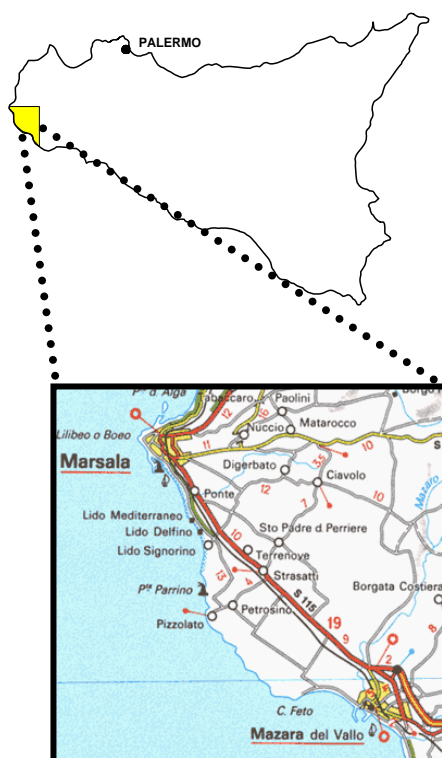


## BACINO IDROGEOLOGICO DELLA PIANA DI MARSALA - MAZARA DEL VALLO

### *Inquadramento geografico e geomorfologico*

L'area oggetto di studio, è ubicata nella parte sud-occidentale della Sicilia, comprende il tratto costiero compreso fra Mazara del Vallo e Marsala, e ricade nei fogli 257 e 265 della carta d'Italia a scala 1:100000 e nelle seguenti tavolette: 257 IV S.O. Borgo Nuovo, 257 III N.O. Paolini, 257 III N.E. Baglio Chitarra, 257 III S.O. Petrosino, 257 III S.E. Borgata Costiera, 265 IV N.O. Capo Feto e 265 IV N.E. Mazara del Vallo (Fig. 1).



*Fig.1- Inquadramento geografico dell'area oggetto di studio.*

La Piana di Marsala-Mazara del Vallo è posta fra il comune di Marsala a Nord e il comune di Mazara del Vallo a sud. In particolare, la zona della piana più importante dal punto di vista idrogeologico per spessore e potenzialità dell'acquifero è limitata ad est dalla Fiumara di Mazarò, a nord dalla Fiumara di Marsala (Sossio), a sud e a sud ovest dal Canale di Sicilia.

L'elemento geomorfologico che più caratterizza questa zona è senza dubbio costituito dalla presenza di "spianate" molto dolci (poste a quote differenti) con andamento sub-orizzontale o debolmente pendenti verso mare la cui monotonia è solo occasionalmente interrotta dalla presenza di cave.

Un altro aspetto morfologico degno di nota è dato, se si escludono le incisioni torrentizie della Fiumara di Mazarò e della Fiumara di Marsala o Sossio, dalla totale assenza d'idrografia superficiale. L'assenza di un'idrografia superficiale sviluppata è legata all'alta permeabilità dei litotipi presenti nella piana.

Infine, si segnala la presenza in alcuni settori della fascia costiera, di zone umide, localmente note con il nome di "margi", la cui genesi è legata all'affioramento della superficie piezometrica che, in questo periodo, sono parzialmente prosciugate.

### ***Inquadramento geologico***

La geologia dell'area in esame è rappresentata, nella sua porzione più superficiale, quasi esclusivamente dalla presenza di sedimenti costieri, di tipo calcarenitico, d'età quaternaria, modellati dalle periodiche oscillazioni eustatiche. In particolare, nel tardo Pleistocene inferiore si sono depositati sedimenti costieri, noti come Calcarenite di Marsala (Emiliano II - Siciliano), disposti in discordanza sui depositi più antichi (Fig. 2). In seguito ad una fase trasgressiva del Pleistocene medio si assiste alla deposizione di una placca calcarenitico-sabbiosa alla quale Ruggieri & Unti (1974) diedero il nome di Grande Terrazzo Superiore (G.T.S.).

Infine nel tardo Pleistocene (Tirreniano), caratterizzato da un sostanziale abbassamento del livello marino, si assiste alla formazione di numerosi terrazzi, la cui geometria è stata anche modellata dalla periodica intermittenza delle oscillazioni eustatiche.

D'Angelo & Vernuccio (1994) distinguono ben otto ordini di terrazzi che si rinvencono a diverse altezze topografiche fino a quote prossime a quelle del livello del mare.

I depositi calcarenitici, antichi e recenti, poggiano in discordanza su sequenze prevalentemente terrigene che, con spessori notevoli (superiori spesso ai 500 metri e fino a 1500 metri), hanno colmato una depressione tettonica di vaste dimensioni che interessa la struttura geologica profonda caratteristica di tutta l'area Trapanese.

Dal punto di vista tettonico, gli aspetti più evidenti si osservano nel settore nord-est caratterizzato da un sistema di pieghe con asse disposto NE-SW. I depositi quaternari presentano una giacitura sub-orizzontale, avendo subito soltanto un sollevamento post-siciliano.

In particolare, le rocce che caratterizzano l'area trapanese sono rappresentate da dolomie e calcari dolomitici del Mesozoico, non affioranti nell'area, ma rinvenuti in alcuni pozzi trivellati dall'AGIP a profondità superiori ai 500 m, ed in particolare nel sondaggio Triglia, in cui i calcari vengono rinvenuti ad una profondità di circa 2000 m.

Al di sopra dei depositi carbonatici del Mesozoico, la serie stratigrafica del dominio carbonatico trapanese procede verso l'alto con una successione di sedimenti carbonatici caratterizzati da calcilutiti, calcari marnosi e marne, calcareniti glauconitiche e marne ed argille marnose ("Marne di San Cipirrello" del Langhiano sup. – Tortoniano). Questa successione, non affiorante nell'area in esame, è stata rinvenuta nella trivellazione AGIP – Triglia, a profondità comprese tra i 1500 e 2000 metri.

A partire dal Tortoniano sup. fino al Messiniano inf. si depositano sedimenti terrigeni costituiti da argille sabbiose, sabbie e conglomerati noti come Formazione Terravecchia", prodotti a seguito di intensi processi di sollevamento e successive erosioni ed accumulo di materiali detritici. Nell'area in studio essi affiorano marginalmente in sinistra idrografica del Fiume Delia.

Nella perforazione AGIP – Triglia, questi sedimenti si rinvergono a partire da circa 185 m e fino a 1500 m di profondità. Si tratta quindi di depositi terrigeni di notevole spessore.

Alla Formazione Terravecchia seguono, in discordanza, calcari massicci a Porites in grossi banchi, affioranti in sinistra del F. Delia, noti con nome di Fm. Baucina.

Nel Messiniano superiore inizia la fase di sedimentazione della serie evaporitica con deposizione di gessi selenitici, affioranti soltanto localmente in destra idrografica del Fiume Arena e rinvenuti in alcuni pozzi dell'ESA.

In discordanza sui terreni della Serie evaporitica si rinvergono i calcari marnosi e marne "Trubi" del Pliocene inf., affioranti e delimitanti, a nord-est, l'acquifero in studio.

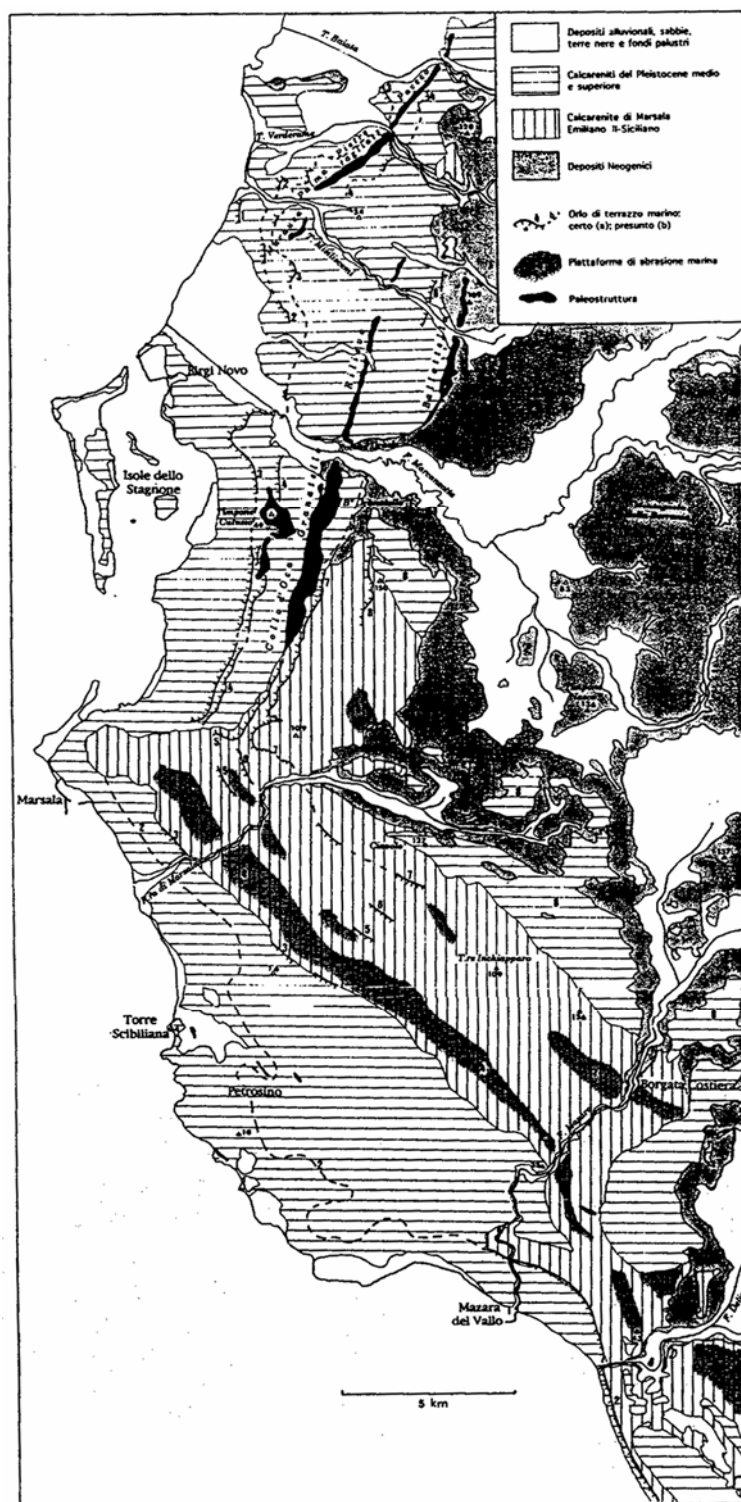


Fig. 2- Schema geologico dell'estremità occidentale della Sicilia (da D'ANGELO & VERNUCCIO, 1996).

Generalmente, in continuità sui “Trubi”, si ritrovano depositi pelitico arenacei afferenti alla “Formazione Marnoso-Arenacea della Valle del Belice” ascrivibile al Pliocene sup.,

formati da marne e marne argillose intercalati a livelli arenacei, aventi uno spessore di circa 200 m. Questi terreni affiorano e delimitano a nord l'acquifero calcarenitico della piana costiera compresa tra Marsala e Mazara del Vallo.

