CARTA DELLA VULNERABILITÀ ALL'INQUINAMENTO DEGLI ACQUIFERI DEL MONTE NERONE

Pollution vulnerability map for the aquifers of Monte Nerone **(Marche - Italy)**

C. Bisiccia [1, 4, 5], A. Burattini [4], U. Donatelli [1], P. Forti [2], A. Gaudio [4, 5], L. Lani [4], M. Magnoni [4], L. Mancinelli [4], M. Tramontana [1, 3], E. M. Sacchi [4, 6], D. Savelli [1], V. Tiberi [1], L. Zanarelli [4, 5]

1 - Dipartimento di Scienze della Terra, della Vita e dell'Ambiente (DiSTeVA), Università degli Studi di Urbino "Carlo Bo"; 2 - Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico-Ambientali, ALMA MATER STUDIORUM - Università di Bologna; 3 - Responsabile scientifico per l'Università degli Studi di Urbino "Carlo Bo"; 4 - Gruppo Speleologico Urbinate; 5 - Geologo Libero Professionista; 6 - Consulente Ambientale Libero Professionista

GRUPPO SPELEOLOGICO URBINATE

Inquadramento geologico dell'area di monte nerone

L'area di Monte Nerone rappresenta la porzione settentrionale di una struttura plicativa a grande scala nord-est vergente, l'anticlinale di M. Catria-M. Nerone, che costituisce l'ossatura principale della dorsale carbonatica più interna (Dorsale Umbro-Marchigiana *Auct.*) dell'Appennino Umbro-Marchigiano. In generale, si tratta di una anticlinale "a scatola" al cui nucleo affiorano i terreni più antichi della Successione Umbro-Marchigiana *Auct.*, rappresentati dai depositi di piattaforma carbonatica corrispondenti alla Formazione del Calcare Massiccio. La struttura giurassica di M. Nerone è ricoperdutile ad un settore di alto strutturale, bordato da paleoscarpate di origine tettonica, che si è generato in seguito alla fase tettonica estensionale che ha smembrato l'originaria piattaforma carbonatica pertidale del Calcare Massiccio in una serie di blocchi rialzati e ribassati. Alla sommità dell'alto strutturale di M. Nerone si è depositata una successione giurassica di spessore molto ridotto costituita da pelagiti condensate fossilifere (Gruppo del Bugarone) mentre le aree circostanti ribassate, come ad es. il settore del Torrente Bosso, hanno ospitato una potente successione di sedimenti calcareo-marnosi selciferi di ambiente bacinale. I fianchi dell'alto strutturale di M. Nerone sono caratterizzati da successioni diversificate, con caratteri stratigrafici variabili, che riflettono la complessità dei rapporti verticali e laterali tra le unità di alto strutturale e quelle bacinali. Durante le prime fasi del Cretacico inferiore i dislivelli tra le aree di alto strutturale e quelle di bacino sono stati colmati mediante la deposizione delle pelagiti selcifere della Formazione della Maiolica e nell'area in esame, da questo momento in poi, la sedimentazione cretacico-paleogenica ha assunto i caratteri tipici di un ambiente bacinale più o meno uniforme (Marne a Fucoidi, Scaglia Bianca, Scaglia Rossa e Scaglia Variegata). La struttura di M. Nerone è delimitata a sud-ovest dai depositi di avanfossa miocenici, appartenenti al Dominio Umbro e riferibili alla Formazione Marnoso-Arenacea mentre a nord-est essa è separata dalla struttura anticlinalica di M. Montiego, su cui l'anticlinale di M. Nerone sovrascorre, mediante l'interposizione di una stretta sinclinale molto deformata al cui nucleo affiorano i terreni terziari della Scaglia Cinerea, del Bisciaro e dello Schlier. Nell'area sono presenti anche estese e talora spesse coperture continentali quaternarie. In particolare sono ben rappresentati detriti di versante, anche del tipo stratificato (*sbouilis ordonnés*) connesso con le recenti fasi fredde, accumuli di frana e, a luoghi, depositi alluvionali.

