

IV Convegno dei Giovani Ricercatori in Geologia Applicata

CONDIZIONI DI EMERGENZA DELLA SORGENTE NIELLA DI LAGONEGRO

Giampiero D'ECCLESIIIS - U.O. 4.23 del GNDCI-CNR, Università della Basilicata (Pz)

Maurizio POLEMIO - CNR CERIST, Bari

RIASSUNTO: situata lungo il versante settentrionale del M. Sirino, la Sorg. Niella è alimentata da un acquifero carbonatico. La sorgente è la più alta dell'acquifero ed è collocata a mezza costa di un versante in calcari con selce, dove affiorano detriti di diversa natura. L'emergenza è dovuta al condizionamento operato da fattori tettonici sui caratteri di permeabilità dell'acquifero. Nell'ambito di quest'ultimo sono state caratterizzate le condizioni geologico-strutturali e gli effetti sulla circolazione idrica sotterranea.

1. INTRODUZIONE

La Sorgente Niella è situata a 1260 m s.l.m., lungo il versante nord-occidentale del Monte Sirino, in sinistra idrografica del Fosso Niella e in corrispondenza di una ripida parete di faglia. Attualmente è utilizzata a scopo idrico-potabile dall'Acquedotto Comunale di Lagonegro ed è captata tramite un breve cunicolo drenante. Il rilievo del M. Sirino è caratterizzato da formazioni geologiche riferibili all'Unità Lagonegro I, la più profonda nell'area (Fig. 1). Tale unità emerge in corrispondenza del M. Sirino, al nucleo di un'anticlinale complessa con asse disposto in direzione N-S.

2. GEOLOGIA DELL'AREA

L'area è caratterizzata dalla presenza di una successione calcareo-siliceo-marnosa riferibile all'Unità Lagonegro I, costituente l'ossatura del M. Sirino. Nell'ambito del massiccio sono presenti accumuli detritici morenici, riferibili all'ultima fase glaciale Wurmiana, e detriti di falda e/o di frana (COTECCHIA et al., 1993; D'ECCLESIIIS e POLEMIO, 1990 e 1992).

L'Unità Lagonegro I risulta costituita da una successione calcareo-siliceo-marnosa depositatasi in un dominio oceanico di grande profondità. L'Unità Lagonegro I, essenzialmente mesozoica, è costituita, dal basso verso l'alto, dalla Formazione di Calcari con Selce, dalla Formazione degli Scisti silicei e dalla Formazione del Flysch Galestrino.

I Calcari con Selce, caratterizzanti gran parte del M. Sirino, sono sede dell'acquifero. Questi sono costituiti da calcari dolomitici con liste e noduli di selce grigia, stratificati in strati e banchi in varia misura fessurati e fratturati, a cui, verso il basso della serie, sono intervallati livelli di calcisiltiti grigie, di marne argillose e di vere e proprie argille di colore grigio-plumbeo. Nell'ambito del versante settentrionale del M. Sirino l'assetto di tale formazione è caratterizzato da una serie di pieghe a stretto raggio di curvatura, secondarie nei confronti dell'importante anticlinale con asse N-S, che definisce la struttura complessiva del massiccio (Fig. 1).

La Formazione degli Scisti silicei, che affiora diffusamente lungo il ripido versante meridionale del M. Sirino, è costituita da diaspri e radiolariti policrome fittamente stratificate.

Il Flysch Galestrino è costituito da alternanze di argilliti silicifere e marne silicifere di colore grigio-plumbeo. Esso affiora diffusamente nell'area e circoscrive l'intero massiccio del M. Sirino. Lungo il versante settentrionale il Flysch affiora, alla base della pendice, in contatto tettonico per faglia con la Formazione dei Calcari con Selce.

