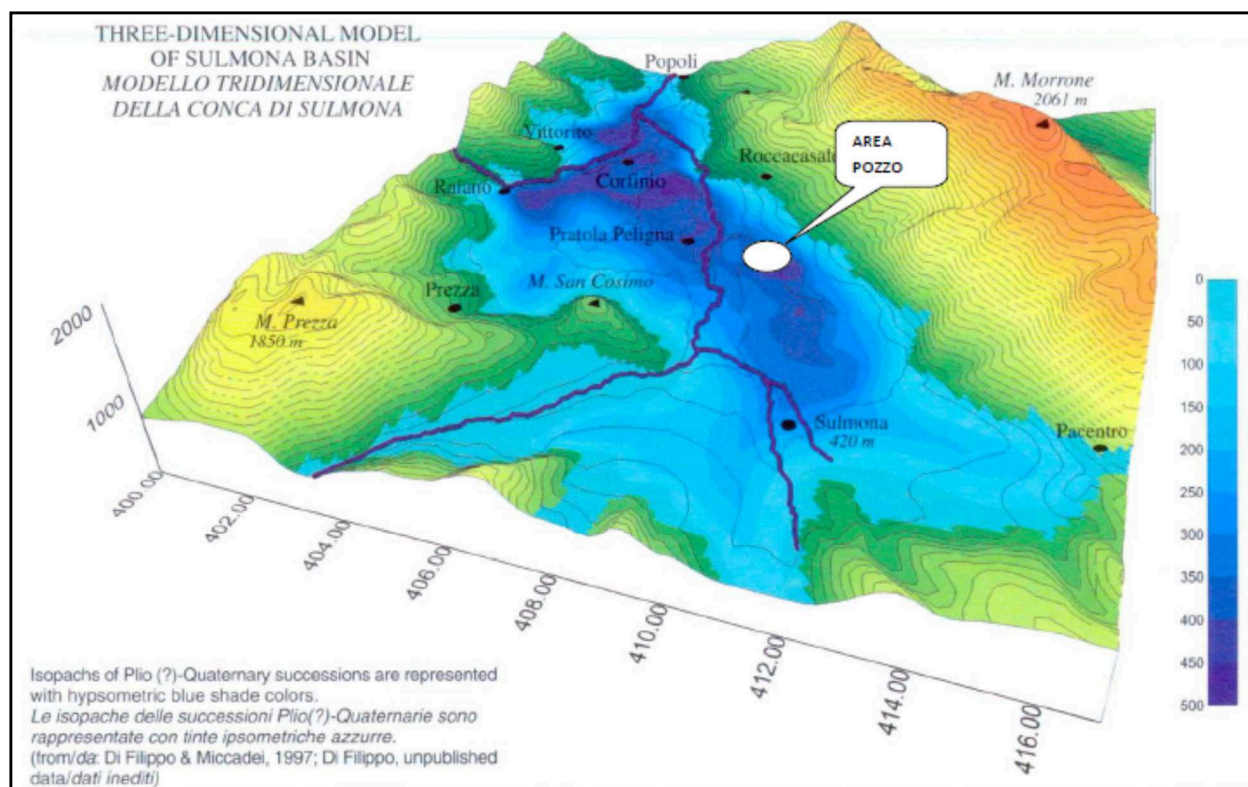


Fig. 2 – Modello tridimensionale della conca di Sulmona

1.2 – Modalità di perforazione e struttura di completamento del pozzo.

Il pozzo è stato realizzato in ottemperanza alla DETERMINAZIONE DELLA GIUNTA REGIONALE N.D18/44 del 27 Agosto 2013.

Il pozzo è stato progettato con riferimento alla colonna stratigrafica relativa ad un pozzo dismesso (pozzo ex – Campari), esistente alla distanza di circa 200 m dal sito prescelto, ed attualmente cementato da fondo foro sino a piano campagna. Tale colonna stratigrafica indicava come esistente il substrato calcareo alla quota di – 190 m dal p. c. In base a questa previsione si decideva di perforare sino al supposto substrato calcareo e procedere al tubaggio e cementazione del perforo all'esterno della tubazione. Una volta completato questo "avampozzo" si sarebbe dovuto perforare il substrato calcareo sino a quando la produttività non fosse stata soddisfacente.

Durante l'esecuzione della perforazione il contesto geologico si è rivelato difforme dalla previsione, obbligando la D.L. ad adottare un diverso programma di perforazione: In particolare il substrato calcareo si è rivelato in realtà un orizzonte costituito da Travertini e conglomerato calcareo al di sotto del quale sono stati nuovamente intercettati terreni argillosi di origine lacustre.

La perforazione è quindi proseguita sino alla profondità di circa - 400 m. Raggiunta questa quota si è proceduto alla esecuzione di una geofisica in foro (Down Hole) che ha indicato la

presenza di un orizzonte riflettente intorno alla profondità di 420 m dal Piano campagna. Si è quindi proceduto alla perforazione sino alla profondità di 435 m dal Piano di campagna, verificando che l'orizzonte riflettente era in realtà costituito da argille molto compatta con inclusi di lignite.

Verificata la non corrispondenza del contesto geologico alla previsione, e non disponendo di informazioni attendibili circa la reale profondità del substrato calcareo, si decideva di non proseguire ulteriormente la perforazione e mettere in produzione il solo strato produttivo incontrato ad una profondità compresa tra i 190 ed i 225 m dal piano campagna.

Prima del tubaggio definitivo si è proceduto alla cementazione di tutta la parte inferiore del perforo (non utilizzata) iniettando cemento in pressione sino alla quota di 237 m dal piano di campagna.

Adottando questo schema di completamento si è ottenuto un pozzo cementato all'esterno della tubazione cieca, dal Piano di campagna sino a - 195, e da fondo foro sino a - 237 m.

In questo modo l'orizzonte produttivo risulta isolato sia dalle acque superficiali che da eventuali acque in pressione più profonde.



Fig. 3 – Il cantiere di perforazione

La perforazione è stata eseguita con perforatrice idraulica **Soil – Mec G40**.

Da Piano di Campagna sino a - 24 m, perforo Φ 26" e tubaggio Φ 600 mm.

Perforazione Φ 500 mm sino a - 198 m.

La cementazione esterna al tubo Φ 400 mm è stata eseguita mediante scarpa Becker. La scarpa Becker è una sorta di "Valvola di non ritorno" posizionata al fondo della tubazione che permette l'iniezione di boiaccia cementizia all'interno e ne consente la risalita nell'intercapedine tra tubazione e perforo.

L'intera perforazione è stata eseguita col metodo della "rotazione a circolazione inversa" con acqua chiara come fluido di perforazione; Miscelandosi con l'argilla naturale attraversata dal perforo, l'acqua di circolazione diventa un "fango di perforazione" capace di sostenere la parete del perforo.

In sintesi struttura del pozzo è quindi costituita da:

- Primo avampozzo della profondità di 24 m, perforato con diametro di 26" e tubato in acciaio del diametro di 600 mm.
- Secondo avampozzo alla profondità di 197 m dal P.C. , perforato con diametro di 500 mm e tubato in acciaio con diametro 400 mm e **cementato all'esterno da -197 a boccapozzo.**
- La colonna definitiva del pozzo è costituita da una tubazione in acciaio inox del diametro di 273 mm, munita di due settori filtranti (filtri inox a spirale continua, luce 1,5 mm) posti rispettivamente tra 195 e 213 m e tra 219 e 223 m. Tali settori filtranti sono stati isolati dai livelli acquiferi soprastanti sia mediante la cementazione del primo e del secondo avampozzo che mediante la realizzazione di un opportuno tampone in argilla rigonfiante ubicato nell'intercapedine al di sopra del settore filtrante più elevato.

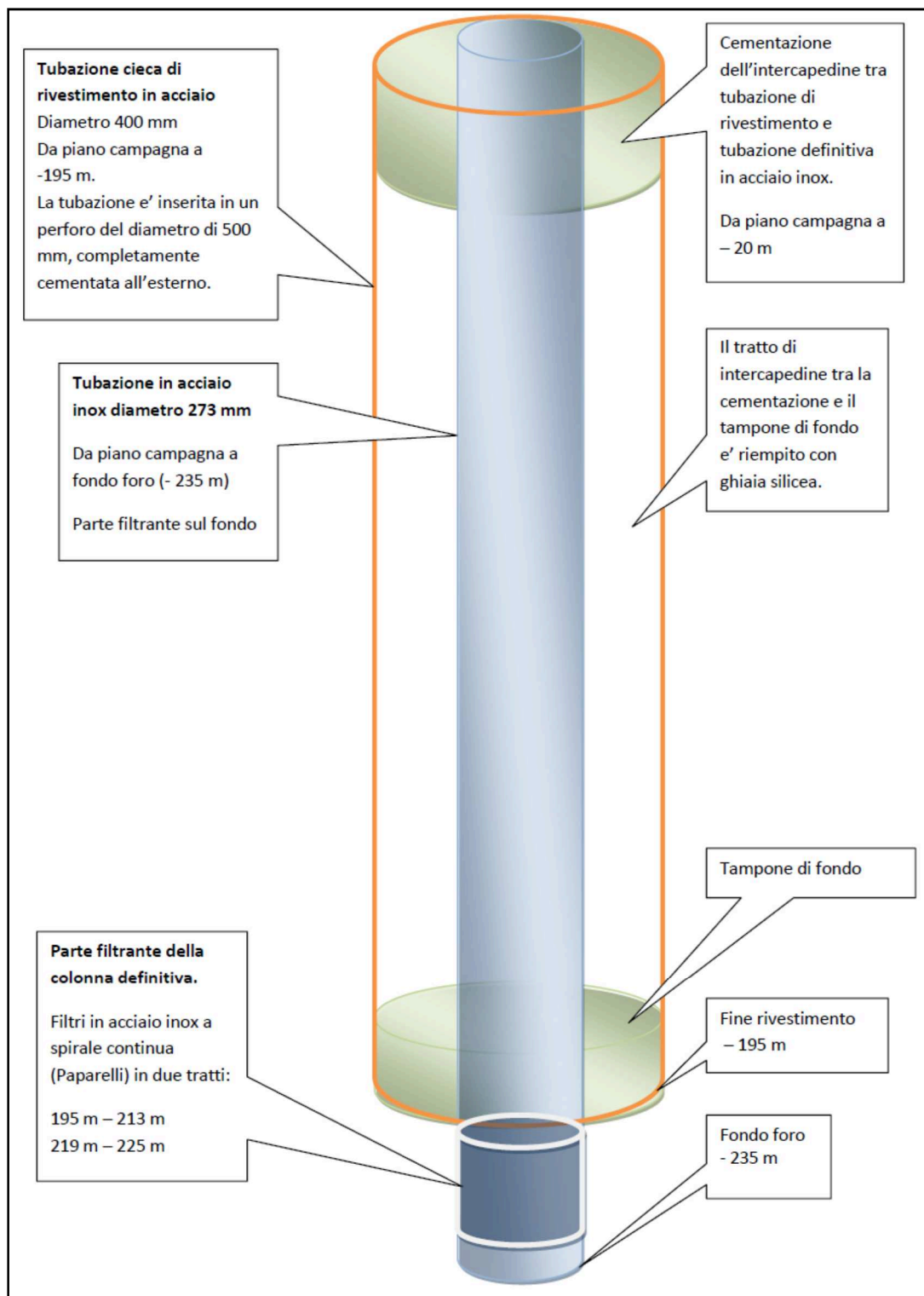


Fig. 4 – Rappresentazione schematica del tubaggio dell'opera di captazione

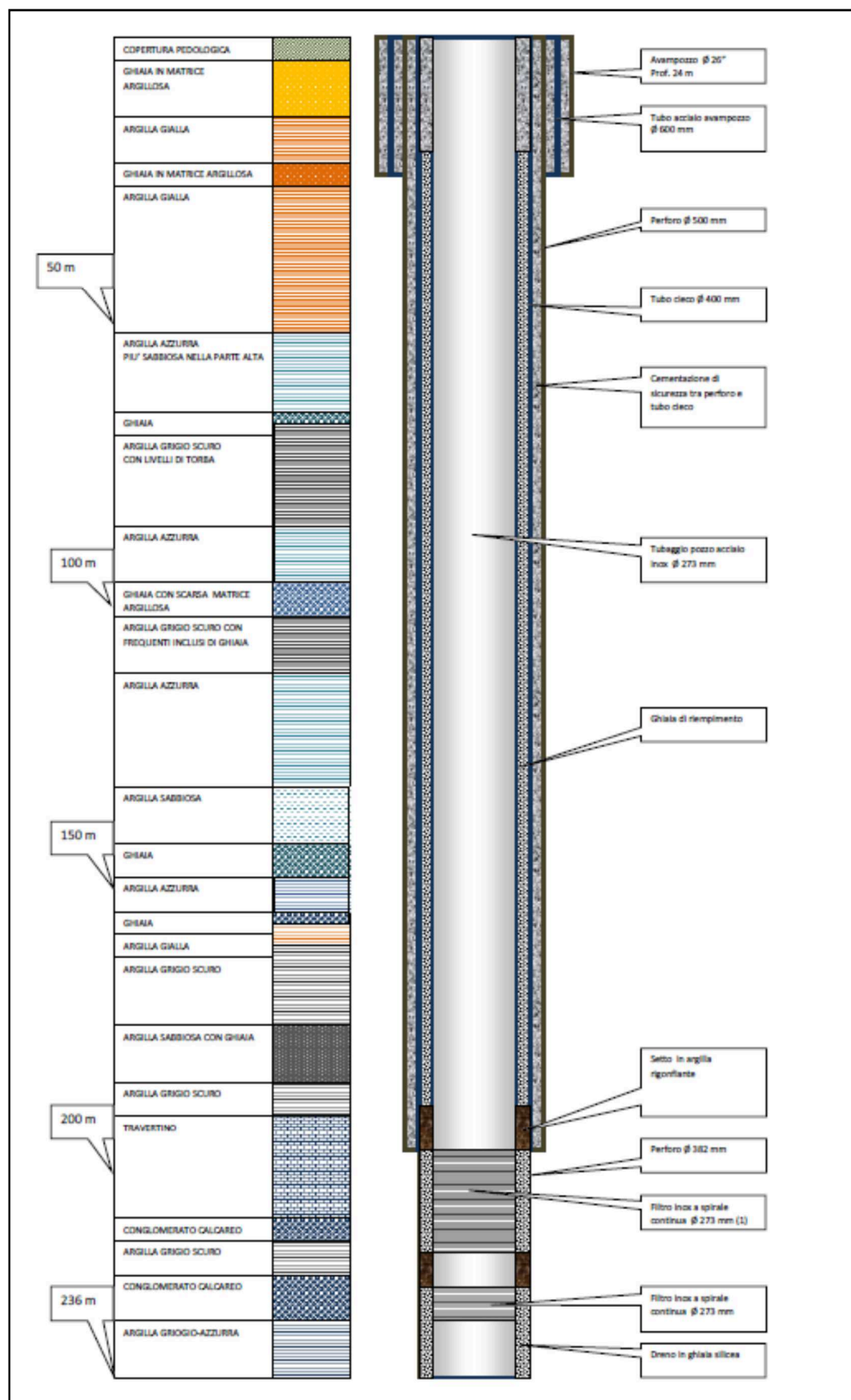


Fig. 5 – Colonna stratigrafica e schema di tubaggio

1.3 – Produttività e parametri idrodinamici dell'acquifero captato.

Al fine di aggiornare le conoscenze circa il comportamento idrodinamico dell'insieme pozzo-acquifero, avendo constatato nel tempo un vistoso fenomeno di "sviluppo" del pozzo, con una conseguente riduzione dell'abbassamento rispetto alle portate emunte, si è proceduto alla esecuzione di una nuova prova a gradini (step drawdown test).

1.3.1 -Prova a gradini di portata crescente (step drawdown test)

Il test è stato eseguito nei giorni 10 -11 agosto 2016, realizzando quattro gradini a portata crescente, misurando contestualmente il livello di stabilizzazione corrispondente a ciascun gradino.

Di seguito sono riportati i valori dei quattro gradini (Q), l'abbassamento corrispondente (S), l'abbassamento specifico (rapporto S/Q), la portata specifica (rapporto S/Q) e il rapporto Q²/S, necessari alla elaborazione delle curve.

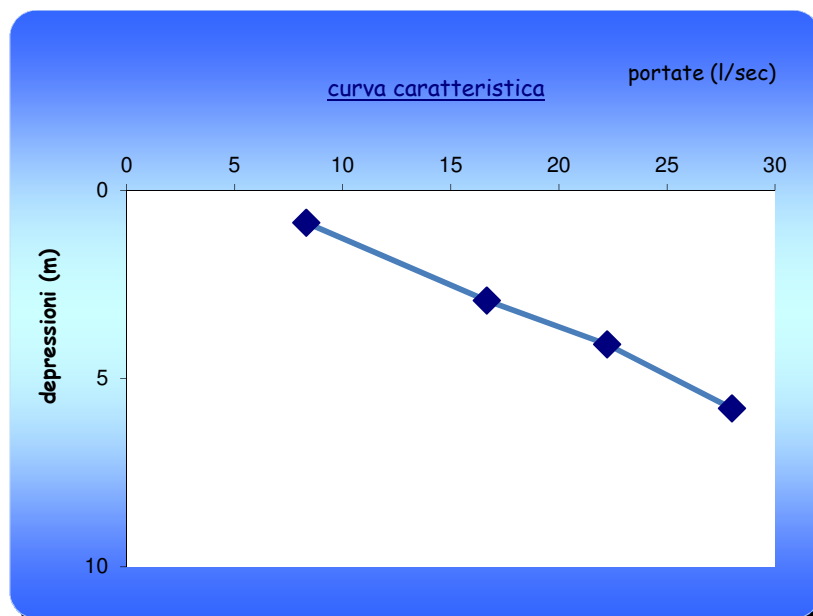
La prova in oggetto, dato il breve tempo a disposizione, ha un carattere speditivo, ciononostante la prova ha fornito utili indicazioni relativamente allo sviluppo del pozzo nel tempo e alle mutate condizioni del comportamento idrodinamico dell'insieme pozzo/acquifero.

	Q (l/sec)	S (m)	S/Q	Q/S	Q ² /S	sta	din
1° gradino	8,300	0,86	0,10	9,65	80,10	33,14	34,00
2° gradino	16,660	2,93	0,18	5,69	94,73	33,14	36,07
3° gradino	22,220	4,09	0,18	5,43	120,72	33,14	37,23
4° gradino	28,000	5,79	0,21	4,84	135,41	33,14	38,93 m

- Curva abbassamenti /portate o "curva caratteristica del pozzo"

Questa curva descrive l'andamento del livello dinamico alle diverse portate, secondo l'equazione di Jacob:

$$S = BQ + CQ^2$$



Dove **S** è l'abbassamento, il coefficiente **B** è individuato dalla intersezione con l'asse degli abbassamenti specifici nel diagramma "abbassamenti specifici/portate" mentre il coefficiente **C** rappresenta l'inclinazione della retta medesima (vedi paragrafo successivo).

E' importante sottolineare che la distanza tra la retta ideale **S=BQ** e la curva reale **S = BQ + CQ²** rappresenta l'entità delle perdite di carico per effetto del moto turbolento nelle zone di accesso dell'acqua nel pozzo.

Nel nostro caso si nota che la curva caratteristica non mostra il flesso relativo al punto critico. Questo significa che tale punto critico non è stato raggiunto durante il test, comportamento idrodinamico indicativo di un acquifero in pressione caratterizzato da un potenziale produttivo estremamente elevato.

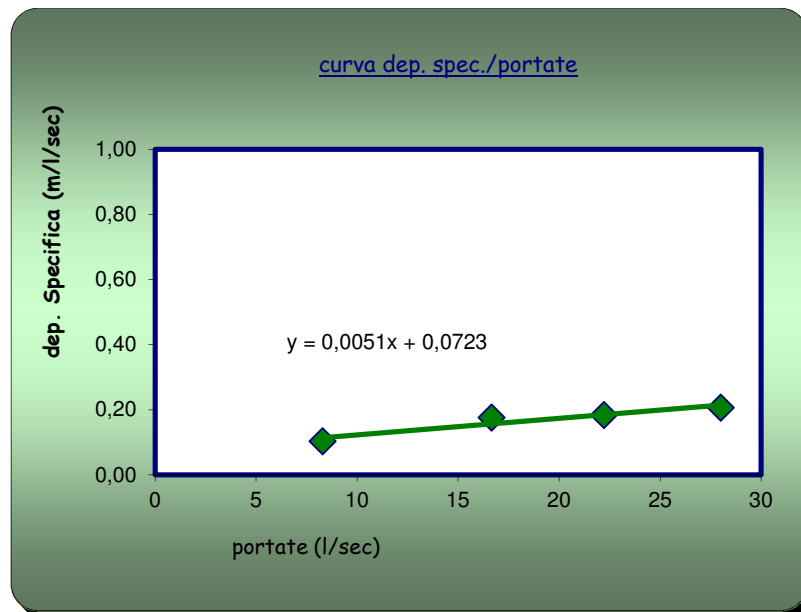
- Retta portate/abbassamenti specifici

La retta permette di calcolare i valori dei coefficienti B e C nella equazione

$$S = BQ + CQ^2$$

Il valore di **B** (intercetta con l'asse **S/Q**) = 0,0051;

la retta ha un andamento poco inclinato, con un angolo minore di 5 gradi.