Dall'analisi degli affioramenti geologici nei dintorni dell'area in esame ("Note illustrative della carta geologica Marsala" di D'Angelo & Vernuccio, 1994) e dall'interpretazione dei dati stratigrafici di alcune perforazioni profonde realizzate per ricerche petrolifere, si riesce a ricostruire la successione dei terreni sottostanti i depositi pleistocenici che dal basso verso l'alto sono costituiti da:

- calcari dolomitici e dolomie afferenti a depositi di piattaforma carbonatica, d'età mesozoica;
- marne, calcari marnosi, calcareniti glauconitiche ("Calcareniti di Corleone"), aventi uno spessore di circa 140 m;
- marne a foraminiferi planctonici (Langhiano superiore - Tortoniano inferiore) note in letteratura come "Marne di San Cipirrello", aventi uno spessore di circa 250 m;
- argille, argille marnose e sabbiose, sabbie e conglomerati afferenti alla "Formazione di Cozzo Terravecchia" (Tortoniano superiore - Messiniano inferiore), aventi uno spessore di circa 1300 m;
- calcari a Porites (Messiniano inferiore);
- calcari evaporitici e gessi del Messiniano afferenti alla Serie evaporitica;
- calcari e calcari marnosi a Globigerine, denominati "*Trubi*" (Pliocene inferiore), si presentano di colore grigiastro e molto fratturati. Affiorano nella parte nord orientale dell'area studiata;
- depositi terrigeni, costituiti da terreni marnosi ed argillo-marnosi con frequenti intercalazioni di livelli arenacei, noti in letteratura come "Formazione Marnoso Arenacea della Valle del Belice" (Ruggieri & Torre, 1973), la cui estensione superficiale in superficie è limitata alla parte più settentrionale dell'area studiata. L'importanza di questa formazione è data dal fatto che, costituendo il substrato dei vari depositi calcarenitici ed avendo una permeabilità molto bassa, costituisce il limite di permeabilità definito dell'acquifero;
- Calcarenite di Marsala che presenta un colore bianco-giallastro, una stratificazione ben distinta con immersione verso S-W ed un'inclinazione raramente superiore ai

10°. E' databile, secondo Ruggieri *et al.* (1977), all'Emiliano II – Siciliano. Affiora nel settore settentrionale dell'area in esame. Generalmente si presenta poco cementata nella parte inferiore mentre in quella superiore è più compatta e ben cementata. Lo spessore della Calcarenite di Marsala è molto variabile, e generalmente aumenta verso S-W (Contrada Ferla) dove può superare anche i 70 metri;

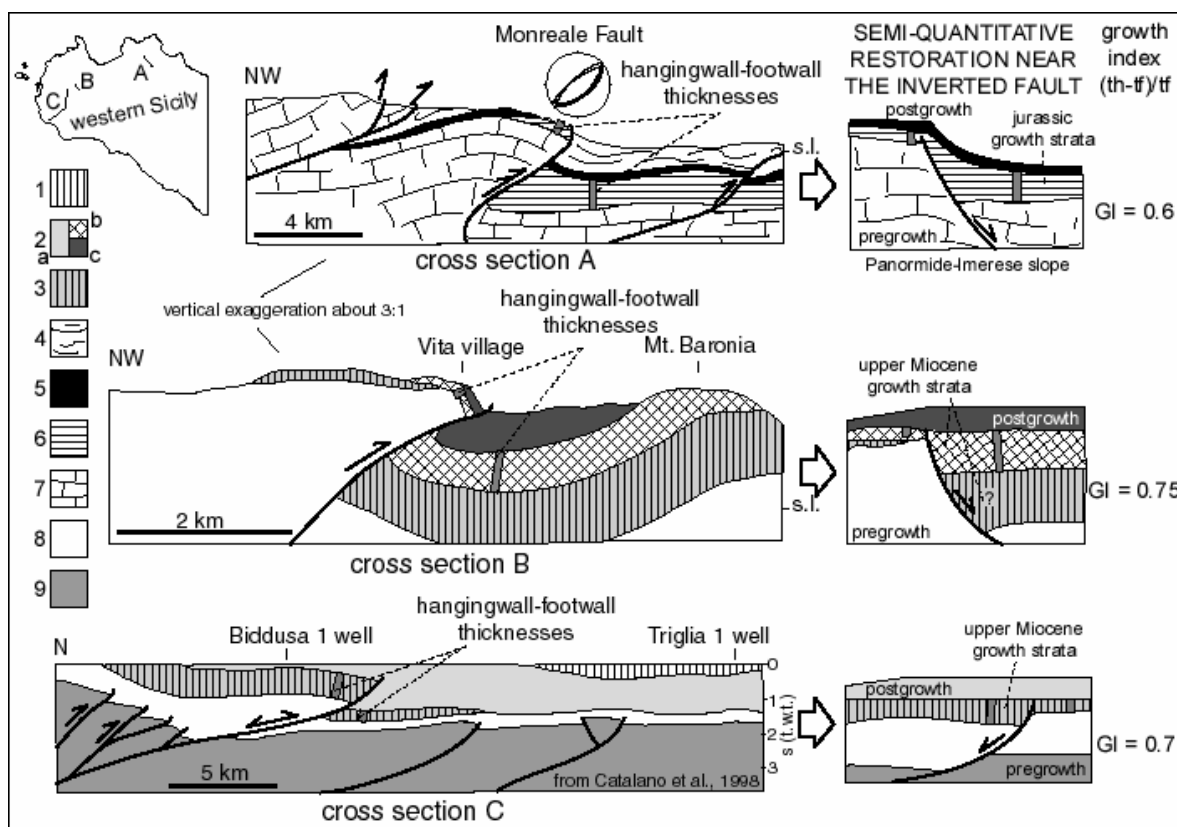


Fig. 3- Sezioni geologiche attraverso la Sicilia occidentale (da GIUNTA *et al.*, 2002).

- depositi terrazzati del Pleistocene medio, noti come Grande Terrazzo Superiore, rappresentato da un bancone calcarenitico di modesto spessore costituito da calcareniti compatte passanti verso l'alto a depositi ciottolosi spesso fortemente cementati. Affiora nella parte nord orientale dell'area studiata, tra Borgata Ciavolo e Contrada Savalla, e costituisce la parte topograficamente più alta della zona (fino a circa 150 m s.l.m.);

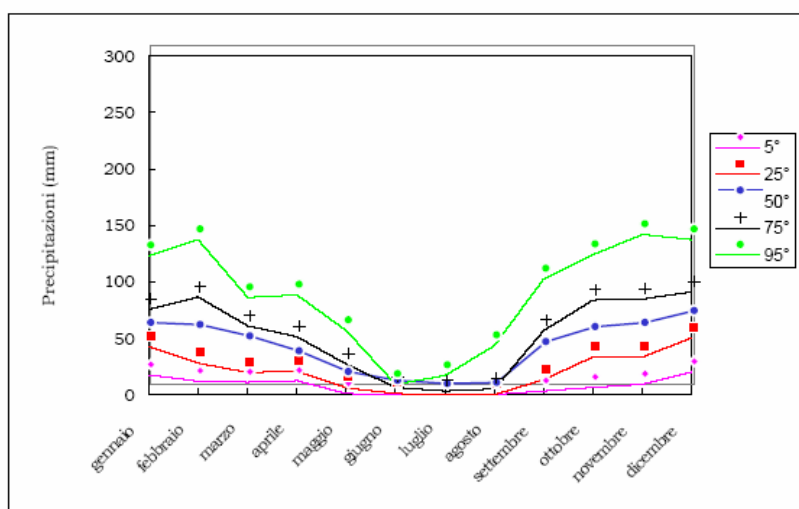
- depositi terrazzati del Tirreniano. Si tratta di un sistema di terrazzi costituiti da depositi calcarenitici di colore giallastro, con rare intercalazioni di sottili livelli limosi o argillosi, disposti con giacitura sub-orizzontale e uno spessore, molto esiguo non superiore a qualche metro;
- depositi lacustri ed alluvionali.

Le deformazioni in questo settore dell'isola sono poco evidenti in superficie, ma con l'ausilio di dati di sismica a riflessione si è riusciti a costruire delle sezioni geologiche (Fig. 3) che evidenziano geometrie da inversione tettonica positiva di precedenti faglie dirette mesozoiche, avvenute durante il Miocene sup.-Pliocene

#### ***Regime pluviometrico e infiltrazione***

Nella Piana di Marsala-Mazara del Vallo la stazione pluviometrica che meglio rappresenta il regime climatico nella zona è la stazione di Marsala. Questa è gestita dal Servizio Tecnico Idrografico Regionale della Sicilia, e ha permesso la fruizione di una serie completa di dati trentennali.

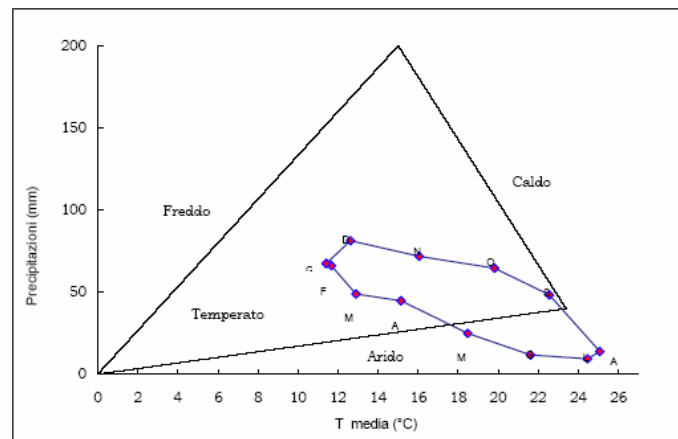
Dai dati dell'Atlante climatologico del Servizio Informativo Agrometeorologico del Dipartimento Agricoltura e Foreste della Regione Sicilia sono stati desunti alcune informazioni di carattere climatico (figg 4 e 5) che di seguito vengono riportati.



**Fig. 4 - Andamento delle precipitazioni per la stazione di Marsala**

Marsala m 12 s.l.m.

<i>mese</i>	<i>T max</i>	<i>T min</i>	<i>T med</i>	<i>P</i>
gennaio	15,0	7,7	11,3	61
febbraio	15,3	7,9	11,6	60
marzo	16,8	8,9	12,8	43
aprile	19,1	11,0	15,1	39
maggio	22,9	13,9	18,4	19
giugno	26,3	16,8	21,6	6
luglio	29,3	19,5	24,4	3
agosto	29,9	20,1	25,0	8
settembre	26,7	18,2	22,5	42
ottobre	24,0	15,5	19,7	58
novembre	19,9	12,0	16,0	66
dicembre	16,2	8,8	12,5	75



**Fig. 5 - Climogramma di Peguy riferito alla stazione di Castelvetro**

I climogrammi di Peguy riassumono sinteticamente le condizioni termo-pluviometriche delle diverse località considerate. Essi sono costruiti a partire dai dati medi mensili di temperatura media e precipitazioni cumulate. Sulle ascisse è riportata la scala delle temperature (°C), mentre sulle ordinate quella delle precipitazioni (mm). Dall'unione dei 12 punti relativi a ciascun mese, si ottiene un poligono racchiudente un'area, la cui forma e dimensione rappresentano bene le caratteristiche climatiche di ciascuna stazione. Sul climogramma è anche riportata un'area triangolare di riferimento che, secondo Peguy, distingue una situazione di clima temperato (all'interno dell'area stessa), freddo, arido, caldo (all'esterno del triangolo, ad iniziare dalla parte in alto a sinistra del grafico, in senso antiorario). Il triangolo è costruito sulla base delle seguenti coordinate dei vertici: (0°C, 0

mm); (23,4°C, 40 mm); (15°C, 200 mm). La posizione dell'area poligonale, rispetto a quella triangolare di riferimento fornisce una rappresentazione immediata delle condizioni climatiche della stazione.