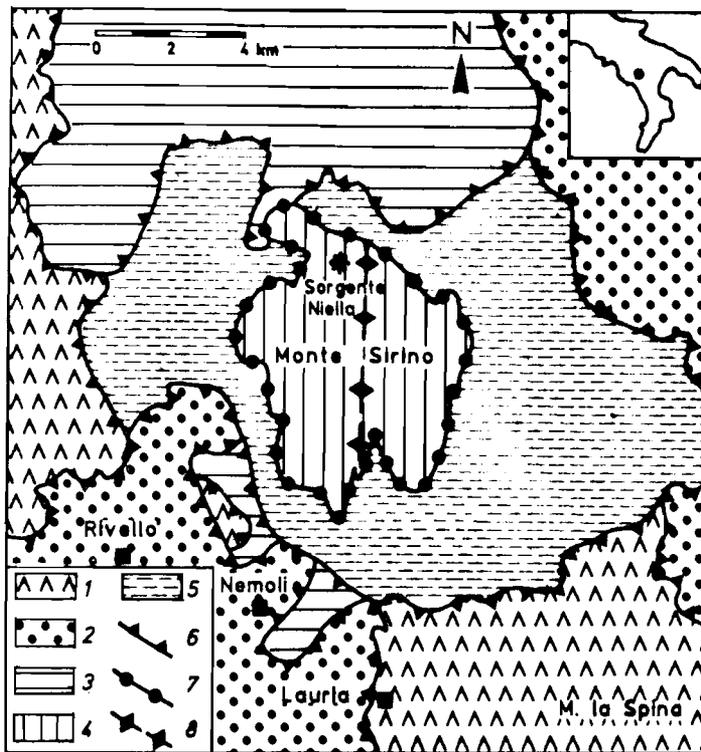


FIG. 1 - SCHEMA STRUTTURALE: 1) Unità di Piattaforma, 2) Unità Liguride, 3) Unità lagonegro II, 4) Unità lagonegro I, 5) Flysch Galestrino, 6) contatto tettonico, 7) limite delle formazioni acquifere, 8) asse strutturale principale. *STRUCTURAL SCHEMATIC: 1) Platform Unit, 2) Ligurid Unit, 3) Lagonegro II Unit, 4) Flinty Limestones and Siliceous Schists, 5) Galestrino Flysch, 6) tectonic contact, 7) limit of water-bearing formations, 8) main axis of structure.*

Trattasi in sostanza di un deposito eterometrico e poligenico, con clasti a spigolo vivo e arrotondato, in una matrice, spesso abbondante, di colore rossastro, talora ferrettizzata, di natura argilloso-limoso.

I detriti di falda e di frana bordano estesamente il piede del versante calcareo-siliceo nelle parti più acclivi e risultano originati da fenomeni di demolizione crio-termoclastica e da frane da crollo. Di particolare rilevanza è la rapidità con cui tali processi hanno luogo, tale da seppellire e disestare, in breve tempo, sotto una consistente falda di detrito, il muro paramassi, edificato a monte della sorgente non molti anni fa.

Il carattere strutturale prevalente dell'area è l'anticlinale complessa, con asse grossomodo N-S, che definisce il massiccio del M. Sirino (Fig. 1). Il versante settentrionale è caratterizzato, alla base, dall'essere limitato da una faglia diretta con direzione E-W il cui lato ribassato, verso Nord, affiora nel Flysch Galestrino. Un'ulteriore lineazione tettonica, forse enfatizzata da fenomeni gravitativi, sempre a direzione circa E-W, corre a monte dell'area sorgiva ed è marcata dalla presenza di un esteso *trench*. L'assetto della formazione calcarea è generalmente caratterizzato dalla presenza di una serie di fagliamenti secondari rispetto a quello principale ad asse N-S.

L'area è caratterizzata dalla presenza di rocce calcareo-silicee riferibili alla Formazione dei Calcari con Selce, stratificati in banchi, con giacitura generalmente a traversopoggio, talora a franapoggio (Fig. 2). L'area sorgiva è ubicata sul prolungamento di una rilevante depressione, che si sviluppa a partire da quota 1400, con andamento arcuato degradante fino alla quota della sorgente.

L'assetto della formazione fliscioide risulta ivi quasi ovunque caotico e scompaginato, sia a causa dell'intensa tettonizzazione (poco a Nord, sul Flysch Galestrino sovrascorre l'Unità Lagonegro II), sia per diffusi e profondi movimenti di massa che l'hanno interessata. Questi ultimi sono favoriti dalla bizzarra circolazione idrica sotterranea che si svolge nelle porzioni più caotiche ed alterate di tale formazione, da considerarsi complessivamente impermeabile quando in sede.

I depositi morenici affiorano alle quote più elevate del massiccio carbonatico e, in corrispondenza della vetta del rilievo, ospitano due modesti laghi glaciali, il lago Laudemio e il laghetto Zapano. I depositi morenici, spesso tuttora ben visibili, alle quote più basse vengono a confondersi con i detriti di altra origine e ad essere coinvolti da estesi e profondi movimenti per frane, esplicitanti essenzialmente con modalità di colate. Nell'area sorgentizia i depositi morenici sono stati individuati in corrispondenza della sommità di uno stretto pianoro posto in sinistra del Vallone Niella, di fronte alla sorgente, e in alcuni sondaggi, al di sotto di una copertura detritica di falda più recente.