Si consideri che la retta ha un andamento leggermente interpretativo (medio) per cui la sostituzione nell'equazione fornisce valori approssimativi.

1.3.2 - Osservazioni e caratterizzazione idrodinamica

La prova eseguita consente di osservare che alla considerevole portata di 28 l/sec l'abbassamento risulta di soli 5,79 m.

Questo andamento risulta confermato dalla retta "abbassamenti specifici/ portate" che appare solo leggermente inclinata rispetto all'asse delle portate.

Ovviamente si tratta di una prima interpretazione che scaturisce da una interpolazione grafica non completamente precisa.

Si conferma comunque un comportamento idrodinamico assolutamente soddisfacente, non riscontrando il punto critico almeno sino alla portata di 28 l/sec (100,8 mc/h).

La prova di pompaggio di lunga durata ha dimostrato la buona produttività del pozzo anche in condizioni di sfruttamento prolungato. Tale elemento era già emerso abbastanza chiaramente durante le fasi di spurgo e sviluppo, ma la redazione del diagramma tempi di pompaggio/abbassamento ha permesso di valutare quantitativamente le caratteristiche dell'acquifero, potendosi effettuare il calcolo dei valori di Trasmissività e Permeabilità dell'orizzonte captato.

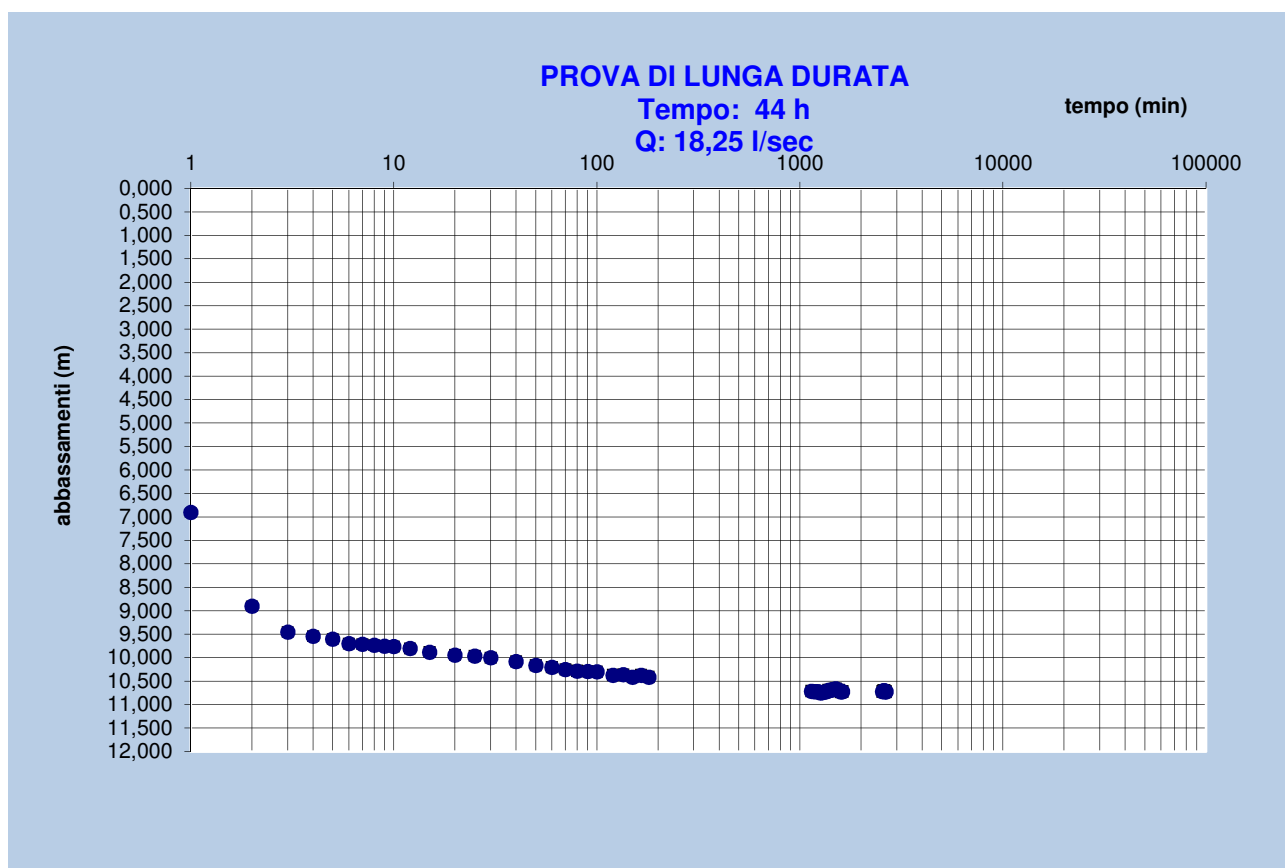
$$T = 6,184 \times 10^{-3} \text{ mq/sec}$$

$$K = 3,09 \times 10^{-4} \text{ m/sec}$$

Una seconda prova di risalita, realizzata a fine luglio 2017, ha evidenziato il livello statico posizionato a -36 m dal piano campagna, un livello dinamico stabilizzato alla portata di 25 l/sec ed un valore della Trasmissività pari a:

$$T_2 = 9,1 \times 10^{-3} \text{ mq/sec}$$

Tali valori, confrontati con i dati di letteratura, risultano elevati.



CAPITOLO 2

GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA.

2.1 – Il contesto geologico.

L'area è compresa nel Foglio 369 (Foglio Sulmona) della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000.

Da un punto di vista geologico - regionale l'area è compresa nell'Appennino Centrale Esterno dove, in particolare, convergono i domini paleogeografici della piattaforma carbonatica laziale - abruzzese (verso Ovest), della scarpata-bacino del Monte Genzana - Monte Greco (a Sud e a Ovest), del Gran Sasso (a Nord) e della piattaforma carbonatica Morrone – Pizzalto/Rotella (verso Est).

Durante la formazione della catena questi domini sono stati disarticolati in unità tettoniche, dislocate lungo elementi tettonici variamente orientati.

Questo settore di catena può quindi dirsi strutturato in un sistema a *thrust*, costituito dalla sovrapposizione di diverse unità tettoniche.

Nell'area del Foglio 369 sono state riconosciute cinque unità tettoniche principali sovrapposte, con vergenza adriatica e con un *trend* arcuato; dall'unità più interna a quella più esterna sono:

- a) Unità Di M. Parasano
- b) Unità Prezza
- c) Unità Morrone
- d) Unità Laga
- e) Unità Cellino – Maiella:

Ciascuna unità tettonica è costituita da successioni litostratigrafiche che sono il prodotto della complessa storia deposizionale e della tettonica sinsedimentaria che ha condizionato l'evoluzione geologica dell'area. *E' importante segnalare, senza entrare nel dettaglio della evoluzione paleogeografica, che le successioni litostratigrafiche sono per la maggior parte costituite da materiali carbonatici e dolomitici, elemento che determina le caratteristiche idrogeologiche di maggior rilievo: l'elevata permeabilità, l'elevato valore di infiltrazione efficace e l'importante capacità di stoccaggio della risorsa idrica.*

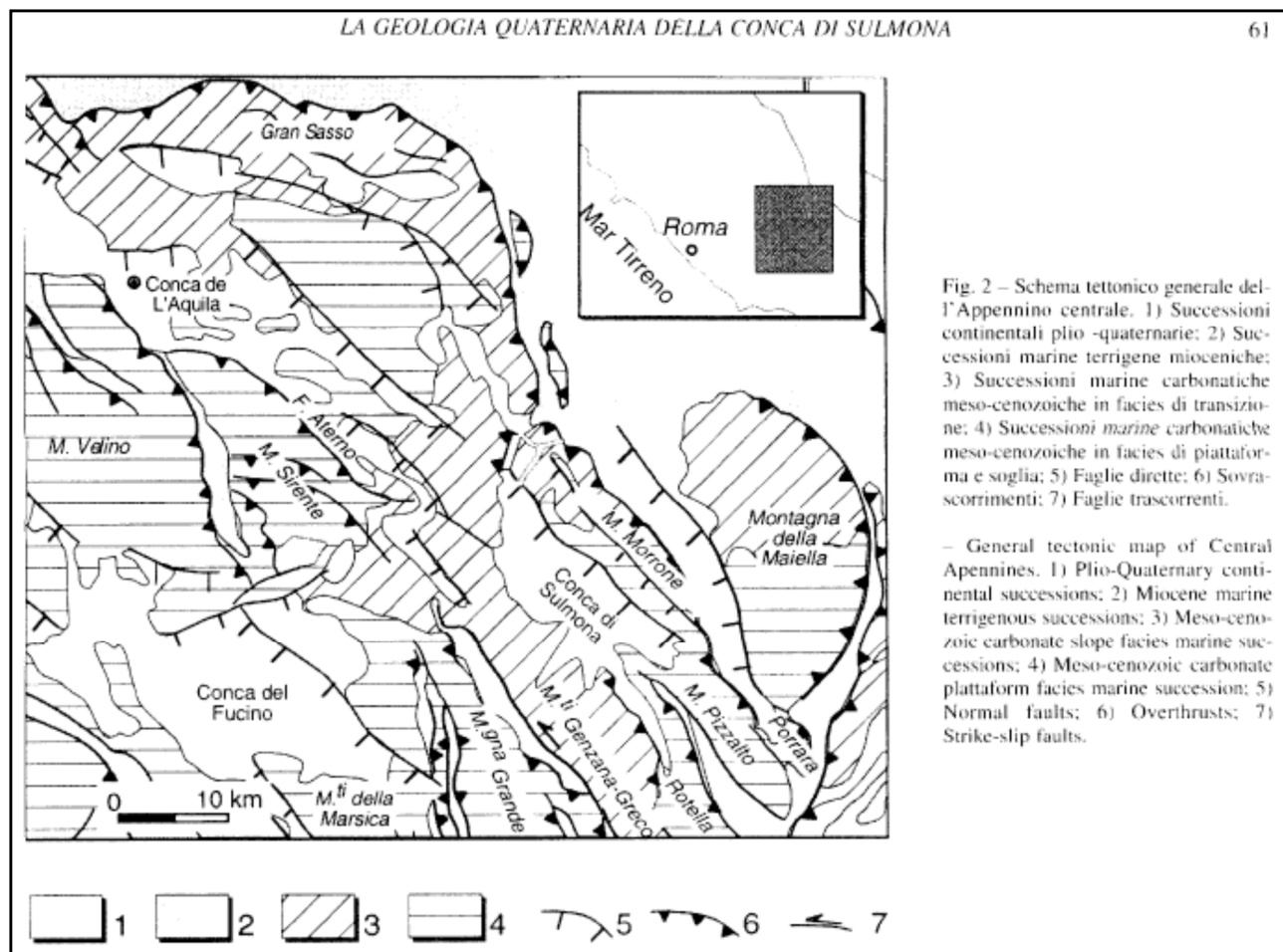


Fig. 6 – Schema strutturale dell'area

Al regime tettonico compressivo, che ha determinato l'impilamento delle diverse unità tettoniche è andato sostituendosi un regime distensivo, probabilmente a partire dal Pliocene superiore; tale regime crea quindi importanti sistemi di faglie dirette che, almeno in parte, riutilizzano elementi tettonici preesistenti ed è responsabile della formazione di bacini in tramontani o "conche", come quella di Sulmona.

Delle cinque unità tettoniche individuate quella del Morrone è prossima al sito di nostro interesse (1,6 km Est) e ne caratterizza il contesto idrogeologico: il settore meridionale dell'unità è rappresentato quasi per intero da depositi di piattaforma carbonatica del Giurassico superiore-Cretaceo inferiore, che poggiano su *litofacies* marginale e di scarpata del Lias medio-superiore. Nelle zone periferiche di colle Mitra, nella parte superiore della successione, affiorano *litofacies* marginali del cretaceo superiore-Paleogene e le Calcareni a Briozoi del Miocene.

Il settore centrale del Morrone è caratterizzato da depositi marginali del Giurassico-Cretaceo inferiore,

Nel settore settentrionale si sviluppavano depositi di scarpata-bacino prossimale che passano superiormente a *litofacies* di rampa (oligo-mioceniche) ed a depositi evaporitici del Messiniano

medio. Il rilievo di Monte Morrone, nella sua parte centrale, è costituito da una monoclinale di formazioni carbonatiche, con giacitura a reggipoggio (pendenze di 25-30 gradi vero Est) dislocata da faglie dirette con andamento sub-parallelo alla *master-fault* di base (anche se non coeve).

Come indicato dalla legenda del **Foglio 369 Sulmona**, la successione delle formazioni, dal basso verso l'alto e' la seguente:

CPL – Calcarei a paleodasycladus; alternanza di calcari, calcari dolomitici e dolomie.
(Sinemuriano sup.)

COLa - Corniola dolomitizzata (Pleinsbachiano-Toarciano sup.)

UOO – Unita' oolitica; Calcareni rosate, prevalentemente oolitiche con rare intercalazioni micritiche (Toarciano sup.- bajociano).

ECO – Calcarei ad echinodermi e coralli; calcari biodetritici ed oolitici con intercalate biocostruzioni corallifere di dimensioni metriche e livelli di calcari micritici bianco grigi. Intercalazioni di brecce a diversi livelli stratigrafici (Bajociano – Oxfordiano).

ELL – calcari a Ellipsactinie (Kimmeridgiano-Titoniano).

L'intera unità tettonica è stata successivamente inglobata nel dominio di avanfossa nel Messiniano superiore. I *Conglomerati di Rigopiano* depositatisi nel Pliocene inferiore, affioranti sulla dorsale e sul versante Nordest del Morrone, rappresentano la sutura del sovrascorrimento dell' Unità del Morrone sulla più esterna Unità della Laga.

I limiti idrogeologici della struttura sono:

- Limite orientale: sovrascorrimento del Morrone sui depositi terrigeni della valle di Caramanico;
- Limite occidentale: faglia bordiera distensiva che mette a contatto le unità carbonatiche con i depositi fluviolacustri della Conca di Sulmona;
- Limite meridionale: corre all'interno delle Gole di Pacentro ed è costituito dal prolungamento meridionale del sovrascorrimento della valle di Caramanico;
- Limite settentrionale: in corrispondenza del sovrascorrimento Gran Sasso- Monte Pica, includendo quindi nella struttura il settore delle gole di Popoli e di Monte Roccatagliata.

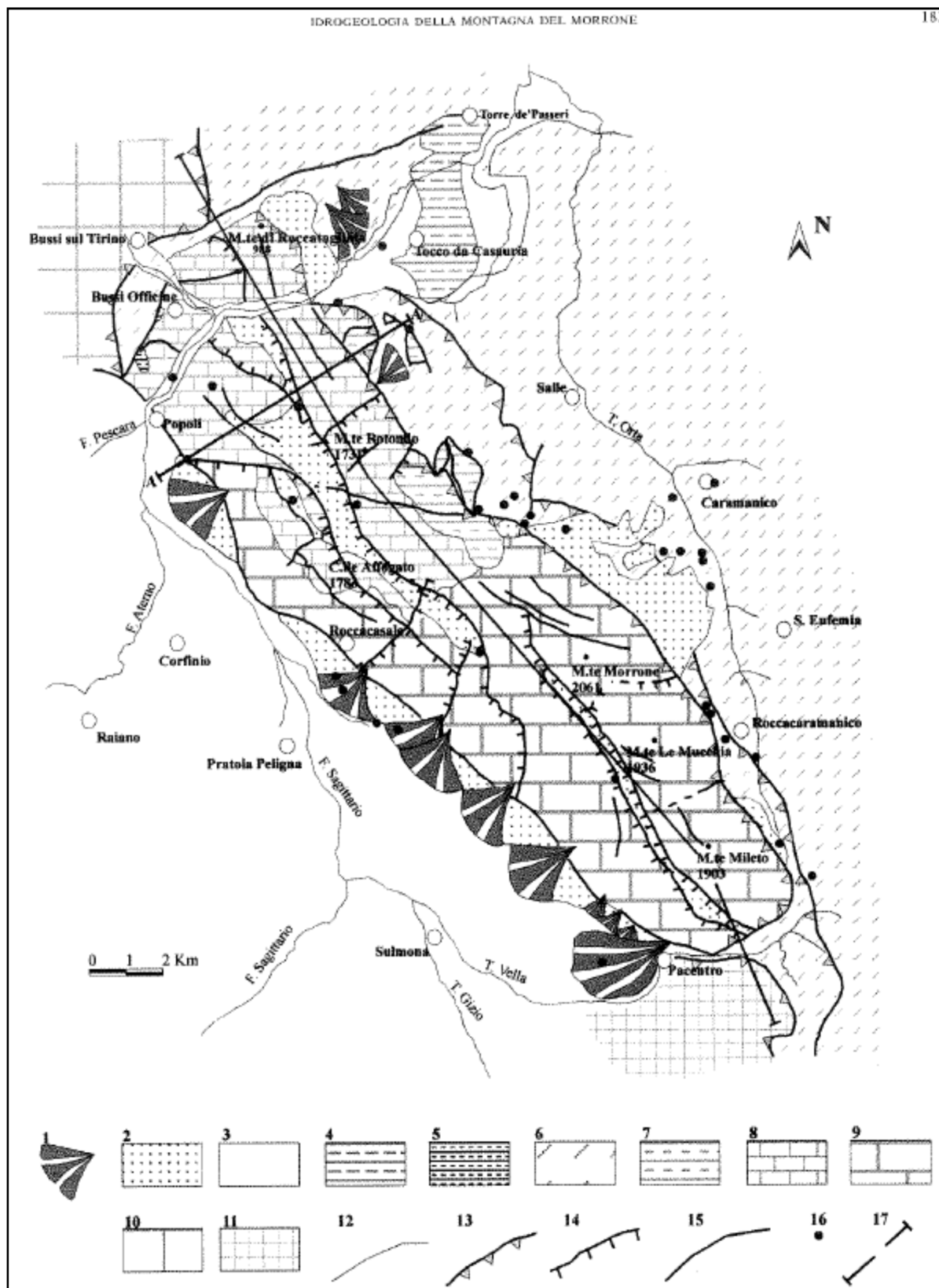


Fig. 7 – schema idrogeologico dell'Unità di M. Te Morrone

2.2 - La conca di Sulmona.

I bacini intramontani sono la più evidente espressione morfologica della tettonica estensionale dell'Italia centrale e la ricostruzione della loro evoluzione stratigrafica, sedimentaria e tettonica costituisce un elemento diagnostico fondamentale per caratterizzare l'evoluzione recente dell'Appennino.

In questo quadro la Conca di Sulmona rappresenta uno dei bacini in tramontani piu' estesi dell'Appennino centrale.

La Conca di Sulmona, analogamente agli altri bacini in tramontani, risulta parzialmente colmata da una complessa successione sedimentaria continentale di età quaternaria, caratterizzata da importanti variazioni di *facies* sia in senso orizzontale che verticale. Benché non sia mai possibile osservare la successione in modo completo, nella parte centrale del bacino, tra la valle dell'Aterno e la bassa valle del Sagittario, i termini continentali risultano esposti per uno spessore complessivo di oltre 150 m, con quote comprese tra i 250 e i 350-400 m s.l.m..