Dall'esame del climogramma di Peguy riferito alla stazione di Marsala si evince che il clima è temperato dal mese di settembre al mese di aprile, e che il clima è arido da aprile a settembre.

Dai dati dell'Atlante climatologico del Servizio Informativo Agrometeorologico del Dipartimento Agricoltura e Foreste della Regione Sicilia la precipitazione media annua per la serie temporale 1965-1994 è pari a circa 480 mm/a.

### ***Caratteri idrogeologici generali dell'area in esame***

Dai dati litostratigrafici, tettonici ed idrogeologici raccolti nell'area in studio si individua un'unica idrostruttura denominata "Unità idrogeologica della Piana di Marsala-Mazara del Vallo", compresa tra l'abitato di Birgi a Nord e il Fiume Delia a Sud. Da studi idrogeologici degli anni '80 eseguiti dalla SOGESTA, dell'ARLAB e dalla CMP, condotti per conto della Cassa per il Mezzogiorno), da ricostruzioni dell'andamento del substrato impermeabile, da dati stratigrafici e dall'andamento della superficie piezometrica, si desume che la porzione più significativa dal punto di vista idrogeologico dell'Unità idrogeologica della Piana di Marsala- Mazara del Vallo è quella sita fra la fiumara di Marsala a Nord e fiumara di Mazarò a Est. Per questi motivi di seguito verrà maggiormente approfondito quest'ultimo settore. Tuttavia, i punti di campionamento sono stati distribuiti in maniera uniforme in tutto il corpo idrico al fine di meglio definire e caratterizzare le acque sotterranee dal punto di vista qualitativo e quantitativo.

Nell'Unità idrogeologica della Piana di Marsala- Mazara del Vallo è sede di un acquifero calcarenitico in cui la circolazione idrica sotterranea si espleta essenzialmente grazie alla porosità primaria che tali litotipi mostrano, a cui si aggiunge la circolazione preferenziale lungo i giunti di stratificazione e la rete di fratturazione e fessure. Si tratta di un acquifero multifalda, caratterizzato dalla presenza di diversi livelli idrici comunicanti.

Dai dati litostratigrafici dei litotipi affioranti e dalla ricostruzione e correlazione di alcune stratigrafie di pozzi si evince che, tanto la Calcarenite di Marsala quanto i depositi

terrazzati tirreniani, presentano intercalati orizzonti calcarenitici a differenti permeabilità e livelli argilloso-siltosi poco o scarsamente permeabili che sono responsabili della presenza di diversi livelli idrici.

Tali considerazioni portano a definire l'acquifero in esame come un multifalda costituito da diverse falde idriche tra loro comunicanti e caratterizzate da scambi idrici verticali in funzione del livello piezometrico di ognuna

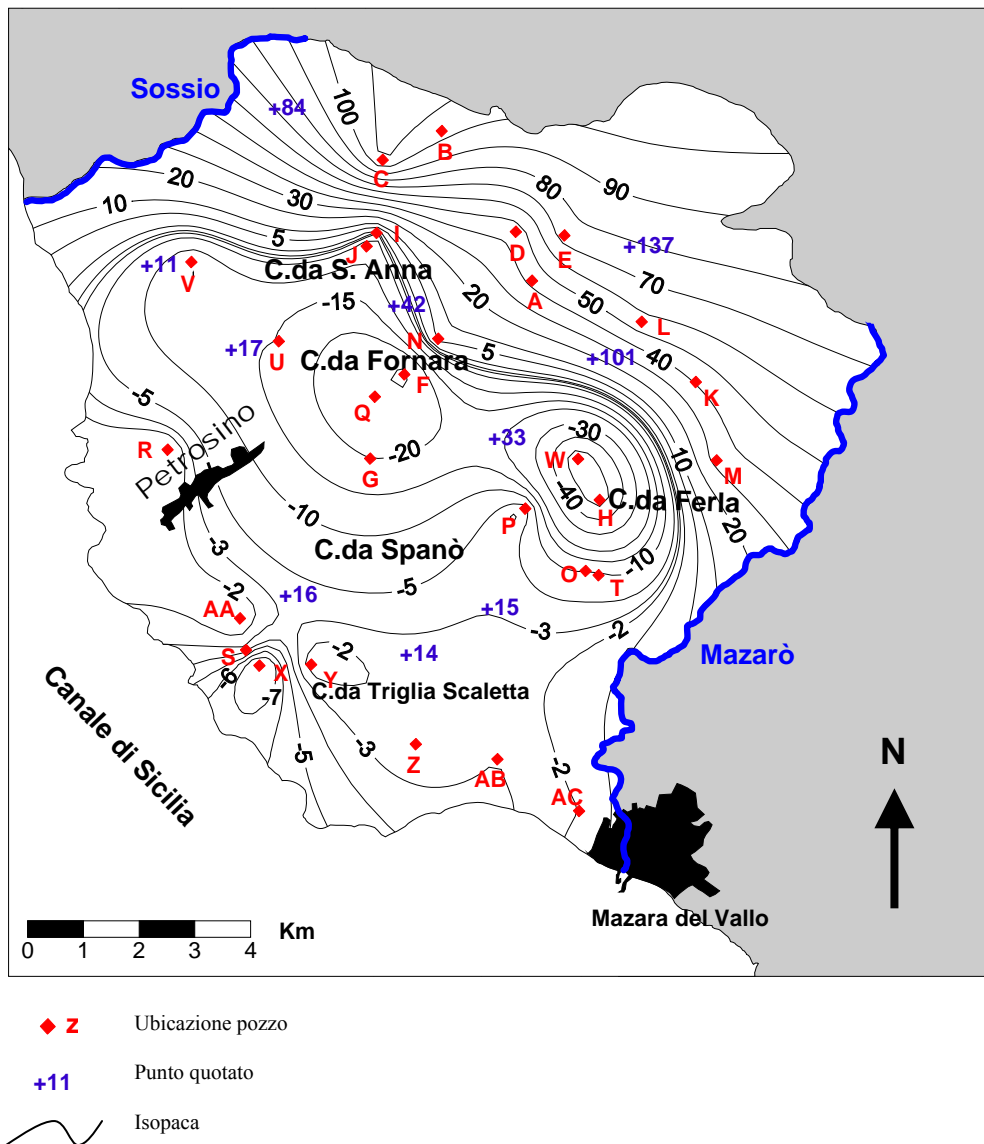
In particolare secondo Calvi *et al.* 2001 è possibile distinguere almeno due falde idriche:

- una profonda, impostata sulla Calcarenite di Marsala parzialmente semiconfinata da livelli discontinui poco permeabili,
- una superficiale di tipo libera, ospitata nei depositi terrazzati tirreniani, alimentata dalle precipitazioni efficaci e in condizioni idrodinamiche di interscambio idrico con la falda profonda in funzione delle rispettive altezze piezometriche.

Il differente ruolo nella circolazione idrica sotterranea fra orizzonti a differente permeabilità presenti sia nella Calcarenite di Marsala sia nei depositi terrazzati, si deduce dalla presenza fino dagli anni settanta della sorgente Samperi, da informazioni su rinvenimenti di falde in pressione e dall'analisi della morfologia della superficie piezometrica che mostra, al contatto fra le Calcareniti di Marsala e i depositi terrazzati, una brusca riduzione del gradiente idraulico. Tale variazione è probabilmente dovuta al fatto che la comunicazione idrica orizzontale tra le due formazioni idrogeologiche, rispettivamente sedi della falda profonda (Calcarenite di Marsala) e di quella superficiale (depositi tirreniani), è molto limitata.

Dall'interpretazione geologico-strutturale dei litotipi rinvenuti nell'area, dall'interpretazione di alcuni dati geofisici (Cosentino *et al.*, 1985) e dalla correlazione di dati stratigrafici di alcuni pozzi, si evince che l'acquifero in esame (Calvi *et al.* 2001) poggia su un substrato argillo-marnoso (Formazione Marnoso Arenacea della Valle del Belice).

Inoltre, dall'interpolazione dei dati sopradetti, è stato possibile ricostruire l'andamento del substrato argilloso (Fig. 6) dell'acquifero (Cosentino *et al.*, 2003).



*Fig. 6 - Carta del tetto del substrato argilloso (da Cosentino et al., 2003, modificata).*

Dall'esame della carta del tetto del substrato argilloso dell'acquifero calcarenitico si evince che :

- il substrato presenta un andamento spaziale molto irregolare mostrando ove forti depressioni ed ove deboli rialzi.
- lo spessore dell'acquifero calcarenitico, è variabile da un minimo di pochi metri ad oltre 70-75 m.

- nella zona centrale dell'area studiata è presente un unico grande avvallamento che si snoda in due depressioni più accentuate; nella più profonda delle due, presso Contrada Ferla, il substrato argillo-limoso può arrivare fino a 50 m sotto il livello del mare.

### ***Modello concettuale di circolazione idrica sotterranea***

Per poter analizzare le modalità di circolazione idrica sotterranea delle acque circolanti nell'acquifero calcarenitico della Piana di Marsala –Mazara del Vallo si è reso necessario una ricostruzione della superficie piezometrica. Per tale scopo si sono utilizzati i dati desunti da una campagna di monitoraggio condotta nel 1999 (Calvi *et al.* 2001) e i dati dei livelli piezometrici misurati nel 2001 (Cosentino *et al.* 2003). Nella Fig. 7 è riportato l'andamento della superficie piezometrica del 1999 e nella Fig. 8 viene rappresentata la distribuzione spaziale dei livelli piezometrici del 2001.

