



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

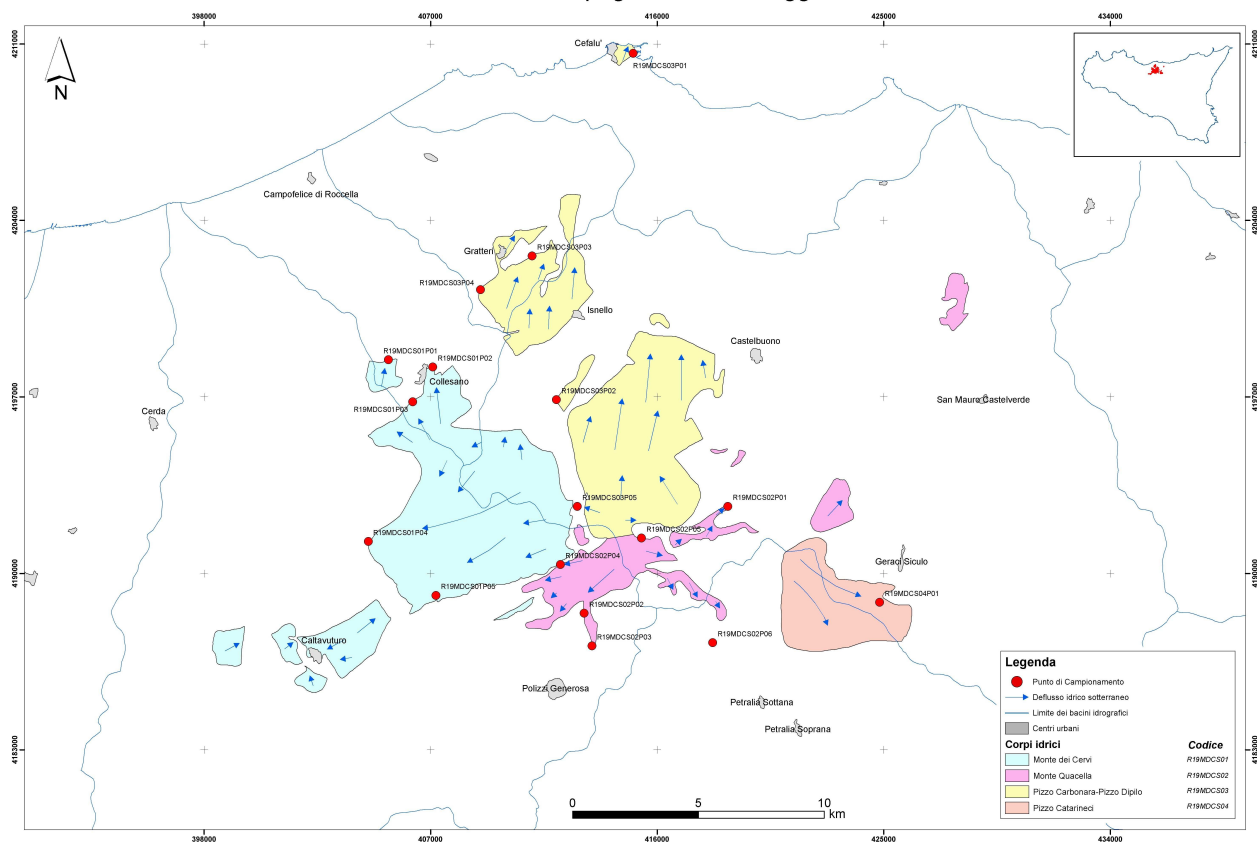
(di cui all'art. 121 del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n° 152)



Bacino idrogeologico Monti Madonie (R19MD)

COORDINAMENTO GENERALE A CURA DI	DOCUMENTO	REDATTO DA	DATA	APPROVATO
 SOCIETÀ GESTIONE IMPIANTI IDRICI Unità Operativa di Palermo	D.02.05	I.N.G.V	DICEMBRE 2007	

Bacino idrogeologico delle Madonie 2^a Campagna di Monitoraggio



BACINO IDROGEOLOGICO DELLE MADONIE

Inquadramento geografico e morfologico

Le Madonie costituiscono il più importante complesso montuoso della Sicilia Occidentale, esse sono limitate convenzionalmente ad est dalla Fiumara di Pollina ed ad ovest dal F. Imera Settentrionale.

Dal punto di vista cartografico l'area delle Madonie ricade nei Fogli a scala 1:100.000 259 "Termini Imerese" e 260 "Nicosia" della Carta d'Italia edita dall'I.G.M.

L'area delle Madonie, sita nel settore orientale della provincia di Palermo, è caratterizzata dalla presenza di rilievi prevalentemente calcareo-dolomitici tra i quali spiccano Monte dei Cervi (1794 m s.l.m.) tra Scillato e Collesano, Monte S. Salvatore (1912 m s.l.m.) Pizzo Carbonara (1979 m s.l.m.) tra Polizzi Generosa, le Petralie e Castelbuono, Pizzo Dipilo (1385 m s.l.m.) tra Gratteri ed Isnello, Rocca di Sciara (1080 m s.l.m.) presso Caltavuturo.

Il bacino idrogeologico delle Madonie ricade all'interno dei bacini idrografici dei fiumi Imera settentrionale, Roccella, Pollina e Imera meridionale.

Il nucleo centrale del massiccio carbonatico delle Madonie, presenta alla sommità, in corrispondenza di P.zo Carbonara, M. Ferro e P.zo Antenna, un altopiano carsico posto a quote superiori ai 1600 m.

I rilievi maggiori sono attornati da vaste plaghe di argille ed arenarie che danno vita a colline e monti rotondeggianti od a creste allungate.

La fascia costiera è caratterizzata dalla presenza di spianate terrazzate che dal livello del mare si elevano sino alla quota di circa 250 m.

Negli alvei dei corsi d'acqua maggiori, quali l'Imera settentrionale ed il Pollina si rinvennero acquiferi multifalda di una certa rilevanza, ospitati nei depositi alluvionali.

L'assetto geomorfologico del gruppo montuoso delle Madonie è molto vario ed è il risultato del modellamento operato da differenti processi morfogenetici sulle diverse litologie affioranti e dall'interazione di tali processi con le vicissitudini tettoniche susseguitesesi nel corso del tempo.



Schema morfostrutturale: 1) versanti complessi a controllo strutturale; 2) versanti di faglia; 3) principali scarpate di faglia; 4) versanti strutturali o substrutturali; 5) valli reliche; 6) canyon fluvio-carsici; 7) grandi depressioni carsiche; 8) principali frane; 9) frane di tipo scorrimento (a) o colamento (b); 10) grandi scarpate degradate; 11) DGPV; 12) «superfici reliche»; 13) glacies di erosione; 14) superfici terrazzate fluviali.

Fig. 1- Schema morfostrutturale delle Madonie occidentali (da AGNESI 2000).

Fra i tanti fattori responsabili dell'attuale assetto geomorfologico madonita non si possono trascurare le variazioni climatiche susseguite nel Quaternario, caratterizzate dall'alternanza di fasi climatiche fredde e calde.

Secondo Hugonie (1979), numerose forme di versante sono da mettere in relazione non solo alla fase morfodinamica legata al sollevamento pleistocenico subito dalle Madonie, ma anche all'alternarsi di sistemi morfoclimatici differenti.

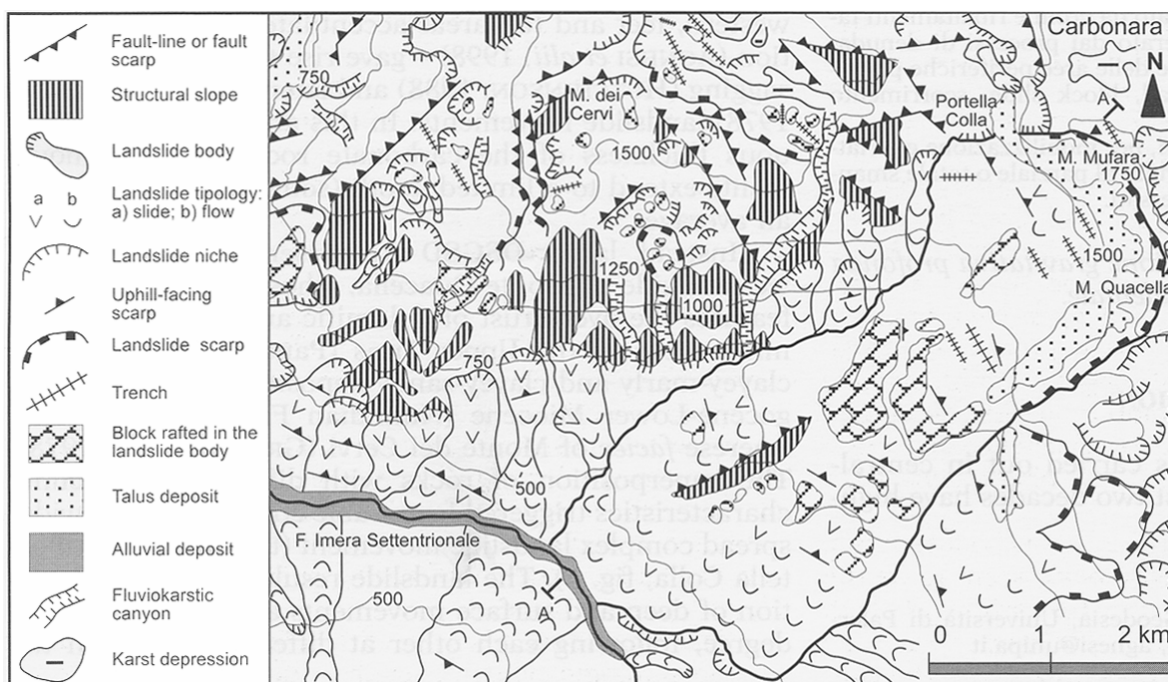


Fig. 2- Schema geomorfologico dell'area di Pizzo Carbonara (da AGNESI et al. 2000).

Lo studio dei differenti processi morfogenetici del massiccio delle Madonie (Figg. 1 e 2) è di particolare interesse in quanto questi ultimi influenzano le modalità di infiltrazione dell'acqua piovana e la circolazione idrica sotterranea. A tal proposito una particolare attenzione deve essere riservata alle forme e ai processi carsici, che nelle Madonie si sviluppano soprattutto nei calcari mesozoici della piattaforma carbonatica panormide.

Il paesaggio carsico madonita è caratterizzato sia da forme carsiche epigee (doline, polje, valli cieche, inghiottitoi e campi solcati o karren), sia da forme ipogee (inghiottitoi, pozzi carsici, grotte). La presenza di inghiottitoi in numerose doline delle Madonie fa pensare ad un collegamento fra le forme epigee e quelle ipogee che condiziona la circolazione idrica sotterranea.

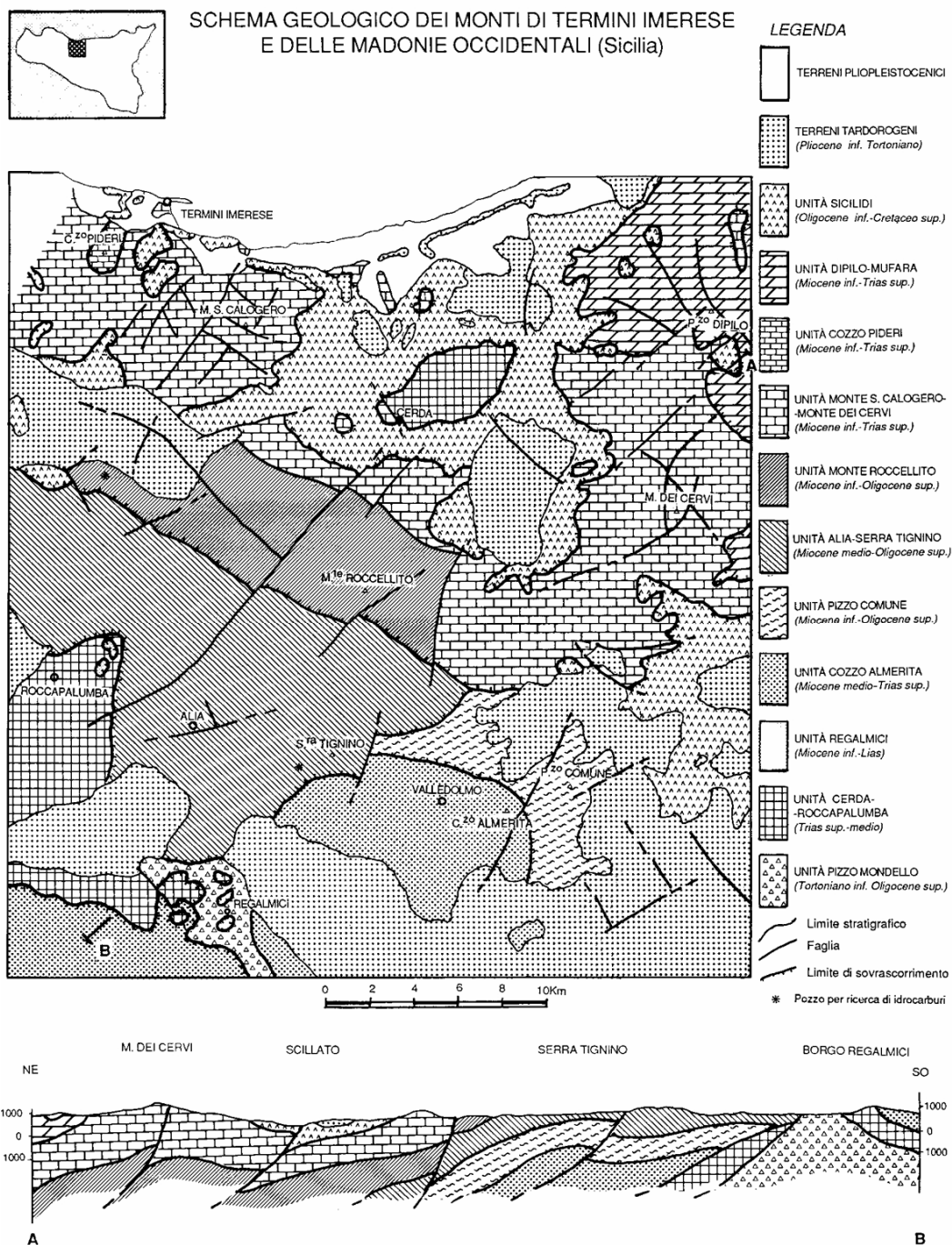


Fig. 3 - Schema geologico dei Monti di Termini Imerese e delle madonie occidentali (da ABATE et al., 1988).

Lo sviluppo dei processi carsici nelle Madonie ebbe inizio con molta probabilità quasi due milioni di anni fa e raggiunse il suo acme durante le fasi glaciali quaternarie a causa delle variazioni eustatiche del livello del mare e dell'erosione delle coperture terrigene. Occorre però tenere conto che numerosi furono i fattori concomitanti responsabili del suo sviluppo,

fra cui l'intensa fratturazione del corpo carbonatico e l'esistenza di un vasto altopiano sommitale con andamento sub-orizzontale. La presenza, infatti, di un altopiano subpianeggiante, disposto a quote superiori ai 600 m s.l.m. favorisce tuttora la persistenza del manto nevoso e l'istaurarsi di processi di crioclastismo e di termogelivazione responsabili dell'aumento del grado di fratturazione e dei processi di dissoluzione chimica.

L'intensa carsificazione dei terreni carbonatici, influenza la circolazione idrica superficiale e sotterranea, infatti la presenza di circuiti carsici sotterranei impostati lungo linee di dissoluzione preferenziale favorisce il rapido deflusso delle acque lungo particolari direttrici tettoniche.

Anche l'analisi dei processi e delle forme fluviali è di particolare interesse per lo studio geologico-strutturale e idrogeologico delle Madonie, per tale motivo occorre precisare che:

- la quasi totalità dei corsi d'acqua è di carattere torrentizio, ad eccezione del F. Imera meridionale e settentrionale e della Fiumara di Pollina;
- con esclusione dell'area endoreica di P.zo Carbonara, M. Ferro, M. Spina Puci, caratterizzata dall'assenza di rete idrografica superficiale, l'area studiata mostra un drenaggio molto sviluppato in corrispondenza di depositi argillosi;
- il pattern assume una configurazione di tipo sub-parallelo e sub-angolare qualora, come spesso accade, risente del controllo tettonico. L'analisi della rete idrografica fornisce alcune informazioni su presunti allineamenti tettonici orientati E-W (V.ne Faguara), NW-SE (T. Vicaretto) e NE-SW (V.ne Madonna degli Angeli), confermate da diversi autori che si sono interessati dell'inquadramento tettonico-strutturale delle Madonie.

Inquadramento geologico

I Monti delle Madonie ricadono nel settore settentrionale della catena nord siciliana (Fig. 3) e sono il risultato della sovrapposizione tettonica miocenica di vari corpi geologici carbonatici, carbonatico-silicoclastici e terrigeni, d'età Trias sup. - Miocene inf., con vergenza generalmente meridionale (Fig. 4).

Le falde tettoniche, che costituiscono il settore madonita della catena siciliana, hanno raggiunto gli attuali rapporti reciproci fra l'inizio del Miocene e l'inizio del Pliocene.

Tali corpi derivano dalla deformazione di una successione bacinale pelagica e di scarpata (Dominio Imerese Auct.), e di una successione di piattaforma carbonatica (Dominio Panormide Auct) individuatesi durante le fasi distensive mesozoiche e coronate da depositi terrigeni silicoclastici (Flysch Numidico Auct.).

Subordinati sono gli affioramenti, ridotti a placche isolate, dei depositi pelitici (Argille Varicolori Auct.) e calcareo-marnosi (Fm. Polizzi e Tusa) del Dominio Sicilide Auct.

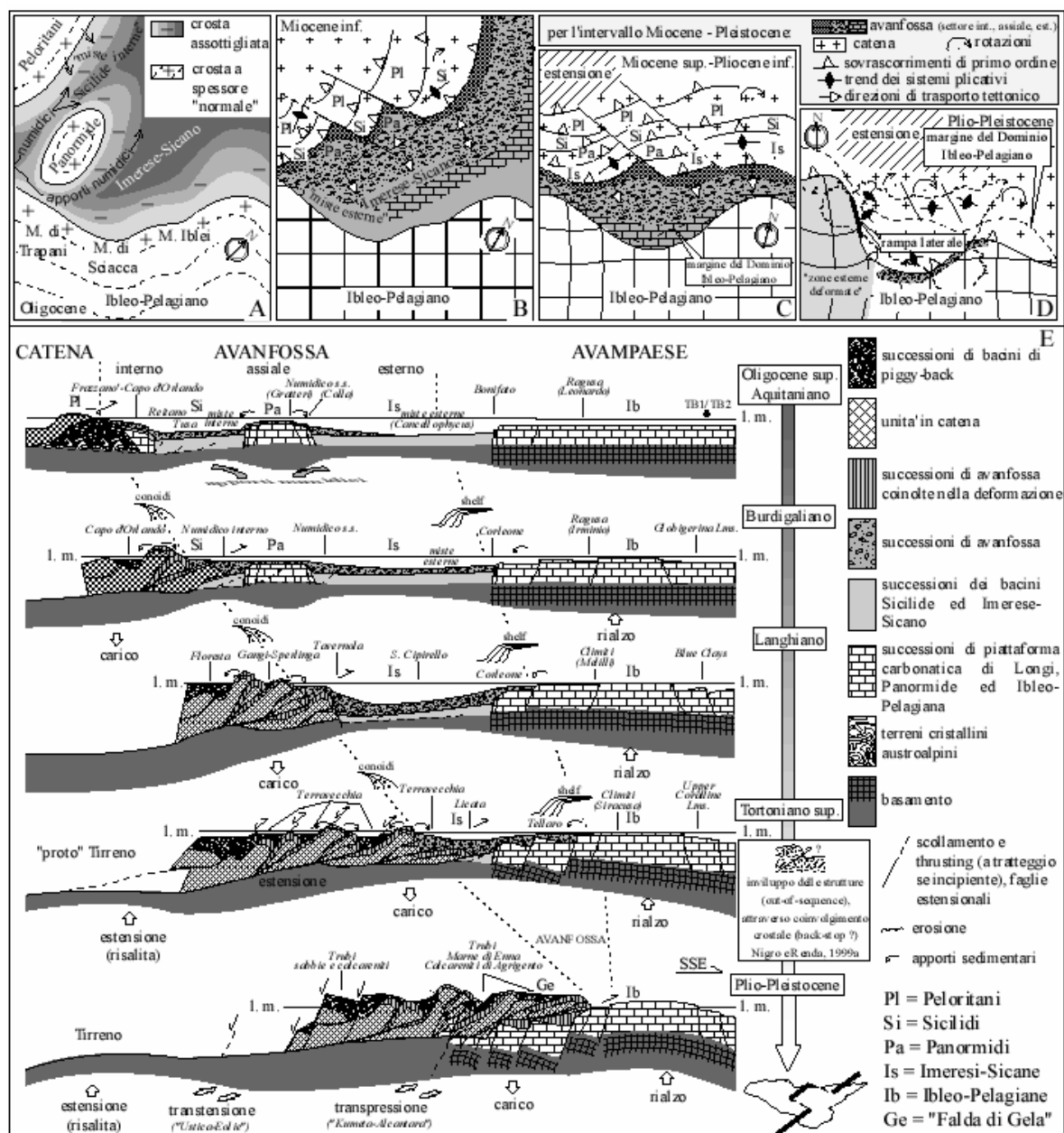


Fig. 4- Progressione delle deformazioni in Sicilia durante il Miocene-Pleistocene (da NIGRO & RENDA, 2000).

I maggiori rilievi risultano generalmente circondati da terreni di natura terrigena e fluvio-deltizia (Fm. Cozzo Terravecchia Auct.) e subordinatamente da depositi ascrivibili al ciclo evaporitico messiniano, ed ai “*Trubi*” pliocenici.

Nel Pliocene medio-sup., le ulteriori deformazioni dell’edificio tettonico sono associate a sistemi di faglie transpressive, orientate NE-SW, che hanno determinato l’estrusione dei corpi tettonici geometricamente più bassi nell’edificio strutturale, producendo, inoltre, sistemi fuori sequenza retrovergenti. L’analisi strutturale dell’intero edificio tettonico delle Madonie ha permesso di riconoscere una pila di unità tettoniche sovrapposte, così disposte, dal basso verso l’alto:

- Unità Imeresi (*Unità Monte dei Cervi, Unità Monte Quacella*)
- Unità Panormidi (*Unità Pizzo Dipilo-Pizzo Carbonara*)
- Unità Sicilidi, che sovrastano tettonicamente il Flysch Numidico che costituisce le coperture terrigene di entrambe le unità precedentemente menzionate;
- Depositi post-orogeni del Tortoniano superiore - Pliocene inferiore (terrigeni, evaporitici e carbonatici), che ricoprono in discordanza la sottostante struttura a falde.

L’interpretazione tettonica che viene data alle Madonie prevede che l’Unità Pizzo Dipilo - Monte Mufara, solidale con copertura di Flysch a megabrecce, si sia messa in posto sui terreni dell’adiacente Bacino Imerese, prima del Langhiano superiore.

Tra il Tortoniano superiore ed il Messiniano si ha la deposizione delle molasse della Fm. Terravecchia e di altri depositi terrigeni di ambiente deltizio evolventi a facies neritica e successivamente evaporitica. Una ripresa dei vecchi piani di accavallamento si verifica successivamente alla deposizione dei “*Trubi*”, nel Pliocene medio, con il coinvolgimento dei terreni del Miocene superiore e del Pliocene inferiore.

Nel Pliocene superiore - Pleistocene il sollevamento, iniziato nel Miocene superiore, si accentua e la parte settentrionale di questo tratto di catena si smembra in blocchi lungo linee tettoniche ad andamento NW-SE e NE-SW. La completa emersione dell’area in esame si realizza alla fine del Pleistocene superiore.

Una fase tettonica traslativa pliocenica è stata recentemente segnalata (Abate *et al.*, 1991), interessando il versante meridionale delle Madonie (località Nociazzi) in cui si osserva la sovrapposizione delle Unità numidiche sulle Unità Sicilidi e di entrambi sui terreni tardorogeni del Miocene superiore e del Pliocene inferiore.

Le Figg. 5-11 mostrano le stratigrafie dei terreni affioranti nei Monti delle Madonie, mentre le Figg. 12-13 mostrano alcune sezioni geologiche significative.

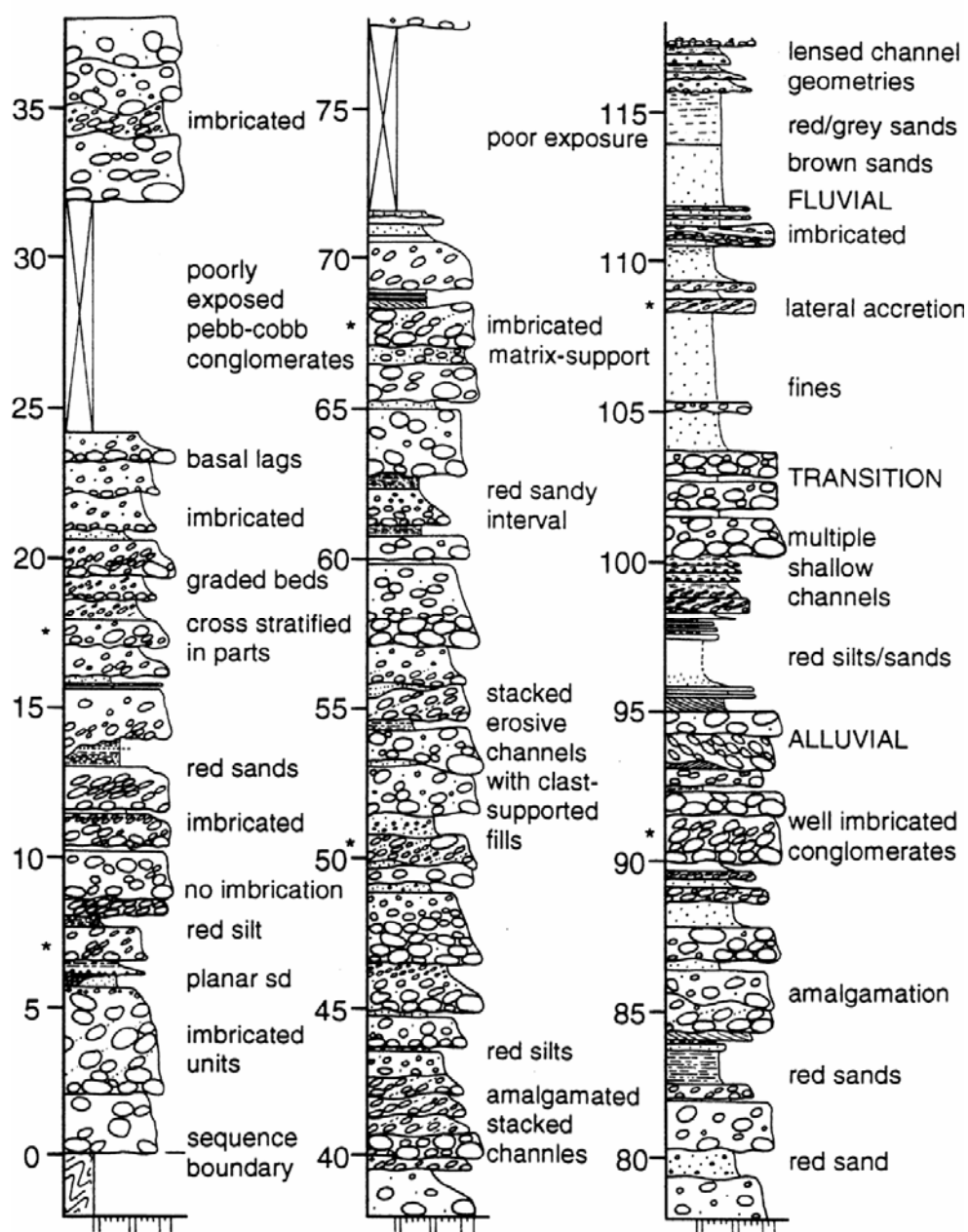


Fig. 5- Stratigrafia della Fm. Terravecchia (da GRASSO & JONES, 1995).

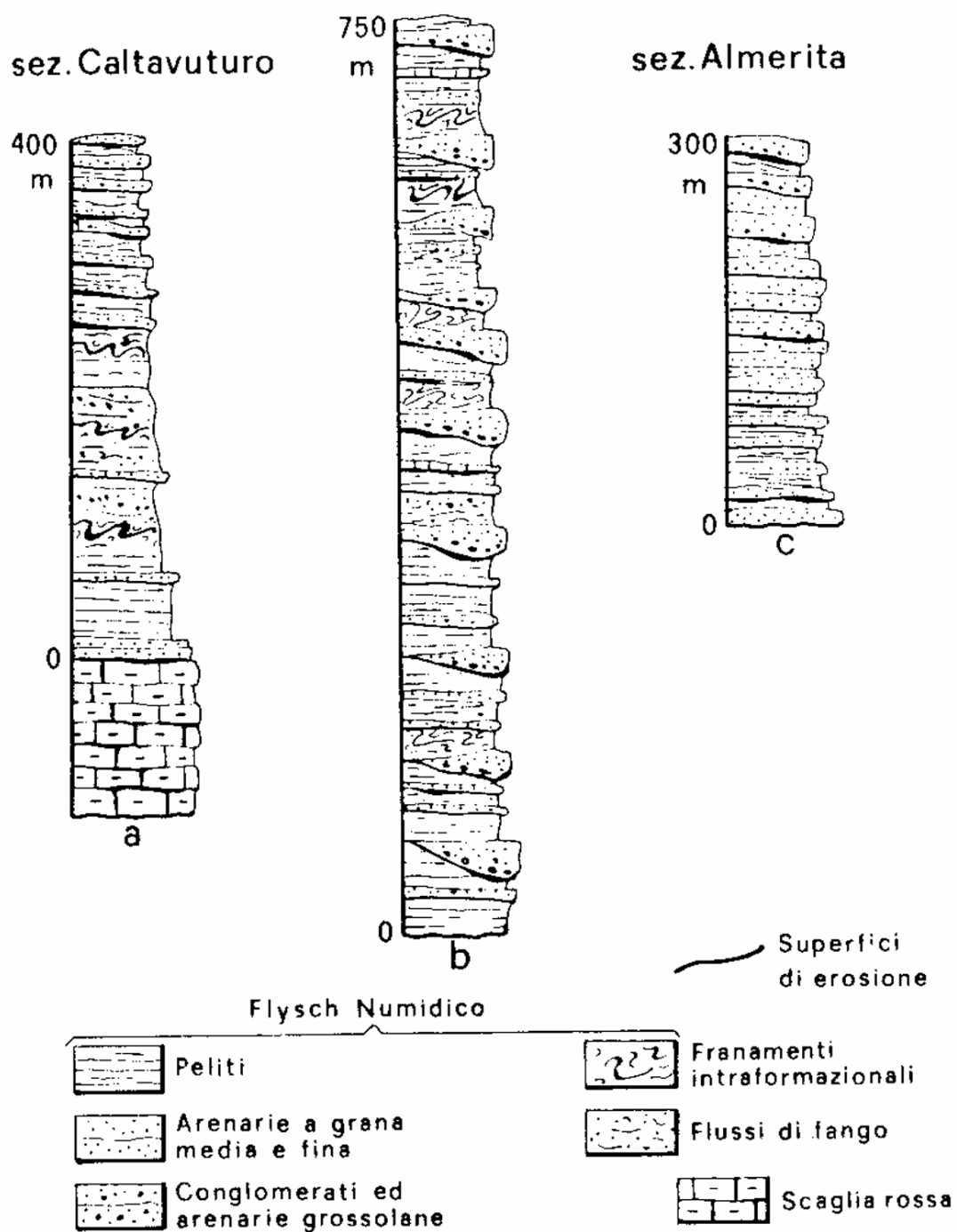


Fig. 6- Stratigrafie del Flysch Numidico nell'area delle Madonie (da PESCATORE et al. 1987).

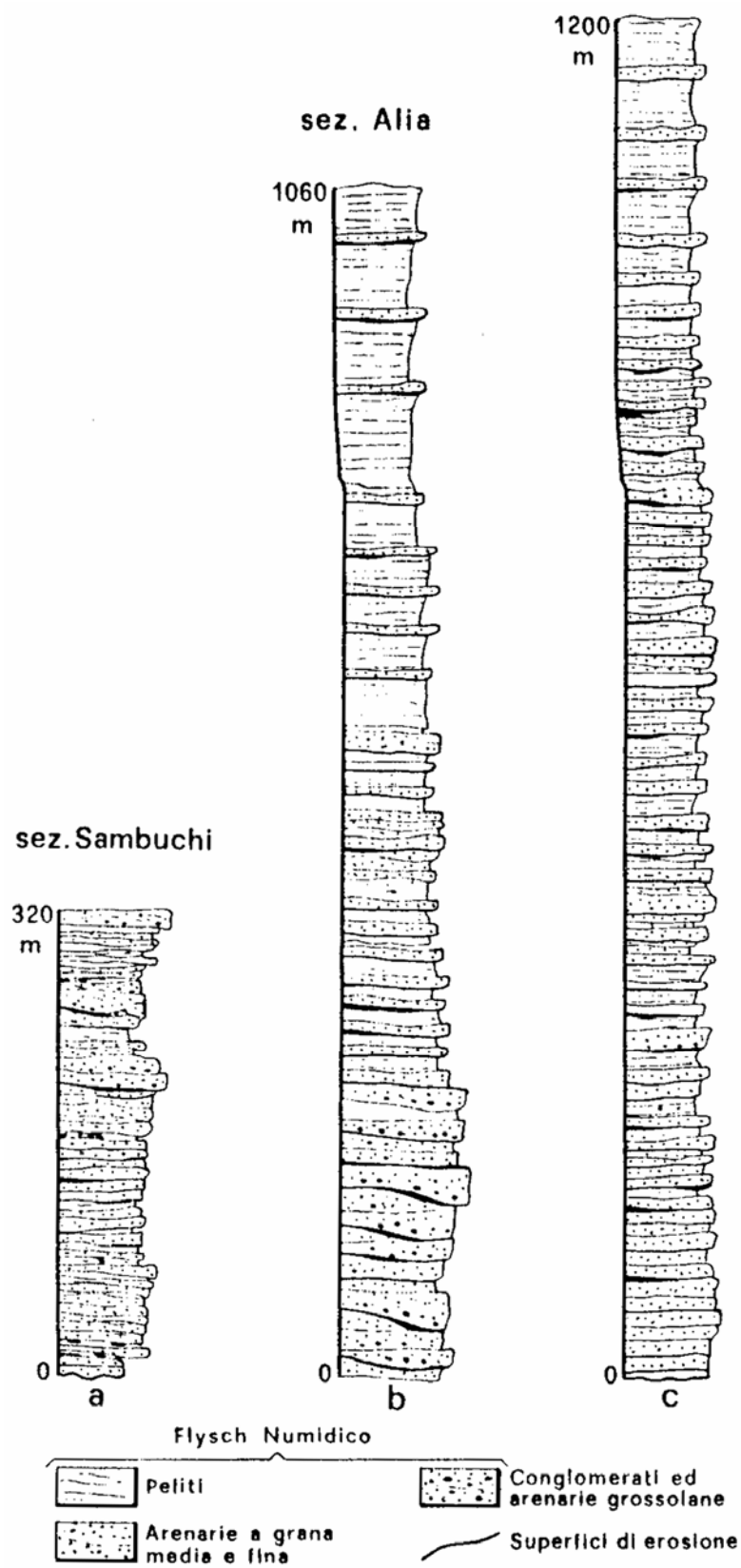


Fig. 7- Stratigrafie del Flysch Numidico nell'area delle Madonie (da PESCATORE et al., 1987).