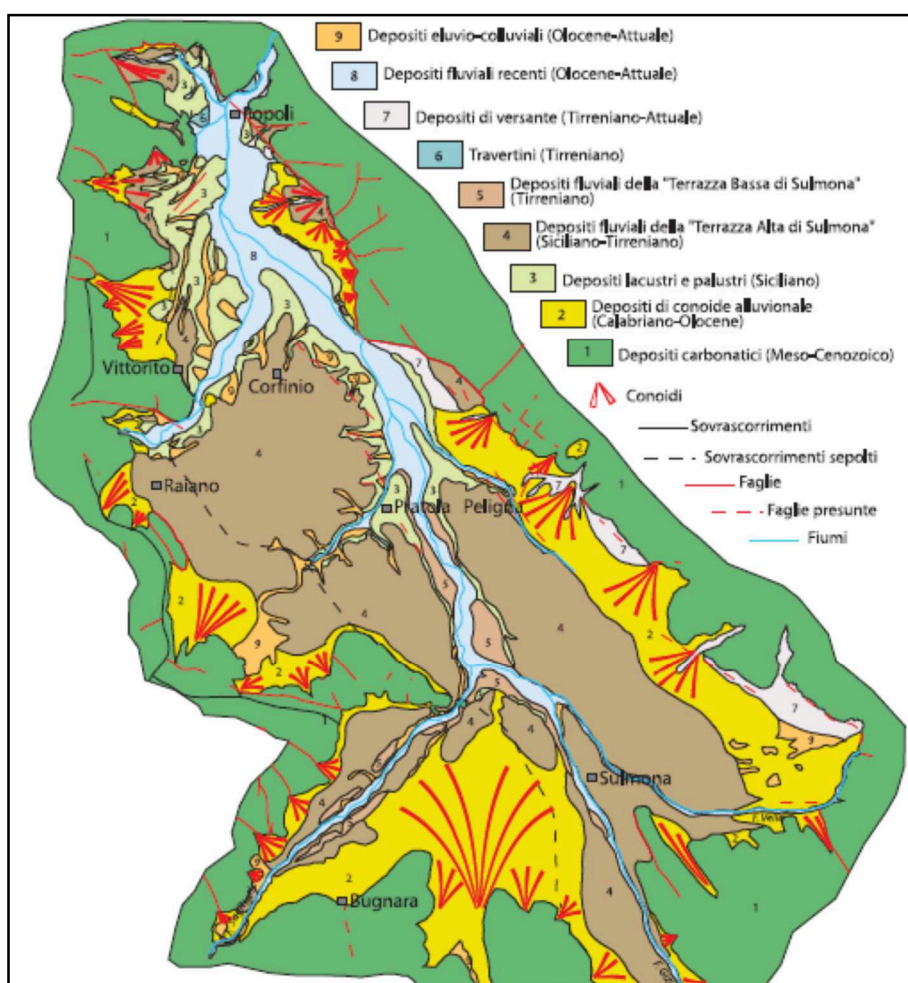


Fig.8 – Schema geologico della Conca di Sulmona (da “Schema idrogeologico della piana di Sulmona” CNR/Gruppo di difesa nazionale dalle catastrofi idrogeologiche)

La perforazione eseguita ha attraversato la formazione superficiale dei depositi fluviali della "terrazza alta di Sulmona", per uno spessore di circa 12,50 m, seguiti da un orizzonte argilloso di circa 10 m di spessore, al di sotto dei quali si rinviene un nuovo orizzonte di depositi fluviali dello spessore di 4-5 m; segue un rilevante spessore di argille lacustri (42 m). La successione sedimentaria attraversata dalla perforazione per circa 435 m (vedi colonna litologica) mostra comunque una dominante argillosa (87%). La mancanza di elementi che permettano una sicura correlazione tra i depositi situati al margine del bacino con quelli presenti all'interno della conca e la mancanza di elementi e dati paleontologici che permettano di fornire una sicura datazione dei depositi rendono difficoltosa la ricostruzione della complessa stratigrafia del bacino.

Rimane difficoltosa anche la determinazione della profondità del bacino medesimo che alcuni studi sembrano aver ampiamente sottovalutato, **anche alla luce del fatto che la perforazione eseguita per la presente ricerca di acqua minerale non ha individuato il substrato sino alla profondità di 435 m dal piano campagna, ed una prospezione geofisica eseguita in foro non rileva orizzonti riflettenti sino a 500 – 600 m di profondità.**

Una sommaria descrizione dei tipi litologici incontrati dalla perforazione del pozzo "Acqua Maja" può rendere ragione della successione sedimentaria sino alla profondità di 435 m da pc.

PROFONDITA' (m)	SPESSORE (m)	DESCRIZIONE LITOLOGICA
0,00 – 12,50	12,50	Ghiaia arrotondata in matrice limo-argillosa
12,50 – 22,00	9,50	argilla
22,00 – 26,00	4,00	Ghiaia arrotondata in matrice argillosa
26,00 – 68,00	42,00	argilla
68,00 – 70,00	2,00	ghiaia
70,00 – 85,00	15,00	Argilla grigia con torba
85,00- 86,00	1,00	ghiaia
86,00 -98,50	12,50	Argilla azzurra
98,50-100,00	1,50	ghiaia
100,00 -113,0	13,00	Argilla scura con ghiaia
113,0 – 133,0	20,00	Argilla azzurra
133,0 – 144,0	11,00	Argilla sabbiosa
144,0 – 149,0	5,00	ghiaia
149,0- 155,0	6,0	Argilla azzurra
155,0- 156,5	1,50	ghiaia
156,5 – 160,0	3,50	Argilla gialla
160,0-174,0	14,00	Argilla scura
174,0- 176,0	2,00	Argilla sabbiosa
176,0-184,0	8,00	Ghiaia in matrice argillosa
184,0 -189,0	5,00	argilla
189,0-190,0	1,00	ghiaia
190,0- 208,0	18,00	Breccia calcarea e travertino
208,0 -211,0	3,00	Conglomerato di grossi ciottoli calcarei bianchi
211,0-218,0	7,00	Argilla scura
218,0- 223,0	5,0	Travertino a base conglomeratica
223,0-248,0	25,00	Argilla grigio-azzurra
248,0 -257,0	9,00	Conglomerato con livelli di argilla
275,0 -340,0	65,00	Argilla da siltosa a molto siltosa, non plastica, con piccoli fossili
340,0-419,0	79,00	Argilla grigia, da molle a molto molle, con intervalli di torba
419,0 – 435,0	16,00	Argilla molto compatta e lignite in grossi frammenti

2.3 – Il contesto idrogeologico.

Il settore di catena appenninica abruzzese di nostro interesse è caratterizzato dalla presenza di una depressione tettonica pliocenica e post pliocenica, la cosiddetta “conca di Sulmona” e dai rilievi che la circondano.

La conca di Sulmona ha un andamento SE – NW, congruo con la direzione tettonica delle principali strutture dell’area, con un asse principale (sempre allungato in direzione SE – NW) di circa 25 km e di ampiezza massima, in direzione ortogonale (NE – SW) di circa 8 km.

La conca è delimitata verso Est NE dal massiccio del Monte Morrone, un rilievo carbonatico – dolomitico dell’altezza massima di 2061 m slm: la zona di margine Conca di Sulmona-M.te Morrone è costituita dal sistema di faglie bordiere, un sistema di faglie dirette dalla inclinazione molto elevata.

Il margine W – SW è costituito da rilievi carbonatici di minore altitudine, di cui il più elevato è M.te Prezza che raggiunge i 1350 m slm e che ha una sua digitazione verso NE che costituisce il M.te S. Cosimo.

Il Margine W – SW, interrotto verso Sud dall’incisione del Fiume Sagittario, ha un andamento più frastagliato.

Secondo questa ricostruzione la conca appare quindi come un Half – Graben, cioè un graben asimmetrico il cui lato Orientale e’ delimitato da una struttura tettonica mentre i rilievi del lato occidentale degradano al di sotto della copertura di depositi continentali della conca. Si può quindi ipotizzare che il fondo della depressione tettonica (che poi costituisce la base litoide sulla quale si imposta la sedimentazione continentale) abbia un andamento fortemente inclinato da W – SW verso E – SE; la profondità massima di questa depressione non è nota ma, sulla base della perforazione del pozzo “acqua Maja” (435 m dal pc) e delle indagini geofisiche eseguite in foro si ipotizza che il substrato possa collocarsi intorno ai 600 m di profondità dal pc.

Una recente pubblicazione (*Valutazione preliminare della risposta sismica locale del bacino di Sulmona – Di Buccio, Aprile, Pagliaroli, Di Domenica, Pizzi- Matera 2017*)

Modifica in parte questo modello, introducendo una faglia Antitetica lungo il versante Ovest della conca; Tale interpretazione (esistenza della faglia antitetica) risulta ampiamente plausibile, mentre riteniamo sottostimata la profondità del bedrock che, come specificato sopra, risulta più profondo di quanto illustrato in sezione.

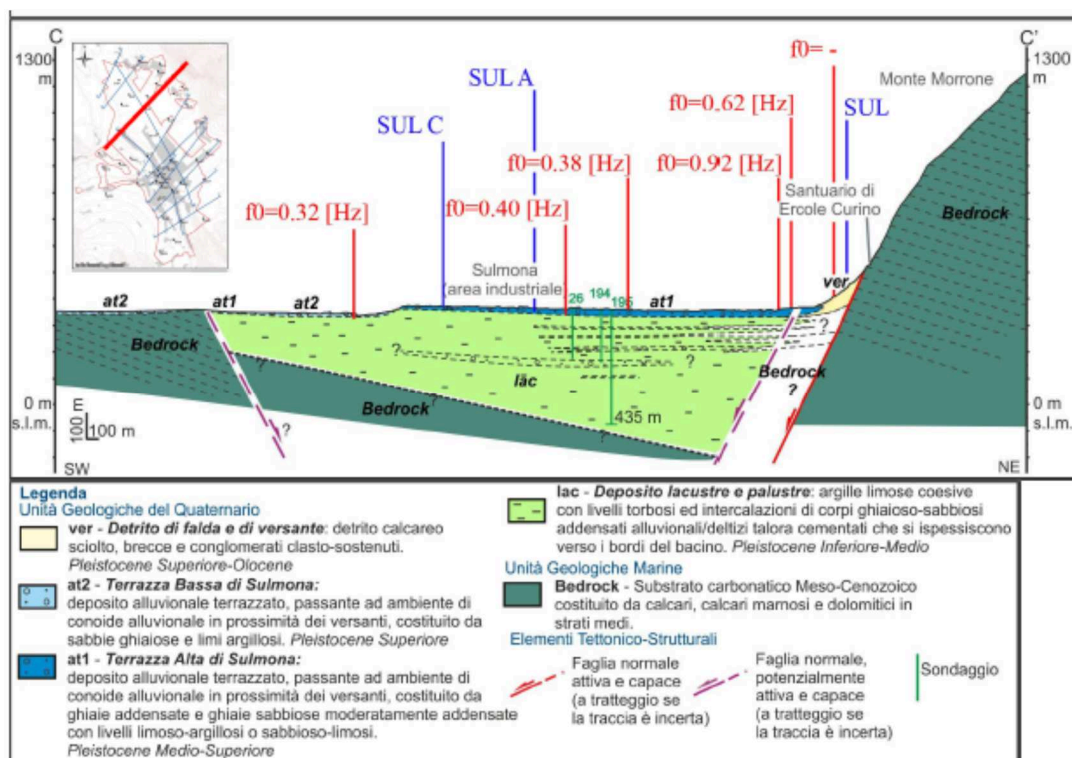


Fig. 9 – Nuova interpretazione del margine occidentale della conca (vedi testo)

Come ovvio, al piede dei rilievi contermini sono presenti conoidi di deiezione e accumuli detritici che risultano dai processi erosivi di smantellamento dei rilievi medesimi. Durante la storia sedimentaria della depressione la formazione di conoidi e accumuli pedemontani si è ripetuta numerose volte, cosicché si ha una successione verticale di conoidi marginali che si interdigita con i sedimenti lacustri e palustri della conca.

Il riempimento della depressione è quindi costituito da una successione di sedimenti prevalentemente lacustri e palustri (argille e limi) intercalati da orizzonti ghiaiosi, talora conglomeratici, corrispondenti ai depositi degli antichi corsi fluviali.

Il tetto della successione sedimentaria della conca è costituito da depositi di ghiaie e conglomerati a matrice sabbiosa con lenti limo argillose; tale deposito è noto come "Terrazza alta di Sulmona".

Tale ricostruzione viene confermata e delineata nella recente pubblicazione "Schema idrogeologico della Piana di Sulmona (AQ)" ad opera del CNR – Gruppo Nazionale di Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche – che così schematizza i complessi acquiferi dell'area d'indagine:

A**COMPLESSO DEI DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI**

Tale complesso si individua in corrispondenza dei fondovalle attraversati dai fiumi che scorrono nella Valle Peligna, con una estensione di circa 17 Km². I depositi alluvionali recenti sono costituiti da limi sabbiosi ed argillosi con lenti ghiaiose e sabbiose più o meno potenti. Gli spessori sono complessivamente modesti e variabili da 10 m ad oltre 20 m. Il tipo di permeabilità è per porosità mentre il grado di permeabilità relativo è medio. Sono sede di un corpo acquifero che presenta rapporti stretti con le acque dei corpi idrici superficiali, con il complesso delle conoidi alluvionali ed in alcuni casi con le falde idriche dei massicci carbonatici adiacenti.

B**COMPLESSO DEI DEPOSITI ALLUVIONALI DELLA "TERRAZZA ALTA DI SULMONA"**

Questo complesso idrogeologico è individuato nella parte occidentale della Piana di Sulmona, nell'area compresa tra gli abitati di Raiano, Prezza, Pratola Peligna e Corfinio, e nella parte orientale, nell'area compresa tra gli abitati di Pacentro e Bagnaturo. Si ritrovano lembi di tale complesso in corrispondenza degli abitati di Vittorito e Sulmona e in alcune zone ai bordi della conoide alluvionale di Introdacqua. Esso occupa una superficie di quasi 50 Km². Il complesso idrogeologico dei depositi alluvionali della "Terrazza alta di Sulmona" è costituito da depositi fortemente eterometrici costituiti da ghiaie e conglomerati a matrice sabbiosa e limosa alternata a lenti di limo sabbioso ed argilloso di vario spessore e di varia estensione. Sono frequenti i livelli argillosi, torbosi e vulcanoclastici. Lo spessore è variabile e pari a circa 10 m nella zona di Bagnaturo, a 10-20 m nella zona di Pratola Peligna, a 50-60 m nei pressi di Raiano e a 10-30 m nei pressi di Prezza. Questo complesso è altamente permeabile per porosità ed è sede di una falda acquifera di tipo monostrato, anche se localmente possono essere presenti livelli acquiferi multistrato dovuti alla presenza di materiale a minore permeabilità. Questi depositi hanno caratteristiche idrauliche simili ai depositi di conoide alluvionale che spesso sono interdigitati. La falda acquifera in essi contenuta è pertanto unica. Per effetto delle fasi erosive legate alla dinamica fluviale il complesso idrogeologico delle alluvioni della "Terrazza alta di Sulmona" è stato frammentato in più corpi acquiferi, dei quali quelli con la maggiore estensione si sviluppano nell'area occidentale e in quella orientale della vallata.

C**COMPLESSO LACUSTRE E PALUSTRE**

Il complesso lacustre e palustre è presente in affioramento nella zona di Popoli e Vittorito, inoltre, ai bordi degli stretti fondovalle dei principali corsi d'acqua, nella zona di Sulmona, Pratola Peligna, Raiano e Corfinio. Occupa un'area di circa 12 Km². Questo complesso è costituito da limi in matrice prevalentemente sabbiosa e argillosa con intercalazioni di livelli e lenti di sabbia, ghiaia, argilla, torbe e vulcanoclastiti. Svolgono il ruolo di impermeabile relativo avendo un grado di permeabilità relativo basso. Rappresentano il substrato dei depositi alluvionali, impediscono il collegamento idraulico fra i depositi alluvionali recenti e quelli della "Terrazza alta di Sulmona", tamponano lateralmente le falde contenute nelle conoidi alluvionali e limitano i travasi d'acqua dalle falde di base dei massicci carbonatici che cingono la pianura. In alcuni casi, il complesso lacustre e palustre è sede di falde acquifere confinate in pressione e artesiane anche di notevole potenzialità idrica, all'interno dei livelli più permeabili. Gli spessori raggiunti da questo complesso sono variabili all'interno della Conca raggiungendo i massimi valori nella parte centrale (Di Filippo et al., 1997) con alcune centinaia di metri.

D**COMPLESSO DELLE CONOIDI ALLUVIONALI**

E' costituito dalle conoidi alluvionali situate alle pendici dei rilievi carbonatici che cingono la Piana di Sulmona. Le massime estensioni si incontrano lungo le pendici occidentali del M.te Morrone e nella parte meridionale della vallata in prossimità dell'abitato di Introdacqua. Le conoidi alluvionali della struttura del M.te Prezza sono invece, almeno in affioramento, di minore estensione areale. Il complesso delle conoidi alluvionali ha un'estensione areale di circa 50 Km² ed è costituito da depositi fortemente eterogenei ed eterometrici in prevalenza detrito calcareo, brecce, conglomerati in matrice sabbiosa-limosa con intercalazioni limose. Gli spessori in affioramento sono variabili e compresi tra i 10 m ad oltre 100 m. Questo complesso è altamente permeabile per porosità ed è sede di una falda acquifera di tipo monostrato. Localmente non si esclude la possibilità di falde sovrapposte separate sia per la presenza di intercalazioni limose, sia per le interdigitazioni con i depositi lacustri della pianura. Le falde del complesso delle conoidi alluvionali possono essere in collegamento idraulico con le falde dei massicci carbonatici adiacenti la Piana di Sulmona, soprattutto laddove le conoidi raggiungono spessori consistenti. Esse inoltre sono in collegamento idraulico con le falde dei depositi della piana. Esiste una sostanziale continuità idraulica tra questo complesso e quello della "Terrazza alta di Sulmona". Inoltre sono presenti pozzi in pressione e artesiani in corrispondenza degli abitati di Roccacasale, Bagnaturo, Sulmona e Vittorito, che intercettano falde idriche confinate poste nei livelli più grossolani presenti all'interno del complesso dei depositi limosi lacustri e palustri.

E**COMPLESSO DEI DEPOSITI CARBONATICI**

Tale complesso è costituito dai depositi carbonatici dei rilievi montuosi adiacenti la Piana di Sulmona. Essi sono in prevalenza costituiti da calcari, calcari marnosi, dolomie dallo spessore elevato compreso fra le centinaia e le migliaia di metri. Il grado di permeabilità relativo è elevato mentre la tipologia di permeabilità è per fessurazione e carsismo. Sono sede di potenti acquiferi dalle enormi potenzialità idriche. Si individuano numerose emergenze della falda di base di tali depositi in corrispondenza della Valle Peligna. Spesso tali sorgenti si ubicano al contatto con il complesso idrogeologico lacustre a minore permeabilità. Gli interscambi idrici con i depositi alluvionali non sono esclusi soprattutto nella parte settentrionale della vallata.

La Carta idrogeologica del Piano di tutela delle acque della Regione Abruzzo (vedi stralcio) indica le principali direzioni di scorrimento di falda nel complesso dei depositi carbonatici.

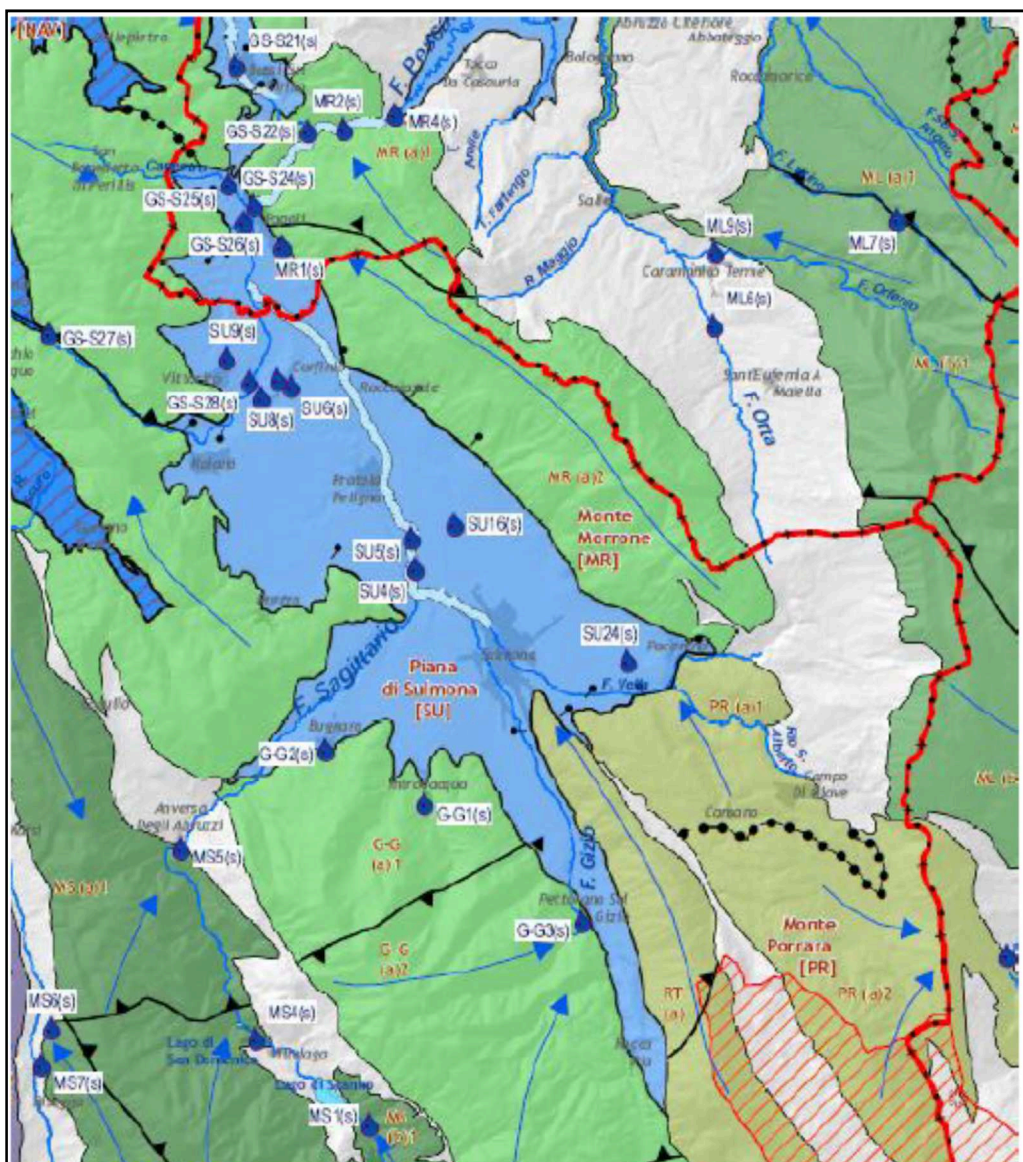


Fig. 10 – Carta idrogeologica (stralcio da Piano di Tutela delle Acque Regione Abruzzo)

2.4 – Posizione ed estensione dell'acquifero captato.

