



REGIONE SICILIANA  
PRESIDENZA



PRESIDENZA  
DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI  
DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE




Commissario Delegato per l'Emergenza Bonifiche  
e la Tutela delle Acque in Sicilia

# PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE DELLA SICILIA

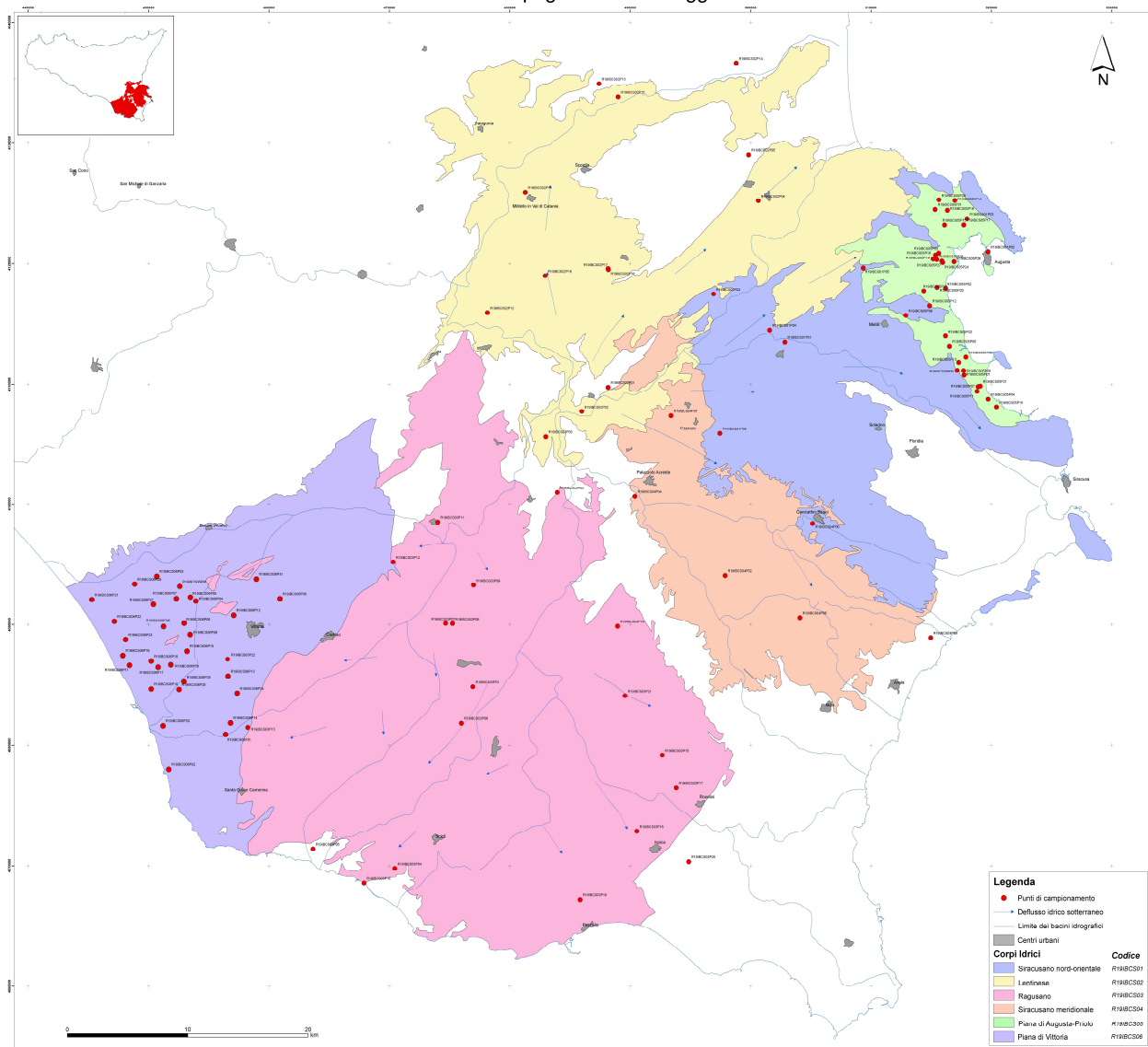
(di cui all'art. 121 del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n° 152)



## Bacino idrogeologico Monti Iblei (R19IB)

COORDINAMENTO GENERALE A CURA DI	DOCUMENTO	REDATTO DA	DATA	APPROVATO
 SOCIETÀ GESTIONE IMPIANTI IDRICI Unità Operativa di Palermo	<b>D.02.04</b>	I.N.G.V	<b>DICEMBRE 2007</b>	

# Bacino idrogeologico degli Iblei 2ª Campagna di Monitoraggio



## **BACINO IDROGEOLOGICO DEI MONTI IBLEI**

### **Inquadramento geografico e geomorfologico**

Il rilievo montuoso che occupa l'estremità sud-orientale della Sicilia e che prende il nome di Monti Iblei si presenta come un vasto altopiano sub-circolare culminante al centro nel Monte Lauro, alto 987 m, dal quale si dipartono a raggiera numerose propaggini che digradano dolcemente in ogni direzione; la propaggine che punta a NO in direzione di Caltagirone, passando per Vizzini e Grammichele, fa da raccordo con il gruppo montuoso degli Erei, nella Sicilia centro-orientale. L'altopiano ibleo è delimitato a N dalla Piana di Catania e ad O dalla Piana di Gela, mentre ad E e a S digrada rispettivamente verso la costa ionica siracusana e quella ragusana del Mar di Sicilia.

I Monti Iblei sono geologicamente costituiti da espandimenti vulcanici sottomarini formatisi nel Neogene, il periodo geologico del Terziario che inizia 24 milioni di anni fa, ed elevatisi insieme a potenti banchine calcaree in forma di tavolati e ripiani. L'altopiano ibleo si presenta oggi profondamente inciso dalle forre scavate dai torrenti, localmente denominate "cave", lunghe e profonde gole, strette fra ripide scarpate e rupi di calcare bianco e assimilabili per la loro morfologia ai "canyon" del Nord-America.

I numerosi rilievi che, oltre al Monte Lauro, superano gli 800 metri di altitudine danno un'idea della vastità dell'altopiano. Elenchiamo i principali: Monte Contessa m 914, Serra Casale m 910, Monte Arcibessi m 906, Serra di Burgio m 884, Monte Santa Venere m 870, Monte Difisi m 864, Monte Costerotte m 848 e Monte Erbeso m 821.

I versanti del Monte Lauro e dei rilievi adiacenti accolgono gli impluvi di quattro fra i principali fiumi del settore ibleo: l'Anapo e il San Leonardo che sfociano nel Mar Ionio, l'Irminio e l'Acate che sfociano nel Mar di Sicilia. Pochi gli altri fiumi di una certa importanza; citiamo il Tellaro, che origina dal Monte Erbeso, l'Ippari, il Cassibile e il Rio Cavadonna. Il Fiume di Caltagirone, uno dei rami del Gornalunga, che affluisce al Simeto poco prima che questo sfoci nel Mar Ionio, segna il confine settentrionale della regione orografica iblea; così come il Fiume Maroglio, affluente di sinistra del Fiume Gela ne segna il confine occidentale.

L'alternarsi dei tavolati calcarei e delle cave dà origine ad un paesaggio unico,

tipico degli Iblei, in cui i pianori sommitali calcarei, aridi per il fenomeno del carsismo, si alternano, con forte contrasto, alle profonde cave che, al contrario, si presentano lussureggianti di vegetazione a causa della costante presenza dell'acqua di fiumi e torrenti e del limitato soleggiamento diurno, condizioni queste che consentono a molte specie vegetali di sopravvivere alla lunga e siccitosa estate siciliana.

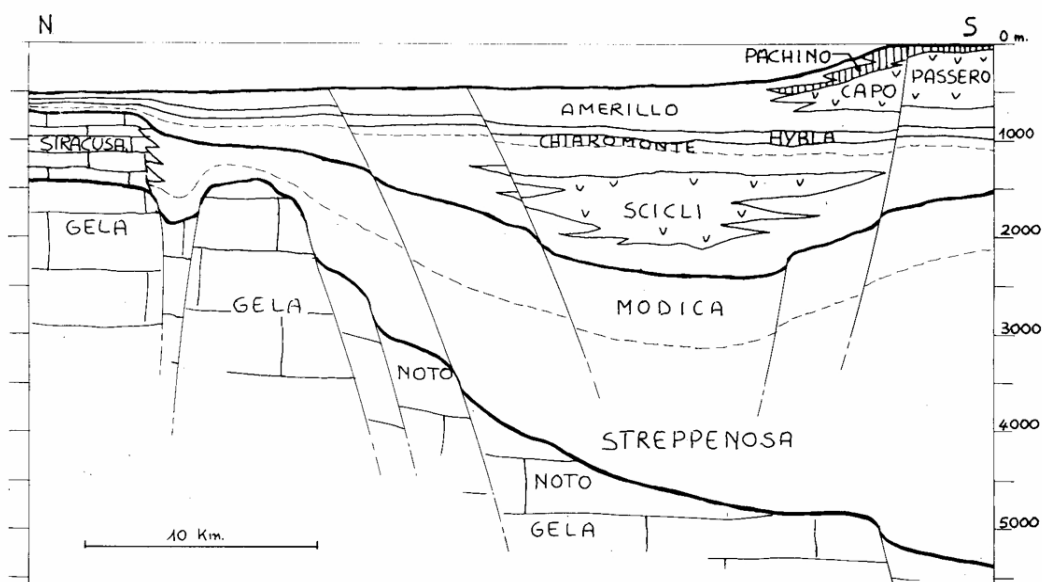
Dal punto di vista morfologico la maggior parte dell'area è costituita da un altipiano che a partire da quota 1000 m s.l.m. in corrispondenza dei rilievi basaltici di Monte Lauro va gradualmente a degradare verso Sud e verso Est fino al livello del mare. Il suddetto plateau, prevalentemente carbonatico, risulta profondamente inciso da una rete dendritica di valli che drenano il deflusso superficiale nel settore sud-occidentale verso sud con recapito nel Mare Mediterraneo, nel settore settentrionale e orientale verso Est con recapito nel Mare Ionio. Morfologie di bassopiano con altitudini fra 100 e 200 m s.l.m. si hanno: nel settore occidentale in corrispondenza della piana Comiso–Vittoria–Acate, interessata dalle incisioni dei fiumi Ippari e Dirillo, nel settore sud-orientale in corrispondenza del bassopiano Ispica–Rosolini–Pachino, interessato dalla depressione della Vallata del Tellaro e nel settore orientale lungo la costa fra Avola e Siracusa e il Graben di Floridia percorso dall'Anapo. Nel settore settentrionale, infine, dai rilievi morfologici delle vulcaniti plio-pleistoceniche si passa verso Est al bassopiano della valle del Leonardo.

Le valli o cave incise nella serie carbonatica miocenica, presentano particolari morfologie fluvio-carsiche prodotte dalla erosione meccanica delle acque e della corrosione chimica dei calcari da parte delle acque acide. La diffusa carsificazione, soprattutto nel settore orientale dell'area, si manifesta sia con morfologie superficiali tipo karren sui versanti, vaschette di dissoluzione e solchi di vario tipo, sia con condotti carsici fossili a vari livelli. Sui fondovalle sono presenti inghiottitoi, nella maggior parte dei casi sepolti al di sotto di materiale alluvionale e grotte-sorgenti, che alimentano il deflusso superficiale, emergenti in corrispondenza dei punti di affioramento dei locali livelli piezometrici. L'alimentazione dei corsi d'acqua perenni, anche durante i periodi non piovosi, può altresì avvenire in modo puntiforme attraverso polle ubicate in corrispondenza di fratture lungo il subalveo roccioso.

### **Geologia e strutture tettoniche**

L'area dei Monti Iblei costituisce il settore più settentrionale dell'avampese africano che verso Nord e Nord-Ovest va a formare l'avanfossa e al di là della

congiungente Gela-Catania sparisce in sottosuolo al di sotto delle coltri della falda di Gela (Fig. 1). Insieme alle aree sommerse questo settore dell'avampaese fa parte del Blocco Pelagiano che costituisce, nel complesso, una zona stabile estesa dalla Scarpata Ibleo-Maltese fino alla Tunisia, formata da una potente successione mesozoica prevalentemente carbonatica con ripetute intercalazioni di vulcaniti basiche. Non si hanno informazioni dirette del substrato pretriassico, ma viene ipotizzata la presenza di un ulteriore intervallo carbonatico del Trias medio sovrapposto ad una successione clastica del Permo-Trias. Verso Est la continuità del Plateau è interessata dalla Scarpata Ibleo-Maltese, generata da un sistema di faglie a gradinata che delimitano la Piana Abissale ionica. Questo sistema, a direzione NNW-SSE, è stato particolarmente attivo durante gli ultimi 5 M.A. e sarebbe legato ad un progressivo collasso del bordo occidentale del Bacino Ionico.



*Schema litostratigrafico e strutturale dell'area iblea durante il Mesozoico*

**Fig. 1-** Schema strutturale dei Monti Iblei (da CATALANO & D'ARGENIO, 1982).

L'avampaese Ibleo, lungo il suo bordo settentrionale ed occidentale è invece bordato da una avanfossa, con sedimentazione silico-plastica prevalentemente alimentata dai quadranti settentrionali durante il Plio-Quaternario. Questo settore del Plateau è stato interessato dalla tetto-genesi plio-quaternaria che ha prodotto l'accavallamento del fronte più esterno della catena (Falda di Gela) sulle parti più periferiche dell'avampaese. Questo sottoscorrimento avviene con sistemi di faglie ad andamento

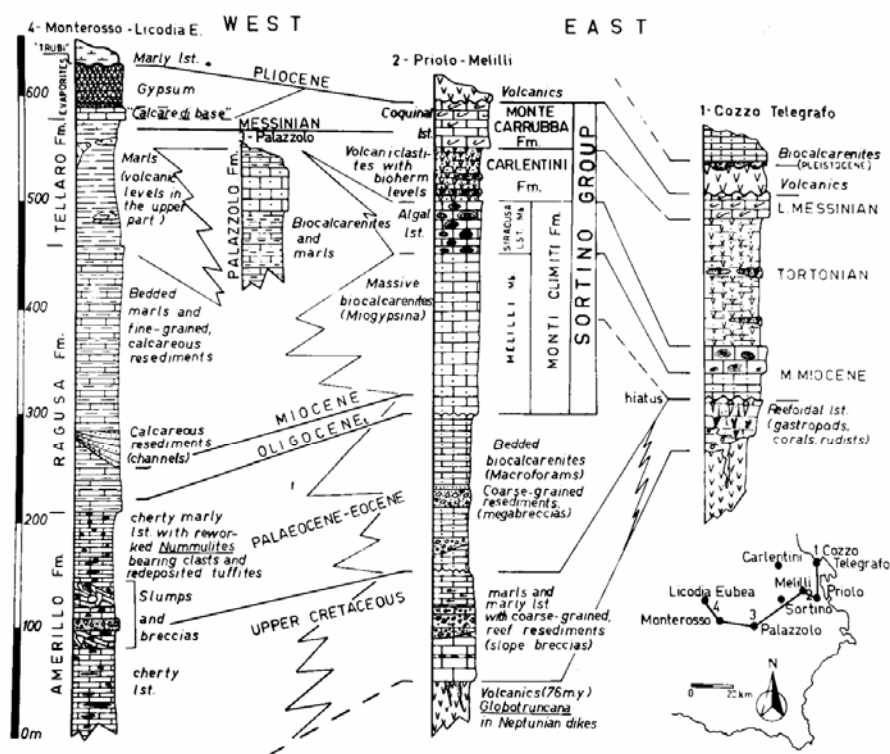
NE-SO sul bordo settentrionale, mentre il margine occidentale è interessato da un complicato sistema in cui si intrecciano direttrici N-S o NNE-SSO (linea di Scicli-F. Irmínio) con direttrici NE-SE (linea di Ispica a SE) e sistema di Comiso-Chiaramonte a Ovest).

### Stratigrafia

L'area dei Monti Iblei, forma il settore sud-orientale della Sicilia, delimitato a Nord-Ovest dalla congiungente Gela-Catania.

Si tratta di un Plateau prevalentemente carbonatico (Fig. 4) i cui livelli triassico-giurassici e in parte cretacei sono noti soltanto da dati di sottosuolo. Il termine più profondo raggiunto in sottosuolo è dato da calcari e dolomie del Trias superiore potenti fino a 4800 metri.

Limitatamente all'intervallo Trias sup.-Lias medio è stato distinto un dominio Siracusano da uno Ragusano (Figg. 1, 2 e 3).



Sezioni rappresentative della successione stratigrafica delle aree orientali ed occidentali, disposte secondo il tracciato mostrato in basso a destra. Sono illustrati i principali caratteri litologici e le relazioni tra le facies.

Fig. 2 - Stratigrafie delle successioni iblee (da CARBONE et al., 1982).

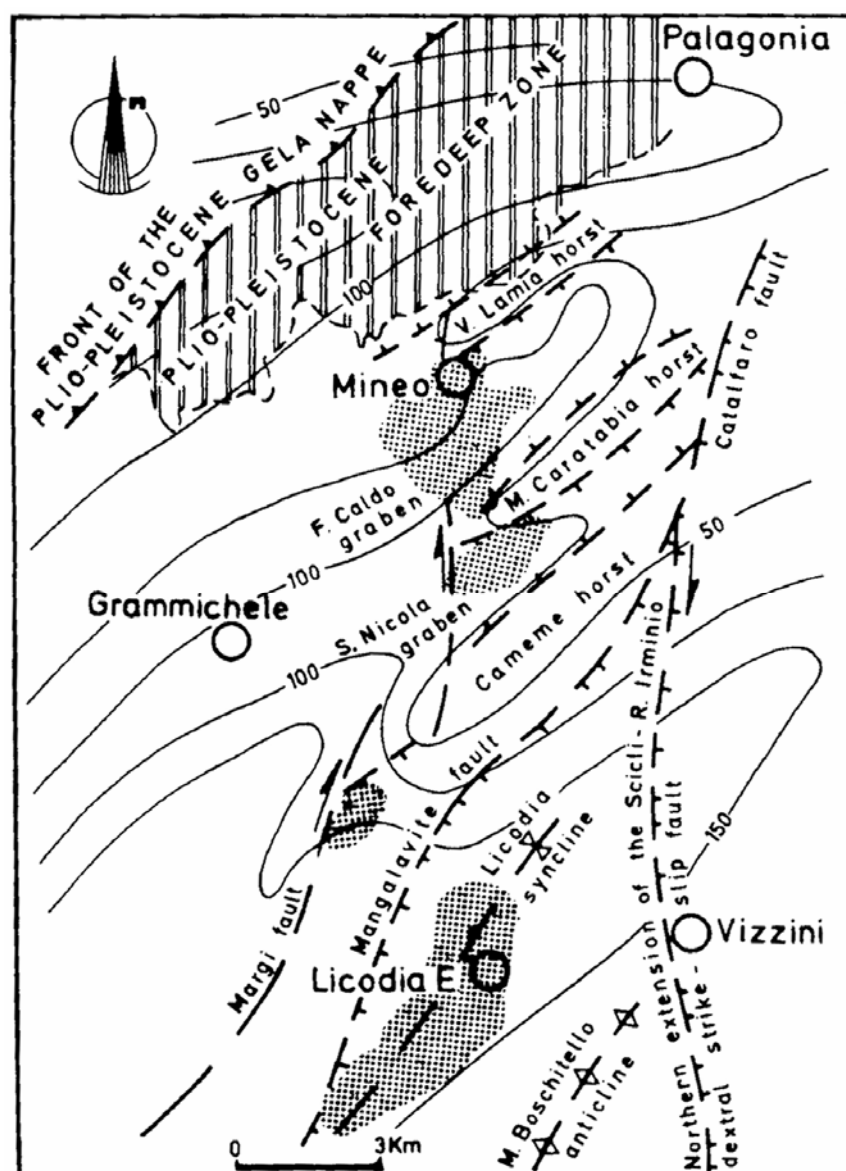


Fig. 3 - Schema tettonico del margine Ibleo nord-occidentale (da PEDLEY & GRASSO, 1992).

Al passaggio Trias-Lias una intensa fase tettonica, controllata da direttrici NO-SE, spezza la piattaforma triassica originando un'area di bacino euxinico nel dominio Ragusano con deposizione di torbiditi calcaree (Formazione Streppenosa), mentre lateralmente su una piattaforma leggermente subsidente si depositava una serie condensata di mare aperto. A questo periodo risalgono le più antiche manifestazioni di vulcaniti basiche finora riconosciute nel sottosuolo. Alla fine del Domeriano i due paleodomini vengono omogeneamente ricoperti da una sedimentazione pelagica, mentre nel Dogger sup. riprende l'attività vulcanica con formazione di seamounts isolati.



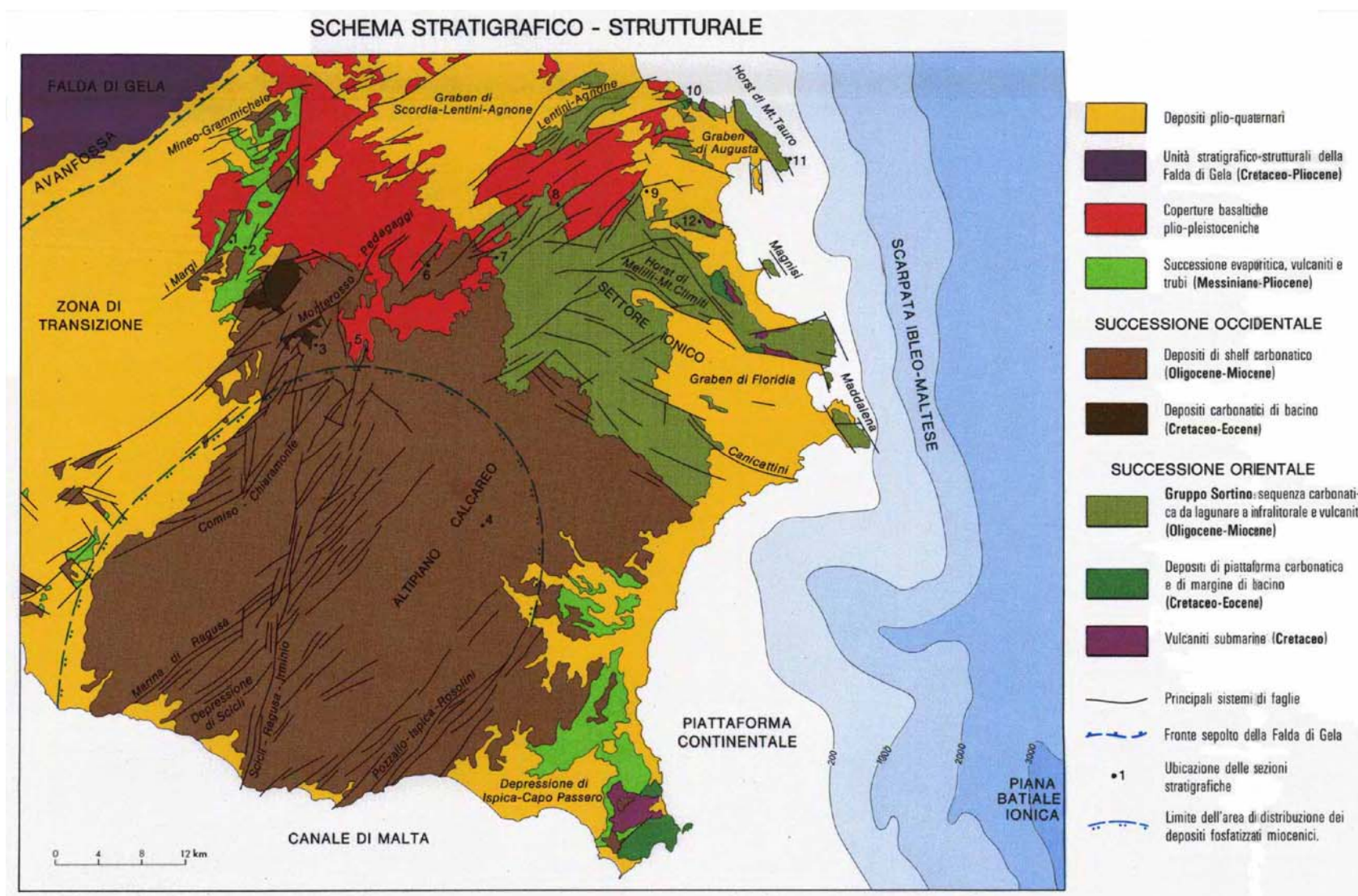


Fig. 4 – Schema stratigrafico strutturale dei Monti Iblei



L'area Iblea è caratterizzata dal Titonico al Turoniano da una sedimentazione dapprima carbonatica e poi marnosa-argillosa, interrotta da sporadiche effusioni basaltiche, mentre nel Cretaceo superiore un'ulteriore fase tettonica con direttrici NO-SE ed ENE-OSO produce l'emissione di grossi volumi di vulcaniti basiche soprattutto lungo la regione ionica. La repentina variazione batimetria causata dagli accumuli vulcanici è all'origine delle scogliere a rudiste e coralli di Pachino.

Durante il Terziario si mantiene la persistenza dei due domini contigui: quello orientale, caratterizzato da una sequenza carbonatica di mare poco profondo e influenzata dallo sviluppo di prodotti vulcanici; l'altro occidentale, formato essenzialmente da risedimenti carbonatici alimentati dalle aree orientali e depositi su uno shelf carbonatico degradante verso il mare aperto.

Nel settore orientale (Fig. 5) affiora una successione stratigrafica spesso lacunosa e caratterizzata da facies marine di acque basse, di età compresa tra il Cretaceo e il Miocene superiore, alla quale si intercalano due orizzonti di vulcaniti basiche.

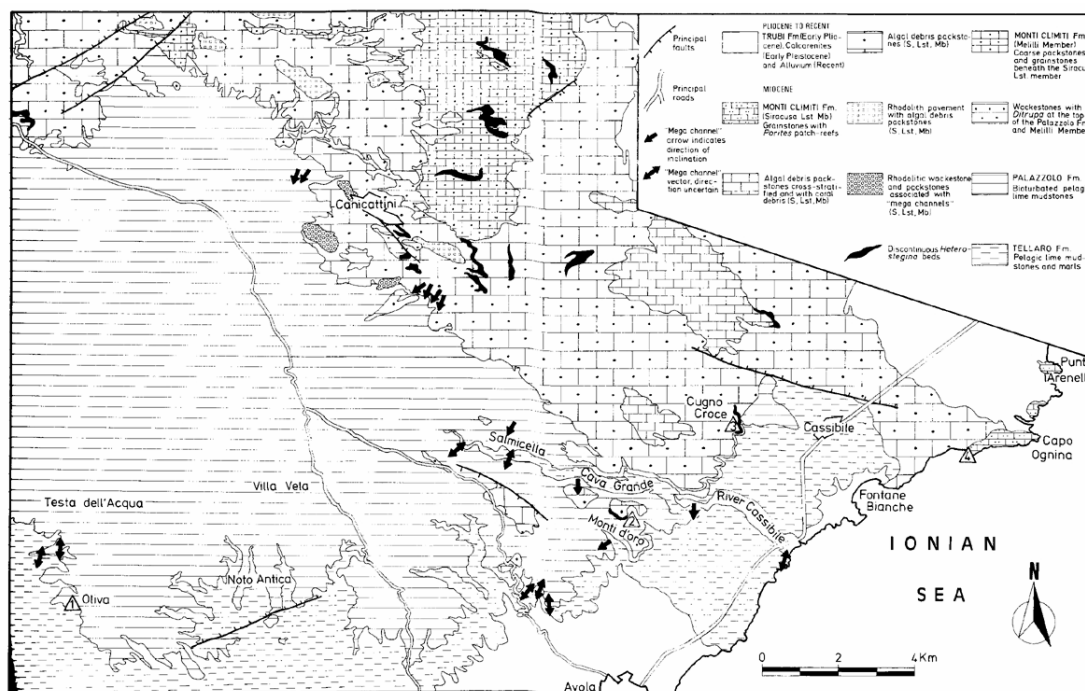
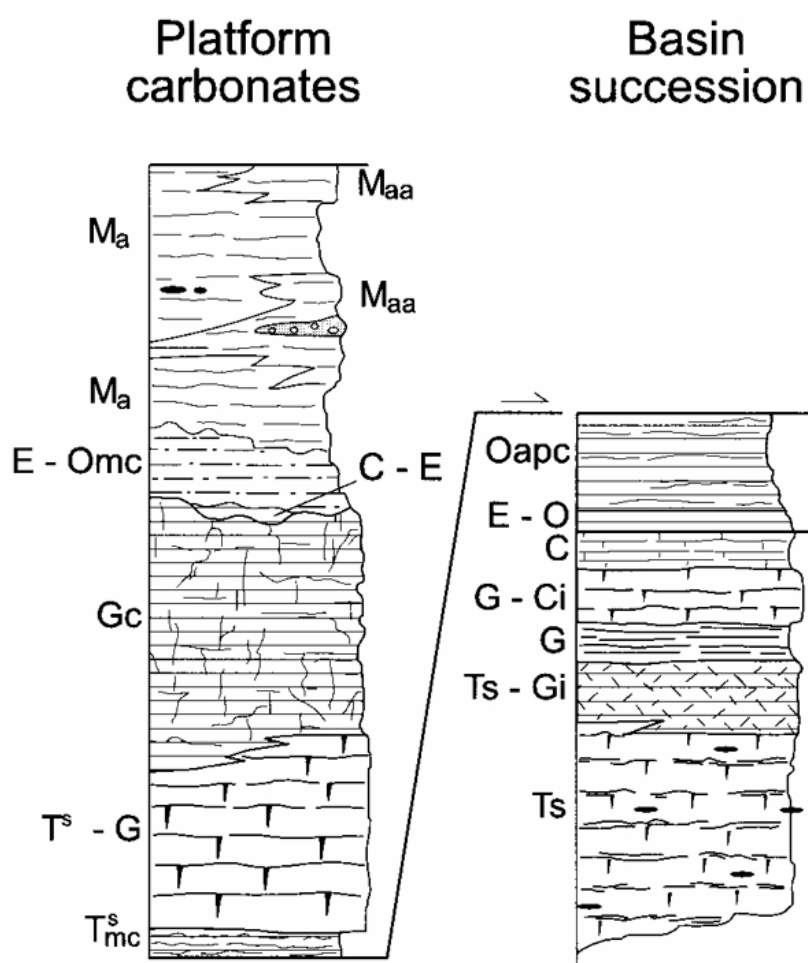


Fig. 5 - Schema geologico degli Iblei sud-orientali (da PEDLEY et al., 1992).

Sui basalti alcalini del Cretaceo sup. di Capo Passero si sviluppano scogliere a rudiste del Maastrichtiano, sulle quali si hanno lembi discontinui di calcareniti a

macroforaminiferi del Luteziano, seguiti da calcari ad alghe e briozoi dell'Aquitano. A Cozzo Telegrafo (Brucoli) e nel sottosuolo di Augusta sono stati segnalati calcari a rudiste sovrapposti a basalti alcalini, mentre nella zona di Priolo i livelli cretacei affioranti sono rappresentati da megabrecce e da risedimenti grossolani alternati a livelli calcareo-marnosi e a marne.