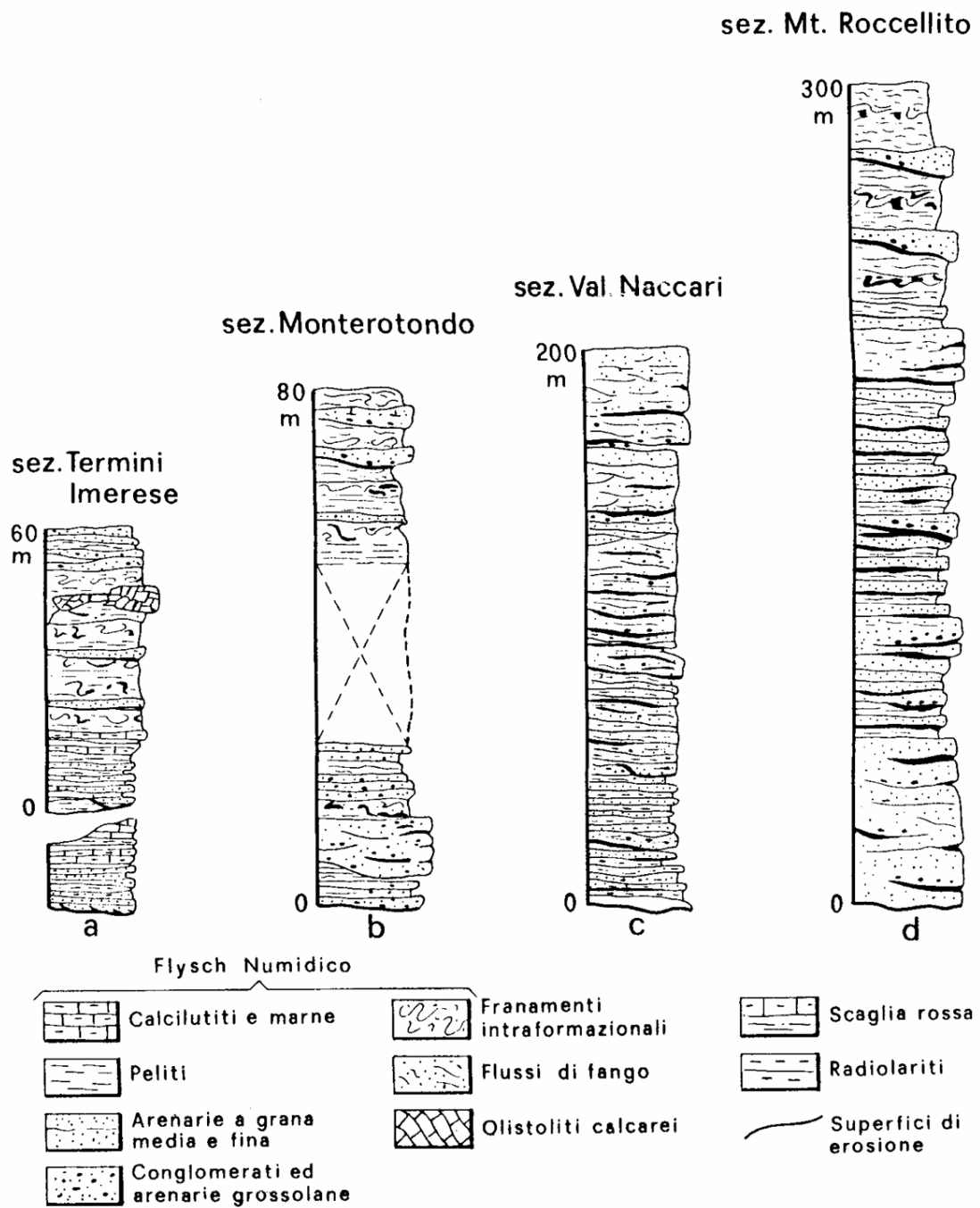
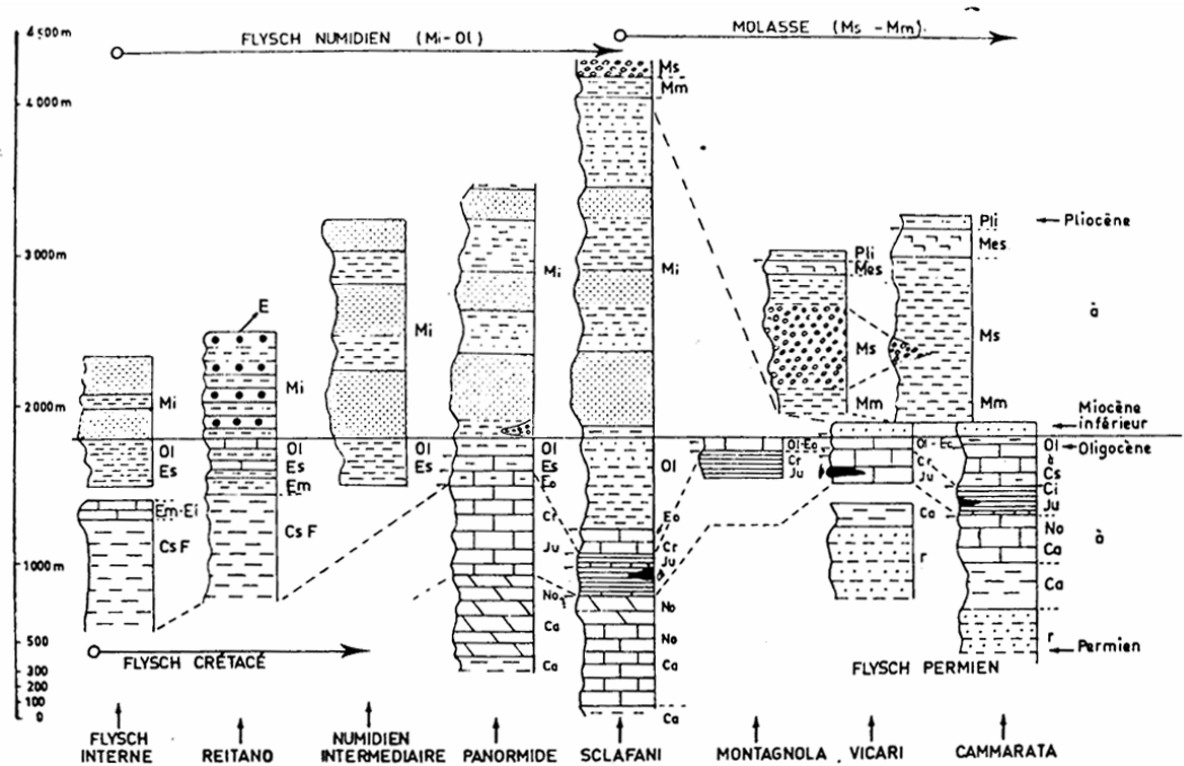


Fig. 8- Stratigrafie del Flysch Numidico nell'area delle Madonie (da PESCATORE et al. 1987).



Caractères généraux des principales séries stratigraphiques des Madonies et des Sicani orientaux. Les transgressions sont indiquées par de petites flèches.

Fig. 9- Stratigrafie dell'area delle Madonie e dei Sicani orientali (da BROQUET, 1968).

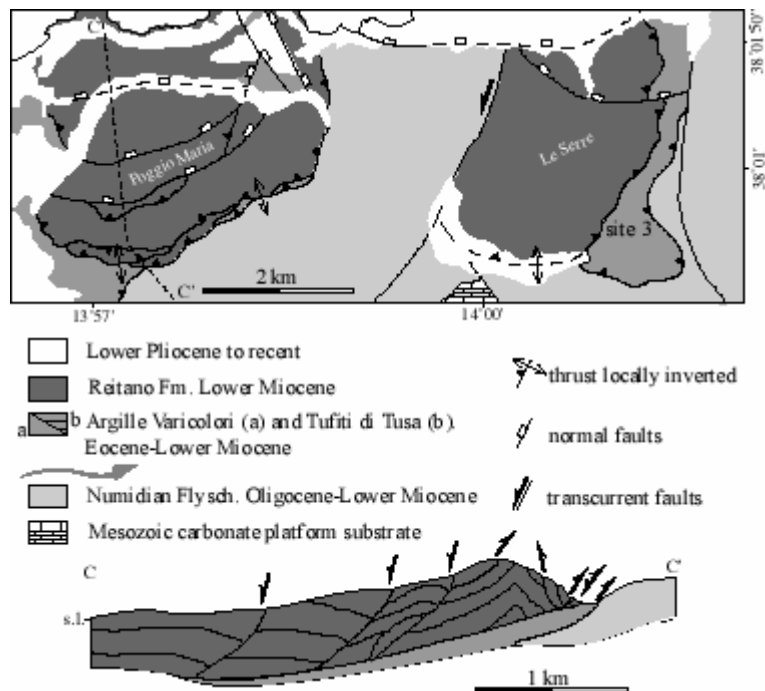


Fig. 10- Schema e sezione geologica dell'area di Cefalù (da NIGRO & RENDA, 2004).

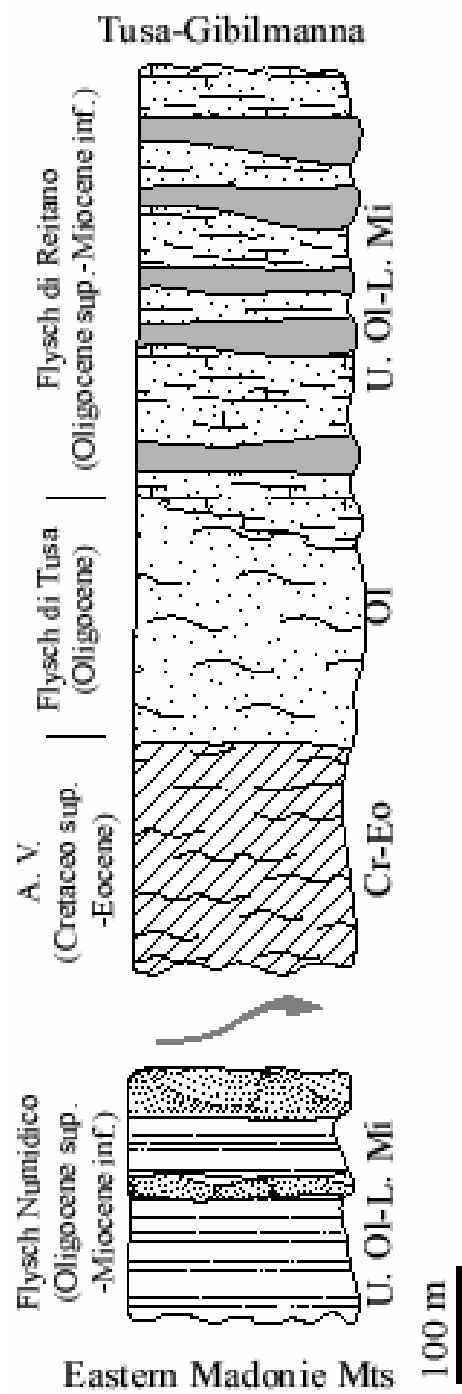
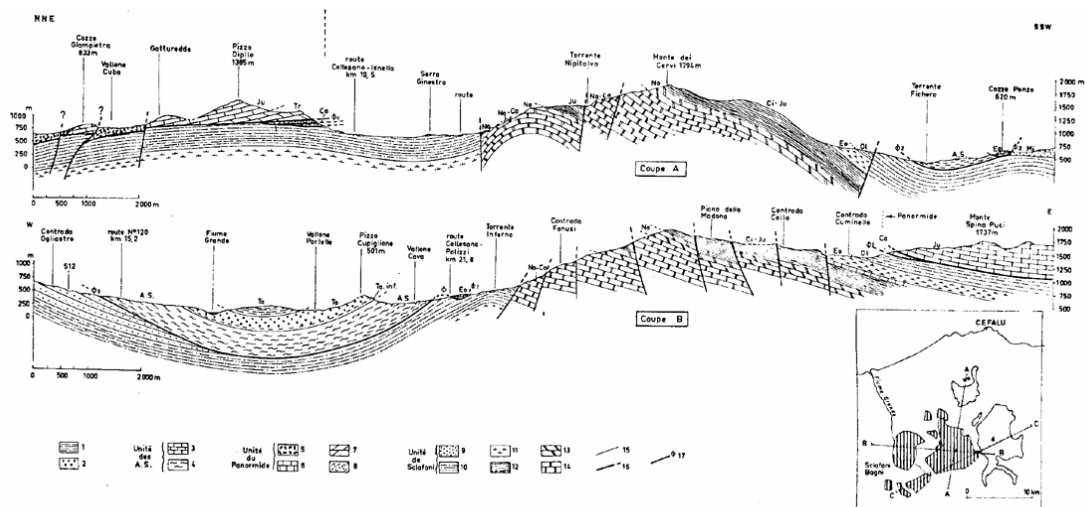


Fig. 11- Stratigrafia sintetica delle Madonie orientali (da NIGRO & RENDA, 2004).



Coupes géologiques des Madonie (*)

Les coupes orthogonales A et B rendent compte de la structure des Madonie. Leur tracé figure sur le croquis de situation où l'on distingue les contours des unités du Panormide (en pointillés) et de Scalfani (hachures verticales). Pour la coupe C, voir la figure 29. L'édifice structural comprend de bas en haut: 1 - l'unité de Scalfani, dôme anticlinal post-nappe érigé au Mio-Pliocène; 2 - l'unité allochtone du Panormide, mise en place pendant la sédimentation du Numidien (?), à l'Oligocène supérieur (OGNIBEN, 1960). Cette unité aurait rejoint au Tortonien, subissant avec sa couverture numidienne un nouveau déplacement vers le Sud. La présence d'A.S. coincées sous le Panormide, atteste ce déplacement au Miocène; 3 - l'unité des A.S., largement charriée, repose à l'W des Madonie sur divers termes de la série de Scalfani. Au S et SE des Madonie elle se trouve soit sur le Numidien argileux (Oligocène), soit sur le Numidien gréseux (Miocène inférieur). On peut observer sur la partie gauche de la Coupe B un synclinal post-nappe mio-pliocène qui affecte la nappe des A.S. Cette nappe repose sur les grès du Numidien (Miocène inférieur) et se trouve recouverte normalement par des sédiments du Tortonien datés précisément, à leur base, du Tortonien inférieur (zone à *Globorotalia menardii* de BOLLÉ). Un commentaire plus complet se trouve dans le texte.

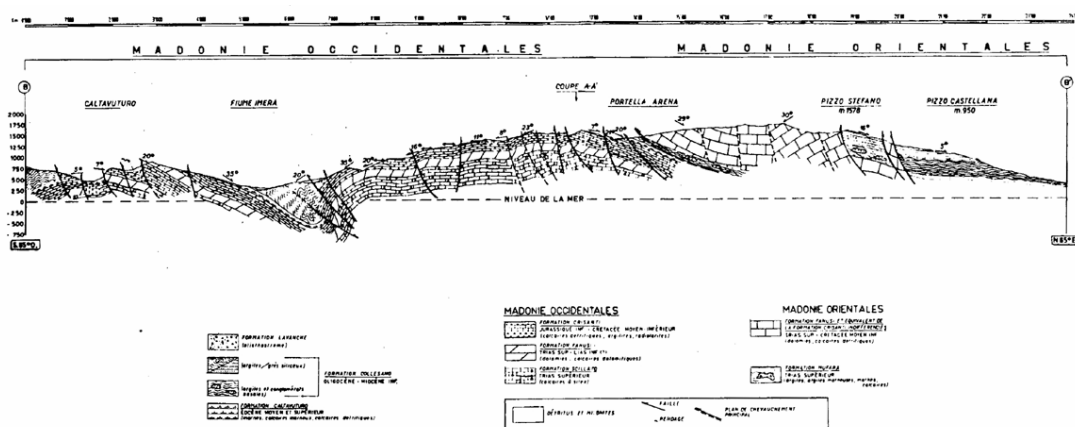
Légende: 1. - Marnes du Tortonien; 2. - Conglomérats, molasse etc... du Tortonien avec à la base des marnes du Tortonien inférieur.

Unité des A.S.: 3. - Éocène calcaro-marneux de Polizzi; 4. - A.S. essentiellement du Crétacé supérieur.

Unité du Panormide: 5. - marnes brunes et calcaires - Oligocène moyen-inférieur - Éocène supérieur (?); 6. - calcaires du Jurassique (Ju) - Crétacé inférieur; 7. - dolomies du Trias (Tr); 8. - marnes et calcaires du Trias plastique: Carnien (Ca).

Unité de Scalfani: 9. - flysch numidien grés-argileux (Miocène inférieur); 10. - flysch numidien argilo-gréseux (Oligocène); 11. - marnes, marno-calcaires (faciès « Scaglia ») et calcaires de l'Éocène supérieur et moyen; 12. - calcaires du Cénozoïque; 13. - dolomies et calcaires dolomitiques du Norien (No); 14. - calcaires à silex du Norien-Carnien (No-Ca); 15. - contact stratigraphique normal; 16. - failles; 17. - contact anormal.

Fig. 12- Sezioni geologiche delle Madonie (da BROQUET, 1968).



Coupe NE - SW des Madonie d'après SCHMIDT de FRIEDBERG et autres (1960).

Cette coupe est indiquée sur un croquis de situation (fig. 28 C). Correspondances entre les fig. 28 et 29: Madonie occidentale = Unité de Scalfani; Formation Scillato = 14; Formation Fanusi = 13; Formation Crisanti = 12; Formation Caltavuturo = 11. (Pour les auteurs de cette coupe la formation Caltavuturo est commune aux Madonie orientales et occidentales. Pour nous cette formation est caractéristique de la seule unité de Scalfani, mais dans le chapitre stratigraphique, nous avons signalé qu'il existait des affinités de faciès entre cette formation et le Paléocène-Éocène inférieur du Panormide); Formation Collesano = 9; Madonie orientale = Panormide; Formation Mufara = 8; Formation Fanusi etc. = 6 + 7; Olistostrome Lavanche = nappe des A.S. = 4.

Fig. 13- Sezioni geologiche delle Madonie (da BROQUET, 1968)

Inquadramento idrogeologico

L'area delle Madonie ha suscitato grandissimo interesse non solo dal punto di vista stratigrafico e strutturale, ma anche dal punto di vista idrogeologico; infatti gli elevati valori delle precipitazioni annue e le particolari strutture idrogeologiche esistenti rendono questo settore il più importante serbatoio idrico della Sicilia centro settentrionale.

L'assetto tettonico del settore delle Madonie ha delle chiare implicazioni sulla circolazione idrica all'interno delle strutture idrogeologiche, che ivi è possibile distinguere.

Alcuni Autori (Bartolomei *et al.*, 1983; Cusimano, 1987; Cusimano *et al.*, 1992; Mangano *et al.*, 1970) ritengono che le sorgenti ricadenti sul versante meridionale dell'U.I. P.zo Dipilo – P.zo Carbonara costituiscano i recapiti di circuiti idrici più superficiali, legati a singole strutture orografiche e che il gruppo sorgentizio della Rocca di Cefalù si debba ricondurre ad un circuito più profondo.

I vari tipi litologici simili affioranti nel settore delle Madonie sono stati raggruppati in complessi aventi nel loro insieme una comprovata unità spaziale e giaciturale, un tipo di permeabilità prevalente ed un grado di permeabilità relativa che si mantiene in un campo di variazione piuttosto ristretto. Nei confronti dell'infiltrazione e della circolazione idrica tali complessi presentano un comportamento sostanzialmente identico.

I principali complessi idrogeologici individuati sono:

Complesso calcareo-marnoso e argilloso-arenaceo-calcareo (Fm. Mufara)

E' rappresentato essenzialmente da argilliti e marne variegata con intercalati livelli calcilutitici, calcisiltitici, calcarenitici e breccie dolomitiche, mentre nel settore di Cozzo Rasolocollo (Contino, 2002), da argilliti, marne ed arenarie quarzoso-micacee, breccie calcaree e breccie calcaree organogene (Fm. Mufara Auct., Carnico). Tale complesso, nella sua globalità, presenta un grado di permeabilità molto basso, che si riduce ulteriormente quando si presenta intensamente tettonizzato. Inoltre nella porzione superficiale di alterazione, per la presenza di materiale lapideo inglobato nella massa argillosa marnosa di fondo, si può osservare una bassa permeabilità per porosità e talora in tale porzione è ospitata una falda idrica a superficie piezometrica libera, alquanto effimera in quanto legata alle condizioni stagionali. La Fm. Mufara, costituita da una fitta alternanza di livelli

calcilutitici e/o calcisiltitici e di marne giallognole, affiorante nel settore sud-occidentale ed orientale del Monte Mufara e della Quacella, ed a sud-est di Monte Ferro, rappresenta il limite di permeabilità definito del sovrastante complesso calcareo-dolomitico, con comportamento di impermeabile relativo, giustificato dalla presenza al contatto di una serie di sorgenti allineate lungo l'elemento geometrico rappresentato dal limite di permeabilità. La permeabilità, bassa, è compresa tra i 10^{-7} e i 10^{-9} m/s. La vulnerabilità è bassa e praticamente trascurabile.

Complesso calcareo-dolomitico

In questo complesso sono stati raggruppati vari termini litologici con grado di permeabilità simile che ne giustifica l'associazione. Trattasi di calcilutiti e calcareniti della Fm. Scillato Auct. del Trias sup., delle breccie dolomitiche, doloruditi e doloareniti della Fm. Fanusi Auct., del Lias inf. e dei grossi corpi carbonatici risedimentati (essenzialmente calcareniti e calciruditi) della Fm. Crisanti Auct., nonché dalle dolomie e breccie dolomitiche della Fm. Quacella. Esso, per le caratteristiche idrogeologiche rappresenta uno dei principali acquiferi del territorio delle Madonie, come attesta la presenza di alcune sorgenti di una certa rilevanza ubicate a sud-ovest di Monte Quacella. Stratificazione indistinta o malvisibile presentano le dolomie e le breccie dolomitiche vacuolari delle Fm. Quacella e Fanusi.

La fratturazione si sviluppa in più sistemi, generalmente il principale presenta un andamento quasi perpendicolare al secondario ed anche se non è accompagnata da fenomeni carsici particolarmente sviluppati, fa di questi termini degli eccellenti acquiferi dotati di elevata permeabilità da 10^{-2} a 10^{-4} m/s. Uno scarso ruolo idrogeologico presentano, di contro, le modeste intercalazioni di vulcaniti in seno alle radiolariti della Fm. Crisanti.

La notevole esposizione, in affioramento, consente un'alimentazione di grande entità che genera sorgenti d'elevata portata.

La vulnerabilità è da considerare da elevata ad alta, legata alla maggiore o minore carsificazione dei calcari.

La permeabilità prevalente è alta per fatturazione e localmente per porosità allorquando tale complesso si presenta intensamente cataclasato e le forme carsiche sono poco sviluppate se raffrontate al complesso idrogeologico precedente.

In questo complesso si localizzano le più cospicue falde idriche sotterranee del territorio madonita e dagli stessi prendono alimentazione le grosse manifestazioni sorgentizie (vedi gruppo sorgentizio di Scillato). Tale complesso affiora maggiormente nel rilievo di Monte dei Cervi e più a sud nella Rocca di Sciara (o Montagna di Caltavuturo) e nella Montagna di Sclafani Bagni, queste ultime due sede di circolazione idrotermale.

Quando il complesso si sovrappone tettonicamente alle sequenze argillose del Flysch Numidico (C.da Faguara e P.lla Colla), si hanno diversi fronti di emergenza idrica dove ricadono sorgenti di buona produttività: Faguara (~14 l/s), Romito (~11 l/s), e Faggio (<5 l/s).

Altre sorgenti per soglia sottoposta sono: Fra Paolo (~9 l/s), Canalotto (~9 l/s) e Canna (~10 l/s). Quest'ultima sorgente sembra sia alimentata da condotti carsici, come testimonierebbe la presenza di alcuni inghiottitoi lungo il V.ne Canna e nella parte alta di P.zo Canna. Quando sul complesso dolomitico seguono stratigraficamente le coperture numidiche, questo è sede di una falda idrica confinata (come confermano i dati della galleria di Fosso Canna).

Complesso prevalentemente calcareo

In tale complesso sono stati unificati i termini calcarei e calcareo-dolomitici, pertinenti alle successioni derivanti dalla deformazione del dominio Piattaforma Panormide. Esso, per le sue caratteristiche idrogeologiche, rappresenta il principale acquifero del territorio delle Madonie e riveste un'importanza strategica ai fini di nuovi interventi per la ricerca e quindi per l'incremento delle disponibilità idriche attuali.

Bisogna altresì ricordare che le strutture idrogeologiche che comprendono tale complesso sono sviluppate verso nord sino alla Rocca di Cefalù.

Tale complesso appare ovunque discretamente stratificato ed intensamente fratturato e carsificato.

La serie calcarea presenta una ricchezza di forme carsiche, fundamentalmente doline ed inghiottitoi, sviluppate maggiormente nei rilievi di Pizzo Carbonara e di Pizzo Dipilo.

Tale complesso si caratterizza per l'alto grado di permeabilità relativa per fessurazione e carsismo epigeo ed ipogeo (Agnesi *et al.*, 1998) che permette forti aliquote di infiltrazione efficace. La risorsa idrica sotterranea viene restituita gradualmente attraverso un gran numero di sorgenti pedemontane, anche di buona portata, che assicurano notevoli aliquote d'alimentazione alle principali sorgenti delle Madonie (come quelle site a sud di Monte Ferro ed a nord di Pizzo Dipilo).

L'indice di carsificazione aumenta verso l'alto stratigrafico e di conseguenza il grado di permeabilità è notevolmente crescente verso l'alto. Mediamente la permeabilità varia da 10^{-4} a 10^{-3} m/s.

Anche in questo complesso, la fratturazione si sviluppa in più sistemi, generalmente il principale presenta un andamento quasi perpendicolare al secondario.

La vulnerabilità è da considerare molto elevata, ma la modesta antropizzazione delle aree di alta quota e la mancanza di centri di pericolo diffusi o puntuali la limitano notevolmente.

Questo complesso assieme a quello calcareo dolomitico costituisce l'acquifero principale dell'area madonita ed ospita una falda, in rete di frattura e condotti carsici. Quando al complesso calcareo fa seguito la copertura terrigena impermeabile numidica, la falda idrica risulta confinata ed è in comunicazione con la falda libera presente in corrispondenza delle aree di ricarica.

Complesso calcareo marnoso e silico-marnoso

Sono raggruppati in tale complesso le sequenze di argilliti silicee, radiolariti e marne a radiolari della Fm. Crisanti Auct., le calcilutiti e calcisiltiti con intercalati banchi di biocalcareni gradate (Fm. Caltavuturo Auct.), le calcilutiti, calcisiltiti e marne con liste di selce ("Scaglia" Auct.) e le calcilutiti, calcareniti e marne della Fm. Polizzi Auct.

La permeabilità per fessurazione è bassa e questa aumenta localmente nelle successioni calcarenitiche. Trattasi di terreni nei quali la porosità è quasi nulla, mentre la fessurazione, in special modo per la Fm. Polizzi, è legata al grado di tettonizzazione, rilevante, anche se spesso le diaclasi sono occluse da materiale siltoso-lutitico. La permeabilità è comunque mediamente contenuta entro 10^{-5} a 10^{-7} m/s.

Le radiolariti e le argilliti silicee quando sono particolarmente potenti, possono rivestire un ruolo di impermeabile relativo per i sovrastanti complessi idrogeologici, dando luogo ad alcune manifestazioni sorgentizie localizzate, lungo il limite di permeabilità definito, costituito dalle stesse argilliti.

Nelle altre successioni descritte sopra, la presenza di livelli più marnosi favorisce localmente l'instaurarsi di manifestazioni sorgentizie a carattere altamente stagionale.

Le sorgenti, legate ad affioramenti di modesta estensione, sono di scarsa portata.

Questi termini ricoprono, a volte, terreni a maggiore permeabilità contribuendo alla loro alimentazione ed anche, parzialmente, alla loro protezione. La vulnerabilità va considerata da media a bassa.

Complesso delle megabrecce carbonatiche meso-cenozoiche

Trattasi per lo più di megabrecce ed olistoliti calcarei in corpi lenticolari o stratiformi con potenza estremamente variabile da pochi centimetri a diverse decine di metri ed intercalati a vari livelli nelle successioni argillose del Flysch Numidico come, ad esempio, nella galleria di Fosso Canna. La permeabilità è estremamente variabile per porosità e per gli elementi di più grosse dimensioni talora si ha una circolazione idrica resa manifesta da una serie di emergenze di portata irrisoria. Il maggiore sviluppo di tale complesso si ha nel settore orientale di M. San Salvatore.

La porosità è quasi nulla, mentre la fessurazione è legata al loro grado di tettonizzazione; la permeabilità varia da 10^{-7} a 10^{-8} m/s.

I modesti affioramenti generano piccole sorgenti di portata effimera. La vulnerabilità è media, ma estremamente localizzata.

Complesso argilloso arenaceo del Flysch Numidico

Nel complesso sono rappresentate le sequenze pelitico-arenacee del Flysch Numidico. Trattasi, infatti, di arenarie con intercalazioni di argille e di arenarie conglomeratiche. La permeabilità è essenzialmente per fessurazione in corrispondenza dei livelli arenacei. I valori di permeabilità sono variabili in funzione dello stato di fratturazione dei banchi arenacei. La prevalenza dei termini arenacei rispetto a quelli pelitici comporta una circolazione idrica sotterranea che, seppure discontinua, è nell'insieme di un certo interesse data la frequenza dei piani di fratturazione. Ciò è reso evidente da tutta una serie di piccole manifestazioni sorgentizie che bordano, a diversa quota, i banconi arenacei sovrastanti termini poco permeabili o in seno alla stessa successione dove si hanno intercalazioni argillose di maggiore potenza. La permeabilità è compresa tra i 10^{-7} e i 10^{-9} m/s.

La vulnerabilità è bassa e praticamente trascurabile.

Complesso prevalentemente arenaceo

In tale complesso sono raggruppate le sequenze arenaceo conglomeratiche del Flysch Numidico e quelle arenacee del Flysch di Reitano. Questo complesso presenta un certo interesse idrogeologico locale nei settori dove maggiormente si sviluppa, in quanto il numero delle manifestazioni sorgentizie è sempre legato all'estensione degli affioramenti ed alla frequente presenza di banconi arenacei, generalmente molto fratturati. In corrispondenza di quest'ultimi la permeabilità è generalmente discreta e può assumere, in qualche caso, anche valori elevati. Le arenarie del Flysch di Reitano Auct. possono presentare talora locali fenomeni di decementazione che comportano un certo grado di permeabilità per porosità, ma questo comunque resta del tutto subordinato al grado di permeabilità dovuto alla fratturazione.

La permeabilità è modesta per porosità, localmente più elevata per la presenza di fessurazione diffusa; i valori medi sono prossimi a 10^{-6} m/s.

Per la presenza di insediamenti antropici, la vulnerabilità, generalmente bassa per questi acquiferi è da considerare media. Tale complesso ospita esigue falde idriche discontinue in rete di frattura. Le sorgenti più significative sono: Camparelle, (~8 l/s), Centomasi (~8 l/s), Piano Lana.

Complesso prevalentemente argilloso-marnoso

In questo complesso sono riunite, per evidenti affinità litologiche, oltre che idrogeologiche, le numerose formazioni pertinenti alle Unità Sicilidi e quelle oligomioceniche. Infatti, in tale complesso sono rappresentate: le argille serravalliane-tortoniane (Pre-Terravecchia Auct.), le marne e le argille sabbiose del Tortoniano (Fm. Terravecchia Auct.), le argille sottilmente stratificate, siltiti e arenarie del Flysch Numidico (facies pelitica), le Argille Varicolori Auct., frequentemente tettonizzate, talora caotiche, ed inglobanti una frazione lapidea più o meno abbondante, le alternanze dei livelli arenacei e argilloso-marnosi delle vulcanoclastiti di Tusa (Fm. di Tusa o “Tufiti di Tusa” Auct.), e quelle argilloso-marnose e calcarenitiche e calcisiltitiche della Fm. Gratteri Auct. Questi vari termini compositi svolgono la funzione di impermeabile relativo rispetto tutti gli altri complessi idrogeologici del settore delle Madonie.

Infatti, il ruolo idrogeologico di questi termini è da ritenere inesistente non essendoci nelle aree del loro affioramento delle vere falde idriche a cui essi potrebbero fare da limite di permeabilità definito o da strato confinante.

Caratteristiche leggermente diverse presenta il Flysch Numidico nella sua facies pelitica a causa della giacitura dei livelli arenacei inglobati nelle argilliti, talora intensamente tettonizzate. Le caratteristiche di permeabilità relativa del complesso in oggetto sono molto variabili da livello a livello e da zona a zona ma in ogni caso essa rimane notevolmente bassa. La permeabilità è, quindi, da bassa a bassissima con valori compresi tra 10^{-8} a 10^{-10} m/s.

Tali successioni, in special modo per il Flysch Numidico pelitico, per il loro assetto geometrico e per i ripetuti accavallamenti tettonici, possono raggiungere spessori anche di migliaia di metri.

Modeste falde idriche, localizzate nelle ridotte coltri d'alterazione di tali successioni terrigene, sono captate da pozzi di grande diametro e di modesta profondità (3-6 m) o talora alimentano sorgenti quasi sempre temporanee.