Come illustrato al capitolo 1, il pozzo “Acqua Maja” afferisce ad un livello di travertino a base conglomeratica posto alla profondità di 198 m dal pc, **quindi tale livello e’ compreso nel Complesso “C” lacustre e palustre della piana di Sulmona**. Tale orizzonte ad oggi risulta individuato fisicamente solo dal pozzo Acqua Maja.

In virtù di una campagna di indagini geofisiche (misure di microtrecore) eseguite solo nelle pertinenze dello stabilimento l'orizzonte travertino-conglomeratico riflettente venne erroneamente interpretato dagli estensori dell'indagine come il tetto del substrato carbonatico, la perforazione ha invece oltrepassato tale orizzonte individuando una

successione di terreni prevalentemente argillosi (argille grigie molto compatte con abbondanti frammenti di lignite) sino alla profondità di 435 m dal pc.

Rimaneva quindi aperto il problema della estensione laterale di questo orizzonte che, viste le notevoli capacità produttive, **non poteva essere considerato una falda sospesa lateralmente limitata dalle argille lacustri.**

La nostra interpretazione individua nel collegamento con una delle conoidi sepolte al margine orientale del bacino la possibile alimentazione principale, secondo lo schema sotto illustrato:

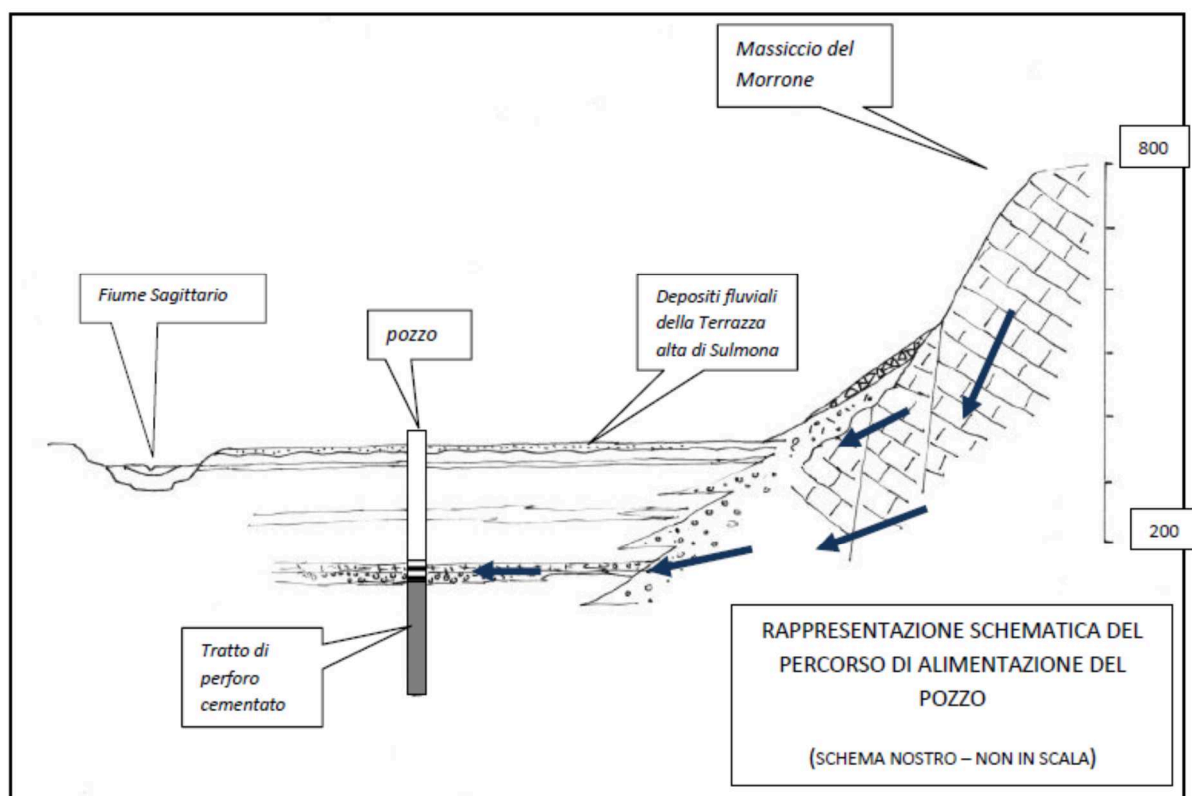


Fig. 11 – Ipotesi di alimentazione laterale (nostro schema)

Tale interpretazione trova parziale conferma nello studio di microzonazione simica del Comune di Sulmona, **nel quale sono state individuate conferme geofisiche della posizione stratigrafica dell'orizzonte intercettato** e della sua estensione laterale che, secondo le sezioni "L - L'" e "M- M'" che corrono lungo l'asse centrale della conca con direzione S SE verso N NW, **si originerebbe da una conoide pedemontana del margine Sud SE, approfondendosi verso Nord NW.**

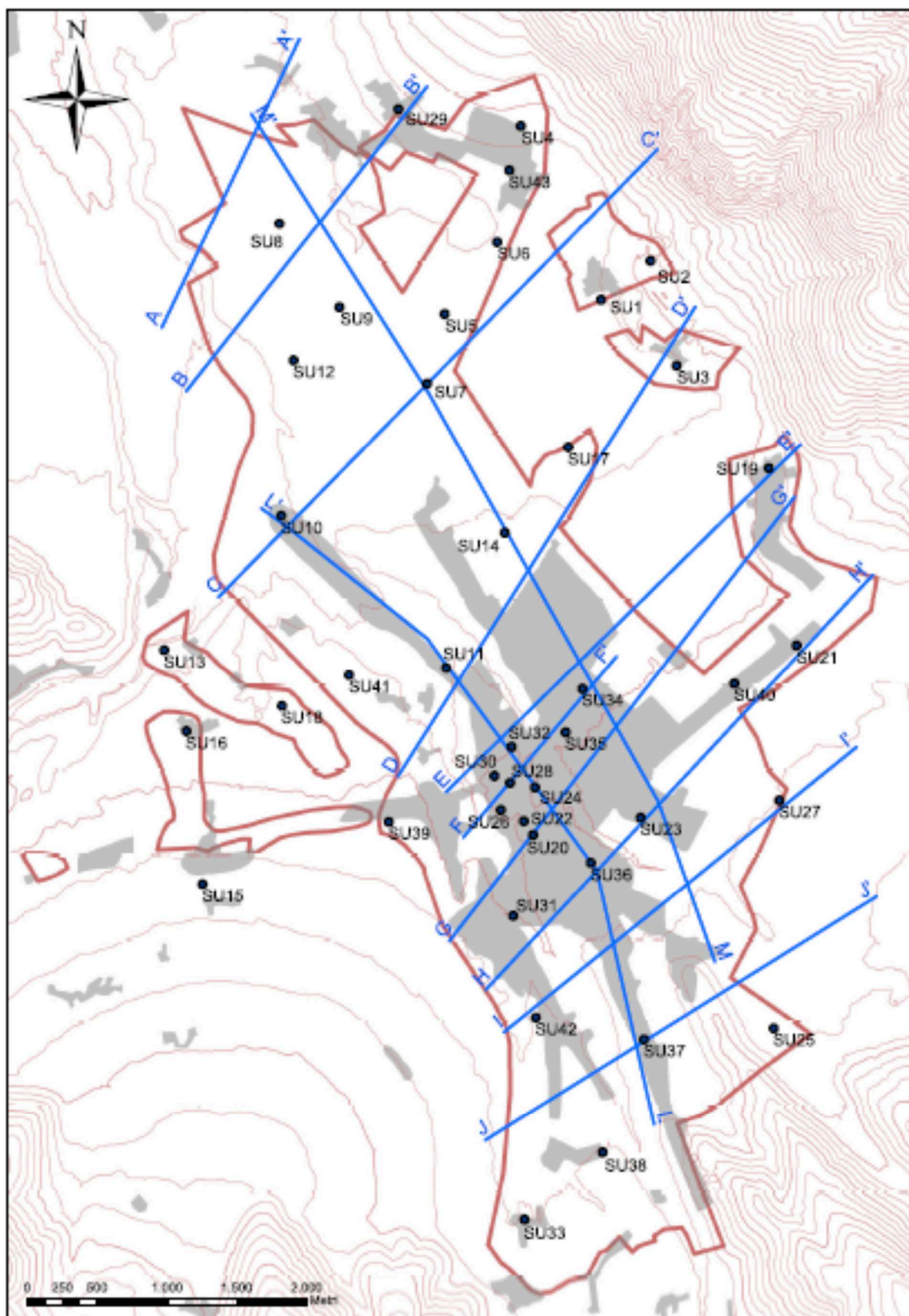


Fig. 12 – Studio di Microzonazione sismica – traccia delle sezione

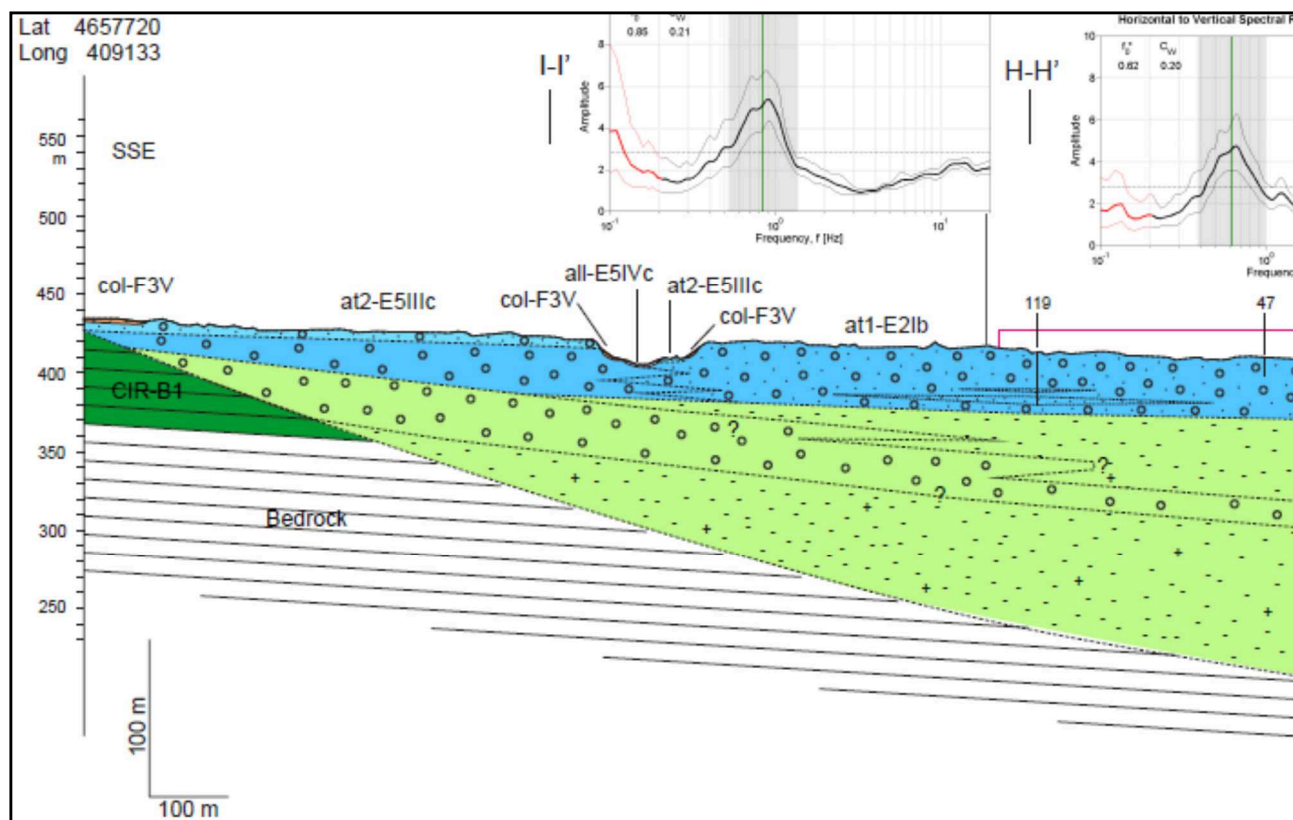


Fig. 13 – Studio di microzonazione sismica – particolare SSE della sezione L – L', si notino i rapporti tra la conoide sepolta, l'acquifero e l'alveo superficiale.

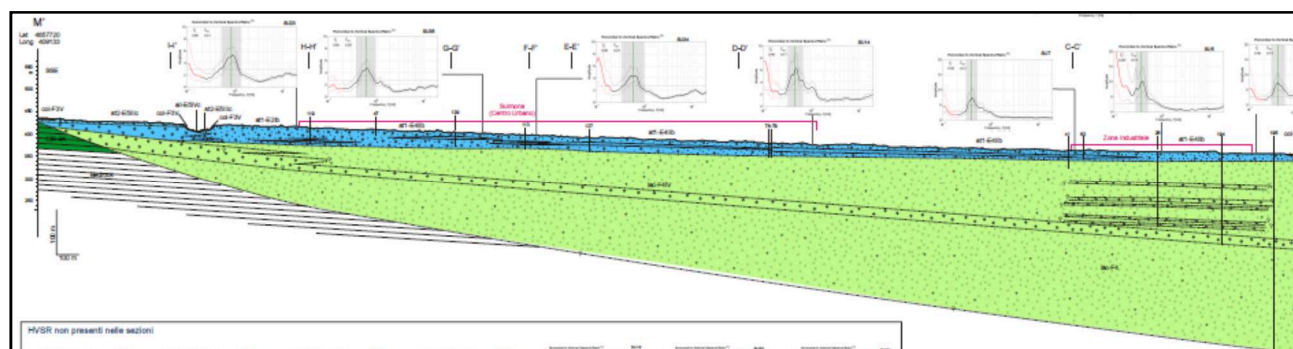


Fig. 14 – Studio di microzonazione sismica – Sezione M – M', si notino i rapporti della conoide al margine SSE con l'acquifero ed il pozzo acqua Maja al margine NNW della sezione.

La sezione trasversale "C – C'", l'unica che interessi uno spessore rilevante e che intercetta l'acquifero in questione, lascia aperto il problema della alimentazione laterale; il margine orientale viene rappresentato in maniera molto simile al nostro schema, ma non viene rappresentato il collegamento del livello acquifero con il complesso delle conoidi laterali.

L'esistenza di tale collegamento viene invece confermata da diverse osservazioni:

- le indagini geofisiche da noi eseguite, dalle quali risulta che l'orizzonte acquifero in oggetto si estende in prossimità del margine orientale;
- dalla elevata produttività dell'acquifero, che richiede un collegamento idraulico molto efficiente con l'area di alimentazione;
- dal dato idrochimico, che indica una sostanziale analogia della composizione delle acque del Pozzo "acqua Maja" con le acque di circolazione del M.te Morrone.

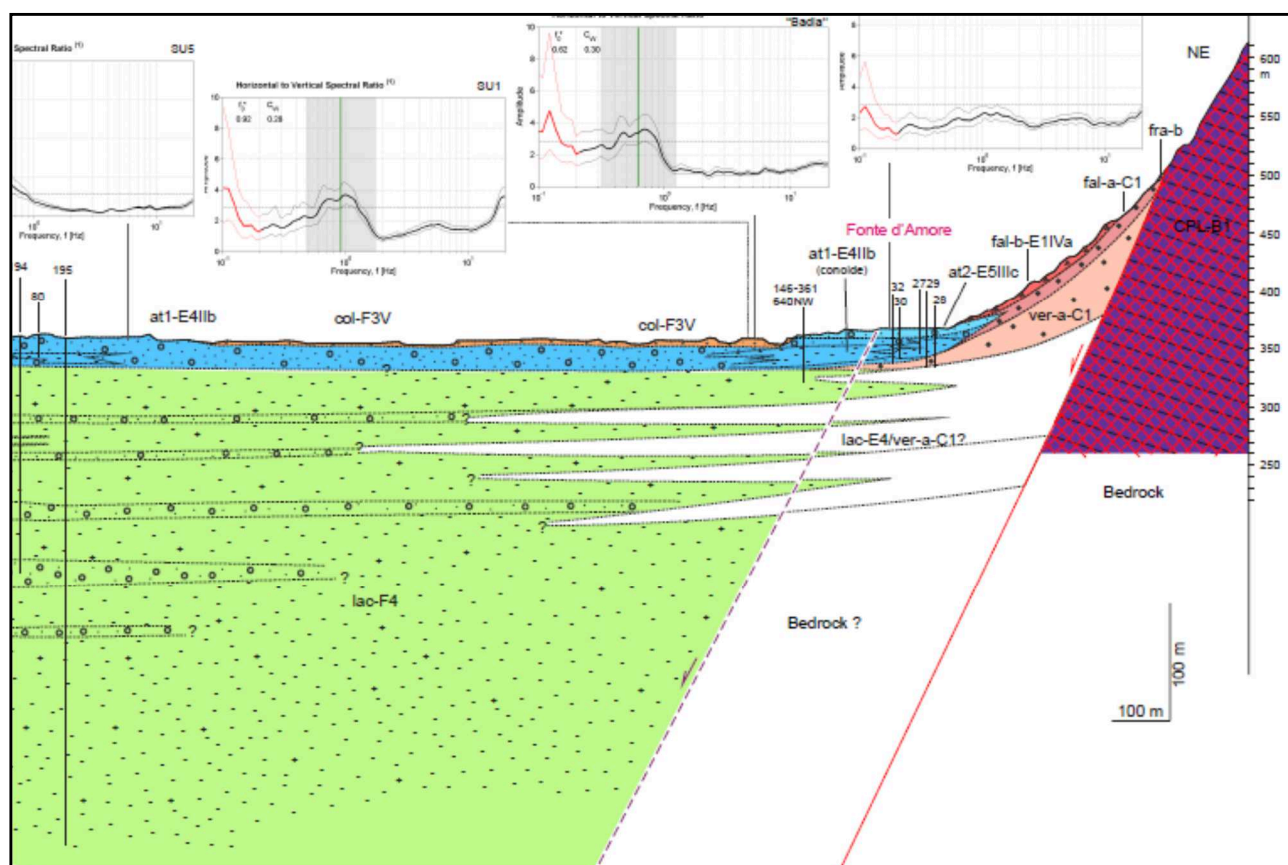


Fig. 15 – Studio di microzonazione sismica – particolare NE della sezione C – C'

In sintesi possiamo dire che, integrando lo Studio di Microzonazione sismica con i nostri dati, l'orizzonte acquifero produttivo dell'acqua Maja si origina dalla estremità SSE della Conca, approfondendosi verso Nord N – NE (oltre i 325 m di profondità dal pc) e, lateralmente, lambisce il bordo orientale del bacino ricevendo una cospicua quota di alimentazione. Più problematica (ma non esclusa con certezza) la possibilità di un rapporto idraulico con il margine occidentale.