Al di sopra dei termini cretacei si estende una copertura oligomiocenica (Fig. 6) costituita dalla Formazione dei Monti Climiti, suddivisa nei Membri di Melilli in basso e dei Calcari di Siracusa (Fig. 7) in alto costituiti rispettivamente da calcareniti pulverulente biancastre e biolititi algali con rodoliti e coralli.



*Fig. 6 - Stratigrafia sintetica dell'area iblea (da GRASSO, 2001).*

L'anzidetta Formazione passa in alto ad una sequenza di vulcanoclastiti con abbondante frazione sedimentaria, generatesi per esplosioni freatomagmatiche in

ambiente marino di acque basse o subaereo, cui viene attribuito il nome di Formazione Carlentini (di età tortoniana).

La Formazione Monte Carruba costituita da calcari teneri e da lumachelle inframessiniane chiude in alto l'anzidetta successione, con significato di deposito pre-evaporitico.

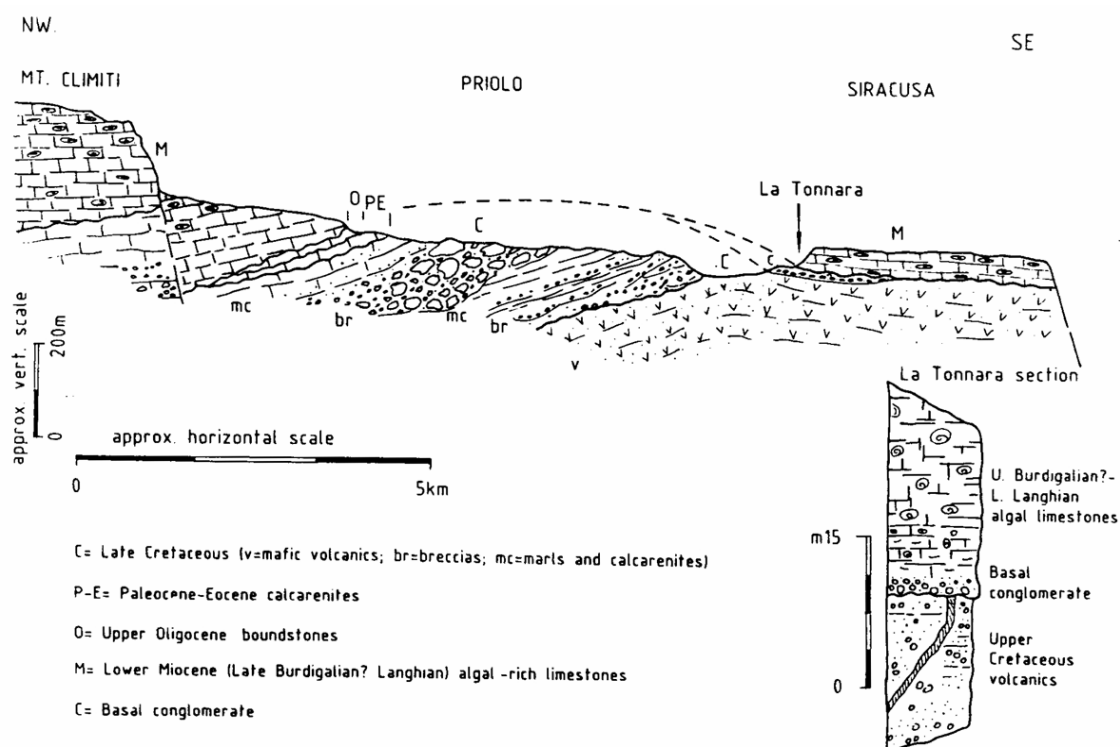


Fig. 7 - Schema della successione di Priolo (da GRASSO et al., 1994).

Nel settore occidentale le facies supracretacee-mioceniche del settore centrale e occidentale del Plateau Ibleo consistono invece di sedimenti carbonatici di ambiente pelagico. Gli affioramenti più antichi sono dati da calcari marnosi del Cretaceo inf. cui seguono calcari marnosi con selce di età cretaceo-eocenica.

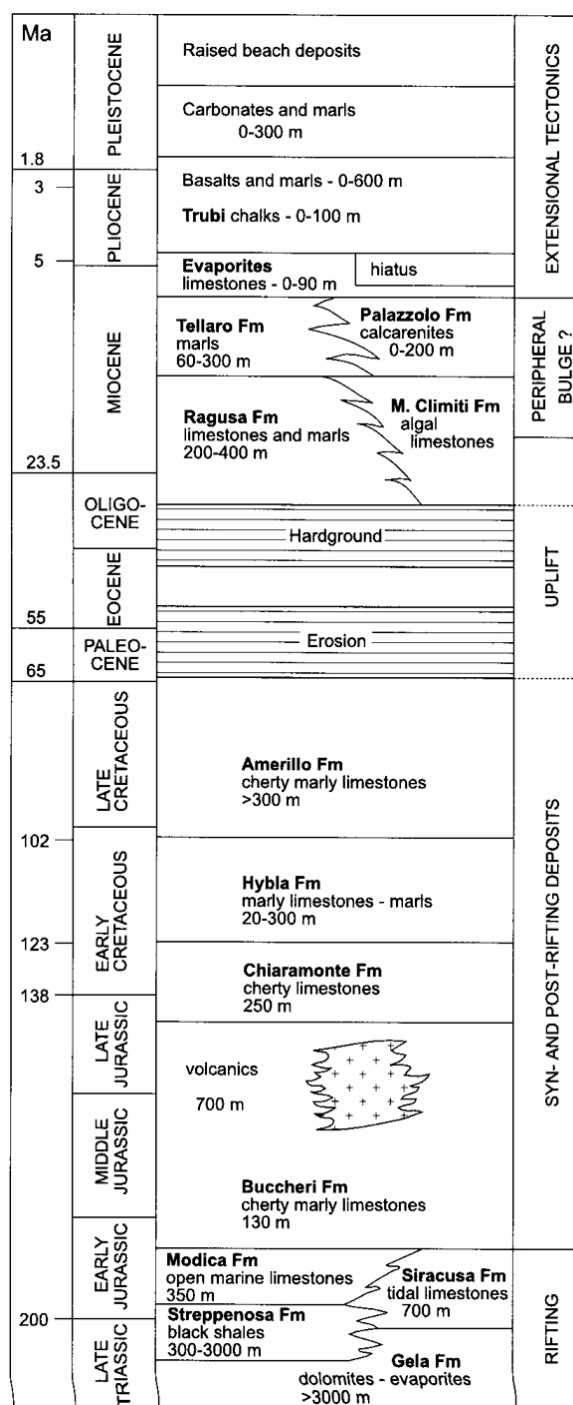


Fig. 8 - Schema tettono-stratigrafico dell'area iblea (da GRASSO, 2001).

Nell'area di Monterosso, Vizzini e Licodia Eubea (Fig. 9) il limite Cretaceo-Terzario è caratterizzato dalla presenza di strutture sinsedimentarie, quali, brecce intraformazionali, slumps, ecc., probabilmente connesse ad una instabilità tettonica del bacino (Fig. 10).

Seguono estese successioni carbonatiche di ambiente da neritico a pelagico, note come Formazione Ragusa. Tale successione è suddivisa in due parti: quella

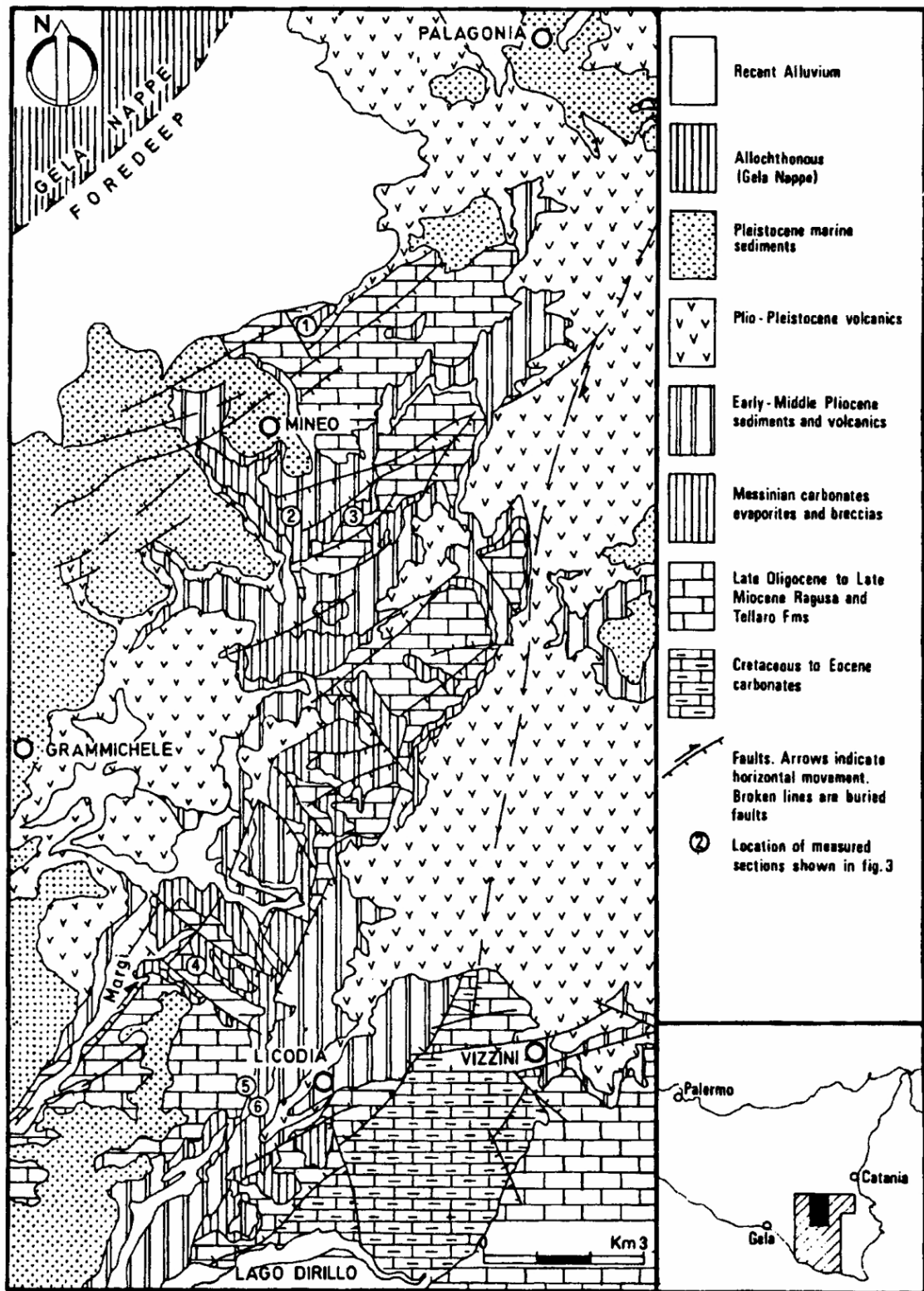


Fig. 9 - Schema geologico semplificato del settore ibleo nord-occidentale (da PEDLEY & GRASSO, 1992).

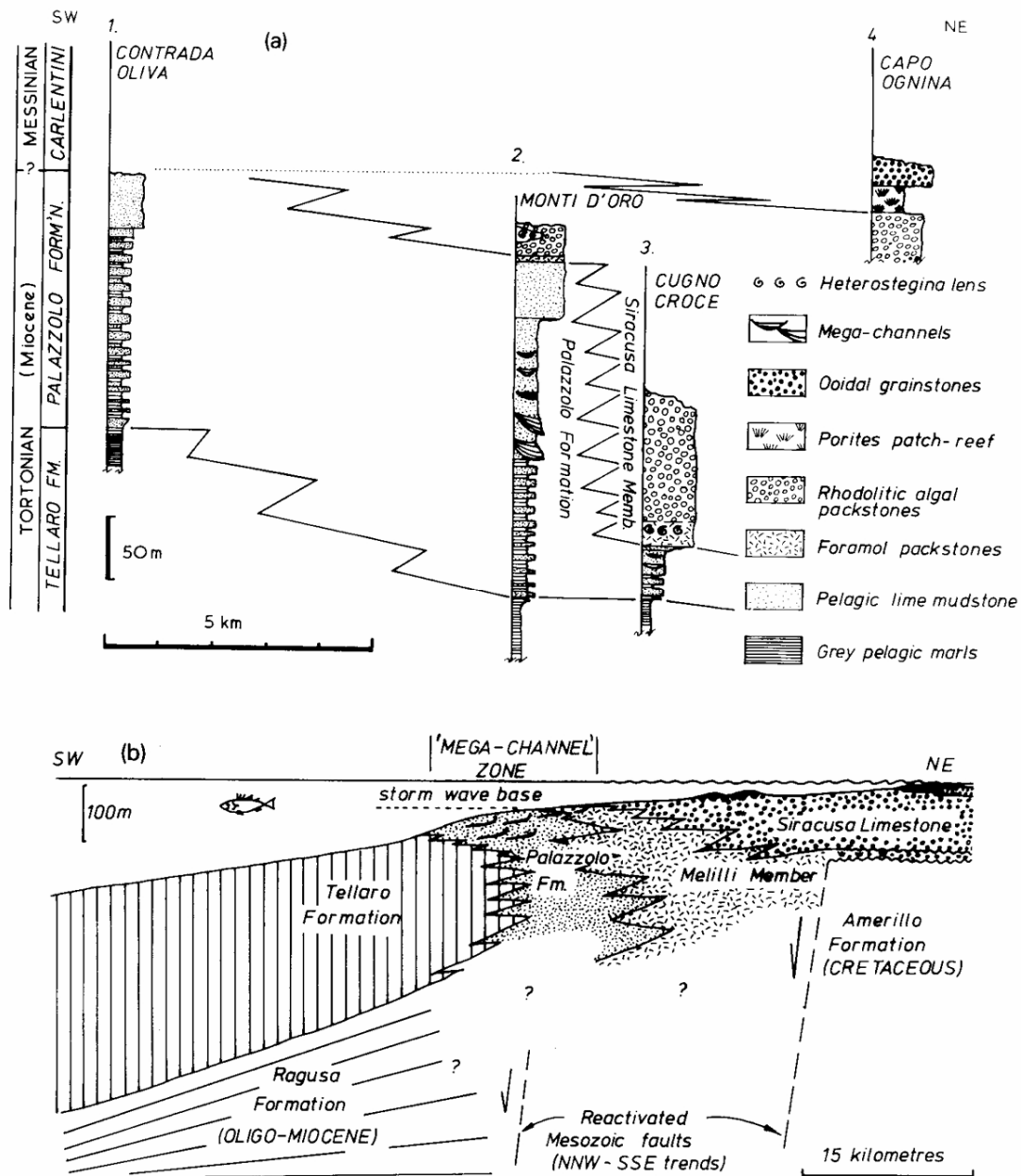


Fig. 10 - Correlazioni stratigrafiche nel settore orientale ibleo (da PEDLEY et al., 1992).

inferiore (Membro Leonardo) caratterizzata da calcilutiti e marne di età oligocenica, quella superiore (Membro Irminio) da calcareniti e marne di età inframiocenica (Fig. 11). Questa Formazione passa talvolta gradualmente alle marne della Formazione Tellaro di età medio-miocenica con sporadiche intercalazioni calcarenitico-marnose. Superiormente e lateralmente la Formazione Tellaro passa alle calcareniti tortoniane della Formazione Palazzolo in parte coeve alle calcareniti della Formazione dei Monti Climiti.

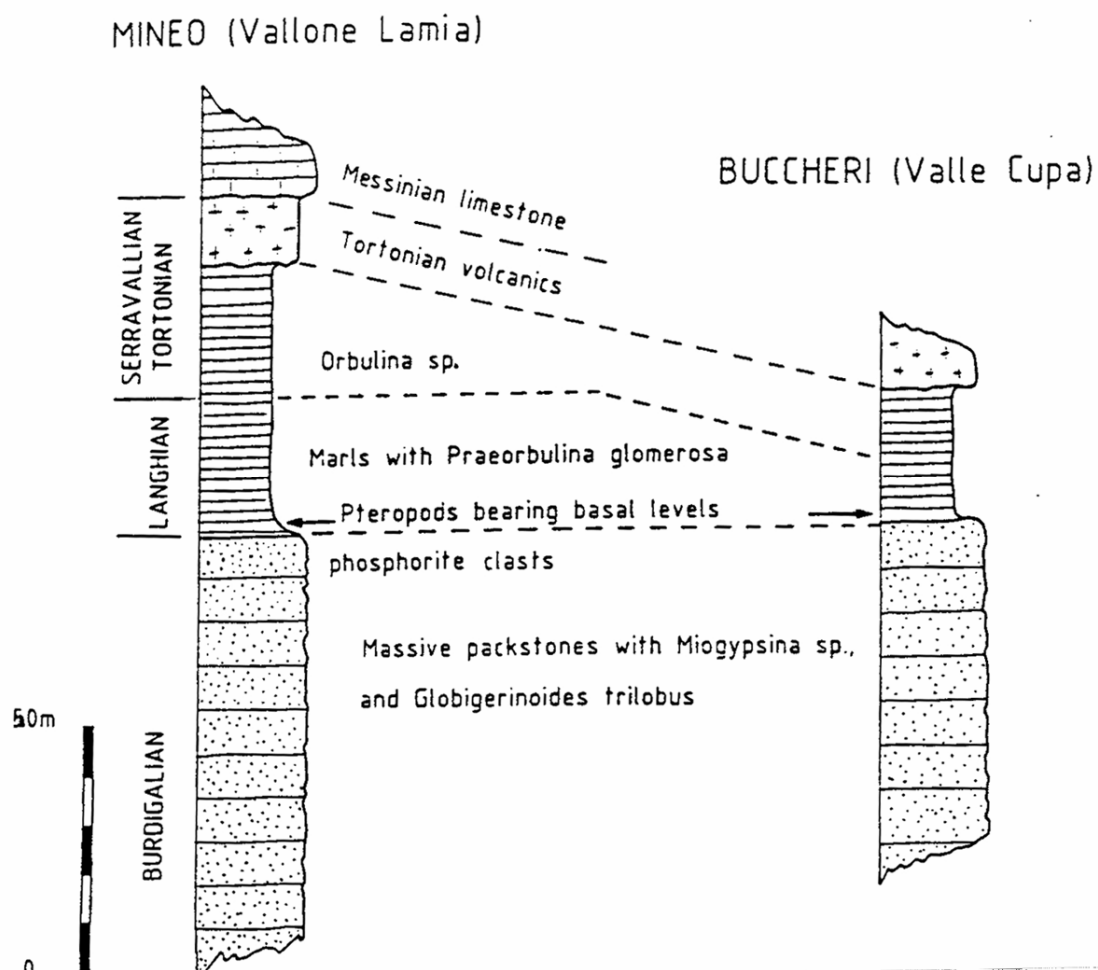


Fig. 11 - Correlazioni stratigrafiche dei depositi miocenici iblei (da GRASSO et al. 1994).

Sull'altipiano calcareo non vi sono tracce di sedimenti evaporitici, probabilmente perché esso era emerso durante il Messiniano superiore. A NO dei sistemi di Comiso-Chiaramonte e di Monterosso-Pedagaggi, sono invece diffusi depositi evaporitici localizzati all'interno di depressioni strutturali sinsedimentari.

I prodotti vulcanici presenti nell'area Iblea possono essere ascritti a tre principali manifestazioni datate al Cretaceo superiore, al Miocene superiore ed al Plio-Pleistocene. In superficie, gli affioramenti vulcanici più antichi sono quelli cretacei di Pachino e quelli affioranti a nord di Siracusa.

Il vulcanesimo del Miocene superiore presenta carattere esplosivo con brecce e prodotti vulcanoclastici che sono distribuiti attorno a crateri di tipo diatremico. Affiorano nel settore settentrionale Ibleo lungo una fascia larga circa 30-40 km estesa in direzione NE-SO, mentre gli affioramenti più meridionali si hanno a Monterosso



Almo e lungo il bacino dell'Anapo fino alla zona di Solarino.

I sedimenti pliocenici sono distribuiti in maniera discontinua lungo i bordi dell'altopiano Ibleo (Fig. 12). Breccie calcaree, sottili lembi di Trubi e sabbie a *Strombus Coronatus* sono presenti alla base delle coperture laviche della zona di Monte Lauro costituite inferiormente da pillow-breccia e superiormente da colate subaeree.

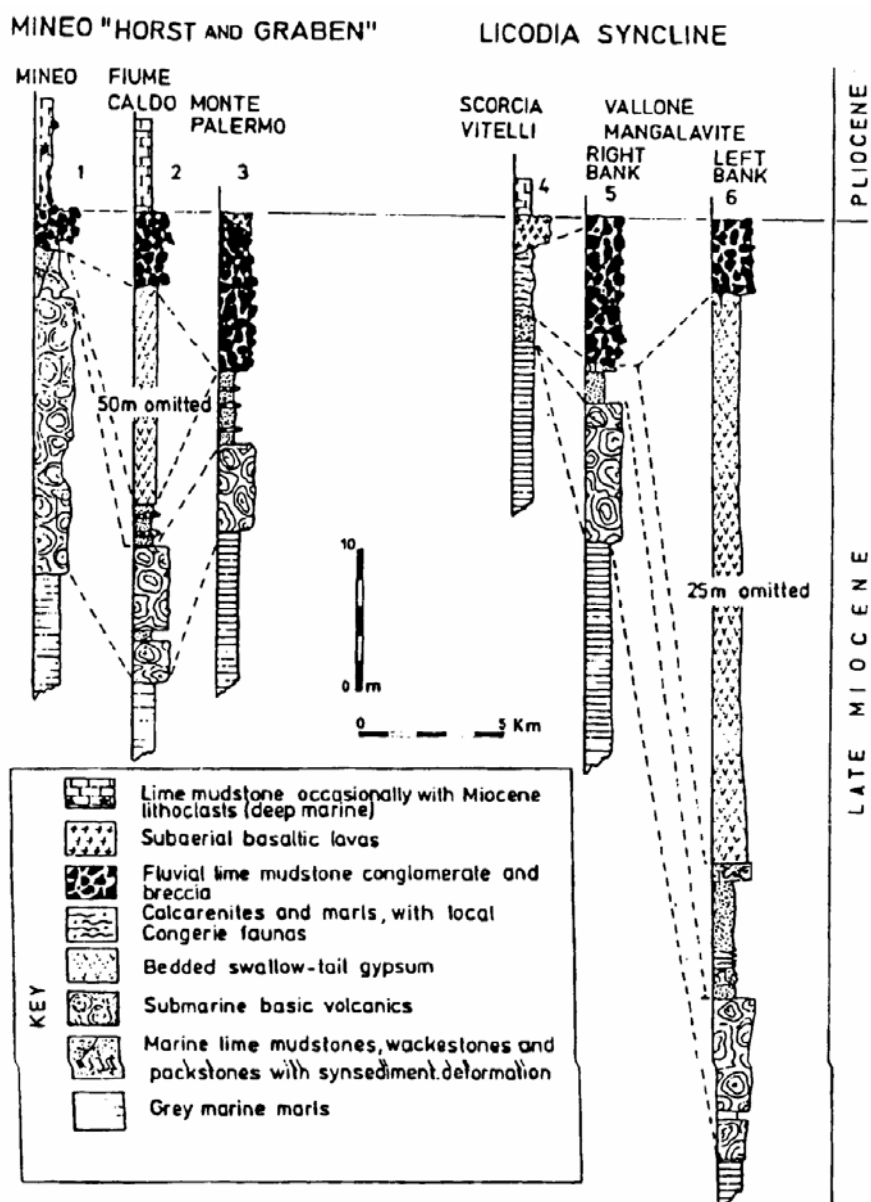
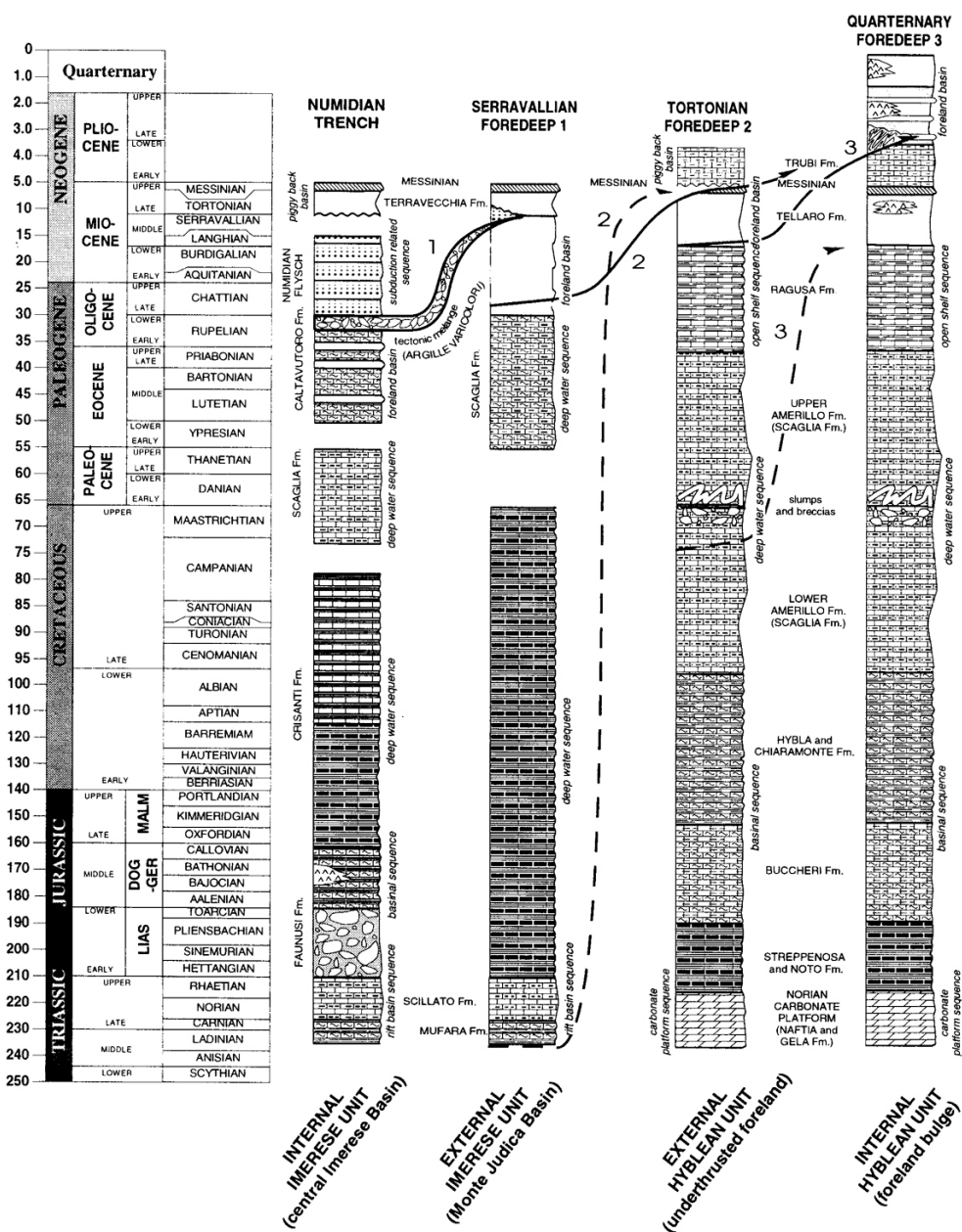


Fig. 12 - Stratigrafia delle successioni mioceniche nel settore ibleo settentrionale (da PEDLEY & GRASSO, 1992).

Nel triangolo compreso tra Vizzini, Licodia Eubea e Mineo, l'attività vulcanica si sviluppa in ambiente costantemente submarino, come dimostra la

presenza di ripetuti livelli di breccie vulcaniche alternate ai “Trubi” e alle marne medio-plioceniche (Fig. 13).



Lithostratigraphic and tectono-sedimentary relations of different paleogeographical units of the deformed Mesozoic-Neogene African continental margin in eastern Sicily. (1 - 3: main thrust phases in the external fold and thrust belt, dashed: thrust faulting of preorogenic units, continuous: thrust faulting of synorogenic flysch- and foredeep sediments)

Fig. 13 - Stratigrafie caratteristiche della Sicilia sud-orientale (da ADAM, 1996).

Il Pliocene superiore è scarsamente rappresentato in queste aree ad esclusione del piastrone calcarenitico di Licodia Eubea.

L'attività vulcanica submarina e subaerea sembra spingersi fino al basso

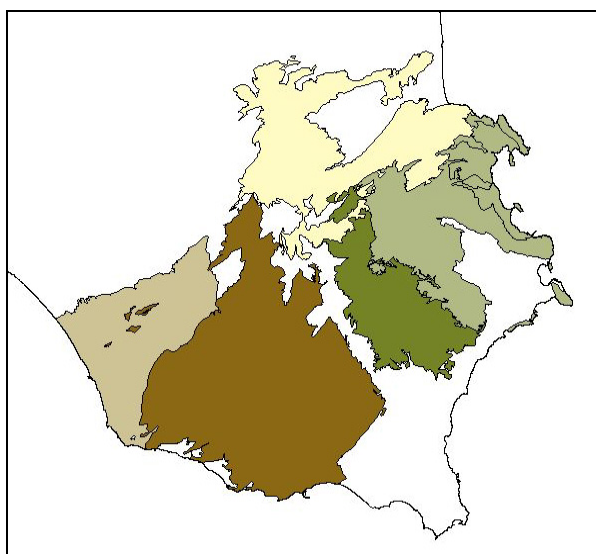
Quaternario, nelle aree più settentrionali vicino all'avanfossa, dove alle vulcaniti submarine si intercalano livelli di biocalcareniti del Pleistocene inferiore.

I depositi quaternari, che orlano il Plateau Ibleo, appartengono a due principali cicli sedimentari di età infra e medio-pleistocenica. I terreni del Pleistocene inferiore formano una cintura continua attorno all'Altipiano calcareo raggiungendo spessori notevoli lungo i bordi settentrionale ed occidentale. I litotipi sono dati da biocalcareniti tenere giallastre discordanti sul substrato miocenico o sulle vulcaniti plioceniche. Le calcareniti passano verso l'alto e lateralmente ad argille grigio-azzurre raggiungendo spessori considerevoli in corrispondenza di strutture più depresse (Augusta). Il secondo ciclo è rappresentato dalla cosiddetta "panchina" crotoniana che ricopre in discordanza termini di varia età con alla base un paelosuolo originatosi nel periodo della "Regressione Romana".

Sul bordo occidentale Ibleo, lungo l'estesa piana tra Caltagirone e Vittoria, la sedimentazione infrapleistocenica è chiusa da una potente serie sabbiosa regressiva che ricopre e sutura la Falda di Gela.

### **Idrogeologia**

Sulla base delle conoscenze geologico-strutturali e geochemiche, l'area dei Monti Iblei può essere suddivisa in due settori principali: un settore Sud-occidentale, per buona parte costituito dalla provincia di Ragusa e un settore Nord-orientale, in buona parte coincidente con la provincia di Siracusa e in minima parte con la provincia di Catania (Fig. 14).