La vulnerabilità è praticamente nulla, salvo in situazioni localizzate, per la presenza di piccole sorgenti o pozzi.

Complesso conglomeratico

Conglomerati poligenici per lo più ciottolosi, più o meno cementati, con clasti prevalentemente carbonatici e/o arenacei e matrice sabbiosa, si rilevano nel settore meridionale ed occidentale delle Madonie. Tali conglomerati presentano, di solito, giacitura massiva o mal stratificata con livelli e lenti sabbiosi, talora sabbioso-argillosi specialmente alla base. Lo spessore è estremamente variabile ed il complesso mostra una permeabilità da discreta a buona per porosità, regolata dalla presenza o meno di una matrice argillosa e talora, per i livelli più cementati, da una permeabilità per fessurazione in funzione della presenza o meno di materiali siltitici o lutitici che ne condizionino l'occlusione. Tutto ciò permette l'alimentazione di un certo numero di sorgenti la cui portata è generalmente modesta, eccezionalmente di circa 10 l/s, ma con poca variabilità, ed è funzione prevalentemente della limitata estensione degli affioramenti del suddetto complesso, il quale quasi sempre è sostenuto da terreni a permeabilità più bassa (argillosi), che delimitano nettamente l'acquifero costituendo un limite di permeabilità definito. La permeabilità generalmente è da media a bassa e compresa tra 10^{-5} a 10^{-6} m/s. Le lenti argilloso-siltose, riscontrabili a diverse altezze stratigrafiche, negli orizzonti conglomeratici, costituiscono dei limiti di permeabilità indefiniti responsabili, della formazione di falde idriche sospese o localmente confinate.

La vulnerabilità va considerata da media a bassa con condizioni locali di maggiore sensibilità a situazioni d'inquinamento puntuale.

Complesso calcareo gessoso-marnoso

Vengono rappresentati in tale complesso tutti i termini pertinenti alla serie evaporitica e quelli marnosi e marnoso-calcarei dei “*Trubi*” Auct. del Pliocene inf., molto più sviluppati nel settore meridionale delle Madonie. Fondamentalmente in tale complesso sono raggruppati: marne e marne calcaree (“*Trubi*”), gessareniti alternate a banchi di gesso macrocristallino con intercalazioni argillose, calcareniti e calcari organogeni biolititi a *Porites* (Fm. Baucina Auct.). Le permeabilità relative variano in funzione dello stato fisico, come ad esempio lo stato di dissoluzione carsica dei gessi. In relazione allo stadio fisico dei vari litotipi si può assegnare una permeabilità variabile da media a bassa per porosità e subordinatamente per fessurazione. Intercalazioni impermeabili quali argille gessose,

interrompono localmente la circolazione all'interno del complesso, il quale si presenta alquanto smembrato e dislocato per cui viene a mancare spesso la continuità idraulica fra i rilievi che costituiscono il paesaggio tipico dei settori meridionali dell'area. I rilievi in questione costituiscono quindi dei singoli serbatoi idrici, anche di piccole dimensioni, che in particolari rapporti di giacitura con gli impermeabili regionali, danno luogo a modestissime manifestazioni sorgentizie, generalmente per soglia di permeabilità sottoposta.

Le acque che tale complesso racchiude sono in parte altamente mineralizzate, ed in genere più o meno scadenti e quindi non utilizzabili per scopi idropotabili.

Gli affioramenti dei "Calcarei a *Porites*" della Fm. Baucina, dei termini messiniani e dei soprastanti "*Trubi*" pliocenici sono limitati a plaghe discontinue presenti a monte di Campofelice di Roccella, a Sud di Caltavuturo, a Sud ed a Sud-Est di Polizzi, ad Est e Sud-Est di Petralia ed a Monte Corvo, mentre corpi lenticolari di fanglomerati messiniani affiorano nei dintorni di Nociazzi ad Ovest di Petralia Sottana.

La permeabilità è bassa per porosità, mentre acquista una certa rilevanza laddove la fessurazione dei calcari e/o dei gessi è più accentuata ed è comunque compresa tra 10^{-4} e 10^{-7} m/s.

La copertura costituita da marne e calcari marnosi bianchi a globigerinidi ("*Trubi*"), dove presente, isola totalmente o parzialmente gli acquiferi sottostanti.

Le modeste estensioni di tali complessi giustificano l'esistenza di piccole sorgenti con portate che raramente superano 1 l/s.

I calcari ed i gessi sono stati coltivati, in passato, con piccole cave oggi quasi totalmente abbandonate.

Negli affioramenti prospicienti la linea di costa settentrionale, in discordanza sui "*Trubi*", sono presenti depositi marini terrazzati prevalentemente ghiaioso-sabbiosi, di modesto spessore, massimo 3 ÷ 4 m, il cui ruolo è paragonabile a quello del complesso alluvionale descritto precedentemente.

La vulnerabilità del complesso evaporitico va considerata da media a bassa; più rilevante ove in affioramento sono presenti i gessi e/o calcari, minore o quasi trascurabile laddove i "*Trubi*" mascherano i sottostanti termini evaporitici.

Complesso alluvionale e depositi litorali

Il complesso alluvionale, affiorante nei fondovalle e lungo le foci, si presenta in corpi lenticolari costituiti da materiali poligenici, da grossolani a fini. La presenza ripetuta di corpi lenticolari siltoso argillosi, più frequenti nei tratti fluviali a bassa inclinazione e verso la costa, determina nel complesso la separazione di livelli a diversa permeabilità e potenza. La presenza di livelli a diverso grado di permeabilità permette, quindi, di definire tale complesso multifalda, in quanto la falda ospitata in tali materiali è irregolarmente suddivisa in una serie di corpi idrici sovrapposti la cui quota piezometrica è alquanto variabile.

La permeabilità può variare da 10^{-4} a 10^{-7} m/s.

Nei depositi alluvionali dei fiumi Imera e Pollina, che limitano ad ovest ed est l'area madonita, è possibile riconoscere materiali derivanti dall'azione erosiva dei corsi d'acqua, rappresentativi di tutte le litofacies affioranti nel complesso delle Madonie, trasportati e depositati nelle zone depresse delle aree prossime alla costa.

Non si hanno pianure alluvionali, fatta eccezione per quelle dei tratti finali dell'Imera e del Pollina.

Lo spessore del materiale alluvionale in tali tratti finali è più potente (in genere intorno ai 40-50 m, al massimo 50-60 m, in prossimità delle confluenze laterali), dato che si desume dalla presenza di numerosi pozzi idrici scavati per lo più nei paleoalvei dei fiumi in questione e che si spingono sino a tali profondità. L'incisione operata da questi fiumi su queste alluvioni ha portato alla formazione di terrazzi fluviali, come nel caso dell'Imera dove è possibile osservare il successivo alternarsi di livelli sabbiosi, argillosi e ciottolosi che testimoniano il ripetersi di fenomeni di piena e di magra.

Da quanto detto per il complesso alluvionale i terreni permeabili ed impermeabili per porosità si succedono nel materasso alluvionale alquanto irregolarmente e ciò è dovuto ai fenomeni di trasporto dei corsi d'acqua. Ne consegue che la produttività idrica di tale complesso è alquanto variabile da punto a punto.

I depositi litorali si estendono largamente lungo i tratti di costa, con maggiore frequenza in prossimità delle foci dei fiumi Imera e Pollina. In questi tratti si sviluppano ampie fasce di terreni sabbiosi di origine fluviale rielaborati dal mare, talora con disposizione in cordoni successivi e paralleli alla costa. Prevalgono sabbie fini, con alcune

presenze di frazioni molto fini o anche episodi di origine palustre che abbassano di molto la permeabilità per porosità, ostacolando in tal modo l'ingresso dell'acqua marina verso l'interno.

Il substrato è costituito da:

- argille e marne varicolori numidiche e serravalliano-tortoniane (Pre-Terravecchia *Auct.*, ecc.) lungo l'alveo del Fiume Imera Settentrionale, salvo il tratto mediano laddove affiorano i conglomerati tortoniani (Fm. Terravecchia);
- argille e marne con rare intercalazioni arenacee (facies pelitica del Flysch Numidico) lungo l'alveo del Torrente Pollina e del suo affluente il Torrente Castelbuono;
- argille ed alternanze arenaceo-conglomeratiche della Fm. Terravecchia, "Trubi" e depositi marini terrazzati presenti lungo la costa, ad Ovest di Cefalù sino all'alveo del Fiume Imera;

L'alimentazione del complesso alluvionale è dipendente dalle dimensioni del bacino di dominio o dalla presenza di acquiferi con cui risulta in contatto idraulico.

Le conoidi alluvionali sono presenti lungo il corso dell'Imera settentrionale ed allo sbocco dei corsi d'acqua minori che ritagliano i depositi fluvio-marini terrazzati.

Lo sfruttamento del complesso alluvionale si realizza tramite pozzi, per lo più a largo diametro (i più antichi), e da perforazioni realizzate nell'ultimo cinquantennio, più frequenti nelle zone terminali dei corsi d'acqua e lungo la fascia costiera (dalla foce del Fiume Imera settentrionale fino alla foce del Torrente Piletto, ad Est).

La vulnerabilità degli acquiferi costituiti dalle alluvioni è alta, oltre che per la notevole permeabilità media, anche per le condizioni di sfruttamento antropico cui sono sottoposte, specie nei fondovalle e lungo la costa. La viabilità frequente, i numerosi insediamenti, da piccole a medie dimensioni, le coltivazioni agricole specializzate, irrigue, con uso di prodotti chimici di vario tipo, l'esistenza di cave di materiali inerti e di discariche incontrollate, anche di piccole o minime dimensioni, come gli accumuli di carcasse d'auto, lo scorrere di acque inquinate provenienti dai centri urbani, presenti nel tratto montano dei bacini di dominio e, comunque, la bassa profondità dei livelli piezometrici, a volte quasi affioranti, rendono notevole il rischio d'inquinamento, sia puntuale che diffuso.

Detrito di falda e coperture eluvio-colluviali

Lungo i fianchi dei principali rilievi carbonatici ed al piede delle potenti bancate quarzarenitiche del Flysch Numidico sono presenti materiali detritici e talvolta prodotti eluviali e depositi colluviali. I materiali detritici sono costituiti essenzialmente da clasti eterometrici, anche di grandi dimensioni. Talora sono presenti sottili lenti di materiale derivato dal dilavamento di suoli. La base d'appoggio è in genere fortemente inclinata verso valle. La permeabilità risulta generalmente medio-bassa, da 10^{-5} a 10^{-7} m/s ed il drenaggio è molto rapido. L'alimentazione superficiale è solo quella diretta, salvo il travaso dagli acquiferi con cui è in contatto; l'esaurimento avviene in tempi brevi; lo spessore in genere non supera i 30 - 40 m. Se questi poggiano su terreni permeabili, determinano un più lento deflusso sotterraneo verso gli acquiferi sottostanti.

In genere il loro grado di cementazione è basso, talora nel loro spessore si rinvencono lembi a terre rosse residuali o prodotti di dilavamento dei rilievi che complessivamente determinano una marcata diminuzione della permeabilità per porosità. Ancora possono riscontrarsi valori più bassi se i detriti di falda provengono dalle fitte alternanze di arenarie e argille.

Il ruolo idrogeologico è quello di drenare e di distribuire in profondità le acque di infiltrazione e quelle drenate dai rilievi a cui sono addossati.

I depositi detritici presentano una permeabilità media anche superiore a quella delle alluvioni, ma la loro posizione e disposizione morfologica, la rarità della viabilità, la quasi totale mancanza d'insediamenti residenziali od occasionali, l'assenza di coltivazioni particolari, salvo qualche modesto pascolo, rendono il rischio d'inquinamento di questi termini piuttosto modesto. Le più estese presenze di questi depositi sono localizzate:

- a Nord e ad Ovest di Monte Castellaro;
- a Sud ed ad Est del Monte dei Cervi;
- ad Ovest ed a Nord-Ovest di Pizzo Carbonara; ove i detriti sono di origine prevalentemente carbonatica.

Minori affioramenti si hanno sui terreni numidici a Sud di Cefalù ed a Sud di Castelbuono; si tratta di detriti prevalentemente sabbioso-siltosi dovuti al disfacimento dei banchi arenacei.

Schema idrogeologico

Per struttura idrogeologica si intende, generalmente, un “dominio dotato di una comprovata unità litostratigrafica, strutturale e morfologica, all’interno del quale esistono, a grande scala, condizioni idrogeologiche piuttosto omogenee”. I rapporti fra le varie strutture idrogeologiche individuate nelle Madonie sono stati sintetizzati nello schema idrogeologico di Fig.14 (Aureli *et al.*, 2001).

All’interno del bacino idrogeologico delle Madonie, è possibile distinguere quattro strutture idrogeologiche autonome.

Tali strutture idrogeologiche sono:

- *Unità idrogeologica Monte dei Cervi,*
- *Unità idrogeologica di M.Quacella,*
- *Unità idrogeologica Pizzo Carbonara-Pizzo Dipilo,*
- *Unità idrogeologica Pizzo Catarineci.*

Le prime due unità idrogeologiche sono costituite da una successione litostratigrafia afferente al dominio Imerese, la terza è formata da unità litostratigrafiche del dominio Panormide, e la quarta da sequenze arenaceo conglomeratiche del Flysch Numidico.

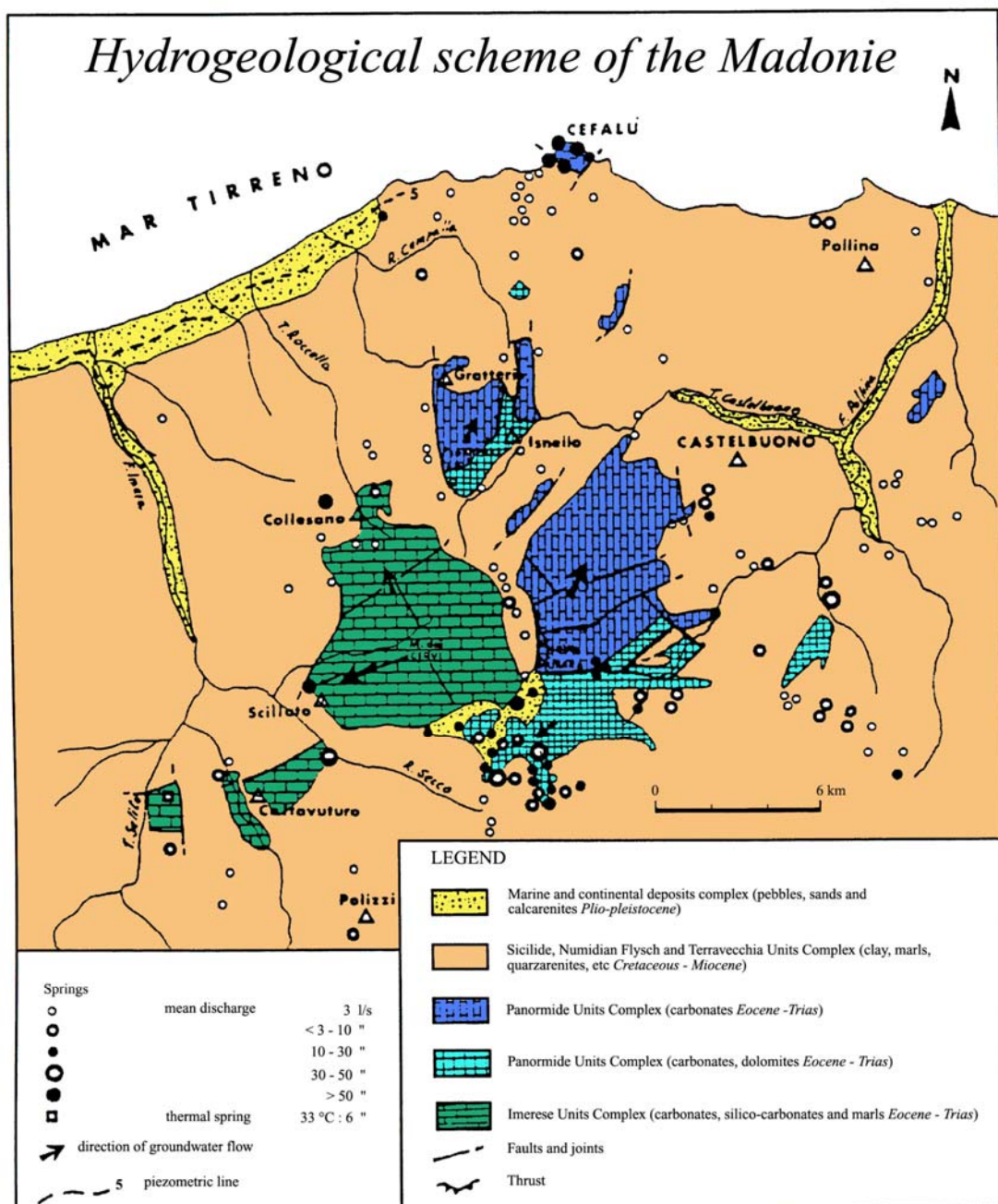


Fig. 14 - Schema idrogeologiche delle Madonie (da AURELI et al., 2001).

Unità idrogeologica Monte dei Cervi: (codice corpo idrico: R19MDCS01)

E' costituita da un'ossatura calcarea dolomitica e calcareo-silico-marnosa. All'interno del rilievo sono riconoscibili vari termini argilloso-arenacei attribuibili al Flysch Numidico (facies pelitica) che sembrano sigillare l'idrostruttura. Questa può essere considerata una grande struttura anticlinale allungata in senso nord-sud con immersione di strato prevalenti verso sud e sud-est. Inoltre, tale idrostruttura risulta interessata da una fitta maglia di faglie dirette di direzione NE-SW e da un'altra, quasi ortogonale a questa, con direzione NW-SE.

Prospezioni geofisiche, per lo più eseguite lungo le fasce pedemontane o poco lontano dalla struttura, hanno messo in evidenza, al di sotto delle coperture plastiche prevalentemente afferibili al Flysch Numidico, strutture carbonatiche che si approfondiscono verso NW e NE.

Considerata la bassa permeabilità dei terreni che vengono a contatto con le rocce carbonatiche ai bordi o nelle depressioni tra strutture, appaiono evidenti in generale, le condizioni di tamponamento esistenti all'intorno della struttura (soglie di permeabilità).

Accanto a queste condizioni, nelle serie idrogeologiche esistono altresì dei limiti di permeabilità definiti, coincidenti con il contatto fra le calcareniti e calciruditi e breccie risedimentate della Fm. Crisanti e le argilliti silicee e radiolariti della stessa formazione.

La distribuzione e l'entità delle manifestazioni sorgentizie più importanti sembrano indicare che la direzione preferenziale del flusso delle acque sotterranee è verso SW e NW, rispettivamente verso il gruppo sorgentizio di Scillato (circa 400 m s.l.m., la portata variabile da 450 a 550 l/s dai dati dello STIR relativi al 2002) e verso le sorgenti di Collesano (sorgente Favara di Collesano: quota circa 380 m s.l.m., la portata variabile da 7 a 17 l/s dai dati dello STIR relativi al 2002), la cui localizzazione è in accordo con l'andamento plano-altimetrico della soglia di permeabilità.

Unità idrogeologiche di secondo ordine si hanno a SW di Monte dei Cervi e precisamente la Rocca di Sciara, Cozzo Ebreo e la Montagna di Sclafani.

La Rocca di Sciara è delimitata da un sistema principale di faglie dirette avente direzione NE – SW, ruotante sino ad E-W e da un secondo sistema di direzione NW-SE. La struttura infine è delimitata da una faglia inversa di direzione NE-SW che ruota sino ad

E-W. Gli strati presentano una direzione generale NE-SW ed immersioni SE con pendenze medie di 30°.

La Montagna di Sclafani si presenta con una forma a cuneo delimitato a sud da una faglia inversa di direzione E-W. La struttura è inoltre delimitata da faglie dirette aventi il medesimo andamento della struttura della Rocca di Sciara.

Dall'Unità idrogeologica Montagna di Sclafani scaturiscono delle sorgenti termominerali. Secondo Schmidt di Friedberg (1966), il grado di mineralizzazione di tali sorgenti sarebbe legato alla risalita di acque profonde ad elevata salinità legate al grande serbatoio individuato dai pozzi per ricerche petrolifere Avanella I e Colla I. Il valore del $\delta^{18}\text{O}$ (- 4.34) di dette acque indicherebbe, secondo questo autore, la possibilità di scambi isotopici con la roccia serbatoio, ipotesi che contrasta col calcolo delle temperature profonde col geotermometro SiO_2 (circa 50° C). Invece, secondo Alaimo *et al.*, 1987 il geotermometro Na-K-Ca indicherebbe temperature in profondità dell'ordine di 250 °C. Il movimento dei fluidi avverrebbe dalle posizioni di alto degli affioramenti verso le zone depresse, che nel settore considerato costituiscono il cosiddetto “graben di Cerda”. Tale flusso idrico sotterraneo interesserebbe poi anche le idrostrutture minori quali la Montagna di Sclafani, Cozzo Rosso-Ebreo e la Rocca di Sciara (dove si hanno manifestazioni termali a bassa entalpia in contrada Fuci).

Unità idrogeologica Monte Quacella: (codice corpo idrico: R19MDCS02)

Questa unità deriva dalla deformazione di una zona di raccordo fra la Piattaforma carbonatica Panormide ed il Bacino Imerese, costituiti da depositi carbonatici mesozoici ripetutamente scagliati che sono ricoperti dalle sequenze scollate del Flysch Numidico. La successione stratigrafica, è costituita dai depositi della Fm. Mufara, seguiti verso l'alto da depositi di scarpata rappresentati da breccie dolomitiche infraliassiche (Fm. Fanusi). A luoghi, queste dolomie sono ricoperte da sottili livelli di radiolariti (Fm. Crisanti) e/o "scaglia rossa" (Fm. Caltavuturo) contenente megabreccie ad elementi di piattaforma carbonatica. In discordanza su tutti i terreni precedenti si rinviene una successione caratteristica costituita da livelli argillosi arenacei del Flysch Numidico con frequenti intercalazioni di megabreccie calcaree dell'Oligocene sup. - Aquitaniano.

Verso l'alto sul Flysch Numidico a megabreccie seguono livelli di argilliti e quarzareniti del Flysch Numidico s.s..

Spesso la copertura numidica (Flysch Numidico) si presenta scollato dal substrato e a sua volta ripetutamente scagliata. Talvolta, il Flysch Numidico si interpone fra i corpi tettonici di dimensioni maggiori costituiti da successioni carbonatiche meso-cenozoiche. Un esempio tipico è la sovrapposizione tettonica osservabile da Pomiere, dove l'anticlinale di rampa di Fosso Canna (dolomie Fanusi) giace sulle successioni numidiche secondo un piano di faglia inversa ad alto angolo.

Inoltre i dati litostratigrafici rilevati nella galleria di derivazione di Fosso Canna hanno evidenziato diversi contatti anomali interpretabili come una serie di corpi diversamente scagliati, sovrascorsi in parte dalla copertura terrigena numidica e probabile prosecuzione delle superfici di thrusts affioranti in superficie.

La genesi delle numerose sorgenti è da imputare quindi all'assetto tettonico che si realizza in tale settore (per lo più sorgenti per soglia di permeabilità). La circolazione idrica nel sottosuolo è condizionata, oltre che dalla fitta rete di fratture e fessure e dalle molteplici forme carsiche, anche dagli allineamenti tettonici.

I rapporti tettonici individuabili in questo complicato settore madonita permettono di ricostruire i probabili circuiti idrici e la loro direzione di deflusso sotterraneo e giustificare inoltre le acque drenate all'interno della galleria di derivazione di Fosso Canna.

I dati litostratigrafici rilevati in galleria permettono di riconoscere al di sotto della copertura numidica dei contatti anomali legati alla tettonica compressiva. Questo assetto strutturale favorirebbe, inoltre, il collegamento idraulico delle successioni dolomitiche di Pizzo Canna con le dolomie intercettate in galleria, ma anche fra queste ultime e le dolomie di Monte Quacella e di Pizzo dell'Inferno. Le venute idriche in galleria si localizzano in corrispondenza non solo delle dolomie ma anche dei livelli quarzarenitici e carbonatici inclusi nel Flysch Numidico (portata complessiva variabile fra i 10 e 20 l/s). La natura geochimica di queste acque (composizione prevalentemente carbonatica) fa supporre inoltre l'esistenza di rapporti idraulici laterali che permettano travasi idrici dalle dolomie di Monte Quacella e di Pizzo Canna.

Da questa idrostruttura sgorgano diverse sorgenti, alcune delle quali captate dall'Acquedotto Madonie Est (sorgenti Margi, Margi Soprano, Margi Menta, Gisa, Galleria Cella, Faguara, Romito, Fra Paolo ed altre) che alimenta i comuni di Caltanissetta, Enna e centri minori. La disponibilità di tale acquedotto dovrebbe essere integrata con le acque dell'invaso di Blufi. Altre sorgenti quali Pietà, Urrà, Sorgitore e Grotticelli sono gestite dall'EAS, dal Consorzio di Bonifica Palermo 2 e dai Comuni di Caltavuturo e Sclafani Bagni.

La distribuzione e l'entità delle manifestazioni sorgentizie più importanti sembrano indicare che la direzione preferenziale del flusso delle acque sotterranee sia verso SW, SE e NE, rispettivamente verso il gruppo sorgentizio di Pietà, Urra, Sorgitore e Grotticelli (portata media circa 100 l/s), verso le sorgenti Caterratti e verso le sorgenti Faguara, Romito, Fra Paolo e Canna.

Unità idrogeologica Pizzo Carbonara-Pizzo Dipilo: (codice corpo idrico: R19MDCS03)

L'Unità idrogeologica di Pizzo Carbonara - Pizzo Dipilo, è costituita da depositi prevalentemente carbonatici del corpo centrale della Piattaforma Carbonatica Panormide che si sviluppano a partire dal Norico.

Nella prima successione stratigrafica, si succedono: marne, calcilutiti a radiolari, calcareniti risedimentati, brecce dolomitizzate (Fm. Mufara) di età norica, nelle quali proseguono le facies di piattaforma carbonatica e di scogliera del Norico, seguite, con una

grossa lacuna, da terreni in facies di retroscogliera e di complesso di scogliera del Giura sup. - Cretaceo inf. e medio e da calcilutiti a foraminiferi planctonici (“Scaglia”) del Cretacico superiore. In discordanza sui depositi giura-cretacei, si ritrovano sedimenti di scarpata costituiti di argilliti, marne e biocalcareni risedimentate a grossi foraminiferi, alghe e molluschi, ecc. (Fm. Gratteri) di età Eocene sup. - Oligocene, a loro volta seguiti da argilliti arenacee e quarzareniti (Flysch Numidico).

L’assetto tettonico è caratterizzato dall’accavallamento di tale unità sulla già menzionata Unità di Monte dei Cervi. E’ possibile osservare tale accavallamento tettonico lungo i fianchi occidentali di Monte Mufara. Qui si realizza il contatto tra i calcari permeabili panormidi ed i livelli impermeabili del Flysch Numidico che costituiscono la copertura dell’Unità Monte dei Cervi, isolandola idrogeologicamente

Le strutture di Pizzo Dipilo e di Pizzo Carbonara presentano un andamento monoclinale con strati immergenti verso N-E e N-W e sono interessate da un sistema di faglie con direzione prevalente NE-SW.

L’U.I. P.zo Carbonara-P.zo Dipilo rappresenta nel settore delle Madonie la struttura geologica più idonea a favorire un certo accumulo idrico, non solo perché è essenzialmente costituita da calcari intensamente carsificati e fratturati, ma anche perché è limitata lateralmente da terreni impermeabili (argille ed arenarie del Flysch Numidico). Prospezioni elettriche metterebbero in evidenza una continuità nel sottosuolo del serbatoio idrico sino a collegarsi con la struttura affiorante della Rocca di Cefalù (Coltro & Ferrara, 1980, Mangano *et al.*, 1970), punto terminale di maggiore scarico della falda idrica (Fig. 15, sorgenti della Rocca), recapito in parte sottomarino, in quanto molti collettori carsici sono semisommersi o in contatto con il mare (Cassinis, 1967, Dagh Watson, 1982).

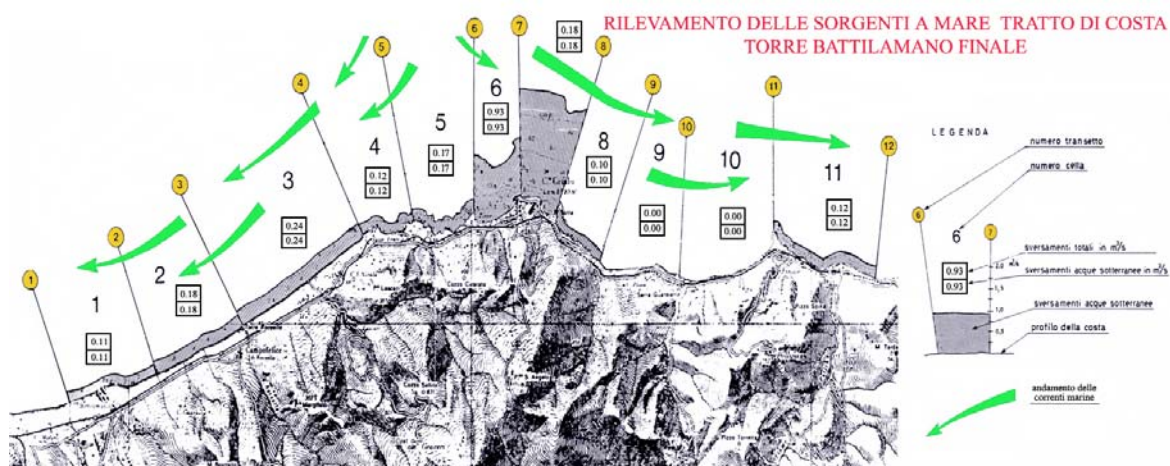


Fig. 15- Transetti lungo la costa cefaludese realizzati per lo studio dello scarico idrico a mare (da Dagh Watson, 1982, modificato).

Ancora, numerosi gruppi sorgentizi di un certo interesse si rinvencono pure nel settore meridionale di Monte Mufara, dove il deflusso delle acque sotterranee è chiaramente condizionato dall'affioramento a quota elevata del piano di sovrascorrimento.

Pizzo Dipilo presenta anch'essa uno scarico generalizzato delle acque sotterranee verso N e NE, ma l'entità ed il numero delle manifestazioni sorgentizie sono più scarse (Tribuna > 7 l/s, Capo d'Acqua 3.5 l/s).

Unità idrogeologica Pizzo Catarineci: (codice corpo idrico: R19MDCS04)

Questa unità idrogeologica è costituita da successione di argilliti siltose e quarzareniti (facies arenacea del Flysch Numidico) con intercalazioni lenticolari più o meno potenti di arenarie e/o conglomerati quarzosi. Alla sommità, in alcuni siti, la successione numidica è coronata da un corpo discordante di argille siltose con rare intercalazioni quarzarenitiche (facies pelitico-arenacea). Tettonicamente è costituita da una struttura blandamente sinclinalica ripetutamente scagliata. Si tratta di un acquifero multifalda con falde idriche sospese, che hanno sede nelle intercalazioni arenaceo conglomeratiche. L'acquifero presenta un evidente interesse idrogeologico locale nei settori dove è maggiore il numero delle manifestazioni sorgentizie. La permeabilità è generalmente discreta e può assumere, in qualche caso, anche valori medi alti (fino a 10^{-5} m/s), anche se, a grande scala, la permeabilità si stima tra 10^{-6} e 10^{-7} m/s. La potenza massima dell'acquifero è di circa 300 m. Il complesso acquifero riposa sui termini pelitici del Flysch Numidico, da considerare praticamente impermeabili (10^{-9} m/s).

Il grado di vulnerabilità è da molto basso a medio negli orizzonti più fratturati.

Il flusso sotterraneo, attorno 40 l/s, si dirige verso S e SE, e si manifesta nelle sorgenti delle pendici meridionali ed orientali di Pizzo Catarineci, alcune delle quali ancor oggi captate per uso idropotabile (la sorgente Montagna che alimenta il comune di Geraci Siculo), altre un tempo dotate di maggiori portate ed ormai esaurite (ad es. Sconchipani che era utilizzata per l'approvvigionamento idrico di Petralia Sottana). Inoltre, nel corpo idrico ricade la sorgente Pietra Giordano che viene captata ed imbottigliata con la denominazione "Acqua Geraci", e la sorgente Sambuco, che serve il comune di Gangi.

Non si ha notizia della esistenza di pozzi.

Caratterizzazione geochimica

Rispetto al censimento dei punti d'acqua reperiti nei vari studi consultati, sono stati scelti 17 siti che fossero rappresentativi dei 4 corpi idrici significativi preliminarmente individuati.

Per ogni sito di misura sono state condotte le misure, sia sul campo che in laboratorio, relative ai parametri di base previste dalla tab. 19 del D. Lgs.152/99.

Le temperature delle varie sorgenti sono correlate con la quota di emergenza e quindi con il relativo bacino di alimentazione, infatti le sorgenti Cateratti e Faguara, che affiorano intorno ai 1400 m di quota, hanno le temperature più basse.

Nel caso di Favara di Collesano si riscontra una temperatura più elevata rispetto a quella che le compete in relazione alla sua quota di emergenza, tale anomalia è probabilmente legata a deboli fenomeni di termalismo, non a caso l'acquifero connesso a questa sorgente è ubicato in corrispondenza di uno dei principali lineamenti tettonici dell'area.

Sia la conducibilità che il pH mostrano valori compatibili con acquiferi carbonatici, fanno eccezione:

- la sorgente di Presidiana, che affiora, al livello del mare, alla base della Rocca di Cefalù. Questa posizione, anche in virtù del suo sistema di alimentazione, comporta una debole contaminazione marina, che, sulla base della composizione chimica ed isotopica è stata stimata intorno al 4-6 %.
- la sorgente di Piano Lana che afferisce all'acquifero quarzarenitico di Monte Catarineci, a bassissima salinità.