Idrogeologia e aspetti idrochimici

All' interno della dorsale carbonatica di M.te Nerone si distinguono tre complessi idrogeologici: Complesso Idrogeologico del Calcare Massiccio, Complesso Idrogeologico della Maiolica e Complesso Idrogeologico delle Scaglie. In corrispondenza delle zone di alto strutturale, i complessi idrogeologici del Calcare Massiccio e della Maiolica vanno a costituire un' unica unità idrogeologica in conseguenza del fatto che l'esiguo spessore della successione giurassica (Gruppo del Bugarone) non è sufficiente a fungere da acquicludo di separazione. L'intera area presa in considerazione si presenta altamente fratturata e interessata da fenomeni carsici ben sviluppati. Si riscontra la presenza di due acquiferi distinti relativamente alle zone di alto strutturale. Il primo, che si sviluppa trasversalmente all'anticlinale di M.te Nerone con direzione aprossimativamente N – S, alimenta la Sorgente del Giordano, caratterizzata da portata media di circa 60 l/s. In tale acquifero è presente la Grotta delle Tassare, che raggiunge la profondità di -450 m dall'ingresso Alto. Inoltre nei periodi di piena si attivano delle sorgenti di troppo pieno in corrispondenza dell'area di Case Bacciardi. Il secondo acquifero (Ranchi, Infernaccio), che alimenta la sorgente di Santa Maria, ha un'estensione più limitata ed è caratterizzato dalla presenza di numerose grotte a sviluppo sub-orizzontale tra cui la Grotta dei Cinque Laghi. La portata media della Sorgente di Santa Maria, sita nel Fosso dell'Infernaccio, è di circa 30 l/s. Fra le zone di basso strutturale troviamo verso E l'Acquifero della Maiolica, che alimenta sorgenti di modesta entità con portate fra i 10 e i 30 l/s come quella che interessa l'abitato di Pieia; in base a quanto mostrato nel relativo diagramma di Langelier – Ludwig, in questa sorgente nel mese di settembre 2007 si è osservato, in occasione delle prime piogge, un innalzamento dei valori di Na (correlato probabilmente al dilavamento e successiva infiltrazione dei residui organici fecali prodotti dagli animali al pascolo). Sempre nella zone di basso strutturale troviamo a N l'Acquifero del Calcare Massiccio in corrispondenza dell'area del Rio Vitoschio, in cui l'omonima sorgente ha unaportata di circa 20 l/s. Osservando il diagramma di Langelier – Ludwig di quest'ultima sorgente, si nota come nei mesi siccitosi emerga l'evidenza di una miscelazione tra le acque solfuree profonde e le acque bicarbonato-calciche tipiche degli acquiferi carbonatici appenninici. Infatti nel mese di settembre il campione di acqua prelevato ricade nel quadrante delle acque solfato-calciche. Gli acquiferi presenti nel Gruppo delle Scaglie sono caratterizzati da cavità carsiche piuttosto modeste, fatta eccezione per la Buca Grande che raggiunge la profondità di 90 m dall'ingresso. Gli acquiferi del Gruppo delle Scaglie alimentano la sorgente della Cornacchia (portata > 20 l/s) e la sorgente di Trilla (> 30 l/s). Come si evince dai diagrammi di Langelier – Ludwig riportati nel presente lavoro, tutte le sorgenti analizzate sono di tipo bicarbonato-calcico e la variazione delle concentrazioni di sali (fatta eccezione della sorgente di Rio Vitoschio già citata) è in stretta correlazione con la profondità dell'acquifero e con l'entità delle precipitazioni. Per la caratterizzazione del livello di carsificazione dell'acquifero di M.Nerone sono state prese in considerazione due sorgenti: Sorgente Trilla-Cornacchia e Sorgente Giordano. Dall' analisi del regime delle portate di tali sorgenti, caratterizzate da una veloce risposta tra evento meteorico e incremento di portata unitaria, emerge un modello assimilabile ad un acquifero che si sviluppa in un ambiente carsico evoluto, caratterizzato da condotti di una certa dimensione sui quali viene convogliata l'acqua di infiltrazione. Per l'identificazione degli assi di drenaggio e per definire una velocità media di transito all'interno dei condotti, sono stati effettuati dei tracciamenti che hanno portato a correlare la zona di infiltrazione della grotta delle Tassare, posta nel fianco esterno dell'anticlinale di M. Nerone (versante Nord Orientale), con la risorgente del Giordano posta nell'fianco interno della medesima anticlinale (versante Sud Occidentale). Si sono riconosciute delle percorrenze medie di circa 0,1-0,3 m/min. Quest'ultimo dato fa dedurre la presenza di un circuito rapido che collega la zona di immissione con quella di riemersione, lasciando ipotizzare dei condotti con geometrie di dimensioni ragguardevoli.