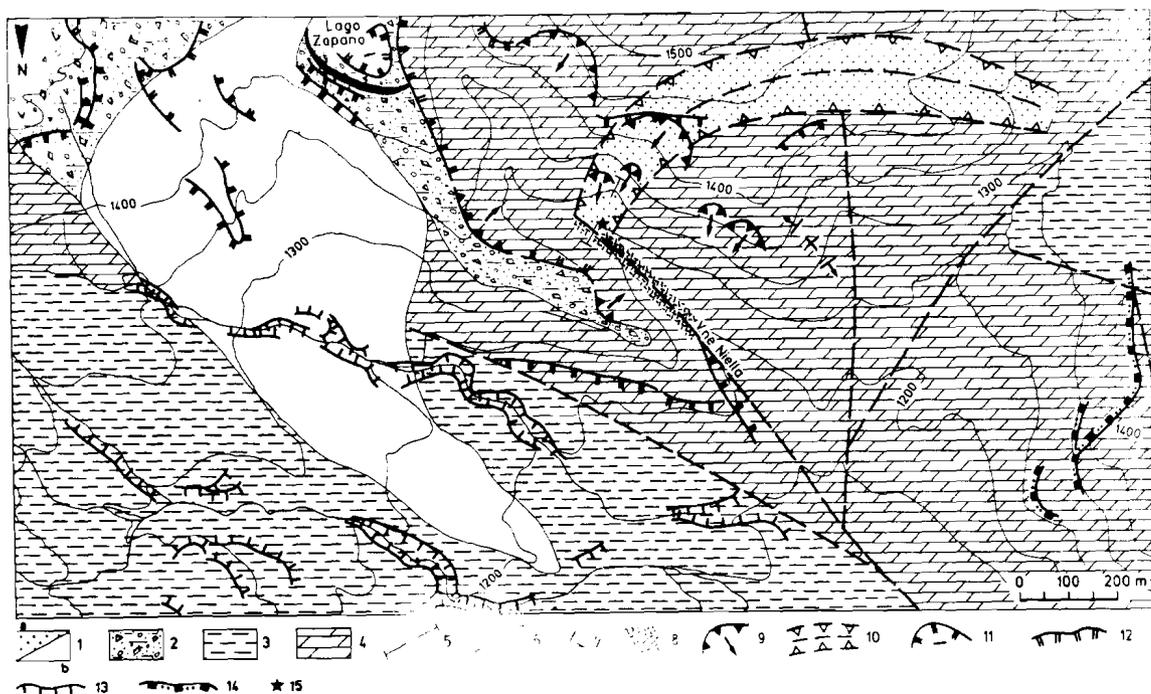
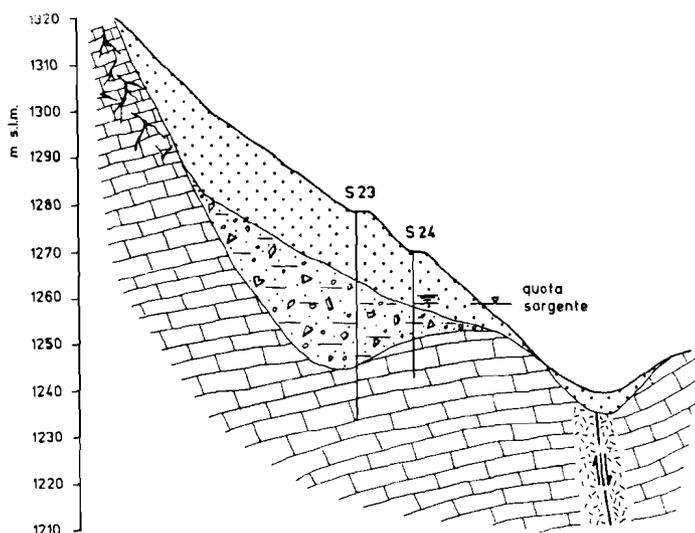


FIG. 2 - PIANTA E SEZIONE GEOLOGICA: 1) Detriti di falda (a), di frana (b); 2) Depositi morenici; 3) Flysch Galestrino; 4) Calcarei con selce; 5) sczione; 6) Faglia; 7) Giacitura; 8) Cataclasi; 9) Scarpata di frana; 10) Trench; 11) Depressione glaciale; 12) Scarpata probabile glaciale; 13) Scarpata fluviale; 14) Scarpata morfologica; 15) Sorgente Niella. GEOLOGICAL MAP AND SECTION: 1) (a) Scree and (b) landslide debris, 2) Morainic debris, 3) Galestrino Flysch, 4) Flinty Limestones, 5) Section, 6) Fault, 7) Attitude, 8) Cataclastic debris, 9) Landslide scarp 10) Trench, 11) Glacial morphological depression 12) Scarp of probable galcial origin, 13) fluvial scarp. 14) morphological scarp. 15) Niella Spring.



Ivi affiorano detriti calcarei, originatisi a seguito di processi di disgregazione della roccia affiorante, attraverso processi di gelifrazione e termoclastismo particolarmente attivi in conseguenza dell' esposizione del versante a settentrione e dell'elevata altitudine, e al crollo di blocchi. Le falde di detrito risultano quasi esclusivamente costituite da detriti calcarei a spigolo vivo, con matrice fina assente o molto scarsa. Al di sotto di tali litotipi sono stati riconosciuti, attraverso l'analisi delle carote dei sondaggi geognostici, detriti poligenici in rilevante matrice argilloso-sabbiosa avana-bruna.