*Fig. 14 – Corpi idrici dei Monti Iblei*

### ***Settore Sud-occidentale “Ragusano”***

Si tratta di una struttura omogenea dal punto di vista geologico, costituita dalla stessa successione carbonatica e con simili caratteristiche idrogeologiche. La circolazione idrica sotterranea in questo settore presenta aspetti e caratteristiche diverse, in relazione ai litotipi affioranti.

Questo settore è stato suddiviso in due corpi idrici: il corpo idrico Ragusano e la piana di Vittoria.

Nella parte occidentale, costituita dalla piana Comiso-Vittoria, si ha una prima falda acquifera nei terreni calcarenitico-sabbiosi pleistocenici, a media profondità (da 50 a 100 m) e una seconda falda più profonda, nel substrato carbonatico della Formazione Ragusa, confinato dalle marne della Formazione Tellaro. La profondità di questo secondo acquifero, più produttivo, varia in relazione all'andamento strutturale a blocchi variamente ribassati e rialzati che costituiscono il settore depresso del plateau che fa da transizione all'avanfossa di Gela. Localmente è altresì presente, intercalato fra le suddette falde, un acquifero, non continuo, nei termini della serie evaporitica, contraddistinto da acque dal caratteristico odore solforoso e nel complesso di scarso interesse produttivo.

L'alimentazione del settore occidentale della depressione strutturale di Vittoria proviene sia dalle infiltrazioni efficaci che, soprattutto nella fascia al margine con l'altipiano Ibleo, dal massiccio carbonatico. Si rilevano in questa fascia di transizione alcune fra le principali manifestazioni sorgentizie iblee (sorgente Cifali, Passolatello, Diana, ecc.) emergenti per soglia sovrainposta, che hanno come area di alimentazione l'altipiano calcareo.

Nel settore Sud-occidentale, interessato prevalentemente dagli affioramenti carbonatici della Formazione Ragusa, si ha un primo acquifero, parzialmente confinato, nella serie calcarenitica del membro Irminio, a profondità media compresa fra 100 e 150 m, cui fa seguito, separato da uno spessore variabile di termini marnoso-argillosi, un acquifero confinato più profondo e più produttivo nella serie calcareo-marnosa del membro Leonardo dell'anzidetta Formazione. In entrambi i casi la permeabilità è per fratturazione, essendo il contributo della porosità dei termini calcarei quasi nullo. Localmente la presenza di importanti strutture tettoniche regionali mette in contatto idraulico i due acquiferi, mentre in certi casi l'effetto di un notevole carico idraulico determina l'emergenza artesianica dell'acquifero profondo.

Lungo la fascia costiera e fino al margine orientale con il territorio siracusano, i calcari ragusani presentano un acquifero, con potenzialità da discreta a buona, confinato dalle marne della Formazione Tellaro.

Da scarsa a media produttività sono infine gli acquiferi nei depositi alluvionali, nelle conoidi e nelle sabbie recenti perché generalmente poco sviluppati, tanto orizzontalmente che verticalmente.

La vulnerabilità degli acquiferi della serie carbonatica è generalmente alta soprattutto quanto non protetti superiormente dai terreni argilloso-marnosi e, più in generale, perché caratterizzati da elevata permeabilità per carsismo.

I fenomeni di dissoluzione carsica all'interno della rete di fratture dei calcari ragusani hanno avuto inizio fin dalle prime fasi di sollevamento dell'altipiano, dalla fine del Terziario, e sono continuati nelle aree emerse per tutto il Quaternario, generando un primo sistema epicarsico di drenaggio cui hanno fatto seguito sistemi sempre più articolati di condotti e gallerie. L'approfondimento dei circuiti idrocarsici, condizionata sia dalla tettonica che dalle variazioni climatiche pleistoceniche (fasi eustatiche regressive e trasgressive) è testimoniata da una serie di condotti fossili a vari livelli nella serie calcarea ragusana.

Nel quadro di riferimento tettonico evolutivo del Plateau Ibleo, che ipotizza un progressivo sollevamento con culminazione nel settore settentrionale (carapace di Monte Mauro), il modello concettuale generale per tutta l'area emersa porta a prevedere una serie di morfologie carsiche fossili a quote progressivamente decrescenti da monte verso la linea attuale di costa. Correlazioni effettuate fra le quote dei condotti paleocarsici e la distanza dalla linea attuale di costa hanno evidenziato un modello carso-evolutivo concorde con il suddetto quadro tettonico regionale, fornendo, altresì, indicazioni sul verificarsi in alcuni settori di sollevamenti differenziali.

La fossilizzazione dei condotti, avvenuta per approfondimento del livello di base dell'erosione, si lega sia alla riattivazione di vecchie fratture che all'apertura di nuove, causate da fasi distensive quaternarie. La circolazione carsica si è spostata, pertanto, in profondità e allo stesso modo la quota delle risorgenze si è raccordata al nuovo livello della erosione di base valliva. Lungo la costa del settore sud-occidentale Ibleo si sono, altresì, originate risorgenze di sistemi idrocarsici ora sommersi, in relazione alla attuale fase di ingressione marina.

Nel settore sud-occidentale i sollevamenti tettonici e le fasi eustatiche hanno così prodotto due livelli di carsismo, attualmente fossile, che è stato possibile correlare rispettivamente ad episodi di trasgressione infrapleistocenica e mediopleistocenica, attraverso l'analisi e il confronto fra le paleomorfologie ipogee freatiche e le superfici terrazzate attribuite ai suddetti periodi.

### ***Settore Nord-orientale***

Il settore nord-orientale dei Monti Iblei ai fini idrogeologici può a sua volta essere suddiviso in quattro corpi idrici: il bacino del Lentinese, il Siracusano Nord-orientale, il Siracusano meridionale e la piana di Augusta-Priolo. I corpi idrici presentano differenti caratteristiche geochimiche in relazione alle direzioni di deflusso idrico sotterraneo. In particolare, nella porzione nord, da Monte Lauro fino alla Piana di Lentini, le acque sotterranee circolano prevalentemente nei depositi vulcanici plio-pleistocenici con direzione di deflusso verso Nord Nord-Est. Il substrato semipermeabile del suddetto acquifero è costituito localmente dalle vulcaniti mioceniche superiormente spesso alterate da processi di argillificazione. Un alto strutturale lungo l'allineamento NE-SO separa questo corpo idrico dall'adiacente acquifero misto (bacino di Augusta), in cui è più marcata l'alternanza dei depositi di origine vulcanica con i terreni della successione carbonatica. Ancora più ad ovest si estende il bacino carbonatico del "Siracusano" delimitato a nord dal graben Melilli-Monti Climiti, un alto strutturale con direzione ONO-ESE. In questo bacino il deflusso delle acque avviene prevalentemente verso SO. L'acquifero principale interessa i calcari della Formazione Palazzolo e della Formazione dei Monti Climiti. Questa serie carbonatica poggia a ovest sulle marne mioceniche della Formazione Tellaro, nella zona di Siracusa-Solarino e Cassibile i calcari sono ricoperti da sedimenti plio-pleistocenici.

L'acquifero carbonatico presenta valori di trasmissività compresi fra 0,1 e  $9 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  e una buona permeabilità in relazione ai diffusi processi di carsificazione che hanno interessato, sin dall'emersione, la serie carbonatica miocenica.

L'analisi delle quote del carsismo fossile presente negli affioramenti carbonatici del bacino del Siracusano (Graben dell'Anapo) ha difatti evidenziato una ciclicità dei processi di carsificazione caratterizzata da differenti velocità di approfondimento e insenilimento. Nella fattispecie, procedendo dalla parte montana dell'area fino al livello del mare e oltre per le cavità sommerse, sono riconoscibili ben

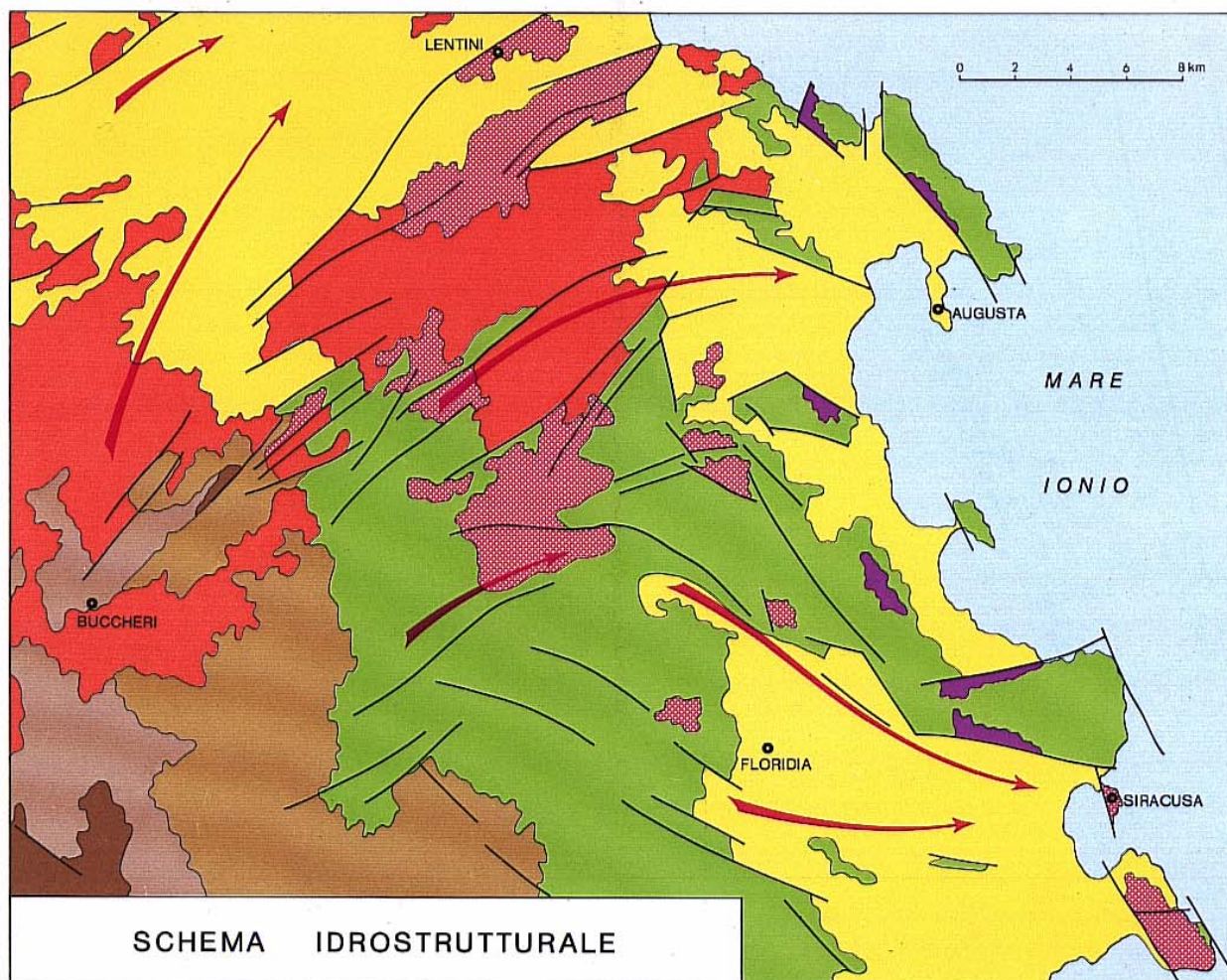
cinque trend di approfondimento nella rete dei condotti carsici, per i quali è stata formulata una correlazione con le quote medie dei terrazzi marini cartografati.

Ad ulteriore supporto delle ipotesi avanzate, nella correlazione cavità–terrazzi marini, sono stati effettuati riscontri, fra le cavità prese in esame, della presenza di paleomorfologie ipogee, quali scallops, canali di volta, solchi di erosione vadosa e riempimenti, essendo queste ultime dei buoni marker, anche indiretti, del variare delle condizioni climatiche o dei sollevamenti tettonici a scala locale o regionale.

Il corpo idrico della piana di Augusta-Priolo è costituito da sabbie grossolane e calcareniti organogene giallastre (panchina) a stratificazione incrociata sovente terrazzate alla sommità. Il substrato è costituito da argille a spessore variabile da pochi metri ad oltre 270 m nei pressi dell'Aeroporto di Augusta e da pochi metri ad oltre 50 m nei pressi di Torre Milocca. In alcuni punti mancano le argille del substrato e le sabbie e calcareniti poggiano direttamente sui termini permeabili inferiori, per i quali, data la loro elevata permeabilità, non costituiscono alcuna protezione ma con i quali sono in continuità idraulica. Lo spessore massimo delle sabbie e calcareniti supera di poco i 20 m. Sono presenti lungo tutto il golfo di Augusta e nell'entroterra sino alla quota massima di 200 m. Costituiscono il sedimento di chiusura dei depositi che hanno colmato i grandi graben ivi esistenti nelle formazioni mioceniche inferiori. La falda contenuta in questi sedimenti risulta alimentata esclusivamente dall'infiltrazione locale e ampiamente drenata dai corsi d'acqua soggiacenti.



*Fig. 15 – Schema idrostrutturale del settore nord-orientale ibleo (LENTINI F.,1984).*



- Depositi plio-pleistocenici continentali e marini: ghiaie, sabbie e limi, argille e silts marnosi, sabbie, calcareniti e calciruditi organogene.
- Complesso delle vulcaniti plio-pleistoceniche del distretto ibleo.
- Successione calcarenitico-marnosa e prodotti eruttivi prevalentemente vulcanoclastici con intercalazioni di calcari e breccie calcaree di scogliera (*Tortoniano-Messiniano inf.*)
- Successioni prevalentemente carbonatiche di piattaforma (*Cretaceo sup.-Miocene sup.*). Nelle aree occidentali tra le sequenze prevalentemente calcarenitiche (Formazioni Palazzolo a e Ragusa c) si intercalano termini marnosi (F.ne Tellaro b).
- Vulcaniti submarine (*Cretaceo*).
- ↗ Direzioni preferenziali di deflusso delle acque sotterranee.

### ***Caratterizzazione idrogeochimica***

Sulla base delle conoscenze geologico-strutturali, idrogeologiche e geochemiche, l'area dei Monti Iblei può essere suddivisa in due settori principali:

- Settore Nord-orientale;
- Settore Sud-occidentale.

Per la definizione delle caratteristiche chimico-fisiche salienti di questi due settori, sono stati campionati in totale 79 punti d'acqua. I punti d'acqua appartengono a 6 corpi idrici così suddivisi:

#### **1-Settore Nord-orientale** (Quattro corpi idrici)

- 1a Corpo Idrico Lentinese (vulcanico)
- 1b Corpo Idrico Siracusano nord orientale (misto vulcanico/carbonatico)
- 1c Corpo Idrico Siracusano meridionale (carbonatico)
- 1d Piana di Augusta-Priolo (calcarenitico-sabbioso)

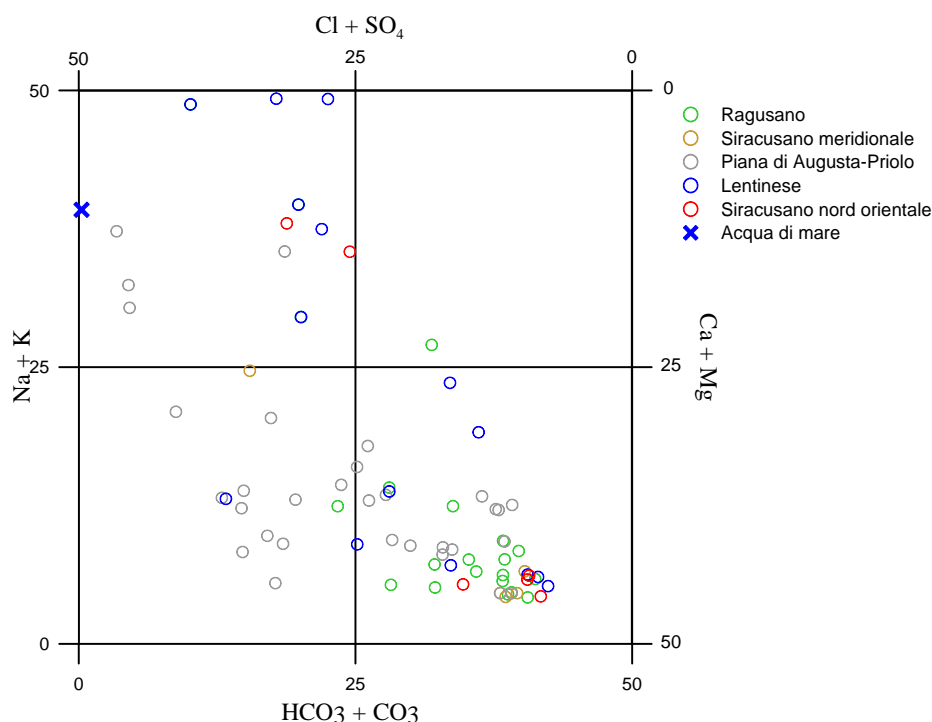
#### **2-Settore Sud-occidentale** (Due corpi idrici)

- 2a Corpo idrico Ragusano (carbonatico)
- 2b Corpo idrico Piana di Vittoria (arenaceo-sabbioso).

Dal punto di vista chimico-fisico, le acque campionate mostrano ampi intervalli in quasi tutti i parametri misurati. I valori di temperatura oscillano tra 7.0°C e 30.5°C, la concentrazione idrogenionica (pH) mostra valori compresi tra 6.4 e 8.9, indicando che siamo in presenza di acque neutre o mediamente basiche. Infine, la conducibilità elettrica (a 20°C) è compresa in un intervallo incluso tra i valori 143  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e 5019  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

La mineralizzazione delle acque può essere legata sia a processi naturali quali la lisciviazione e dissoluzione dei minerali che costituiscono le rocce con le quali le acque interagiscono durante il loro percorso sotterraneo, sia a processi di origine antropica quali ad esempio l'inquinamento derivante dalle attività industriali o agricole.

Nel diagramma Langelier-Ludwig, tutte le acque campionate ricadono principalmente in tre quadranti: bicarbonato alcalino-terrose, clorurato-solfato-alcaline terrose e clorurato-solfato-alcaline.



*Diagramma classificativo Langelier-Ludwig per il bacino idrogeologico M.Iblei*

Soltanto un campione appartenente al corpo idrico Ragusano risulta essere bicarbonato alcalino.

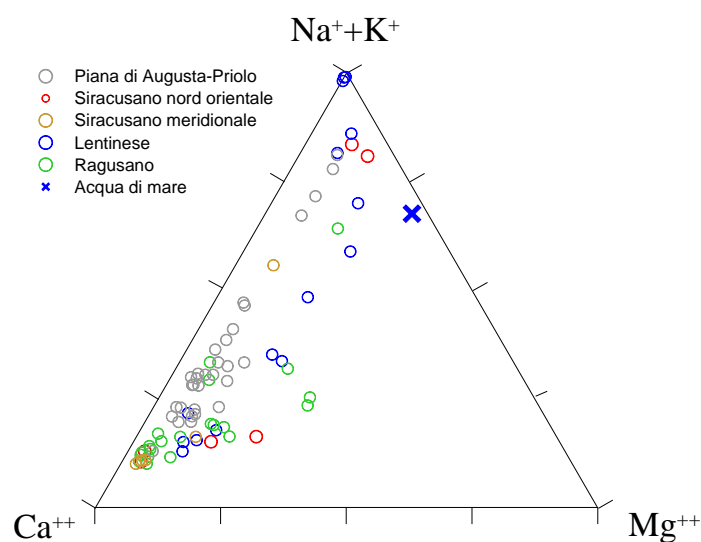
Le acque che circolano nei vari corpi idrici di natura carbonatica hanno una connotazione prevalente bicarbonato-alcalino terrosa dovuta a processi di dissoluzione dei carbonati di calcio (Calcite) e di calcio e magnesio (Dolomite).

La presenza di punti nel campo delle acque clorurato-solfato alcaline, fa ritenere una possibile contaminazione con acqua di mare, più evidente in alcuni dei campioni della Piana di Augusta Priolo.

Per gli altri campioni, pur presentando un'ampia varietà compositiva, è possibile individuare due trend generali che, dai campioni bicarbonato-alcalino terrosi evolvono rispettivamente verso una componente clorurato-solfato-alcalina ed un'altra che evolve verso lo stesso quadrante tendendo però verso l'acqua di mare. In generale queste evoluzioni sono presentate dai corpi idrici Lentinese, Siracusano nord orientale, Piana di Augusta-Priolo. Ciò fa pensare che oltre a fenomeni di possibile intrusione marina siano presenti altri fenomeni quali scambio ionico con le rocce.

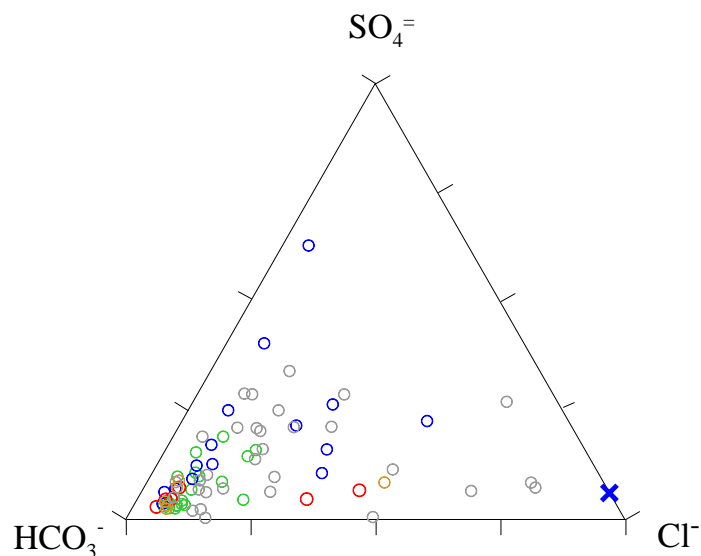
Il diagramma ternario dei cationi mostra un'ampia variabilità con una tendenza più o meno marcata verso il vertice di sodio e potassio. Anche in questo caso si vede che la sola influenza dell'acqua marina non può essere imputabile a questa evoluzione

e quindi rafforza l'ipotesi di processi chimici di scambio ionico. Inoltre si nota una leggera differenziazione degli ioni bivalenti (Ca e Mg) con una tendenza di alcuni campioni di Augusta e, in subordine, del Ragusano centrale verso un'evoluzione ad acque più ricche in magnesio che potrebbe indicare un'interazione con rocce di tipo più squisitamente dolomitico o, comunque, più magnesiache.



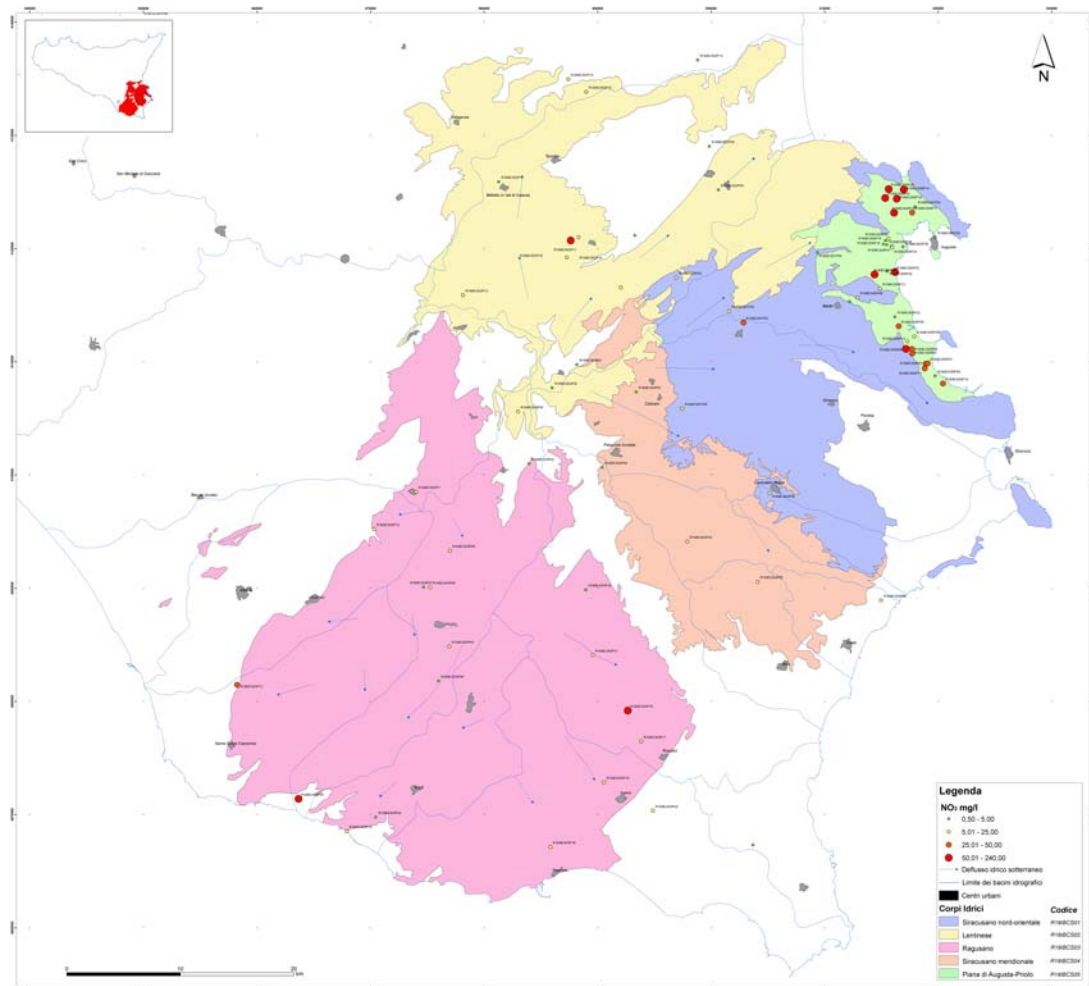
*Diagramma ternario Ca-Mg-Na+K per il bacino idrogeologico M.Iblei*

Dal diagramma ternario degli anioni si nota come la maggior parte dei campioni si disponga in prossimità del vertice del bicarbonato, anche se è possibile distinguere un incremento della componente solfatica, possibilmente legata ad apporti antropici come fertilizzanti ed un trend più marcato che mostra un progressivo aumento in cloruri verosimilmente dovuto ad apporti di acqua di mare.



*Diagramma ternario Cl-SO4-HCO3 per il bacino idrogeologico M.Iblei*

La carta dei nitrati mostra un passaggio netto da valori bassi, rappresentati dalla maggior parte dei corpi idrici, ed un concentramento di valori più elevati nell'area relativa al corpo idrico della Piana di Augusta-Priolo.



*Carta dei Nitrati per il bacino idrogeologico dei M. Iblei*

L'intensa concentrazione di industrie in questa area, associata con un'elevata coltivazione dei terreni, porta alla conclusione che il contributo antropico è fortemente determinante.



Carta dello ione ammonio per il bacino idrogeologico dei M.Iblei

La carta dello ione ammonio rispecchia quanto detto per i nitrati.





Carta dei nitriti per il bacino idrogeologico dei M.Iblei

La carta dei nitriti mostra un valore basso per tutti i corpi idrici indicando che le specie azotate vengono immesse nel più alto e nel più basso stato di ossidazione escludendo, quindi, il naturale degrado di sostanza organica ma semplicemente un apporto artificiale.

## Caratteristiche isotopiche del bacino idrogeologico

La composizione media ponderata delle acque meteoriche e l'andamento generale dei punti di tutti i corpi idrici che si dispongono su una virtuale linea tra questo punto e la composizione dell'acqua marina mette in evidenza che i vari corpi idrici sono alimentati da acque meteoriche locali con leggeri apporti di acque da più alta quota (vedi i valori più negativi) e mixing più o meno abbondanti con acqua marina.

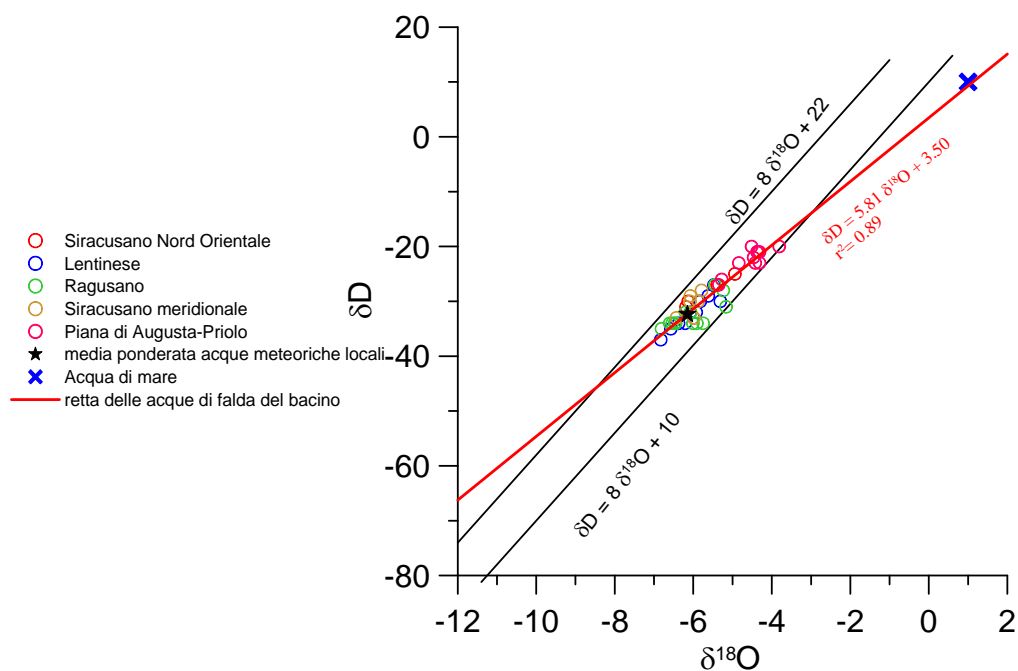


Diagramma  $\delta D - \delta^{18}O$  ( in ‰ rispetto a SMOW) delle acque del bacino idrogeologico M. Iblei

## Bibliografia

- ADAM J. (1996) - *Kinematik und Dynamic des neogenen Falten- und Deckengurtels in Sizilien. Quantifizierung neotektonischer Deformationsprozesse in der zentralmediterranen Afro-Europaischen Konvergenzzone*. PhD. Thesis, Herausgegeben von geowissenschaftlichen Instituten, Berlin, 171 pp.
- ADAM J. & REUTHER C. D. (1995) - *Dynamics of neotectonic foreland basin deformation and inversion (Central Mediterranean thrust belt, Sicily)*. Zeitschrift Deutschen Geologischen Gesellschaft, 146, 1–15.
- ADORNI G. & AURELI A. (1989) - *La climatologie des Monts Hybleens (Sicile sud-orientale) analysée a des fins hydrogéologiques et géomorphologiques*. Publ. Ass. Int. Climatologie, 2, 195–204.
- ALLISON A. (1955) - *La geologia della struttura della zona di Priolo (Siracusa) - Guida all'escursione della 57° Riunione della Soc. Geol. It.* Boll. Soc. Geol. It., 72, 109-111.
- AMBROSETTI P., BOSI C., CARRARO F., CIARANFI N., PANIZZA M., PAPANI G., VEZZANI L. & ZANFERRARI A. (1983) – *Carta neotettonica d'Italia (F. 5-6)*. C.N.R. P.F.G., neotettonica, L.A.C., Firenze.
- AZZARO R. & BARBANO M. S. (2000) - *Analysis of seismicity of Southeastern Sicily: a proposed tectonic interpretation*. Annali di Geofisica, 43, 171-188.
- BECCALUVA L., DI GRANDE A., LO GIUDIC A., MACCIOTTA G. & SIENA F. (1993) - *Carta geopetrografica dell'area centro-settentrionale iblea, Sicilia sud-orientale*. scala 1:50 000. Università di Catania, S. EL. CA., Firenze.
- BELLANCA A., FUSTAINO G. & NERI R. (1990) - *Petrografia e geochemica isotopica di reservoir carbonatici del Trias, Sicilia sud-orientale*. Min. Petr. Acta, 33, 315-328
- 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.
- BROSSE E., RIVA A., SANTUCCI S., BERNON M., LOREAU J. P., FRIXA A. & LAGGOUN-DÉFARGE F. (1990) – *Some sedimentological and geochemical characters of the late Triassic Noto formation, source rock in the Ragusa basin (Sicily)*. Adv. Org. Geochem., 16, 715-734.
- CAMPISI B. (1961) - *Note geologiche sulla regione di Cassibile e San Michele (Monti Iblei, Sicilia)*. Boll. Serv. Geol. d'It., 81, 287–312.