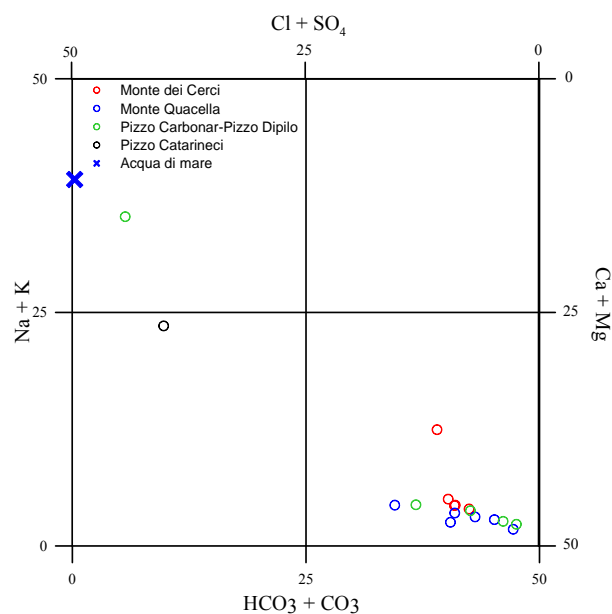


Diagramma classificativo Langelier-Ludwig per il bacino idrogeologico delle Madonie.

Nel diagramma di Langelier-Ludwig la maggioranza dei campioni risultano essere del tipo bicarbonato-alcalino terroso, caratterizzata da un pH variabile intorno a 7.5 e conducibilità comprese in un range tra 270 - 540 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Questi campioni rappresentano uno dei termini di riferimento nel panorama geochemico delle Madonie a cui sono riconducibili tre dei corpi idrici significativi preliminarmente individuati (Monte Carbonara-Pizzo Dipilo, Monte dei Cerci, Monte Quacella).

L'altro termine è rappresentato dalla sorgente di Piano Lana, ubicata a quota elevata sulle pendici di Monte Catarineci, il cui acquifero è impostato nella porzione quarzarenitica del Flysch Numidico. La composizione chimica di quest'acqua ricade nel quadrante delle clorurato-solfato-alcalino terrose, con la particolarità di avere un basso contenuto salino.

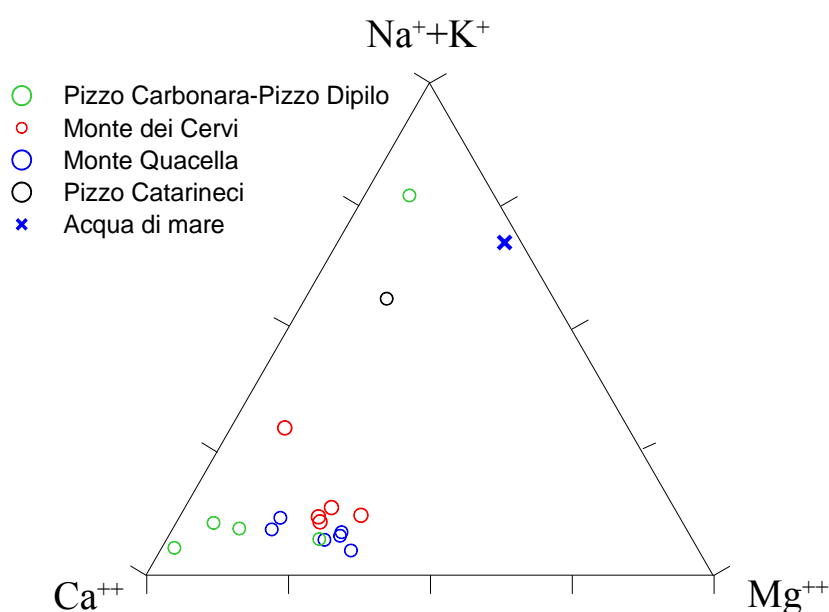
Esistono poi tutta una serie di termini di mescolamento, sempre con una marcata prevalenza carbonatica, che ricadono all'interno del quadrante delle bicarbonato-alcalino terrose. Un esempio abbastanza eloquente è dato dalla sorgente Favara di Collesano.

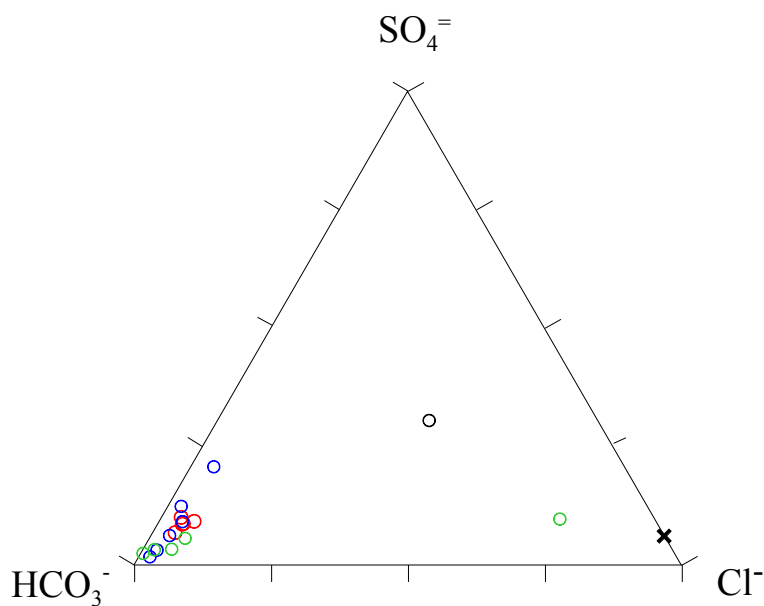
Fortemente anomala è la sorgente di Presidiana che ricade nel quadrante delle acque clorurato-solfato-alcaline. Questa caratterizzazione è dovuta ad una

contaminazione marina, che, su basi sia chimiche che isotopiche, è stata stimata intorno al 4-6 %.

Questo tipo di contaminazione compromette l'utilizzabilità di quest'acqua per scopi idropotabili. Attualmente, per utilizzarla, viene miscelata con acque a basso contenuto salino, come le acque della sorgente di Scillato.

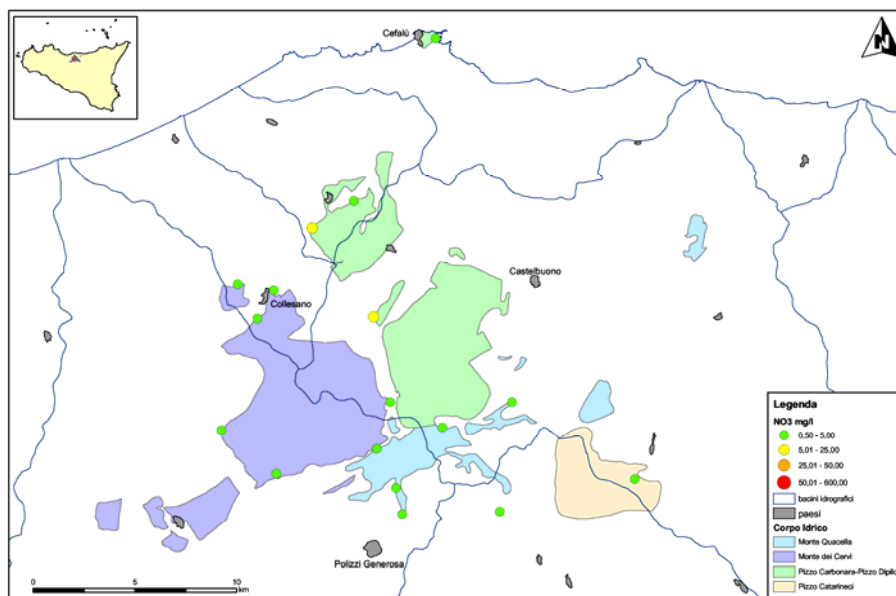
Nei diagrammi triangolari, relativi alle concentrazioni delle principali specie cationiche ed anioniche misurate, il rapporto calcio/magnesio permette di differenziare le emergenze idriche riferibili ad acquiferi prettamente calcarei da quelli dolomitici. Al primo gruppo appartengono sorgenti quali Favara di Isnello e San Giorgio, che insistono su terreni costituiti dai termini più marcatamente calcarei della Piattaforma Panormide, alle quali si contrappongono emergenze quali Faguara, Canna e Cataratti, caratterizzate da un rapporto Ca/Mg riferibile ad acquiferi più dolomitici (Dolomie di M.Mufara).



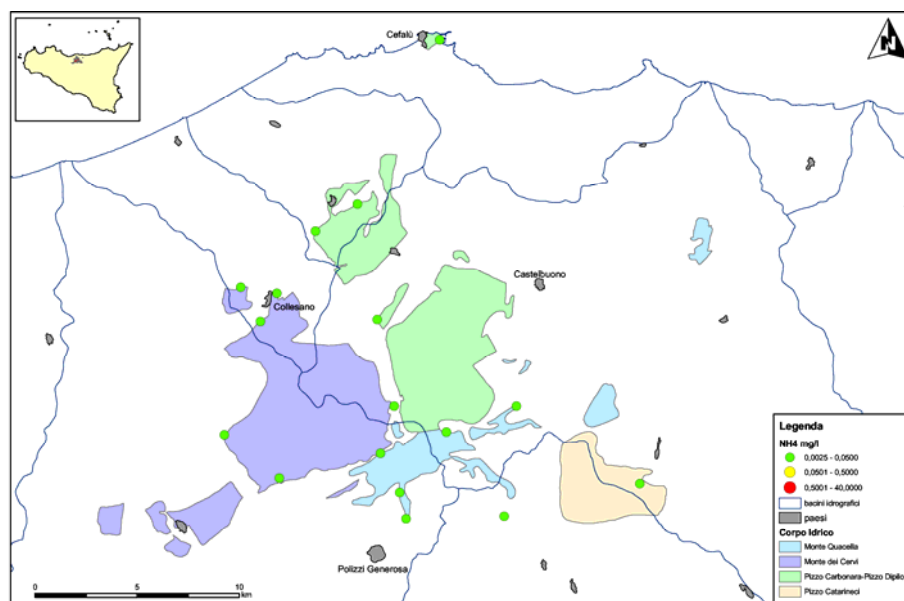


*Diagramma ternario Cl-SO₄-HCO₃ per il bacino idrogeologico delle Madonie.
Simboli come in figura precedente.*

Il diagramma triangolare, relativo alle specie anioniche, conferma le differenziazioni già individuate con il diagramma di Langelier-Ludwig, di una prevalenza di acque bicarbonatiche, ad eccezione di piano Lana e Presidiana per i motivi che abbiamo ampiamente descritto precedentemente. Sia la mappa dei nitrati che dello ione ammonio mostrano valori medio bassi che non superano rispettivamente 25 mg/l e 0,05mg/l.



Carta dei Nitrati per il bacino idrogeologico delle Madonie



Carta dell' NH_4^+ per il bacino idrogeologico delle Madonie

Caratteristiche isotopiche del bacino idrogeologico

Le acque prelevate nel bacino idrogeologico delle Madonie hanno una posizione che si approssima alla retta relativa alle acque meteoriche del Mar Mediterraneo ($\delta D = 8\delta^{18}O + 20$) di Gat & Carmi (1970).

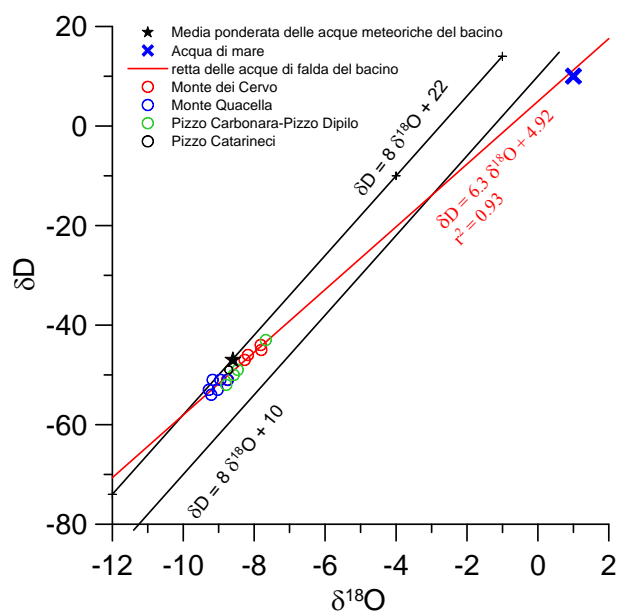


Diagramma $\delta D - \delta^{18}O$ (in ‰ rispetto a SMOW) delle acque del bacino idrogeologico

Il confronto con le acque meteoriche locali mostra una certa omogeneità ad eccezione di pochi punti ed in particolare della sorgente Presidiana che, per quanto detto precedentemente, subisce un apporto marino che positivizza la sua composizione isotopica. Se tralasciamo questi punti, si può risalire ad una zona di alimentazione media valutabile oltre i 1500m slm. Il gruppo montuoso che presenta queste caratteristiche di elevazione, oltre che una compatibilità geologico-strutturale, idrogeologica e geochemica isotopica è costituito dalle Madonie.

Bibliografia

AA.VV. (1989) - *Il Parco delle Madonie*. Ed. Arbor. Palermo.

ABATE B. & CATALANO R. (1974) - *Il margine della piattaforma carbonatica panormide triassica nei Monti di Palermo*. Boll. Soc. Nat. in Napoli, **83**, 1-16.

ABATE B., PESCATORE T., RENDA P. & TRAMUTOLI M. (1988) - *Schema geologico dei Monti di Termini Imerese e delle Madonie occidentali* - Mem. Soc. Geol. It., **41**, 465-474.

ABATE B., RENDA P. & TRAMUTOLI M. (1988) - *Note Illustrative della carta geologica dei Monti di Termini Imerese e delle Madonie occidentali (Sicilia centro-Settentrionale)* - Mem. Soc. Geol. It., **41**, 475-505.

ABATE B., CATALANO R., D'ARGENIO B., DI STEFANO P. & RICCOBONO R. (1977) - *Relationships of algae with depositional environments and faunal assemblages of the Panormide Carbonate Plattform upper triassic, Northwestern Sicily*. In Flügel E. (ED.): *Fossil algae*, 301-313, Springer-Verlag, Berlin.

ABATE B., CATALANO R., D'ARGENIO B., DI STEFANO P. & RENDA P. (1982) - *Facies sedimentarie e rapporti strutturali delle Madonie Orientali*. In R. Catalano & B. D'Argenio (eds): *Guida alla geologia della Sicilia occidentale*. Guide geologiche regionali della SGI, Suppl. A, XXIV, 1982, 49-52.

ABATE B., CATALANO R., D'ARGENIO B., DI STEFANO E., DI STEFANO P., LO CICERO G., MONTANARI L., PECORARO C. & RENDA P. (1982b) - *Evoluzione delle zone di cerniera tra piattaforme carbonatiche e bacini nella Sicilia Occidentale*. In: Catalano R. & D'Argenio B. (eds), "Guida alla geologia della Sicilia occidentale", Guide Geologiche Regionali. Mem. Soc. Geol. It., Suppl. A., **24**, 53-76, Palermo.

ABATE B., DI STEFANO E., DI STEFANO P., PECORARO C. & RENDA P. (1982) - *Segnalazione di un affioramento di "Trubi" nel Massiccio di P.zo Carbonara (Madonie, Sicilia)*. Rend. Soc. Geol. It., **5**, 1982 b, 25-26.

ABATE B., DI STEFANO E., INCANDELA A. & RENDA P. (1991) - *Evidenze di una fase tettonica pliocenica nelle Madonie Occidentali (Sicilia centro-settentrionale)*. Mem. Soc. Geol. It., **47**, 225-234.

ABATE B., DI STEFANO E., FERRUZZA G., INCANDELA A. & RENDA P. (1993) - *Fase tettonica pliocenica nelle Madonie (Sicilia centro-settentrionale)*. Riv. Min. Sic., a. XXIX, n.s., **6** (168), Nov.-Dic. 1993, 37-46.

ABATE B., DI STEFANO E., FERRUZZA G., INCANDELA A., & RENDA P. (1993) - *Fase tettonica pliocenica nelle Madonie (Sicilia centro-settentrionale)*. Riv. Min. Sic, **6** (168), 37-46.

ABATE B., CATALANO R. & RENDA P. (1995) - *Carta geologica del Parco delle Madonie (scala 1:25.000)*. Piano territoriale del Parco delle Madonie, Ente Parco Madonie – Regione Sicilia (rapporto interno).

ABATE B., RENDA P., & TRAMUTOLI M., (1988) - *Note illustrative della carta geologica dei Monti di Termini Imerese e delle Madonie Occidentali (Sicilia centro settentrionale)*. Mem. Soc. Geol. It. **41**, 475-505.

ABATE, B., INCANDELA A., RENDA P. & SLACZKA A. (1998a) - *Depositional processes in a late Miocene, post-tectonic basin (Terravecchia Fm., Scillato, Sicily)*. Ann. Soc. Geol. Poloniae, **69**, 27-48.

AGNESI V. & LUCCHESI T. (1988). *Bibliografia geologica ragionata delle frane in Sicilia (dal 1886 al 1987)*. Quaderni Museo Geologico "G.G. Gemmellaro", **3**, Palermo.

AGNESI V., COSENTINO P., DI MAGGIO C., MACALUSO T. & ROTIGLIANO E. (1997) - *The great landslide at Portella Colla (madonie, (Sicily)*. Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, **19**.

AGNESI V., DE CRISTOFORO D., DI MAGGIO C., MACALUSO T., MADONIA G., MESSANA V. & ROTIGLIANO E. (1998) - *Introduzione alla geomorfologia delle madonne*. 79° Congresso Nazionale della Società Geologica Italiana, Palermo.

AGNESI V., DE CRISTOFARO D., DI MAGGIO C., MACALUSO T., MADONIA G. & MESSANA V. (2000) – *Morphotectonic setting of the Madonna area (central northern Sicily)*. Mem. Soc. geol. It., **55**, 373-379.

ALAIMO R., CALDERONE S. & LEONE M. (1970) - *Mineralogia e caratteri genetici degli ossidi di Fe e Mn nelle concrezioni del Flysch Numidico Siciliano*. Atti Soc. Lett. e Arti di Palermo. s. IV, **30**, 243.

ALAIMO R., CARAPEZZA M., DONGARRÀ G. & HAUSER S. (1987) - *Geochimica delle sorgenti termali siciliane*. In: “Risorse termali della Sicilia ed isole minori”. Istituto di

Mineralogia, Petrografia e Geochimica, Univ. di Palermo. Regione Siciliana, Assessorato Territorio e Ambiente, 47-65, STASS, Palermo.

AMBROSETTI P., BOSI C., CARRARO F., CIARANFI N., PANIZZA M., PAPANI G., VEZZANI L. E ZANFERRARI A. (1983) – *Carta neotettonica d'Italia (F. 5-6)*. C.N.R. P.F.G., neotettonica, L.A.C., Firenze.

ARUTA L. & BUCCHERI G. (1971) - *Il Miocene preevaporitico in facies carbonatico-detritica dei dintorni di Baucina, Ventimiglia di Sicilia, Calatafimi (Sicilia)*. Riv. Min. Sic., **130-132**, 188-194

ARUTA L. & BUCCHERI G. (1978) -*Biostratigraphy and palaeoecology of the early messinian carbonates (baucina Fm.) in western Sicily*. Mem. Soc. Geol. it.,**16**, 141-152.

AURELI A., CONTINO A., CUSIMANO G., SILLUZIO C. (2001) - *Groundwater vulnerability of the Madonie Mountains*. 7th Conference on Limestone Hydrology and Fissured Media, Besançon (France), 20 - 22 Settembre 2001, Département de Géosciences, Université de Franche-Comté, Besançon.

AURELI A., CONTINO A., CUSIMANO G. & SILLUZIO C. (2002) - *Carta di vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi delle Madonie – (scala 1:50.000)*. Consiglio Nazionale delle Ricerche, SELCA, Firenze.

AZZARO R. & BARBANO M.S. (1995) - *The Pollina (northern Sicily-Italy) earthquake of 26 June 1993: an application of the new European Macroseismic Scale 1992*. Natural Hazard, **12**, 289-301.

BADALAMENTI F., COCO B., DONGARRÀ G., HAUSER S. & PARELLO F. (1982) - *Idrologia isotopica della Sicilia. Le sorgenti di Cefalù*. Rend. SIMP, **38**, 795-802.

BALDACCI L. (1886) - *Descrizione geologica dell'Isola di Sicilia*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **1**, 3-403. Roma.

BARTOLOMEI G., CELICO P. & PECORARO A. (1983) - *Schema idrogeologico della Sicilia nord -occidentale*. Boll. Soc. Geol. It., **102**, 329-354.

BEVACQUA D. (1924) - *Studio delle sorgenti di Scillato che alimentano la città di Palermo*. Annali dei LL.PP., a. LXII fasc. I.

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.

BERNOULLI D. & JENKYN H.C. (1974) - *Alpine, Mediterranean and central Atlantic Mesozoic Facies in relation to the early evolution of the Tethys*, in Dott. R. H. jr. e SHAVER R.H., ed.: *Modern and Ancient Geosynclinal Sedimentation*, SEMP, Spec. Publ., **19**, 129-160.

BROQUET P. (1964). - *Observations stratigraphiques et sédimentologiques sur le Flysch numidien des Madonies (Sicile)*. Ann. Soc. Geol. Nord, **84**, 141-152.

BROQUET P. (1964).- *Découverte d'une série intermédiaire entre les Madonies et les Sicani (Sicile)*. C. R. Ac. Sc. Paris, **259**, 3800-3802.

BROQUET P.(1968) -*Etude géologique de la région des Madonies (Sicile)*. Thèse Fac. Sc. Lille 797p.

BROQUET P. (1968) - *Etude géologique de la région des Madonies (Sicile)*. Geol. Romana, **11**, 114 pp.

BROQUET P.(1970) - *The geology of the Madonie mountains of Sicily*. Petr. Expl. Soc. Libya, Tripoli.

BROQUET P. & DUEE G. (1962) - *Comparaison entre les formations éocènes des Madonies occidentales et des Monts Nebrodi*. Bull. Soc. Géol. France, s. 7, **4**, 744-748.

BROQUET P., CAIRE A. & MASCLE G. (1966) - *Structure et évolution de la Sicile occidentale (Madonie et Sicani)*. Bull. Soc. Géol. France, s. 7, **8**, 994-1013.

BROQUET P.,DUEE' G. & MASCLE G. (1975) - *Style et chronologie des déformation affectant le Numidien interne de Ganci-Nicosia (Monts Nebrodi, Sicile)*. Bull. Soc. Geol. France. **17**, (5), 656-663.

BROQUET P., DUEE G., MASCLE G. & TRUILLET R. (1984) - *Evolution structurale alpine récente de la Sicile et sa signification géodynamique*. Rev. Géol. Dyn. et Géogr. Phys., **25** (2), 75-85.

BUCUR I. I., SENOWBARI-DARYAN B. & ABATE B. (1996) - *Remarks on some foraminifera from the upper Jurassic (Tithonian) reef limestone of Madonie Mountains (Sicily)*. Boll. Soc. Pal. It. **35** (1), 65-80.

CAFLYSCH L. & CRESCENTI U. (1969) - *Sul significato paleoambientale del Dogger Malm di Vicari*. Geol. Romana, **8**, 1-14.

CAFLYSCH L. & SCHMIDT DI FRIEDBERG P. (1967) - *Un contributo delle ricerche petrolifere alla conoscenza del Paleozoico in Sicilia*. Boll. Soc. Geol. It., **86**, 537-551.

CALDERONE S. & LEONE M. (1966) - *Contributo allo studio del Flysch Numidico siciliano. Nota I granulometria e minerali pesanti delle quarzareniti in posizione parautoctona*. atti Acc. Sc. Lett. e Arti di Palermo. s.IV, **24**, parte I, 463-512.

CALDERONE S. & LEONE M. (1967) - *Contributo allo studio del Flysch Numidico siciliano. Nota II indagine geochimica e mineralogica del "membro di Portella colla*. atti Acc. Sc. Lett. e Arti di Palermo. s.IV, **27**, parte I, 353-426.

CALVI F., CUSIMANO G., FRÍAS FORCADA A. & PELLERITO S. (1999) - *Delimitation of the protection zones of the Canna and Centomasi springs in the Madonie Mountains (middle-northern Sicily)*. Simposio Scientifico "Protezione delle acque sotterranee dall'intrusione delle acque marine e dall'inquinamento", Bari, settembre 1999.

CAMPISI B. (1958) - *Note illustrative del rilevamento geologico delle tavolette di Petralia, Polizzi, Alimena (Sicilia settentrionale)*. Boll. Serv. Geol. It., **79**, 913-928.

CAPITÒ M. (1905) - *Parere sulla sistemazione degli allacciamenti delle sorgenti di Scillato*. Palermo.

CARAPELLE E. (1911) - *Sulla questione dell'acqua potabile per il Comune di Cefalù*. Scuola Tip. Colonia Agricola di S. Martino.

CARAPELLE E. (1914) - *Le acque potabili di Palermo*. Municipio di Palermo, Stabilimento d'Arti Grafiche A. Giannitrapani, Palermo.

CARAPEZZA M., CUSIMANO G., LIGUORI V., ALAIMO R., DONGARRÀ G. & HAUSER S. (1987) - *Nota introduttiva allo studio delle sorgenti termali dell 'Isola di Sicilia*. In: "Risorse termali della Sicilia ed isole minori", Istituto di Mineralogia, Petrografia e Geochimica, Univ. di Palermo, Regione Siciliana, Assessorato Territorio e Ambiente, 7-46, STASS, Palermo.

CASSINIS R. & TABACCO I. (1967) - *La ricerca delle sorgenti sottomarine di acqua dolce mediante misure di salinità in mare: sperimentazione sulla determinazione delle portate*. Istituto di Geofisica Mineraria, Università di Palermo. pubbl. n. 7, 20 pp.

CASSINIS R. (1967 a) - *Preliminari su una ricerca degli efflussi di acqua dolce lungo le coste siciliane mediante misure di salinità in mare*. Boll. Geof. Teor. Appl., **9**, 34.

CASSINIS R. (1967 b) - *Ricerca sugli efflussi di acqua dolce lungo le coste siciliane mediante misure di salinità in mare. Nota preliminare*. (Programma di ricerca sull'

approvvigionamento idrico con speciale riguardo ai processi di dissalazione). La Ricerca Scientifica, a. **37**, n. **3**, 267-280.

CASSOLA P., COSTA E., LOIACONO F., MORETTI E., MORLOTTI E., PUGLISI D. & VILLA G. (1992) - *New sedimentologic, petrographic, biostratigraphic and structural data on the Reitano Flysch (Maghrebian Chain, Sicily)*. Riv. It. Paleont. Strat., **98/2**, 205-228.

CASSOLA P., LOIACONO F., MORETTI E., NIGRO F., PUGLISI D. & SBARRA R. (1995) - *Sedimentology, petrography and Structure of the Reitano Flysch in the northern sector of the Nebrodi Mountains (NE Sicily)*. Giornale di Geologia, serie 3, Vol. **57/1-2**, 195-217, Bologna.

CASTANY G. (1956) - *Essai de syntèse géologique du territoire Tunisie-Sicile*. Ann. Min. et Geol. Tunisie, **16**, 101 p., 37 fig., 6 tab., 12 tav.

CATALANO (1978) - *Scogliere ed evaporiti messiniane in Sicilia. Modelli genetici ed implicazioni strutturali*. Lavori Ist. Geol., **18**, 21 p. Palermo.

CATALANO R. & D'ARGENIO B. (1978) - *An assay of palinspastic restoration across the Western Sicily*. Geol. Rom., **17**, Roma, 145-159.

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.

CATALANO R., D'ARGENIO B., MONTANARI L., RENDA P., ABATE B., MONTELEONE S., MACALUSO T., PIPITONE G., DI STEFANO E., LO CICERO G., DI STEFANO P. & AGNESI V. (1978) - *Contributi alla conoscenza della struttura della Sicilia occidentale. 1) Il profilo Palermo-Sciacca*. Mem. Soc. Geol. It., **19**, 485-493, 5 ff.

CATALANO R., D'ARGENIO B., GREGOR C. B., NAIRN A.E.N., NARDI G. & RENDA P. (1984) - *The Mesozoic volcanic rocks of Western Sicily*. Geol. Rundschau, **73**, 577-598.

CATALANO R., DI STEFANO P., GULLO M. & KOZUR H. V. (1988) - *The stratigraphic and paleogeographic significance of the rich occurrences of Pseudophorurnishius (Conodonta) in pelagic Late Ladinian-Early Carnian sediments in Western Sicily*. Atti 74° Congresso Soc. Geol. It. vol. A. 114-118.

CATALANO R., MANIACI G., RENDA P., & URSO G., (1973) - *Un esempio di evoluzione sedimentaria nelle facies di bacino nei Monti di Palermo. La successione mesozoico-terziaria di Cala Rossa Terrasini*. Geologica Rom., **12**, 151-175.

CATALANO R. & MONTANARI L. (1979) -*Geologia dei Monti di Trabia - Termini Imerese e dei Monti Sicani orientali (Fogli Bagheria e Termini Imerese. Sicila centro - settentrionale)*. Rend. Soc. Nat. in Napoli serie IV vol XLVI.

CATALANO R. & SPROVIERI R. (1970) - *Biostratigrafia di alcune serie saheliane (Messiniano inferiore) in Sicilia*. In A. Farinacci (Ed.) "Proceeding of the II° Planctonic conference, **1**, 211-250.

CATALANO R., CUSIMANO G., GRASSO M., LENTINI F., MACALUSO T., MONACO P., MONTELEONE S. & PIPITONE G. (1988) – *Inventario delle risorse geotermiche nazionali*. Regione Sicilia Min. Industr. Comm. e Artig., Legge 9/12/1986, n. 896. “Disciplina della ricerca e della coltivazione delle risorse geotermiche” ENEL UNG, ENI-AGIP, SEG, CNE, IIRG, ENEA DPAS. – Principali strutture idrogeologiche della Sicilia Appendice n. 1 Rapporto C.N.R. – Ist. Intern. Ricerche geotermiche, Pisa.

CATALANO R., D'ARGENIO B. & DE CASTRO P. (1974) - *Rapporti fra le facies di Piattaforma carbonatica del Giurassico e del Cretaceo delle Madonie orientali (Sicilia)*. Boll. Soc. Nat. in Napoli, **83**, 37 pp.

CATALANO R., DI MAGGIO C., CONTINO A., SULLI A., AVELLONE G., BASILONE L. & ABATE B. (2004) – *Portella Colla, The debated structural setting Stop 12, 3rd Day, 31 August 2004*. In: R. Catalano (Leader), The Crust in Western and Central Eastern Sicily, Post-Congress Field Trip in Sicily Guidebook. August, 2004, 33-34. 32nd International Geological Congress, Florence, Italy, August 20-28, 2004. In press.

CATALANO R., DI STEFANO P., SULLI A. & VITALE F. P. (1995) – *Evoluzione paleogeografica e strutturale della Sicilia e dei mari adiacenti*. Naturalista sicil., IV, **XIX** (3-4), 143-187.

CERETTI E. (1960) -*Geologia delle Caronie settentrionali (Prov. di Palermo)*. Giorn. Geol. ser. 2, **28**, 93-112.

CERETTI E. (1962) - *Trasgressione del Turoniano e dell' Eocene inf. del gruppo delle Madonie*. Mem. Soc. Geol. It., **3**, 647- 6.

CERETTI E. & CIABATTI M. (1965) - *Rilevamento geologico delle Madonie nord-orientali (Sicilia)*. Giorn. Geol. Sci. Nat. Econ. Palermo, **27**, 53-156.

CERETTI E. (1965) - *Descrizione geologica dei rilievi montuosi di P.zo Antenna e P. zo Carbonara (Gruppo montuoso delle Madonie, Sicilia)*. Atti Soc. Ital. Sc. Nat. Mus. Civ. St. Nat. Milano, **104**, 461-477.

CHECCHIA RISPOLI G. (1916) - *Sui terreni terziari inferiori del versante settentrionale delle Madonie*. Mem. Descr. Carta Geol. It., **6** (2), pp. 109.

CHECCHIA RISPOLI G. (1936) - *Su alcuni echinidi della Sicilia*. Boll. Soc Geol It., **60/2**, 295-308.

COLACICCHI R. (1958) - *Relazione sul Rilevamento geologico delle tavolette Troina, Cerami e Capizzi, Monti Nebrodi (Sicilia settentrionale)*. Boll. Serv. Geol It., **79**: 881-911, 2 tav.

COLACICCHI R. (1958 b) - *Dicchi sedimentari del Flysch oligo-miocenico della Sicilia Nord-orientale*. Ecl. Geol. Helv., **51**, 901-916.

COLTRO R. (1963) - *La facies di Polizzi dell'Eocene alloctono della Sicilia centro-settentrionale*. Riv. It. Paleont. Strat., **69**, 167-232, t. 12-16.

COLTRO R. (1967)- *Paleogeografia dell'Eocene siciliano e deduzioni petrolifere*. Atti Acc. Gioenia Sc. Nat. Catania. Ser. 6, **19**, 193-240, 5f., 1t.

COLTRO R. & FERRARA V. (1980) - *Le risorse idriche della Rocca di Cefalù nel quadro idrogeologico della Sicilia centro-settentrionale*. IV Convegno Internazionale sulle Acque sotterranee, III Conferenza Internazionale sulla Pianificazione delle Acque. Capomulini Unni Acireale (Catania), 17-21 Febbraio 1980, vol. 3, 149-176.

CONTINO A. (2002) – *Geologia e geomorfologia della bassa valle del fiume Imera settentrionale*. In: Belvedere O., et al. *Himera III.2. Prospezione archeologica nella valle dell'Imera*. Dipartimento di Beni Culturali Storico-archeologici, Socio-antropologici e Geografici, Sezione Archeologia, Università degli Studi di Palermo, pp.25-48, Libreria Editrice L'Erma di Bretschneider, Roma, 456pp.

COQUAND M. (1866) - *Sur la formation crétacée de la Sicile*. B. S. G. F., s. 2, **23**.

COURME M.D. & MASCLE G. (1988)- *Nouvelles données stratigraphiques sur les series oligo-miocenes des unités siciliennes: consequences paleogeographiques*. Bull. Soc. Geol. France, (**8**), n° **1**, 105-118.

CRAIG H, (1961), *Isotopic variations in meteoric waters*. Science, 133, 1702-1703.

CRESCENZI S. & GAFFURINI U. (1955) - *Tentativo di ricostruzione paleogeografica. La Sicilia attraverso il Neogene ed il Quaternario*. Riv. Min. Sic. **6** (32), 58-64.

CUSIMANO G. (1987) - *Studio e stima delle risorse idriche sotterranee del territorio delle Madonie ai fini della sua valutazione geologico-ambientale*. Seminario di Cultura Ecologica, IV ciclo: Analisi interdisciplinare del territorio madonita, 17 Marzo 1987, Castelbuono (Palermo).