Alla base del versante sono presenti i depositi detritici trasportati dal vallone Niella. Alle quote più alte del contrapposto versante del vallone sono presenti depositi morenici, molto simili a quelli evidenziati dai sondaggi geognostici nell'area sorgiva. Attualmente la falda detritica superficiale appare poco stabile e risulta

interessata da un diffuso creeping che la porta ad un lento scivolamento verso valle, anche in conseguenza del fatto che gli apporti alla falda detritica sono continui e rilevanti così come dimostrano i dissesti di un muro paramassi oramai del tutto sepolto e quasi ribaltato dalla pressione dei detriti accumulatisi nei sette anni trascorsi dalla costruzione. Il paesaggio caratterizzante l'area è fortemente condizionato dalla presenza di rilevanti tracce dell'ultimo periodo glaciale e dalla persistenza di fenomenologie di demolizione da climi freddi, tipici delle alte quote. Chiaramente evidenti risultano ancora i cerchi degli antichi ghiacciai, preesistenti sul M. Sirino, con gli annessi cordoni morenici e i laghi da sottoescavazione glaciale (Lago Laudemio). Estesissime risultano anche le coperture detritiche (ghiaioni), originatesi a seguito di processi crio-termoclastici.

L'area a monte della sorgente è caratterizzata da un rilevante trench, con andamento emicircolare il cui lato orientale sbocca sul Vallone Niella, proprio in corrispondenza della omonima sorgente. Tale depressione probabilmente si sovrappone all'andamento di una lineazione tettonica ed è stato, probabilmente, successivamente ripreso da fenomeni di deformazione gravitativa (Fig. 2). Nell'ambito di tale depressione si sono accumulati detriti calcarei di falda che, come si vedrà in seguito, hanno occultato lembi di depositi morenici. Allo sbocco del Vallone Niella sono presenti ed in parte attivi fenomeni di frana, esplicitanti con modalità di scorrimento e di colata, che coinvolgono i litotipi argilloso-marnosi del Flysch Galestrino.

L'assetto litostratigrafico dell'area sorgiva è caratterizzato da una netta separazione tra due tipi di detrito

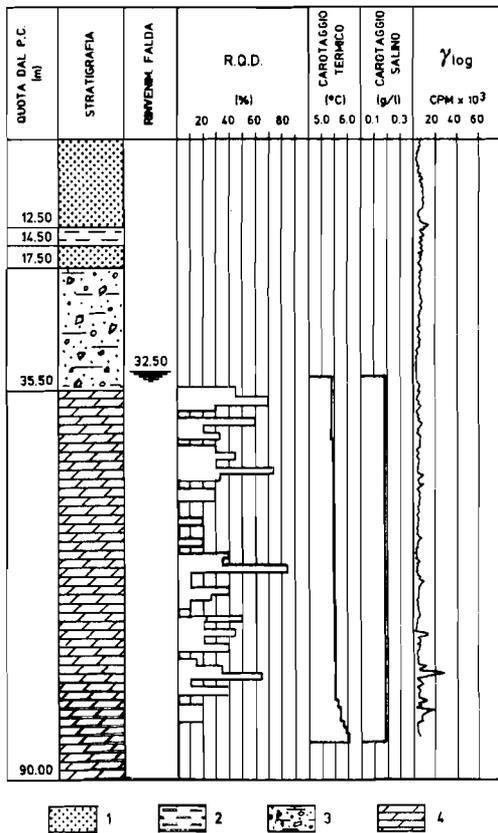


FIG. 3 - SONDAGGI S23 E S24: 1) Detriti eterometrici di natura calcarea e silicea; 2) Argille di colore grigio; 3) Detriti poligenici in matrice argilloso-limosa rossastra; 4) Calcari dolomitici con liste e noduli di selce, rari livelli di argilliti e calcisiltiti. WELLS S23 AND S24: 1) Calcareous and siliceous debris, 2) gray clay 3) Debris in red clayey-silty matrix, 4) Dolomitic limestones with flint bands and nodules.

presenti: il primo, più recente, essenzialmente sciolto, privo di matrice e monogenico, e il secondo, poligenico, a matrice argilloso-limosa di colore avano-bruno. I sondaggi hanno evidenziato la presenza, al di sotto di detriti calcarei sciolti, di detriti poligenici, prevalentemente calcareo-silicei, in matrice argilloso-limosa, riferibili ad un deposito morenico simile a quello affiorante sul contrapposto versante del vallone Niella (Fig. 3). E' interessante rilevare come alcuni dei piezometri circostanti la sorgente risultano interrotti alla profondità corrispondente al contatto tra i detriti recenti e quelli morenici, probabilmente in conseguenza dello slittamento della porzione di detriti più recenti (Fig. 4).