- CARBONE S. & LENTINI F. (1981) - *Rapporti fra vulcanismo miocenico e tettonica nel settore orientale dei monti Iblei (Sicilia Sud-Orientale)*. Rend. Boll. Soc. Geol. Ital..
- CARBONE S., GRASSO M. & LENTINI F. (1982) - *Considerazioni sull'evoluzione geodinamica della Sicilia Sud-Orientale dal Cretaceo al Quaternario*. Mem. Soc. Geol. Ital..
- CARBONE S., GRASSO M. & LENTINI F. (1982) – *Elementi per una valutazione degli eventi tettonico-sedimentari dal Cretaceo al quaternario nella Sicilia sud-orientale*. In: Catalano R. & D'Argenio B. (eds.), Guida alla geologia della Sicilia occidentale, Guide geologiche regionali, Mem. Soc. Geol. It., Suppl. A. v. XXIV, 103-109, Palermo.
- CARBONE, S. & F. LENTINI (1981) - *Caratteri deposizionali delle vulcaniti del Miocene superiore negli Iblei (Sicilia sud-orientale)*, Geol. Romana, 20, 79-101.
- CARVENI, P., LEOPARDI A. & ROMEO M. (1993) - *Rapporti tra vulcaniti submarine e depositi Plio-Pleistocenici dei dintorni di Palagonia (Avanpaese Ibleo, Sicilia)*. Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat., 342, 207-237.
- CATALANO R. & D'ARGENIO B. (1982) - *Schema geologico della Sicilia*. In: Catalano R. & D'Argenio B. (eds.), Guida alla geologia della Sicilia occidentale, Guide geologiche regionali, Mem. Soc. Geol. It., Suppl. A. v. XXIV, 9-41 Palermo.
- COGAN J., RIGO L., GRASSO M. & LERCHE I. (1989) - *Flexural tectonics of southeastern Sicily*. J. Geodyn., 11, 189-241.
- COLTRO R. & MUSARRA F. (1975) – *Caratteristiche di fratturazione delle formazioni della Sicilia sud-orientale e modalità di deflusso delle acque*. Atti 3° Conv. Intern. Sulle Acque Sott., 1-3 Nov. 1975, 248-267.
- CRISTOFOLINI R. (1967) - *Le vulcaniti Plio-Pleistoceniche al margine settentrionale dell'Altopiano Ibleo*. Atti Acc. Gioenia Sc. Nat., 18, 265-270.
- CRISTOFOLINI R. (1969) - *Le vulcaniti del Miocene superiore e del Pliocene inferiore della zona compresa tra Mineo, Palagonia e Vizzini (Altopiano Ibleo)*. Atti Acc. Gioenia Sc. Nat., 1, 211-238.
- DE ROSA R., MAZZUOLI R., SCRIBANO V. & TRUA T. (1991) - *Nuovi dati petrologici sulle vulcaniti dei Monti Iblei (Sicilia sud-orientale): implicazioni genetiche e geotettoniche*. Mineralogica e Petrografica Acta, 34, 133-151.
- DE VIVO B., LIMA A. & SCRIBANO V. (1990) - *CO<sub>2</sub> fluid inclusions in ultramafic xenoliths from the Iblean Plateau, Sicily, Italy*. Mineralogical Magazine, 54, 183-194.

- DI GERONIMO I., GHISSETTI F., GRASSO M., LENTINI F., RASÀ G. & VEZZANI L. (1979) - *Dati preliminari sulla neotettonica della Sicilia Centrale. Fogli 251 (Cefalù), 260 (Nicosia), 268 (Caltanissetta), 269 (Paternò), 270 (Catania), 272 (Gela), 273 (Caltagirone) e 275 (Scoglitti)*. In: contributi preliminari alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia, Pubbl. n° 251 del P.F. Geodinamica, 391-429.
- DI GRANDE A. (1969) - *L'alternanza neogenico-quadernaria di vulcaniti e sedimenti al margine nord-occidentale dell'Altipiano Ibleo*. Atti Acc. Gioenia Sci. Nat., 1, 99-125.
- DI GRANDE A. (1972) - *Geologia dell'area a Nord di Augusta-Francofonte (Sicilia SE)*. Atti Acc. Gioenia Sci. Nat., 4, 3-32.
- DI GRANDE A. & GRASSO M. (1977) - *Lineamenti geologici del margine occidentale ibleo nei dintorni di Comiso-Ragusa (Sicilia)*. Boll. Soc. Geol. It., 96, 209-224.
- DI GRANDE A. & NERI M. (1987) - *Il Quaternario dei dintorni di Lentini-Carlentini*. Atti Acc. Gioenia Sci. Nat., 20, 87-103.
- DI GRANDE A. & ROMEO M. (1981) - *Caratteri lito-biostratigrafici dei depositi messiniani nell'area Iblea (Sicilia Sud-Orientale)*. Riv. Ital. Paleont.
- DI GRANDE A. & RAIMONDO W. (1982) - *Linee di costa Plio-pleistoceniche a schema litostratigrafico del Quaternario siracusano*. Geologica Romana.
- DI GRANDE A. & RAIMONDO W. (1983) - *Lineamenti geologici del territorio siracusano tra Palazzolo, Noto e Siracusa (Sicilia Sud-Orientale)*. Boll. Soc. Geol. Ital.
- DI GRANDE A. & ROMEO M. (1975) - *Stratigrafia delle marne supramioceniche di Scicli (Ragusa, Sicilia)*. Riv. Ital. Paleont., 81, 491-526.
- FERRARA V. (1970) - *Idrogeologia della zona di Francofonte (Siracusa)*. Atti Conv. Intern. Sulle Acque Sotterr., 6-8 Dic. 1970, 287-311.
- FRIXA A., BERTAMONI M., CATRULLO D., TRINCIANTI E. & MIUCCIO G. (2000) - *Late Norian-Hettangian paleogeography in the area between wells Noto 1 and Polpo 1 (S-E Sicily)*. Mem. Soc. Geol. It., 55, 279-284.
- GARDINER W., GRASSO M. & SEDGELEY D. (1995) - *Plio-Pleistocene fault movement as evidence for mega-block kinematics within the Hyblean-Malta Plateau, central Mediterranean*. J. Geodynamics, 19, 35-51.
- GHISSETTI F. & VEZZANI L. (1980) - *The structural features of the Iblean Plateau and of the Mount Judica area (South-Eastern Sicily)*.

- GRASSO M. (1997) - *Carta geologica del settore centro-meridionale dell'altipiano Ibleo (Pr. Ragusa, Sicilia sud-orientale)*. Scala 1:50.000. S.EL.CA., Firenze.
- GRASSO M., MIUCCIO G., MANISCALCO R., GAROFALO P., LA MANNA F. & STAMILLA R. (1995) - *Plio-Pleistocene structural evolution of the western margin of the Hyblean Plateau and the Maghrebian foredeep, SE Sicily. Implications for the deformational history of the Gela Nappe*. *Annales Tectonicae*, 9 (1-2), 7-21.
- GRASSO M. (2001) - *The Apenninic-Maghrebian orogen in southern Italy, Sicily and adjacent areas*. In: Vai G. B. & Martini I. P. (eds.), "Anatomy of an orogen: the Apennines and adjacent Mediterranean basins, Kluwer Acad. Publ., UK, 255-286.
- GRASSO M. & LA MANNA F. (1992) - *Lineamenti stratigrafici e strutturali del fronte della Falda di Gela affiorante a NW del Plateau Ibleo (Sicilia sud-orientale)*. *Geol. Romana*, 29, 55-72.
- GRASSO M. & PEDLEY M. (1990) - *Neogene and Quaternary sedimentation patterns in the northwestern Hyblean Plateau (SE Sicily): the effects of a collisional process on the foreland margin*. *Riv. It. Paleont. Strat.*, 96, 219-240.
- GRASSO M. & REUTHER C. D. (1988) - *The western margin of the Hyblean Plateau: a neotectonic transform system on the SE Sicilian foreland*. *Ann. Tectonicae*, II (2), 107-120.
- GRASSO M., DE DOMINICIS A. & MAZZOLDI G. (1990) - *Structures and tectonic setting of the western margin of the Hyblean-Malta shelf, Central Mediterranean*. *Ann. Tectonicae*, 4 (2), 140-154.
- GRASSO M., LENTINI F. & PEDLEY H. M. (1982) - *Late Tortonian-lower Messinian (Miocene) palaeogeography of SE Sicily: information from two new formations of the Sortino Group*. *Sedim. Geol.*, 32, 279-300.
- GRASSO M., PEDLEY H. M. & MANISCALCO R. (1994) - *The application of a Late Burdigalian-Early Langhian Highstand Event in correlating complex Tertiary orogenic carbonate successions within the Central Mediterranean*. *Geol. Mediterr.*, 21, 69-83.
- GRASSO M., REUTHER C. D. & TORTORICI L. (1992) - *Neotectonic deformations in SE Sicily: the Ispica fault, evidence of late Miocene-Pleistocene decoupled wrenching within the Central Mediterranean stress regime*. *Journ. Geodyn.*, 16 (1/2), 135-146.
- GRASSO M., MIUCCIO G., MANISCALCO R., GAROFALO P., LA MANNA F. & STAMILLA R. (1995) - *Plio-Pleistocene structural evolution of the western margin of the Hyblean*

*Plateau and the Maghrebian foredeep, SE Sicily. Implications for the deformational history of the Gela Nappe.* Ann. Tectonicae, 9, 7-21.

KIRATZI A. A. (1994) – *Active seismic deformation in the Italian Peninsula and Sicily.* Ann. Geof., 37 (1), 2-4.

LENTINI F., BOMMARITO S., CARBONE S., CUGNO G., DI GERONIMO I., GRASSO M., IOZZIA S., LA ROSA N., ROMEO M., SCAMARDA G. & SCIUTO F. (1984) - *Carta geologica della Sicilia Sud-orientale.* Scala 1:100 000. Università di Catania, Istituto di Scienze della Terra. S.EL.CA., Firenze.

LENTINI F. (1986) - *Carta geologica del settore nord-orientale ibleo, scala 1:50 000.* Università di Catania, Istituto di Scienze della Terra. S.EL.CA., Firenze.

LENTINI F., CARBONE S., CATALANO S. & GRASSO M. (1996) - *Elementi per la ricostruzione del quadro strutturale della Sicilia orientale.* Mem. Soc. Geol. It., 51, 179–195.

LONGARETTI G. & ROCCHI S. (1992) - *Il magmatismo dell'Avampaese Ibleo (Sicilia orientale) tra il Trias e il Quaternario: dati stratigrafici e petrologici di sottosuolo.* Mem. Soc. Geol. It., 45, 911-925.

MARTELLI A. & MOUTON J. (1970) – *Donnes sur la structure et les caracteristiques des aquiferes de la Sicile orientale.* Atti Conv. Intern. Sulle Acque Sotterr. 6-8 Dic. 1970, 395-414.

MATTAVELLI L., CHILINGARIAN G. V. & STORER D. (1969) - *Petrography and diagenesis of the Taormina Formation, Gela Oil Field, Sicily (Italy).* Sedim. Geol., 3 (1), 59-86.

MONTONE P., AMATO A., FREPOLI A., MARIUCCI M. T. & CESARO M. (1997) – *Crustal stress regime in Italy.* Ann. Geof., 40 (3), 741-757.

NICOLETTI P. G., & CATALANO E. (2000) - *Frane e sbarramenti fluviali di antica origine sismica in Sicilia sud-orientale - III parte: ricognizione sul Foglio 274 - Siracusa.* Boll. Soc. Geol. It., 119, 97–104.

NICOLETTI P. G., ADORNI G. & SCALZO A. (1999) - *Frane e sbarramenti fluviali di antica origine sismica in Sicilia sud-orientale - I parte: Inquadramento generale e ricognizione sul Foglio 277 Noto.* Boll. Soc. Geol. It., 118, 461–477.

NICOLETTI P. G., ADORNI G. & SCALZO A. (1999) - *Frane e sbarramenti fluviali di antica origine sismica in Sicilia sudorientale - II parte: ricognizione sul Foglio 276 - Ragusa.* Boll. Soc. Geol. It., 118, 513–522.

- NICOLETTI P. G., IOVINE G. & CATALANO E. (2000) - *Frane e sbarramenti fluviali di antica origine sismica in Sicilia sud-orientale - IV parte: ricognizione sul Foglio 273 - Caltagirone e conclusioni generali*. Boll. Soc. Geol. It., 119, 451–472.
- NIGRO F. & RENDA P. (2000) - *Un modello di evoluzione tettono-sedimentaria dell'avanzfossa neogenica siciliana*. Boll. Soc. Geol. It., 119, 667-686.
- PATACCA E., SCANDONE P., GIUNTA G. & LIGUORI V. (1979) - *Mesozoic paleotectonic evolution of the Ragusa Zone (Southeastern Sicily)*. Geol. Rom., 18: 331-369.
- PEDLEY H. M. (1983) - *The petrology and palaeoenvironment of the Sortino Group (Miocene) of SE Sicily: evidence for periodic emergence*. J. Geol. Soc. London, 140, 335-350.
- PEDLEY H. M. & GRASSO M. (1992) – *Miocene syntectonic sedimentation along the western margins of the Hyblean-Malta Platform: a guide to plate margin processes in the Central Mediterranean*. J. Geodyn., 15, 19-37.
- PEDLEY H. M., CUGNO G. & GRASSO M. (1992) – *Gravity slide and resedimentation processes in a Miocene carbonate ramp, Hyblean Plateau, southeastern Sicily*. Sedim. Geol., 79, 189-202.
- RAGG S., GRASSO M. & MULLER B. (1999) - *Patterns of tectonic stress in Sicily from borehole breakout observations and finite element modelling*. Tectonics, 18, 669-685.
- REGIONE SICILIANA (1987) - *Piano Regionale di Risanamento delle Acque.*, Ass.Terr. e Amb..
- RUGGIERI R. (1997) – *Il Carsismo negli Iblei (Sicilia sud-orientale)*. Atti del Convegno “Il carsismo nell’area mediterranea”. Supplemento al n. 23 di Thalassia Salentina: 47-55.
- RUGGERI R. & GRASSO M. (2000) – *Caratteristiche stratigrafiche e strutturali dell’altipiano Ibleo Ragusano e sue implicazioni sulla morfogenesi carsica*. Atti 1° Seminario di Studi sul carsismo negli Iblei e nell’area sud Mediterranea. Speleologia Iblea, 8, 19-35.
- RUGGIERI R., MANISCALCO R. & GRASSO M. (2004) - *Variazioni eustatiche pleistoceniche ed eustatismo nell’area del graben dell’Anapo*. Atti 2° Seminario di Studi sul “Carsismo negli Iblei e nell’area sud Mediterranea” Ragusa 28-30 maggio 2004,(in stampa).
- SCHMINCKE H. U., BEHNCKE B., GRASSO M. & RAFFI S. (1997) - *Evolution of the northwestern Hyblean mountains, Sicily: 1. Uplift, Pliocene/Pleistocene sea-level*



*changes and volcanism. Geol. Rundsch.*, 86, 637-669.

SCHUTTE, K. G. (1978) - *Crustal structure of southern Italy*. In: Closs H., Roeder D. & Schmidt K. (eds.), "Alps, Apennines, Hellenides", Stuttgart, 315-321.

TONARINI S., D'ORAZIO M., ARMIENTI P., INNOCENTI F. & SCRIBANO V. (1996) - *Geochemical features of eastern Sicily lithosphere as probed by Hyblean xenoliths and lavas*. *European Journal of Mineralogy*, 8, 1153-1173.

TORELLI L., GRASSO M., MAZZOLDI G. & PEIS D. (1998) - *Plio-Quaternary tectonic evolution and structure of the Catania foredeep, the northern Hyblean Plateau and the Ionian shelf (SE Sicily)*. *Tectonophysics*, 298, 209-221.

YELLIN-DROR A., GRASSO M., BEN-AVRAHAM Z. & TIBOR G. (1997) – *The subsidence history of the Northern Hyblean plateau margin, southeastern Sicily*. *Tectonophysics*, 282, 277-289.

**CORPO IDRICO SOTTERRANEO  
SIRACUSANO NORD-ORIENTALE  
(R19IBCS01)**

## **b) Caratteristiche geografiche, geologiche, idrogeologiche**

### **Localizzazione geografica e morfologia del corpo idrico**

#### ***Localizzazione geografica***

L'acquifero misto vulcanico/carbonatico interessa la porzione nord-orientale dell'altopiano ibleo. Si estende in affioramento da Monte Lauro verso il centro abitato di Augusta.

#### ***Considerazioni geomorfologiche***

Il bacino degrada progressivamente dalla zona montuosa di Monte Lauro verso Nord-Est, fino alla penisola di Augusta dove prevale una morfologia piuttosto pianeggiante.

#### ***Aspetti geologici***

Il corpo idrico è costituito dall'alteranza di prodotti dell'attività vulcanica, subaerea e subacquea verificatesi nel Pliocene e nel Pleistocene inferiore e di depositi carbonatici (calcareniti bianco-giallastre, Fm. Monti Climiti) di età Oligo-Miocene. È limitato sia nella porzione settentrionale che in quella meridionale da due alti strutturali.

### **Caratteristiche idrogeologiche e idrochimiche**

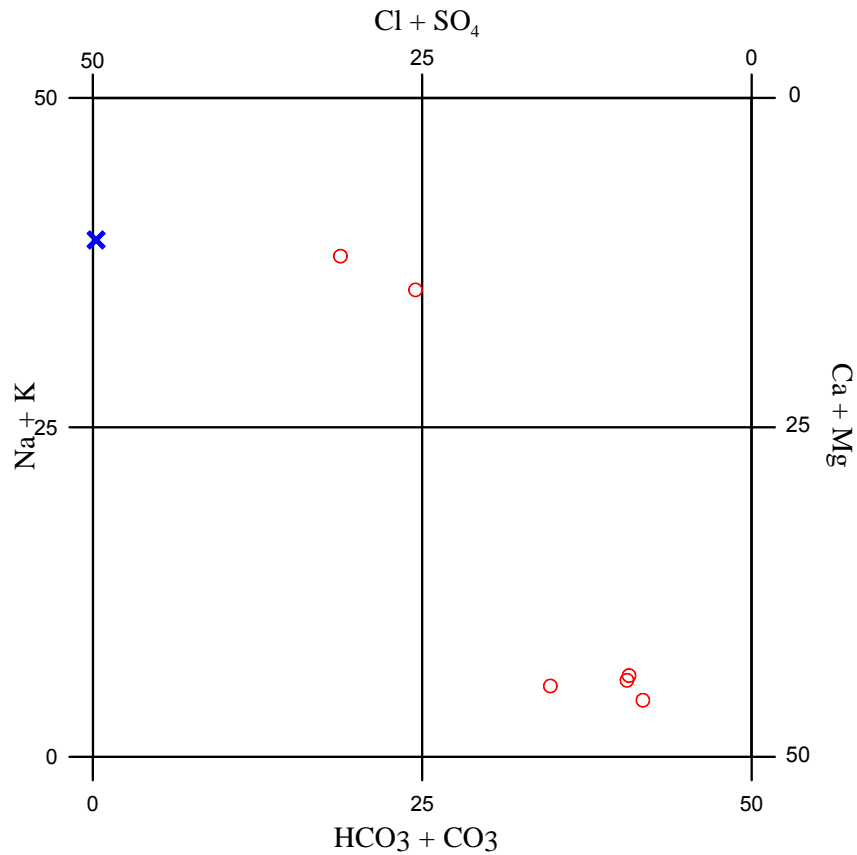
L'acquifero presenta permeabilità a luogo di tipo primario, ma localmente anche secondario, con valori medi che vanno da  $10^{-2}$  e  $10^{-4}$  cm/s. Lo spessore può variare da pochi metri fino a 250 m per i depositi vulcanici e fino a 400 m per i termini carbonatici. Il deflusso delle acque sotterranee si verifica prevalentemente verso Nord-Est, dando origine a manifestazioni idriche sottomarine.

#### ***Considerazioni sulla vulnerabilità***

La vulnerabilità di questo corpo idrico è elevata in assenza di protezione.

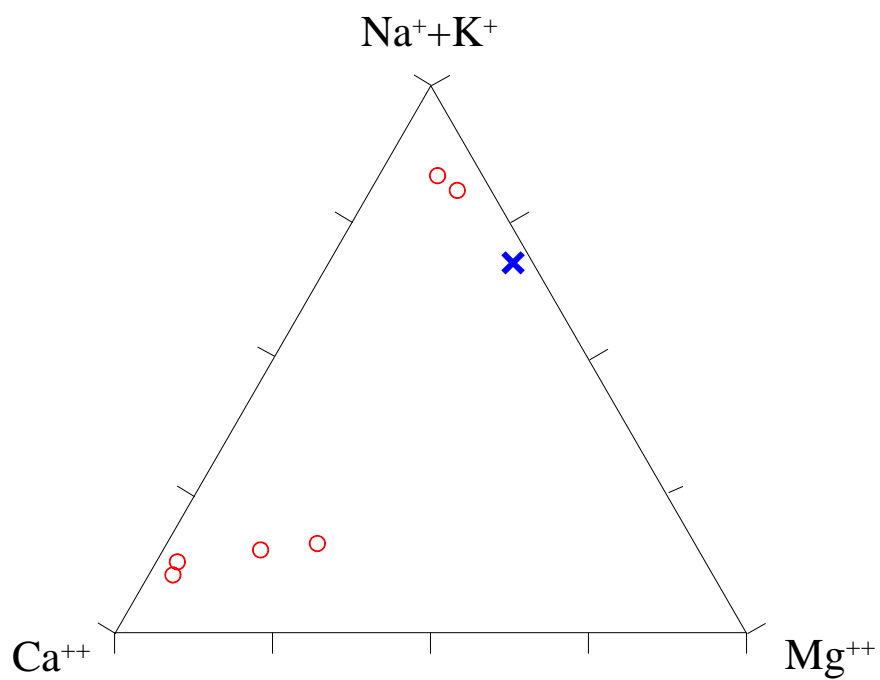
### *Caratterizzazione idrogeochimica*

Secondo il diagramma di Langelier-Ludwig le acque appartenenti a questo corpo idrico sono di tipo bicarbonato-alcalino terrose nelle aree topograficamente più elevate e di tipo clorurato-solfato-alcaline nelle aree prossime alla linea di costa.



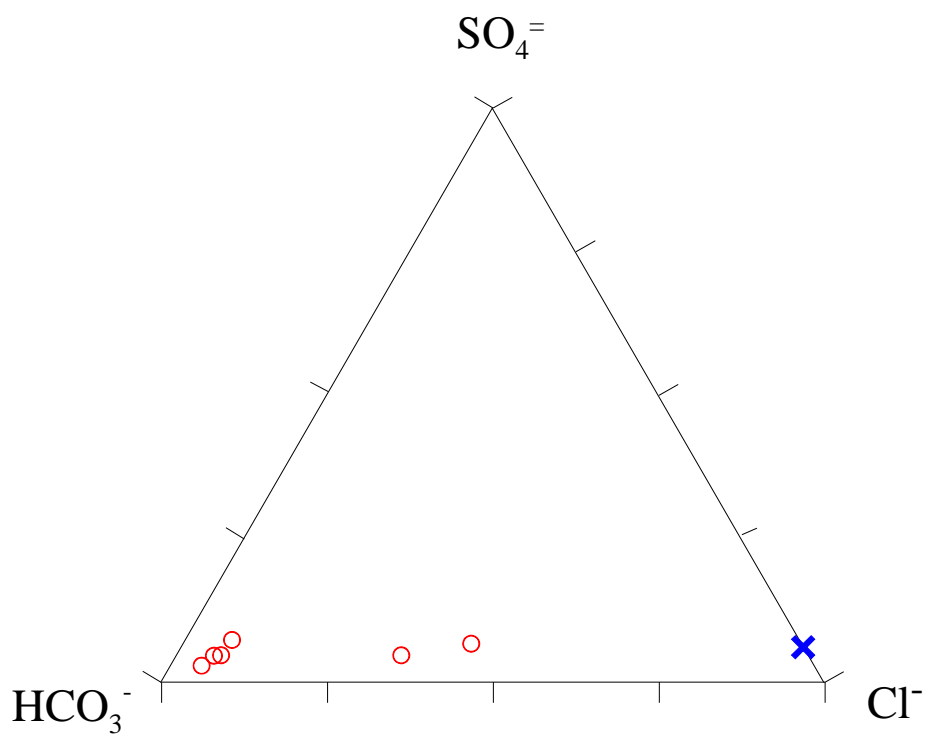
*Diagramma classificativo Langelier-Ludwig per il corpo idrico di Siracusano nord-orientale*

L'analisi dei costituenti maggiori attraverso i diagrammi ternari dei cationi, suggerisce che questa differenziazione geochimica è il risultato combinato della dissoluzione dei minerali carbonatici e della interazione con le vulcaniti.



*Diagramma ternario Ca-Mg-Na+K per il corpo idrico di Siracusano nord-orientale*

Dal diagramma degli anioni si osserva nei campioni prossimi alla costa un maggiore contenuto in cloruri in seguito ad un minimo apporto di acqua di mare.

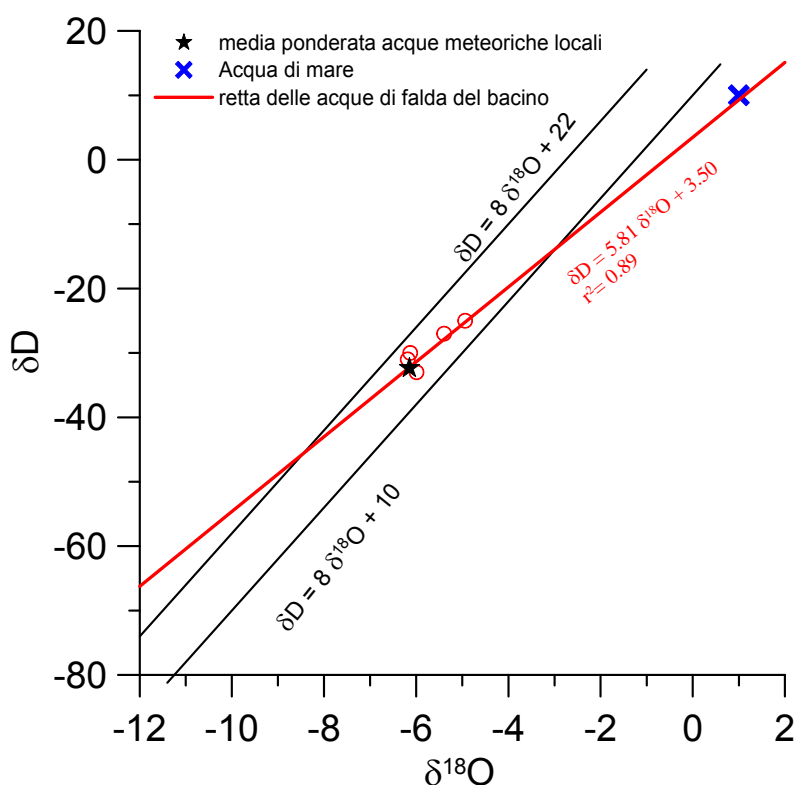


*Diagramma ternario Cl-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub> per il corpo idrico di Siracusano nord-orientale*

Questa ipotesi, comunque, è fortemente in antitesi con quanto visto nei due diagrammi precedenti. I rapporti composizionali Na/Cl suggeriscono che l'evoluzione idrogeochimica di queste acque riflette, oltre le reazioni di dissoluzione dei silicati primari (Olivina, Pirosseno e Plagioclasio) e dei minerali carbonatici (prevalentemente calcite), anche la presenza di un moderato scambio cationico. L'assetto geologico del corpo idrico è, infatti, rappresentato da una frequente alternanza di prodotti dell'attività vulcanica all'interno di una potente successione carbonatica.

### ***Caratteristiche isotopiche del corpo idrico***

Le caratteristiche isotopiche dei punti appartenenti al corpo idrico riflettono la differenziazione, anche se in minor misura, precedentemente osservata. E' indubbio



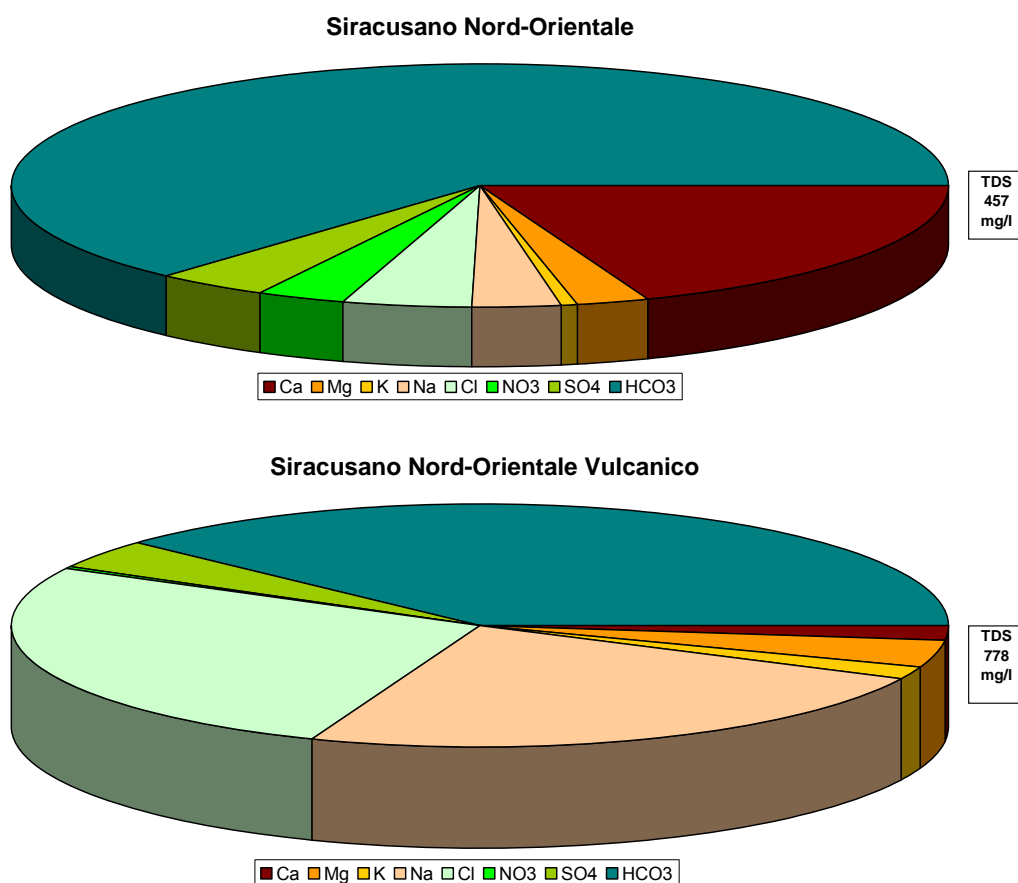
*Diagramma  $\delta D - \delta^{18}O$  (in ‰ rispetto a SMOW) delle acque del corpo idrico Siracusano nord-orientale*

che la componente principale è un'acqua di origine meteorica locale ma, anche se modesto, un apporto marino non può essere escluso. In questo caso non possiamo prendere in considerazione un'acqua marina tale e quale ma una chimicamente differenziata.