Aspetti per l'analisi di vulnerabilità secondo il modello SINTACS

Per la realizzazione dell'analisi di vulnerabilità degli acquiferi si è scelto il modello SINTACS. Di seguito vengono riassunti brevemente i parametri generali utilizzati per tale analisi:

- numero di settori della griglia **3662** (numero celle);
- lato dell'elemento quadrato **100 m;**
- estensione totale dell'area studiata: **3646,39 ha**

Per l'elaborazione della carta SINTACS si sono utilizzati i seguenti criteri:

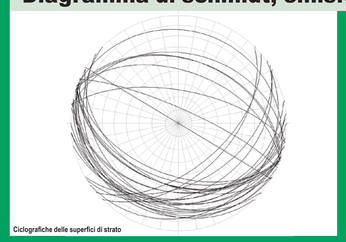
- Soggiacenza (**S**): si è assunta una profondità media generalizzata della falda pari a 100 m dalla superficie topografica in tutto il massiccio calcareo (tenendo in considerazione anche la diffusa presenza di fenomeni carsici) e sono state considerate come zone ove si ha una falda più superficiale i settori in prossimità di sorgenti, di grotte e di corsi d'acqua, i quali possono rappresentare vie preferenziali per l'infiltrazione di potenziali sostanze inquinanti;
- Infiltrazione efficace (**I**): si è utilizzata la procedura standard SINTACS riportata sui testi di riferimento:
  Q = P – Er (precipitazione efficace = precipitazione totale – evapotrasprazione)
  *I = Q * Xi (infiltrazione efficace = precipitazione efficace * coefficiente di infiltrazione)*
  si è assunto *Xi* relativo ai calcari carsificati;
- Effetto di autodepurazione del non saturo (**N**): i valori relativi a questo livello sono stati attribuiti in base alla caratteristiche litologiche delle unità stratigrafiche presenti nell'area studiata, alla maggiore o minore presenza di livelli marnosi o argillosi e quindi della capacità di adsorbimento caratteristica delle diverse formazioni rocciose;
- Tipologia della copertura (**T**): si è assunta la presenza di suoli umici, suddividento le aree in zone con presenza significativa di suolo (se > 0,5 m) e zone spoglie (se < 0,5 m);
- Caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero (**A**): sono stati attribuiti valori alle diverse formazioni geologiche in base alla loro capacità di ospitare acquiferi caratterizzati da relativi processi di dispersione, diluizione, adsorbimento e reattività chimica del mezzo sulla concentrazione iniziale dell'inquinante;
- Conducibilità idraulica dell'acquifero (**C**): sono stati assegnati valori alle diverse formazioni geologiche in base alla loro propensione ad ospitare acquiferi a diversa capacità di trasporto in relazione ad eventuali inquinanti con densità simili a quella dell'acqua (in particolar modo si è tenuto conto della predisposizione delle litologie ai fenomeni carsici);
- Acclività della superficie topografica (**S**): riguardo a questo parametro sono state distinte 7 classi ti pendenza, variabili dallo 0 – 4 % al > 28%, per le quali si sono assunti i valori indicati dal modello SINTACS per ambienti carsici.