CUSIMANO G. (1989) - *Risorse idriche del settore settentrionale della Provincia di Palermo nel quadro idrogeologico della Sicilia nord-occidentale*. Atti del Convegno: "Sicilia e Terzo Mondo. Risorse idriche e difesa del suolo", Palermo 23-24 Gennaio 1987, Palermo, Quaderni del Sud, n. 1, 25-65, Catania.

CUSIMANO G. & CONTINO A. (1995) - *Carta idrogeologica del Parco delle Madonie (scala 1:25.000)*. Piano territoriale del Parco delle Madonie, Ente Parco Madonie – Regione Sicilia (rapporto interno).

CUSIMANO G., FAVARA R., FRANCOFONTE S., MADONIA P. & VALENZA M. (1992) - *Lineamenti idrogeologici ed idrogeochimici del gruppo montuoso carbonatico delle Madonie (Sicilia)*. In Alpine caves: alpine karst system and their environmental context, International Congress, Asiago (VI) 11-14 June 1992, 207-214.

CUSIMANO G. & PROVENZANO M. C. (1999) - *Nuove conoscenze sull'assetto idrogeologico dell'area di Pizzo Canna (Madonie centro-meridionali)*. Il Naturalista siciliano, s. IV, XXIII (1-2), 63-83, 5 ff., 4 tabb.

DAGH WATSON (1982) - *Perizia 30 3002 I - Studi e indagini relative al reperimento di acque sotterranee per l'approvvigionamento idrico del sistema I nord occidentale della Sicilia: Madonie*. Cassa per il Mezzogiorno (Ripartizione I - Divisione V), Schemi idrici intersettoriali della Sicilia, PS. 30.

D'ARGENIO B. (1974) - *Le Piattaforme Carbonatiche Periadriatiche: una rassegna di Problemi nel Quadro Geodinamico Mesozoico dell'Area Mediterranea*. Mem. Soc. Geol. It., **13/2**, 137-159.

DECIMA A. (1962) - *Osservazioni sulle argille ritenute plioceniche del versante meridionale delle Madonie (Sicilia centro-settentrionale)*. Riv. Ital. Paleont. Strat., **LXVIII**, 3, 389-428.

DECIMA A. & WEZEL F. C. (1971) - *Osservazioni sulle evaporiti siciliane della Sicilia centro-meridionale*. Riv. Min. Sic., **130-132**, 172-187.

DE GREGORIO A. (1881) - *Sul Titonio dell'Aquileia e il corallino delle Madonie*. Il Naturalista Siciliano, **1**, 18-24, Palermo.

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), 270 (Catania), 272 (Gela), 273 p.p. (Caltagirone) e 275 (Scoglitti). *Contributi preliminari alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia*. Pubbl. n° 251 del Progetto Finalizzato Geodinamica.

DI STEFANO E. & CATALANO R. (1978) - *Biostratigraphy, palaeoecology and tectonosedimentary evolution of the preevaporitic and evaporitic deposits of the Ciminna Basin (Sicily)*. Mem. Soc. Geol. it., **16**, 95-110.

DI STEFANO P. & SENOWBARI-DARYAN B. (1985) - *Dasycladaceans from Upper Triassic reefs of Sicily*. Geol. Romana, **26**, 189-218.

DONGARRÀ G. & FERLA P. (1982) - *Le argille di Portella Colla e del Flysch Numidico auct. (M. Madonie-Sicilia)*. Rend. SIMP, **38** (3), 1119-1133.

DUEE' G. (1969) - *Etude geologique des monts Nebrodi*. These Fac. Science Paris. **1**, 1-221; **2**, 1-162.

GAT J. R. & CARMI I., (1970). *Evolution of isotopic of atmospheric waters in the Mediterranean sea area*. J. Geophys. Res., **75**, 1437-1440.

FABIANI R. & TREVISAN L. (1937) - *Di alcune novità geologiche nel territorio del foglio Termini Imerese (Palermo)*. Boll. Soc. Sci. Nat. Econ., Palermo, **19**, 8p.

FABIANI R. & TREVISAN L. (1940) - *Prove dell'esistenza di uno stile tettonico a falde di ricoprimento nei monti di Palermo*. Atti R. Acc. d'Italia, Mem. Cl. Sc. Fis. Mat. e Nat., **11**:435-448.

FAVARA R., DONGARRÀ G., HAUSER S. & LONGINELLI A. (1984) - *Studio geochimico-isotopico di una serie di sorgenti nell'area di Scillato (Palermo)*. Rend. Soc. It. Min. Petr. **39**, 421-427.

FLORES G. (1959) - *Evidence of slump phenomena (Olistostromes) in areas of hydrocarbons exploration in Sicily*. Proc. 5th. World Petr. Congr., New York, sect. 1/13, p.14.

GEMMELLARO G.G. (1872-1886) - *Sopra alcune faune giuresi e liassiche della Sicilia* 434 p., 31 tab. Palermo.

GHISSETTI, F. & VEZZANI, L. (1977) - *Evidenze di lineedi dislocazione sul versante meridionale dei Monti Nebrodi e Madonie e loro significato neotettonico*. Boll. Geod. Sc. Aff., **36** (4), 412-437.

GIUNTA G. (1985) - *Problematiche ed ipotesi sul bacino numidico nelle Maghrebidi siciliane*. Boll. Soc. Geol. It., **104**, 239-256, 2ff., 1tab.

GIUNTA G. & LIGUORI V. (1973) - *Evoluzione paleotettonica della Sicilia nord-occidentale*. Boll. Soc. Geol. It., **92**, 903-924.

GIUNTA G., NIGRO F. & RENDA P. (2000) – *Extensional tectonics during Maghrebides chain building since late Miocene: examples from northern Sicily*. Ann. Soc. Geol. Poloniae, **70**, 81-98.

GRASSO M. & JONES R. E. (1995) – *Paleotectonics and sediment dispersal pathways in North-Central Sicily during the Late Tortonian*. Studi Geol. Camerti, Vol. Spec. **1995/2**, 279-291.

GRASSO M., GUERRERA F., LA MANNA F., MANISCALCO R., MORETTI E., PUGLISI D. & VIGO F. (1993) - *Caratteri stratigrafici, sedimentologici e petrografici delle calciruditi e calcareniti del Monte Pomiere (Auct.) - Monti Nebrodi, Sicilia centro-settentrionale*. Mem. Soc. Geol. It., **47**, 115-127.

GRASSO M., GUERRERA F., LOIACONO, PUGLISI D., ROMEO M., BALENZANO F., CARMISCIANO R., DI PIERRO M., GONZALES-DONOSO M. & MARTIN-ALGARRA A. (1987) - *Caratterizzazione sedimentologica, biostratigrafica e mineralogico-petrografica di "successioni miste" inframioceniche affioranti in Spagna (Catena Betica) e in Italia meridionale (Monti Nebrodi e Appennino Lucano)*. Boll. Soc. Geol. It., **106**, 475-516.

GRASSO M., MANZONI M. & QUINTILI L. (1987) - *Misure paleomagnetiche sui "Trubi" infrapliocenici della Sicilia orientale: possibili implicazioni stratigrafiche e strutturali*. Mem. Soc. Geol. It., **38**, 459-474.

GRASSO M. & PEDLEY H.M. (1988) - *The sedimentology and development of Terravecchia Formation carbonates (Upper Miocene) of North Central Sicily. Possible eustatic influence on facies development*. Sedimentary Geology, **57**, 131-149.

GRASSO M., LENTINI F. & VEZZANI L. (1978) – *Lineamenti stratigrafico-strutturali delle Madonie (Sicilia centro-settentrionale)*. Geol. Romana, **17**, 45-69.

GUERRERA F. & WEZEL F.C. (1974) - *Nuovi dati stratigrafici sui flysch oligo-miocenici siciliani e considerazioni tettoniche relative*. Riv. Min. Sic., **25** (145-147), 27-51.

HAUSER S., DONGARRÀ G., FAVARA R. & LONGINELLI A. (1980) - *Composizione isotopica delle piogge in Sicilia. Riferimenti di base per studi idrogeologici e relazioni con altre aree mediterranee*. Rend. Soc. It. Min. Petr., **36** (2), 671-680.

HUGONIE G. (1979) - *L'evolution geomorphologique de la Sicile septentrionale*. Atel. Nat. Reprod. des Theses. Univ. de Lille.

IDROTECNICO (1976) - *Rilievo aereo multispettrale su alcuni tratti di costa siciliana*. Cassa per il Mezzogiorno.

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

LA MANNA F. (1993) - *Rapporti tettonici e stratigrafici tra le Unità Sicilidi e le Unità Numidiche nell'area dei Monti Nebrodi (Sicilia settentrionale)*. Tesi di Dottorato, Università di Catania.

LA MANNA F., GRASSO M., ROMEO M., MANISCALCO R. & DI STEFANO A. (1995) - *Evoluzione tettonico-sedimentaria neogenica del bordo tirrenico dei Monti Nebrodi (Sicilia settentrionale)*. Studi Geologici Camerti, Volume Speciale, **1995/2**, 293-305.

LOIACONO F. & PUGLISI D. (1983) - *Studio sedimentologico-petrografico del Flysch di Reitano (Oligocene- Miocene inferiore, Sicilia)*. Boll. Soc. Geol. It., **102**, 307-328.

LUGEON M & ARGAND E (1906)- *Sur le grands phenomenes de charriage en Sicile*. C. R. Ac. Sc., **142**, 966-969, Paris.

MADONIA P., DI NATALE R., FAVARA R., RAGUSA F. & VALENZA M. (1993) - *Contributo dei SIT allo sviluppo della cartografia geochemica: caratterizzazione isotopica preliminare delle precipitazioni atmosferiche nell'area del Parco naturale regionale delle Madonie (Sicilia)*. Boll. Ass. It. di Cartografia, Pavia, n. **87-88**, 219-222.

MADONIA P., DI NATALE R. , FAVARA R. , RAGUSA F. & VALENZA M. (1993) - *Contributo dei sit allo sviluppo della cartografia geochemica: caratterizzazione isotopica preliminare delle precipitazioni atmosferiche nell'area del Parco naturale regionale delle Madonie (Sicilia)*. Boll. Ass. It. di Cartografia, **87-88**, Pavia.

MANGANO F., MARCÈ A., MEYBECK M., OLIVE P. & PRATELLI W. (1970) - *Idrologia isotopica. Metodologia e prime applicazioni alle sorgenti Fiume e Bella, Madonie*

orientali. Convegno Internazionale sulle acque sotterranee. Palermo 6-8 Dicembre 1970, 609-616.

MARCHETTI M. P. (1960) - *Summary introduction to Geology of Sicily*. Petroleum Explor. Soc. of Libya, Excursion in Sicily, 47-60.

MARIENI L. (1870) - *Notizie sulle acque minerali del Regno d'Italia e dei paesi limitrofi*. Ed. Vallardi, Milano.

MARTINI R., ZANINETTI L., ABATE B., RENDA P., DOUBINGER J. RAUSCHER R. & VRIELYNCK B. (1991a) - *Données sédimentologiques et biostratigraphiques nouvelles sur le Trias (Formation Mufara) de Sicile (Italie)*. C. R. Acad. Sci. Paris, t. **312**, Serie II, 1603-1608.

MARTINI R., ZANINETTI L., ABATE B., RENDA P., DOUBINGER J. RAUSCHER R. & VRIELYNCK B. (1991b) - *Sédimentologie e biostratigraphie de la formation triassique Mufara (Sicile Occidentale): Foraminifères, Conodontes, Palynomorphes*. Riv. It. Paleont. Strat., **97**, n°2, pp. 131-152.

MASCLE G. (1973)- *Etude géologique des Monti Sicani*. These de Doctorat, Paris.

MINISTERO LL.PP. - SERVIZIO IDROGRAFICO (1934) - *Le sorgenti italiane*. Sicilia, vol. II, Servizio Idrografico di Palermo. Ist. Poligrafico dello Stato, Roma.

MINISTERO LL.PP. (1973) - *Piano Regolatore Generale degli Acquedotti (Legge 4 Febbraio 1963 n. 129)*. Indice dei Comuni ed elenco delle acque da riservare - Regione Sicilia. Edigraf, 45 pp. Roma.

MONTANARI L. (1966) - *Geologia dei Monti di Trabia (Sicilia)*. Riv. Min. Sic., **17** (97-99): 35-81, 23f., 6t.

MONTANARI L. (1967) - *Elementi stratigrafici e paleogeografici sul Paleogene siciliano*. Lav. Ist. Geol. Palermo, 16p., 1f.

MONTANARI L. (1982)- *Nuovi dati sui flysch interni dei Nebrodi occidentali (Sicilia)*. Rend. Soc. Geol. It. **5**, 56-57, 1f.

MONTANARI L. (1986)- *Aspetti tettono-sedimentari dell'Oligocene e Miocene in Sicilia e aree contigue*. Giorn. di Geol., ser.3, **48/1-2**, 99-112.

MONTANARI L. (1987)-*Lineamenti stratigrafico-paleogeografici della Sicilia durante il ciclo alpino*. (in stampa su: Mem. Soc. Geol. It., **38**).

MONTANARO GALLITELLI E. (1937) - *Faunetta nuova a coralli del Cenomaniano "a facies africana" di Caltavuturo (Palermo)*. Boll. Soc. geol. It., **56**, 425-440.

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

MORONI M.A. & RICCO S. (1968)-*Nuovi studi sulla fauna cenomaniana di Brancaleone (Calabria), parte I*. Lav. Ist. Geol. Palermo, **6**, 65p., 28 T.

NIGRO F. & RENDA P. (1999) - *Evoluzione geologica ed assetto strutturale della Sicilia centro-settentrionale*. Boll. Soc. Geol. It., **118**, 375-388.

NIGRO F.& RENDA P. (2000) - *Un modello di evoluzione tettono-sedimentaria dell'avanfossa neogenica siciliana*. Boll. Soc. Geol. It., **119**, 667-686.

NIGRO F.& RENDA P. (2002) – *From mesozoic extension to tertiary collision: deformation patterns in the units of the North-western sicilian chain*. Boll. Soc. Geol. It., **121**, 87-97.

NIGRO F. & RENDA P. (2004a) - *The contribution of the pre-existing structures in the mountain belt evolution: the example of the negative inversion in Northern Sicily*. Boll. Soc. Geol. It., **123**, 175-187.

NIGRO F. & RENDA P. (2004b) - *Sequence of deformations in the Sicilidi Units (Northern Sicilian chain)*. Boll. Soc. Geol. It., **123**, 97-110.

OGNIBEN L (1957) - *Petrografia della Serie Solfifera siciliana e considerazioni geologiche relative*. Mem. Descr. Carta Geol. d'Italia, **33**, 275 pp..

OGNIBEN L. (1960) -*Nota illustrativa dello schema geologico della Sicilia nord-orientale*. Riv. Min. Sic., **64-65**, 184-212.

OGNIBEN L. (1960-63) - *Stratigraphie tectono-sedimentaire de la Sicile*. Livre Mem. Prof. Fallot, **2**, 203-216.

OGNIBEN L. (1962) - *Stratigraphie tectono-sedimentaire de la Sicile*. Livre a la mem. du Prof; Paul Fallot, T. **II**, 203-216.

OGNIBEN L. (1963 a) - *Il Flysch Numidico nel quadro della geologia della Sicilia*. Mem. Soc. Geol. It., **4**, 1-18.

OGNIBEN L. (1963 b) -*Le formazioni tipo Wildflysch delle Madonie (Sicilia centro-settentrionale)*. Mem. Ist. Geol. Min. Univ. Padova, **24**, 60 p., 15f., 1t.

OGNIBEN L. (1964) -*Arenarie tipo Tavejannaz in Sicilia*. Geol. Romana, **3**, 125-170.

OGNIBEN L. (1971) - *Tettonica della Sicilia e della Calabria*. Boll. Acc. Gioenia Sc. Nat. Catania, s. 4, **11** (1-2), 26 p.

OGNIBEN L. (1973) - *Schema geologico della Calabria in base ai dati odierni*. *Geologica Romana*, **12**, 243-585.

OLDOW J.S., CHANNEL J.E.T., CATALANO R. & D'ARGENIO B. (1990) - *Contemporaneous thrusting and large-scale rotations in the Western Sicilian fold and thrust belt*. *Tectonics*, **9**, 661-681.

PESCATORE T., RENDA P. & TRAMUTOLI M. (1987) - *Facies ed evoluzione sedimentaria del Bacino Numidico nelle Madonie Occidentali (Sicilia)*. *Mem. Soc. Geol. It.*, **38**, 297-316.

RANGIN C. (1973) - *Etude géologique de la région de Termini Imerese (Sicile)*. Thèse de doctorat de troisième cycle, Paris.

RANGIN C. (1975) - *Contribution à l'étude paléogéographique et structurale des Monts de Termini Imerese (Sicile)*. *Bull. Soc. Geol. de France*, **17**, 38-51.

REGIONE SICILIANA - ASSESSORATO TERRITORIO E AMBIENTE (1982) - *Proposta per il Parco delle Madonie. Parte I: Analisi territoriale e letture interpretative (Sez. A) - Le caratteristiche fisiche e biogeografiche del territorio: Assetto idrogeologico*. (a cura di G. Cusimano), 49-78.

REGIONE SICILIANA - ASSESSORATO TERRITORIO E AMBIENTE (1987) - *Piano Regionale di Risanamento delle Acque*. Vol. 4 (Valutazione della domanda idrica per usi civili, irrigui e zootecnici), 725 pp., vol. 5 (Valutazione della domanda per usi industriali), 772 pp. e vol. 6 (Censimento corpi idrici), 736 pp., L.I.S. s.r.l., (Nov. 1987) Palermo.

RENDA P., TAVARNELLI E. & TRAMUTOLI M. (1999) - *La distensione tetideica ed il suo controllo sulle strutture compressive del sistema appenninico-maghrebide: l'esempio dei Monti delle Madonie (Sicilia centro-settentrionale)*. *Boll. Soc. Geol. It.*, **188**, 179-190.

RENDA P., TAVARNELLI E., TRAMUTOLI M. & GUEGUEN E. (2000) - *Neogene deformations in the central Madonie Mountains (northern Sicily, Italy) and their significance in the geodynamic evolution of the southern Tyrrhenian Sea margin*. *Mem. Soc. Geol. It.*, **55**, 53-59.

RIGO DE RIGHI F. (1957) - *Olistostromi neogenici in Sicilia*. *Boll. Serv. Geol. Ital.*, **75**(3), (185-215).

ROURE F., HOWELL D.G., MULLER C. & MORETTI I. (1990) - *Late cenozoic subduction complex of Sicily*. Journ. Struct. Geol., **12**, (2), 259-266.

RUGGIERI G. (1960) - *Segnalazione di Globoquadrina altispira nei "Trubi" di Buonfornello (Palermo)*: Riv. Min. Sic., **61**, 11-15

RUGGIERI G. (1961) - *Frammenti di stratigrafia siciliana*. Riv. Min. Sic., **12** (70-72), 170-175.

RUGGIERI G. (1966) - *Appunti sul Miocene della Sicilia occidentale*. Riv. Min. Sic., **97-99**, 18-24.

RUGGIERI G. & DI GIACOMO L. (1971) - *La giacitura del "Cenomaniano in facies africana" di Caltavuturo (Palermo)*. Boll. Soc. Geol. It., **90**, 429-437, 1f.

RUGGIERI G. & DI VITA G. (1972) - *L'età della Formazione Lercara*. Boll. Soc. Geol. It., **91**, 631-637.

RUGGIERI G. & SPROVIERI R. (1970) - *Marne di S. Cipirrello*. Studi Illustr. della Carta Geologica D'Italia. Formazioni geologiche, Fasc. **4**, 12p.

RUGGIERI G. & TORRE G. (1982) - *Il ciclo saheliano nei dintorni di Castellana Sicula (Palermo)*. Atti Soc. Ital. Sci. Nat. Museo Civ. Stor. Nat. Milano, **123** (4), 423-440.

RUGGIERI G. & TORRE G. (1989) - *Considerazioni critiche su una recente nota sulla Geologia del Miocene superiore in Sicilia*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. Mem., Serie A, XCVI, 205-227.

RUGGIERI G., TORRE G., MORONI M. A. & ARUTA L. (1969) - *Il Miocene superiore (Saheliano) dei dintorni di Buonfornello (Palermo)*: Atti Acc. Gioenia Sc. Nat., Ser. **7**, v.1 175-193.

RUGGIERI G. & TORRE F. (1979) - *Faglia trascorrente Est-Ovest a Nord delle Petralie (Palermo)*. Rend. Soc. Geol. It., **2**, 5-6.

RUGGIERI G. & TORRE G. (1984) - *Il Miocene Superiore di Cozzo Terravecchia*. Giorn. di Geol., **46**, 33-43.

SCHMIDT DI FRIEDBERG (1966) - *Condizioni geologiche ed idrodinamiche dell'area Madonie -Cerda - Sclafani con speciale riguardo agli idrocarburi*. Boll. Soc. Geol. It., **85**, fasc. 3-4.

SCANDONE P., GIUNTA G. & LIGUORI V. (1974) - *The connection between the Apulia and sahara continental Margins in the southern Apennines and in Sicily*. Mem. Soc. Geol. It., **13/2**, 317-323, 3ff., 1tab.

SCANDONE P., RADOICIC R., GIUNTA G. & LIGUORI V. (1972) - *Sul significato delle dolomie Fanusi e dei calcari ad ellipsatcinie nella Sicilia Settentrionale*. Riv. Min. Sic., **23**, 51-61.

SCHMIDT DI FRIEDBERG P. (1959) - *La geologia del gruppo montuoso delle Madonie nel quadro delle possibilità petrolifere della Sicilia centro-settentrionale*. Atti 2° Conv. Intern. Studi "Petr. Sicilia", 130-136.

SCHMIDT DI FRIEDBERG P. (1964) - *Litostratigrafia petrolifera della Sicilia*. Riv. Min. Sic. **15**, 198-217.

SCHMIDT DI FRIEDBERG P., BARBIERI F. & GIANNINI C. (1960) - *La geologia del gruppo montuoso delle Madonie (Sicilia centro-settentrionale)*. Boll. Serv. Geol. It., **81**, 73-140.

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

SENOWBARI-DARYAN B., (1980) - *Cheilosporites tirolensis* WAHNER- *systematische Stellung und fazielle Bedeutung*. Facies, **3**: 1-237

SENOWBARI-DARYAN B., (1990) - *Die systematische Stellung der thalamiden Schawamme und ihre Bedeutung in der Erdgeschichte*. Munchner Geowissenschaftliche Abhandlungen. Reihe A, Geologie und Palaontologie. Verlag Friedrich Pfeil, Munchen, Dezembrer 1990.

SENOWBARI-DARYAN B. & ABATE B. (1986) - *Zur palaontologie, fazie und stratigraphie der Karbonate innerhalb der "Formazione Mufara" (Obertrias, Sizilien)*. Naturalista Sic., **10** (1-4), 59-104.

SENOWBARI-DARYAN B., BUCUR I.I., & ABATE B. (1994) - *Upper Jurassic calcareous algae from the Madonie Mountains, Sicily*. Beitr. Palaont., **19**, 227-259, Wien.

SENOWBARI-DARYAN B. & DI STEFANO P. (1988) *Amblysiphonella maxima* n. sp., *a new sphinctozoan sponge from Upper Triassic reefs in Sicily*. Boll. Soc. Paleont. It., **27/1**, 17-21.

SENOWBARI-DARYAN B. & SCHAFER P. (1986) - *Sphinctozoen (Kalkschwamme) aus den norischen riffen von Sicilien*. Facies, **14**: 235-284.

SENOWBARI-DARYAN B., SCHAFER P. & ABATE B. (1982) - *Obertriadische Riffe und rifforganismen in Sizilien*. Facies Erlangen **6**, 165-184.

SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1885) - *Foglio 251 (Cefalù) della Carta Geologica d'Italia alla scala 1/100.000*. Rilevata da BALDACCI L e MAZZETTI L. e riveduto nel 1882 da BALDACCI L.

SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1885) - *Foglio 260 (Nicosia) della Carta Geologica d'Italia alla scala 1/100.000*. Rilevata da BALDACCI L. e MAZZETTI L. e riveduto nel 1881 da BALDACCI L.

SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1972) - *Foglio 611 (Mistretta) della Carta Geologica d'Italia alla scala 1/50.000*. Rilevata da VEZZANI L., LANZAFAME G., FERRARA V., FRAZZETTA G., DI GEONIMO I., AMORE T., sotto la direzione di VEZZANI L., analista ROMEO M.

SPROVIERI R. (1969) - *Distribuzione dei foraminiferi nella sezione saheliana di Buonfornello (Palermo)*, Atti Acc. Gioenia Sc. Nat., Ser. **7**, vol. 1, 195-210.

SPROVIERI R. (1977) - *Distribuzione dei foraminiferi bentonici nei "Trubi" di Buonfornello (Palermo)*. Boll. Soc. paleont. ital., vol. **16**, n. **1**, 61-68, 1tab.

SPROVIERI R. (1979) - *I foraminiferi bentonici del Pliocene inferiore lungo la costa nord-occidentale della Sicilia*. Naturalista sicil. s. 4., **3** (1-2), 61-78.

TONGIORGI E. & TREVISAN L. (1953) - *Livret-Guida (Excursion AS) IV^e Congr. Intern. pour l'étude du Quaternaire*, 336p., 18 fig., Roma-Pisa.

TREVISAN L. (1935) - *I monti di Caltavuturo e Sclafani (Palermo)*. Boll. R. Uff. Geol. Ital., **60** (nota 7), 20 p., Roma

TREVISAN L. (1937) - *La fauna ed i giacimenti del Cenomaniano di facies africana della Sicilia occidentale*. Mem. Ist. Geol. Padova, **12**, 134 p. 10 fig., 7 pl.

VEZZANI L. (1974) - *Note esplicative della Carta Geologica d'Italia: Foglio 611, Mistretta*. Servizio Geologico d'Italia, 37 pp., Roma.

VINAJ G. S. & PINALI R. (1923) - *Le acque minerali e gli stabilimenti idropinici e idrotermali d'Italia*. 2 vol., a cura della Wassermann di Milano, Ed. Grioni, Milano.

WEZEL F. C. (1966) - *La sezione tipo del Flysch Numidico: stratigrafia preliminare della parte sottostante al Complesso Panormide (Membro di Portella Colla)*. Atti Acc. Gioenia Sc. Nat. Catania, **18**, 71-92.

WEZEL F. C. (1967a) - *Lineamenti sedimentologici del Flysch Numidico della Sicilia nord-orientale*. Mem. Ist. Geol. Miner. Padova. **26**, 29 p.

WEZEL F. C. (1967b) - *Numidian Flysch e Reitano Flysch In: Angelucci et al., Sedimentological characteristics of some italian turbidites*. Geologica Romana, **6**, 396-402.

WEZEL F. C. (1970) - *Geologia del Flysch Numidico della Sicilia nord-orientale*. Mem. Soc. Geol. It., **9**, 225-280.

WEZEL F. C. (1973) - *Diacronismo degli eventi geologici oligo-miocenici nelle Maghrebidi*. Riv. Min. Sic., **23**, (142-144): 219-232.

WEZEL F. C. & GUERRERA F. (1973) - *Nuovi dati sulla età e posizione strutturale del Flysch di Tusa in Sicilia*. Boll. Soc. Geol. It., **92**, 193-211.

**CORPO IDRICO SOTTERRANEO
MONTE DEI CERVI (R19MDCS01)**

b) Caratteristiche geografiche, geologiche, idrogeologiche

Localizzazione geografica e morfologica del corpo idrico

Localizzazione geografica

Il corpo idrico del Monte dei Cervi si inquadra nel gruppo montuoso delle Madonie, tra gli abitati di Collesano a N, Scillato a SW e Polizzi Generosa a SSE. L'affioramento principale di questo corpo idrico è costituito dalla struttura di Monte dei Cervi, cui fanno capo Monte D'Oro (direttamente a NW, nei pressi di Collesano) e l'esiguo affioramento di Costa Giuffaria (a S di Monte dei Cervi). Monte dei Cervi è limitato ad W e SW dalla vallata del Fiume Imera settentrionale, ad E e NE dal corpo idrico Pizzo Carbonara-Pizzo Dipilo, a SE da quello del Monte Quacella. Affioramenti minori si ubicano ad W del fiume Imera Settentrionale: Rocca di Sciara e Cozzo Ebreo nei pressi di Caltavuturo, e Montagna di Sclafani presso l'omonimo abitato.

In tutto, l'area di affioramento è di 56,85 km² con una altezza massima di 1794 m s.l.m. (Monte dei Cervi).

Dal punto di vista politico-amministrativo, il corpo idrico ricade nei territori comunali di Isnello, Collesano, Scillato, Caltavuturo, Sclafani Bagni e Polizzi Generosa.

I bacini idrografici di afferenza sono quelli dei fiumi Imera Settentrionale, Pollina, e Roccella e dei bacini minori fra Roccella e Imera Settentrionale. Gran parte del corpo idrico appartiene al bacino del fiume Imera settentrionale, anche se il settore più settentrionale, a Nord dallo spartiacque Monte Castellaro – Monte Cucullo Monte D'Oro è drenato dal torrente Roccella, ed il settore a NE dallo spartiacque Monte Castellaro – Cozzo Morto – Pizzo Colla è drenato da una rete di valloni che si uniscono a valle nel vallone di Montaspro, sussidiario del Fiume Pollina.

I fogli I.G.M.I. di riferimento (scala 1:100.000) sono il n. 259 “Termini Imerese” e il n. 260. “Nicosia”.

Considerazioni geomorfologiche

Morfologicamente, Monte dei Cervi è un blocco inclinato a SW con versanti abbastanza ripidi.

Nell'ambito strettamente geomorfologico, sono assolutamente prevalenti macroforme legate sia a fenomeni gravitativi di deformazione profonda dei versanti, sia all'erosione selettiva, coerentemente tanto con i terreni presenti (alternanza di calcari e dolomie con marne, radiolariti e argilliti), come con le importanti faglie che dislocano la struttura. A sostegno della importanza dei meccanismi legati direttamente alla gravità ed al clima si osserva che a 360° l'orlo della struttura è coperto da corpi di frana tuttora attivi.

Seguono in ordine di frequenza macroforme carsiche: canyon fluvio-carsici, e depressioni carsiche e doline. Questa è la struttura delle Madonie dove i canyon fluvio-carsici raggiungono maggiore sviluppo (fino ad oltre 2,5 km) e sono più numerosi, specialmente nel versante meridionale. E' da segnalare che nella parte più alta della struttura ad E e NE della cima di Monte dei Cervi esistono due grandi depressioni carsiche, una delle quali, aperta, origina il maggiore canyon della struttura.

Le stesse forme si riscontrano negli altri affioramenti di questo corpo idrico: Monte d'Oro, Rocca di Sciara – Cozzo Ebreo e Montagna di Sclafani.

Aspetti geologici

Il Monte dei Cervi è costituito da un'ossatura calcareo-dolomitica e calcareo-silico-marnosa, sulla quale poggiano le coperture argilloso-marnose del Flysch Numidico. La successione che affiora nella struttura deriva dalla deformazione dei terreni appartenenti al Bacino Imerese.

Nel dettaglio, il corpo idrico è costituito da (dal basso verso l'alto):

- marne, calcisiltiti e calcari marnosi giallastri o grigio-verdastri (Fm. Mufara, Trias sup.). Gli affioramenti sono spesso mascherati dalle coltri detritiche che orlano le pendici del rilievo. Questi terreni, praticamente impermeabili, limitano inferiormente i sovrastanti acquiferi calcarei e calcareo-dolomitici.
- calcari e calcari dolomitici a liste e noduli di selce (Fm. Scillato, Trias sup.). Sono potenti in affioramento da 300 a 350 m.

- dolomie, brecce dolomitiche e calcari dolomitici (Fm. Fanusi, Lias inf.), potenti da 200 a 250 m.
- radiolariti e argilliti silicee a permeabilità molto bassa con intercalazioni, più o meno potenti, di calcareniti e/o calciruditi, permeabili per fratturazione e/o carsismo (Fm. Crisanti, Cretaceo med. – Lias sup.). Potenza da 150 a 200 m.
- calcilutiti, marne e calcisiltiti della Fm. Caltavuturo (Oligocene – Cretaceo sup.) con alternanze e/o intercalazioni di calcareniti e/o calciruditi generalmente poco potenti. La permeabilità di questo intervallo è da bassa a media.
- alla sommità si hanno i depositi terrigeni, impermeabili del Flysch Numidico (Miocene inf. – Oligocene sup.), in particolare della facies pelitica.

La struttura, può essere considerata una grande anticlinale allungata in senso N-S con immersioni di strato prevalenti verso S e SE. Ad essa afferiscono anche il Monte d'Oro (presso Collesano), che costituisce la propaggine più settentrionale, ed i rilievi di Caltavuturo (Rocca di Sciara e Cozzo Ebreo) e di Sclafani (Montagna di Sclafani) ubicati a S-W del Monte dei Cervi, nella sponda sinistra del F. Imera Settentrionale, nelle immediate vicinanze degli omonimi comuni. Tutta la struttura risulta interessata da una fitta rete di faglie dirette di direzione NE-SW e da un'altra, quasi ortogonale a questa, con direzione NW-SE.

Morfologia del corpo idrico

L'acquifero ha sede nella successione di calcari, dolomie e calcari dolomitici delle Fm. Scillato e Fanusi e nelle calcareniti e/o calciruditi della Fm. Crisanti, con una permeabilità tra 10^{-1} e 10^{-4} m/s (molto alta a alta). Questi valori nelle sovrastanti calcilutiti della Fm. Caltavuturo si attestano tra 10^{-6} m/s (media) e 10^{-8} m/s (molto bassa). La potenza dell'acquifero principale è al massimo di circa 600 m. Al tetto chiudono la serie i terreni impermeabili (permeabilità $k = 10^{-10}$ m/s), prevalentemente in facies pelitica, del Flysch Numidico. Il complesso acquifero poggia per contatto tettonico anche sui termini pelitici del Flysch Numidico.

L'unità è da considerare isolata da un punto di vista idrogeologico, grazie alle faglie inverse che la sovrappongono sui terreni impermeabili del Flysch Numidico. Le condizioni

di tamponamento nel fianco E sono invece determinate dal sistema di faglie “Gratteri-Monte Mufara”.

Alcune evidenze geofisiche e delle considerazioni di ordine tettonico permettono di ritenere che il corpo idrico si sviluppi verso E, e più limitatamente verso N, confinato al di sotto delle coperture terrigene del Flysch Numidico.