### **Qualità delle acque del corpo idrico**

Per quanto visto precedentemente dai vari diagrammi è stato ritenuto opportuno differenziare due diagrammi a torta relativi alle medie composizionali dei campioni “vulcanici” e non.

Nel primo si nota la prevalenza percentuale dello ione bicarbonato e calcio mentre nel secondo si vede un decremento di ione bicarbonato a vantaggio di cloruri e sodio. Anche la salinità risulta maggiore nel gruppo “vulcanico”



*Diagrammi a torta mostranti le composizioni percentuali delle specie ioniche dei costituenti maggiori presenti nel corpo idrico. E' stata aggiunta la percentuale dei nitrati allo scopo di avere una relazione visibile tra specie inorganiche e specie più direttamente correlabili alla qualità del corpo idrico. Lo spessore del diagramma è proporzionale alla salinità dell'acqua.*

Infine i nitrati risultano essere presenti soltanto nel primo gruppo facendo pensare che un apporto antropico è ristretto alla parte superiore del corpo idrico.

Bacino	Monti Iblei		
Corpo idrico	Siracusano nord-orientale		
Parametro	Espressione dei risultati	Valore	Valore di parametro
Temperatura	°C	17	12
pH		7.5	6,5<pH<8,5
Conducibilità	µS/cm	515	400
Cl	mg/l	20	25
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	17	25
Ca	mg/l	88	100
Mg	mg/l	12	30
Na	mg/l	14	20
K	mg/l	2	10
Al	µg/l	0.99	0.05
Mn	µg/l	0.10	50
Fe	µg/l	16.30	200
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	15	5
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	0.012	0.05

*Confronto tra la composizione chimica media del corpo idrico e i valori di parametro secondo il D.Lgs. n. 31/2001 All.1*

In ambedue i casi i valori dei parametri risultano al di sotto dei valori limite di parametro tranne il contenuto di ione ammonio nella parte più salina del corpo idrico che rende improbabile un suo apporto antropico.

Bacino	Monti Iblei		
Corpo idrico	Siracusano nord-orientale (vulcanico)		
Parametro	Espressione dei risultati	Valore	Valore di parametro
Temperatura	°C	23	12
pH		8.0	6,5<pH<8,5
Conducibilità	µS/cm	902	400
Cl	mg/l	211	25
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	31	25
Ca	mg/l	15	100
Mg	mg/l	27	30
Na	mg/l	183	20
K	mg/l	14	10
Al	µg/l	2.4	0.05
Mn	µg/l	0.8	50
Fe	µg/l	37.9	200
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	0.5	5
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	0.544	0.05

*Confronto tra la composizione chimica del Siracusano Nord Orientale vulcanico e i valori di parametro secondo il D.Lgs. n. 31/2001 All.1*



## Stato chimico del corpo idrico

Tra i macrodescrittori tenuti in considerazione per la classificazione qualitativa del corpo idrico, rientrano nei limiti previsti per la classe 1 manganese e ferro; la conducibilità, cloruri, solfati, ione ammonio e i nitrati rientrano in seconda classe. Le concentrazioni dei parametri addizionali (inquinanti inorganici) risultano al di sotto dei valori limite previsti dalla tabella 21 del D.Lgs. 152/99. Pertanto, al corpo idrico Sicusano nord-orientale viene attribuita la classe 2.

## Qualità delle acque a scopo irriguo

Le acque del corpo idrico Sicusano nord-orientale ricadono al limite dei quadranti C2-S1e C3-S1 cioè sono classificabili come acque a basso contenuto in sodio utilizzabili per l'irrigazione in tutti i tipi di suolo e acque a media-alta salinità che possono essere utilizzate se esiste un buon drenaggio del suolo.

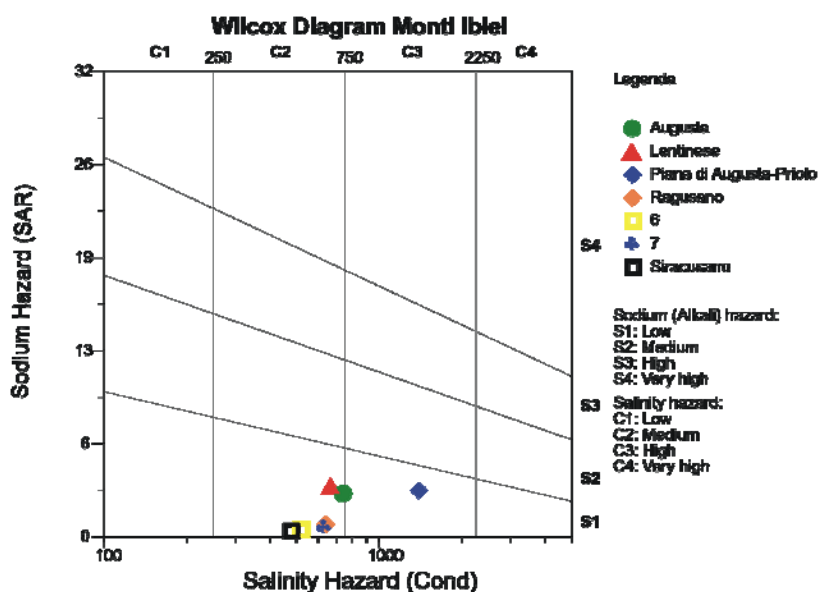


Diagramma per la classificazione delle acque a scopo irriguo

**CORPO IDRICO SOTTERRANEO  
LENTINESE (R19IBCS02)**

## **b) Caratteristiche geografiche, geologiche, idrogeologiche.**

### **Localizzazione geografica e morfologia del corpo idrico**

#### *Localizzazione geografica*

Si estende in affioramento da Monte Lauro a Scordia, e da Monte Lauro a Punta Castelluccio. I centri abitati più importanti sono rappresentati da Lentini, Palagonia, Scordia e Francofonte. L'acquifero vulcanico plio-pleistocenico interessa la maggior parte del bacino anche al di sotto delle coperture alluvionale ed argillosa.

#### *Considerazioni geomorfologiche*

Il corpo idrico degrada progressivamente da Monte Lauro fino alla zona della piana di Lentini-Scordia presentandosi con forme piuttosto addolcite e con incisioni non molto marcate.

#### *Aspetti geologici*

Il corpo idrico è costituito da prodotti dell'attività vulcanica, subaerea e subacquea verificatasi nel Pliocene e nel Pleistocene inferiore.

### **Caratteristiche idrogeologiche e idrochimiche**

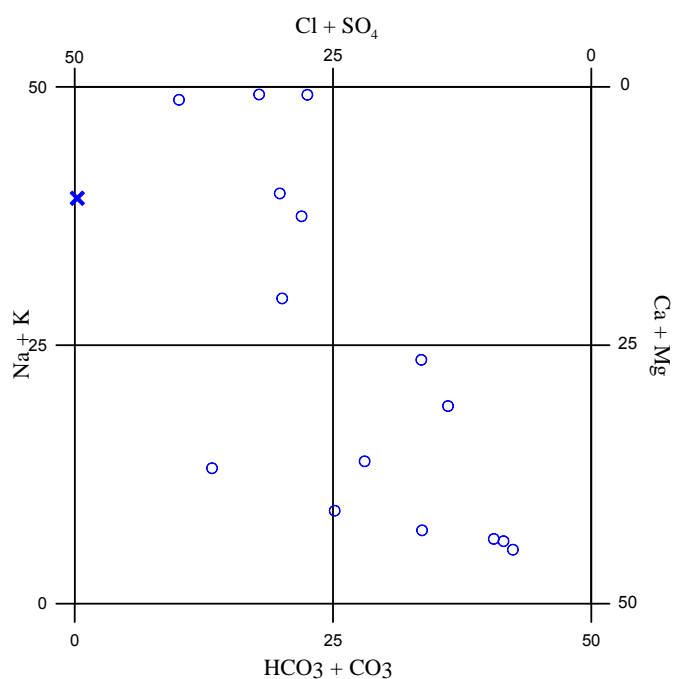
L'acquifero presenta permeabilità essenzialmente di tipo secondario, ma localmente anche primario. Mediamente si può considerare tra  $10^{-2}$  e  $10^{-4}$  cm/s. Lo spessore può variare da pochi metri fino a 250 m e oltre. Spesso non è sempre distinguibile la falda contenuta nelle vulcaniti da quella contenuta nel sottostante o laterale acquifero carbonatico, in quanto esiste una certa continuità idraulica. Il deflusso delle acque sotterranee del suddetto acquifero, nell'ambito del bacino del Lentinese, si manifesta con un trend direzionale verso Nord-Est. Ad Est è limitato da un alto strutturale con direzione NE-SO.

#### *Considerazioni sulla vulnerabilità*

La vulnerabilità di questo corpo idrico è elevata in assenza di protezione.

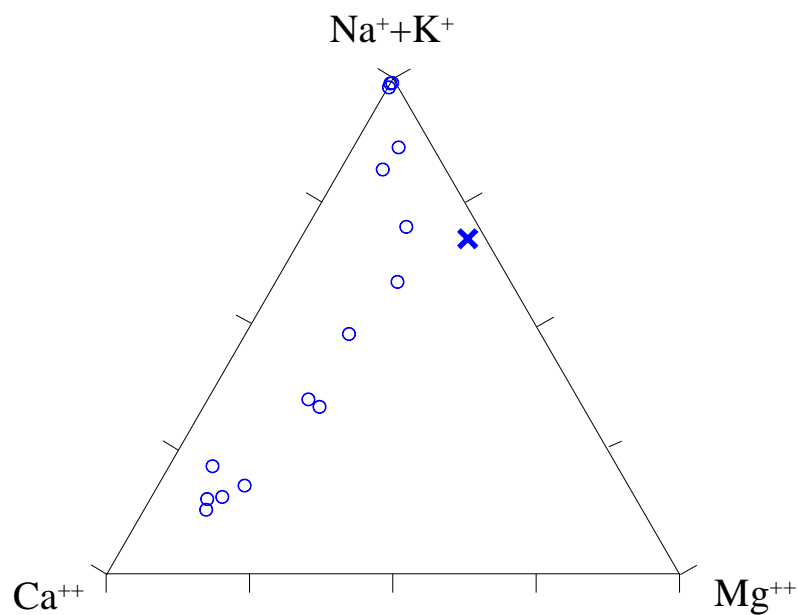
### ***Caratterizzazione idrogeochimica***

Le acque appartenenti a questo corpo idrico mostrano un'ampia variabilità composizionale sia nei costituenti maggiori che in quelli minori evidenziando una evoluzione dalle aree di Monte Lauro alle zone della Piana di Lentini. Dal punto di vista classificativo le acque appartengono al tipo bicarbonato-alkalino terroso con una marcata evoluzione a clorurato-solfato-alkalino ed, in subordine a clorurato-solfato-alkalino terroso.



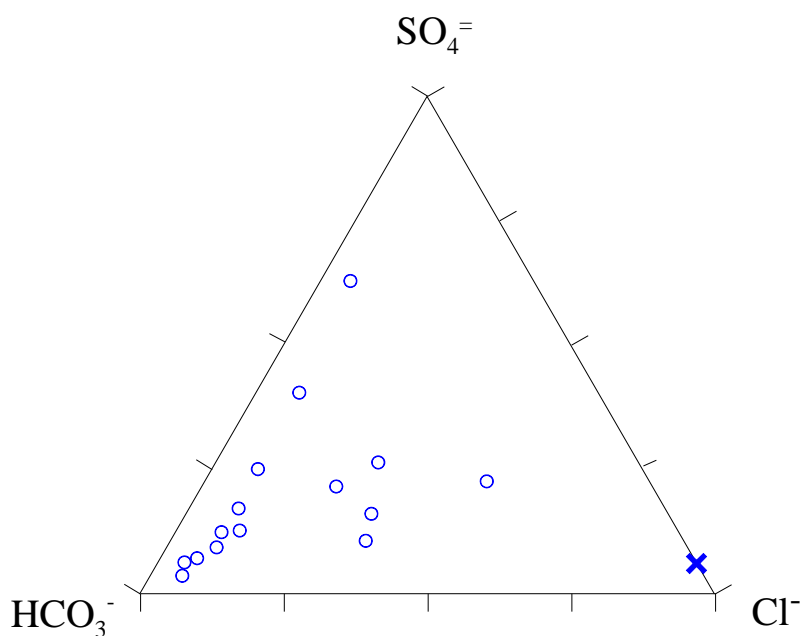
*Diagramma classificativo Langelier-Ludwig per il corpo idrico Lentinese*

Per quanto riguarda i cationi, si ha un progressivo arricchimento in elementi alcalini (Na e K)



*Diagramma ternario Ca-Mg-Na+K per il corpo idrico Lentinese*

Questo potrebbe essere il risultato di una spinta interazione con le rocce di natura basaltica che costituiscono in prevalenza il corpo idrico in esame.



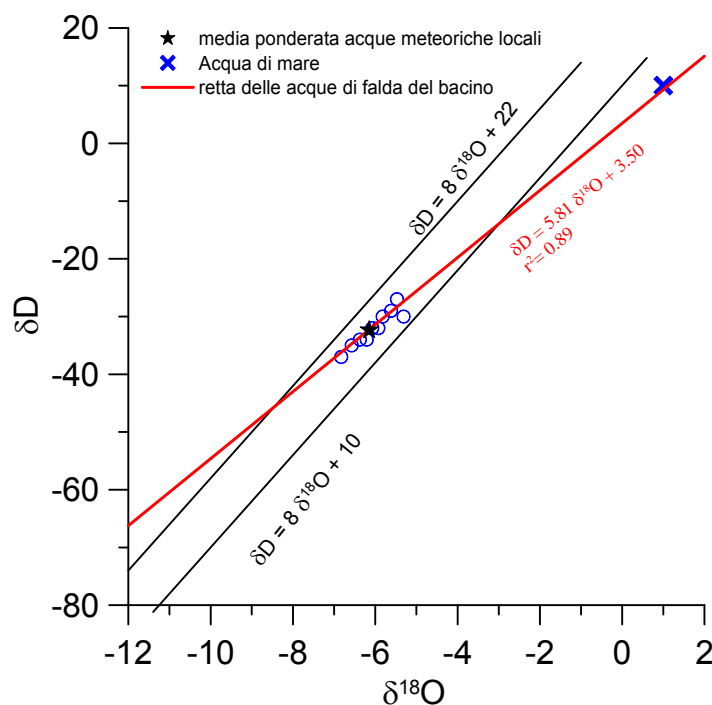
*Diagramma ternario Cl-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub> per il corpo idrico Lentinese*

Come si può osservare dai diagrammi ternari degli anioni, le modificazioni del chimismo sono prevalentemente attribuibili ad un arricchimento relativo nel contenuto in solfati e cloruri. Anche in questo caso, i processi che stanno alla base di questa diversificazione sono differenziati.

L'evoluzione idrogeochimica potrebbe essere, quindi, il risultato di 4 processi: (1) reazioni di dissoluzione dei silicati primari (Olivina, Pirosseno e Plagioclasio), (2) scambio cationico; (3) precipitazione di minerali carbonatici (calcite e dolomite) e (4) formazione di minerali secondari dalla dissoluzione dei basalti.

### ***Caratteristiche isotopiche del corpo idrico***

Le acque del corpo idrico sono abbastanza omogenee e vicine alla composizione delle acque meteoriche locali anche se alcuni punti, a composizione leggermente più negativa, fanno ritenere che vi sia un leggero apporto di acque da quote leggermente più elevate mentre i valori più positivi fanno pensare a processi evaporativi superficiali.



*Diagramma  $\delta D - \delta^{18}O$  (in ‰ rispetto a SMOW) delle acque del corpo idrico Lentinese*

### Qualità delle acque del corpo idrico

Il diagramma a torta è relativo alla composizione chimica media del corpo idrico.

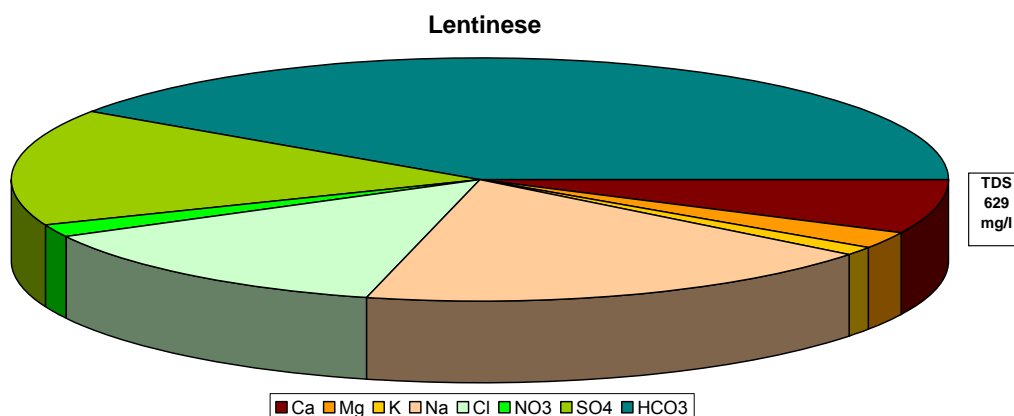


Diagramma a torta mostrante le composizioni percentuali delle specie ioniche dei costituenti maggiori presenti nel corpo idrico. E' stata aggiunta la percentuale dei nitrati allo scopo di avere una relazione visibile tra specie inorganiche e specie più direttamente correlabili alla qualità del corpo idrico. Lo spessore del diagramma è proporzionale alla salinità dell'acqua.

Esso presenta una salinità medio-bassa ed evidenzia inoltre il ruolo del sodio e subordinatamente del cloruro nella determinazione dei processi chimici interessati in accordo a quanto detto precedentemente.

Bacino	Monti Iblei		
Corpo idrico	Lentinese		
Parametro	Espressione dei risultati	Valore	Valore di parametro
Temperatura	°C	22	12
pH		7.9	6,5<pH<8,5
Conducibilità	µS/cm	744	400
Cl	mg/l	84	25
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	97	25
Ca	mg/l	45	100
Mg	mg/l	15	30
Na	mg/l	116	20
K	mg/l	6	10
Al	µg/l	2.12	0.05
Mn	µg/l	2.36	50
Fe	µg/l	15.5	200
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	10	5
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	0.100	0.05

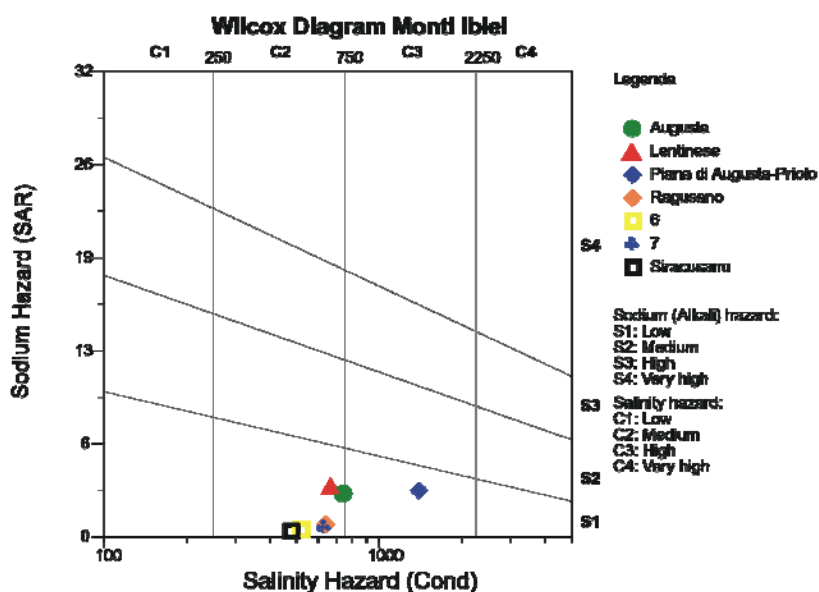
Confronto tra la composizione chimica media del corpo idrico e i valori di parametro secondo il D.Lgs. n. 31/2001 All.1 .

### ***Stato chimico del corpo idrico***

Tra i macrodescrittori tenuti in considerazione per la classificazione qualitativa del corpo idrico, rientrano nei limiti previsti per la classe 1 manganese, ferro; conducibilità, cloruri, solfati, nitrati e lo ione ammonio rientrano in classe 2. Tra i parametri addizionali (inquinanti inorganici) nessuno risultano al di sopra dei valori limite previsti dalla tabella 21 del D. Lgs. 152/99. Pertanto, al corpo idrico Lentinese viene attribuita la classe 2.

### ***Qualità delle acque a scopo irriguo***

Le acque del corpo idrico Lentinese ricadono nel quadrante C2-S1, cioè sono classificabili come acque a basso contenuto in sodio utilizzabili per l'irrigazione in tutti i tipi di suolo e acque a media salinità che possono essere utilizzate se esiste un moderato drenaggio del suolo.



*Diagramma per la classificazione delle acque a scopo irriguo*



**CORPO IDRICO SOTTERRANEO  
RAGUSANO (R19IBCS03)**

## **b) Caratteristiche geografiche, geologiche, idrogeologiche.**

### **Localizzazione geografica e morfologia del corpo idrico**

#### ***Localizzazione geografica***

Il corpo idrico carbonatico terziario occupa il settore più occidentale dell'altipiano Ibleo. E' delimitato dal Fiume Tellaro ad Est, mentre ad Ovest il limite diviene indefinito per effetto della presenza delle sovrastanti coltri plio-quadernarie. Al di sotto di tali coperture il corpo idrico costituisce l'acquifero profondo prevalentemente confinato dalle marne della formazione Tellaro, localmente in connessione idraulica con il soprastante acquifero quadernario per effetto di strutture tettoniche. I maggiori centri abitati sono Chiaramonte Gulfi, Comiso e S. Croce Camerina, Ragusa, Giarratana, Modica, Scicli, Pozzallo, Ispica, Rosolini e Pachino.

#### ***Considerazioni geomorfologiche***

Morfologicamente il corpo idrico è costituito da un blocco degradante verso Ovest e Sud-Ovest che si raccorda con la piana di Comiso-Vittoria con una serie di strutture ribassate per faglia.

Dal punto di vista geomorfologico, i terreni appartenenti al complesso carbonatico delle aree di transizione risultano profondamente incisi in corrispondenza di strutture tettoniche orientate NS e NE-SO. Le anzidette strutture sono altresì responsabili dello sprofondamento della piattaforma carbonatica al di sotto delle coperture plio-quadernarie della piana di Comiso-Vittoria.

I terreni risultano profondamente incisi in corrispondenza dei corsi d'acqua del Fiume Irmínio, della fiumara di Modica, del Fiume Tellaro e della Cava d'Ispica.

#### ***Aspetti geologici***

Il corpo idrico è costituito (dal basso verso l'alto) da:

1. Calcilutiti marnose contenenti lenti di selce bruna in strati da 10 a 30 cm per uno spessore di circa 35-40 m appartenenti alla Formazione Amerillo dell'Eocene medio;
2. Alternanza di calcisiltiti, marne e calcari marnosi per uno spessore di circa 100 m appartenenti al membro Leonardo della Formazione Ragusa dell'Oligocene superiore;
3. Segue una successione carbonatica, appartenente al Membro Irmínio della Formazione Ragusa, costituita inferiormente da calcareniti e calciruditi in banchi

talvolta fino a 10 m separati da sottili livelli sabbioso-marnosi per uno spessore massimo in affioramento di circa 75 m (Aquitaniense-Burdigaliano inferiore); da una parte mediana comprendente strati di calcareniti grigiastre alternate a strati di calcari marnosi con spessori di 30-60 cm (Burdigaliano superiore – Langhiano inferiore) e una parte superiore costituita da marne biancastre alternate a strati calcaeo-marnosi del Langhiano.

### ***Morfologia del corpo idrico***

Il corpo idrico presenta una struttura profondamente incisa in superficie e dissecata da sistemi di faglie con andamento NNE-SSO.

Il substrato impermeabile dell'acquifero è costituito dalle argille e marne della Formazione Hybla del Cretaceo. Ad oriente dell'allineamento Ispica-Rosolini i calcari sprofondano al di sotto della copertura marnosa della Formazione Tellaro fino a profondità del tetto sui 300-400 m.

### **Caratteristiche idrogeologiche idrochimiche**

#### ***Regime della falda e flussi sotterranei***

L'acquifero, che ha sede nei suddetti terreni, presenta una permeabilità primaria intorno a  $10^{-4}$  cm/s e una permeabilità secondaria da media ad alta dovuta alla fratturazione e ai fenomeni carsici originatisi nella su descritta serie calcarea.

L'andamento delle piezometriche indica che la direzione preferenziale del flusso delle acque sotterranee è verso Ovest nella parte settentrionale e centrale, verso SE nella porzione sommitale del bacino, mentre nella parte centrale e meridionale le acque sotterranee si muovono in direzione SW seguendo il corso del Fiume Irminio. Lungo la fascia di transizione dai litotipi carbonatici terziari ai terreni quaternari della piana emergono alcune sorgenti per effetto di soglia sovrimposta. Fra queste la sorgente Cifali e Passolatello con portate medie sui 30 l/s.

Sono note numerose manifestazioni sorgentizie a mare, in prossimità della costa da Caucana a Donnalucata e Sampieri.

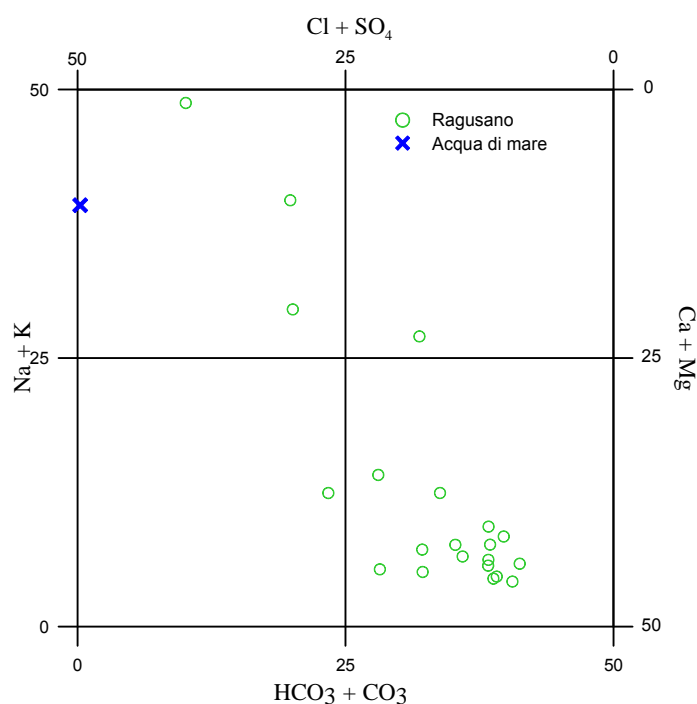
La ricarica dell'acquifero avviene direttamente attraverso le piogge efficaci, mentre nel settore della piana Ispica-Rosolini, l'alimentazione dell'acquifero confinato dalle coperture marnose della Formazione Tellaro, avviene indirettamente dalle infiltrazioni provenienti dai settori settentrionali affioranti.

### ***Considerazioni sulla vulnerabilità***

La vulnerabilità di questo corpo idrico è elevata per effetto della diffusa fratturazione e dei fenomeni di carsificazione nelle aree di transizione alla piana Comiso-Vittoria. Di contro, al di sotto delle coperture plio-quadernarie della piana la vulnerabilità si mantiene bassa.

### *Caratterizzazione idrogeochimica*

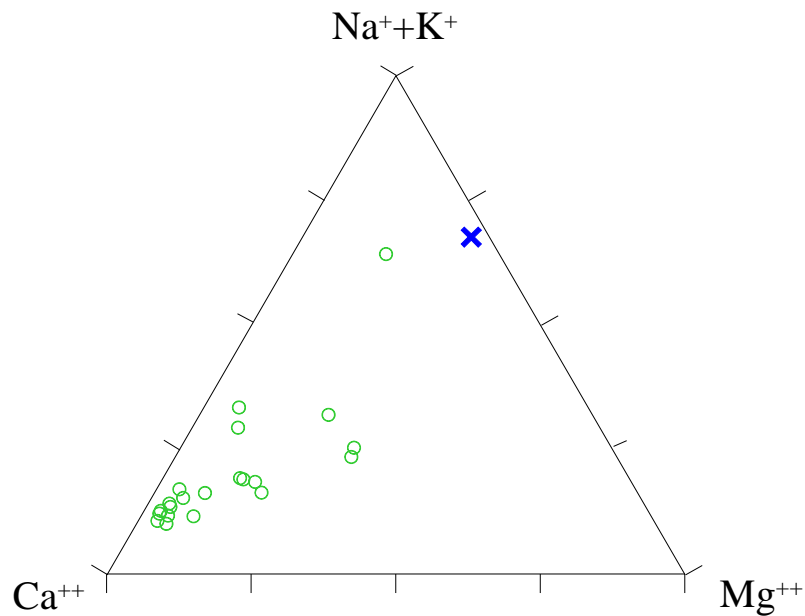
Le acque di questo corpo idrico ricadono, nel diagramma di Langelier-Ludwig, prevalentemente nel campo delle acque bicarbonato-alcalino terrose. All'interno di questo gruppo si nota un'evoluzione verso il campo delle acque clorurato-solfato-alcaline ad eccezione di due punti che ricadono nei campi delle acque bicarbonato-alcaline (campione Carnemolla) e clorurato-solfato-alcalino terrose (campione P8).