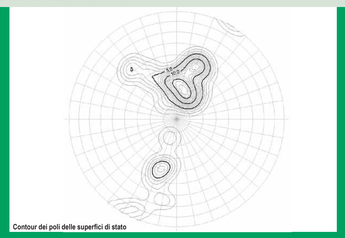
Bibliografia

- Civita M., De Maio M. (2000) – *Valutazione e cartografia automatica della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento con il sistema parametrico SINTACS R5.* Pitagora Editrice: 240 pp.
- Forti P. Cucchi F., Del Negro A., Zini L. (2004) – *The evaluation of the Vulnerability to Contamination for the Karst Aquifers of Mt Covrta (Avasinis, friuli, Italy).* Trans-KARST 2004. International Transdisciplinary Conference on Development and Conservation of Karst Regions; Ha Noi, Vietnam, 13 – 18 September 2004.
- Langelier W.F., Ludwig H.F. (1942) – *Graphical method for indicatine the mineral character of natural waters.* J. Am. Waterworkss Assoc., 34, pp. 335-352;
- Nanni T. (1991) – *Caratteri idrogeologici delle Marche – L'ambiente fisico delle Marche.* Geologia, Geomorfologia, Idrogeologia; p.p. 115 – 210. SELCA S.r.l., Firenze.

Stereogrammi dei principali elementi strutturali Monte Nerone

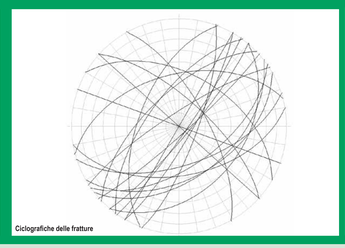
Diagramma di schmidt, emisfero inferiore

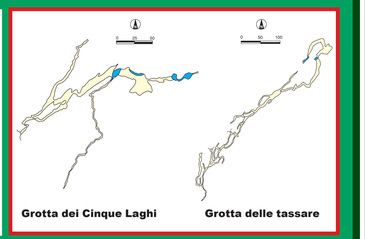

Ciclografiche delle superfici di strato


Contour dei poli delle superfici di stato

Contour dei poli delle fratture

Ciclografiche delle faglie (tutti i cinematismi)


Ciclografiche delle fratture



Diagrammi a "Rosa"

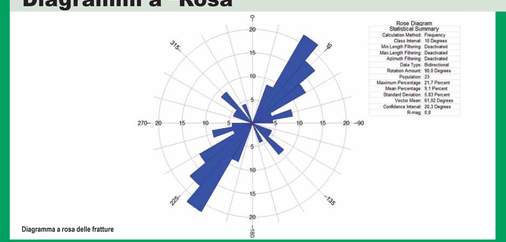


Diagramma a rosa delle fratture

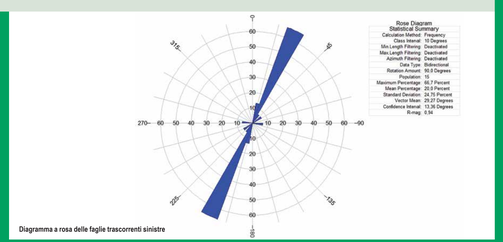
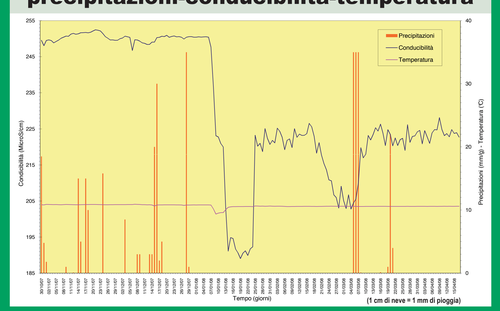
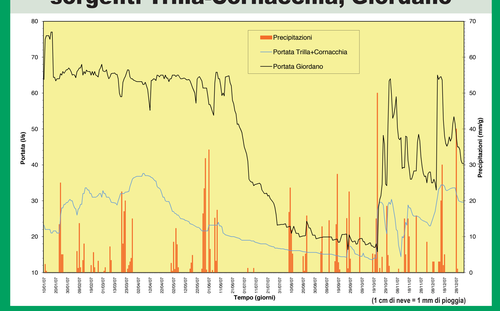