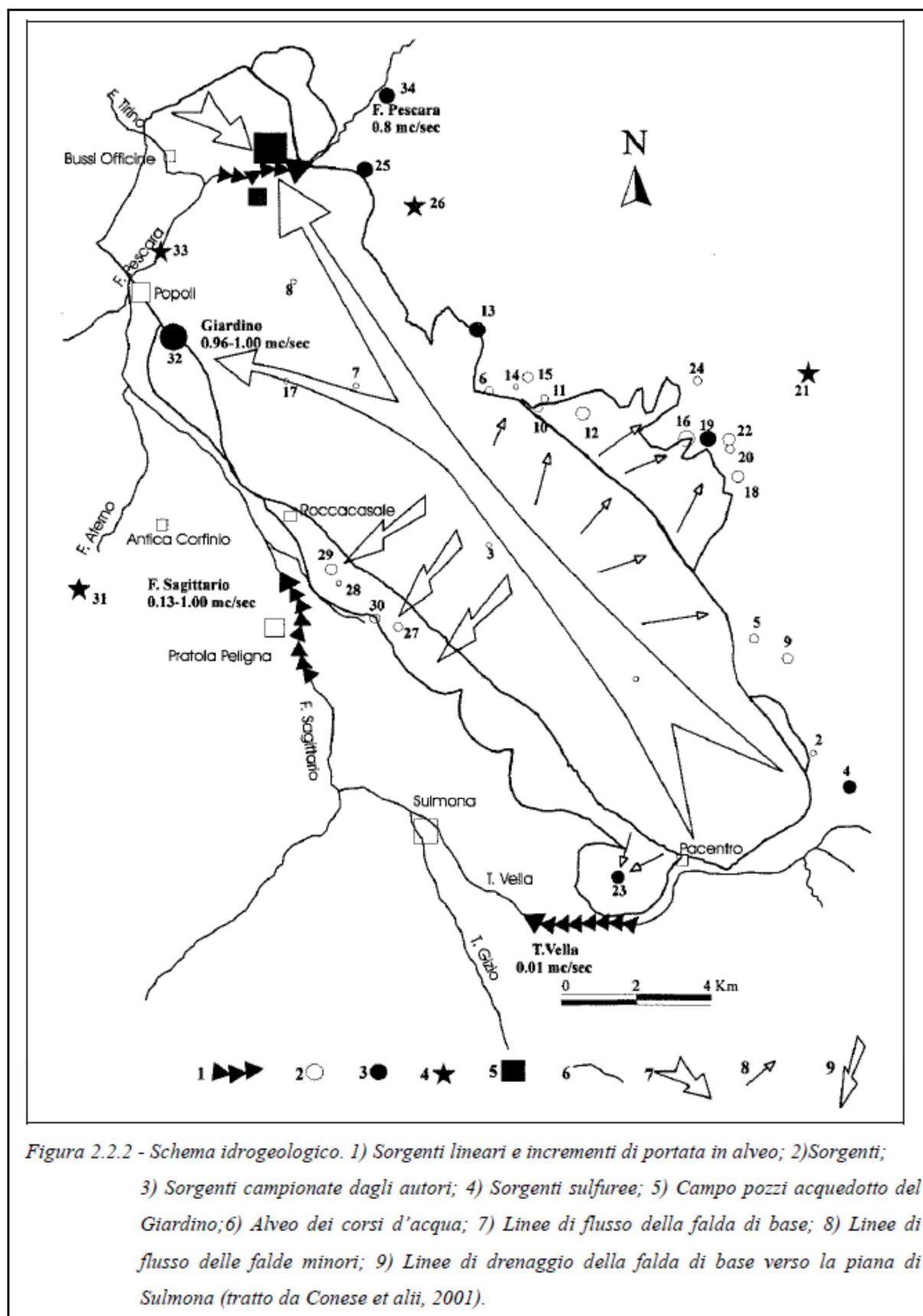


Fig. 16 – Schema idrogeologico e direzioni di flusso del massiccio di M.te Morrone (M. Conese et alii, *Idrogeologia della Montagna del Morrone*)

2.5 – Indagine geofisica eseguita nel presente studio.

Al fine di integrare e approfondire le conoscenze relative alla posizione stratigrafica e alla estensione spaziale dell'orizzonte acquifero che alimenta il pozzo "acqua Maja", è stata eseguita una indagine geofisica consistente nella esecuzione di misure di microtremore a stazione singola.

Lo strumento impiegato è un sismografo AMBROGEO "ECHO 2010", per la ricezione dei segnali è stato utilizzato un geofono a tre componenti 3D CGE con frequenza propria dei sensori (velocimetri) di 2Hz, dotato di sistema di livellamento.

I dati sono stati elaborati mediante il software di acquisizione "EchoXe 4" che consente la visualizzazione delle registrazioni effettuate e la regolazione dei parametri di acquisizione prima di ogni registrazione.

Le acquisizioni del rumore ambientale sono avvenute con tempi di registrazione variabili tra 10 e 20 minuti e con frequenze di campionamento di 156 Hz.

La serie di misure di microtremore è stata eseguita su 21 punti stazione distribuiti attorno all'impianto d'imbottigliamento entro una distanza massima di circa 3km. Ogni registrazione è avvenuta orientando l'asse orizzontale predefinito del geofono parallelamente alla direzione N-S.

La campagna geofisica è stata eseguita dalla società GEOPROSPEZIONI s.n.c di Pisa, la relazione metodologica completa, la cartografia e le schede relative a ciascuna stazione di misura sono in allegato.

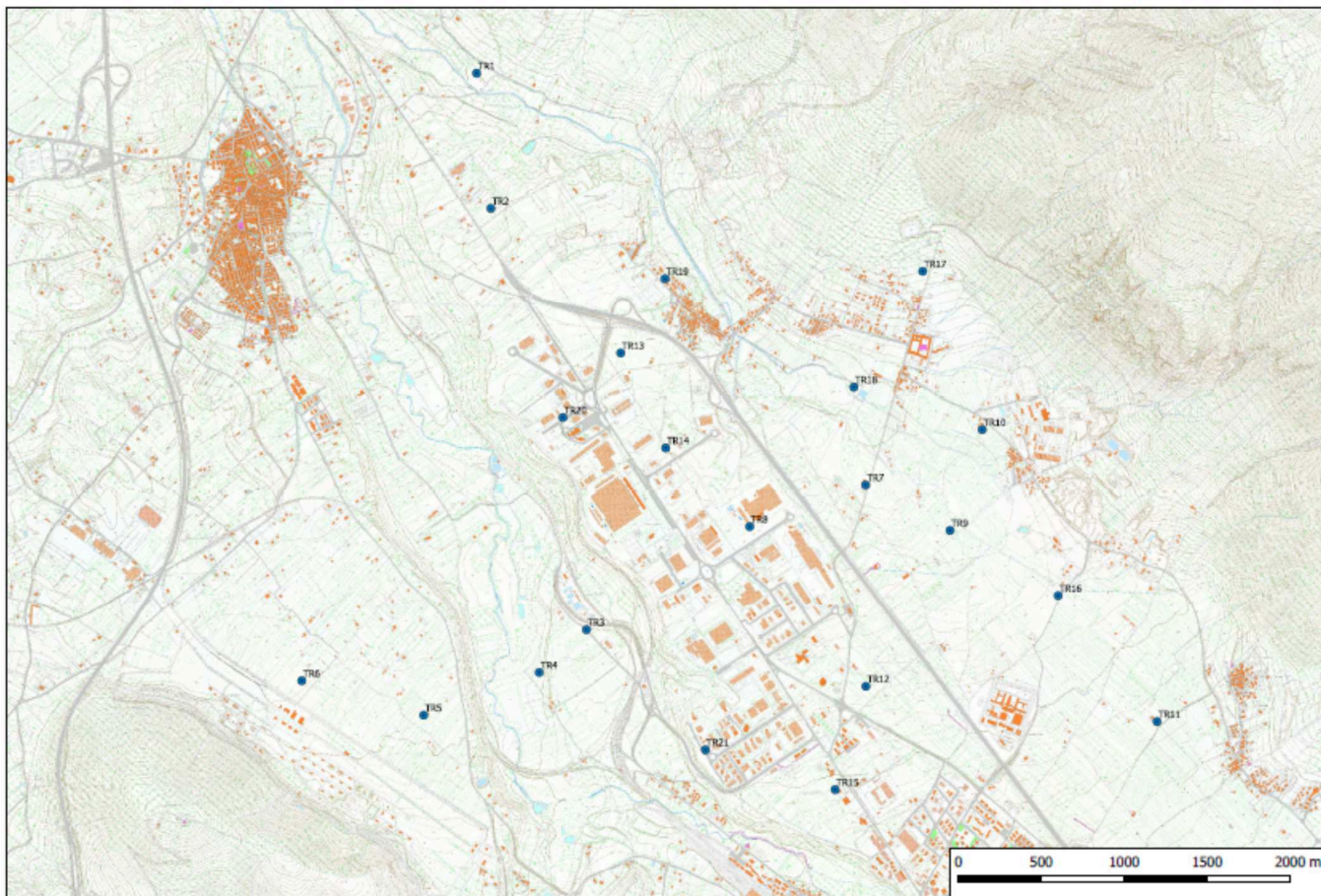


Fig. 17 – Ubicazione delle stazioni di misura (originale in allegato)

Ciascuna stazione di misura è stata posizionata e quotata sul livello del mare ed è stato individuato il livello slm degli orizzonti riflettenti.

In azzurro sono evidenziati i riflettori attribuibili all'orizzonte acquifero captato (ghiaia cementata), in grigio gli orizzonti in ghiaia, in verde il riflettore interpretabile come bedrock. La lettura incrociata della tabella con la pianta delle ubicazioni permette di individuare gli andamenti d'interesse.

Gli andamenti sono in buon accordo con le sezioni dello studio di microzonazione sismica e, in ogni caso, confermano l'estensione areale del livello acquifero d'interesse.

STAZIONE	FREQUENZA DI PICCO PRINCIPALE Hz	AMPIEZZA DEL PICCO PRINCIPALE	PROFONDITA' DAL PIANO CAMPAGNA	QUOTA slm DEL PIANO CAMPAGNA m	QUOTA slm DEL RIFLETTORE m slm	NATURA DEL RIFLETTORE
TR1	0,5	2,1	190	310	120	GHIAIA CEMENTATA
TR2	0,4	3,5	237	345	108	GHIAIA CEMENTATA
TR3	0,5	1,9	190	330	140	GHIAIA CEMENTATA
TR4	0,6	1,7	156	330	172	GHIAIA CEMENTATA
TR5	1,0	1,7	95	370	275	BEDROCK
TR6	1,4	2,6	68	350	282	BEDROCK
TR7	0,8	3,6	119	350	282	GHIAIA
TR8	0,5	2,2	190	355	165	GHIAIA CEMENTATA
TR9	0,7	2,3	136	354	218	GHIAIA
TR10	0,9	2,4	105	355	250	GHIAIA
TR11	0,9	3,6	105	389	284	GHIAIA
TR12	0,9	4,5	105	374	269	GHIAIA
TR13	0,5	1,9	190	354	164	GHIAIA CEMENTATA
TR14	0,9	2,4	105	360	255	GHIAIA
TR15	1,4	1,2	68	380	312	GHIAIA
TR16	0,9	2,3	105	364	259	GHIAIA
TR17	0,8	2,1	119	400	281	BEDROCK
TR18	0,5	4,0	190	350	160	GHIAIA CEMENTATA
TR19	0,6	3,9	158	347	189	GHIAIA CEMENTATA
TR20	0,4	4,5	237	350	113	GHIAIA CEMENTATA
TR21	1,7	1,9	56	369	313	GHIAIA

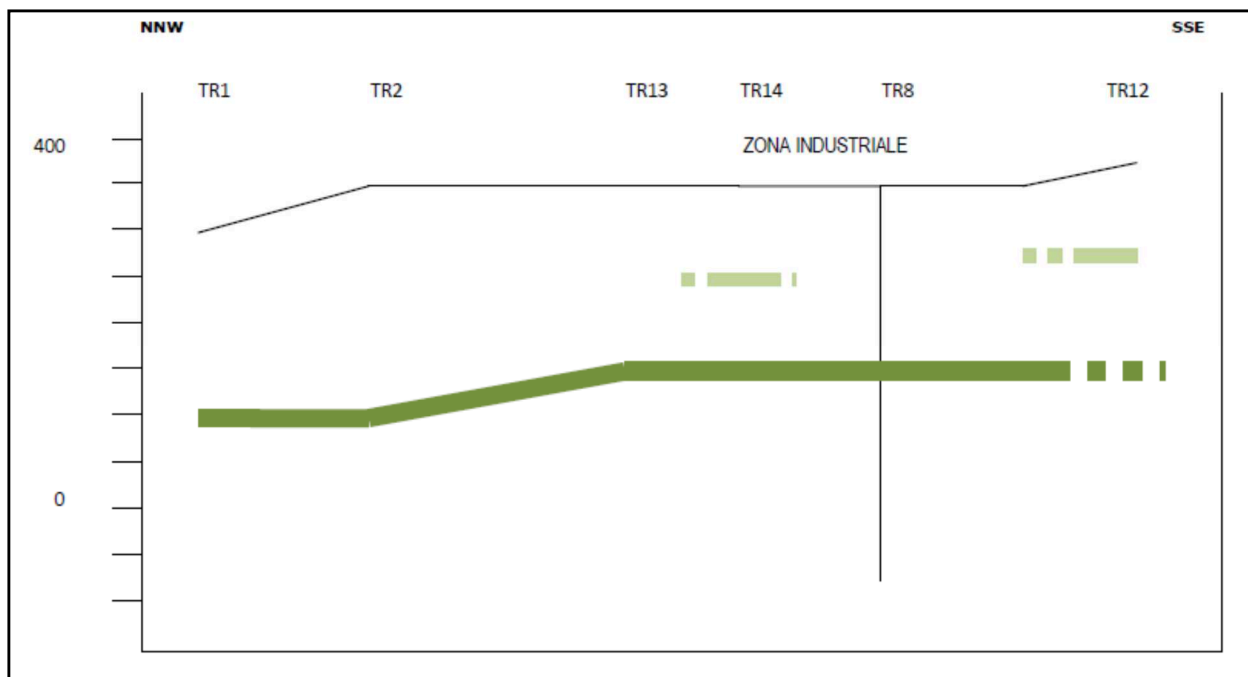


Fig. 18 – Andamento del riflettore tra le stazioni TR 12 e TR1, da SSE verso NNW, l'inclinazione dello strato è accentuata dal rapporto tra la scala verticale e la scala orizzontale.

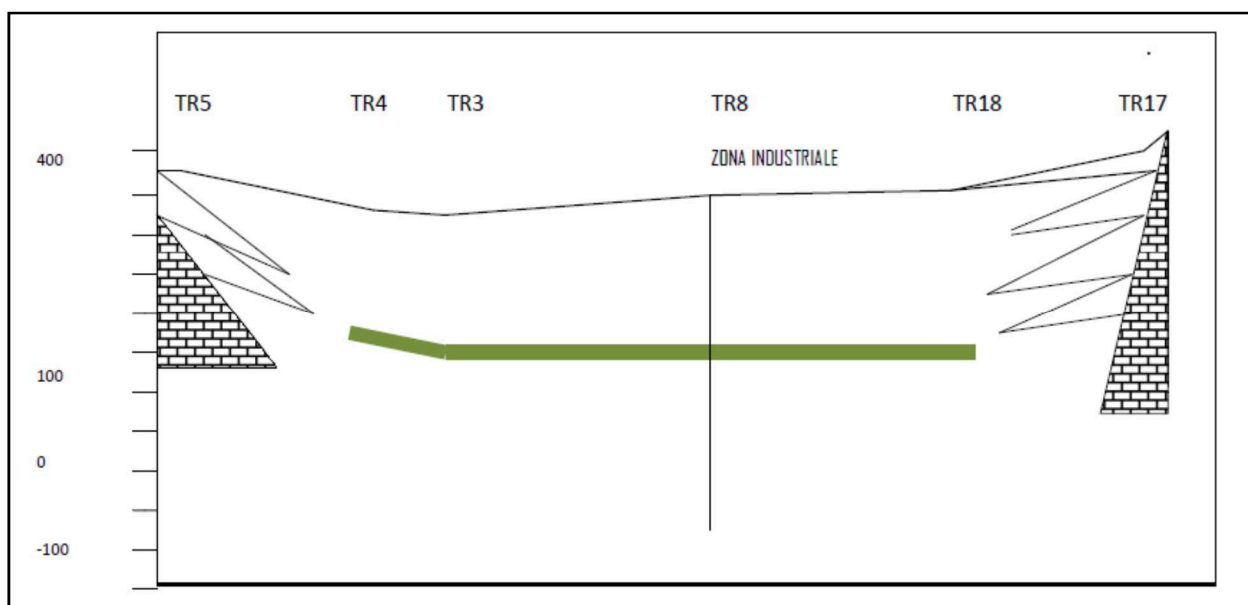


Fig. 19 – andamento del riflettore lungo una sezione trasversale alla conca da TR5(Ovest) a TR 17 (Est), come si vede, l'orizzonte occupa quasi per intero la sezione trasversale.

2.6 – Caratterizzazione idrochimica dell'Acqua Maja.

Le analisi chimiche e chimico-fisiche, eseguite presso il Laboratorio di Tecnologia dei Materiali e Chimica Applicata dell'Università degli Studi dell'Aquila, riguardano 4 campioni di acqua, prelevati stagionalmente (secondo il Decreto Ministero Salute 29.12.2003, G.U. 31.12.2003), relativi al pozzo, denominato "Pozzo A" (pozzo Acqua Maja), ubicato all'interno dello stabilimento. La tabella che segue riassume i più importanti parametri caratterizzanti (art.5 DM 12/11/1992, n.542 come modificato all'art.1 del DM Salute 29/12/2003) per i campioni prelevati, utilizzati successivamente per la classificazione delle acque (da Celico, 1986) (Tab. 1).

Tab. 1 Parametri chimici e chimico fisici delle acque emunte

Parametri caratterizzanti	Pozzo A			
	Autunno 2013	Inverno 2014	Primavera 2014	Estate 2014
T alla sorgente (°C)	10.5	10.5	10.5	10.5
Ph	7.80	7.80	7.76	7.74
RF a 180°C (mg/l)	196	185	185	185
Cond. elettr. A 20°C (µS/cm)	324	324	316	314
Ossidabilità (mg/l)	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
CO ₂ libera alla sorgente (mg/l)	10	10	10	10
Parametri chimici (mg/l)				
Bicarbonati HCO₃⁻	212	206	204	208
Cloruri Cl⁻	6.2	5.9	5.3	5
Solfati SO₄²⁻	2.8	2.6	2.7	2.7
Sodio Na⁺	3.8	3.8	3.6	4.4
Potassio K⁺	1.3	1.3	1.2	1.3
Calcio Ca²⁺	43.8	41.6	39.9	41.4
Silice SiO₂	10	11	11.3	11
Nitrati NO₃⁻	6	5	4	3

In particolare, rispetto alla temperatura alla sorgente, le acque emunte si classificano come **acque fredde** (>20°C). Il pH si mantiene intorno al valore medio di 7.8, tendente ad una modesta basicità.

Relativamente al contenuto in sali disciolti si ha una **conducibilità elettrica** di 324 µS/cm in autunno ed inverno, e di 316 ed i 314 µS/cm rispettivamente in primavera ed estate. Il **residuo fisso medio** (contenuto in solido totale) è di 185 (mg/l) durante tutto l'anno ad eccezione della stagione autunnale in cui raggiunge un picco di 196 (mg/l).

I valori più elevati di RF e Conducibilità rispecchiano un grado di mineralizzazione (maggior contenuto in sali) più elevato in autunno, stagione in cui le precipitazioni sono maggiori. Ciò si

spiega ammettendo che la maggior pressione dovuta al sollevamento del livello piezometrico, per effetto della ricarica dell'acquifero, provoca la mobilitazione di acque di fondo mineralizzate. Da una prima osservazione delle analisi chimiche, le acque evidenziano un modesto contenuto in Na, K, Cl e SO₄, mentre prevalgono i bicarbonati calcici e magnesiaci, valori coerenti con la litologia carbonatica dell'acquifero.

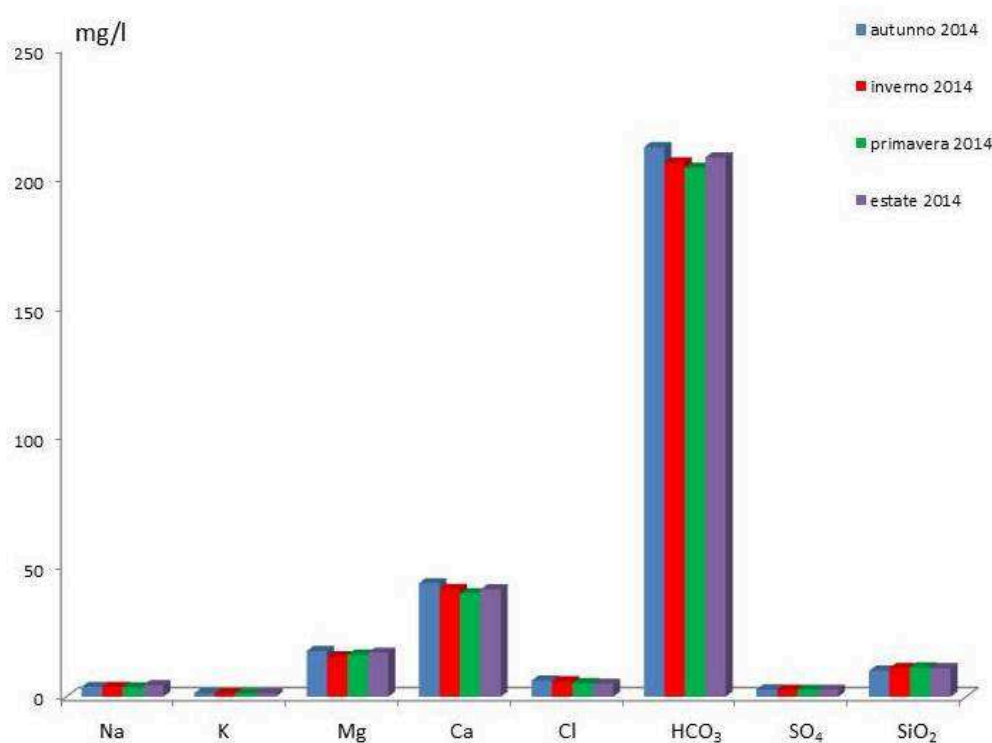


Fig. 20 - Istogramma dei parametri chimici in mg/l

Le analisi chimiche sono state successivamente elaborate tramite i più comuni diagrammi che si utilizzano nell'idrochimica.

Le seguenti *correlazioni grafiche binarie* tra gli elementi chimici caratterizzanti e le stagioni, consentono di seguire l'evoluzione delle acque nel tempo.