*Diagramma classificativo Langelier-Ludwig per il corpo idrico Ragusano*

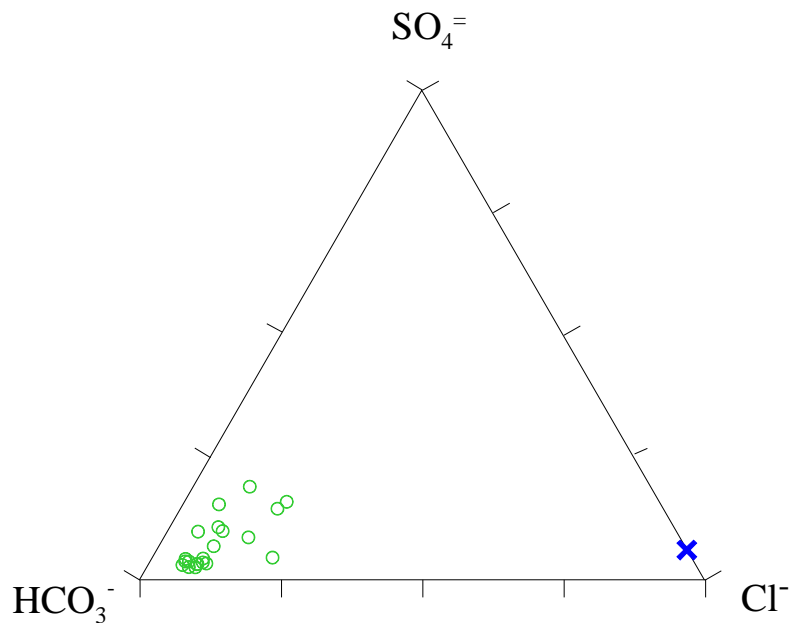
Dall'osservazione dei diagrammi triangolari degli anioni e cationi si osserva che gli ioni in maggior misura presenti in soluzione sono calcio e bicarbonato. Nel triangolare dei cationi si nota un trend verso il punto rappresentativo dell'acqua di mare. Alcuni campioni, inoltre, mostrano rapporti Ca/Mg prossimi all'unità con contenuti in elementi alcalini variabili. Il carico salino di queste acque quindi deriva principalmente dalla dissoluzione di rocce carbonatiche sia di natura calcarea che dolomitica.

Il campione Carnemolla (acqua di tipo bicarbonato-alcalina) mostra un chimismo di tipo bicarbonato-alcalino terroso a causa di apporti di sodio non direttamente riconducibili ad acqua di mare poichè il rapporto Na/Cl risulta essere diverso. Il maggior contributo di sodio probabilmente deriva dallo scambio cationico con litologie argillose.



*Diagramma ternario Ca-Mg-Na+K per il corpo idrico Ragusano*

Nel diagramma anionico si nota un leggero aumento di ione solfato che, anche in questo caso, non sembra essere in relazione con l'acqua di mare. Una sua possibile origine potrebbe essere legata all'uso di fertilizzanti chimici (come ad esempio solfato di ammonio).



*Diagramma ternario Cl-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub> per il corpo idrico Ragusano*

### **Caratteristiche isotopiche del corpo idrico**

Le acque risultano, dal punto di vista isotopico, discretamente omogenee anche se i valori più positivi mostrano una maggiore variabilità. La maggior parte dei campioni

è, comunque, prossima al punto rappresentativo delle acque meteoriche locali presupponendo quindi circuiti non particolarmente profondi.

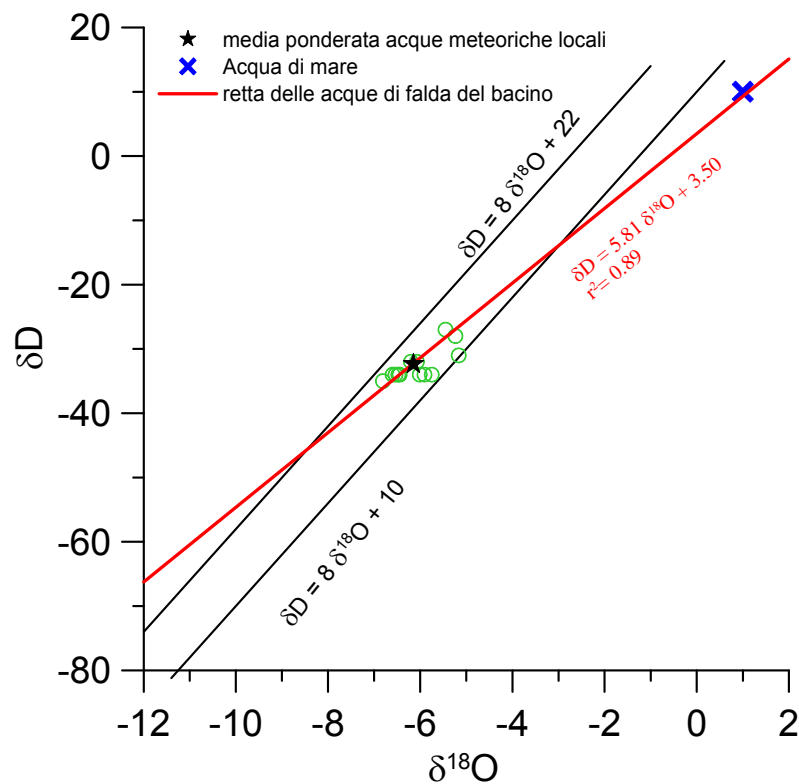
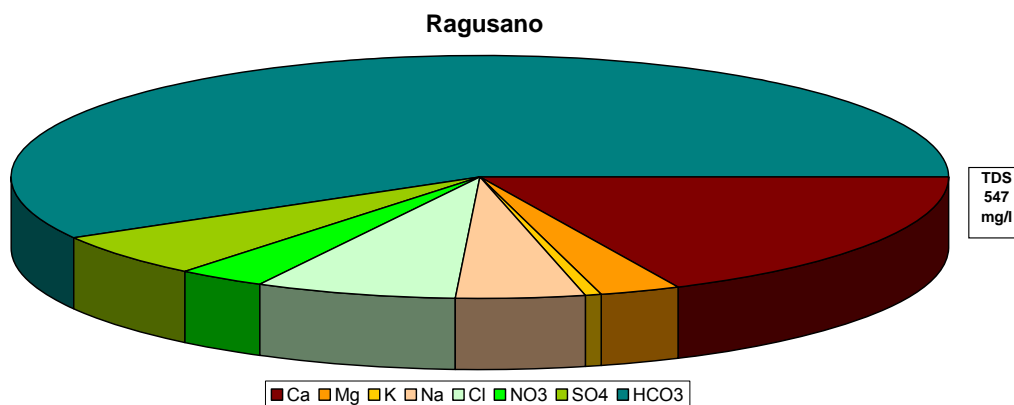


Diagramma  $\delta D - \delta^{18}O$  (in ‰ rispetto a SMOW) delle acque del corpo idrico Ragusano

### Qualità delle acque del corpo idrico

I diagrammi a torta sono relativi alla composizione chimica media del corpo idrico. La salinità e la concentrazione delle altre specie riflettono quanto detto in precedenza con l'ulteriore informazione che il tenore di nitrati, pur non superando i valori di parametro, risulta moderatamente alto.



*Diagramma a torta mostrante le composizioni percentuali delle specie ioniche dei costituenti maggiori presenti nel corpo idrico. E' stata aggiunta la percentuale dei nitrati allo scopo di avere una relazione visibile tra specie inorganiche e specie più direttamente correlabili alla qualità del corpo idrico. Lo spessore del diagramma è proporzionale alla salinità dell'acqua.*

Bacino	Monti Iblei		
Corpo idrico	Ragusano		
Parametro	Espressione dei risultati	Valore	Valore di parametro
Temperatura	°C	19	12
pH		7.2	6,5<pH<8,5
Conducibilità	µS/cm	587	400
Cl	mg/l	38	25
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	32	25
Ca	mg/l	99	100
Mg	mg/l	15	30
Na	mg/l	25	20
K	mg/l	3	10
Al	µg/l	0.6	0.05
Mn	µg/l	2.2	50
Fe	µg/l	25.0	200
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	17.1	5
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	0.039	0.05

*Confronto tra la composizione chimica media del corpo idrico e i valori di parametro secondo il D.Lgs. n. 31/2001 All.1.*

### Stato chimico del corpo idrico

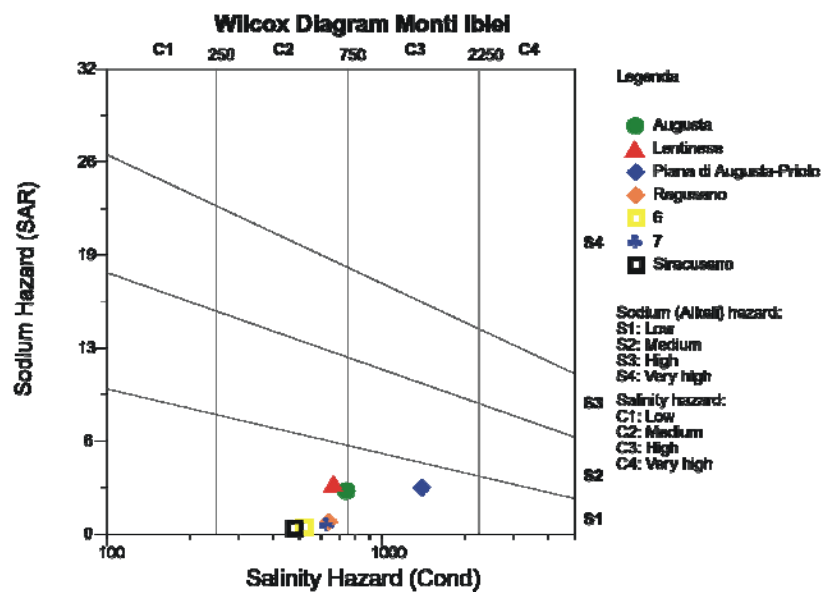
Tra i macrodescrittori tenuti in considerazione per la classificazione qualitativa del corpo idrico, rientrano nei limiti previsti per la classe 1 manganese, ferro e lo ione ammonio; conducibilità, cloruri, solfati e nitrati rientrano in classe 2. Tra i parametri addizionali (inquinanti inorganici) nessuno risulta al di sopra dei valori limite previsti



dalla tabella 21 del D.lgs. 152/99. Pertanto, al corpo idrico Ragusano viene attribuita la classe 2.

### Qualità delle acque a scopo irriguo

Le acque del corpo idrico Ragusano ricadono nel quadrante C2-S1, cioè sono classificabili come acque a basso contenuto in sodio utilizzabili per l'irrigazione in tutti i tipi di suolo e acque a media salinità che possono essere utilizzate se esiste un moderato drenaggio del suolo.



*Diagramma per la classificazione delle acque a scopo irriguo*

**CORPO IDRICO SOTTERRANEO  
SIRACUSANO MERIDIONALE  
(R19IBCS04)**

## **b) Caratteristiche geografiche, geologiche, idrogeologiche**

### **Localizzazione geografica e morfologia del corpo idrico**

#### ***Localizzazione geografica***

L'acquifero carbonatico interessa la maggior parte della Provincia di Siracusa con esclusione della porzione settentrionale, i cui maggiori centri abitati sono: Noto, Avola e Palazzolo Acreide.

#### ***Considerazioni geomorfologiche***

Morfologicamente il corpo idrico è costituito da una serie di blocchi a horst e graben che vanno a degradare verso Sud-Est nel settore più orientale dell'area. Allo stesso modo il tavolato carbonatico si presenta interessato da profonde incisioni quali il Fiume Anapo–Cassibile– Cavadonna degradanti verso la piana di Siracusa.

#### ***Aspetti geologici***

L'acquifero è costituito da una successione di depositi carbonatici, calcareo-calcarenitici, di età dal Cretaceo superiore al Tortoniano.

#### ***Morfologia del corpo idrico***

L'acquifero, che ha sede nei suddetti terreni, presenta una permeabilità primaria intorno a  $10^{-4}$  cm/s e una permeabilità secondaria da media ad alta dovuta alla fratturazione e ai fenomeni carsici originatisi nella su descritta serie calcarea.

Il substrato dell'acquifero è costituito in alcune zone ad est, da vulcaniti cretacee fortemente alterate, mentre nella maggior parte del territorio al di sotto dei calcari seguitano altre formazioni carbonatiche più antiche in continuità idraulica.

### **Caratteristiche idrogeologiche e idrochimiche**

Il deflusso delle acque sotterranee nel suddetto corpo idrico avviene con direzione generale da ovest a est, mentre in corrispondenza delle profonde incisioni vallive (Anapo, Cassibile, ecc.) si manifestano situazioni di alimentazione della falda da parte dei corsi d'acqua per gli abbassamenti piezometrici dovuti al notevole sfruttamento attraverso pozzi trivellati.

L'alimentazione avviene direttamente attraverso le piogge efficaci per infiltrazione nella rete di fratture che dissecano il substrato carbonatico. L'acquifero si presenta in

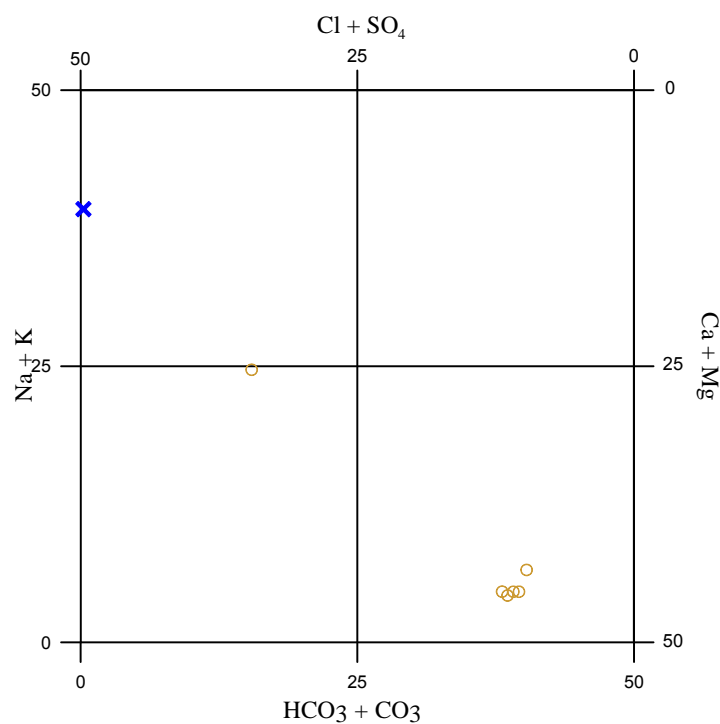
condizioni di deflusso sia libero che confinato in relazione alle locali e particolari condizioni di fratturazione.

***Considerazioni sulla vulnerabilità***

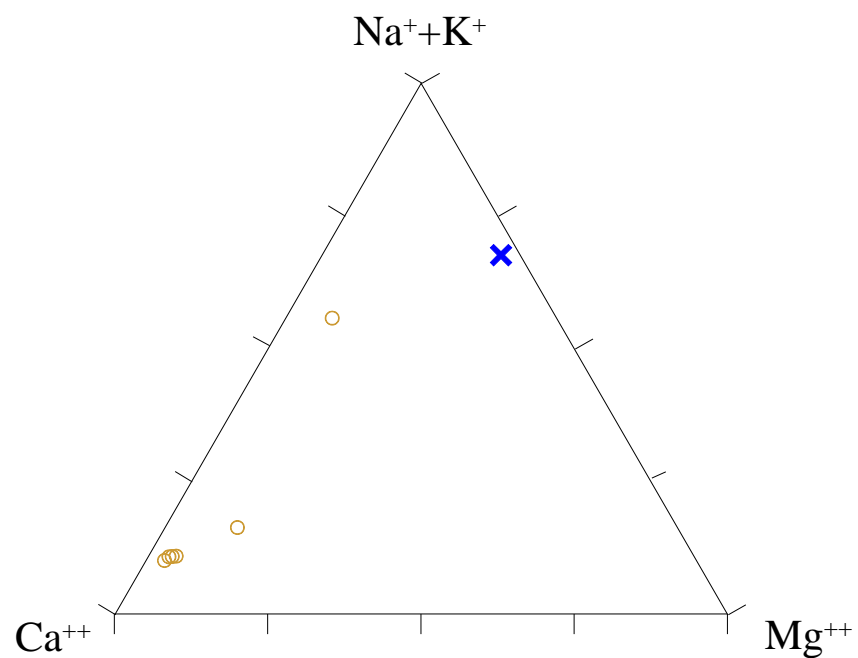
La vulnerabilità di questo corpo idrico è alta per effetto della diffusa fratturazione e carsificazione che interessano gli strati carbonatici.

### *Caratterizzazione idrogeochimica*

Dal punto di vista chimico le acque sono classificabili secondo il diagramma di Langelier-Ludwig come acque bicarbonato-alcantino terrose, ad eccezione del campione Interno 4 che è di transizione tra le clorurato-solfato alcalino-terrose e le clorurato alcaline. Questo campione si differenzia dagli altri dello stesso corpo idrico per un maggiore contenuto in sodio e cloruri, probabilmente legato ad un modesto apporto di acqua di mare.

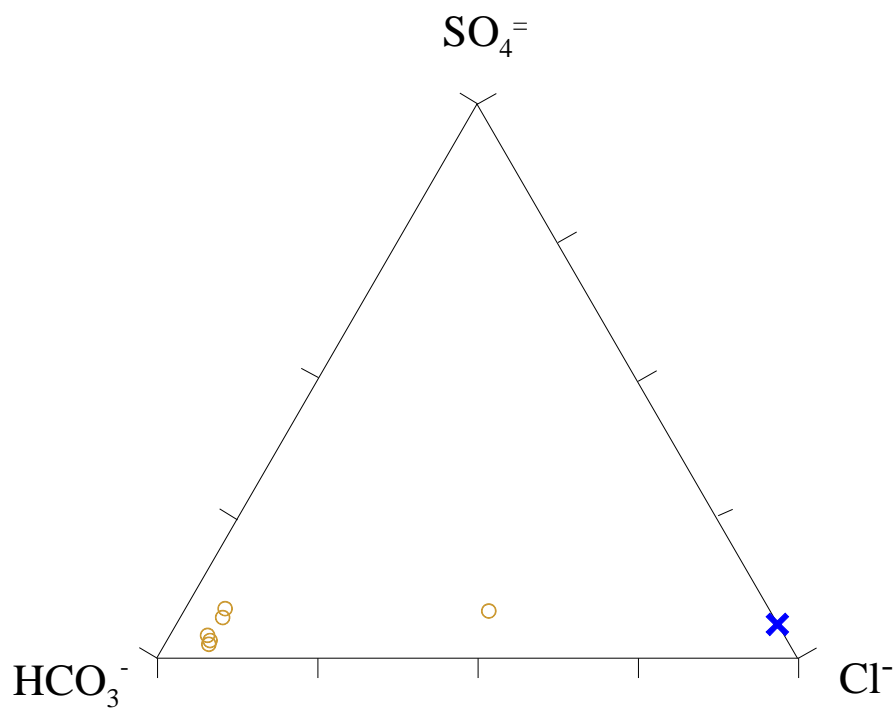


*Diagramma classificativo Langelier-Ludwig per il corpo idrico del Siracusano meridionale*



*Diagramma ternario Ca-Mg-Na+K per il corpo idrico del Siracusano meridionale*

Nei diagrammi ternari è evidente che l'anione più abbondante è lo ione bicarbonato ed il catione più abbondante è lo ione calcio con contenuti di magnesio molto bassi.

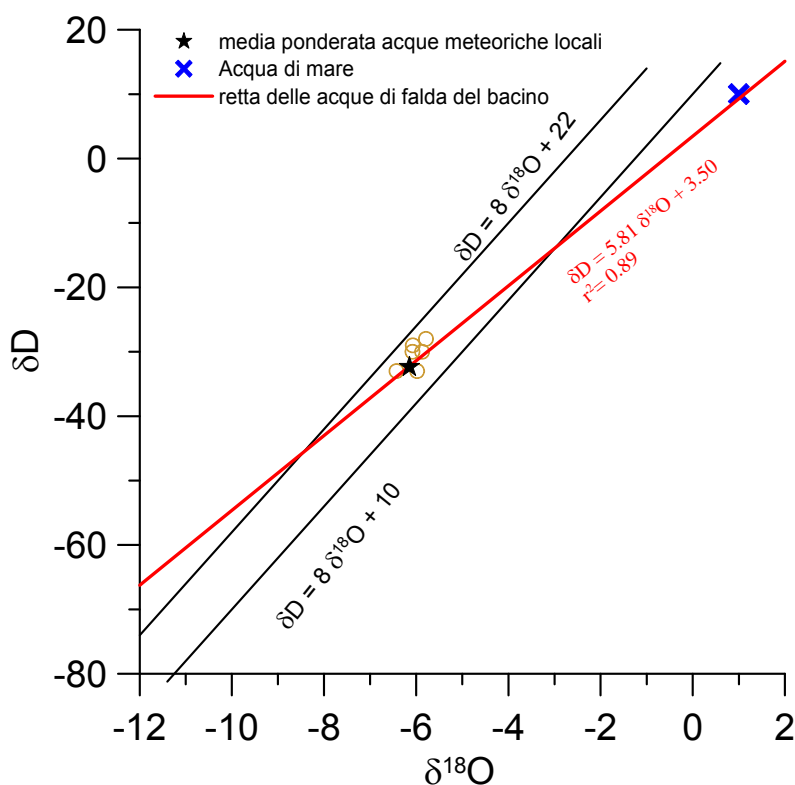


*Diagramma ternario Cl-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub> per il corpo idrico del Siracusano meridionale*

Ciò indica che i principali processi di mineralizzazione delle acque afferenti a questo corpo idrico sono riconducibili alla dissoluzione di minerali carbonatici prevalentemente calcite, più o meno magnesiaca. Lo spostamento del punto Interno 4 verso la composizione dell'acqua di mare sostanzialmente conferma quanto visto nel diagramma di Langelier-Ludwig.

### ***Caratteristiche isotopiche del corpo idrico***

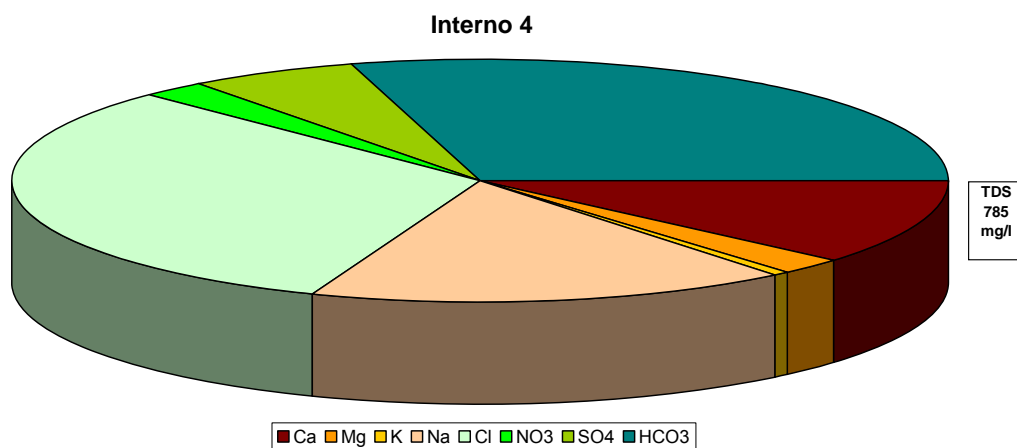
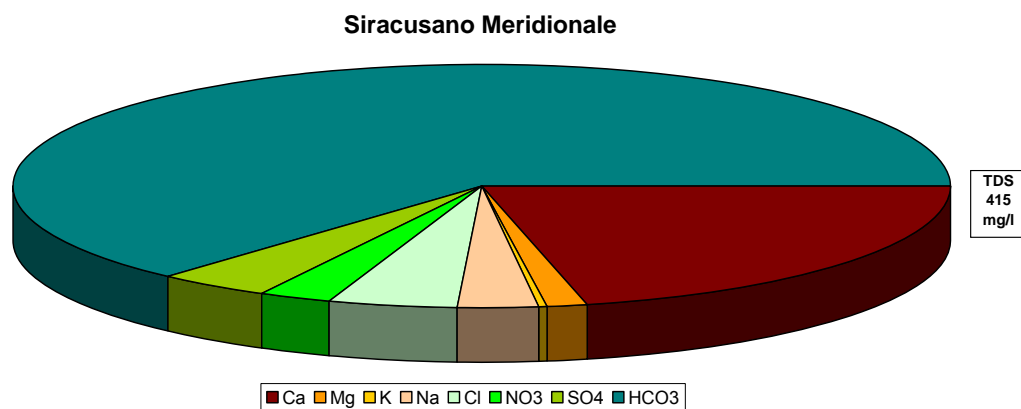
La posizione dei punti relativi a questo corpo idrico mette in evidenza che la composizione isotopica dell'acqua è abbastanza omogenea e simile a quella del punto rappresentativo dell'acqua meteorica locale. Il fatto che nessun punto si allontani in maniera evidente da questo valore dimostra che il contributo di acqua marina deve essere stato abbastanza modesto, tale da non inficiare la composizione isotopica originale.



*Diagramma  $\delta D$ - $\delta^{18}O$  (in ‰ rispetto a SMOW) delle acque del corpo idrico del Siracusano meridionale*

## Qualità delle acque del corpo idrico

I diagrammi a torta sono relativi alla composizione chimica media del corpo idrico ed alla composizione del punto Interno 4 che non è stato incluso nel calcolo della media.



*Diagrammi a torta mostranti le composizioni percentuali delle specie ioniche dei costituenti maggiori presenti nel corpo idrico. E' stata aggiunta la percentuale dei nitrati allo scopo di avere una relazione visibile tra specie inorganiche e specie più direttamente correlabili alla qualità del corpo idrico. Lo spessore del diagramma è proporzionale alla salinità dell'acqua.*



Bacino	Monti Iblei		
Corpo idrico	Siracusano meridionale		
Parametro	Espressione dei risultati	Valore	Valore di parametro
Temperatura	°C	16	12
pH		7.3	6,5<pH<8,5
Conducibilità	µS/cm	477	400
Cl	mg/l	19	25
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	mg/l	16	25
Ca	mg/l	89	100
Mg	mg/l	6	30
Na	mg/l	12	20
K	mg/l	1	10
Al	µg/l	1.1	0.05
Mn	µg/l	<0,1	50
Fe	µg/l	13.3	200
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	10.4	5
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	0.014	0.05

*Confronto tra la composizione chimica media del corpo idrico e i valori di parametro secondo il D.Lgs. n. 31/2001 All.1*

Bacino	Monti Iblei		
Corpo idrico	Siracusano nord-orientale		
Campione	Interno 4		
Parametro	Espressione dei risultati	Valore	Valore di parametro
Temperatura	°C	18	12
pH		7.6	6,5<pH<8,5
Conducibilità	µS/cm	1014	400
Cl	mg/l	249	25
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	mg/l	44	25
Ca	mg/l	89	100
Mg	mg/l	19	30
Na	mg/l	130	20
K	mg/l	5	10
Al	µg/l	1.1	0.05
Mn	µg/l	0.3	50
Fe	µg/l	26.1	200
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	17	5
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	0.003	0.05

*Confronto tra la composizione chimica del campione Interno 4 e i valori di parametro secondo il D.Lgs. n. 31/2001 All.1.*

## Stato chimico del corpo idrico

Quasi tutti i macrodescrittori, tenuti in considerazione per la classificazione qualitativa del corpo idrico, rientrano nei limiti previsti per la classe 1 ad esclusione della conducibilità elettrica e dei nitrati che rientrano in seconda classe. Le concentrazioni dei parametri addizionali (inquinanti inorganici) risultano al di sotto dei valori limite previsti dalla tabella 21 del D.Lgs. 152/99. Pertanto, al corpo idrico Siracusano Meridionale viene attribuita la classe 2.

## Qualità delle acque a scopo irriguo

Le acque del corpo idrico del Siracusano ricadono nel quadrante C2-S1, cioè sono classificabili come acque a basso contenuto in sodio utilizzabili per l'irrigazione in tutti i tipi di suolo e acque a media salinità che possono essere utilizzate se esiste un moderato drenaggio del suolo.

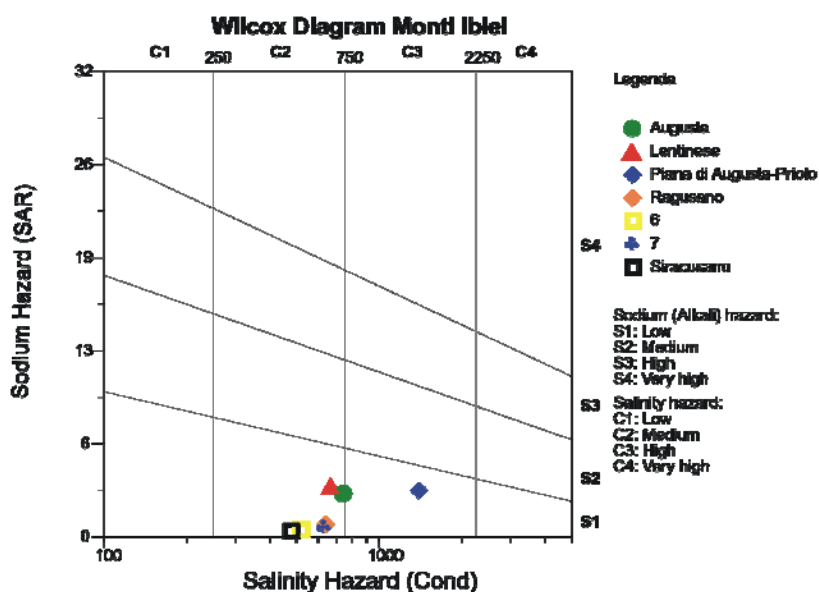


Diagramma per la classificazione delle acque a scopo irriguo

**CORPO IDRICO SOTTERRANEO  
PIANA DI AUGUSTA-PRIOLO  
(R19IBCS05)**

corpo idrico sotterraneo: <b>Piana di Augusta-Priolo</b>
--

## **b) Caratteristiche geografiche, geologiche, idrogeologiche**

### **Localizzazione geografica e morfologia del corpo idrico**

#### ***Localizzazione geografica***

La zona in oggetto è quella che circonda il golfo di Augusta fino al centro abitato di Priolo. L'acquifero è contenuto nei sedimenti quaternari sabbioso-calcarenitici, è un acquifero superficiale in falda libera.

#### ***Considerazioni geomorfologiche***

I principali tratti morfologici risultano fortemente condizionati sia dalla recente storia geologica dell'area, sia dalle caratteristiche litologiche delle formazioni affioranti.

Nella parte meridionale si estende un altopiano calcareo profondamente inciso dagli affluenti del Torrente Cantera e del Torrente Bellezza e a, Sud di Melilli, dalla Cava S. Lucia- Cava Sorciano.

Un elemento morfologico caratteristico di questo settore dell'Altopiano Ibleo è rappresentato dalla "cava", valle fluviale profondamente incassata nelle rocce calcaree, con caratteristiche pareti subverticali. L'intero reticolo idrografico che si sviluppa sull'Altopiano calcareo assume queste caratteristiche.