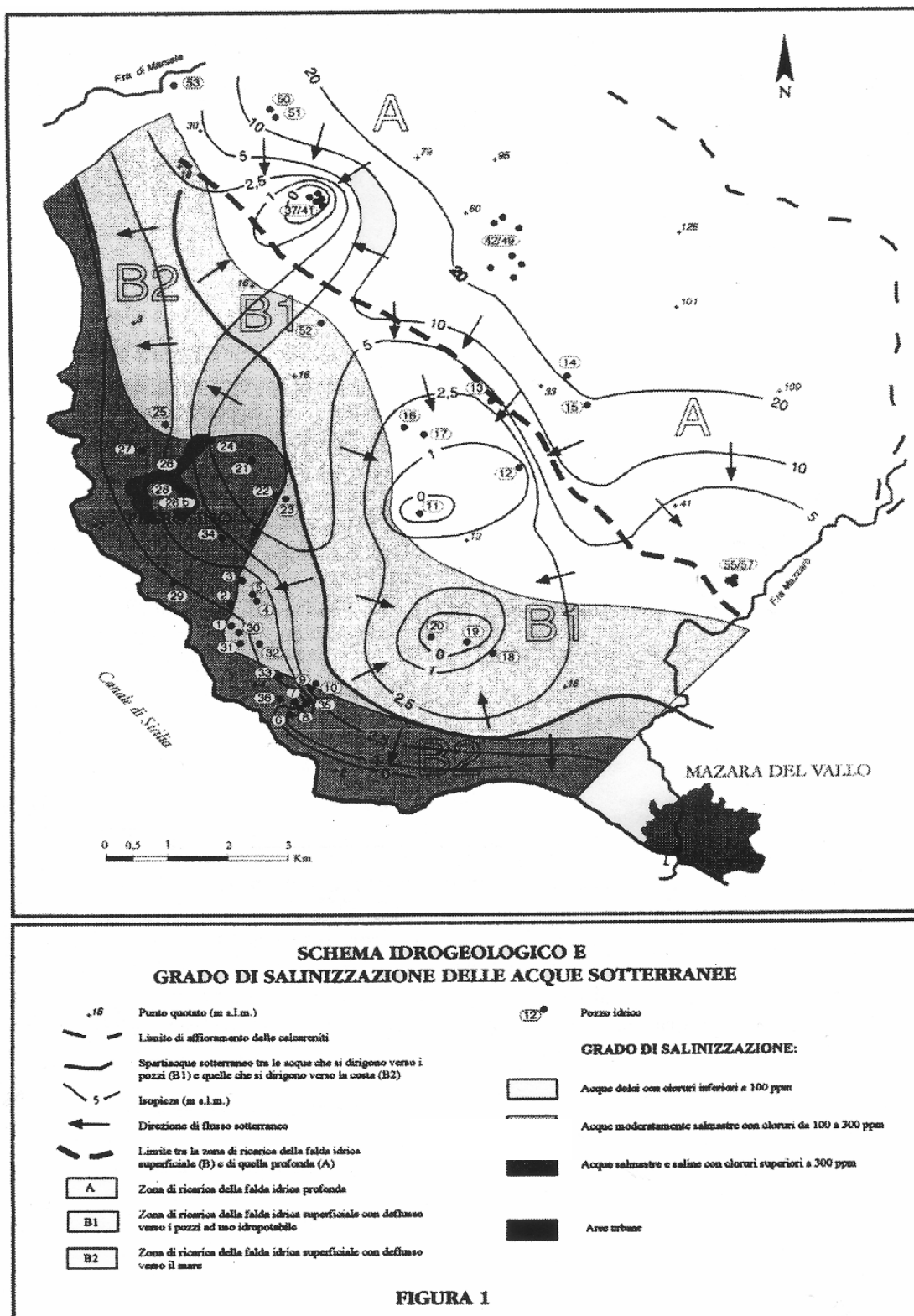


Fig. 7- Carta della superficie piezometrica del 1999 (da Calvi et al., 2001).

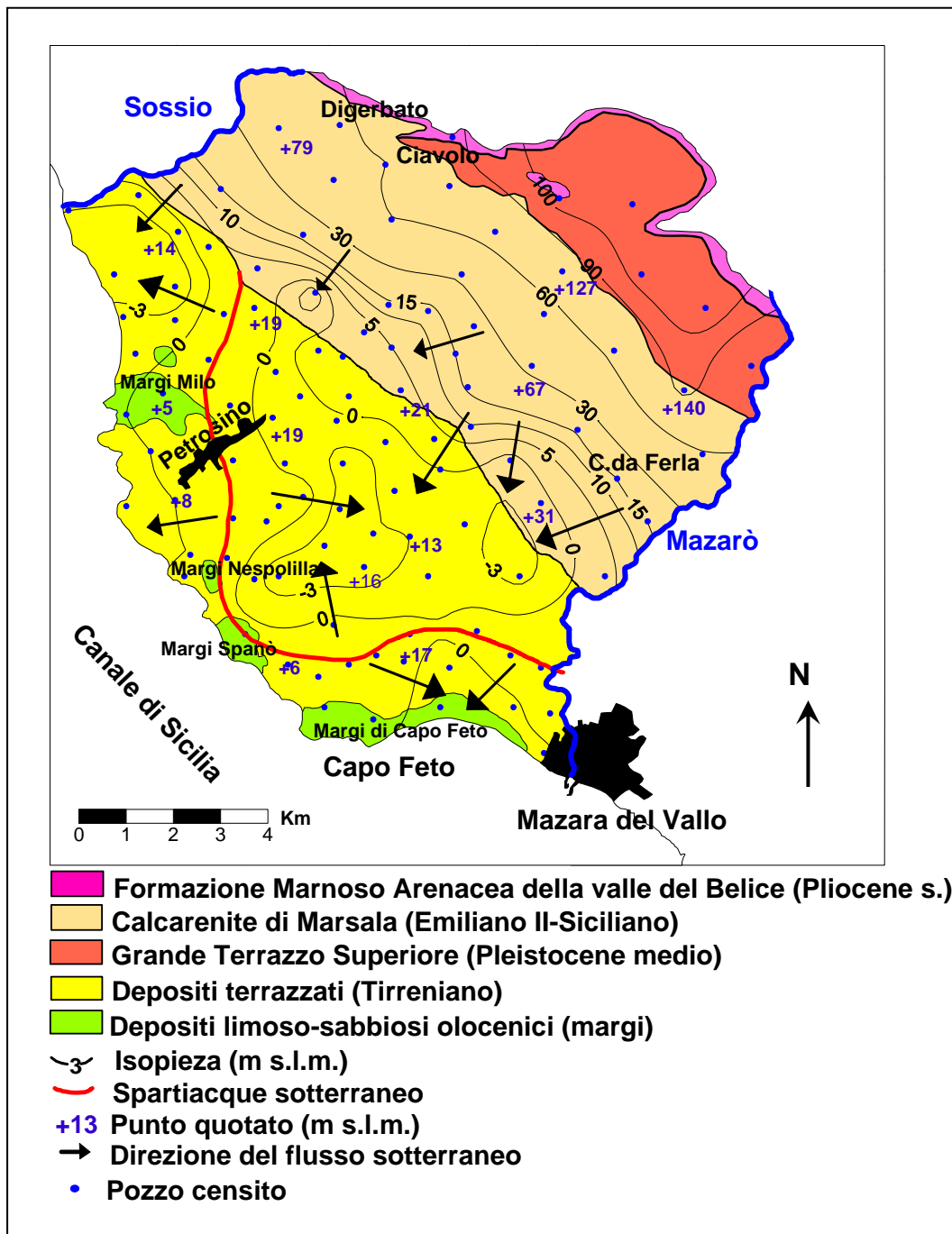


Fig.8 - Carta della superficie piezometrica del 2001 (Cosentino et al., 2003, modificata).

Dall'analisi dell'andamento della superficie piezometrica, ricostruita per il 1999 e per il 2001 si osserva che:

- le isopieze sono fortemente influenzate da intesi prelievi concentrati in tre zone a intenso emungimento idrico. In queste aree, infatti, si concentrano 25 pozzi idropotabili gestiti dal comune di Marsala, dal comune di Petrosino e dall'Ente Acquedotti Siciliano. I prelievi per uso idropotabile di questi 25 pozzi profondi ammontano a circa 325 l/s;
- l'andamento della superficie piezometrica, relativa all'acquifero impostato nel complesso calcarenitico, risulta notevolmente condizionato dalla presenza di orizzonti discontinui a differente grado di permeabilità che creano delle locali condizioni di semiconfinamento della falda profonda;
- è possibile definire lo spartiacque sotterraneo che separa la zona in cui le linee di flusso seguono il naturale flusso idrico verso il mare dall'altra zona in cui il flusso idrico naturale viene deviato perché intercettato dai pozzi idropotabili.
- l'acquifero non si trova più in condizione naturale di equilibrio.

In condizioni naturali, infatti, la direzione preferenziale del flusso idrico sotterraneo sarebbe stata diretta verso la linea di costa, dove in passato si formavano, per affioramento della piezometrica, alcune zone umide denominati "margi".

Si suppone che l'acqua infiltrata nella falda superficiale allo stato naturale di equilibrio, alimentasse i corsi d'acqua e i margi limitando così l'intrusione marina in una fascia ristretta delimitata dalle stesse aree umide. Inoltre, la falda profonda, in tali condizione di equilibrio si presume fosse drenata dai corsi d'acqua e ricaricata in parte dalla falda superficiale poiché i livelli relativi alla falda profonda erano superiori a quelli della falda superficiale.

Nelle attuali condizioni di sfruttamento dell'acquifero e relativamente al posizionamento dello spartiacque sotterraneo, definito da Calvi *et al.*, 2001, è possibile distinguere nell'area in studio (vedi Fig. 7) una zona denominata "A", dove affiorano le Calcareniti di Marsala, che ospitano la falda profonda, ed una zona denominata "B", sede della falda più superficiale, impostata nei depositi terrazzati che ricoprono le Calcareniti di Marsala. La porzione "B" della falda profonda si trova in condizioni idrodinamiche parzialmente confinate o semiconfinate a causa della presenza di livelli poco permeabili che si intercalano nell'acquifero calcarenitico. In conclusione tali caratteristiche

idrogeologiche determinano una distinzione delle aree di alimentazione delle due falde. Infatti la zona "A" costituisce la zona di ricarica per la falda profonda delle calcareniti; mentre la zona "B" alimenta la falda più superficiale libera e parzialmente in comunicazione verticale con la falda profonda.

L'acquifero della Piana di Marsala–Mazara del Vallo è soggetto ad un intenso sovrasfruttamento. Già negli anni settanta uno studio eseguito dalla SOGESTA nell'intera area trapanese aveva evidenziato diffusi abbassamenti dei livelli piezometrici che obbligavano gli utilizzatori ad un continuo approfondimento dei pozzi. Il depauperamento della risorsa idrica era anche allora causato dalla presenza di un elevatissimo numero di pozzi per uso irriguo ed idropotabile, i cui emungimenti superavano di gran lunga la disponibilità di ricarica annuale della risorsa, intaccando le risorse idriche sotterranee.

L'analisi dei livelli piezometrici degli ultimi 50 anni relativi a pozzi S. Miceli, gestiti dall'EAS evidenziava un abbassamento dei livelli dinamici di circa 22 m. Infatti, quando nel 1958 furono realizzati i pozzi S. Miceli, si registravano valori di livelli dinamici di 28 m dal p.c. e portate di 60 l/s. Attualmente, invece, i livelli dinamici si attestano a circa 50 m dal p.c. e le portate si sono dimezzate a 30 l/s.

Ulteriore conferma dell'intenso sovrasfruttamento in cui versa l'acquifero sono il continuo posizionamento delle pompe dovuto all'approfondimento dei pozzi, l'insalinizzazione dei pozzi Minnuliti gestiti dall'EAS e la scomparsa di alcune sorgenti significative come quella di Samperi, ubicata a NE dell'abitato di Petrosino, località Ferla, lungo il contatto fra le calcareniti di Marsala e i depositi terrazzati del Tirreniano. Dal libro "Le Sorgenti Italiane" del 1934, si osserva che la sorgente Samperi nel 1932 segnava una portata di massima di 20 l/s e una portata di minima di circa 7 l/s.

Anche dai dati desunti dal bilancio idrologico stimato da Calvi *et al.* 2001, si evince che l'acquifero impostato nella Piana di Marsala è soggetto ad un'intenso sovrasfruttamento in quanto gli emungimenti corrispondono o talora superano la ricarica annuale intaccando le riserve, provocando un vistoso abbassamento del livello piezometrico e in alcuni casi dimezzando la capacità produttiva dei pozzi che periodicamente vengono approfonditi dagli utilizzatori.