Diagramma a rosa delle faglie trascorrenti sinistre

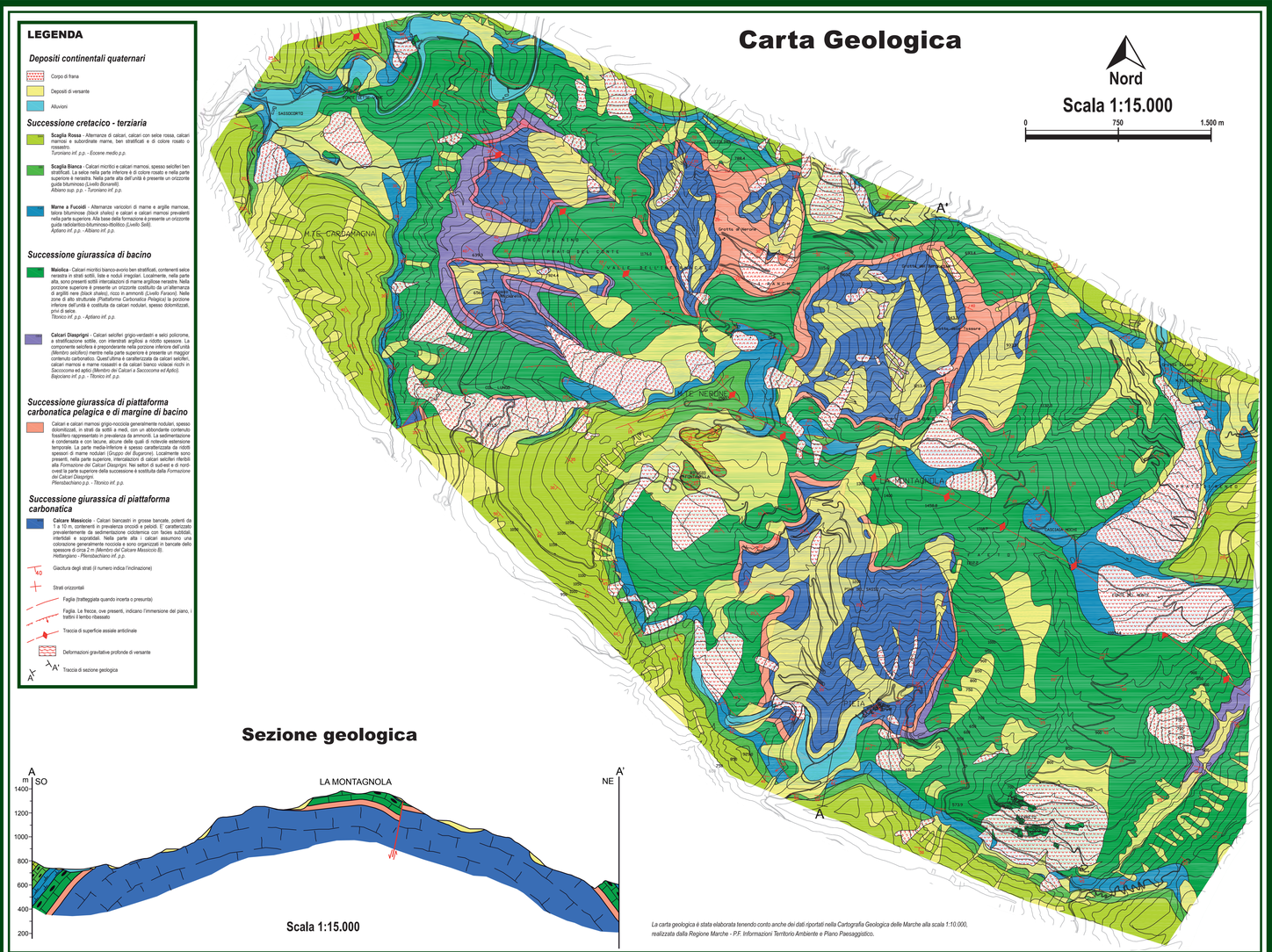
Diagramma sorgente Giordano precipitazioni-conducibilità-temperatura