3. REGIME CLIMATICO DELL'AREA E IDROLOGICO DELLA SORGENTE

I dati relativi al clima sono stati raccolti dalla stazione termopluviometrica di Lagonegro del Servizio Idrografico Italiano, ubicata a 666 m slm, attiva da oltre 50 anni.

Le temperature mensili medie presentano il massimo ad agosto e il minimo a febbraio e definiscono un regime moderato; la temperatura media annua è di 6.6 °C (Fig. 5).

Le precipitazioni presentano il massimo a dicembre e il minimo ad agosto. L'altezza di precipitazione annua è di 1968 mm. Trattasi di un valore considerevole ma sicuramente inferiore alla quantità di acqua che, per unità di superficie, cade sul bacino idrologico della sorgente, posto a quota maggiore del pluviometro. Secondo Thorntwaite-Mather il surplus idrico annuo risulta di 1512 mm. Si tratta di una notevole risorsa disponibile per la ricarica, che dà un copioso contributo all'acquifero della sorgente Niella. Il clima, secondo la classificazione di Thorntwaite, è periumido, caratterizzato da un deficit idrico nell'anno praticamente nullo, con un'elevata concentrazione estiva dell'efficienza termica.

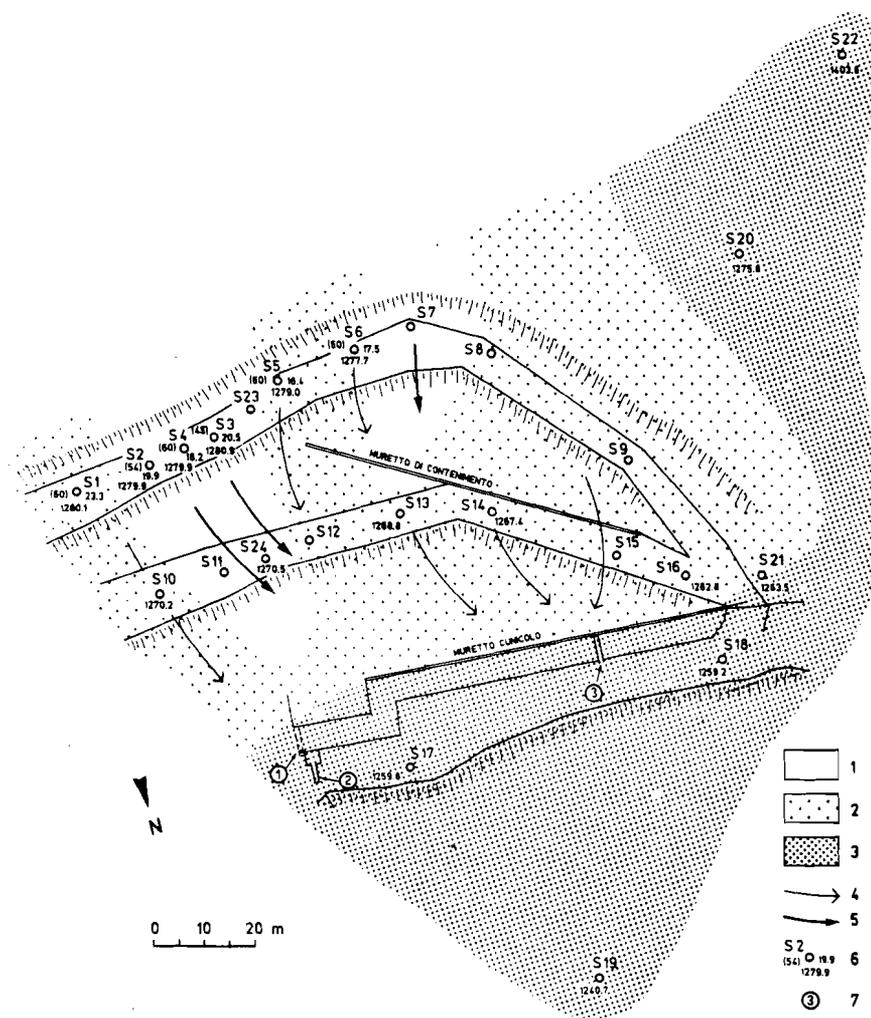


FIG. 4 - CARTA DELLA CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA: circolazione idrica 1) rilevante, 2) moderata e 3) scarsa o assente; linea di flusso idrico sotterraneo 4) secondaria e 5) principale; 6) piezometro, in senso orario denominazione, profondità di perforazione, quota (m slm) e, dove diversa, profondità attualmente ispezionabile. 7) bocca di deflusso sorgentizio. *GROUNDWATER FLOW MAP: 1) important, 2) moderate and 3) poor or absent groundwater flow; 4) secondary and 5) principal groundwater pathline; 6) piezometer, clockwise denomination, drilled depth, elevation (m asl), and surveable depth, where it is different.*