La circolazione sotterranea è favorita dall'intensa fatturazione generale; invece, limitatamente ai termini più calcarei, è dominante la circolazione in rete carsica.

Caratteristiche idrogeologiche e idrochimiche

Regime pluviometrico e infiltrazione

La pioggia media annua è di 1000 mm per gli affioramenti di Monte dei Cervi e Monte D'Oro, di 700 mm per le strutture di Rocca di Sciara e Cozzo Ebreo, e di 600-700 mm per la Montagna di Sclafani (calcolata per il periodo 1964-95, Atlante Climatologico), con un periodo umido da ottobre ad aprile in cui registra più del 85 % del totale di pioggia, e uno secco da giugno ad agosto con meno del 4%.

Dagli studi finora eseguiti ne consegue che l'aliquota di acqua di pioggia che si infiltra supera di poco il 60% del totale caduto sulla struttura affiorante. Si tratta di una prima stima basata sul raffronto tra i dati storici di portata dell'importante gruppo sorgentizio di Scillato ed i dati pluviometrici.

L'area di ricarica del corpo idrico è costituita dai terreni carbonatici affioranti, ma coinvolge anche gran parte delle radiolariti e argilliti silicee della Fm. Crisanti, tranne una stretta fascia dell'orlo orientale e meridionale. Infatti, il deflusso superficiale favorisce il ruscellamento delle acque piovane dai materiali meno permeabili della Fm. Crisanti sino agli affioramenti più permeabili delle rocce carbonatiche che ospitano gli acquiferi.

Regime della falda e flussi sotterranei

La distribuzione e l'entità delle manifestazioni sorgentizie più importanti, indicano che la direzione preferenziale del flusso delle acque sotterranee è verso SW e verso NW, rispettivamente verso il gruppo sorgentizio di Scillato (350 m s.l.m., la portata variabile da

450 a 550 l/s dai dati dello STIR relativi al 2002), posto a NE dell'abitato di Scillato, e verso la sorgente Favara di Collesano (440 m s.l.m., la portata variabile da 7 a 17 l/s dai dati dello STIR relativi al 2002), sita nelle pendici nord-est del Monte d'Oro, non lontano dall'abitato di Collesano.

Secondo quanto si desume da una prima analisi dei dati di portata del gruppo sorgentizio di Scillato (periodo 1960-1990), che da soli rappresentano ben il 75% del volume totale scaturito dalle sorgenti dell'unità idrogeologica e dei dati (discontinui negli anni 50 e 60, e nella prima metà degli anni 80) della sorgente Favara di Collesano, il periodo di abbassamento del livello piezometrico va dalla fine marzo a novembre, con il minimo nel mese di novembre o dicembre; indi il livello piezometrico della falda risale da dicembre fino a marzo, con punte massime nei mesi di marzo o aprile.

Nei rilievi di Sclafani e di Caltavuturo sono presenti sorgenti ipotermali: quella dei Bagni Sclafani, nel versante NW della Montagna di Sclafani (4 l/s), un tempo destinate a usi terapeutici, ed il gruppo Fuci (3 l/s), sito sul fianco N della Rocca di Sciara, non lontano dall'abitato di Caltavuturo, le cui acque si impiegano esclusivamente per usi irrigui.

I flussi principali sono verso E e ESE (sorgenti di Scillato il 75% del totale), verso N (valloni delle Madonie e di Montaspro il 3%), verso NE (sorgente Favara di Collesano a Monte d'Oro, 20%) e una quota appena del 2% localizzato nelle strutture minori della Montagna di Sclafani, Cozzo Ebreo e Rocca di Sciara.

Considerazioni sulla vulnerabilità

La vulnerabilità di questo corpo idrico è da alta a elevata. La capacità di autodepurazione è da considerare bassa nelle dolomie a praticamente nulla nei calcari carsificati. Non si può parlare di vera e propria esistenza di centri di pericolo sulla struttura, al di fuori di due centri di allevamento, uno in posizione centrale e l'altro nel margine SW, attiguo ad una industria alimentare (scarichi biologici).

E' da chiarire il rapporto tra il fiume Imera Settentrionale ed il corpo idrico, poiché potrebbero essere a contatto indiretto in un tratto di almeno 1 km tra il margine SW di Monte dei Cervi ed il margine NE di Rocca di Sciara. Se lo scambio idrico ci fosse, ciò

implicherebbe un fattore di rischio, poiché nell'acquifero potrebbero infiltrarsi eventuali scarichi versati nel fiume.

Allo stato attuale, l'incidenza dell'inquinamento dovrebbe essere molto bassa, vista la quasi nulla o ridotta attività antropica svolta nell'area di ricarica.

Caratterizzazione idrogeochimica

Al corpo idrico di “Monte dei Cervi” afferiscono le acque circolanti nei terreni appartenenti alla successione sedimentaria del Bacino Imerese.

Nel diagramma di Langelier-Ludwig tutti i punti d’acqua di questo corpo idrico, ricadono nel quadrante delle acque bicarbonato-alcalino terrose.

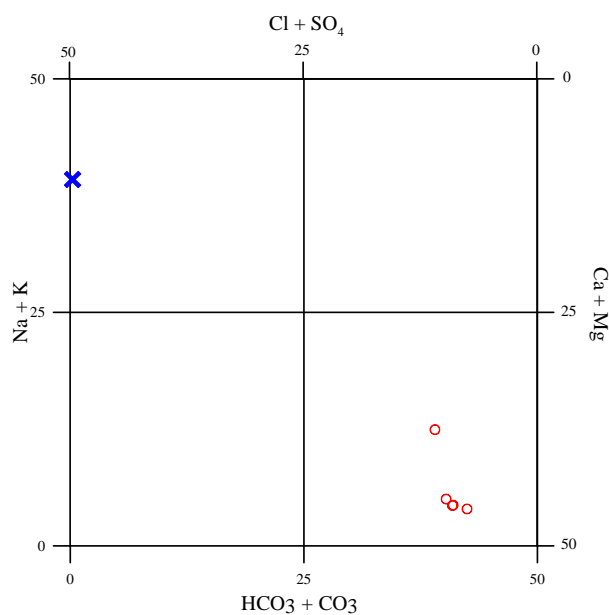


Diagramma classificativo di Langelier-Ludwig per il corpo idrico Monte dei Cervi

Il punto di campionamento Favara di Collesano si discosta rispetto agli altri punti ed evidenzia una variazione, probabilmente, riconducibile ad interazioni con fluidi profondi in risalita lungo direttrici tettoniche presenti nell’area. Questo è anche supportato dalla temperatura della sorgente che ha valori più elevati rispetto a quella che le compete in relazione alla sua quota di emergenza. A nostro parere tale anomalia è probabilmente legata a deboli apporti idrotermali; non a caso l’acquifero connesso a questa sorgente è ubicato in corrispondenza di uno dei principali lineamenti tettonici dell’area. Ad ulteriore riprova del coinvolgimento convettivo di fluidi profondi, va segnalato che le acque di questa sorgente hanno avuto, durante la sequenza sismica di Pollina del giugno 1993, variazioni significative nella concentrazione di alcuni costituenti maggiori.

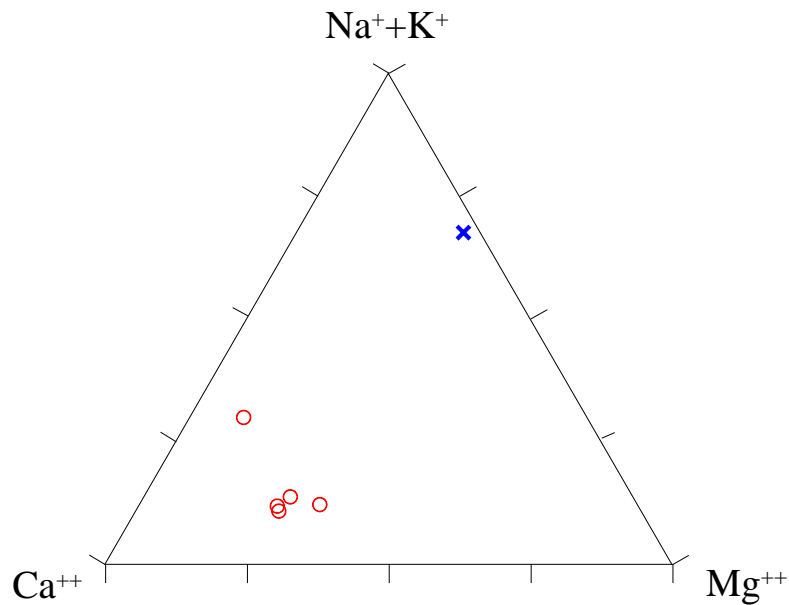


Diagramma ternario Ca-Mg-Na+K per il corpo idrico Monte dei Cervi

Sul diagramma triangolare dei cationi, i punti di campionamento evidenziano in maniera chiara i maggiori contenuti di magnesio rispetto ai termini impostati sui sedimenti calcarei della Panormide.

La sorgente Favara di Collesano evidenzia anche in questo diagramma i suoi maggiori contenuti di sodio, probabilmente legati, come descritto precedentemente, al coinvolgimento di fluidi profondi nell'acquifero.

Nel triangolare anionico, viene evidenziata, in maniera chiara, la caratterizzazione bicarbonatica di queste acque, che da questo punto di vista risultano più omogenee.

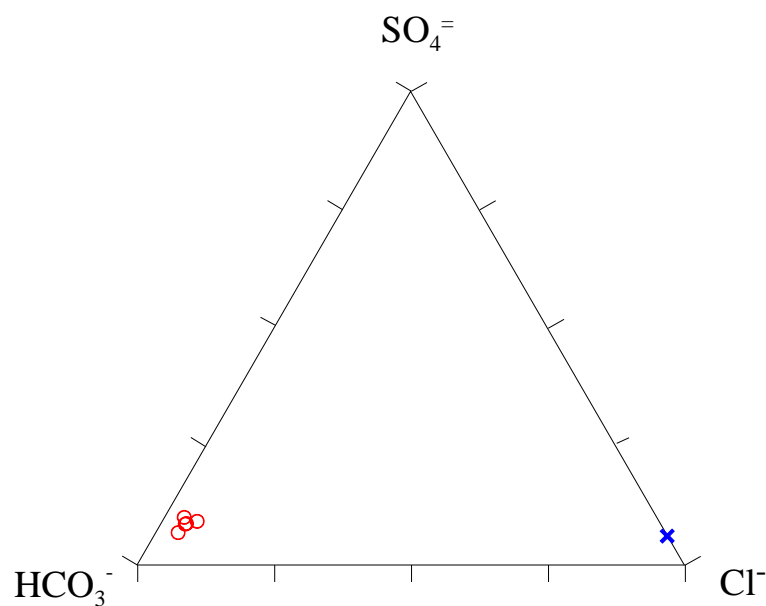


Diagramma ternario Cl-SO₄-HCO₃ per il corpo idrico Monte dei Cervi

Caratteristiche isotopiche del corpo idrico

La posizione dei punti relativi a questo corpo idrico mette in evidenza che esso presenta delle leggere variazioni, pur mantenendosi su valori abbastanza negativi. Questo potrebbe essere anche legato al fatto di essere in presenza di litologie più a carattere dolomitico e quindi l'infiltrazione delle piogge che alimentano il corpo idrico è meno efficace con conseguente possibilità di una parziale rievaporazione e quindi positivizzazione della composizione isotopica.

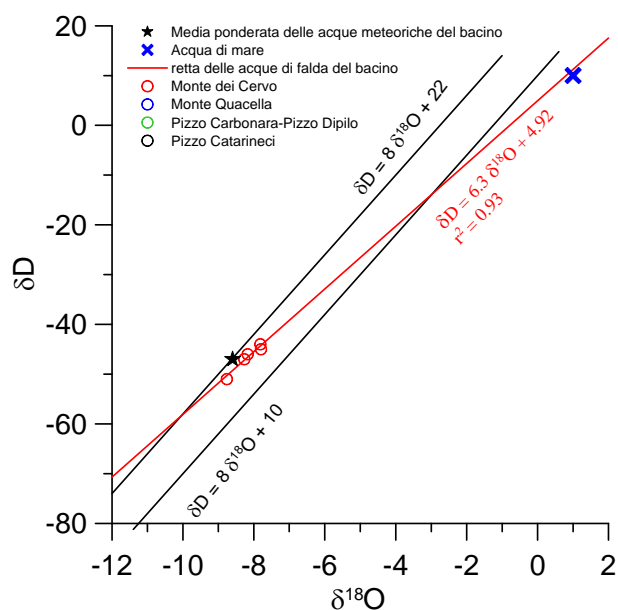


Diagramma $\delta D - \delta^{18}O$ (in ‰ rispetto a SMOW) delle acque del corpo idrico Monte dei Cervi.

Qualità delle acque del corpo idrico

Il diagramma a torta ovviamente rispecchia la componente carbonatica prevalente del corpo idrico, come già detto per quelli precedentemente descritti, ma con una percentuale

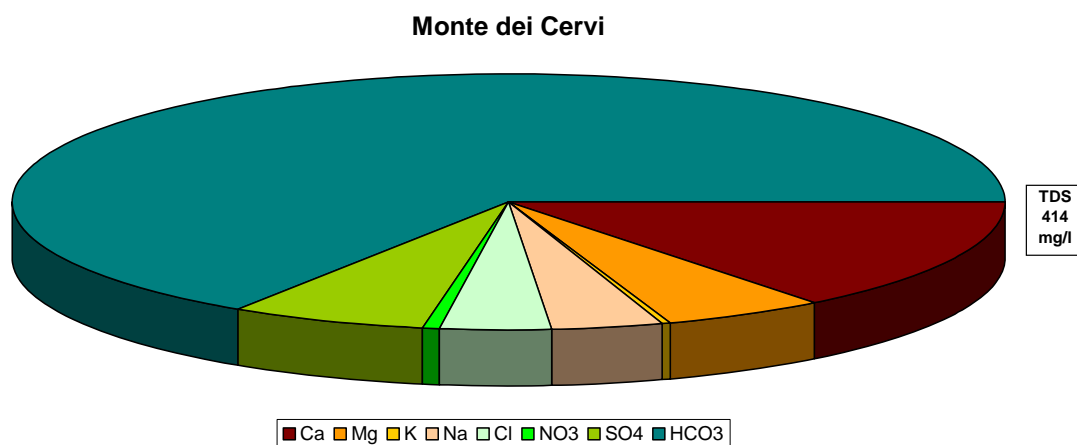


Diagramma a torta mostrante le composizioni percentuali delle specie ioniche dei costituenti maggiori presenti nel corpo idrico. E' stata aggiunta la percentuale dei nitrati allo scopo di avere una relazione visibile tra specie inorganiche e specie più direttamente correlabili alla qualità del corpo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

magnesiaca maggiore. Anch'esso presenta bassa salinità. Anche tutti gli altri valori rientrano nei limiti dei valori di parametro.

Bacino	Monti Madonie		
Corpo idrico	Monte di Cervi		
Parametro	Espressione dei risultati	Valore	Valore di Parametro
Temperatura	°C	15	-
pH		7.5	6,5<pH<9,5
Conducibilità	µS/cm	446	2500
Cl	mg/l	14	250
SO ₄ ⁻	mg/l	27	250
Ca	mg/l	60	-
Mg	mg/l	22	-
Na	mg/l	15	200
K	mg/l	2	-
Al	µg/l	0.7	200
Mn	µg/l	9.7	50
Fe	µg/l	30.3	200
NO ₃ ⁻	mg/l	2	50
NH ₄ ⁺	mg/l	0.02	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, ferro, cloruri, nitrati e ammonio. Il valore di conducibilità e il contenuto in solfati fa assegnare al corpo idrico la seconda classe nella classificazione dello stato qualitativo previsto dal D. Lgs. 152/99 e successive modifiche ed integrazioni. Le concentrazioni medie dei parametri addizionali (inquinanti inorganici) sono inferiori ai valori limite previsti dalla tabella 21 del D. Lgs. 152/99.

Qualità delle acque a scopo irriguo

Le acque del corpo idrico M. dei Cervi 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.

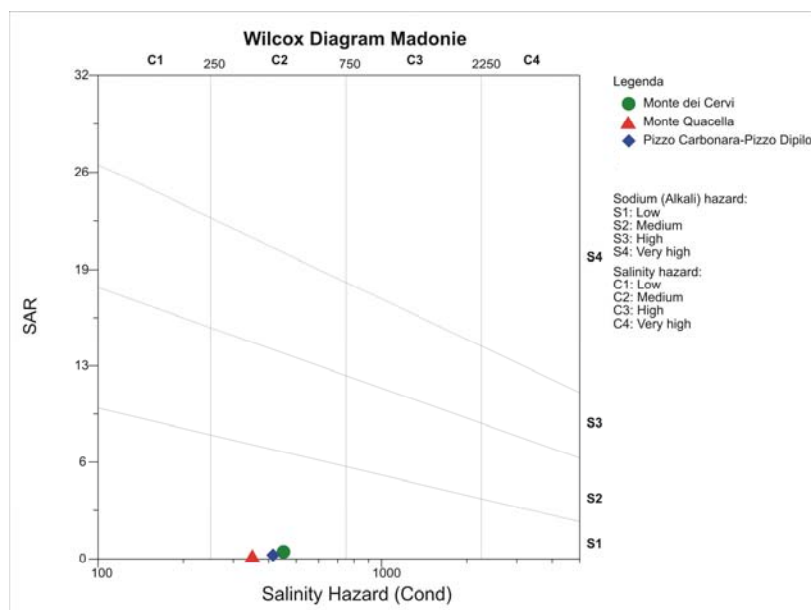


Diagramma per la classificazione delle acque destinate all'uso irriguo.

Estrazioni di acque dolci e usi

In questo corpo idrico sono stati realizzati 5 pozzi per uso idropotabile o irriguo che secondo calcoli indiretti dovrebbero emungere più di 80 l/s, e due grosse sorgenti (gruppo sorgentizio di Scillato e la sorgente di Favara di Collesano).

Dalle sorgenti si captano in media 775 l/s di cui poco più di 700 l/s si destinano a uso idropotabile. Questi valori sono stati ottenuti da dati che arrivano fino al 1998 e non sono stati ancora aggiornati.

Note : I pozzi Mora costruiti in prossimità delle sorgenti omonime hanno causato la loro estinzione.

Bibliografia

CUSIMANO G. ET ALII (2002) - *Carta di vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi delle Madonie* - (scala 1:50.000). Consiglio Nazionale delle Ricerche, Firenze.

AGNESI V., DE CRISTOFORO D., DI MAGGIO C., MACALUSO T., MADONIA G., MESSANA V. & ROTIGLIANO E. (1998) - *Introduzione alla geomorfologia delle Madonne*. 79° Congresso Nazionale della Società Geologica Italiana, Palermo, settembre.

CUSIMANO G. & CONTINO A. (1995) - *Carta idrogeologica del Parco delle Madonie* (scala 1:25.000). Piano territoriale del Parco delle Madonie, Ente Parco Madonie – Regione Sicilia (rapporto interno).

ABATE B., CATALANO R. & RENDA P. (1995) - *Carta geologica del Parco delle Madonie* (scala 1:25.000). Piano territoriale del Parco delle Madonie, Ente Parco Madonie – Regione Sicilia (rapporto interno).

**CORPO IDRICO SOTTERRANEO
MONTE QUACELLA (R19MDCS02)**

b) Caratteristiche geografiche, geologiche, idrogeologiche

Localizzazione geografica e morfologica del corpo idrico

Localizzazione geografica

Il corpo idrico della Quacella si inquadra nel gruppo montuoso delle Madonie, ed è limitato dagli abitati di Polizzi Generosa a SW e di Petralia Sottana a SE, a N dal corpo idrico di Pizzo Carbonara-Pizzo Dipilo, a NW da quello di Monte dei Cervi. Il corpo idrico comprende, oltre gli affioramenti di Piano Noce, Monte Mufara, Monte Quacella, Monte Daino, Pizzo dell'Inferno, Pizzo Sant'Otiero, anche quelli di Pizzo Canna (a SE di Monte Ferro), di Rocca Gonato (a S di Castelbuono e NE di Monte Ferro), Cozzo San Giorgio (a NE di Geraci), Cozzo Cipollazzo (tra San Mauro Castelverde e Pollina, immediatamente a S della borgata Borrello) e Cozzo San Biagio (a NW di Gibilmanna).

Il corpo idrico coinvolge i territori comunali di Petralia Sottana, Castellana Sicula (falda confinata sepolta sotto il Flysch Numidico), Polizzi Generosa, Castelbuono, San Mauro Castelverde e Geraci Siculo. L'area di affioramento è di 16,70 km² con una altezza massima di 1869 m s.l.m.

I bacini idrografici di afferenza sono quelli del fiume Pollina, dell'Imera Meridionale e dell'Imera Settentrionale. Nel dettaglio, il corpo idrico confina a SW con la testata del fiume Imera settentrionale, a S con quella dell'Imera meridionale, e ad E con il bacino del fiume Pollina, ed è solcato dal sistema di valloni Canna-Prato-Faguara (settore centrale e centro-settentrionale) sussidiari dell'Imera settentrionale, e dal vallone Madonna degli Angeli ad W, sussidiario del Pollina.

Il foglio I.G.M.I. di riferimento è il n. 260 "Nicosia" (scala 1:100.000).

Considerazioni geomorfologiche

Dal punto di vista morfologico, i principali affioramenti in quota del corpo idrico di Quacella si presentano come tre dorsali di dolomie allungate: Monte Mufara - Monte Quacella (con ulteriore sviluppo a W di Monte San Salvatore verso S) che si sviluppa per 6

km, Portella di Mele (3,5 km) e Pizzo Canna (più di 3 km), separate tra di loro da terreni più plastici che inglobano corpi arenacei e di brecce.

La caratteristica geomorfologia saliente è la ripidità dei versanti, intensamente degradati per processi di disgregazione meccanica, direttamente in rapporto con le basse temperature, e il conseguente accumulo di detrito nei versanti con formazione di estese pietraie, processi che hanno avuto il climax nelle fasi più fredde del Pleistocene. Sono presenti anche canyon fluvio-carsici (Vallone Canna), da mettere in rapporto con i movimenti tettonici verticali che hanno man mano sollevato l'intera area. Nonostante non si possa parlare di carsismo nel senso proprio del termine, le dolomie sono intensamente fratturate e si conoscono alcune cavità ipogee a sviluppo verticale.

Aspetti geologici

Dal punto di vista geologico, il corpo idrico della Quacella è un'unità tettonica che deriva dalla deformazione di una zona di raccordo fra la Piattaforma carbonatica Panormide ed il Bacino Imerese. Nel dettaglio, la successione dei terreni è così disposta dal basso verso l'alto:

- marne, calcisiltiti e calcari marnosi giallastri o grigio-verdastri (Fm. Mufara, Trias sup.). Questi terreni, praticamente impermeabili, limitano alla base il sovrastante acquifero dolomitico;
- dolomie, brecce dolomitiche e calcari dolomitici (Fm. Quacella, Trias sup.- Lias inf.), potenti circa 150 - 200 m. Sono sede dell'acquifero principale in rete di fratture e subordinatamente in condotti carsici;
- localmente, si riscontrano modesti affioramenti di radiolariti e argilliti silicee (a permeabilità molto bassa 10^{-7} m/s) della Fm. Crisanti (Cretaceo med. – Lias sup.);
- calcilutiti marne e calcisiltiti della Fm. Caltavuturo (Oligocene – Cretaceo sup) con alternanze e/o intercalazioni di calcareniti e/o calciruditi generalmente poco potenti. La permeabilità di questo intervallo è da bassa a media (10^{-7} a 10^{-4} m/s);
- chiudono la serie i depositi terrigeni del Flysch Numidico (Miocene inf. – Oligocene sup.). Si tratta di argille siltose con intercalazioni più o meno potenti di megaconglomerati e megabrecce carbonatiche (facies pelitica), passanti verso l'alto a

termini arenacei (arenarie quarzose), molto fratturati, della facies arenacea, che costituiscono il tetto impermeabile dell'acquifero.

Dal punto di vista strutturale, il Monte Quacella costituisce nel suo complesso una grande struttura anticlinalica, ripetutamente smembrata sia dalla tettonica compressiva che da quella distensiva, che verso SE si accavalla sulla struttura del Monte S. Salvatore. Quest'ultima tende a verticalizzarsi verso SW e verso SSE, scagliandosi ripetutamente su se stessa. Sul fianco meridionale la struttura di Monte S. Salvatore è interessata da faglie inverse ad alto angolo che l'accavallano sui terreni argillosi (Argille Varicolori) e calcareo-marnosi (Fm. di Polizzi), derivanti dalla deformazione del dominio Sicilide e sulle evaporiti messiniane. Strutture minori sono date dall'anticlinale di rampa di Pizzo Canna e dagli affioramenti minori di Cozzo S. Giorgio e di Serra l'Ostia-Cozzo Cipollazzo, presso la borgata rurale di Borrello (a SE dell'abitato di Pollina). Si tratta di placche monocliniche ritagliate essenzialmente da faglie dirette.

In particolare, nell'area di Pizzo Canna la copertura del Flysch Numidico si presenta scollata dal substrato (le dolomie) e ripetutamente scagliata su se stessa. Ciò è soprattutto avallato dai dati derivanti dalla galleria di derivazione di Fosso Canna, che si estende per più di 3 km tra la contrada omonima e le pendici di Rocca Vaccaro. Infatti lungo il tracciato della detta galleria sono stati rilevati diversi contatti anomali al di sotto della copertura numidica tra le dolomie ed il Flysch Numidico a megabrecce, materializzati da un susseguirsi di faglie inverse la cui prosecuzione in superficie non era stata rilevata in precedenza.

Morfologia del corpo idrico

L'acquifero è costituito dalle dolomie e calcari dolomitici della Fm. Quacella, che presentano una permeabilità variabile da alta a molto alta (10^{-1} m/s $< k < 10^{-4}$ m/s) legata all'intensa e diffusa fratturazione che coinvolge tutta la formazione.

In accordo ai dati in affioramento, la potenza dell'acquifero si stima non superiore ai 200 m. L'acquifero è limitato alla base dalle marne della Fm. Mufara, la cui permeabilità non superiore a 10^{-8} m/s, le rende praticamente impermeabili. Inoltre, il corpo idrico si accavalla tettonicamente ai depositi pelitici (10^{-9} m/s $< k < 10^{-10}$ m/s) e pelitico-arenacei (k

$< 10^{-7}$ m/s), del Flysch Numidico, che per il loro basso grado di permeabilità costituiscono il substrato impermeabile del corpo idrico.

Laddove sulle dolomie e calcari dolomiti seguono in continuità stratigrafica i depositi terrigeni impermeabili del Flysch Numidico, l'acquifero carbonatico è confinato o parzialmente confinato.

Nel caso in cui la copertura numidica è stata erosa le dolomie e i calcari dolomitici affioranti costituiscono una falda libera.

Il corpo idrico è limitato ad E dall'idrostruttura di Monte dei Cervi, con cui, in generale non sembrerebbe in collegamento idraulico, per la presenza in affioramento a Portella Colla del Flysch Numidico, incuneato fra l'idrostruttura di M. Quacella e quella di M. dei Cervi.

Nel settore a N di Monte Quacella, dove per quasi 2 km non affiora Flysch Numidico tra le dolomie di questo corpo idrico ed i calcari del corpo idrico di P.zo Carbonara, in mancanza di ulteriori accertamenti, non si può escludere un limitato collegamento idraulico laterale tra il corpo idrico di Monte Quacella e quello di Pizzo Carbonara.

Il rinvenimento di terreni dolomitici durante gli scavi per la realizzazione delle gallerie Cella e Canna, e la presenza di emergenze sorgentizie (sorgenti a S di Monte San Salvatore) suggeriscono che il corpo idrico di M. Quacella avrebbe continuità nel sottosuolo verso S confinato dai materiali più impermeabili del Flysch Numidico.

La circolazione idrica nelle dolomie si verifica generalmente grazie all'intensa e diffusa fratturazione che le caratterizza, in quanto l'azione carsica è molto limitata e solo raramente crea le condizioni per la genesi di condotti carsici. Pertanto sembra che i flussi idrici sotterranei, che si esplicano all'interno del corpo idrico di M. Quacella, non siano influenzati in maniera significativa dal carsismo.

All'interno dell'idrostruttura di M. Quacella la circolazione idrica investe anche le megabrecce del Flysch Numidico e gli orizzonti quarzarenitici del Flysch Numidico generando delle falde libere talora discontinue e di limitata estensione areale e laterale. Quando le falde delle megabrecce carbonatiche e dei livelli quarzarenitici del Flysch Numidico sono a contatto con le dolomie si creano delle condizioni che favoriscono il collegamento idraulico. Questa evenienza si riflette anche sul chimismo delle acque sorgentizie.

Caratteristiche idrogeologiche e idrochimiche

Regime pluviometrico e infiltrazione

La pioggia media annua è di 1150 mm (calcolata per il periodo 1964-95, Atlante Climatologico), con un periodo umido da settembre ad aprile in cui si registra quasi il 95% del totale di pioggia, e uno secco da giugno ad agosto con meno del 3%.

Dagli studi finora eseguiti e dal raffronto tra la pioggia media (1150 mm) e la portata complessiva media delle sorgenti (1055 l/s) ne consegue che l'aliquota d'acqua di pioggia che si infiltra nel sistema carsico è del 65 % del totale caduto. Le stime sono state effettuate utilizzando dei dati di sorgenti ricadenti nel corpo idrico in oggetto, ma che risultano saltuari. Perciò il dato percentuale va considerato orientativo, essendo ancora in fase di studio.

L'area di ricarica, oltre alle dolomie, si estende agli affioramenti del Flysch Numidico tra la dorsale di Monte San Salvatore a S ed il vallone Faguara a N (posto direttamente a S dell'idrostruttura di Pizzo Carbonara) e tra le dorsali di Pizzo Cerasa - Pizzo di Fao e di Pizzo Canna. Infatti le acque di ruscellamento di questi terreni sono convogliate verso gli affioramenti di dolomie e possono contribuire alla ricarica dell'acquifero. Questa dinamica è evidente in prossimità di Pizzo Canna, dove si osserva che la tettonica ha realizzato linee preferenziali di dissoluzione favorendo la genesi di unghiottoi che raccolgono le acque di ruscellamento provenienti dal Flysch Numidico ed in diretto rapporto con la sorgente Canna (Calvi *et alii*, 1999).

Regime della falda e flussi sotterranei

Da una prima analisi dei dati di portata delle principali sorgenti si evince che il periodo di abbassamento del livello piezometrico va dalla fine di maggio (o di giugno) a novembre. Il minimo si ha tra ottobre e dicembre; dopo di che il livello piezometrico della falda risale dalla fine di dicembre (o gennaio) fino a marzo, con punte massime nel mese di aprile.

La distribuzione e l'entità delle manifestazioni sorgentizie più importanti indicano che la direzione principale del flusso delle acque sotterranee, è verso S e SE (pendici di Monte San

Salvatore, con il 65% del totale), e subordinatamente verso W e SW (vallone San Nicola con il 15%), e verso NNE (vallone Faguara-Canna 10% e Cozzo San Giorgio 10%).

Le numerose sorgenti si localizzano prevalentemente alle pendici S e SE di Monte San Salvatore, (sorgenti Margi, Margi Soprano, Margi Menta, Gisa, Pomo, Cateratti etc.), alcune delle quali captate dall'Acquedotto Madonie Est che alimenta i comuni di Caltanissetta, Enna ed altri centri abitati minori. Altre sorgenti allacciate a questo acquedotto sono presenti a valle di M.Daino (sorgenti Faguara, Romito, Fra Paolo). Le acque sotterranee delle dolomie dell'unità Quacella, con tutta probabilità, prima di sgorgare in superficie, attraversano la copertura numidica, tramite le fratture presenti nelle intercalazioni quarzarenitiche e/o carbonatiche o grazie a lineamenti tettonici inversi simili a quelli che sono stati rintracciati nella galleria Canna.

Invece, le sorgenti presenti nel vallone San Nicola (Orto della Menta, Grotticelle), nel vallone Canna (sorgente Canna) e nell'area di Cozzo San Giorgio - Vallone dei Mulini sgorgano direttamente dalle dolomie.

Considerazioni sulla vulnerabilità

Questo corpo idrico presenta un'elevata vulnerabilità intrinseca legata:

- all'intensa fratturazione a cui localmente si sovrappone il carsismo dei calcari dolomitici affioranti nelle aree di ricarica il che implica grande velocità del flusso sotterraneo e bassissima capacità di autodepurazione;
- alla mancanza di una copertura poco permeabile e di un suolo ben sviluppato in grado di filtrare l'acqua di infiltrazione;
- alle modalità di ricarica dell'acquifero, che in parte riceve acque provenienti dal deflusso superficiale su depositi argillosi impermeabili del Flysch Numidico, e che confluiscono in terreni carbonatici infiltrandosi velocemente lungo condotti carsici.

Per quanto riguarda gli aspetti inerenti la vulnerabilità dell'acquifero in esame occorre distinguere tra i flussi che coinvolgono esclusivamente le dolomie (sorgenti di alta quota) e quelli che attraversano la copertura terrigena del Flysch Numidico (sorgenti di Monte San Salvatore e Pizzo Catarineci), in questo secondo caso la capacità di autodepurazione dovrebbe essere maggiore e più selettiva.

Allo stato attuale, la probabilità che si possano verificare fenomeni d'inquinamento risulta molto bassa, poiché l'attività antropica nell'area di ricarica, rientrando in grandissima parte in Zone A e B del Parco delle Madonie, risulta attualmente quasi nulla.

Caratterizzazione idrogeochimica

Al corpo idrico di Monte Quacella afferiscono le acque circolanti nei terreni dolomitici appartenenti alla successione sedimentaria della Piattaforma Panormide.

Nel diagramma di Langelier-Ludwig, tutti i punti d'acqua di questo corpo idrico, ricadono nel quadrante delle acque bicarbonato-alcaino terrose.