Le morfologie carsiche sono rappresentate sia da forme di dissoluzione superficiale di piccole dimensioni, sia di grandi dimensioni come inghiottitoi, depressioni doliniformi, risorgenze. Anche le "cave", precedentemente descritte, vanno considerate come forme carsiche, o meglio ancora, fluviocarsiche (CAVALLARO F., 1998).

#### ***Aspetti geologici***

Dal punto di vista geologico stratigrafico la zona è costituita da una serie di terreni sedimentari che vanno dal Cretaceo al Quaternario a cui si intervallano colate di rocce vulcaniche di varia età.

Questa area corrisponde ad un graben che si prolunga per un buon tratto entro la costa, formatosi tra la fine del Pliocene e l'inizio del Pleistocene e colmato nel Pleistocene

inferiore e medio, limitato da host costituiti da calcari e calcareniti del miocene superiore. I sedimenti che hanno colmato il graben sono dati dai prodotti di smantellamento delle falesie che si erano originariamente formate a seguito di una tettonica distensiva, da prodotti vari, subaerei e subacquei, dell'attività vulcanica che si accompagnò all'attività tettonica, da calcareniti e sabbie nel Pleistocene inferiore, da argille ed ancora calcareniti e sabbie nel Pleistocene medio, sino alle alluvioni attuali.

Il corpo idrico è costituito da sabbie grossolane e calcareniti organogene giallastre (panchina) a stratificazione incrociata sovente terrazzate alla sommità.

Il substrato è costituito da argille a spessore variabile da pochi metri ad oltre 270 m nei pressi dell'Aeroporto di Augusta e da pochi metri ad oltre 50 m nei pressi di Torre Milocca. In alcuni punti mancano le argille del substrato e le sabbie e calcareniti poggiano direttamente sui termini permeabili inferiori, per i quali, data la loro elevata permeabilità, non costituiscono alcuna protezione ma con i quali sono in continuità idraulica. Lo spessore massimo delle sabbie e calcareniti supera di poco i 20 m. Sono presenti lungo tutto il golfo di Augusta e nell'entroterra sino alla quota massima di 200 m. Costituiscono il sedimento di chiusura dei depositi che hanno colmato i grandi graben ivi esistenti nelle formazioni mioceniche inferiori. Si presentano pianeggianti con lieve pendenza verso Est, raccordandosi al mare.

Risultano divise in unità distinte ed autonome, ad opera delle incisioni fluviali che sono pervenute a mettere a nudo le argille del substrato.

La falda contenuta in questi sedimenti risulta alimentata esclusivamente dall'infiltrazione locale e ampiamente drenata dai corsi d'acqua soggiacenti.

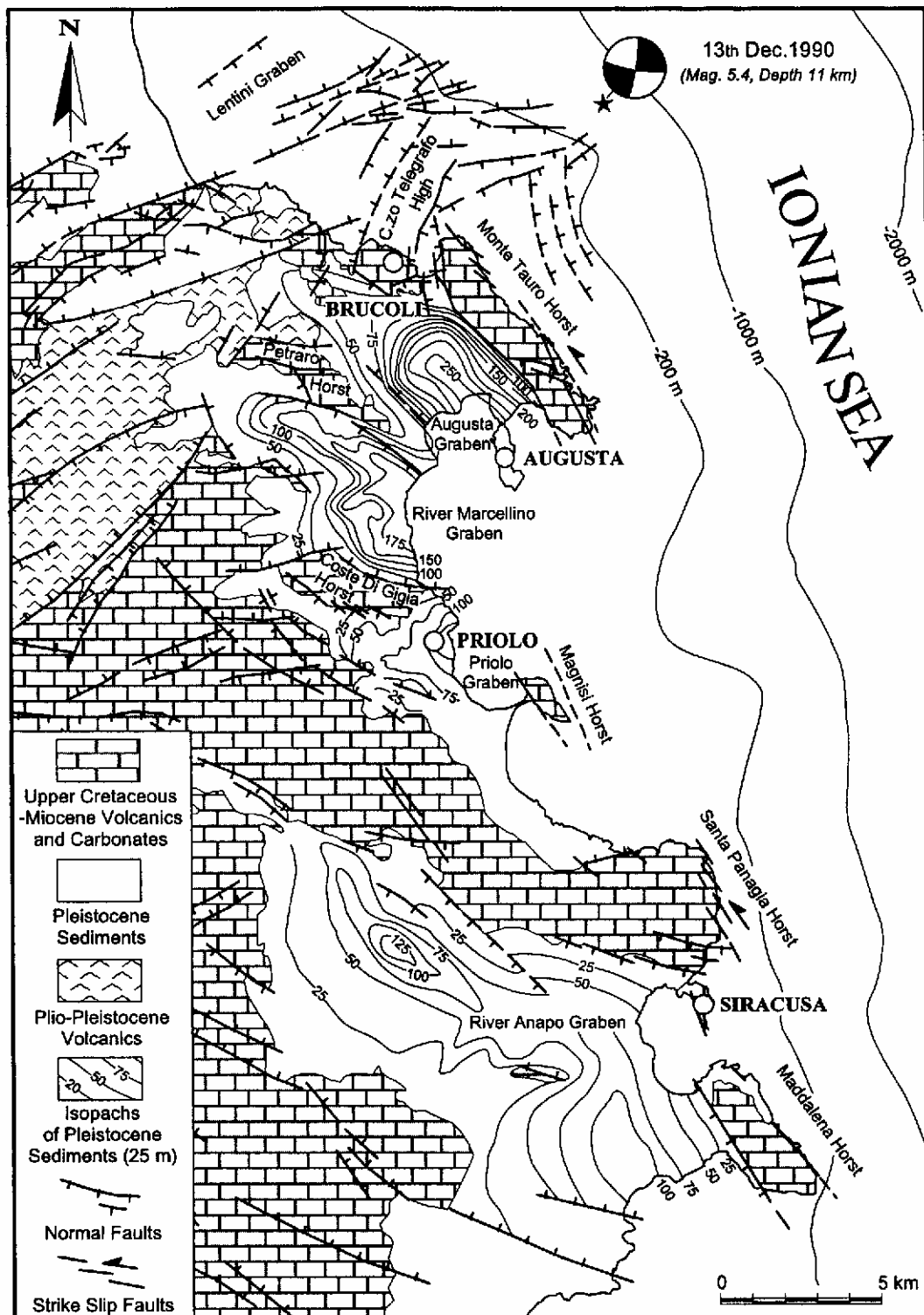
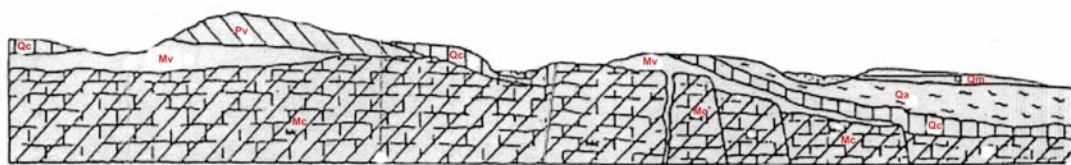


Fig. 1 - Schema geologico-strutturale

## Caratteristiche idrogeologiche

Dal punto di vista idrogeologico nel sottobacino si riscontra quindi una prevalenza di rocce permeabili la circolazione avviene preferenzialmente per fessurazione, carsismo e linee di dislocazione. In particolari condizioni anche le colate vulcaniche plioceniche possono essere sede di una circolazione di acque di scambio tra una formazione sedimentaria e l'altra.



*Fig. 2 - Schema idrogeologico, le argille (Qa) separano i due acquiferi (superiore ed inferiore). Le vulcaniti (Mv) separano parzialmente: le calcareniti (Qc) dai calcari (Mc); le vulcaniti recenti (Pv) dai calcari (Mc).*

Nella figura 2 sono indicati i rapporti intercorrenti tra le varie formazioni geologiche, presenti nella zona del graben di Augusta, presso la costa.

Esistono situazioni, individuate sul terreno, che delimitano settori di acquiferi più o meno produttivi, compresi nei tasselli delle dislocazioni più importanti, per esempio tra le dislocazioni di Targia, Costa Gigia e Fiume Mulinello.

Nella zona tra Targia e Costa di Gigia esiste un acquifero con propria individualità dal punto di vista fisico; con caratteristiche di falda parzialmente in pressione ed in parte freatica. La sua alimentazione potrebbe avere origine, per buona parte, dal ben più vasto acquifero Cretaceo-Paleogenico, i cui discontinui affioramenti in superficie emergono solo nelle aree di Porto Palo, Vizzini e Mastrigiano-Priolo. Esso è inoltre separato da quello contiguo, in pressione, delimitato a Nord tra le Coste di Gigia ed il Fiume Mulinello.

Sulla base delle considerazioni geotettoniche e idrogeologiche il corpo idrico in esame è può essere suddiviso in due aree:

- l'area meridionale compresa tra Targia e le Coste di Gigia

– l'area settentrionale tra le Coste di Gigia ed il Fiume Mulinello.

Su un substrato probabilmente continuo di vulcaniti, brecce e tufi vulcanici d'età cretacea molto dislocato si è depositata la serie descritta precedentemente. In età pliocenica si è accentuata una tettonica ad Host e Graben che ha suddiviso la zona in tasselli più o meno spostati rispetto la loro posizione originaria. Da Targia alle Coste di Gigia sono presenti due situazioni di Graben limitate da tre situazioni di Horst con relative dislocazioni (Targia, Biggemi, e Coste di Gigia con limitate esposizioni a giorno delle vulcaniti cretacee). Nelle aree di graben si ritrovano serie sedimentarie ridotte di età miocenica anch'esse fagliate, ed i sedimenti clastici dell'ultima ingressione marina quaternaria che mascherano, molto spesso, la tettonica più antica. Le formazioni mioceniche quaternarie sono sedi di acquiferi, e sulla linea di costa le formazioni suddette sono a diretto contatto con il mare. In situazioni del genere l'acquifero, che ha delle perdite a mare per fratture e carsismo, risulta facilmente esposto all'ingressione dell'acqua di mare, quando per gli emungimenti, viene alterato il carico piezometrico della falda; ciò che è avvenuto sin dall'inizio degli emungimenti.

In questa zona si possono riscontrare, a seconda delle litologie prevalenti falde freatiche o localmente in pressione.

Dalle Coste di Gigia fino al Fiume Mulinello si è impostato un importante graben che ha ribassato di parecchie centinaia di metri il substrato vulcanico. Si è così sviluppata una potente serie sedimentaria calcarenitica miocenica, ed un completo ciclo di depositi quaternari.

A tetto si segnala la presenza di un potente livello lenticolare di argille, che dall'entroterra verso mare aumenta di potenza fino a raggiungere i 100 m, e che si presume abbia continuità verso il mare aperto. La funzione naturale di questo livello impermeabile è determinante per la protezione della falda profonda dagli inquinamenti di acqua marina.

E' ormai assodato che questa lente di argilla impermeabile assolve la sua funzione anche se, per particolari condizioni piezometriche e dinamiche delle falde (emungimenti), i livelli si attestino sotto il livello del mare.

E' possibile tuttavia che, in corrispondenza delle linee di dislocazione S. Cusumano e Mulinello, si interrompa la continuità della lente impermeabile determinando contatti mare-terreni sedimentari per cui, abbassamenti delle piezometriche sotto il livello del



mare, possono originare richiami d'acqua marina per spostamento verso l'alto dell'interfaccia e possono costituire vie preferenziali di inquinamento marino.

In questa zona generalmente si riscontrano acquiferi in pressione.

In corrispondenza del Fiume Mulinello è presente un altro horst che porta le vulcaniti vicino alla superficie.

Con l'ingressione marina del Quaternario si sviluppano i depositi di sabbie arenacee e delle argille superiori che aumentano di potenza da monte verso mare e che hanno la funzione di tetto impermeabile per le sottostanti falde in pressione.

L'acquifero presenta permeabilità compresa tra  $10^{-2}$  e  $10^{-3}$  cm/s.

Lo sfruttamento, sino a circa 30 anni fa, avveniva tramite un gran numero di pozzi scavati a mano utilizzati a scopo irriguo o domestico. Con l'istaurarsi del polo industriale di Augusta-Priolo, molti dei terreni irrigui sono stati convertiti e nell'area sono state realizzate molte perforazioni profonde che pur pescando nella falda inferiore, originariamente in pressione, drenano, per frequente mancanza di adeguato isolamento, anche la falda superficiale.

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

Il pluviometro di Lang indica un clima steppico, l'indice globale di umidità di Thornthwaite indica un clima semiarido, l'indice climatico di Emberger definisce una condizione di clima subumido e l'indice di De Martonne evidenzia un clima semiarido. Da quanto detto sopra si evidenziano delle perplessità circa la validità degli indici di Lang ed Emberger per le località considerate. Buona rappresentatività sembrano invece esprimere gli indici di De Martonne e Thornthwaite.

La temperatura media annua è di 18-19 °C, le minime normalmente non scendono al di sotto di 8-9 °C nelle zone costiere..

Le precipitazioni presentano in media valori annui di circa 654 mm, che vanno da un minimo di 535 mm ad Augusta a un massimo di 784 mm a Sortino. La distribuzione mensile delle precipitazioni nelle singole stazioni è tipicamente mediterranea, con concentrazione degli eventi piovosi nel periodo autunno-inverno.

L'evapotraspirazione potenziale annua assume valori di 900-1000 mm (CALTABELLOTTA *et al.*, 1998).

### ***Considerazioni sulla vulnerabilità***

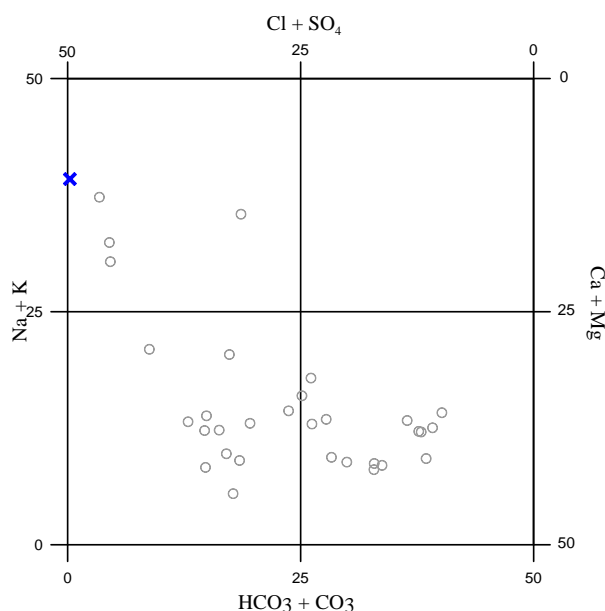
Nella Piana di Priolo-Augusta sono presenti numerosi centri abitati ed una elevata urbanizzazione lungo la fascia costiera, dove è anche presente la più alta concentrazione industriale della Sicilia.

In questa area è ubicato uno dei più grossi insediamenti petrolchimici italiani, ciò comporta una serie di rischi per gli acquiferi che necessitano di un monitoraggio adeguato

La vulnerabilità di questo corpo idrico è elevata in assenza di protezione. Le potenziali fonti inquinanti sono date nel settore di Priolo dai centri abitati stessi (scarichi fognari ecc.) e nell'area Augusta-Priolo dal fatto di trovarsi nel nucleo industriale ivi ubicato

### ***Caratterizzazione idrogeochimica***

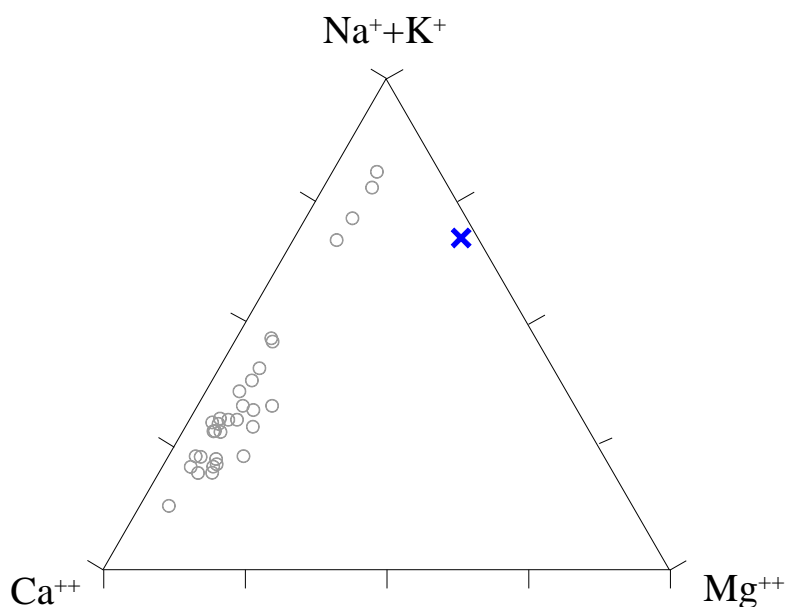
Secondo il diagramma di Langelier-Ludwig le acque appartenenti a questo corpo idrico sono di tipo bicarbonato-alcalino terroso, clorurato-solfato-alcaline e clorurato-solfato-alcaline terroso.



*Diagramma classificativo Langelier-Ludwig per il corpo idrico della Piana di Augusta-Priolo*

Per questi campioni, che presentando un'ampia varietà composizionale, è possibile individuare due trend generali che, dai campioni bicarbonato-alcalino terrosi e cloruro-solfato-alcalino terrosi evolvono rispettivamente verso una componente clorurato-solfato-alcalina verso l'acqua di mare. Ciò fa pensare che oltre a fenomeni di possibile intrusione marina siano presenti altri fenomeni quali scambio ionico con le rocce.

Nei diagrammi ternari è evidente che il calcio e il bicarbonato sono gli ioni prevalenti ma si osservano anche arricchimenti significativi in Na+K e cloruri e, in minor misura, solfati. Tali arricchimenti, proprio per la disposizione peculiare sui due diagrammi, fa ritenere che questi arricchimenti non siano imputabili ad un unico processo (mescolamento con acqua di mare, scambio ionico con facies argillose ed apporto di solfato antropico).



*Diagramma ternario Ca-Mg-Na+K per il corpo idrico della Piana di Augusta-Priolo*

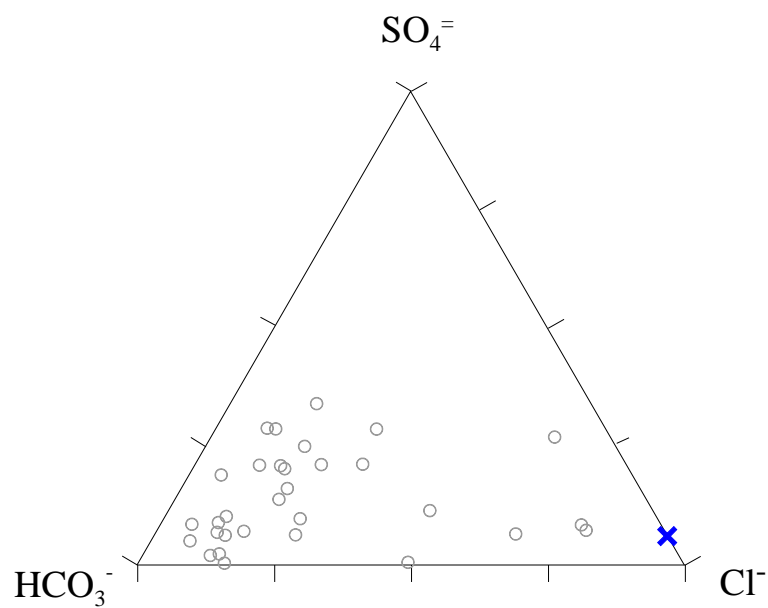


Diagramma ternario  $\text{Cl-SO}_4\text{-HCO}_3$  per il corpo idrico di Augusta-Priolo

### Caratteristiche isotopiche del corpo idrico

La posizione dei punti relativi a questo corpo idrico mette in evidenza che l'acqua

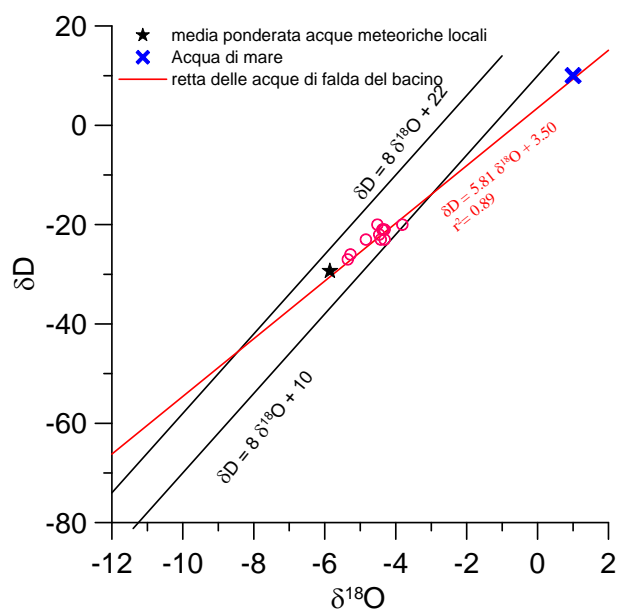
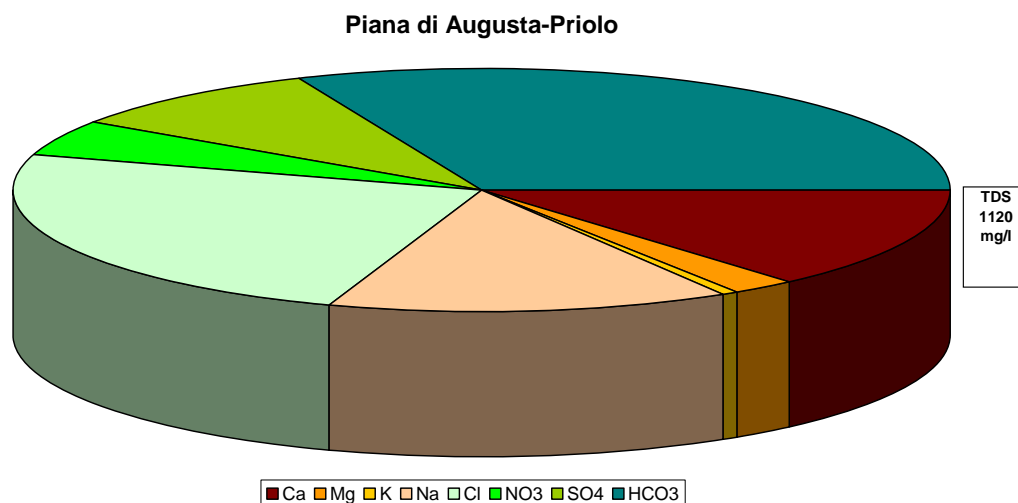


Diagramma  $\delta\text{D}-\delta^{18}\text{O}$  (in ‰ rispetto a SMOW) delle acque del corpo idrico Augusta-Priolo

è fortemente condizionata dalla composizione isotopica delle acque meteoriche locali e quella dell'acqua di mare.

### Qualità delle acque del corpo idrico

Il diagramma a torta è relativo alla composizione chimica media del corpo idrico.



*Diagramma a torta mostrante le composizioni percentuali delle specie ioniche dei costituenti maggiori presenti nel corpo idrico. E' stata aggiunta la percentuale dei nitrati allo scopo di avere una relazione visibile tra specie inorganiche e specie più direttamente correlabili alla qualità del corpo idrico. Lo spessore del diagramma è proporzionale alla salinità dell'acqua.*

La distribuzione percentuale degli elementi mette in evidenza quanto detto in precedenza e mostra inoltre una salinità mediamente alta e tenori di nitrati, cloruri, ferro e manganese superiori ai valori di parametro definiti dal D.Lgs. N. 31/2001 All.1.

Bacino	Monti Iblei		
Corpo idrico	Piana di Augusta-Priolo		
Parametro	Espressione dei risultati	Valore	Valore di Parametro
Temperatura	°C	21	-
pH		7.2	6,5<pH<9,5
Conducibilità	µS/cm	1370	2500
Cl	mg/l	274	250
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	mg/l	101	250
Ca	mg/l	151	-
Mg	mg/l	25	-
Na	mg/l	157	200
K	mg/l	6	-
Al	µg/l	1.4	200
Mn	µg/l	139	50
Fe	µg/l	461	200
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	54	50
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	0.0882	0.5

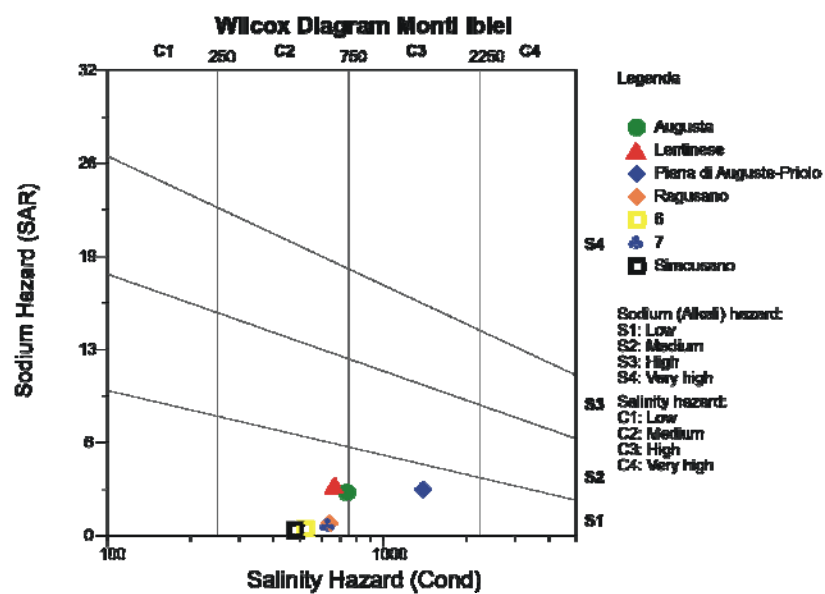
*Confronto tra la composizione chimica media del corpo idrico e i valori di parametro secondo il D.Lgs. n. 31/2001 All.1*

### **Stato chimico del corpo idrico**

Tra i macrodescrittori tenuti in considerazione per la classificazione qualitativa del corpo idrico, rientrano nei limiti previsti per la classe 2 conducibilità, solfati e ione ammonio; cloruri, manganese, ferro e nitrati rientrano in quarta classe. Tra i parametri addizionali (inquinanti inorganici ed organici) risultano al di sopra dei valori limite previsti dalla tabella 21 del D. Lgs. 152/99. l'arsenico, i componenti alifatici e alogenati, il diclorometano e il benzene. Pertanto, al corpo idrico Piana di Augusta-Priolo viene attribuita la classe 4.

### **Qualità delle acque a scopo irriguo**

Le acque del corpo idrico Piana di Augusta-Priolo ricadono nel quadrante C3-S1, cioè sono classificabili come acque a basso contenuto in sodio utilizzabili per l'irrigazione in tutti i tipi di suolo e acque a alta salinità che possono essere utilizzate se esiste un buon drenaggio del suolo.



*Diagramma per la classificazione delle acque a scopo irriguo*

## Bibliografia

ADAM J., REUTHER C.D., GRASSO M., TORELLI L. (2000) – *Active fault kinematics and crustal stresses along the Ionian margin of southeastern Sicily*. Tectonophysics 326, 217-239.

AURELI A. (1983) – *Problems arising from surexploitation of coastal aquifer in Sicily*. 8<sup>th</sup> Salt Water Intrusion Meeting, Bari.

AURELI A., ADORNI G., CHIAVETTA A.F., FAZIO F. (1987) – *Condizioni di vulnerabilità di acquiferi in zona a forte insediamento industriale di tipo petrolchimico*. Mem. Soc. Geol. It., 37, 35-52.

AURELI A., ADORNI G., CHIAVETTA A.F., FAZIO F. & FAZZINA S. (1987) – *Caratteristiche delle linee di flusso dell'intrusione marina influenzate dalla tettonica in area costiera ove gli acquiferi sono sovrasfruttati*. Mem. Soc. Geol. It., 37, 481-488.

AURELI A., ADORNI G., CHIAVETTA A.F., FAZIO F., FAZZINA S. & MESSINEO G. (1987) – *Carta idrogeologica di una regione ove sono presenti acquiferi sovrasfruttati*. Mem. Soc. Geol. It., 37, 27-34.

CARBONE S. (1985) – *I depositi pleistocenici del settore Nord-Orientale Ibleo tra Agnone e Melilli (Sicilia SE). Relazione tra facies e lineamenti strutturali*. Boll. Soc. Geol. It., 104.

LENTINI F., BOMMARITO S., CARBONE S., CUGNO G., DI GERONIMO I., GRASSO M., IOZZIA S., LA ROSA N., ROMEO M., SCAMARDA G. & SCIUTO F. (1984) - *Carta geologica della Sicilia sud-orientale*. Scala 1:100 000. Università di Catania, Istituto di Scienze della Terra. S.EL.CA., Firenze.

CALTABELLOTTA D., DRAGO A., LO BIANCO B., LOMBARDO M. (1998) – *Climatologia della Sicilia*. Assessorato Agricoltura e Foreste. Servizio Informativo Agrometeorologico Siciliano, Regione Siciliana.

CAVALLARO F. (1998) – *Lineamenti geologici e geomorfologici del territorio di Melilli*. In: Le Grotte del Territorio di Melilli. Centro Speleologico Etneo. Comune di Melilli.



**CORPO IDRICO SOTTERRANEO  
PIANA DI VITTORIA (R19IBCS06)**

## Corpo idrico sotterraneo: **Piana di Vittoria**

Bacino Idrogeologico	Codice Bacino idrogeologico	Corpo idrico	Codice corpo idrico sotterraneo
Monti Iblei	R19IB	Piana di Vittoria	R19IBCS06

### **b) Caratteristiche geografiche, geologiche, idrogeologiche**

#### **Localizzazione geografica e morfologica della sub-idrostruttura**

##### *Localizzazione geografica*

Ricade nel Foglio in scala 1:100.000 e precisamente nelle tavolette: 272 (Gela), 273 (Caltagirone), 275 (Scoglitti) e 276 (Ragusa). Comprende parte dei territori comunali di Acate, Vittoria, Comiso, Ragusa, Chiaramonte Gulfi e Licodia Eubea.

##### *Considerazioni geomorfologiche*

Rappresenta il settore sud-orientale dell'ampia fascia pedecollinare compresa tra l'altopiano Ibleo e i Monti Erei. Si tratta di un vasto settore sub-pianeggiante che si sviluppa arealmente in direzione allungata NE-SO tra Chiaramonte Gulfi, Comiso, Vittoria e il Canale di Sicilia.

L'altitudine è generalmente compresa tra 50 m e 300 m s. l. m.

La piana di Vittoria declina dolcemente verso il mare, con ampie forme ondulate risultanti dall'azione erosiva delle acque di ruscellamento superficiale che incidono un substrato costituito da depositi argillosi e sabbiosi.

Nel settore che costituisce la Piana di Vittoria in senso stretto, la topografia degrada molto debolmente da est (margine dell'altopiano Ibleo) verso ovest (Fiume Dirillo) e la continuità della spianata morfologica è interrotta localmente da alcuni "gradini" che rappresentano l'espressione morfologica di dislocazioni neotettoniche e/o di margini di piattaforme di abrasione marina prodotte dalle oscillazioni glacio-eustatiche pleistoceniche.