Inoltre il depauperamento della risorsa idrica ha provocato una drastica riduzione degli apporti al mare generando non solo il prosciugamento dei "margi" ma soprattutto fenomeni

di intrusione marina che creano un vistoso peggioramento della qualità delle acque sotterranee.

### *Estrazioni di acque dolci e usi*

Il corpo idrico della Piana di Marsala-Mazara del Vallo è utilizzato per l'approvvigionamento idrico dei comuni di Marsala, Mazara, e Petrosino, e in parte anche per usi agricoli ed industriali.

Nella Piana di Marsala-Mazara del Vallo dagli anni ottanta ad oggi sono stati realizzati migliaia di pozzi dei quali alcuni intercettano la falda idrica superficiale e sono utilizzati per fini domestici, altri intercettano la falda profonda e sono utilizzati per fini agricoli o industriali, altri sono pubblici, captano la falda profonda e vengono utilizzati per uso idropotabile. La maggior parte dei pozzi privati sono stati realizzati abusivamente e sanati negli ultimi anni. Un gran numero di questi pozzi sono stati censiti dal Genio Civile di Trapani ma i dati, spesso insufficienti, risultano non sempre corrispondenti alla situazione attuale.

Fra i pozzi pubblici si ricordano i seguenti:

- i pozzi San Miceli che sono gestiti dall'EAS con una portata complessiva di circa 30 l/s;
- i pozzi Sinubbio, S.Anna, Pastorella, Bua gestiti dal comune di Marsala con una portata complessiva variabile da 200 a 250 l/s;
- i pozzi del comune di Petrosino che hanno una portata complessiva di circa 30 l/s;
- i pozzi Ramisella gestiti dal comune di Mazara del Vallo che hanno una portata complessiva di circa 30 l/s.

### *Caratteristiche qualitative dell'acquifero*

La drammaticità della situazione attuale assume un aspetto ancor più significativo se si considera che l'acquifero è a diretto contatto con il mare ed è conseguentemente soggetto a fenomeni di intrusione marina. L'impovertimento della risorsa idrica ha accentuato e accentuerà tale fenomeno, che si è già manifestato con vistosi peggioramenti qualitativi delle acque sotterranee.

Da alcune analisi chimiche effettuate da Casentino et al. 2003, si osserva che numerosi sono i pozzi lungo la fascia costiera in cui le acque presentano valori di conducibilità superiori a 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Nella figura 9 è stato riportato l'andamento delle isolinee di concentrazione della conducibilità.

Dalla ricostruzione dell'andamento dei valori di conducibilità nelle acque dell'acquifero calcarenitico della Piana di Marsala e Mazara del Vallo si evince che:

- tutta la fascia costiera mostra valori alti di conducibilità variabili da 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 5000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Proprio in questa zona, esistono parecchi pozzi insalinizzati e abbandonati poiché ormai inadoperabili per l'uso irriguo e/o idropotabile.
- In questo stesso tratto della fascia costiera si dipartono verso l'entroterra, due lingue ad alta conducibilità che potrebbero essere zone di intrusione marina

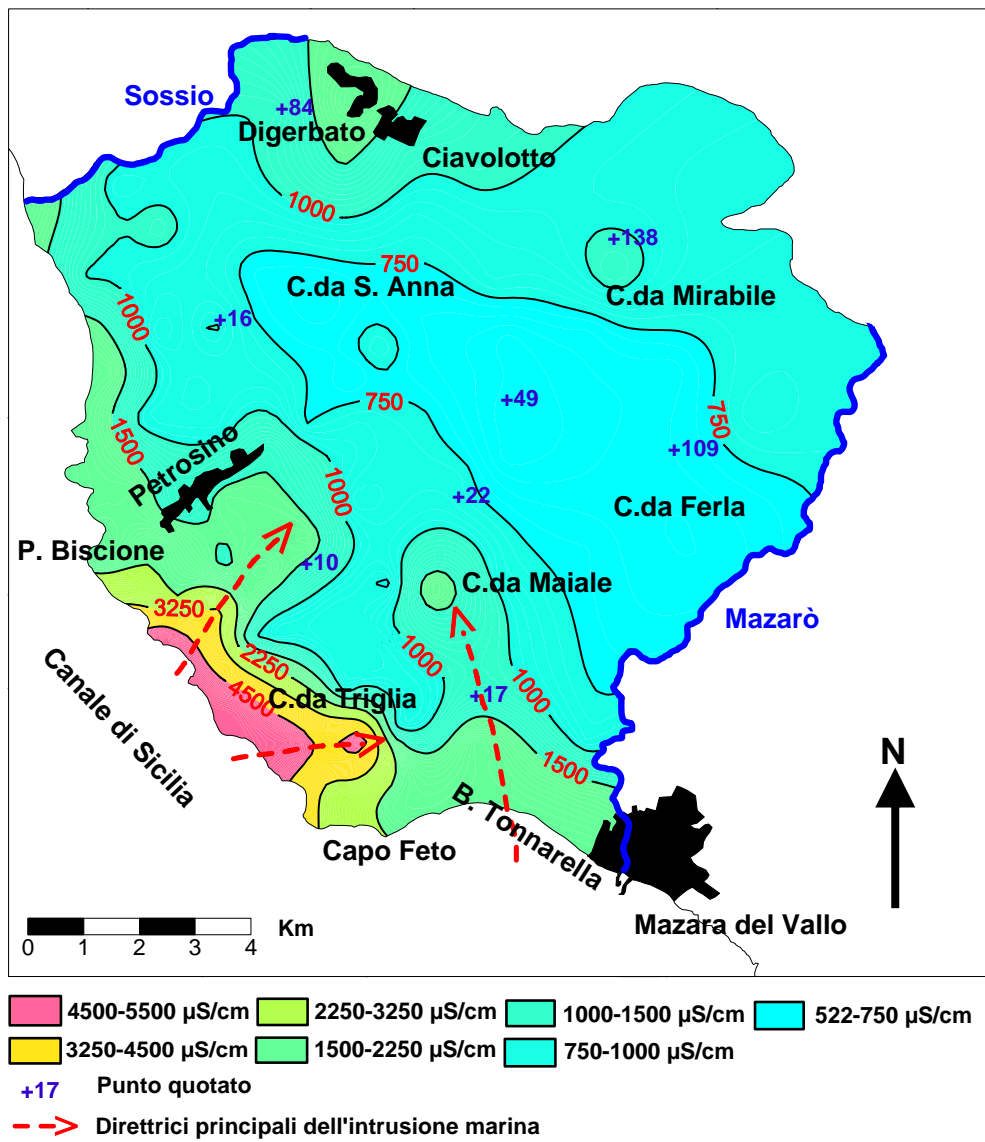


Fig.9 - Carta della distribuzione della conducibilità (da Cosentino et al., 2003, modificata).

### ***Vulnerabilità dell'acquifero***

Dall'analisi sull'alimentazione degli acquiferi e sulla valutazione della risorsa rinnovata annualmente nella Piana di Marsala-Mazara del Vallo si osserva un sovrasfruttamento della riserva idrica sotterranea, ormai praticamente assente, a causa degli emungimenti complessivi che corrispondono grosso modo alla risorsa rinnovabile e a causa dei diffusi fenomeni di intrusione marina nella fascia costiera (Calvi *et al.*, 2001).

Un altro importante effetto connesso ai prelievi eccessivi è rappresentato dalla quasi totale scomparsa delle paludi costiere (margi) che un tempo bordavano una buona parte litoranea della Piana di Marsala. Nella zona studiata ricadono diverse aree un tempo palustri come i margi Nespollilla, Spanò, Milo e la zona costiera di Capo Feto; queste, fatta eccezione per il Margio Milo, non svolgono più il ruolo idrogeologico che un tempo avevano. La loro scomparsa in termini funzionali, oltre a dipendere dal noto e generalizzato abbassamento della superficie piezometrica, è stata fortemente agevolata anche dalla prepotente urbanizzazione che, con i numerosi interventi antropici, ne ha modificato (a volte anche drasticamente) l'orografia alterandone o compromettendone irreversibilmente la naturale funzione.

Nel Margio Milo, sito nella zona costiera posta a nord-ovest di Petrosino, è ancora osservabile la formazione periodica di zone acquitrinose, indubbiamente legate alle oscillazioni della superficie piezometrica, nonostante le evidenti trasformazioni legate alle attività antropiche.

Queste zone palustri, rappresentano importantissimi ecosistemi naturali unici per gli aspetti faunistico-floristici, tanto è vero che figurano tra i siti d'interesse comunitario (S.I.C.). In particolare, dal punto di vista geomorfologico queste aree rappresentano fasce di transizione tra la terraferma ed il mare e sono, quindi, sede di tutti quei processi tipici della dinamica costiera come la formazione di spiagge, di cordoni litoranei, di barre o di cordoni dunali i quali esprimono la risultante delle azioni che gli agenti esogeni marini e terrestri operano in quelle aree.

Dal punto di vista idrogeologico i margi rappresentano o hanno rappresentato l'affioramento della superficie piezometrica. Questa condizione in passato ha avuto un ruolo fondamentale nel contenere e contrastare l'infiltrazione d'acqua salata in falda. Infatti, in tali aree l'abbassamento del livello piezometrico produce una riduzione del

carico idraulico delle acque dolci con il conseguente parziale prosciugamento delle aree umide che non assolvono più l'importante funzione di ostacolare l'intrusione marina.

### *Intrusione marina e sovrasfruttamento dell'acquifero*

Negli acquiferi costieri, direttamente a contatto con le acque del mare, si manifesta molto spesso il fenomeno dell'intrusione dell'acqua marina. La superficie teorica di separazione tra i due liquidi, che hanno diversa densità, è chiamata "interfaccia", in realtà si tratta di una zona di mixing fra acqua dolce e acqua marina. Poiché l'acqua dolce sovrasta per densità l'acqua salata marina più densa, la superficie di interfaccia è concava verso l'alto e spesso ha, come limite inferiore, la base dell'acquifero.

La variabile che definisce la forma di questa superficie è il volume di acqua dolce che l'acquifero scarica in mare; maggiore è tale apporto, minore è l'avanzamento delle acque marine verso l'entroterra.

I rapporti tra acqua dolce ed acqua marina rappresentano, quindi, un equilibrio naturale che può essere facilmente alterato nel caso di diminuzione delle acque di infiltrazione o di sovrasfruttamento della falda idrica nelle aree a monte. Nel caso dell'acquifero della Piana di Marsala-Mazara del Vallo a causa dell'elevato sfruttamento delle risorse si riduce il volume idrico che fluisce verso la linea di costa, con la conseguente progressione verso l'entroterra delle acque del mare (intrusione o ingressione marina) e salinizzazione progressiva della falda.

Da quanto evidenziato si deduce che, in assenza di sostanziali diminuzioni degli apporti idrici naturali, la causa principale dell'insalinamento per intrusione marina è da attribuire allo sfruttamento delle acque sotterranee ed in particolare al fatto che i prelievi superano la ricarica idrica annuale.

Più di uno studio idrogeologico condotto sull'acquifero costiero Marsala-Mazara del Vallo, ha individuato, seppur indirettamente, la condizione di sovrasfruttamento dei prelievi idrici rispetto alla risorsa effettivamente rinnovabile annualmente.