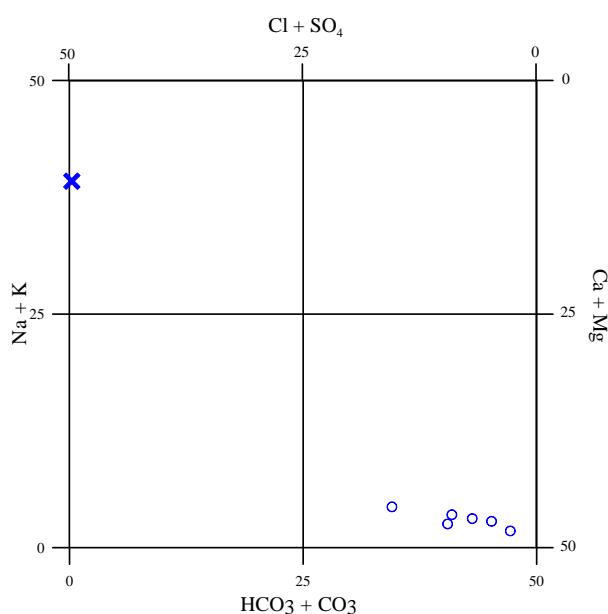


Diagramma classificativo di Langelier-Ludwig per il corpo idrico Monte Quacella

Si discosta rispetto agli altri punti di questo corpo idrico, l'acqua di Pietra Ardica, in cui le concentrazioni di solfato e cloro sono sensibilmente più elevate rispetto agli altri campioni, pur mantenendo il rapporto tra calcio + magnesio e sodio + potassio pressoché costanti. Questa variazione è probabilmente dovuta a termini di miscelazione con acque circolanti in terreni flyschoidi, rispetto ai quali questo corpo idrico è confinante.

Nel caso della sorgente Cateratti il punto di emergenza dell'acquifero si trova in corrispondenza degli affioramenti flyschoidi. Nonostante questa ubicazione, a causa dei

blocchi carbonatici presenti in questa formazione (wildflysch), la connotazione delle acque risulta essere sempre bicarbonato-alcantino terrosa.

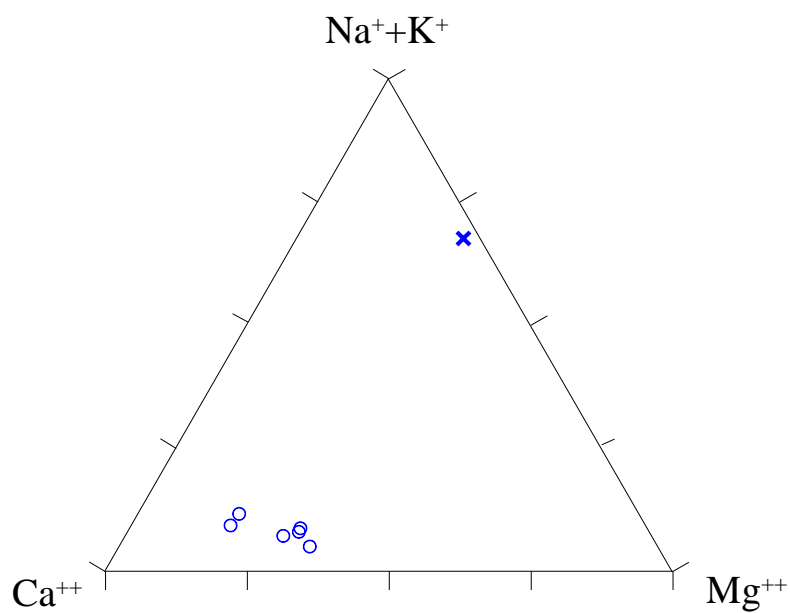


Diagramma ternario Ca-Mg-Na+K per il corpo idrico Monte Quacella

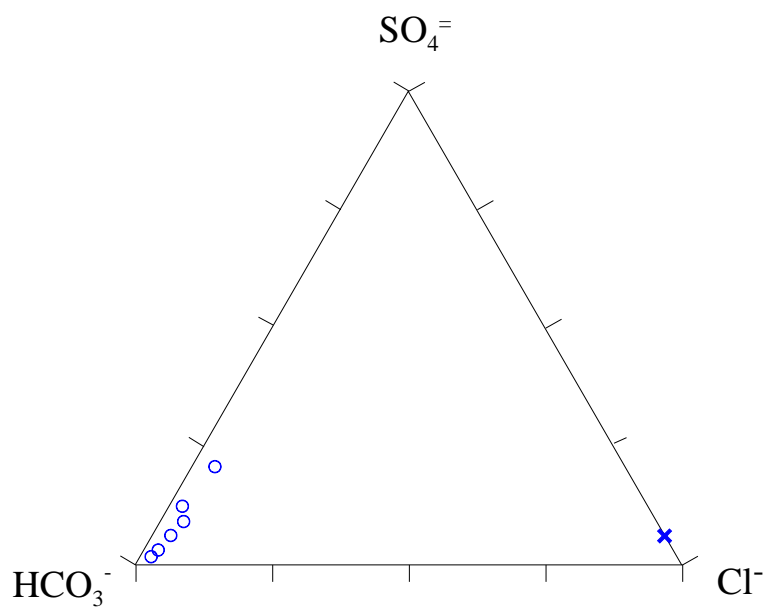


Diagramma ternario Cl-SO₄-HCO₃ per il corpo idrico Monte Quacella

Sul diagramma triangolare dei cationi, si evidenzia in maniera chiara la variazione dei rapporti calcio-magnesio in un intervallo che si mantiene più elevato rispetto a quelli riscontrati nei termini impostati sui sedimenti calcarei della Panormide. Si deduce, quindi, che questi acquiferi sono costituiti da rocce che hanno una componente dolomitica spiccata.

A conferma del termine di miscelamento flyschoidale, il triangolare con i costituenti anionici individua una serie di termini che partendo dal vertice del bicarbonato, si spostano progressivamente verso il vertice dei solfati. Questa caratterizzazione deriva, molto probabilmente, dalla presenza, in alcuni livelli del Flysch Numidico di gesso e natroiarosite.

Caratteristiche isotopiche del corpo idrico

La posizione dei punti, relativi a questo corpo idrico, mette in evidenza che le acque relative allo stesso, sono fra le più negative di tutto il bacino, ciò è abbastanza in accordo con la quota più elevata del corpo idrico.

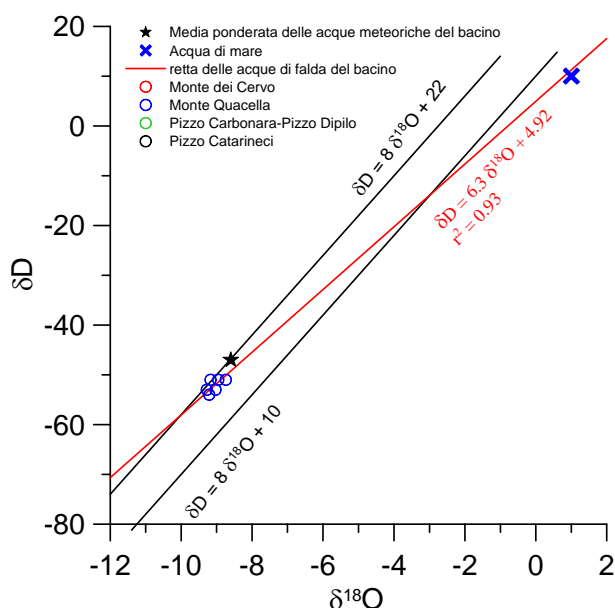


Diagramma $\delta D - \delta^{18}O$ (in ‰ rispetto a SMOW) delle acque del corpo idrico Monte Quacella

Qualità delle acque del corpo idrico

Il diagramma a torta evidenzia la predominanza dello ione bicarbonato. La salinità è bassa così come la concentrazione in nitrati.

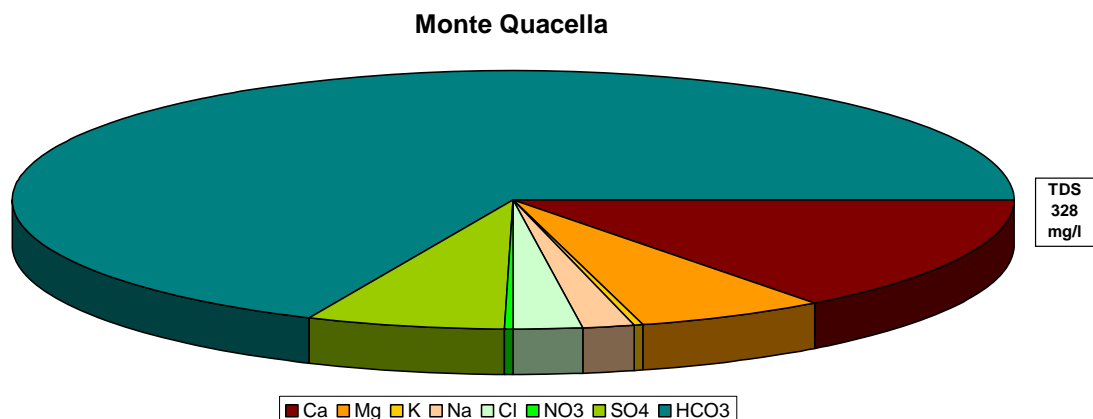


Diagramma a torta mostrante le composizioni percentuali delle specie ioniche dei costituenti maggiori presenti nel corpo idrico. E' stata aggiunta la percentuale dei nitrati allo scopo di avere una relazione visibile tra specie inorganiche e specie più direttamente correlabili alla qualità del corpo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

I valori medi di concentrazione dei parametri presi in considerazione risultano abbastanza al di sotto dei valori di parametro dati dal D. Lgs. n. 31/2001 All.1.

Bacino	Monti Madonie		
Corpo idrico	Monte Quacella		
Parametro	Espressione dei risultati	Valore	Valore di Parametro
Temperatura	°C	9	-
pH		7.6	6,5<pH<9,5
Conducibilità	µS/cm	348	2500
Cl	mg/l	7	250
SO ₄ ⁻	mg/l	21	250
Ca	mg/l	49	-
Mg	mg/l	20	-
Na	mg/l	5	200
K	mg/l	1	-
Al	µg/l	1.34	200
Mn	µg/l	0.1	50
Fe	µg/l	9.8	200
NO ₃ ⁻	mg/l	1	50
NH ₄ ⁺	mg/l	0.004	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

Le acque afferenti a questo corpo idrico non presentano concentrazioni di inquinanti organici ed inorganici al di sopra dei limiti previsti dal D. Lgs. 152/99.

Tutti i macrodescrittori tenuti in considerazione per la classificazione qualitativa del corpo idrico, rientrano nei limiti previsti per la classe 1. Le concentrazioni dei parametri addizionali (inquinanti inorganici) risultano al di sotto dei valori limite previsti dalla tabella 21 del D. Lgs 152/99. Pertanto, dal punto di vista qualitativo secondo il D. Lgs. 152/99 al corpo idrico viene attribuita la classe 1.

Qualità delle acque a scopo irriguo

Le acque del corpo idrico Monte Quacella 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.

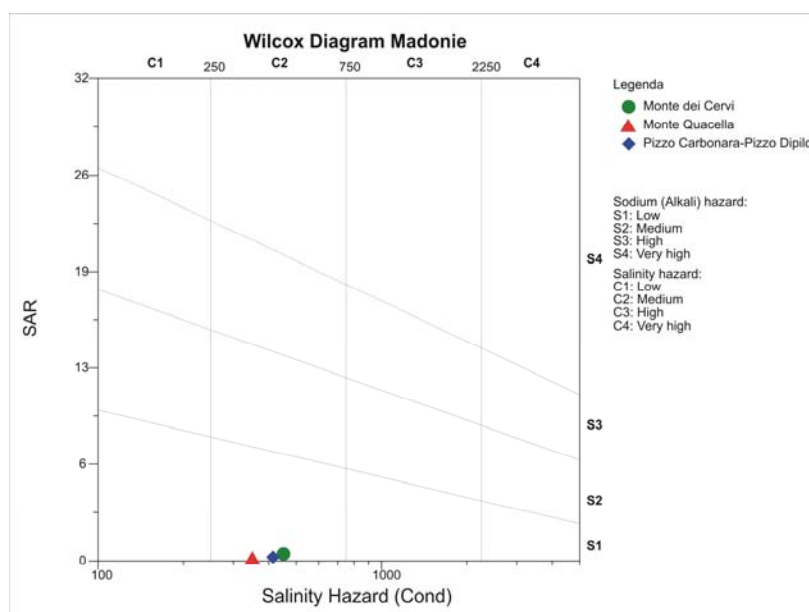


Diagramma per la classificazione delle acque destinate all'uso irriguo.

Dal punto di vista della classificazione quantitativa, questo corpo idrico proprio per la sua geometria, non ha grosse pressioni antropiche quindi si trova in equilibrio idrogeologico; infatti, le acque che si ricavano da questo corpo idrico derivano essenzialmente da sorgenti e gallerie drenanti che hanno portate compatibili con la risorsa media annua rinnovabile. Per i motivi sopra esposti secondo il D.Lgs. 152/99 al corpo idrico viene attribuita la classe A.

Estrazioni di acque dolci e usi

In questo corpo idrico non risultano prelievi sistematici tramite pozzi, le acque sotterranee vengono sfruttate tramite captazioni delle numerose sorgenti. Anche se non esiste ancora un archivio aggiornato, dai dati storici a disposizione (alcuni arrivano al 1998) si desume che le sorgenti captate di questo corpo idrico forniscono una portata complessiva di poco superiore a 550 l/s, di cui 370 l/s sono destinati per uso idropotabile (Acquedotto Madonie Est), e più di 180 l/s per usi agricoli. E' presente inoltre un numero significativo di sorgenti non captate.

Bibliografia

AURELI A., CONTINO A., CUSIMANO G., SILLUZIO C., AVERSA D., DI STEFANO G., D'URSO A., FAZIO F., GIUFFRÈ I., MAZZURCO N., PISTORIO G., PRIVITERA A. M. G. & PROVENZANO M. C. (2002) - *Carta della Vulnerabilità all'Inquinamento degli acquiferi delle Madonie (Sicilia centro settentrionale) - Scala 1: 50000*. Dipartimento di Geologia e Geodesia dell'Università degli Studi di Palermo. Pubbl. n. 2312 del G. N. D. C. I. - C.N.R. Firenze SELCA.

CALVI ET AL. - *Delimitation of the protection zones of the Canna and Centomasi springs in the Madonie Mountains*. Simposio Scientifico "Protezione delle acque sotterranee dall'intrusione delle acque marine e dall'inquinamento", Bari, settembre 1999.

V. AGNESI ET AL. (1999) - *Introduzione alla geomorfologia delle Madonne*. atti del 79° Congresso Nazionale della Società Geologica Italiana, Palermo, settembre 1998.

CUSIMANO G., CONTINO A. (1995) - *Idrogeologia*. Piano Territoriale del Parco delle Madonie, Regione Siciliana, Ente Parco delle Madonie - Dipartimento di Geologia e Geodesia dell'Università di Palermo - Regione Sicilia, 1995 (rapporto interno).

ABATE B., CATALANO R. & RENDA P. (1995) - *Carta geologica delle Madonie (scala 1:25.000)*. Piano territoriale del Parco delle Madonie, Ente Parco Madonie – Regione Sicilia, (rapporto interno) 1995.

ABATE B., CATALANO R., CONTINO A., BASILONE L. & AGATE M. (2004) – *Stratigraphy of the Madonie Mts. Stop 11, 3rd Day, 31 August 2004*. In: R. Catalano (Leader), The Crust in Western and Central Eastern Sicily, Post-Congress Field Trips August, 29-31, 2004, 30-32. 32nd International Geological Congress, Florence, Italy, August 20-28, 2004. In press.

CATALANO R., DI MAGGIO C., CONTINO A., SULLI A., AVELLONE G., BASILONE L. & ABATE B. (2004) – *Portella Colla, The debated structural setting Stop 12, 3rd Day, 31 August 2004*. In: R. Catalano (Leader), The Crust in Western and Central Eastern Sicily, Post-Congress Field Trip in Sicily Guidebook. August, 2004, 33-34. 32nd International Geological Congress, Florence, Italy, August 20-28, 2004. In press.

**CORPO IDRICO SOTTERRANEO
PIZZO CARBONARA–PIZZO DIPILO
(R19MDCS03)**

b) Caratteristiche geografiche, geologiche, idrogeologiche

Localizzazione geografica e morfologica del corpo idrico

Localizzazione geografica

Il corpo idrico di Pizzo Carbonara – Pizzo Dipilo si inquadra nel gruppo montuoso delle Madonie, tra le località di Gibilmanna e Gratteri a N, la struttura di Monte dei Cervi a W, i rilievi di Monte Mufara e Pizzo Canna a S, e Castelbuono ad E. In affioramento si articola in due grandi strutture: Pizzo Carbonara a S e Pizzo Dipilo a N. La struttura di Pizzo Carbonara, oltre al rilievo omonimo, comprende Monte Ferro, Pizzo Antenna, Monte Milocco e Cozzo Cirino; la struttura di Pizzo Dipilo, oltre al rilievo omonimo, include: Cozzo Medie, Pizzo Dipilo, Monte Grotta Grande, Monte Macabubbo, Monte Puraccia, Pizzo Giurafelle e Cozzo Giampietra. Altri affioramenti minori che afferiscono al detto corpo idrico sono la Rocca di Cefalù (nella località omonima e direttamente sul mare), la Rocca San Nicola (ad E di Gibilmanna) ed il Monte Balatelli (tra Pizzo Carbonara e Monte Dipilo). In totale il corpo idrico affiora per 46,95 km², e raggiunge una altezza massima di 1979 m s.l.m. (Pizzo Carbonara).

Il corpo idrico ricade nei territori comunali di Cefalù, Castelbuono, Petralia Sottana, Polizzi Generosa, Isnello, Collesano e Gratteri.

I bacini idrografici di appartenenza sono il bacino del fiume Pollina, dell'Imera Settentrionale, Roccella e bacini minori fra Roccella e Imera Settentrionale, Lascari e bacini minori fra Lascari e Roccella, e bacini minori fra Pollina e Lascari. Il corpo idrico è delimitato ad W dalla vallata del fiume Imera settentrionale, e ad E dal settore occidentale del bacino del fiume Pollina ed è solcato dai torrenti Roccella (ad W) e Malpertuso (ad E).

I fogli I.G.M.I. di riferimento (scala 1:100.000) sono il n. 251 “Cefalù” e il n. 260 “Nicosia”.

Considerazioni geomorfologiche

Dal punto di vista morfologico si tratta di un corpo tabulare con inclinazione generalmente verso N, smembrato in due blocchi principali: l'uno più meridionale, che raggiunge la massima altezza a Pizzo Carbonara (1979 m s.l.m.) e presenta una maggiore estensione areale e versanti molto acclivi; l'altro più settentrionale denominato di Pizzo Dipilo che raggiunge i 1385 m s.l.m., e presenta versanti acclivi ma più articolati ed ha una estensione minore.

Entrambi i due blocchi carbonatici si caratterizzano per la considerevole presenza di morfologie carsiche a diverso stadio evolutivo. Inoltre le caratteristiche litotecniche dei terreni hanno consentito la conservazione di morfologie relitte sub-pianeggianti intensamente carsificate a quote tra 800 e 1950 m s.l.m., in esigui lembi disposti lungo i versanti o alla sommità dei rilievi. Si riconoscono anche canyon fluvio-carsici, incisioni fluviali e condotti carsici ipogei a forte sviluppo verticale, indicativi del progressivo approfondimento dei livelli di base dei processi di erosione. Parallelamente ai movimenti tettonici di sollevamento si sono innescati processi di incisione fluviale e fenomeni di deformazione gravitativi di versante, mentre l'erosione selettiva ha prodotto l'accentuazione delle scarpate di faglia. Alla base dei principali versanti si trovano potenti accumuli di detrito sciolto o cementato e talvolta stratificato, generatisi in condizioni più fredde di quelle attuali e che spesso sono coinvolti in movimenti gravitativi. Fra le forme attive, sono frequenti nicchie di crollo e le falde di detrito attuali.

Le morfologie carsiche epigee sono molto numerose, troviamo polje (es, Piano Battaglia), doline (isolate o concentrate a formare veri e propri campi di doline), valli morte, campi solcati (karren).

Aspetti geologici

Dal punto di vista stratigrafico la successione dei terreni affioranti è data da (dal basso verso l'alto):

- calcari e subordinatamente calcari dolomitici spesso mal stratificati e che appartengono al corpo centrale della Piattaforma Carbonatica Panormide ed in

particolare alle facies di piattaforma carbonatica e di scogliera del Norico. Lo spessore massimo in affioramento è valutabile attorno ai 500-600 m.

- Localmente e con ridotta continuità laterale, sui terreni precedenti si rinvenivano dei calcari marnosi rossastri o violacei con resti di ammoniti, brachiopodi e con lenti calcaree (Rosso Ammonitico *Auct.*) del Giura inf.-medio, potenti sino a circa 200-250 m.

- Seguono con una grossa lacuna, dei calcari grigi o grigio-biancastri con ricca fauna del Giura sup.- Cretaceo inf. ed appartenenti alla facies di retroscogliera e di complesso di scogliera, potenti circa 200-300 m.

- Ancora con una grossa lacuna, seguono calcilutiti a foraminiferi planctonici (eq. Fm. Caltavuturo *Auct.*) del Cretaceo sup-Eocene, potenti al massimo 20 m.

- La successione è coronata dai depositi terrigeni del Flysch Numidico (Oligocene sup. – Miocene inf.). Nelle Madonie sono presenti tre facies del Flysch Numidico: alla base affiorano argille e argille siltose color tabacco con intercalazioni di megabrecce carbonatiche e verso l'alto di quarzareniti (facies pelitica). Segue una monotona alternanza di argille siltose e di quarzareniti e/o quarzosiltiti in sottili strati ed a più altezze stratigrafiche di intercalazioni di arenarie quarzose, spesso a granuli di quarzo arrotondati (facies arenacea). Alla sommità si hanno argille siltose grigie con rare intercalazioni quarzarenitiche (facies pelitico-arenacea) Infine, segue, in discordanza, la copertura argilloso-marnosa del Flysch Numidico.

L'idrostruttura di Pizzo Carbonara - Pizzo Dipilo è limitata da due grandi sistemi di faglie: Gratteri-Monte Mufara e Gibilmanna-Castelbuono, smembrato nelle due placche già citate, presenta un andamento generalmente monoclinale con strati immergenti verso NE e NW ed è interessato da un sistema di faglie di direzione prevalente NE-SW. Nel blocco settentrionale (Pizzo Dipilo) le faglie tendono ad anastomizzarsi assumendo un andamento tendenzialmente di tipo radiale.

L'idrostruttura di Pizzo Carbonara - Pizzo Dipilo risulta sovrascorsa sulle coperture terrigene numidiche del corpo idrico di Monte dei Cervi e verso meridione si accavalla, tramite faglie inverse ad alto angolo, su quello della Quacella, come è particolarmente visibile nella zona di Pizzo Canna-Contrada Frattasella. In questo ultimo sito sono

coinvolti dalla tettonica compressiva i depositi calcareo-marnosi (Trubi) del Pliocene inf. che post-datano l'evento tettonico, che per l'appunto è legato alla fase mediopliocenica.

Morfologia del corpo idrico

L'acquifero ha sede nella successione di calcari e calcari dolomitici (dal Norico al Cretaceo) carsificati e con una permeabilità tra 10^{-4} e 10^{-3} m/s (alta), che si abbassa sino a 10^{-6} m/s (media) nelle sovrastanti calcilutiti della Fm. Caltavuturo. La potenza dell'acquifero è compresa tra 700 e 900 m circa. Al tetto chiudono la serie orizzonti terrigeni del Flysch Numidico (Miocene inf. – Oligocene sup.), la cui facies pelitica basale è da considerare praticamente impermeabile (10^{-10} m/s). Il complesso acquifero poggia per contatto tettonico sui termini pelitici del Flysch Numidico. Solo nel settore più settentrionale e per una lunghezza di 2 km circa il corpo idrico di Pizzo Carbonara-Pizzo Dipilo, a causa della tettonica compressiva mediopliocenica, risulta a contatto diretto, tramite faglie ad alto angolo, con il corpo idrico di Monte Quacella. Tale evenienza fa sì che non si possano escludere a priori scambi idrici tra due corpi idrici.

Dai dati a disposizione si può presumere che vi sia una continuità del corpo idrico verso Nord come acquifero confinato al di sotto delle argille del Flysch Numidico, e che riaffiori, tramite sistemi di faglie, in corrispondenza della Rocca di Cefalù dove si rinvencono importanti recapiti sorgentizi (1000 l/s), alcuni dei quali sottomarini.

Il corpo idrico è interessato da grandi sistemi carsici in reti di fratture in cui si concentra il grosso del flusso sotterraneo.

Caratteristiche idrogeologiche e idrochimiche

Regime pluviometrico e infiltrazione

La pioggia media è stata stimata in base ai dati ricavati dell' Atlante Climatologico (periodo 1964-95), e si riporta nel quadro a seguito:

Struttura	Pioggia media (mm/anno)	Periodo umido e percentuale di pioggia rispetto al totale	Periodo secco e percentuale di pioggia rispetto al totale
P. Carbonara	1275	da settembre ad aprile, 95%	da giugno ad agosto, 2,5%
P. Dipilo	890	da ottobre ad aprile, 85%	da giugno ad agosto, 5%
TOTALE	1150		

Dagli studi finora eseguiti e dal raffronto tra la pioggia media (1150 mm) e la portata complessiva media delle sorgenti (1055 l/s) ne consegue che l'aliquota d'acqua di pioggia che si infiltra nel sistema carsico è del 65 % del totale caduto. Il dato è da considerare ancora approssimativo ed occorrerà effettuare un'apposita calibrazione nel prosieguo dello studio.

L'area di affioramento del corpo idrico (calcarei e subordinatamente calcari dolomitici fratturati e carsificati) coincide con l'area di ricarica dell'acquifero.

Regime della falda e flussi sotterranei

Le uniche sorgenti che afferiscono all'idrostruttura di Pizzo Dipilo sono quelle localizzate sul versante settentrionale denominate S. Giorgio e Capo d'Acqua Tribuna. Queste sorgenti rappresentano appena l'1% del volume del deflussi idrico sotterraneo.

Tutti i dati disponibili indicano che la direzione del flusso delle acque sotterranee è verso Nord, ed in particolare verso le sorgenti della Rocca di Cefalù che sono le sorgenti più importanti alimentate dal corpo idrico Pizzo Carbonara – Pizzo Dipilo. Lungo la fascia costiera, prospiciente la Rocca di Cefalù, si rinvencono numerose emergenze sorgentizie

che nel complesso hanno una portata di circa 1000 l/s. Alcune di queste sorgenti sono sottomarine, come è stato possibile verificare durante alcuni sopralluoghi e da rilievi eseguiti all'infrarosso termico.

La galleria Presidiana drena oggi gran parte dell'acquifero carbonatico della Rocca di Cefalù. La portata è variabile da 480 a 600 l/s dai dati dello STIR relativi al 2002. I massimi valori di portata si registrano a Maggio o Giugno, o tra marzo ed aprile, ed i minimi valori si riscontrano tra novembre e dicembre o a febbraio in alcune annate. La realizzazione della galleria Presidiana ha determinato il convogliamento della maggior parte del deflusso sotterraneo con conseguente decremento o totale scomparsa di gran parte delle manifestazioni sorgentizie preesistenti nella Rocca di Cefalù.

Considerazioni sulla vulnerabilità

Dal punto di vista della vulnerabilità si tratta di un corpo idrico estremamente vulnerabile.

L'elevato grado di vulnerabilità intrinseca dell'acquifero carbonatico è imputabile:

- alla mancanza di una copertura a componente argillosa o di un suolo più o meno sviluppato in grado di filtrare l'acqua di infiltrazione;
- all'infiltrazione diretta dell'acqua nel sistema carsico (inghiottitoi) e di fratture;
- alla bassissima capacità di autodepurazione dell'acquifero, causa la modalità di circolazione dell'acquifero che si esplica lungo condotti carsici e in rete di fratture.

Nonostante questi aspetti, l'incidenza dell'inquinamento dovrebbe essere da bassa a molto bassa nella struttura di Pizzo Carbonara, in quanto la maggior parte delle aree di ricarica ricade in zone A e B del Parco delle Madonie, soggette a vincoli idrogeologici in cui, pertanto, l'attività antropica è molto ridotta. Le uniche condizioni di pericolo si verificano nella struttura di P.zo Dipilo in cui insistono i centri abitati di Isnello a S, di Gratteri a N, e alcune cave attive.

Caratterizzazione idrogeochimica

Al corpo idrico Pizzo Carbonara-Pizzo Dipilo, afferiscono le acque circolanti nelle porzioni più calcaree dei terreni appartenenti alla Panormide.

Nel diagramma di Langelier-Ludwig, tutti i punti d'acqua di questo corpo idrico, ricadono nel quadrante delle acque bicarbonato-alcantino terrose, fa eccezione il campione di Presidiana che ricade nel quadrante delle clorurato-solfato-alcantino.

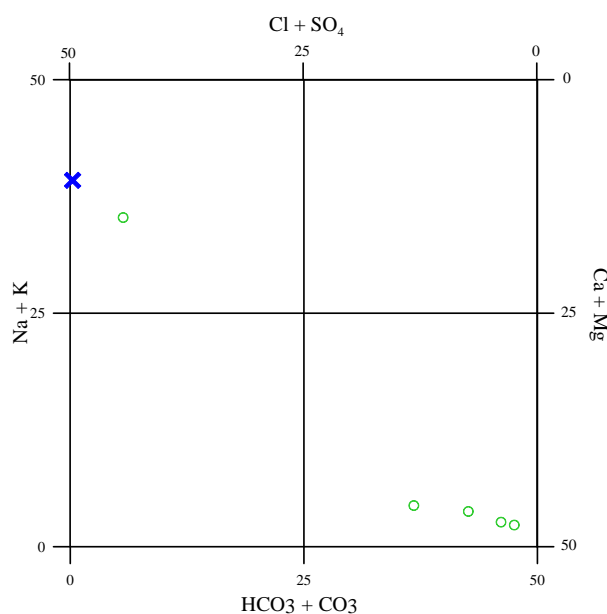


Diagramma classificativo di Langelier-Ludwig per il corpo idrico Pizzo Carbonara – Pizzo Dipilo

Questo corpo idrico, come si evince dalle mappe allegate, è costituito dai tre corpi in affioramento, che vengono ricondotti ad un unico corpo idrico che, oltre ad alimentare tutta una serie di sorgenti medio-piccole a quote più elevate nel massiccio madonita, alimenta anche le emergenze idriche di maggiore rilevanza ubicate sulla costa nell'area di Cefalù.

Le caratteristiche chimiche dei punti di campionamento nella parte a monte del corpo idrico (Madonie medio-alte), sono tipiche di acquiferi carbonatici e caratterizzate da un pH compreso tra 7,17 e 7,64 e da una conducibilità in un range tra 278 - 456 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Situazione completamente diversa è quella di Presidiana che è anomala rispetto agli altri campioni, infatti, la ricarica di questa sorgente è certamente a matrice bicarbonato-alcantino terrosa e quindi madonita. Infatti, l'affioramento carbonatico della Rocca di

Cefalù non è in grado di costituire, per problemi di estensione dell'affioramento e di infiltrazione efficace disponibile, l'area di ricarica di una sorgente come quella di Presidiana che ha valori medi di portata di diverse centinaia di l/s. Un'altra motivazione è data dalla misura della composizione isotopica (δD e $\delta^{18}O$) di queste acque, che hanno una caratterizzazione che individua la ricarica dell'acquifero con precipitazioni che si sono verificate a quote intorno ai 1500 metri.

Il gruppo montuoso che presenta queste caratteristiche di elevazione, oltre ad avere una compatibilità geologico-strutturale, idrogeologica e isotopica, è quello delle Madonie. La caratterizzazione clorurato-solfato-alcalina, è dovuta ad una contaminazione marina, che, su basi chimiche ed isotopiche è stata stimata intorno al 4-6 %.

Va anche detto che l'attuale situazione deriva da un leggero aumento della contaminazione marina, infatti, fino ad una decina di anni fa, la conducibilità della sorgente Presidiana aveva valori inferiori, e la relativa stima della contaminazione marina era intorno al 3-4%.

Questa contaminazione avviene durante la risalita delle acque lungo le faglie che hanno portato in affioramento i terreni carbonatici della Rocca di Cefalù. Questo tipo di contaminazione compromette l'utilizzabilità di quest'acqua per scopi idropotabili. Attualmente, per utilizzarla, viene miscelata con acque a basso contenuto salino, come le acque della sorgente di Scillato.

Di seguito sono riportati i diagrammi triangolari relativi alle concentrazioni delle principali specie cationiche ed anioniche misurate. I campioni del corpo idrico Pizzo Carbonara-Pizzo Dipilo evidenziano una certa variabilità. Vanno sempre e comunque distinti i campioni prelevati sul massiccio montuoso, da quello di Presidiana che ha connotazione chimica diversa in funzione della contaminazione marina precedentemente descritta.

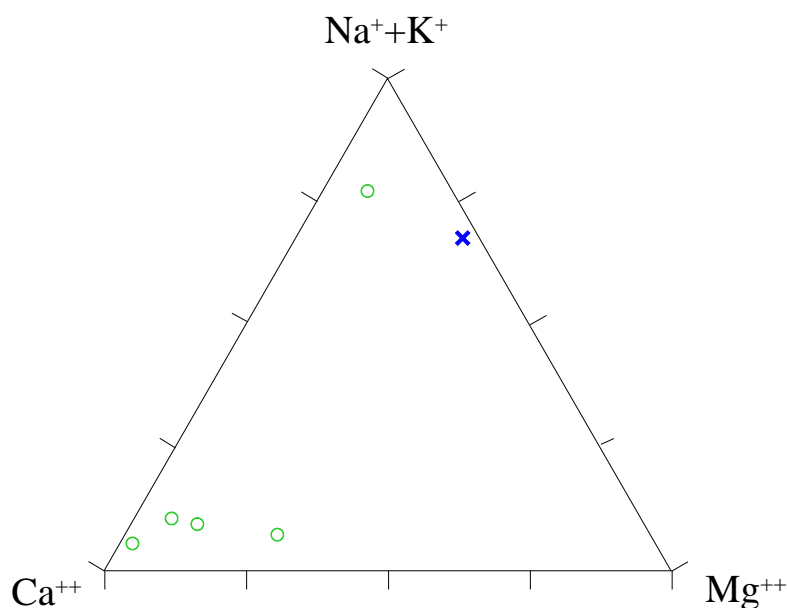


Diagramma ternario Ca-Mg-Na+K per il corpo idrico Pizzo Carbonara – Pizzo Dipilo.