Gli assi drenanti principali sono rappresentati dal Fiume Dirillo e dal Fiume Ippari, entrambi a decorso NE-SO, che bordano la Piana rispettivamente ad ovest e ad est.

Il limite orientale della Piana di Vittoria è caratterizzato dalla diffusa presenza di conoidi di deiezione, prodotte dell'erosione del margine occidentale dell'altopiano Ibleo, la cui attività delle faglie si prolunga sino al Pleistocene sup. L'attività recente di queste faglie ha determinato il sollevamento dei rilievi Iblei rispetto alla Piana di Vittoria e quindi processi intensi di erosione ed accumulo lungo la fascia di separazione tra i due elementi fisiografici.

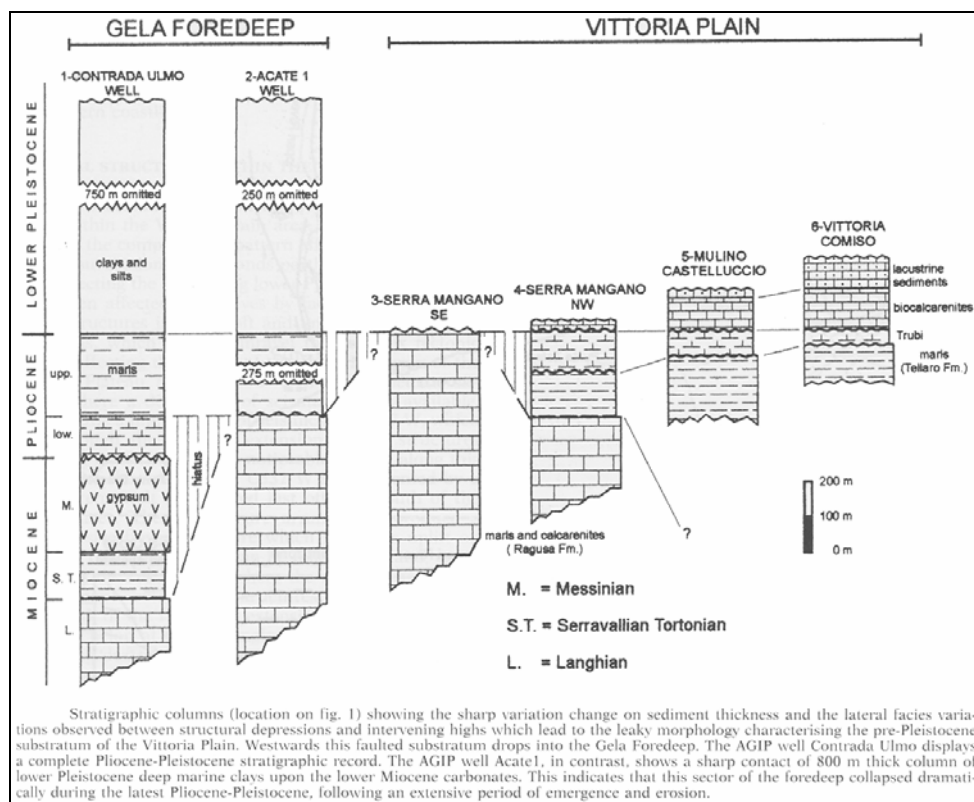
### Aspetti geologici

La Piana di Vittoria è costituita in affioramento da depositi pleistocenici arenaceo-sabbiosi con intercalati livelli limoso-argillosi. Al di sotto dei depositi pleistocenici si rinvengono altri terreni clastici e pelagici che costituiscono l'Avanfossa di Gela e i depositi dell'Avampaese Ibleo.

In particolare in successione stratigrafica si riscontrano (Fig. 1):

- Calcari e marne della Formazione Ragusa riferibili all'avampaese Ibleo.
- Argille e argille marnose del Serravalliano –Tortoniano;
- Depositi evaporitici del Messiniano;
- Marne e calcari marnosi “Trubi” del Pliocene inf.;
- Argille plioceniche;
- depositi pleistocenici arenaceo-sabbiosi con intercalati livelli limoso-argillosi.

I depositi di riempimento dell'avanfossa ricoprono un substrato carbonatico costituito dalle stesse successioni iblee affioranti più ad est, che in questa area si ritrovano geometricamente ribassate e sepolte per effetto della gradinata di faglie. Queste ultime hanno accompagnato la flessura dell'avampaese causata dal carico della porzione frontale della catena siciliana. Queste faglie possiedono una pronunciata componente estensionale del rigetto, sono dirette NE-SO e ribassano le successioni iblee verso NO.



**Fig. 1 - Stratigrafie dei depositi presenti nella Piana di Vittoria.**

A questo sistema di faglie estensionali si associa un secondo importante sistema di dislocazioni neotettoniche, individuato come sorgente sismogenetica, che caratterizza il limite tra l'altopiano ibleo e la Piana di Vittoria, ma che è ampiamente riconoscibile anche all'interno dell'altopiano stesso.

Questo sistema di faglie neotettoniche possiede una componente di trascorrenza ed è rappresentato da due principali sistemi di faglie i cui picchi di frequenza si dispongono lungo gli allineamenti NO-SE e NE-SO. Queste faglie dislocano i depositi affioranti nella Piana di Vittoria, soprattutto nel settore orientale.

I depositi più antichi affioranti sono rappresentati dai “*Trubi*” *Auct.*, cioè da marne calcaree e calcari marnosi, spesso in alternanze decimetriche.

I “*Trubi*” sono generalmente ricoperti da argille di mare profondo, ad eccezione del settore più orientale della piana, dove essi vengono sostituiti da biocalcareniti spesse mediamente 40-50 m. Le biocalcareniti sono lateralmente eteropiche con delle argille grigio-azzurre (presenti nel sottosuolo del settore occidentale della piana), laddove raggiungono spessori di 600-700 m. Le argille si arricchiscono verso l'alto progressivamente in silt argilloso, fino a sfumare a sabbie gialle di mare basso. Questi depositi sommitali hanno un'età Pleistocene inf.

Le biocalcareniti sovrastanti i Trubi passano gradualmente (nella zona del Fiume Ippari) a sedimenti limnici del Pleistocene inf. costituiti da calcari marnosi, silts biancastri e travertini, con spessore massimo di 50 m.

Infine, i depositi più recenti sono rappresentati da sabbie marine fini, discordanti su vari termini del substrato pleistocenico e pre-pleistocenico, ed aventi uno spessore sino ad alcune decine di metri.

La successione descritta è troncata superiormente da superfici di abrasione marina, occasionalmente ricoperte da sottili depositi di mare basso.

### ***Morfologia dell'idrostruttura***

Ha un'area di circa 420 km<sup>2</sup> ed un perimetro di circa 122 km.

L'idrostruttura ha una geometria tabulare, con spessore di un paio di decine di metri.

## **Caratteristiche idrogeologiche e idrochimiche**

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

Dai dati dell'Atlante climatologico del Servizio Informativo Agrometeorologico del Dipartimento Agricoltura e Foreste della Regione Sicilia sono stati desunti alcuni dati climatologici molto interessanti che di seguito vengono riportati.

Il pluviometro di Lang indica per questo settore un clima steppico. L'indice globale di umidità di Thornthwaite indica un clima da semiarido ad asciutto-subumido. L'indice climatico di Emberger definisce una condizione di clima variabile da subumido a semiarido. L'indice di De Martonne evidenzia un clima da semiarido a temperato caldo. L'indice di Rivas Martines suggerisce un clima da termomediterraneo-secco inferiore a termomediterraneo-secco superiore.

La temperatura media annua è di 18-19 °C nella piana costiera, raggiungendo i valori di 16-17 °C nei settori più interni.

Le precipitazioni medie variano da 300-400 mm nella fascia costiera sino a 600-700 mm nei settori più interni.

### ***Regime della falda e flussi sotterranei***

Il corpo idrico della Piana di Vittoria è sede di una falda libera superficiale impostata nei depositi arenaceo-sabbiosi e sabbioso-limosi. Per la presenza di livelli limoso-argillosi di varia estensione, intercalati a diversa profondità. nei depositi arenaceo-sabbiosi, a luoghi, si realizzano locali fenomeni di semiconfinamento.

La falda idrica è ricaricata essenzialmente dagli afflussi meteorici più intensi del periodo invernale. Inoltre, essendo in comunicazione laterale con il corpo idrico carbonatico del ragusano, riceve un contributo anche da quest'ultimo.

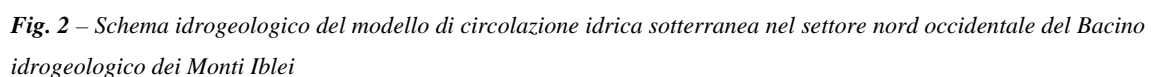
Si sottolinea la presenza al di sotto del corpo idrico della Piana di Vittoria del corpo idrico Ragusano.

In questo settore il corpo idrico Ragusano si comporta come una falda idrica confinata dai depositi marnosi e argillosi plio-pleistocenici (trubi, argille grigio azzurre) e dai depositi evaporitici gessosi messiniani.

La presenza al di sotto del corpo idrico della Piana di Vittoria del corpo idrico Ragusano in falda confinata è stata verificata:

- dall'analisi della stratigrafia di alcune perforazioni;
- dalle informazioni desunte in numerose pubblicazioni

- Nella figura 2 viene presentata una sezione idrogeologica schematica in cui viene raffigurato il modello di circolazione idrica sotterranea in questo settore del bacino Idrogeologico Ibleo. In particolare si nota un flusso idrico sotterraneo laterale dalla falda impostata nei carbonati della Formazione Ragusa verso la falda della Piana di Vittoria, impostata nei depositi alluvionali, terrazzi, conoidi di deiezione, arenarie e sabbie quaternari e pleistocenici. E' visibile anche che la falda del corpo idrico Ragusano è libera in corrispondenza dell'Altopiano Ibleo ma confinata da depositi argillosi e marnosi pliocenici al di sotto della Piana di Vittoria. La presenza della falda idrica semiconfinata nel corpo idrico Ragusa al di sotto della Piana di Vittoria è testimoniato dal rinvenimento del livello piezometrico in alcuni pozzi profondi al di sopra del tetto dei calcari della Formazione Ragusa.



### ***Considerazioni sulla vulnerabilità***

Una valutazione qualitativa della vulnerabilità del corpo idrico si basa su alcune caratteristiche, quali la soggiacenza della falda idrica, l'alimentazione (precipitazioni) l'infiltrazione efficace (collegata con la topografia, il tipo ed uso di suolo), la conducibilità idraulica del mezzo (legata alla sua permeabilità) ed il grado di urbanizzazione (densità abitativa e tipologia di attività antropica).

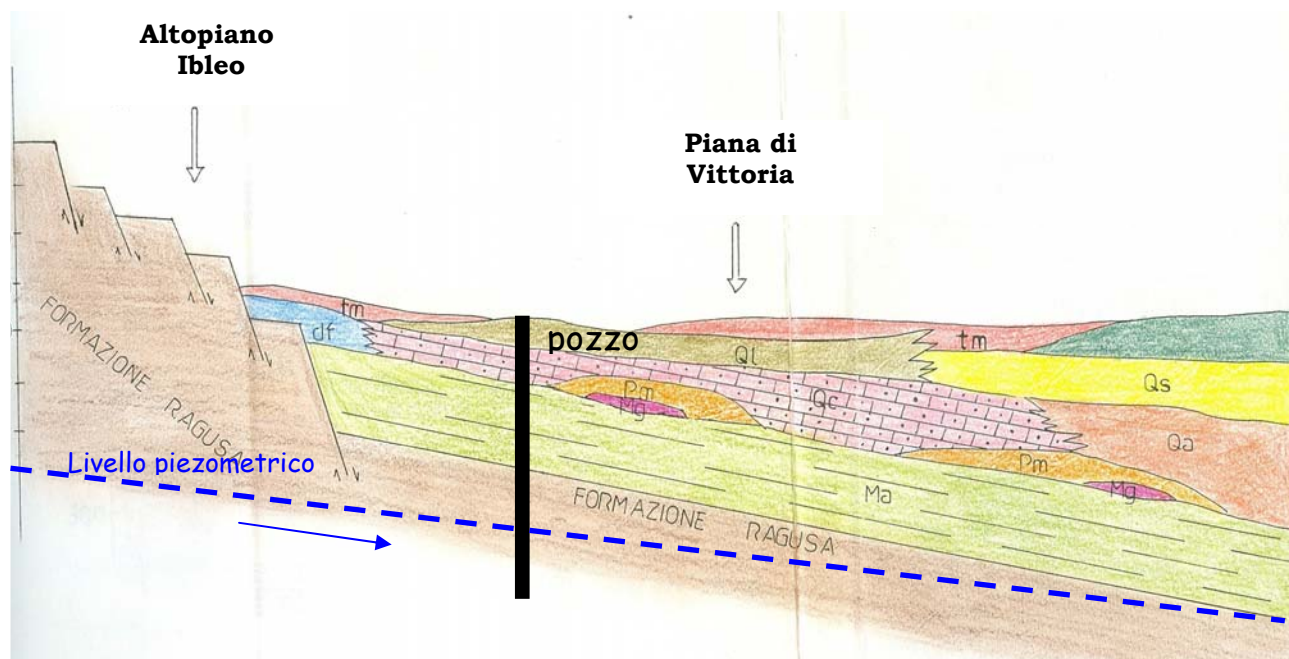
La soggiacenza della falda è variabile da 5 m a 15 m. Il grado di urbanizzazione è intenso in corrispondenza dei centri abitati, ma, generalmente è basso per la presenza di piccole frazioni o di case sparse sul territorio. Inoltre, vi è una notevole attività agricola intensiva. La conducibilità idraulica risulta da elevata a molto elevata. Il suolo di tipo "bruno lisciviato" a prevalente uso seminativo vario, presenta uno spessore dell'ordine del metro.

Dall'analisi della Carta della Vulnerabilità delle falde idriche - Settore Nord-Occidentale Ibleo (Aureli et al. 1997) è possibile osservare la presenza di numerosi allevamenti di bovini, ovini e di alcune discariche per R.S.U., oltre a depositi di concimi, diserbanti, pesticidi e di rifiuti variamente ingombranti.

Il corpo idrico possiede un grado di vulnerabilità elevato (Aureli et al. 1997), in relazione alla sua potenzialità, all'uso agricolo intensivo ed alla assenza di coperture a bassa permeabilità.

Nella Piana di Vittoria sono presenti numerosi pozzi profondi che intercettano la falda idrica confinata carbonatica del corpo idrico Ragusano e potrebbero rendere vulnerabile la falda idrica sottostante che attualmente risulta protetta dall'acquitarso soprastante.

Inoltre l'elevato grado di sfruttamento della risorsa idrica rende precario l'equilibrio idrogeologico esistente fra le due falde idriche impostate nei corpi idrici denominati rispettivamente Piana di Vittoria e Ragusano. Il rischio di graduale aumento dello sfruttamento delle risorse idriche sotterranee, infatti, potrebbe creare delle condizioni tali da consentire il depauperamento non solo della la falda idrica libera della Piana di Vittoria ma anche della sottostante la falda idrica del Ragusano. Infatti, come viene rappresentato in figura 3, a causa degli elevati volumi di estrazione dell'acqua si potrebbero instaurare nel tempo condizioni insostenibili con conseguente abbassamento del livello piezometrico e del gradiente, talmente elevati da non poter consentire l'alimentazione né lateralmente né verticalmente della soprastante Piana di Vittoria con conseguente depauperamento della falda carbonatica e necessità da parte degli utilizzatori di approfondire continuamente i pozzi.

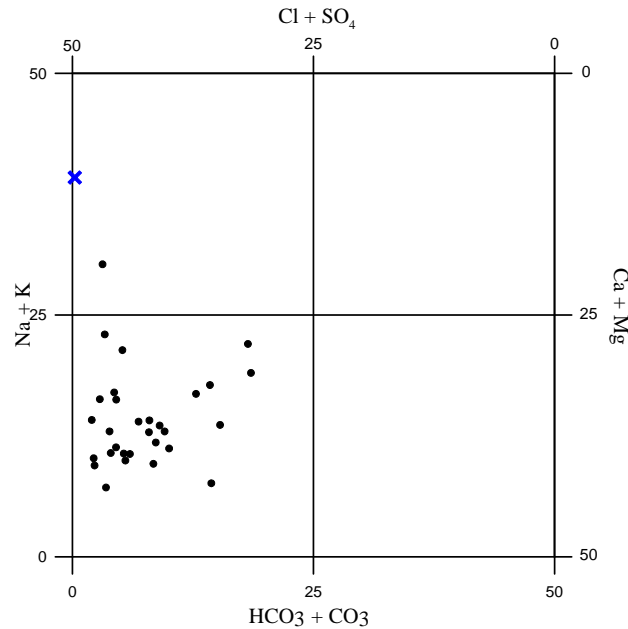


**Fig. 3** – Ipotesi di depauperimento della risorsa idrica nel settore nord occidentale del Bacino idrogeologico dei Monti Iblei



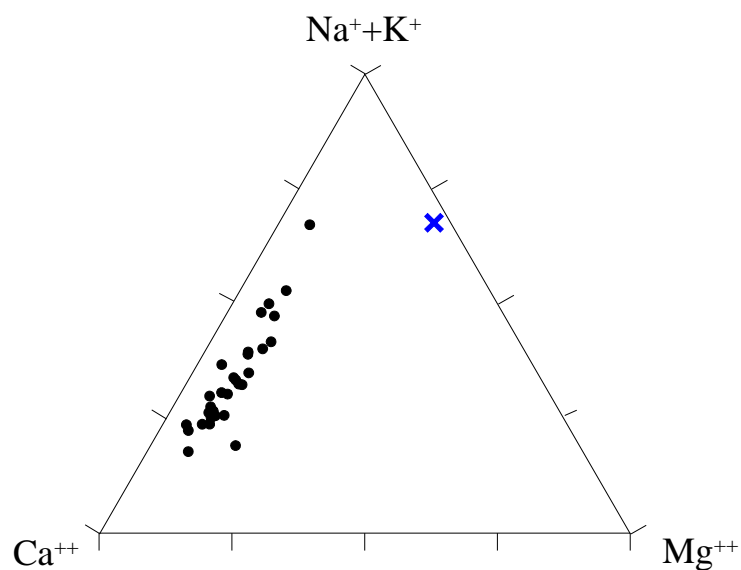
### ***Caratterizzazione idrogeochimica***

Le acque di questo corpo idrico ricadono, nel diagramma di Langelier-Ludwig, prevalentemente nel campo delle acque clorurato-solfato-alcalino terrose, ad eccezione di un punto che ricade nel campo delle acque clorurato-solfato-alcaline.



*Diagramma classificativo Langelier-Ludwig per il corpo idrico Piana di Vittoria*

Nel diagramma triangolare dei cationi si nota l'evoluzione da una componente prevalentemente calcica ad una sodica pur non direttamente implicante apporti di acqua marina. Se osserviamo la distribuzione dei punti nel diagramma anionico si nota una maggiore diversificazione legata alla presenza anche di una componente clorurata ed una solfatica. Il bicarbonato gioca un ruolo minore pur interessando alcuni dei campioni.



*Diagramma ternario Ca-Mg-Na+K per il corpo idrico Piana di Vittoria*

Da quanto su esposto sembra che i processi di interazione acqua-roccia sono essenzialmente legati alla soluzione in falda di una fase solfatica e, in subordine, di una fase carbonatica.

La presenza di campioni convergenti verso il punto rappresentativo dell'acqua di mare, almeno per gli anioni, potrebbe far pensare ad un processo di apporto marino o all'interessamento di minerali presenti nelle serie evaporitiche della Gessoso- Solfifera. In ogni caso, il fatto che il diagramma cationico non rispetti in entrambi i casi un apporto un NaCl fa ritenere possibile la presenza di un processo di scambio cationico con litologie argillose.

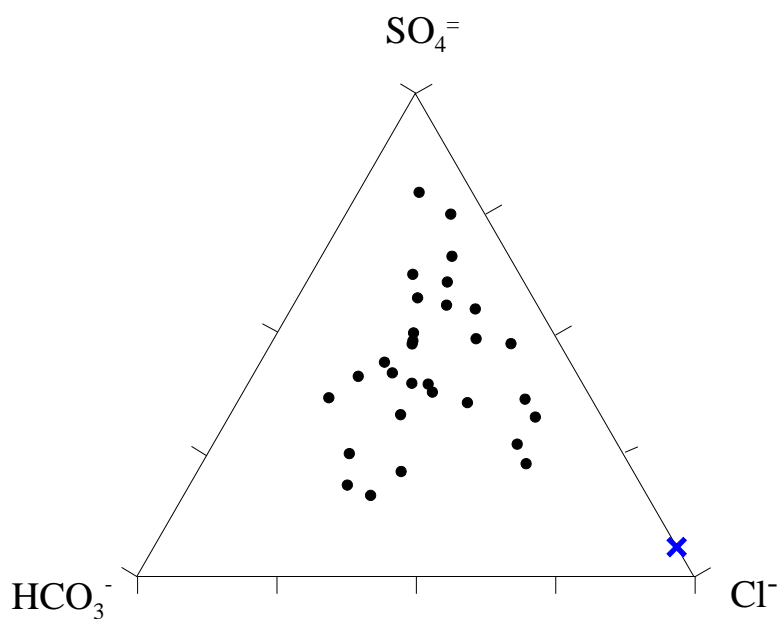


Diagramma ternario  $\text{Cl-SO}_4\text{-HCO}_3$  per il corpo idrico Piana di Vittoria

### Caratteristiche isotopiche del corpo idrico

Dal punto di vista isotopico le acque risultano discretamente omogenee disponendosi in prossimità della retta delle acque meteoriche di Craig. Le acque si differenziano sia dal punto rappresentativo delle acque meteoriche locali, posizionandosi su valori più positivi, sia dalla retta rappresentativa delle acque di falda del bacino.

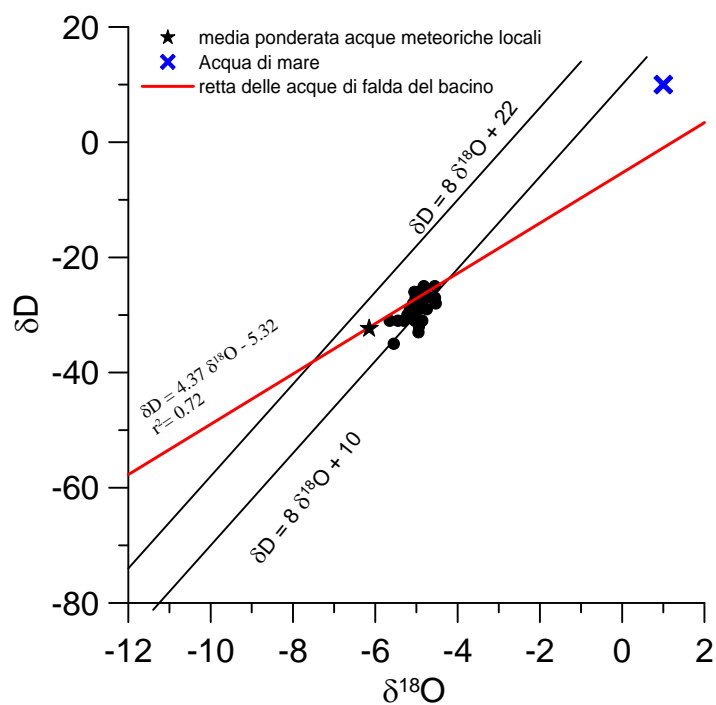
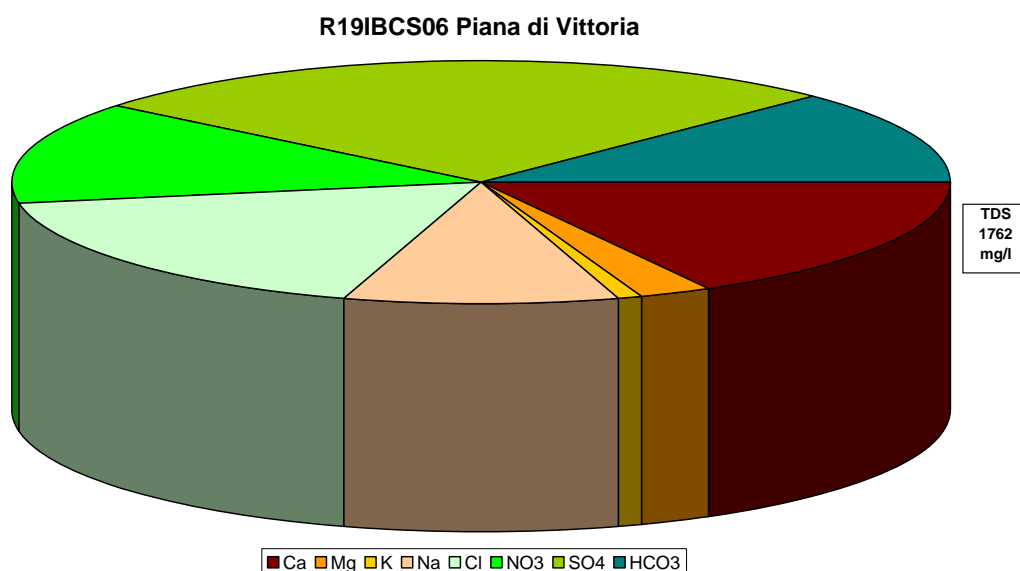


Diagramma  $\delta\text{D}-\delta^{18}\text{O}$  (in ‰ rispetto a SMOW) delle acque del corpo idrico Piano di Vittoria

Questo implicherebbe una probabile differenziazione delle quote di alimentazione (quote più basse) e una diversificazione dei processi di condensazione, probabilmente più prossimi all'equilibrio isotopico.

### Qualità delle acque del corpo idrico

Il diagrammi a torta, relativo alla composizione chimica media del corpo idrico, mostra una prevalenza percentuale di ione solfato accoppiato al catione calcio. La pur sempre rilevante abbondanza di cloruri, pur non supportata da una analoga abbondanza di ione sodio, giustifica ampiamente le considerazioni precedentemente fatte.



*Diagramma a torta mostrante le composizioni percentuali delle specie ioniche dei costituenti maggiori presenti nel corpo idrico. E' stata aggiunta la percentuale dei nitrati allo scopo di avere una relazione visibile tra specie inorganiche e specie più direttamente correlabili alla qualità del corpo idrico. Lo spessore del diagramma è proporzionale alla salinità dell'acqua.*

Una discreta abbondanza di ione nitrato, assieme ad un valore di TDS piuttosto elevato, rende l'acquifero particolarmente vulnerato e necessita una attenta precauzione nell'uso di queste acque. Quest'ultima affermazione risulta particolarmente evidente ed importante dal confronto con i valori di parametro secondo il D.Lgs. n. 31/2001 All.1. Infatti il confronto di questi ultimi con i valori ottenuti mostra che cloruri, solfati e nitrati superano abbondantemente i valori di parametro rendendo l'utilizzazione dell'acquifero possibile soltanto in particolari ambienti e condizioni.

Bacino	Monti Iblei		
Corpo idrico	Piana Di Vittoria		
Parametro	Espressione dei risultati	Valore	Valore di Parametro
Temperatura	°C	19	-
pH		7.3	6,5<pH<9,5
Conducibilità	µS/cm	2068	2500
Cl	mg/l	312	250
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	mg/l	473	250
Ca	mg/l	299	-
Mg	mg/l	43	-
Na	mg/l	167	200
K	mg/l	14	-
Al	µg/l	1.4	200
Mn	µg/l	14.1	50
Fe	µg/l	7.2	200
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	236	50
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	0.126	0.5

*Confronto tra la composizione chimica media del corpo idrico e i valori di parametro secondo il D.Lgs. n. 31/2001 All.1.*

### **Stato chimico del corpo idrico**

Tra i macrodescrittori tenuti in considerazione per la classificazione qualitativa del corpo idrico, rientrano nei limiti previsti per la classe 1 manganese e ferro; conducibilità e ione ammonio rientrano in classe 2; cloruri, nitrati e solfati rientrano in classe 4. Tra i parametri addizionali (inquinanti inorganici) risultano al di sopra dei valori limite previsti dalla tabella 21 del D.Lgs. 152/99 l'arsenico e il selenio. Pertanto, al corpo idrico Piana di Vittoria viene attribuita la classe 4.

### **Qualità delle acque a scopo irriguo**

Le acque del corpo idrico Piana di Vittoria ricadono nel quadrante C3-S2, cioè sono classificabili come acque a medio contenuto in sodio utilizzabili per l'irrigazione in tutti i tipi di suolo e acque a medio-alta salinità che possono essere utilizzate se esiste un buon drenaggio del suolo.

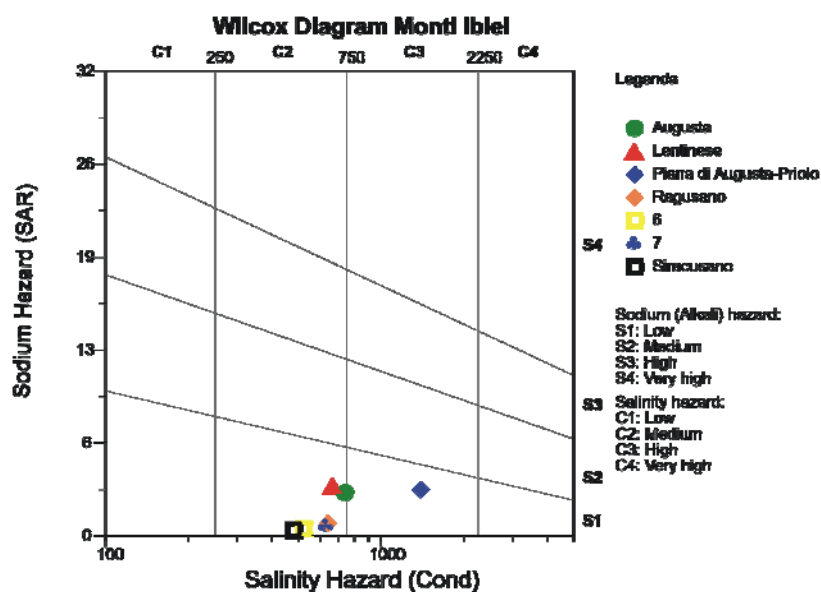


Diagramma per la classificazione delle acque a scopo irriguo

### *Estrazioni di acque dolci ed usi*

Le risorse idriche all'interno del corpo idrico sono in gran parte utilizzate per scopi irrigui e potabili e captate tramite pozzi a grande diametro o più frequentemente perforati. Essi non raggiungono quasi mai il substrato sottostante il corpo calcarenitico.

Le portate di questi pozzi si aggirano generalmente attorno ad alcune decine di l/s.

Ai pozzi agricoli si aggiungono quelli utilizzati per l'approvvigionamento idropotabile di alcuni centri abitati. Una certa aliquota emunta da questi ultimi viene utilizzata anche per scopi irrigui.

In questo corpo idrico sono stati selezionati e campionati 31 punti in cui sono stati analizzati i parametri di base e i parametri addizionali