Il regime della portata della sorgente è stato definito sulla base di 18 anni di osservazioni, a frequenza mensile o minore, condotte sugli efflussi dalle bocche 1 e 2 (Fig 4), le cui acque vengono utilizzate da un acquedotto comunale: purtroppo, a tale misure sfuggono quelle che defluiscono dalla bocca n. 3, priva di utilizzo. Il regime dei deflussi sorgentizi è molto regolare, con un massimo a dicembre, contemporaneo alle massime precipitazioni e al massimo del surplus idrico, e il minimo a novembre, con un ritardo rispetto ai minimi della piovosità e del surplus idrico, di circa due mesi. L'indice di variabilità di Meinzer, pari al 149% in base alle misure disponibili, sottostima tale caratteristica della sorgente principalmente perché poco credibile è il massimo noto per le bocche 1 e 2, in quanto, come constatato direttamente, la piena per la sorgente è tanto intensa da saturare completamente l'intero ammasso detritico fino a dar vita a diffuse

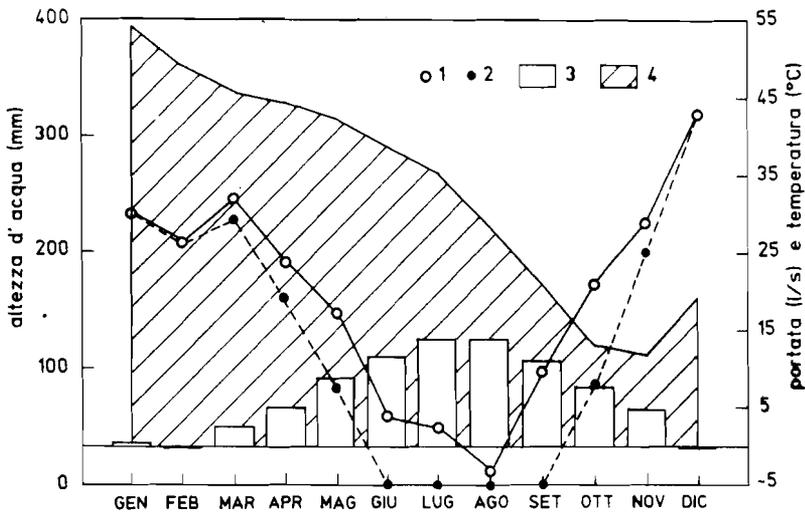


FIG. 5 - REGIME CLIMATICO E IDROLOGICO DELLA SORGENTE: 1) altezza di pioggia, 2) altezza di surplus idrico, 3) temperatura atmosferica, 4) portata della sorgente. CLIMATIC AND HYDROLOGICAL REGIME: 1) rainfall, 2) surplus water, 3) atmospheric temperature, 4) spring flow.

emergenze sull'intera area circostante la sorgente. L'entità complessiva dei deflussi è quindi ben maggiore di quanto rilevato alle due bocche.

4. CARATTERI IDROGEOLOGICI

In assenza di uno studio idrogeologico, la Niella era considerata una sorgente di strato. Sulla base delle evidenze di superficie, la Sorg. Niella sembrava scaturire in corrispondenza dell'affioramento di sottili livelli argillosi, interposti a strati di roccia calcarea, contenuti nell'unico acquifero calcareo-siliceo. In realtà, pur confermando la presenza di livelli di argilliti di colore grigio nell'ambito della successione, si è accertato che questi sono, per le quote di rinvenimento, per l'esiguo spessore e per l'assenza di continuità laterale, poco significativi quali acquiclude.

L'accertamento della presenza di un deposito morenico, ossia caratterizzato dalla presenza di ciottoli e frammenti lapidei in matrice argilloso-limosa abbondante, ha consentito di individuare le motivazioni che portano alla venuta a giorno delle acque. La circolazione idrica sotterranea si sviluppa all'interno del massiccio carbonatico in maniera disomogenea, seguendo i reticoli di fratturazione. Detta circolazione, in corrispondenza dell'area sorgiva, è sostenuta da livelli calcarei poco fessurati. Tale circostanza è risultata palese allorché, superate determinate profondità nelle preforazioni, nell'ambito della formazione calcareo-silicea, la falda mostrava di perdersi verso il basso, segno che, sfondato il livello di base relativamente poco permeabile, le acque si riversavano in livelli inferiori. La scaturigine risulta collocata all'interno di una depressione tettonica, nell'ambito della quale certamente la fessurazione è spinta e diffusa. La rete di fessure acquifere sbocca in corrispondenza dei corpi detritici di falda e morenici che ammantano la parte bassa del versante e che, al contatto tra i detriti di falda e morenici, viene a giorno.