In questi studi si segnalano fenomeni d'ingressione marina, evidenziati dagli elevati valori di conducibilità e di concentrazione di cloruri delle acque di alcuni pozzi costieri e

dalla bassissima resistività dei terreni investigati nel sottosuolo della zona più prossima alla linea di costa.

Il livello di controllo e di attenzione verso le problematiche dell'acquifero in esame, soprattutto in relazione alla presenza di abbondanti prelievi idropotabili, dovrebbe essere continuo e bisognerebbe intervenire rapidamente per individuare i meccanismi di evoluzione e monitorare costantemente il fenomeno dell'avanzamento del cuneo di intrusione marina.

In tale contesto di provato rischio idrogeologico, va ricondotto il monitoraggio della falda utilizzata nell'area in esame, attraverso la realizzazione di una rete piezometrica in grado di controllare nello spazio e nel tempo, l'evolversi del fenomeno di avanzamento marino a scapito delle acque dolci sempre più sistematicamente compromesse. In tal senso si inquadra la rete freaticometrica realizzata dall'Ufficio Tecnico Idrografico della Regione Sicilia negli ultimi anni.

### ***Rete di controllo piezometrico realizzata dall'Ufficio Idrografico della Regione Sicilia***

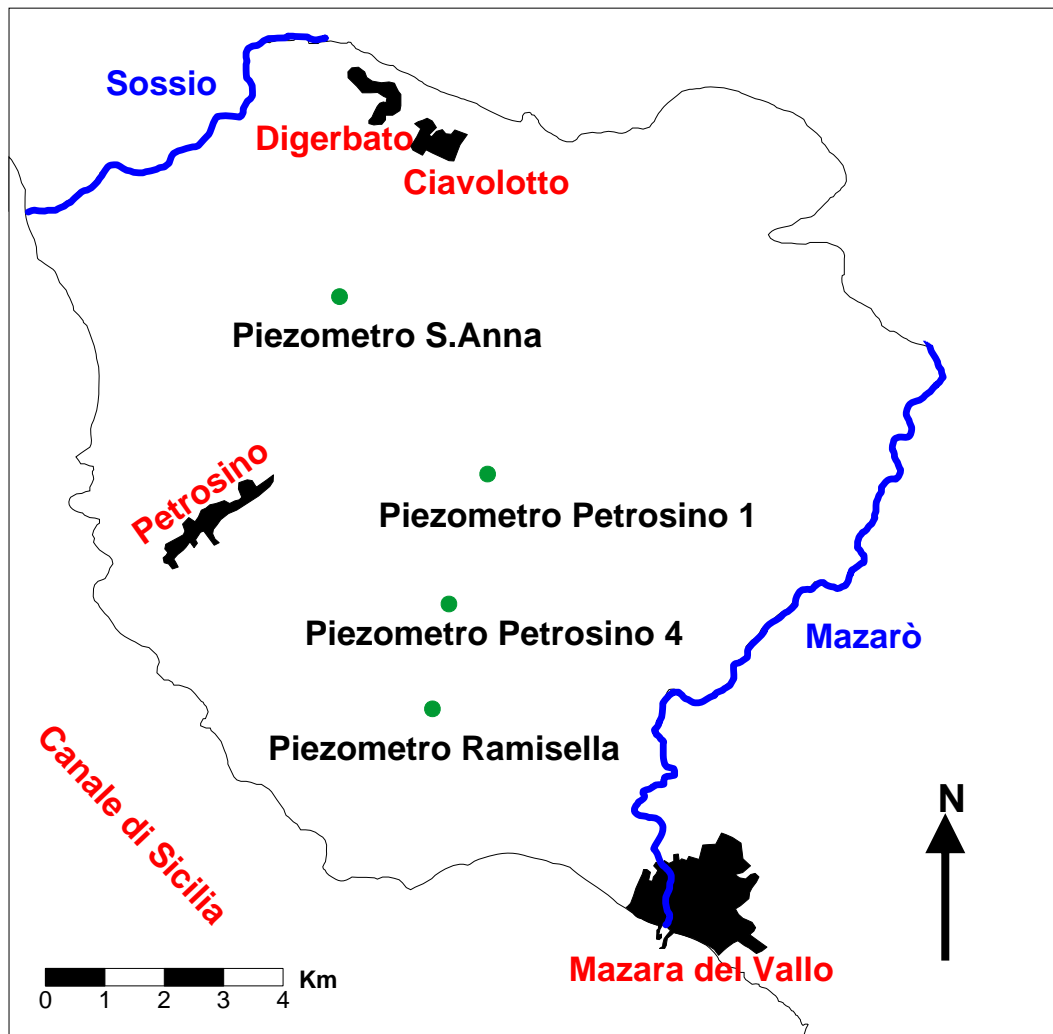
Nell'acquifero costiero posto tra Marsala e Mazara del Vallo ricadono, quattro stazioni freaticometriche rispettivamente note coi nomi di: Petrosino 1, Petrosino 4, Sant'Anna e Ramisella.

Le ubicazioni delle suddette stazioni sono indicate in Fig. 10.

Ogni stazione freaticometrica è costituita da:

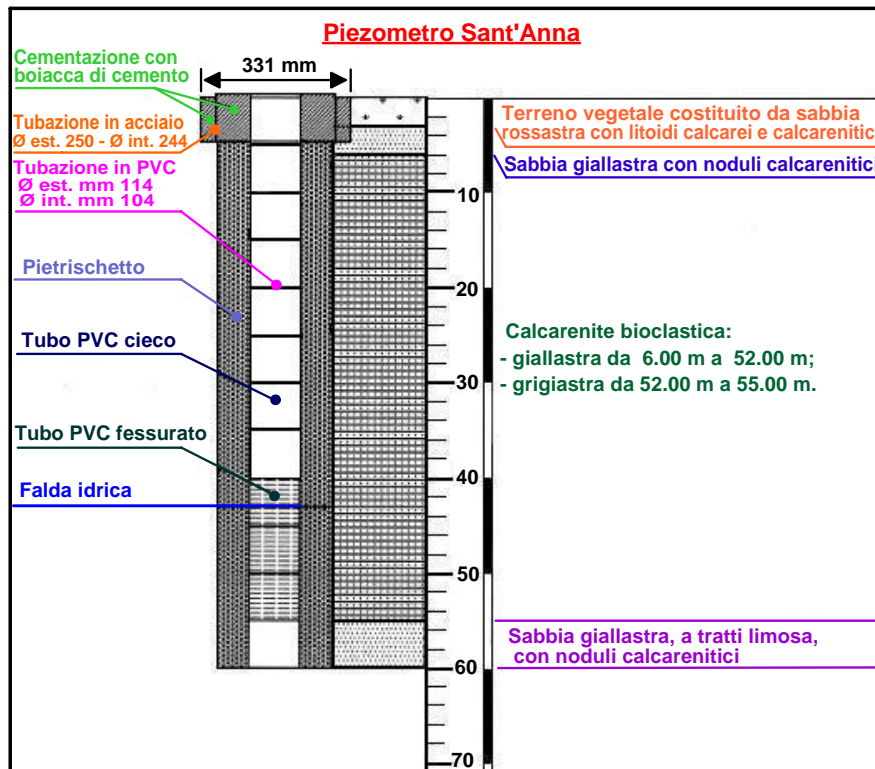
- foro piezometrico;
- sensore di livello piezometrico;
- datalogger;
- antenna.

Il sensore piezometrico posto all'interno dei fori consente di risalire all'altezza ed alle oscillazioni della superficie piezometrica misurando il peso della colonna d'acqua che gli sta sopra. Queste misure vengono trasmesse al datalogger che le memorizza, le elabora e, attraverso l'antenna, le invia al centro di elaborazione dati.



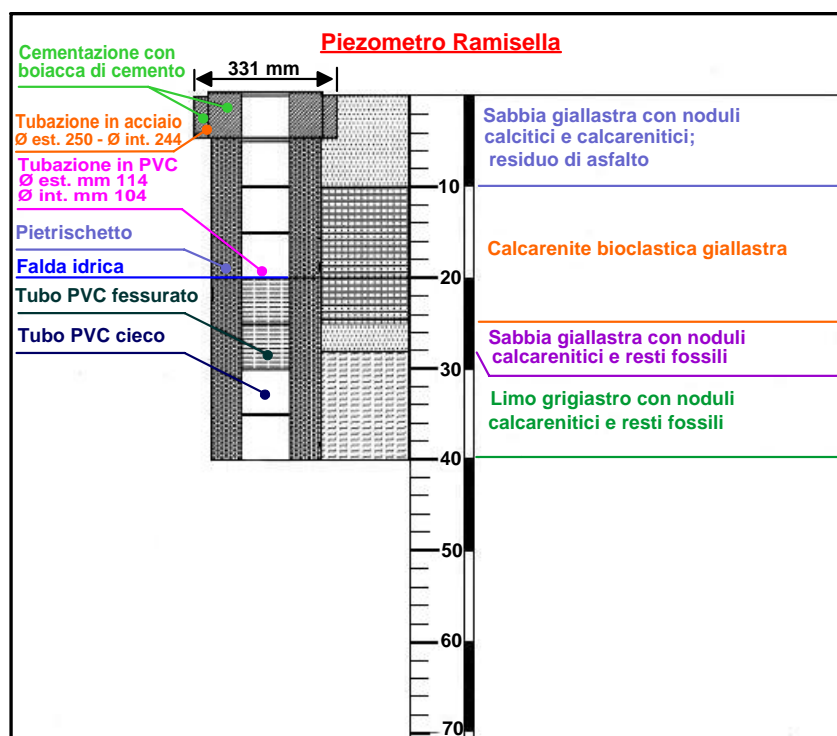
*Fig.10 - Ubicazione dei quattro fori piezometrici ricadenti nell'area in esame.*

Il foro piezometrico Sant'Anna è sito nel territorio di Marsala (presso la contrada che porta l'omonimo nome) ed è il più profondo dei quattro (la falda è stata intercettata a 43 m). La stratigrafia e le caratteristiche tecniche del pozzo sono mostrate in Fig. 11.



*Fig. 11 - Stratigrafia e caratteristiche tecniche del foro piezometrico Sant'Anna.*

Il foro piezometrico Ramisella è sito nell'omologa contrada (territorio di Mazara del Vallo) e rientra nell'area di pertinenza della centrale di pompaggio dei pozzi Ramisella. Il suddetto foro intercetta la falda idrica a 20 m. Le sue caratteristiche sono esposte in Fig.12.



*Fig. 12 - Stratigrafia e caratteristiche tecniche del foro piezometrico Ramisella.*

I rimanenti due fori (Petrosino 4 e Petrosino 1) rientrano nel territorio comunale di Petrosino ed intercettano rispettivamente la falda idrica a 19 m ed a 20 m (Fig. 13 e 14).