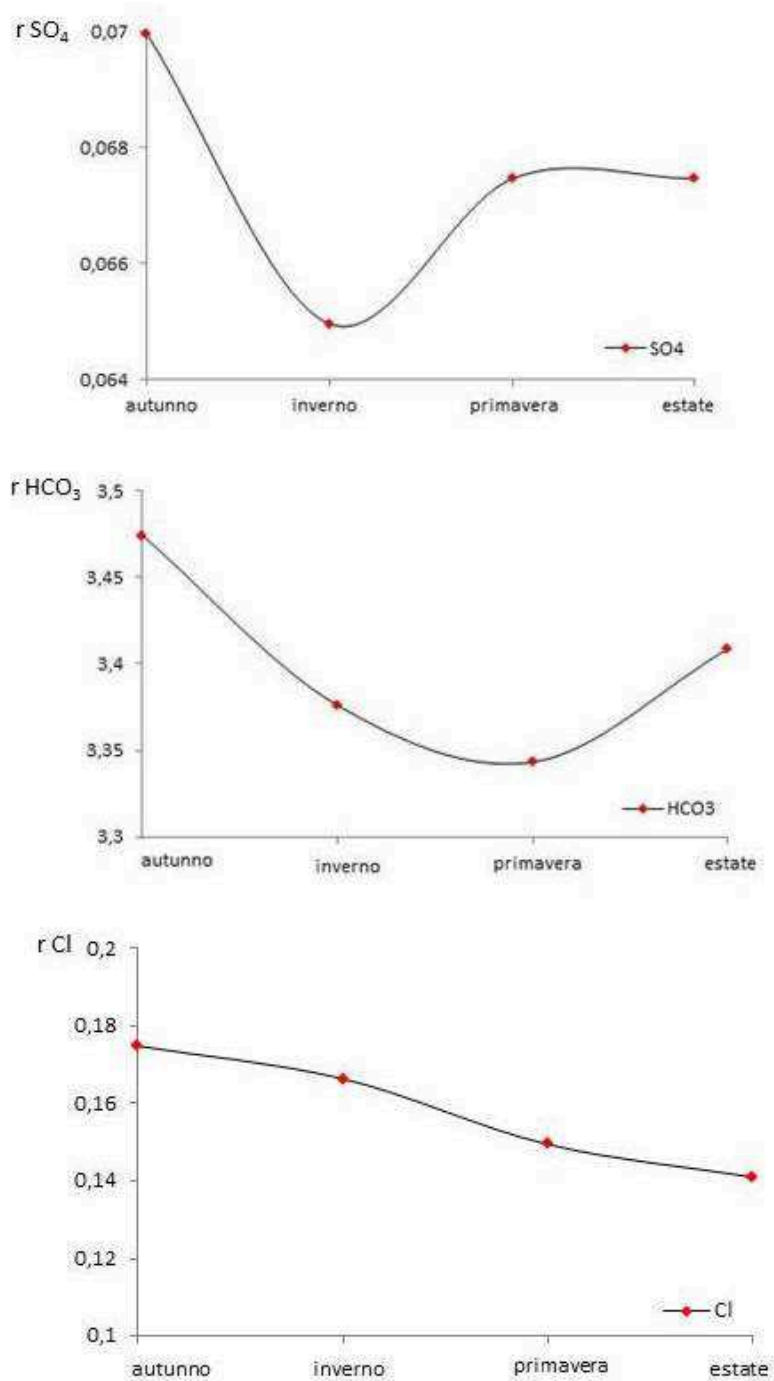


Fig. 21 - Evoluzione delle concentrazioni degli anioni con le stagioni

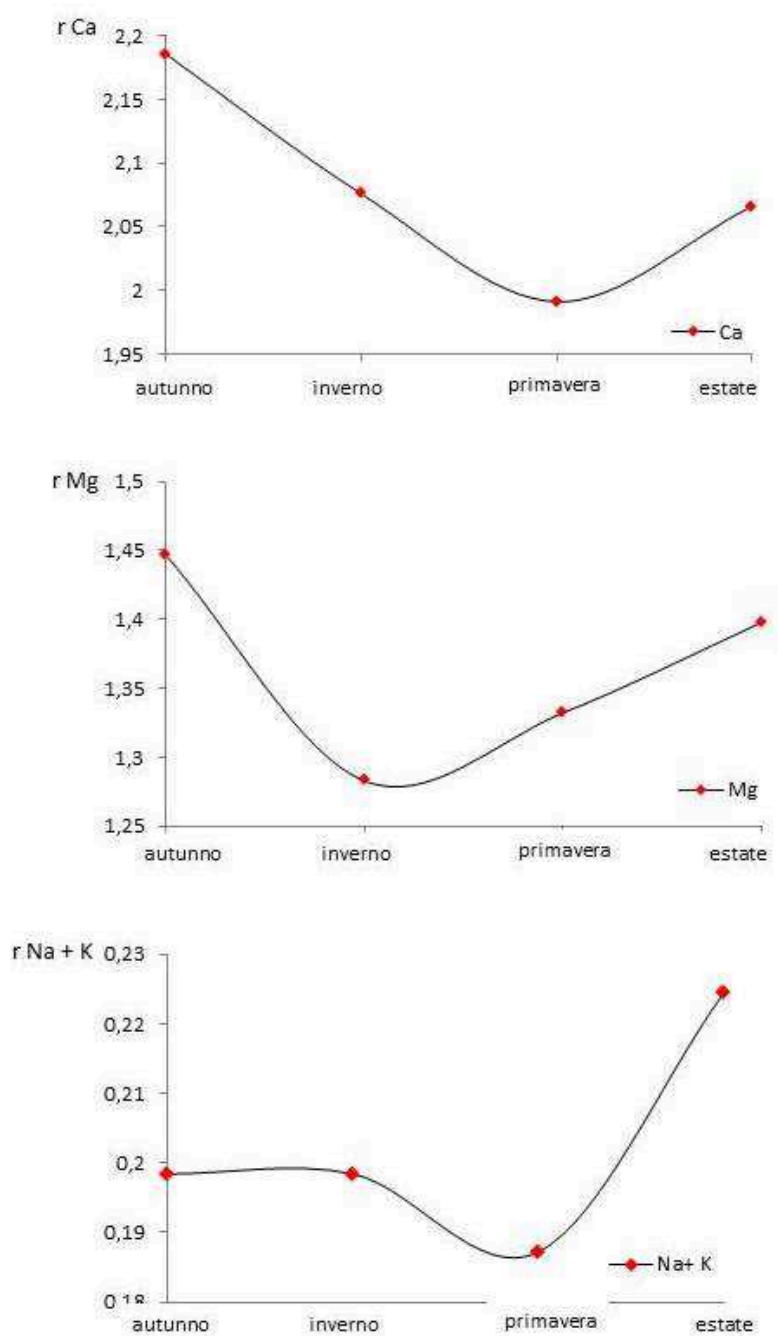


Fig. 22 - Evoluzione delle concentrazioni dei cationi con le stagioni

I grafici riportati confermano quanto siano ridotte le variazioni stagionali dei singoli elementi chimici, variazione che si mantiene sempre abbondantemente sotto la soglia del 10%. Successivamente le acque sono state classificate tramite il *diagramma di Piper a diamante* (1944) e il *diagramma di Tolstikhine* o *diagramma LL* (Langelier-Ludwig, 1942). Il primo è costituito da un rombo al di sotto del quale vi sono due triangoli equilateri, uno per i cationi e uno per gli anioni. I punti rappresentativi dell'analisi vengono localizzati all'interno della losanga, dall'intersezione della retta parallela al lato Mg^{2+} e al lato SO_4^- . Il *diagramma LL* è invece costituito da un quadrato sui cui lati vengono riportate le percentuali di $r(HCO_3^-)$, $r(Na^+ + K^+)$, $r(SO_4^- + Cl^-)$, $r(Ca^{++} + Mg^{++})$.

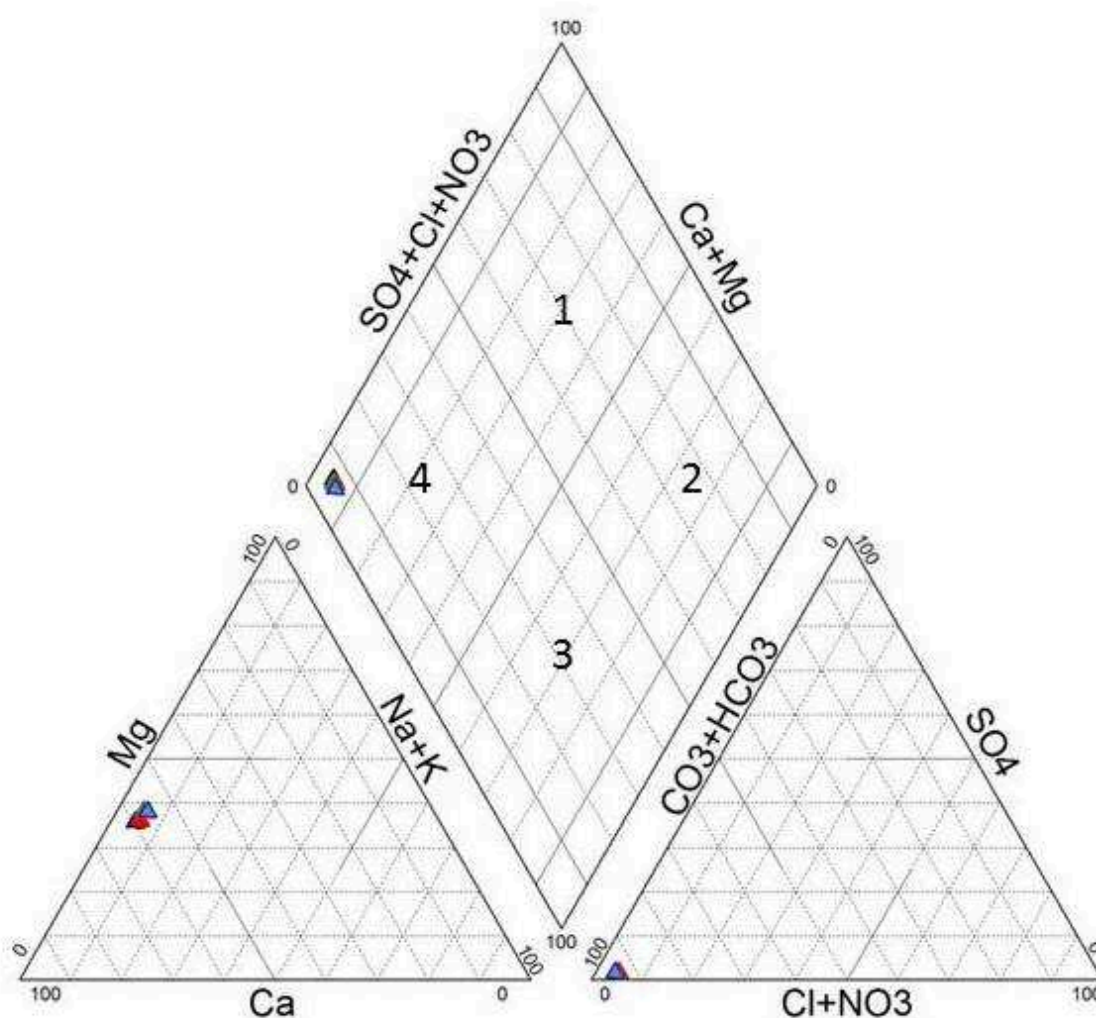


Fig. 23 - Rappresentazione dell'analisi chimica riportata il tab. 1 nel diagramma di Piper; tipi di acque: 1) solfato-clorurato-alcalino-terrose; 2) solfato-clorurato-alcaline; 3) bicarbonato-alcaline; 4) bicarbonato alcalino-terrose.

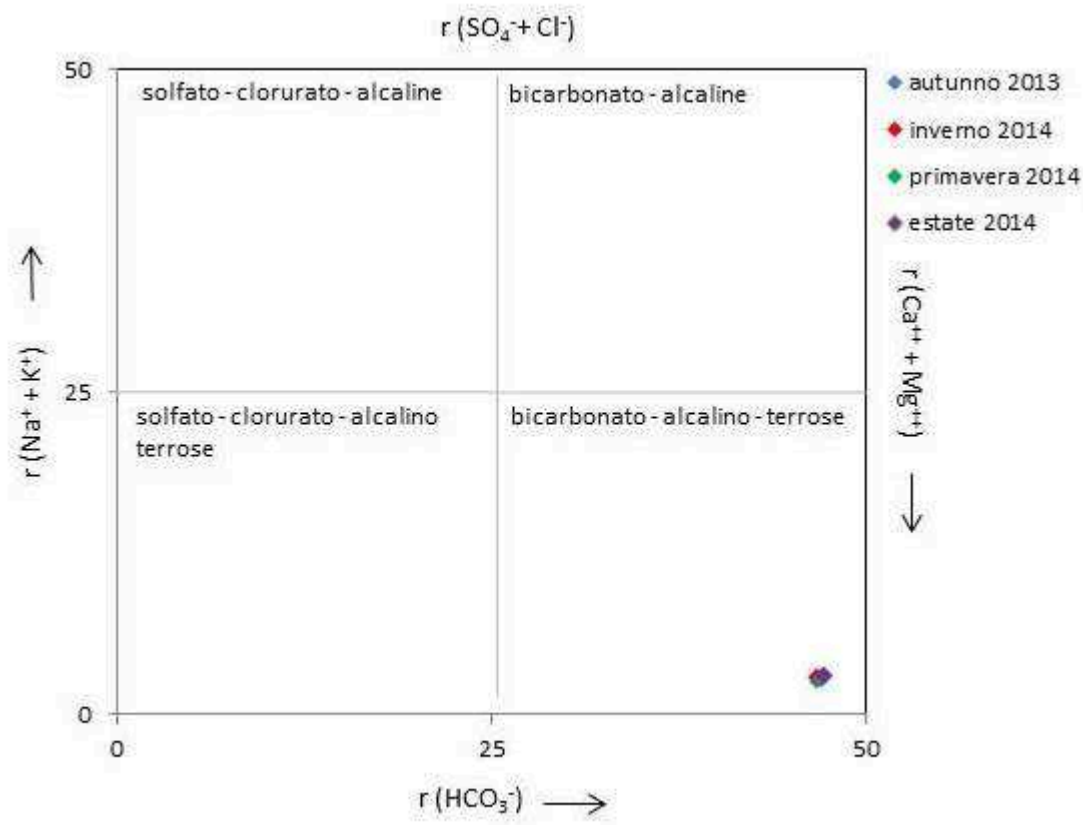


Fig.24 - Rappresentazione dell'analisi chimica riportata in tab. I nel diagramma di Tolstikhine o diagramma LL

Entrambi i diagrammi classificano le acque emunte e di sorgente come **bicarbonato – alcalino – terrose**. Si noti che i punti rappresentativi di ogni analisi sono praticamente coincidenti, minime sono dunque le variazioni composizionali delle acque esaminate nelle diverse stagioni.

Uno dei diagrammi che meglio si presta a confrontare tra loro le acque è il *diagramma semilogaritmico di Schoeller-Berkaloff*. Esso è costituito da più ordinate dove vengono riportate, in scala semilogaritmica, le concentrazioni dei singoli elementi in mg/l. I punti ottenuti vengono poi uniti con una spezzata. La pendenza di ogni segmento raffigura il rapporto caratteristico tra gli ioni considerati nelle diverse acque (fig. 6).

Il sostanziale parallelismo delle spezzate indica ancora una volta la costanza idrochimica delle acque analizzate.

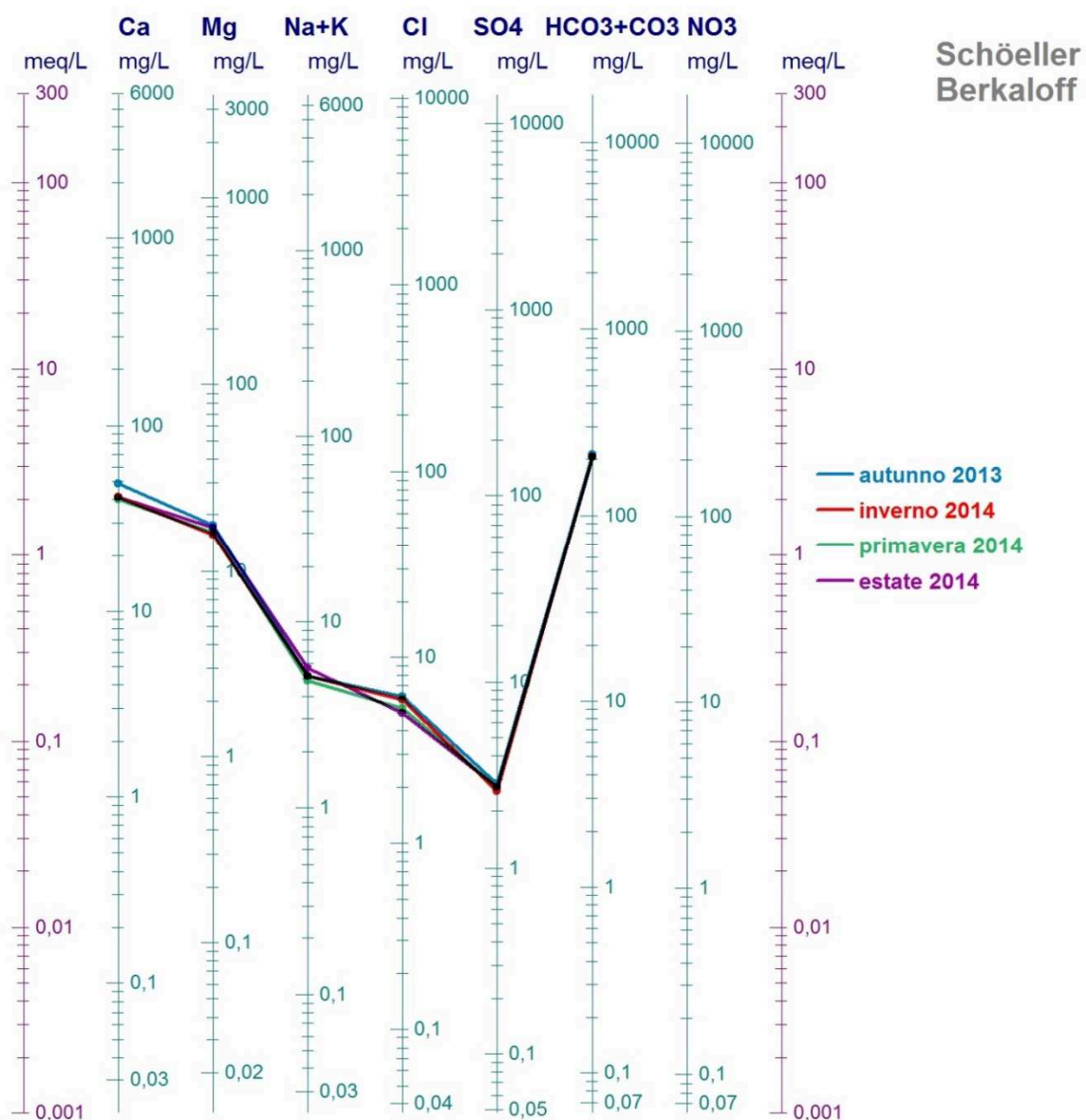


Fig. 25 - Rappresentazione dell'analisi chimica riportata in tab. 1 nel diagramma di Schoeller-Berkaloff

Chimismo della falda di base.

I risultati delle analisi chimiche e chimico – fisiche effettuate sulle acque emunte dal pozzo risultano abbastanza coerenti con il chimismo delle acque del corpo idrico sotterraneo di base del massiccio del Monte Morrone, le cui principali emergenze sono ubicate nella porzione nord-occidentale dello stesso.

In particolare le acque emunte sono state messe in relazione con le acque della sorgente Giardino (M. Conese et alii, 2001), che rappresenta la maggiore emergenza della struttura.

Il seguente diagramma di *Schoeller-Berkaloff* illustra quanto detto.