La circolazione idrica si svolge prevalentemente nelle porzioni immediatamente a monte e a sinistra, spalle a valle, della sorgente. Le aree di monte, poste in destra, sono risultate caratterizzate complessivamente da una circolazione delle acque molto lenta. Il confronto grafico tra gli idrogrammi piezometrici e quello della portata totale della sorgente alle tre bocche permette di notare che, ad eccezione dei giorni immediatamente successivi alle terebrazioni, nei quali i piezometri a tubo aperto sembrano riempirsi fino alla quota piezometrica, non esiste una relazione tra le brusche variazioni di portata e le modeste oscillazioni piezometriche (Fig. 6).

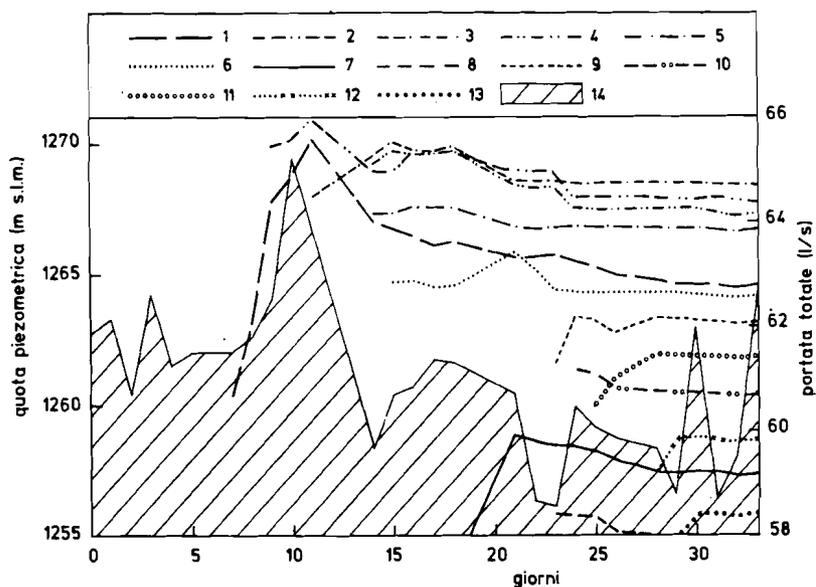
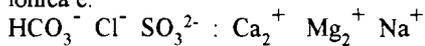


FIG. 6 - IDROGRAMMI: piezometri 1) S1, 2) S2, 3) S3, 4) S4, 5) S5, 6) S6, 7) S8, 8) S9, 9) S10, 10) S11, 11) S12, 12) S14, 13) S15; 14) portata totale della sorgente. *HYDROGRAMS: 1) S1, 2) S2, 3) S3, 4) S4, 5) S5, 6) S6, 7) S8, 8) S9, 9) S10, 10) S11, 11) S12, 12) S14, 13) S15 piezometers; 14) total spring flow.*

Tale circostanza è dovuta alla presenza di vie di flusso principali in grado di permettere notevoli variazioni di deflusso a fronte di modeste variazioni di carico. Gli idrogrammi di Fig. 7, relativi a una stagione idrologica successiva alle terebrazioni, mostrano una netta separazione tra il comportamento dei piezometri posti idrogeologicamente a monte della sorgente, lungo vie di flusso principali e non, da quelli posti in ambienti distinti o poco influenzati dalle variazioni del deflusso sotterraneo della sorgente. Si noti che dopo 140 giorni di osservazione ha avuto termine un periodo di esaurimento della sorgente, significativamente segnalato da numerosi idrogrammi piezometrici.

Nel complesso i carotaggi termo-salinometrici effettuati hanno mostrato che la temperatura dell'acqua presenta un modesto gradiente positivo con la profondità, ad eccezione del S19, mentre praticamente nullo è risultato il gradiente della salinità. La salinità rilevata è risultata compresa tra 0,19 e 0,35 g/l, mentre la temperatura idrica è risultata compresa tra 5,4 e 6,4°C. È apparso chiaro che le acque dei sondaggi S20 e S22 sono sostanzialmente differenziate, soprattutto per le loro maggiori temperature, dalle restanti.

Sono state eseguite analisi chimiche di campioni idrici prelevati dai piezometri e dalla Sorgente Niella. Le acque campionate sono risultate molto simili, trattasi di acque bicarbonato-alcalino-terrose, la cui formula ionica è:



tipica di acque sotterranee provenienti da acquiferi calcarei e da calcari dolomitici. Il bassissimo tenore di Cl^- classifica queste acque come dolci; in base alla durezza le acque prelevate hanno dimostrato essere poco dure.