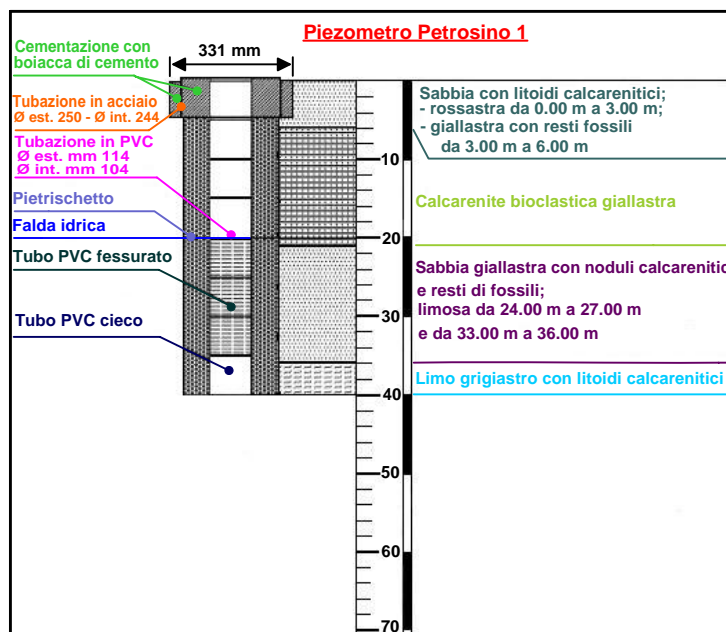


Fig.13 - Stratigrafia e caratteristiche tecniche del foro piezometrico Petrosino 1.

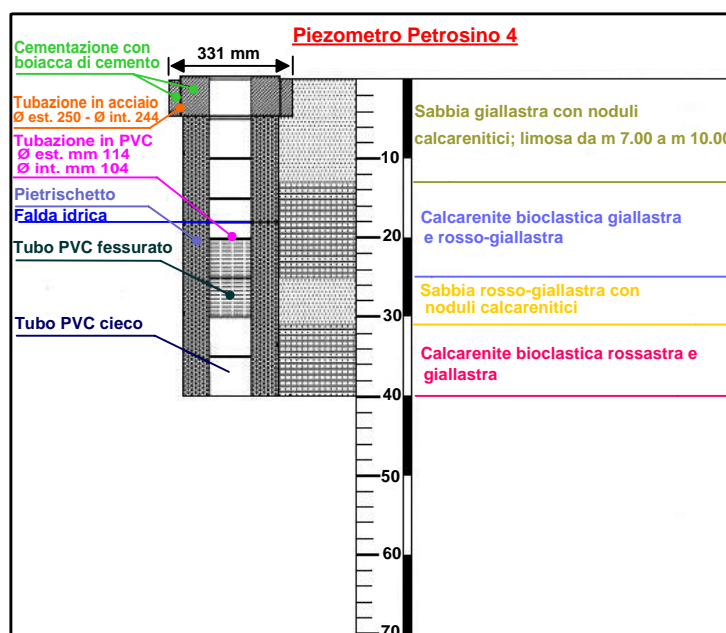
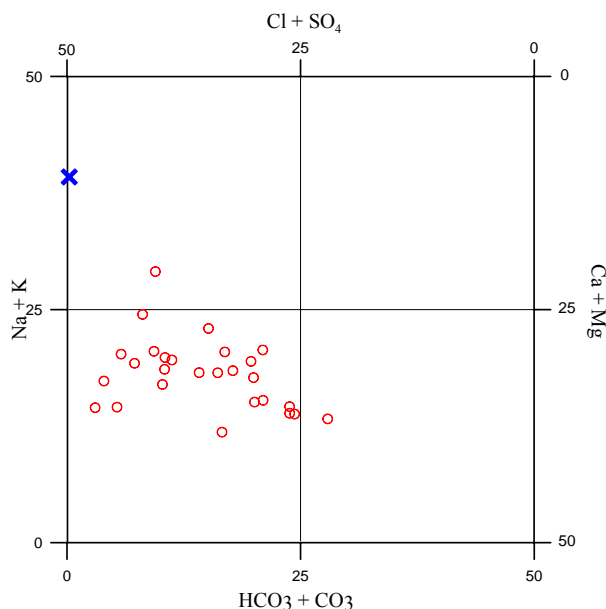


Fig. 14 - Stratigrafia e caratteristiche tecniche del foro piezometrico Petrosino 4.

### ***Caratterizzazione idrogeochimica***

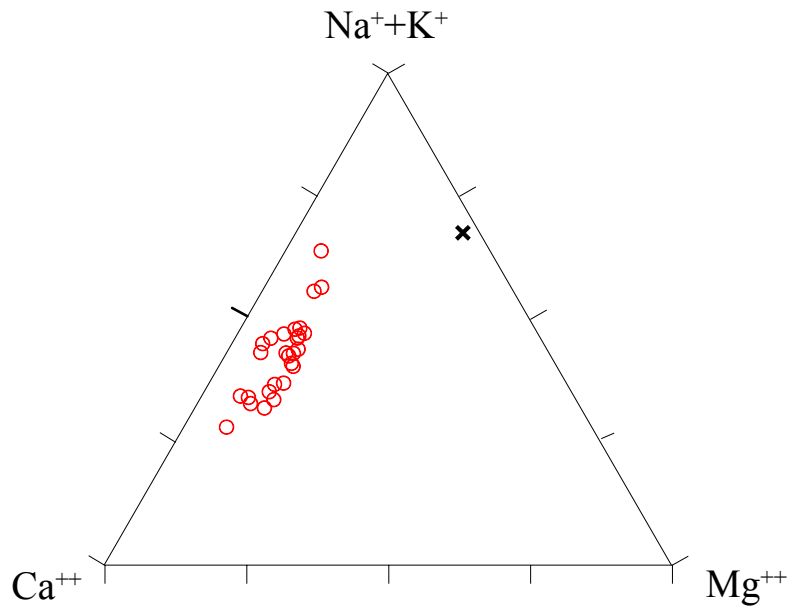
Nella Piana di Marsala-Mazara del Vallo sono stati prelevati in totale 27 campioni rappresentativi di 1 corpo idrico. In ogni sito sono stati determinati in campo T, conducibilità e pH. Le altre determinazioni sono state eseguite in laboratorio. La temperatura varia tra 17 e 22.8°C, la conducibilità tra 450 e 3150  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (a 20°C) ed il pH tra 6.9 e 7.8. In questo bacino le acque di falda circolano nelle calcareniti.

Le acque sono classificabili essenzialmente come cloro-solfato-alcalino terrose, mettendo in evidenza l'interazione con litologie evaporitiche. I processi di interazione con la roccia, infatti, rendono le acque particolarmente ricche in calcio con una durezza media pari a 558 mg/l (come  $\text{CaCO}_3$ )



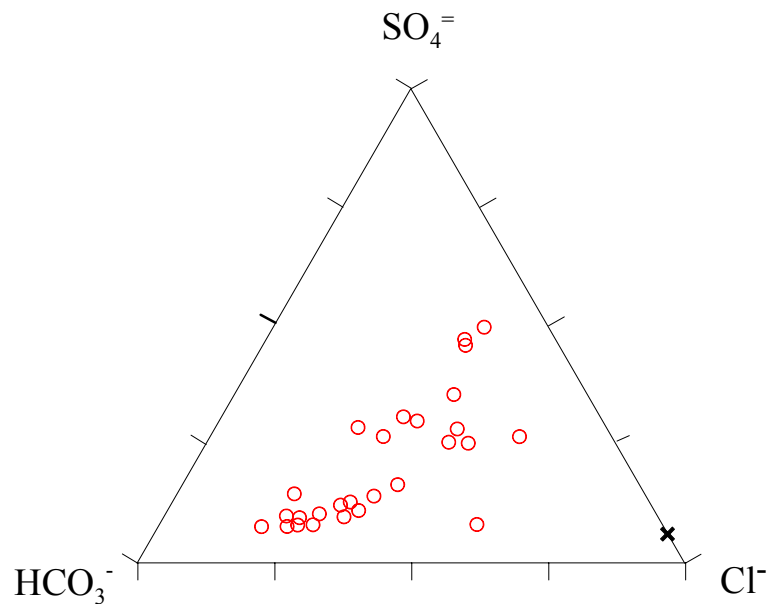
*Diagramma classificativo di Langelier-Ludwig per il bacino idrogeologico della Piana di Marsala – Mazara del Vallo*

Il contenuto in sodio e cloro, rappresentato nei diagrammi ternari con una evoluzione verso i vertici di Cl e Na+K, è mediamente elevato riflettendo un possibile contributo di acqua di mare.



*Diagramma ternario Ca-Mg-Na+K per il bacino idrogeologico della Piana di Marsala – Mazara del Vallo*

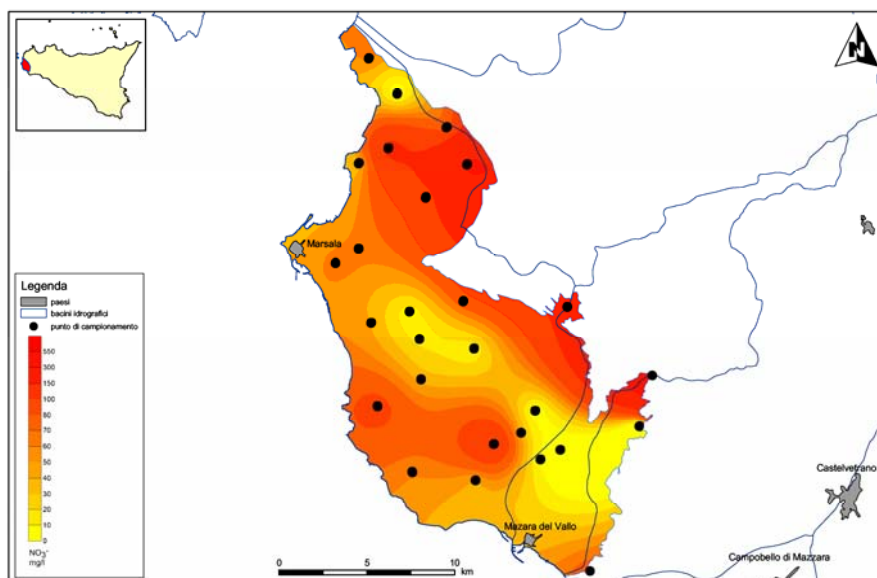
E' possibile quindi individuare due processi principali responsabili del contenuto in sali disciolti. Il primo processo è dato dall'interazione tra le acque circolanti e i litotipi che costituiscono l'acquifero, il secondo deve essere ricercato nell'intrusione, sia pure moderata, di acqua di mare nella falda.



*Diagramma ternario  $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Cl}$  per il bacino idrogeologico della Piana di Marsala – Mazara del Vallo*

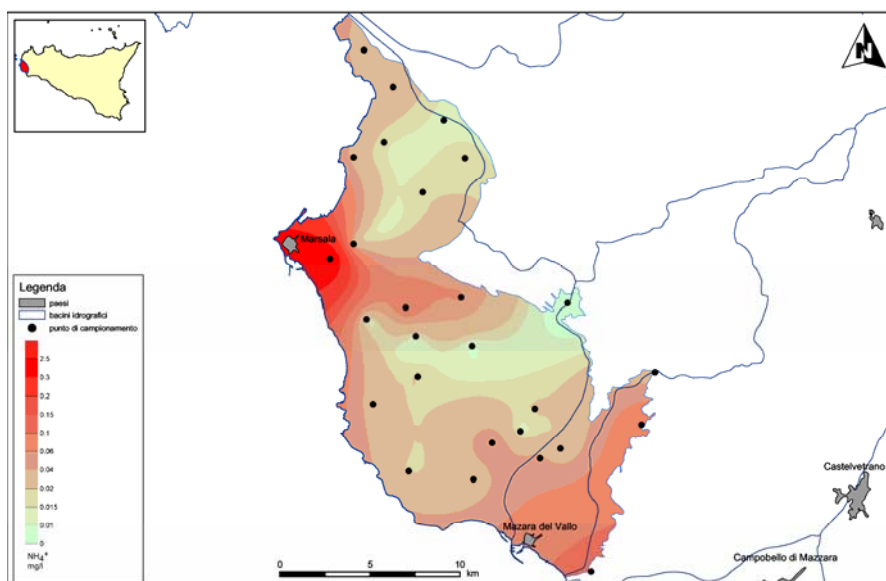
Nella Piana di Marsala-Mazara del Vallo è stato individuato un solo corpo idrico cui è stato assegnato lo stesso nome del bacino idrogeologico.