Idrogrammi sorgenti Trilla-Cornacchia, Giordano



Carta Geologica



LEGENDA

Depositi continentali quaternari

- Corpo di frana
- Deposiri di versante
- Alluvioni

Successione cretacico - terziaria

Scaglia Rossa - Alternanze di calcari, calcari con selce rossa, calcari marnosi e subordinate marne, ben stratificati e di colore rosato o rossastro.
Turoniano inf. p.p. - Eocene medio p.p.

Scaglia Bianca - Calcari micritici e calcari marnosi, spesso selciferi ben stratificati. La selce nella parte inferiore e di colore rosato e nella parte superiore è nerastra. Nella parte alta dell'unità è presente un orizzonte guida bituminoso *(Livello Bonarelli)*.
Albiano sup. p.p. - Turoniano inf. p.p.

Marne a Fucoidi - Alternanze varicolori di marne e argille marnose, talora bituminose *(black shales)* e calcari e calcari marnosi prevalenti nella parte superiore. Alla base della formazione è presente un orizzonte guida radiolaritico-bituminoso-litoritico *(Livello Selli)*.
Aptiano inf. p.p. - Albiano inf. p.p.

Successione giurassica di bacino

Maiolica - Calcari micritici bianco-avorio ben stratificati, contenenti selce nerastra in strati sottili, liste e noduli irregolari. Localmente, nella parte alta, sono presenti sottili intercalazioni di marne argillose nerastre. Nella porzione superiore è presente un orizzonte costituito da un'alternanza di argilliti nere *(black shales)*, ricco in ammoniti *(Livello Faraoni)*. Nelle zone di alto strutturale *(Piattaforma Carbonatica Pelagica)* la porzione inferiore dell'unità è costituita da calcari noduliari, spesso dolomitizzati, privi di selce.
Titonico inf. p.p. - Aptiano inf. p.p.

Calcari Diasprigni - Calcari selciferi grigio-verdastri e selci policrome, a stratificazione sottile, con intersrati argillosi a ridotto spessore. La componente selcifera è preponderante nella porzione inferiore dell'unità *(Membro selcifero)* mentre nella parte superiore è presente un maggior contenuto carbonatico. Quest'ultima è caratterizzata da calcari selciferi, calcari marnosi e marne rossastri e da calcari bianco violacei ricchi in *Saccocoma* ed aptici *(Membro dei Calcari a Saccocoma ed Aptici)*.
Bajociano inf. p.p. - Titonico inf. p.p.

Successione giurassica di piattaforma carbonatica pelagica e di margine di bacino

Calcari e calcari marnosi grigio-nocciola generalmente noduliari, spesso dolomitizzati, in strati da sottili a medi, con un abbondante contenuto fossilifero rappresentato in prevalenza da ammoniti. La sedimentazione è condensata e con lacune, alcune delle quali di notevole estensione temporale. La parte media-inferiore è spesso caratterizzata da ridotti spessori di marne noduliari *(Gruppo del Bugarone)*. Localmente sono presenti, nella parte superiore, intercalazioni di calcari selciferi riferibili alla *Formazione dei Calcari Diasprigni*. Nei settori di sud-est e di nord-ovest la parte superiore della successione è sostituita dalla *Formazione dei Calcari Diasprigni*.
Pliensbachiano p.p. - Titonico inf. p.p.

Successione giurassica di piattaforma carbonatica

Calcare Massiccio - Calcari biancastri in grosse bancate, potenti da 1 a 10 m, contenenti in prevalenza oncoidi e peloidi. E' caratterizzato prevalentemente da sedimentazione ciclotemica con facies subtidal, intertidal e sopratidal. Nella parte alta i calcari assumono una colorazione generalmente nocciola e sono organizzati in bancate dello spessore di circa 2 m *(Membro del Calcare Massiccio B)*.
Hettangiano - Pliensbachiano inf. p.p.