5. CONCLUSIONI.

La falda che alimenta la Sorgente Niella è compresa nel sistema multiplo che caratterizza l'idrogeologia del M. Sirino. L'ammasso roccioso, costituente parte del M. Sirino, che raccoglie le acque sotterranee di cui giova la Sorgente Niella, è saturo solo per modesti spessori e secondo disposizioni planoaltimetriche assolutamente irregolari. Tale circostanza da una parte spiega la fortissima variabilità delle portate sorgive, dall'altra è tipica delle sorgenti di alta quota. In tal modo, il flusso idrico sotterraneo, essendo prevalentemente verticale e

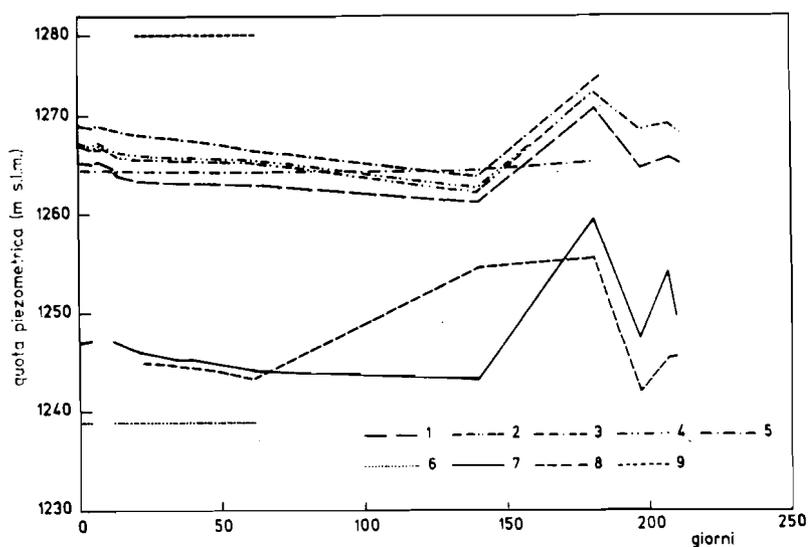


FIG. 7 - IDROGRAMMA PIEZOMETRICO: 1) S1, 2) S2, 3) S3, 4) S4, 5) S6, 6) S19, 7) S20, 8) S21, 9) S22.
 PIEZOMETRIC AND SPRING HYDROGRAMS: 1) S1, 2) S2, 3) S3, 4) S4, 5) S6, 6) S19, 7) S20, 8) S21, 9) S22.

svolgendosi in un ambiente sicuramente non saturabile, vista la geometria del rilievo e l'acclività, non permette l'accumulo di ingenti riserve idriche.

La falda che alimenta la sorgente Niella è sostenuta dai livelli calcarei e calcisiltitici meno fessurati e circola nell'acquifero carbonatico secondo uno schema "a cascata".

Le acque sotterranee si riversano dall'acquifero carbonatico nei detriti che circondano la sorgente. I detriti di falda raccolgono le vene idriche provenienti in vari punti e quote dall'ammasso calcareo acquifero, mentre i detriti morenici, meno permeabili e più resistenti, sostengono tali vene idriche su una ben precisa superficie, coincidente con il tetto di tale litotipo, al di sotto dei detriti l'acquifero non è saturo.

In funzione dei punti di recapito delle acque si sviluppano le linee principali di flusso idrico sotterraneo.

La Sorgente Niella è da ritenersi molto vulnerabile a causa delle delicate condizioni geologiche che ne determinano la venuta a giorno. In particolare, preoccupa la stabilità delle coltri detritiche. In superficie come, in parte, in profondità, le suddette coltri detritiche manifestano evidenti sintomi di precaria stabilità.

BIBLIOGRAFIA

- COTECCHIA V., D'ECCLESIIIS G., POLEMIO M. (1993) - *High pressure artesian wells to tap Torbido spring (Italy)*. Int. Conf. on Environmental Management, Geo-water and Engineering aspects, Australia, Balkema, Rotterdam, 413-418.
- D'ECCLESIIIS G., GRASSI D., SDAO F., TADOLINI T. (1990) - *Potenzialità e vulnerabilità delle risorse idriche sotterranee del monte Sirino (Basilicata)*. Geologia. Applicata. e Idrogeologia. Bari. 25.
- D'ECCLESIIIS G., POLEMIO M. (1992) - *Condizioni di emergenza di alcune tra le principali della Basilicata*. 2° Conv. Naz. dei Giovani Ricercatori in Geologia. Applicata, Geologica Romana, Roma, in corso di stampa.

ABSTRACT: *the Niella spring is located on north Mount Sirino slope. The spring aquifer is characterized by the presence of localized fissures in carbonatic rock. The spring is the highest of the aquifer and it is placed at half slope. Flinty limestone outcrops along the whole slope. the spring area is characterized by debris outcrops. Spring water comes out in these conditions for studied tectonic influence on aquifer permeability. Geological-structural conditions and the effects on ground water flow are described.*