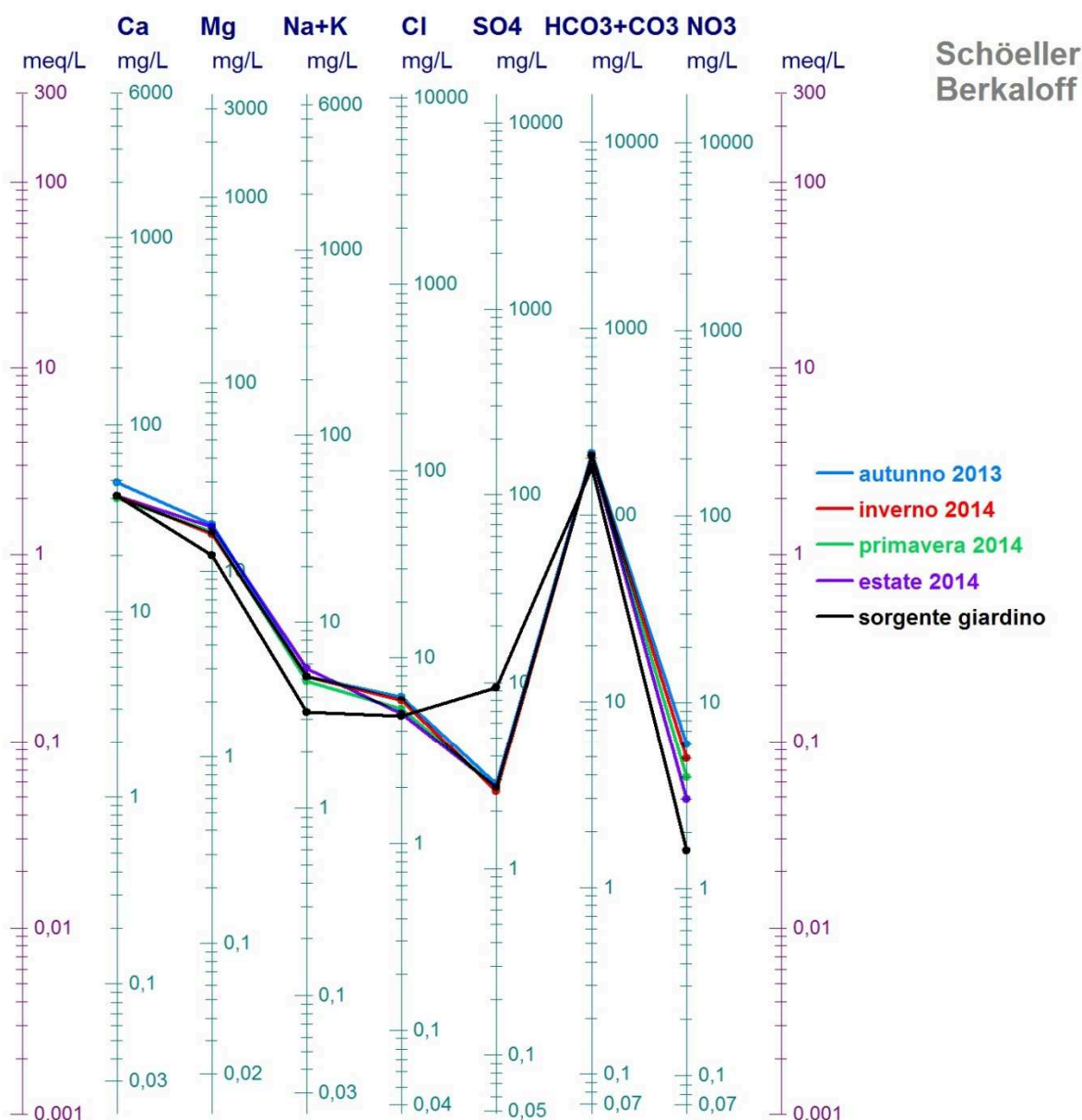


Fig. 26 - Diagramma semilogaritmico Schoeller-Berkaloff delle acque di pozzo e di sorgente

Le spezzate, ad esclusione dello ione SO_4^- , presentano un andamento sub-parallelo, ad indicare una provenienza delle acque dalla stessa litologia e falda di base.

Andando nel dettaglio, le acque emunte dal pozzo presentano un grado di mineralizzazione leggermente maggiore, come si evince anche dai valori di conducibilità elettrica, mediamente di $320 \mu\text{S}/\text{cm}$ per le acque del pozzo e di $275 \mu\text{S}/\text{cm}$ per le acque della sorgente Giardino. Questa leggera differenziazione è da ricercare nel fatto che, pur trattandosi di acque che hanno lo stesso bacino di alimentazione e la medesima facies idrochimica, quelle che raggiungono il pozzo si muovono lungo un circuito più profondo, mobilitando le acque di fondo più vecchie e maggiormente mineralizzate.

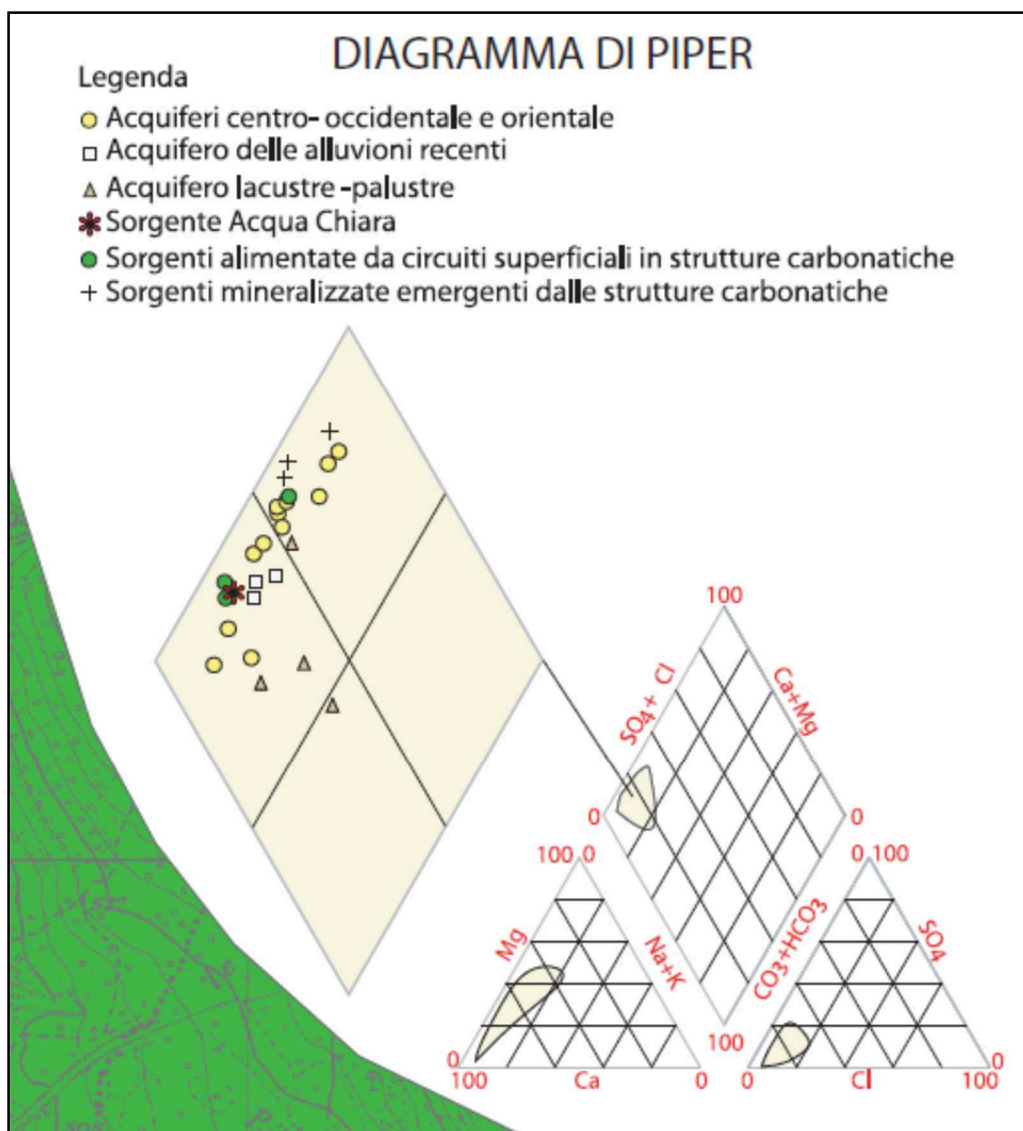


Fig. 27 - Diagramma di Piper che illustra la composizione delle acque dei diversi corpi acquiferi della Conca di Sulmona (da “schema idrogeologico della conca di Sulmona, CNR – Gruppo nazionale per la difesa dalle catastrofi idrogeologiche) – E’ utile un confronto col diagramma di Piper che classifica l’Acqua Maja (vedi sopra)

2.7 – Bacino idrografico.

Il pozzo “Acqua Maja” si colloca nella parte meridionale del bacino idrografico del Fiume Sagittario.

Il bacino del Sagittario ha una estensione di circa 612 kmq (Piano di tutela delle acque).

La gran parte del bacino è caratterizzata da terreni collinari/montani con roccia affiorante o sub-affiorante, **i terreni alluvionali (lacustri o alluvionali s.s.) occupano circa il 26% del bacino e gran parte di questi sono attribuibili alla piana (o conca) di Sulmona.**

Più in particolare, la parte alta del bacino è caratterizzata dalla successione calcareo-clastica in facies di piattaforma carbonatica del Lias medio-Cretaceo sup., che un sovrascorrimento di vergenza Ovest-Est mette a contatto con l’alternanza pelitico arenacea del Messiniano-Pliocene inferiore. Un altro contatto tettonico di questo tipo, ma con vergenza opposta, coinvolge tali sedimenti con quelli della successione calcarea o calcareo dolomitica in facies di piattaforma del Lias medio-Miocene inferiore. Il tetto di questi ultimi è ricoperto dalla successione calcareo-silico-marnosa in facies di bacino prossimale del Lias medio-Oligocene, che, nell’area più orientale è sostituita da quella calcareo-clastica in facies di scarpata-bacino prossimale sempre della stessa epoca.

Il resto del sottobacino è quasi totalmente caratterizzato da depositi lacustri argilloso-limoso-sabbiosi del Pliocene pleistocene; solo nella zona più a Est una faglia diretta pone a contatto tali sedimenti con quelli della successione calcarea e calcareo- dolomitica in facies di piattaforma carbonatica del Lias medio.

Le aree pedemontane sono caratterizzate dalla presenza di conoidi detritiche e coperture detritico-colluviali del Pleistocene medio superiore – Olocene.

Nell’area occidentale si osservano i sedimenti della successione calcareo-clastica in facies di scarpata-bacino prossimale del Lias medio – Oligocene, ricoperti in trasgressione da quelli pelitico arenacei del Miocene superiore-Pliocene inferiore.

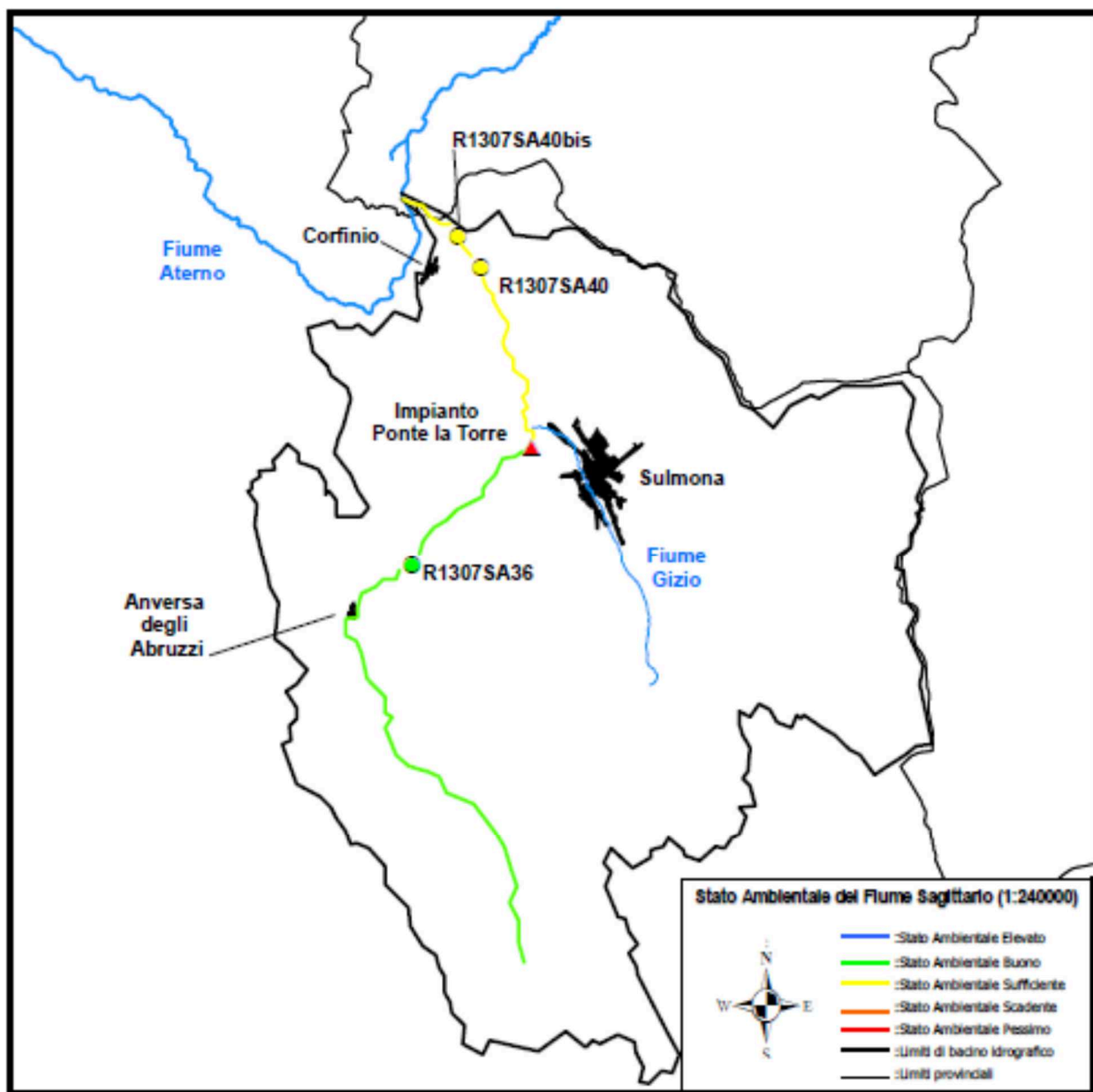


Fig. 28 – Perimetrazione del Bacino del Fiume Sagittario (da Piano di tutela delle acque Regione Abruzzo, con indicazione dello stato ambientale delle acque)

2.8 – Cenni di climatologia e considerazioni relative al bilancio.

In termini generali il clima della regione Abruzzo è classificabile “mediterraneo” nelle aree costiere e “continentale” nelle aree interne. Più in particolare le variabilità delle aree climatiche è determinata dalla disposizione dei rilievi. I versanti esposti ad Ovest sono maggiormente piovosi, con valori di **1500 mm/anno con punte di 2000 mm/anno** perché sopravvento rispetto alla traiettoria delle perturbazioni atlantiche, che sono le principali responsabili delle

precipitazioni nell'area mediterranea; superato lo spartiacque le precipitazioni decrescono fino a livelli di 600-700 mm/anno sul litorale adriatico.

Sono poi presenti delle microaree più secche dove le precipitazioni sono ancora più scarse, non raggiungendo i 600 mm. Si tratta di vallate interne, circondate da rilievi che schermano sia le precipitazioni atlantiche che le correnti orientali. **La Conca di Sulmona rientra tra queste aree a piovosità ridotta, registrando una media annua di 600mm. Osservando una carta delle isoiete si nota che le precipitazioni sul versante occidentale di Monte Morrone (2.060 m s.l.m.) aumentano con la quota altimetrica, raggiungendo i 1500 mm/anno in cresta.**

La stagione più piovosa risulta l'autunno.

Anche le temperature sono condizionate dall'orografia, con inverni abbastanza miti anche se periodicamente raffrescati da irruzione di correnti balcaniche. Le estati sono calde con superamento, spesso, della soglia di 30 C, parzialmente mitigati nelle zone raggiunte dalle brezze di mare. Nelle zone interne appenniniche le escursioni termiche giornaliere e stagionali si accentuano e le temperature invernali scendono sovente sotto lo 0 C, con punte inferiori a - 20C in alta montagna. L'Aquila, posta a circa 700 m di quota è tra le città più fredde d'Italia, viceversa in estate le massime non raramente oltrepassano i 35C, soprattutto nelle conche interne dove, a giornate molto calde, oltre i 30 C, possono seguire nottate più fresche, intorno ai 20C.

Di seguito si riporta la cartografia relativa alla distribuzione delle precipitazioni medie annue, estratta da "Analisi spazio temporale delle precipitazioni della regione Abruzzo", studio edito da ARSSA (Centro Agrometeorologico Regionale).

Di notevole interesse il grafico riportato di seguito alle cartografie pluviometriche, che mette in evidenza il calo degli afflussi medi annui regionali, a partire dal 1980. Questo dato conferma i cambiamenti climatici che, in quel periodo, hanno interessato il continente europeo.

Ai nostri scopi si deve notare come le cartografie mostrino una sostanziale differenza (in difetto) tra il regime pluviometrico della stazione di Sulmona e quello delle aree montane. Il dato è importate perché, come illustrato nel seguito, l'acquifero intercettato dalla perforazione oggetto del presente studio è "ricaricato" direttamente dai massicci meridionali e non dalle piogge locali (stazione di Sulmona).

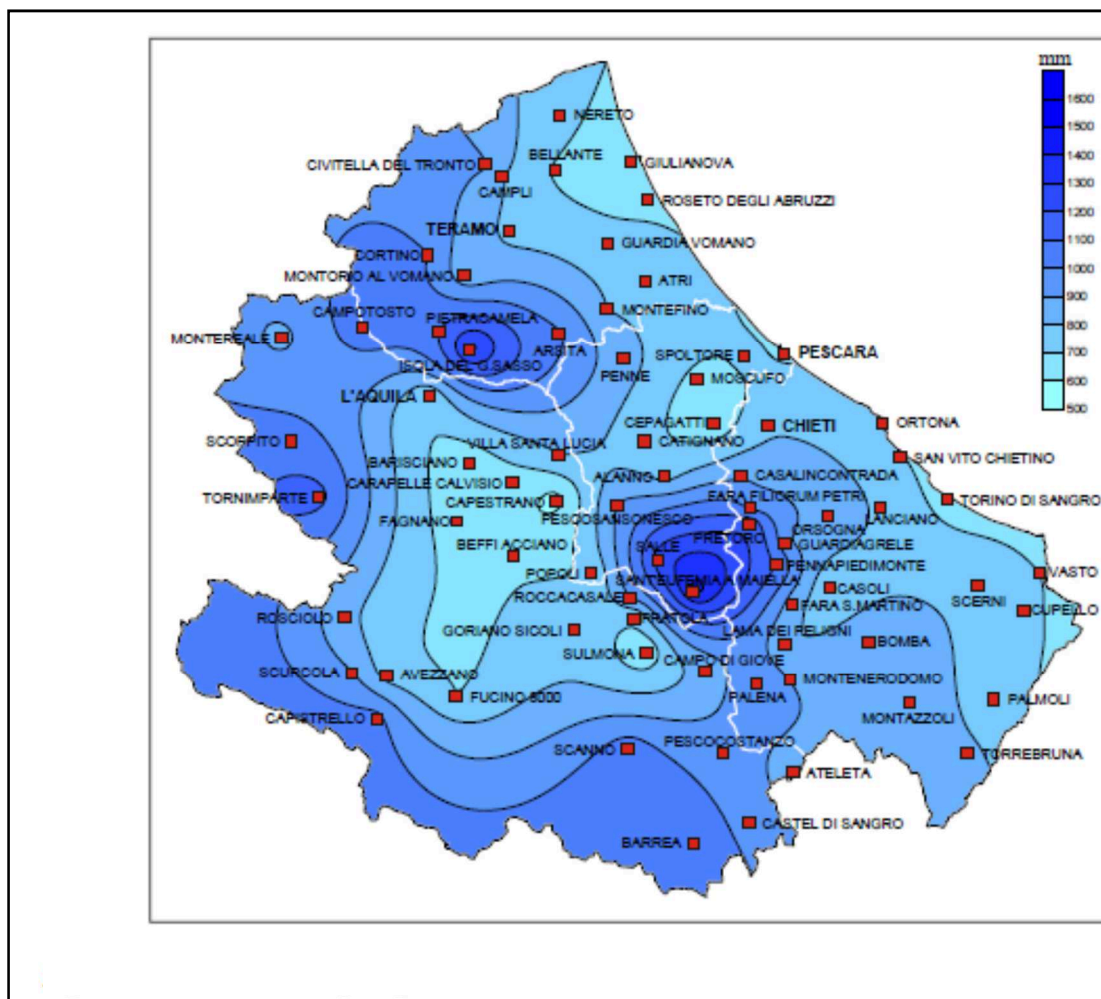


Fig. 29 – Distribuzione delle precipitazioni medie annue

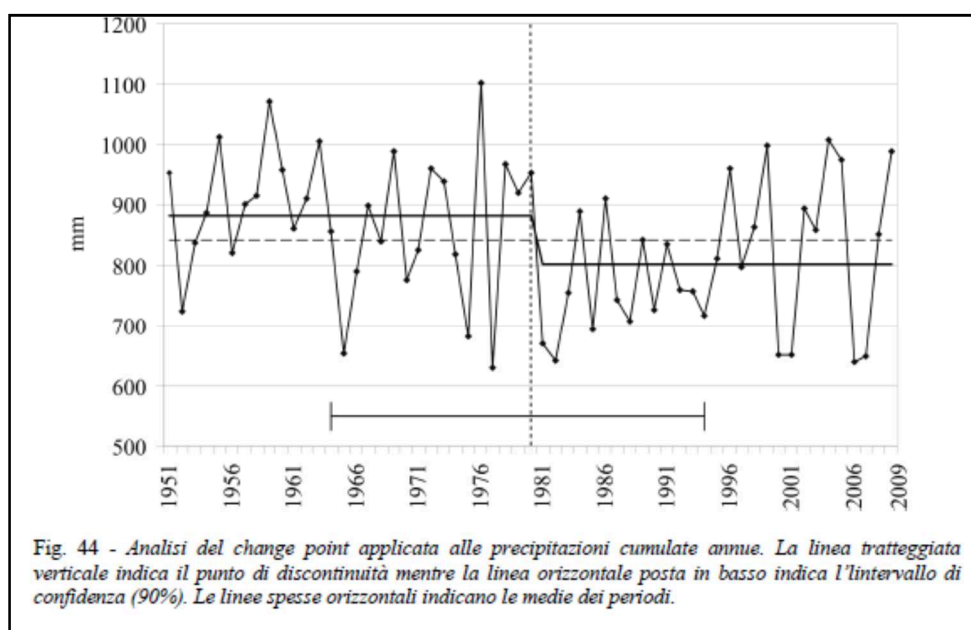


Fig. 30- Analisi del change point applicata alle precipitazioni medie annue

Come si evince dal grafico sopra illustrato le precipitazioni cumulate annue nella regione Abruzzo si attestano sul valore di 800 mm; tale valore, estrapolato per il bacino del Fiume Sagittario (612 kmq) corrisponde ad un totale di circa **500 milioni di mc/anno**.