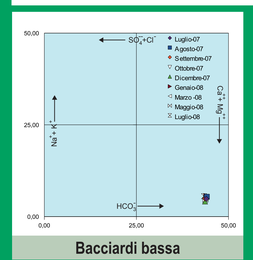
- Giacitura degli strati (il numero indica l'inclinazione)
- Strati orizzontali
- Faglia (tratteggiata quando incerta o presunta)
- Faglia. Le frecce, ove presenti, indicano l'immersione del piano, i tratini il lembo ribassato
- Traccia di superficie assiale anticlinale
- Deformazioni gravitative profonde di versante
- Traccia di sezione geologica

Sezione geologica

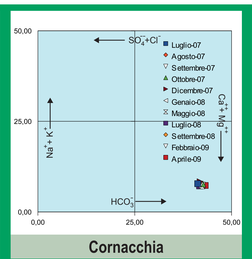
Scala 1:15.000

La carta geologica è stata elaborata tenendo conto anche dei dati riportati nella Cartografia Geologica delle Marche alla scala 1:10.000, realizzata dalla Regione Marche - P.F. Informazioni Territorio Ambiente e Piano Paesaggistico.

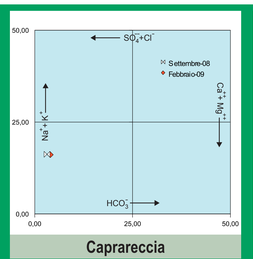
Caratteristiche idrochimiche delle sorgenti



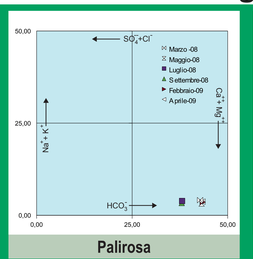
Bacciardi bassa



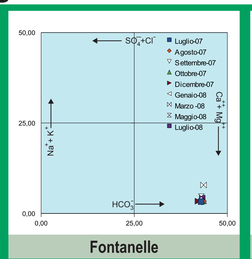
Cornacchia



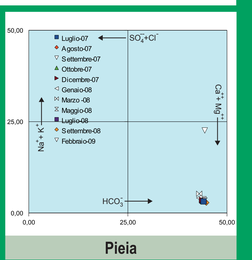
Caprareccia



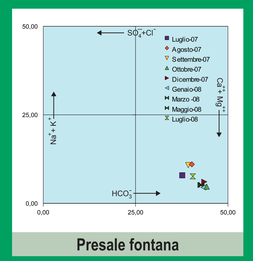
Palirosa



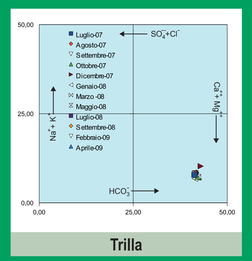
Fontanelle



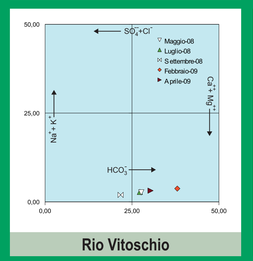
Pieia



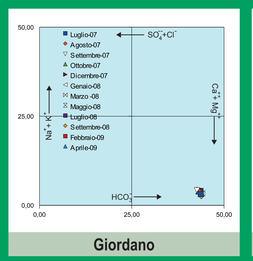
Presale fontana



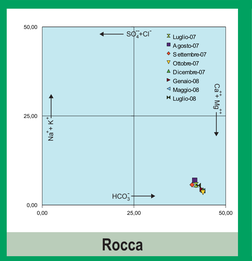
Trilla



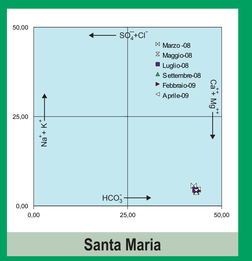
Rio Vitoschio



Giordano



Rocca



Santa Maria