Il contenuto medio in nitrati è pari 98 mg/l e deriva principalmente dal dilavamento dei fertilizzanti da parte delle precipitazioni atmosferiche. La sua distribuzione all'interno del bacino idrogeologico riflette abitudini nell'uso del territorio.



*Carta dei Nitrati per il bacino idrogeologico Piana di Marsala-Mazara del Vallo*

Il contenuto medio dello ione ammonio è pari a 0,05 mg/l ma alcuni punti si discostano significativamente da tale valore come nel caso di pozzo Bua con 0,44 mg/l di  $\text{NH}_4^+$ .



*Carta dell'  $\text{NH}_4^+$  per il bacino idrogeologico Piana di Marsala-Mazara del Vallo*

I bassi valori di ione ammonio riflettono, come nel caso del bacino idrogeologico di Castelvetrano-Campobello di Mazara, l'assenza di inquinamento organico anche in prossimità dei due principali centri urbani del bacino.

### **Caratteristiche isotopiche del bacino idrogeologico**

Le acque prelevate nel bacino idrogeologico Piana di Marsala e Mazara del Vallo si allineano su una retta con coefficiente angolare più basso di quello delle rette delle acque meteoriche mondiali ( $\delta D = 8\delta^{18}\text{O} + 10$ , Craig, 1961) e quella relativa alle acque meteoriche del Mar Mediterraneo ( $\delta D = 8\delta^{18}\text{O} + 20$  (Gat & Carmi, 1970).

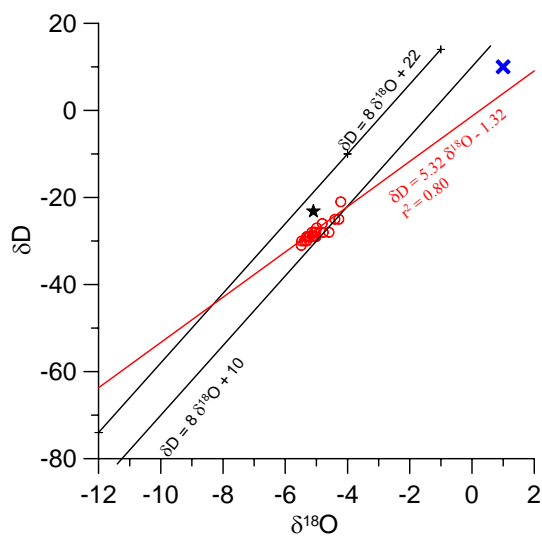


Diagramma  $\delta D - \delta^{18}O$  delle acque del bacino idrogeologico.

I punti campionati risultano comunque più vicini alla prima delle due rette. I punti più scatterati rispetto al bacino limitrofo di Castelvetrano-Campobello di Mazara mettono in evidenza la probabile influenza di acqua di mare. Anche in questo caso la vicinanza dei valori isotopici del bacino a quelli delle acque meteoriche locali fa pensare ad una alimentazione locale.

## Bibliografia

- AMBROSETTI P., BOSI C., CARRARO F., CIARANFI N., PANIZZA M., PAPANI G., VEZZANI L. E ZANFERRARI A. (1983) – *Carta neotettonica d'Italia (F. 5-6)*. C.N.R. P.F.G., neotettonica, L.A.C., Firenze.
- ARCES M., AVERSA S., LO CICERO G., NOCILLA N. (1998) – *Caratteristiche litologiche e geotecniche delle Calcareniti di Marsala* – Atti del 79° Congresso Nazionale Vol. A, Palermo, 89-92.
- AA.VV. (1987) a cura della Direzione Regionale del Territorio e dell'Ambiente – *Valutazione della domanda idrica per usi industriali* – Estratto dal Piano Regionale di risanamento delle acque, Vol. 5, L.I.S. s.r.l., Palermo, 772 pp..
- BIGI G., COSENTINO D., PAROTTO M., SARTORI R. & SCANDONE P. (1991) - *Structural Model of Italy. (1/500.000)*. C.N.R. Progetto Finalizzato Geodinamica, Modello Strutturale tridimensionale, Firenze.
- BONOMO R., CALI' M., D'ANGELO U., RIBAUDO R., VERNUCCIO S. (1996) – *I terrazzi del pleistocene medio e superiore della fascia costiera tra Trapani e Marsala* – Estratto da Naturalista Siciliana, S. IV, XX (1-2), Palermo, 3-20.
- CALTABELLOTTA D., DRAGO A., LO BIANCO B., LOMBARDO M. (1998) – *Climatologia della Sicilia*. Assessorato Agricoltura e Foreste. Servizio Informativo Agrometeorologico Siciliano, Regione Siciliana.
- CALVI F., FRIAS FORCADA A., PELLERITO S. (2001) – *Regime idrodinamico indotto nel sistema acquifero costiero tra Marsala e Mazara del Vallo* – Estratto da Acque Sotterranee, n. 7.
- CASSA PER IL MEZZOGIORNO – RIPARTIZIONE PROGETTI IDRICI DIVISIONE V- SCHEMI IDRICI DELLA SICILIA (1982) *Indagini idrogeologiche per l'approvvigionamento idrico del Sistema II Nord-occidentale della Sicilia - Acquiferi principali*. Arlab S.r.l.
- CASSA PER IL MEZZOGIORNO – GRUPPO OPERATIVO PER IL PIANO ACQUE SICILIA (1976) *Piano acque Sicilia*. Compagnia Mediterranea di prospezione.
- CIMINO A., COSENTINO P., GIUNTA G., LIGUORI V. (1974) – *Studio preliminare per il controllo sistematico dell'attività sismica nella Sicilia occidentale* – Estratto dalla Rivista Mineraria Siciliana, anno XXV, n. 145-147, S. F. Flaccovio, Palermo, 3-11.

- COSENTINO P., CARAPEZZA E., FRADELLA P., GAGLIANO CANDELA E. (1985) – *Macroseismic study and seismic microzoning of the damaged by the 1981 earthquake (Mazara del Vallo, Sicily)* – Estratto dalla Collana Studi e Ricerche dell'Accademia Ligure di Scienze e lettere, Vol. VI, Genova, 129-148.
- COSENTINO P.L., DEIANA R., MARTORANA R., PELLERITO S, VEGA T. (2003) – *Geochemical and geophysical study intrusion in the south-western coast of Sicily*. Tecnología de la intrusión de agua de mar en acuíferos costeros: países mediterráneos. IGME, 187-195, Madrid.
- CRAIG H, (1961), *Isotopic variations in meteoric waters*. Science, 133, 1702-1703.
- D'ANGELO U., VERNUCCIO S. (1992) – *Carta geologica del Foglio 617 "Marsala" scala 1:50.000* – In Bollettino Società Geologica Italiana, Vol. 113, Roma.
- D'ANGELO U., VERNUCCIO S. (1994) – *Note illustrative della carta geologica Marsala (F° 617 scala 1:50.000)* – Estratto dal Bollettino Società Geologica Italiana, Vol. 113, Roma, 55-67.
- D'ANGELO U. & VERNUCCIO S. (1996) – *I terrazzi marini quaternari della estremità occidentale della Sicilia*. Mem. Soc. Geol. It., **51**, 585-594.
- D'ANGELO U., RUGGIERI G., UNTI M. & VERNUCCIO S. (1980) – *Neotettonica dei Fogli 248 (Trapani), 249 (Palermo), 250 (Bagheria), 258 (Alcamo), 259 (Termini Imerese) e 266 (Sciacca)*. In: Contributi alla realizzazione della Carta neotettonica d'Italia, pubbl. n. 356, CNR-P. F. Geodinamica, 203-236, Roma.
- DE GENNARO C. (2000) – *Manuale stazione (Rete idrometeorologica di monitoraggio e telecontrollo regione Siciliana)* – Micros, Palermo, 59 pp..
- DRAGO A., LO BIANCO B., MONTEROSSO I. (2002) – *Atlante Climatologico della Sicilia*. Assessorato Agricoltura e Foreste. Servizio Informativo Agrometeorologico Siciliano, Regione Siciliana.
- GAT J. R. & CARM I., (1970). *Evolution of isotopic of atmospheric waters in the Mediterranean sea area*. J. Geophys. Res., 75, 1437-1440.
- GIUNTA G., NIGRO F. & RENDA P. (2002) – *Inverted structures in Western Sicily*. Boll. Soc. Geol. It., **121**, 11-17.
- KIRATZI A. A. (1994) – *Active seismic deformation in the Italian Peninsula and Sicily*. Ann. Geof., **37** (1), 2-4.

- MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI. CONSIGLIO SUPERIORE SERVIZIO IDROGRAFICO (1934) - *Le sorgenti italiane – elenco e descrizione*. Pubblicazione n° 14 del Servizio, vol. II, Sicilia. Istituto Poligrafico dello Stato, Roma.
- MONTONE P., AMATO A., FREPOLI A., MARIUCCI M. T. & CESARO M. (1997) – *Crustal stress regime in Italy*. Ann. Geof., **40** (3), 741-757.
- NIGRO F. & RENDA P. (2000) - *Un modello di evoluzione tettono-sedimentaria dell'avanfossa neogenica siciliana*. Boll. Soc. Geol. It., **119**, 667-686.
- POLISANO M. (2001) - *Studio idrogeologico a supporto del monitoraggio dell'acquifero compreso tra Marsala e Mazara del Vallo (TP)*. Tesi di laurea inedita. Università di Palermo a.a. 2000-2001 Corso di Laurea in Scienze Geologiche.
- RUGGIERI G., UNTI A., UNTI M. E MORONI M.A. (1977) – *La calcarenite di Marsala (pleistocene inferiore) e i terreni contermini* – Estratto dal Bollettino Società Geologica Italiana, **94**, 1623-1655, 2 ff. Roma.
- RUGGIERI G., UNTI M. (1974) – *Pliocene e Pleistocene nell'entroterra di Marsala* – Estratto dal Bollettino Società Geologica Italiana, **93**, 723-733, 3 ff., Roma.
- RUGGIERI G., TORRE G. (1973) – *Geologia delle zone investite dal terremoto del Belice*. – Estratto dalla Riv. Min. Sic., **139-141**, 27-48.
- SCHUTTE, K. G. (1978) - *Crustal structure of southern Italy*. In: Closs H., Roeder D. & Schmidt K. (eds.), "Alps, Apennines, Hellenides", Stuttgart, 315-321.
- SOGESTA-ENI (1974) – *Approvvigionamento idrico, conservazione del suolo e qualità delle acque nel Trapanese*– Relazione interna, 379 pp..