Al fine di un bilancio speditivo si deve però valutare che il valore medio delle precipitazioni nelle zone montane è diverso e diversamente calcolato da vari autori:

C.Boni, P. Bono, G.Capelli (Schema idrogeologico dell'Appennino centrale, 1981) calcolano una pioggia cumulata annua di **947 mm**, con una infiltrazione efficace (effective infiltration) pari a **714 mm/anno**.

M. Conese, T. Nanni, C. Peila, S. Rusi, R. Salvati (Idrogeologia della Montagna del Morrone, 2001) indicano una pioggia media dei rilievi di **1200 mm/anno**, con una infiltrazione efficace di **722 mm/anno**.

Quest'ultimo dato, più recente, consente una stima della infiltrazione efficace media annua nelle zone collinari/montane del bacino pari a **327 milioni di mc/anno**.

Considerando una portata di prelievo medio dell'acqua Maja di 22.5 l/sec (valore medio tra 17 e 28 l/sec) si ottiene un prelievo annuo di 700.000 mc, pari al 2,1 per mille dell'infiltrazione efficace delle aree collinari/montane interne al bacino.

Sup. bacino kmq	Sup. aree montane kmq	Prec. media annua bacino mm	Prec. Media annua Aree montane mm	Infiltr. efficace Aree montane mm
612	453	800	1.200	722

Precipitazione media annua bacino Sagittario Milioni mc	Infiltrazione efficace Media annua Aree montane del bacino Milioni mc	Prelievo medio annuo Acqua Maja Milioni mc
500	327	0,7

2.9 – Bacino idrologico e bacino idrogeologico.

Come noto il bacino idrologico è definito come una porzione di territorio ove le acque meteoriche sono convogliate verso una definita asta fluviale ed il suo limite è normalmente costituito dalla linea che unisce i punti sommitali dei rilievi circostanti l'asta fluviale medesima, tale linea è appunto denominata linea spartiacque.

Il bacino idrogeologico è il dominio all'interno del quale le acque sotterranee defluiscono preferenzialmente verso un'unica sezione d'interesse, ubicata lungo una linea d'impluvio, mentre le acque superficiali possono defluire anche verso altri bacini.

Come ovvio non c'è necessariamente corrispondenza tra i due bacini.

Nel precedente paragrafo abbiamo descritto il contesto del bacino idrologico cui appartiene l'area considerata (la porzione centrale della Conca di Sulmona) cioè il bacino del Fiume Sagittario; se invece consideriamo il bacino idrogeologico che sottende la medesima area vediamo che la corrispondenza è solo parziale.

Utilizzando la Carta idrogeologica contenuta nel Piano di tutela delle acque della Regione Abruzzo come base concettuale abbiamo tracciato il perimetro del bacino idrologico (linea nera) e la nostra ipotesi di bacino idrogeologico (linea rossa). Il bacino idrogeologico è stato tracciato prendendo in considerazione i limiti idrogeologici e le direzioni di flusso principali indicate nella carta del piano.

Come si può vedere, il bacino idrogeologico è generalmente più ampio del bacino idrologico, tranne che nella porzione SE dell'area considerata, dove una consistente porzione del complesso di M.te Porrara rimane esterno al bacino idrogeologico.

Sul lato orientale il bacino idrogeologico comprende praticamente l'intera struttura del M.te Morrone, così come sul lato occidentale si hanno contributi extra bacino idrologico dal complesso del M.te Marsicano.

Un maggiore sviluppo del bacino idrogeologico si osserva a NW della Conca di Sulmona, dove il bacino idrogeologico comprende una porzione molto estesa della propaggine SE del complesso dei Monti del Gran Sasso. Il contributo di quest'ultimo complesso è però difficile da valutare perché, data la sua posizione, potrebbe contribuire notevolmente ad alimentare il gruppo di sorgenti presente in corrispondenza della gola di Popoli, mentre è dubbio il suo effettivo contributo agli acquiferi fluvio-lacustri della Conca di Sulmona.

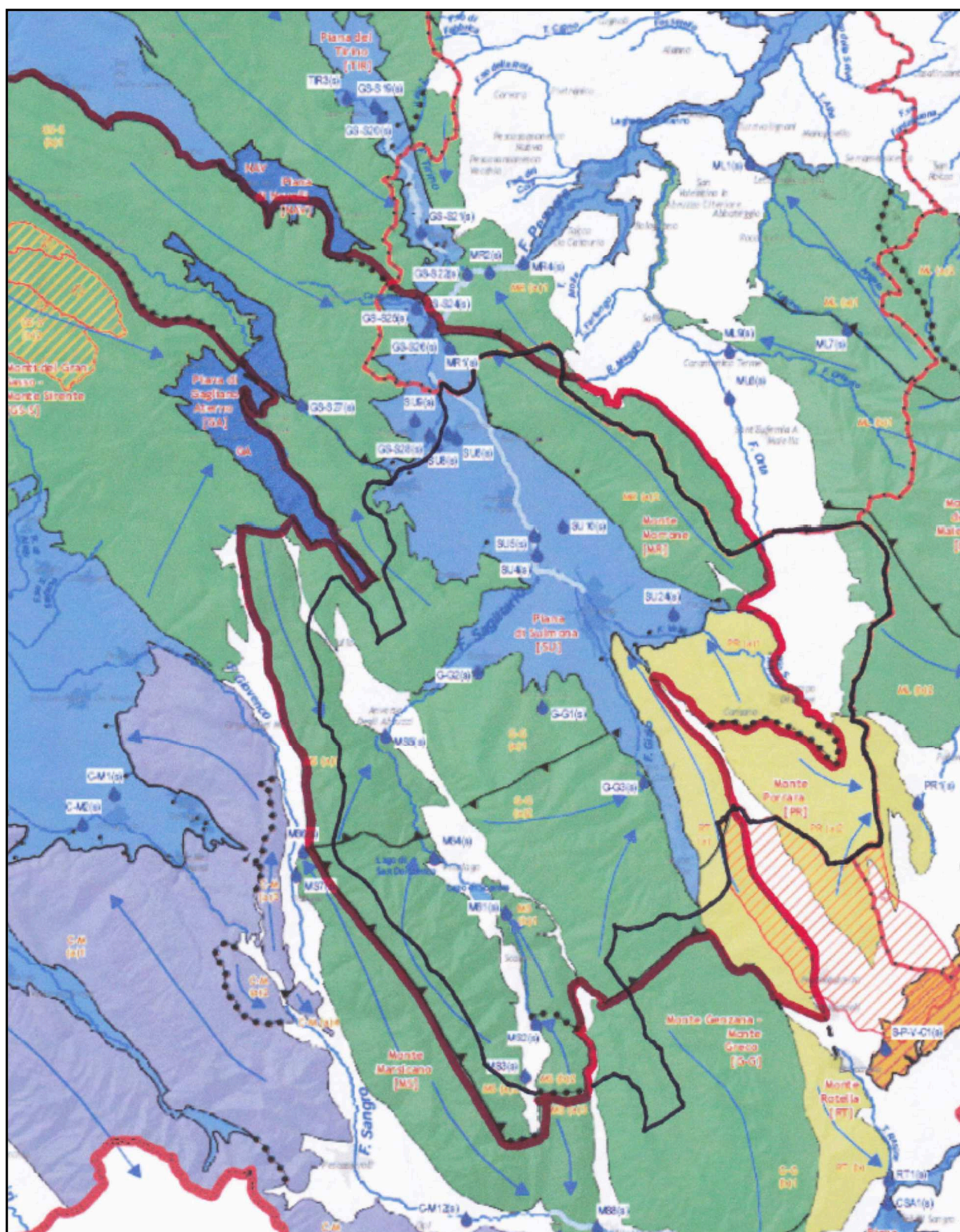


Fig. 31 – Carta idrogeologica Piano di Tutela delle Acque Regione Abruzzo (stralcio); sulla base cartografica sono stati da noi delineati i limiti del bacino idrologico (linea nera) e del bacino idrogeologico (linea rossa).



Le considerazioni sopra espone, seppur a carattere puramente qualitativo, indicano che la stima eseguita del rapporto tra il prelievo e l'infiltrazione efficace delle aree collinari/montane del bacino idrologico (2,1 per mille) risulta ampiamente cautelativa.

CAPITOLO 3

Modello concettuale dell'acquifero.

3.1 – Modello concettuale dell'acquifero.

Al fine di delineare un quadro di sintesi delle conoscenze relative al suddetto acquifero, **in particolare relativamente alla sua collocazione spaziale**, conviene tenere presente la schematizzazione dei complessi acquiferi dell'area (cap.2.3).

- Esiste una **circolazione idrica sub- superficiale** che relaziona il complesso **A** (depositi alluvionali recenti), con il complesso **B** (depositi alluvionali della terrazza alta di Sulmona, ed il complesso **D** delle conoidi alluvionali; L'alimentazione principale di questo sistema e' data dall'infiltrazione meteorica diretta nelle conoidi alluvionali che, mediante un "circuito veloce", alimenta sorgenti pedemontane e risorgive, e dai corsi fluviali che a seconda della stagione e della natura dei terreni in cui scorrono possono avere un rapporto falda/fiume variabile (talvolta, ed in alcune zone, il fiume alimenta la falda, talvolta e in alcune zone la falda alimenta il fiume). Questo sistema ha una risposta veloce alle precipitazioni e tende a trattenere le acque d'infiltrazione solo dove la matrice sedimentaria delle conoidi è più fine. Sul lato Ovest della Conca si sono osservati **pozzi salienti**, o artesiani, il cui livello piezometrico, alimentato dalle conoidi con una quota di alimentazione elevata, fuoriesce al di sopra del Piano di campagna.

- Il complesso **C**, lacustre e palustre, ha una sua porzione superficiale in connessione con il sistema sub-superficiale (freatico ma non solo); al suo interno sono presenti (ben individuati dalle perforazioni ex-campari e Spumador) orizzonti permeabili (falde in pressione) la cui produttività è legata alla estensione e alla presenza o meno di efficienti collegamenti idraulici laterali con la falda di base del complesso carbonatico. Da questo punto di vista l'acquifero acqua Maja si differenzia dagli altri livelli "sospesi" nel lacustre per estensione, continuità e per collegamento efficiente con le conoidi sepolte del versante orientale (a loro volta in connessione con la falda di base del Morrone), fatto ben testimoniato anche dal chimismo delle acque: le falde del sistema lacustre presentano costantemente ammoniaca naturale (elemento caratteristico delle formazioni palustri e torbose) mentre la falda acqua Maja ne è assolutamente priva (da qui l'opportunità della metodologia di tubaggio che ha isolato l'acquifero in oggetto dai livelli idrici più superficiali).

- le informazioni stratigrafiche (dirette e indirette) indicano che il corpo acquifero in questione si colloca all'interno del bacino strutturale della conca di Sulmona e costituisce la testimonianza di un episodio deposizionale fluviale di elevata energia di trasporto (ciottoli e

ghiaie arrotondate di dimensioni pluricentriche) con probabili episodi di "salti di quota" testimoniata dalla presenza locale di travertini.

- secondo la ricostruzione riportata dalle sezioni dello Studio di Microzonazione Sismica e dalla campagna geofisica eseguita al fine del presente lavoro, tale orizzonte si originerebbe dalle conoidi detritiche al piede dei rilievi meridionali del bacino; si tratterebbe quindi di un "**paleo-Sagittario**" il cui corso si origina in corrispondenza delle conoidi del Gizio e del Sagittario e, sviluppandosi in direzione N – NE, interessa buona parte della zona centrale del bacino, raggiungendo e superando la profondità di 300 m dal pc. e venendo in contatto con le conoidi sepolte del lato orientale della conca, in connessione con il Massiccio di M.te Morrone.

- Le principali direzioni di alimentazione dell'acquifero sono quindi due: una più prossimale, costituita dal complesso idrogeologico di Monte Morrone, ed una più distante costituita dal contributo delle strutture idrogeologiche meridionali di M.te Genzana – M.te Greco e M.te Porrara.

La portata dell'acquifero Acqua Maja: Incrociando i dati geologici e geofisici derivanti dallo studio di microzonazione sismica del comune di Sulmona (in particolare delle sezioni geologiche), dello studio geofisico da noi eseguito e delle informazioni stratigrafiche e idrodinamiche relative al pozzo acqua Maja, si può illustrare la seguente ricostruzione:

L'acquifero si origina nella porzione SSE del bacino, probabilmente nella zona di confluenza tra i fiumi Sagittario, Gizio e Vella; L'orizzonte acquifero si approfondisce verso NNW, raggiungendo i 200 m di profondità nella parte centrale della Conca di Sulmona e, probabilmente, superando i 300 m di profondità verso la chiusura della conca (gole di Popoli), con un gradiente medio di 0, 036.

Lambendo il lato Orientale della Conca, l'orizzonte acquifero entra in contatto con la struttura idrogeologica di M.te Morrone, ricevendo un cospicuo contributo, come ipotizzabile dalla produttività elevata e dall'analogia idrochimica Acqua Maja – acque di circolazione del M.te Morrone.

Utilizzando una sezione a NNW della zona industriale si può ipotizzare uno spessore medio dello strato di circa 20 m.

Adottando i valori di permeabilità e trasmissività ricavati dalle prove di porta del Pozzo e ritenendoli, in prima approssimazione, come valori medi dell'acquifero e applicando la legge di Darcy, (**$Q = K \times h_l \times i$ oppure $Q = T \times A \times i$**) si può effettuare una **valutazione della portata annua della falda: circa 20 – 21 milioni di metri cubi, pari al 6,3% dell'infiltrazione efficace delle aree collinari/montane del bacino del sagittario.**

Il prelievo annuo del pozzo Acqua Maja risulta pari al 3,5 % della portata annua dell'acquifero captato.

3.2 – Zone di protezione ambientale.

Come da normativa vigente (LR 10/7/2002 e successive modificazioni) si è provveduto a definire le zone di protezione ambientale, così suddivise:

- Zona di rispetto assoluto igienico sanitaria
- Zona di protezione ambientale

ZONA DI RISPETTO ASSOLUTO IGIENICO SANITARIA.

Poiché la captazione in oggetto, il pozzo Acqua Maja, è stata realizzata in un'area a vulnerabilità intrinseca praticamente nulla, la zona di rispetto assoluto è stata definita con criterio puramente geometrico ed è costituita da un appezzamento di terreno di forma approssimativamente trapezoidale, coincidente con il limite di proprietà Spumador sui lati NE e SE e con i lati SW e NW sempre interni alla proprietà Spumador con superficie pari a 662,5 mq.

La testa pozzo, realizzata in acciaio inox, munita di flangia e contro flangia, è completamente impermeabile ed è contenuta all'interno di un manufatto in muratura internamente piastrellato per garantire l'igiene del locale.

L'area è mantenuta a verde.

Il sito di ubicazione del pozzo risulta in posizione leggermente rilevata rispetto all'area circostante, cosicché le acque meteoriche possono defluire verso il perimetro esterno; lungo il perimetro una canaletta convoglia le acque verso l'angolo Ovest dell'area e, mediante un corrugato, sono convogliate verso la fognatura bianca (vedi foto aerea allegata).

La salvaguardia della captazione dalla infiltrazione di acque meteoriche è inoltre garantita dalla tecnica costruttiva del pozzo che, nella sua parte superficiale, è munita di un avampozzo con doppia tubazione in acciaio e doppia cementazione (interna ed esterna alle tubazioni) per uno spessore di 10 m. Si deve inoltre considerare che il pozzo è munito di una tubazione cieca sino alla quota dei filtri (195 m dal pc) sigillata all'esterno mediante cementazione per risalita.

Unitamente alla natura argillosa dei terreni, l'insieme di queste condizioni rende il manufatto completamente isolato da qualsiasi infiltrazione/percolazione proveniente dalla superficie.



Fig. 38 – Zona di rispetto assoluto igienico sanitaria (la foto si riferisce al periodo in cui il pozzo era in perforazione, attualmente l'area e' interamente a verde)

ZONA DI PROTEZIONE AMBIENTALE (cartografia in allegato)

La normativa regionale definisce le zone di protezione ambientale come previste per la salvaguardia dei bacini imbriferi, delle aree di ricarica delle falde e delle caratteristiche naturali delle località (LR 10/7/2002, Art. 29).

Come descritto nei paragrafi precedenti l'area di alimentazione più prossima al punto di captazione è una porzione del versante Occidentale di M.te Morrone.

La zona di protezione ambientale è stata quindi definita con criteri idrogeologici qualitativi.

La zona di protezione ambientale è stata suddivisa in due sottozone:

SOTTOZONA A

E' stata delimitata un'area del massiccio di M.te Morrone corrispondente all'origine delle linee di deflusso sotterraneo verso la captazione.

La sottozona A raggiunge una quota massima di 1.848 m s.l.m., con circa 1.500 m di dislivello rispetto alla quota della Testa pozzo e circa 1.700 m dalla quota del tetto dell'acquifero captato.

Relativamente alla disciplina delle attività nella Sottozona A si precisa:

- E' vietata l'installazione di pozzi perdenti o impianti di sub-irrigazione; per quelli eventualmente esistenti devono essere presi provvedimenti per la loro rimozione.

- Sono vietati l'apertura di discariche, il trattamento e lo stoccaggio di rifiuti.
- E' vietata ogni attività che implichi qualsiasi sversamento su suolo.
- E' vietata la perforazione di pozzi per acqua.
- Ogni perforazione geognostica deve essere realizzata senza l'utilizzo di fanghi bentonitici e/o schiumogeni tensioattivi. Le perforazioni eventualmente realizzate devono essere adeguatamente cementate, onde evitare che costituiscano vie preferenziali di accesso alla falda.

SOTTOZONA B

La sottozona B non corrisponde, come la precedente, ad una zona di ricarica diretta, ma è intesa a proteggere l'intorno della captazione dalla realizzazione di perforazioni che raggiungano l'acquifero captato. Nella sottozona B, pertanto, sono proibite le perforazioni (di qualsiasi natura e con qualsiasi finalità) la cui profondità superi i 100 m dal piano di campagna.

Pisa, Ottobre 2017

Dott. Geol. Luciano Sergiampietri



BIBLIOGRAFIA

- **Note illustrative alla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000.**
Foglio 369 SULMONA – APAT.
- **Studio di Microzonazione Sismica di livello 1 del Comune di Sulmona (AQ).**
Regione Abruzzo.
- **F. Di Buccio, V. Aprile, A. Pagliaroli, A. Di Domenica, A. Pizzi.**
Valutazione preliminare della risposta sismica locale del bacino di Sulmona
Matera 2017.
- **Schema idrogeologico della Conca di Sulmona.**
CNR/ gruppo di difesa dalle catastrofi naturali.
- **Piano di Tutela delle Acque.**
Regione Abruzzo – Servizio Acque e Demanio Idrico
- **Analisi spazio temporale delle precipitazioni nella Regione Abruzzo.**
Regione Abruzzo- Centro Agrometeorologico regionale/ Scerni.
- **E. Miccadei, R. Barberi, G.P. Cavinato.**
La geologia quaternaria della Conca di Sulmona (Italia centrale).
Geologia Romana, 34 (59-86) – Roma 1998.
- **G. Capelli, R. Mazza.**
Carte idrogeologiche regionali in Italia.
Italian journal of engineering geology and environment. 1 (2009).
- **C.Bono, C. & Capelli G.**
Schema idrogeologico dell'Italia Centrale.
Memorie della Società Geologica Italiana – Vol. XXXV – 1986.
- **Guide Geologiche Regionali – Abruzzo.**
A cura della Società geologica Italiana, Ed BE-MA – 2003.
- **Idrogeologia applicata ed ambientale del Morrone settentrionale.**
Roberto Irìde – tesi di laurea (2008-2009) Università degli studi G. d'Annunzio
Chieti-Pescara.
- **Emilio Custodio, Manuel Ramon Llamas.**
Hidrologia Subterranea – Ediciones Omega, S.A. Barcelona.
- **Pietro Celico.**
Prospezioni idrogeologiche – Liguori Editore, Napoli – 1986.