Nel diagramma dei cationi i quattro campioni a quota più elevata, mostrano dei contenuti di mg progressivamente più elevati dalla sorgente Favara di Isnello alla sorgente del Faggio. I valori bassi in mg sono legati all'interazione con le rocce serbatoio di natura carbonatica. I valori più elevati in mg sono probabilmente dovuti ad un limitato travaso di acque dal corpo idrico adiacente (Monte dei Cervi), dove le rocce serbatoio hanno una componente più marcatamente dolomitica.

Anche in questo caso la collocazione della sorgente Presidiana, si differenzia nettamente dagli altri siti di monitoraggio del corpo idrico, infatti la sua collocazione è prossima al vertice del sodio, dato che questo è il catione prevalente nell'acqua di mare.

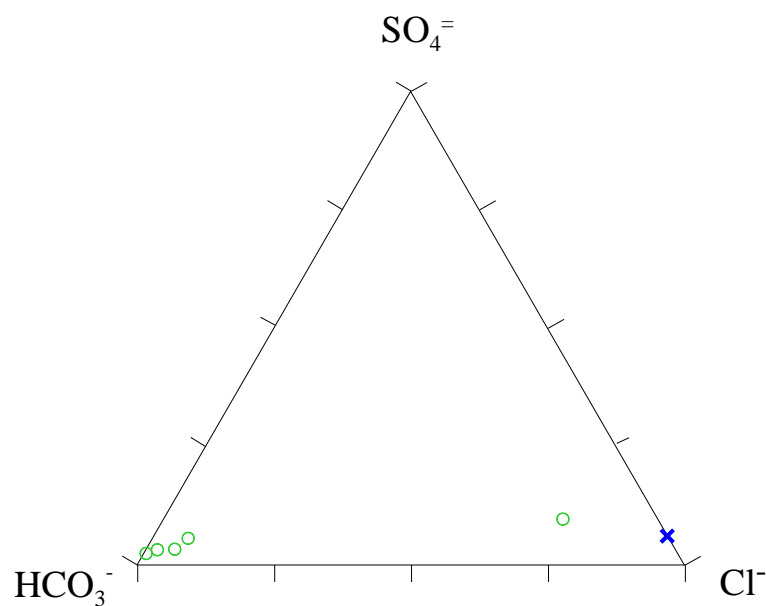


Diagramma ternario Cl-SO₄-HCO₃ per il corpo idrico Pizzo Carbonara – Pizzo Dipilo.

Il diagramma triangolare degli anioni evidenzia la concentrazione dei campioni nel vertice dei bicarbonati con piccole variazioni dovute a deboli mescolamenti con acque circolanti nel flysch Numidico. Come sempre fa eccezione la sorgente Presidiana che è spostata verso il vertice del cloro.

Caratteristiche isotopiche del corpo idrico

La posizione dei punti relativi a questo corpo idrico mette in evidenza come la maggior parte delle acque si collochi nella parte più bassa del diagramma, cioè con valori

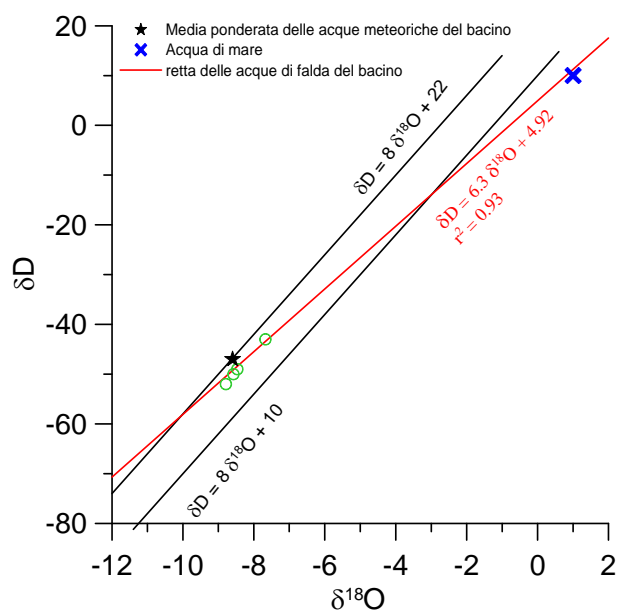
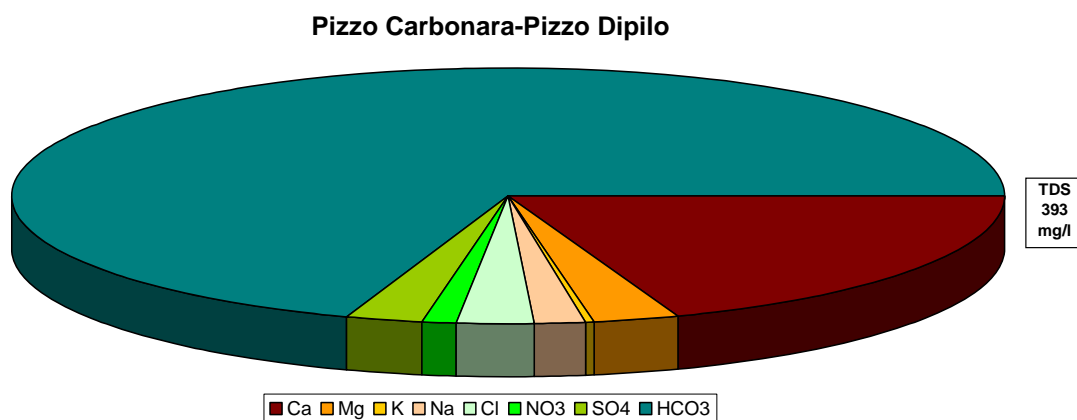


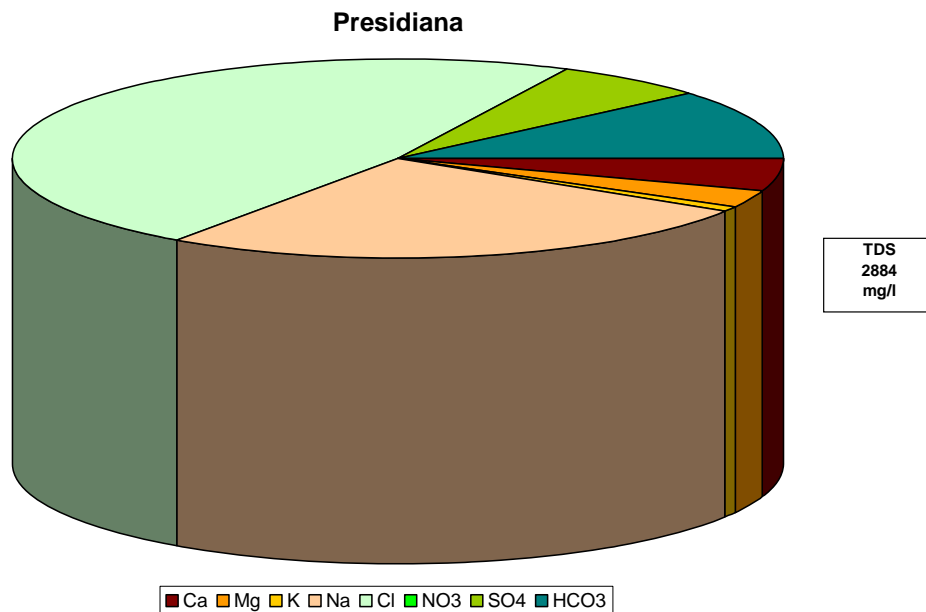
Diagramma $\delta D - \delta^{18}O$ (in ‰ rispetto a SMOW) delle acque del corpo idrico Pizzo Carbonara – Pizzo Dipilo

isotopici più negativi, ed abbastanza vicini all'acqua meteorica. Da questi valori si discosta la sorgente Presidiana per l'apporto marino che è caratterizzato da valori più positivi. La quota di alimentazione, considerando un gradiente isotopico verticale medio, risulta essere superiore ai 1500 m.

Qualità delle acque del corpo idrico

I diagrammi a torta mostrano chiaramente la differenza composizionale tra la parte omogenea del corpo idrico, essenzialmente caratterizzata da carbonato, calcio e, subordinatamente, magnesio, mentre la sorgente Presidiana risulta caratterizzata





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.

prevalentemente da cloro e sodio. Anche lo spessore della torta evidenzia la differente salinità.

Bacino	Monti Madonie		
Corpo idrico	Pizzo Carbonara-Pizzo Dipilo		
Parametro	Espressione dei risultati	Valore	Valore di Parametro
Temperatura	°C	11	-
pH		7.4	6,5<pH<9,5
Conducibilità	µS/cm	410	2500
Cl	mg/l	9	250
SO ₄ ⁻	mg/l	10	250
Ca	mg/l	76	-
Mg	mg/l	11	-
Na	mg/l	7	200
K	mg/l	1	-
Al	µg/l	0.77	200
Mn	µg/l	0.1	50
Fe	µg/l	16.2	200
NO ₃ ⁻	mg/l	5	50
NH ₄ ⁺	mg/l	0.01	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.

I valori medi del corpo idrico sono tutti al di sotto dei valori di parametro ad eccezione della sorgente Presidiana che, come si vede dalla tabella successiva, risulta con valori di conducibilità superiori ai valori di parametro.

Bacino	Monti Madonie		
Corpo idrico	Pizzo Carbonara-Pizzo Dipilo		
Campione	Presidiana		
Parametro	Espressione dei risultati	Valore	Valore di Parametro
Temperatura	°C	16	-
pH		7.1	6,5<pH<9,5
Conducibilità	µS/cm	3587	2500
Cl	mg/l	1366	250
SO ₄ ⁻	mg/l	180	250
Ca	mg/l	152	-
Mg	mg/l	78	-
Na	mg/l	748	200
K	mg/l	27	-
Al	µg/l	1.2	200
Mn	µg/l	0.2	50
Fe	µg/l	316.2	200
NO ₃ ⁻	mg/l	3	50
NH ₄ ⁺	mg/l	0.0025	0.5

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

Stato chimico del corpo idrico

Dal punto di vista qualitativo, la netta distinzione tra la parte a monte del corpo idrico e le zone di affioramento dell'acquifero nella zona di Cefalù dove esiste una chiara contaminazione di acqua di mare, ci ha portato a escludere la sorgente di Presidiana dalla media per l'assegnazione della classificazione dello stato quantitativo, perché la contaminazione di Presidiana si realizza solo in fase finale e in ogni caso non è rappresentativa della situazione del corpo idrico a monte. Con tale assetto, la classificazione qualitativa del corpo idrico, per un leggero eccesso valori di conducibilità, va in classe 2.

Le concentrazioni dei parametri addizionali (inquinanti inorganici ed organici) risultano al di sotto dei valori limite previsti dalla tabella 21 del D.Lgs 152/99.

Lo stato ambientale del corpo idrico è buono. Pertanto, al corpo idrico di Pizzo Carbonara-Pizzo Dipilo viene attribuita la classe 2.

Qualità delle acque a scopo irriguo

Dal punto di vista irriguo, le acque del corpo idrico Pizzo Carbonara-Pizzo Dipilo sono classificabili come C2-S1, cioè 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.

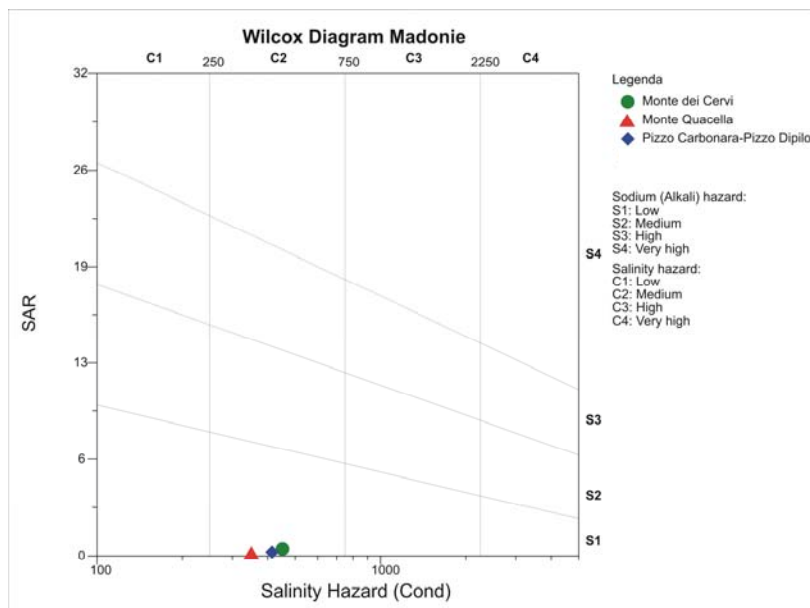


Diagramma per la classificazione delle acque destinate all'uso irriguo.

Estrazioni di acque dolci e usi

In questo corpo idrico ricadono 5 pozzi produttivi ubicati a ridosso dell'abitato di Cefalù. Le acque sotterranee si sfruttano tramite captazioni delle poche sorgenti, dalla galleria Presidiana si destinano in media 400 l/s ad uso idropotabile che vengono convogliati verso Palermo. Altri comuni che si servono di sorgenti di questo corpo idrico per il proprio approvvigionamento sono Castelbuono, Gratteri e Cefalù.

**CORPO IDRICO SOTTERRANEO
PIZZO CATARINECI (R19MDCS04)**

Corpo idrico sotterraneo: Pizzo Catarineci

b) Caratteristiche geografiche, geologiche, idrogeologiche

Localizzazione geografica e morfologica del corpo idrico

Localizzazione geografica

Il corpo idrico di Pizzo Catarineci rientra nel settore orientale del gruppo montuoso delle Madonie, tra gli abitati di Geraci a NE e le due Petralie a SW. L'area di affioramento è di 14,86 km² con una altezza massima di 1660 m s.l.m. (Pizzo Catarineci).

Dal punto di vista politico amministrativo, il corpo idrico rientra nei territori comunali di Geraci, Petralia Sottana e Petralia Soprana.

I bacini idrografici di appartenenza sono il bacino del fiume Pollina e quello dell'Imera Meridionale. Riguardo al deflusso superficiale, il corpo idrico è lambito dal torrente Mandarini e costituisce parte della linea di displuvio che separa la vallata del fiume Imera meridionale da quella del Pollina ed i suoi affluenti.

Il foglio I.G.M.I. di riferimento è il n. 260 "Nicosia" (scala 1:100.000).

Considerazioni geomorfologiche

Dal punto di vista morfologico si tratta di un crinale montuoso a forte controllo morfoselettivo; infatti le bancate quarzarenitiche più resistenti all'erosione formano creste allungate, che culminano nel rilievo di Pizzo Catarineci (1660 m s.l.m.), mentre i livelli pelitici con intercalazioni e/o con fitte alternanze di strati centi-decimetrici d'arenarie quarzose, danno vita a versanti meno acclivi od a dossi allungati mammellonari.

I processi morfoevolutivi di questa area madonita si inquadrano nel generale processo di sollevamento tettonico dell'area, avvenuto essenzialmente nel Pleistocene. Parallelamente ai movimenti tettonici di sollevamento si sono innescati processi di incisione fluviale e fenomeni di deformazione gravitativa di versante, mentre l'erosione selettiva ha prodotto l'accentuazione delle scarpate di morfoselezione.

Alla base dei principali versanti si trovano potenti accumuli di detrito sciolto o di coperture pluvio-colluviali, spesso coinvolti in movimenti franosi (scoscendimenti

evolventi a colamenti; colate di detrito). Fra le forme attive, sono frequenti piccole nicchie di crollo in corrispondenza delle bancate quarzarenitiche.

Aspetti geologici

Dal punto di vista stratigrafico la successione dei terreni affioranti è data dai depositi terrigeni del Flysch Numidico (Oligocene sup. – Miocene inf.).

Nelle Madonie sono presenti tre facies principali del Flysch Numidico: alla base affiorano argille e argille siltose color tabacco con intercalazioni di megabrecce carbonatiche e verso l'alto di lenti o corpi stratiformi centi-decimetrici, raramente metrici, di quarzareniti (facies pelitica). Segue poi la facies arenacea che, nel dettaglio, costituisce il corpo idrico di Pizzo Catarineci. Trattasi di una monotona alternanza di argilliti grigiastre siltose laminate e di quarzareniti e/o quarzosiltiti giallastre o rossastre in sottili strati mentre a più altezze stratigrafiche, si rinvencono potenti intercalazioni lenticolari di arenarie e/o conglomerati quarzosi, spesso con granuli di quarzo arrotondati

Alla sommità, in alcuni siti, la successione numidica è coronata da un corpo discordante di argille siltose grigie con rare intercalazioni quarzarenitiche (facies pelitico-arenacea)

Il corpo idrico di Pizzo Catarineci, nel suo complesso, è costituito da una struttura sinclinalica ripetutamente scagliata.

Morfologia del corpo idrico

Il corpo idrico è assimilabile ad un acquifero multifalda con falde sospese, che ha sede nelle intercalazioni arenaceo conglomeratiche del Flysch Numidico. L'acquifero presenta un evidente interesse idrogeologico locale nei settori dove è maggiore il numero delle manifestazioni sorgentizie, sempre legato all'estensione degli affioramenti ed alla frequente presenza di banconi arenacei, generalmente molto fratturati. In corrispondenza di questi ultimi la permeabilità è generalmente discreta e può assumere, in qualche caso, anche valori medio alti ($k = 10^{-5}$ m/s). Le arenarie possono presentare un certo grado di permeabilità per porosità, accentuato talvolta da fenomeni di disfacimento a causa degli agenti esogeni (specie del gelo), ma questo comunque resta del tutto subordinato al grado

di permeabilità dovuto alla fratturazione. Complessivamente la permeabilità a grande scala si stima tra 10^{-6} e 10^{-7} m/s.

La potenza massima dell'acquifero è di circa 300 m. Il complesso acquifero poggia sui termini pelitici del Flysch Numidico ed è quindi limitato alla base dalla facies pelitica del Flysch Numidico, da considerare praticamente impermeabile (10^{-9} m/s).

Poiché il numidico costituisce la copertura terrigena del corpo idrico della Quacella ed è a contatto anche lateralmente, non sono da escludere eventuali scambi idrici.

Caratteristiche idrogeologiche e idrochimiche

Regime pluviometrico e infiltrazione

La pioggia media annua è di 850-900 mm (calcolata per il periodo 1964-95, Atlante Climatologico), con un periodo umido da settembre ad aprile in cui si registra quasi il 95% del totale di pioggia, e uno secco da giugno ad agosto con meno del 3%.

Il raffronto immediato tra il valore di pioggia medio ed i dati di portata delle sorgenti indica che l'infiltrazione è del 10%, valore attendibile perché in accordo con le caratteristiche geomorfologiche e idrogeologiche (specialmente la bassa permeabilità) del corpo idrico, ma in difetto, perché si considera area di ricarica tutto l'affioramento del corpo idrico, e invece bisognerebbe distinguere i principali acquiferi e le loro specifiche aree di ricarica. Pertanto, allo stato attuale, il valore attribuito a questo parametro è da considerare orientativo e deve essere in seguito affinato con bilanci mirati e attualizzati.

Regime della falda e flussi sotterranei

I dati disponibili sono ancora molto frazionati e incompleti; solo per la sorgente Sambuco (1190 m s.l.m., 6 l/s) si dispone di più misure di portata (36 misure dal 1954 al 1960, e una misura del 1982) che indicano una grande variabilità (tra 1,5 e 27 l/s) con massime invernali e primaverili, e periodi di minima estivi e autunnali in rapporto diretto e immediato con i periodi di pioggia.

La distribuzione e l'entità delle manifestazioni sorgentizie indicano che la direzione principale del flusso delle acque sotterranee, è verso S, SE ed E.

Considerazioni sulla vulnerabilità

Questo corpo idrico è litologicamente poco complesso, formato da argilliti e quarzareniti più o meno siltose, che, data la loro natura, sono cattivi acquiferi ma a vulnerabilità molto bassa essenzialmente per tre motivi:

- presenza di vegetazione, suoli più o meno evoluti o crosta di degrado meteorico, che dovrebbero effettuare un primo filtraggio chimico e biologico sull'acqua;
- bassissima velocità del flusso sotterraneo, il che favorisce meccanismi di autodepurazione biologica;
- presenza di frazione argillosa in grado di interagire con gli ioni dell'acqua trattenendoli selettivamente fino a saturazione.

Come già accennato nel capitolo sulla geologia e la morfologia del corpo idrico, a vari livelli si intercalano grossi corpi di conglomerati ed arenarie. Questi corpi sono fratturati e al loro interno circola acqua che si infiltra direttamente (acqua non o poco epurata) o drenata dagli altri orizzonti (acqua presumibilmente epurata); i più sviluppati tra questi corpi, sono da considerare veri e propri acquiferi. In essi la vulnerabilità è di grado medio-alto, poiché le caratteristiche litologiche, l'assetto idrogeologico, la modalità di circolazione e l'alta velocità del flusso sotterraneo implicano capacità di autodepurazione bassa.

L'incidenza dell'inquinamento per questi acquiferi arenacei è generalmente bassa nelle zone a bassa attività antropica. Al contrario, in corrispondenza degli insediamenti antropici la vulnerabilità può essere considerata media ed in questi settori aumentano le condizioni di pericolo di inquinamento.

Caratterizzazione idrogeochimica

Al corpo idrico di “Monte Catarineci”, afferiscono le acque circolanti nei terreni quarzarenitici del Flysch Numidico.

Le acque di questo corpo idrico hanno una bassissima salinità dovuta a tempi di interazione acqua-roccia molto limitati e da un pH piuttosto acido.

Nel diagramma di Langelier-Ludwig le acque ricadono nel quadrante delle acque clorurato-solfate-alcalino terrose.

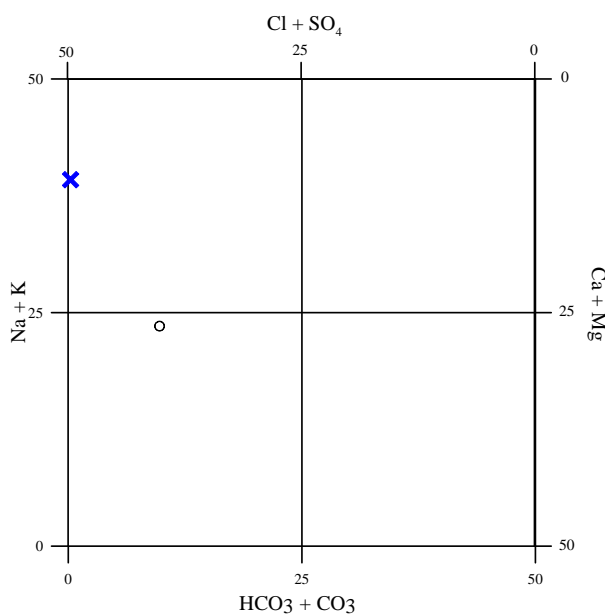


Diagramma classificativo di Langelier-Ludwig per il corpo idrico Pizzo Catarineci

Le acque del corpo idrico in esame si discostano nettamente rispetto agli altri corpi idrici delle Madonie e danno origine ad una delle due acque madri presenti in quest'area. Infatti, considerato che il Flysch Numidico è presente, in maniera massiva, alla base di tutti gli affioramenti carbonatici delle Madonie, e in modo più o meno consistente su tutti i corpi idrici individuati nell'area, questa componente idrica, in maniera più o meno evidente, è sempre presente nei campioni prelevati.

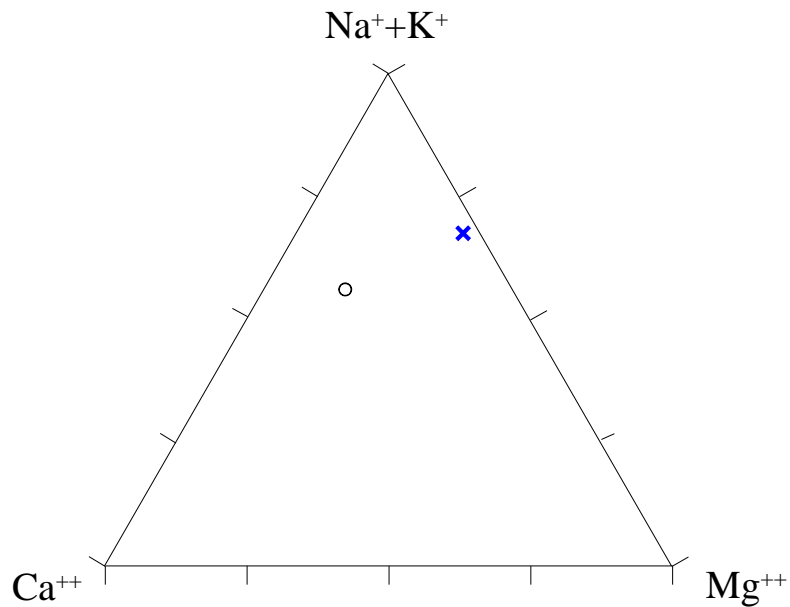


Diagramma ternario Ca-Mg-Na+K per il corpo idrico Pizzo Catarineci.

Nei diagrammi triangolari il campione Piano Lana, ha una caratterizzazione geochimica completamente differente rispetto ai campioni degli altri corpi idrici, così come risulta anche dal diagramma Langelier-Ludwig.

Si osserva una maggiore concentrazione di sodio e potassio rispetto alle concentrazioni di calcio e magnesio, così come il cloruro e il solfato sono preponderanti rispetto al bicarbonato. Questa caratterizzazione deriva, molto probabilmente, dalla presenza, in alcuni livelli del Flysch Numidico di gesso e natroiarosite.

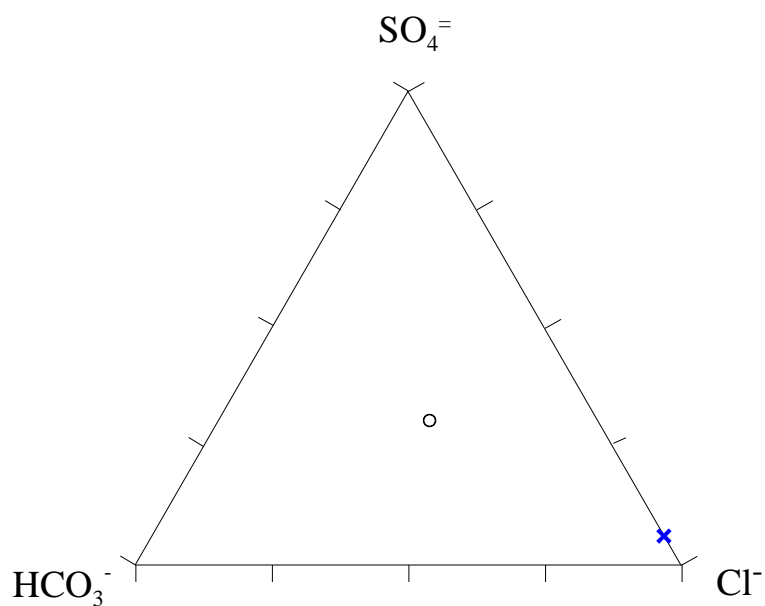


Diagramma ternario Cl-SO₄-HCO₃ per il corpo idrico Pizzo Catarineci.

Caratteristiche isotopiche del corpo idrico.

La composizione isotopica del campione di questo corpo idrico evidenzia un'origine prettamente meteorica per queste acque. Ciò è giustificato dal fatto che la quota di affioramento dell'acquifero è di circa 1100 metri mentre quella del bacino di ricarica è di circa 1400 m.

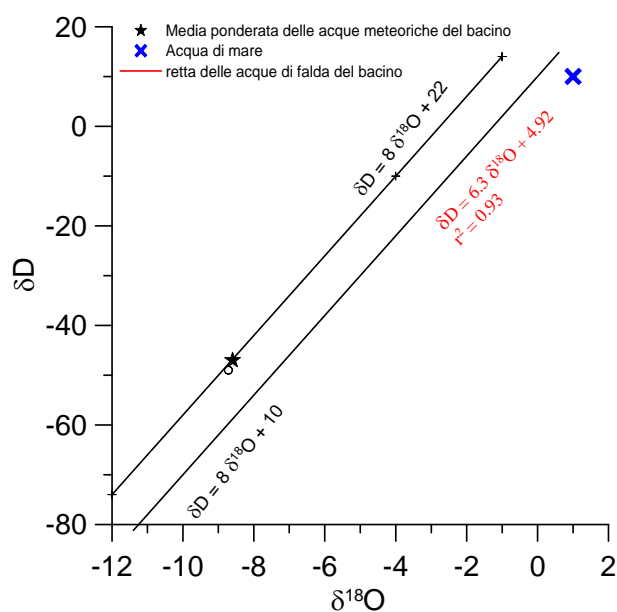


Diagramma δD - $\delta^{18}O$ (in ‰ rispetto a SMOW) delle acque del corpo idrico Pizzo Catarineci.

Qualità delle acque del corpo idrico

Il diagramma a torta mostra la bassa salinità dell'acqua e le alte concentrazioni di potassio, cloro e solfati già evidenziate nei diagrammi triangolari, giustificate dalla composizione della roccia serbatoio. Le basse concentrazioni di nitrati sottolineano l'assenza di inquinanti antropici.

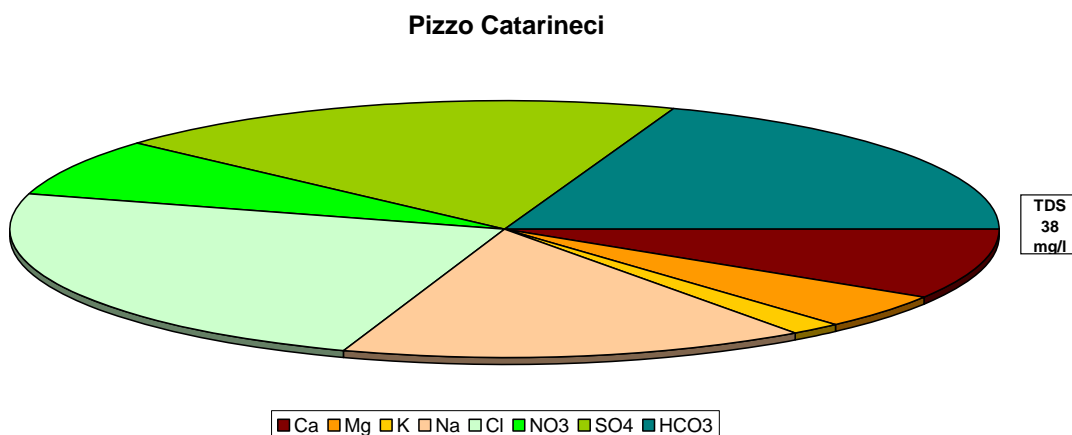


Diagramma a torta mostrante le composizioni percentuali delle specie ioniche dei costituenti maggiori presenti nel corpo idrico. E' stata aggiunta la percentuale dei nitrati allo scopo di avere una relazione visibile tra specie inorganiche e specie più direttamente correlabili alla qualità del corpo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

Bacino	Monti Madonie		
Corpo idrico	Pizzo Catarineci		
Parametro	Espressione dei risultati	Valore	Valore di Parametro
Temperatura	°C	10	-
pH		5.7	6,5<pH<9,5
Conducibilità	µS/cm	62	2500
Cl	mg/l	9	250
SO ₄ ⁻	mg/l	7	250
Ca	mg/l	3	-
Mg	mg/l	2	-
Na	mg/l	6	200
K	mg/l	1	-
Al	µg/l	10	200
Mn	µg/l	4.9	50
Fe	µg/l	5.4	200
NO ₃ ⁻	mg/l	2.7	50
NH ₄ ⁺	mg/l	0.005	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

Tutti i macrodescrittori tenuti in considerazione per la classificazione qualitativa del corpo idrico, rientrano nei limiti previsti per la classe 1. Le concentrazioni dei parametri addizionali (inquinanti inorganici) sono al di sotto dei valori limite previsti dalla tabella 21 del D.Lgs. 152/99.

Qualità delle acque a scopo irriguo.

Le acque del corpo idrico M. Catarineci non rientrano nel diagramma di Wilcox in quanto possiedono una salinità minore di 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

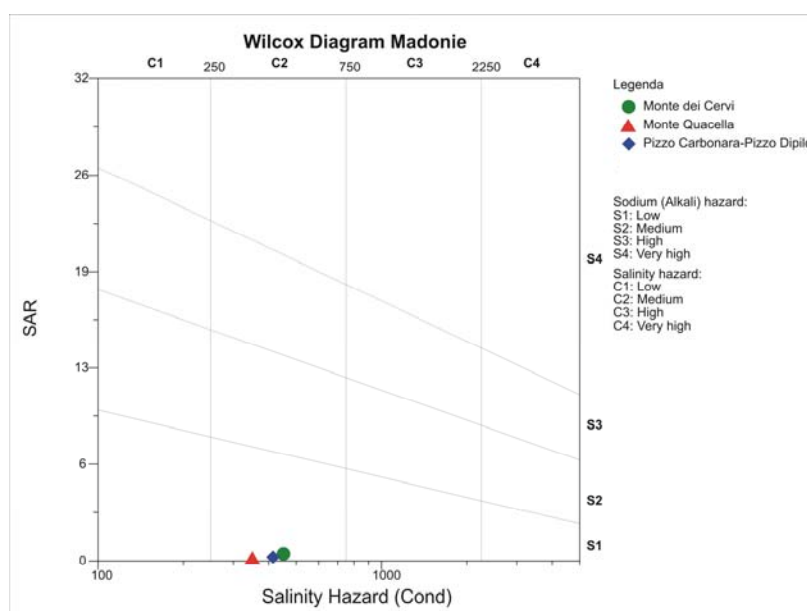


Diagramma per la classificazione delle acque destinate all'uso irriguo.

Estrazioni di acque dolci e usi

In questo corpo idrico esistono diverse manifestazioni sorgentizie, alcune delle quali ancor oggi captate per uso idropotabile (ad es. la sorgente *Montagna* che alimenta il comune di Geraci Siculo) ed altre un tempo dotate di maggiori portate, oggi esaurite (ad es. *Sconchipani* già utilizzata per l'approvvigionamento idrico di Petralia Sottana). Inoltre, nel

corpo idrico ricade la sorgente *Pietra Giordano* che viene captata ed imbottigliata con la denominazione “Acqua Geraci”, e la sorgente *Sambuco*, che serve il comune di Gangi.

Dal riscontro di dati bibliografici (Le sorgenti italiane 1934) risulta un patrimonio sorgentizio relativo a 14 punti per una portata complessiva di 40 l/s di cui più di 30 l/s si destinano ad uso idropotabile, 7 l/s ad uso irriguo e 1,5 l/s ad uso industriale.

Si fa notare che questi dati di portata dovranno essere verificati e aggiornati.