UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI *FEDERICO II*

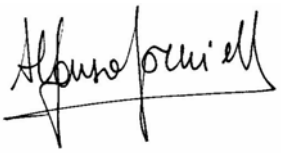


CAPITOLO 1. LE ANTICHE TERME DI C.MARE DI STABIA:

PROBLEMATICHE IDROGEOLOGICHE

PROF. ALFONSO CORNIELLO

(Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Geotecnica ed Ambientale – Sezione di Geologia Applicata)



aprile 2010

1.1 Il fronte sorgentizio di C.mare di Stabia

Le Antiche Terme sono ubicate nel settore occidentale dell'abitato di C.mare di Stabia in una stretta piana limitata, a nord, dal mare ed a sud dai versanti della dorsale di M.te Faito (Fig. 1.1); le Terme racchiudono 18 scaturigini distribuite in due gruppi di nove: il *gruppo Stabiano* (quello originario e posto più ad occidente) ed il *gruppo Vanacore* (realizzato artificialmente e successivamente inglobato nelle Terme – CACCIOPPOLI, 1995).



Fig. 1.1: Parte dell'abitato di C.mare di Stabia ed ubicazione delle Antiche Terme.

Le acque delle Antiche Terme non sono le uniche manifestazioni idriche della zona: molte altre sorgenti sono infatti distribuite a nord-est delle Terme (Fig. 1.2) e differiscono dalle acque captate nelle Terme per portata e, soprattutto, per una progressiva riduzione della temperatura e del grado di mineralizzazione, tanto che la maggiore (Fontana Grande) viene utilizzata anche ad uso potabile. Ad ovest delle Antiche Terme vi è poi un'altra scaturigine, anch'essa mineralizzata, denominata Muraglione.

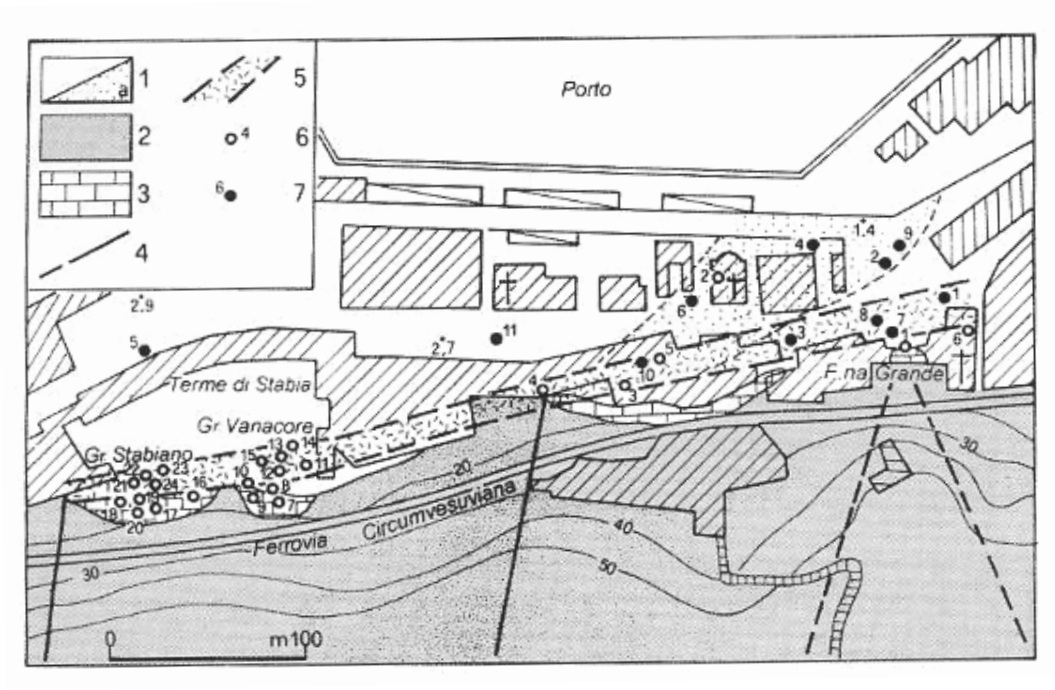


Fig. 1.2: Distribuzione delle sorgenti di C.mare di Stabia e geologia dell'area (da PISCOPO et alii, 2000)
1) depositi alluvionali, costieri e piroclastici rimaneggiati (a: livello argillificato sepolto)
2) depositi detritico-piroclastici
3) calcari
4) faglie principali, tratteggiate se presunte
5) probabile ubicazione della faglia marginale
6) sorgenti e numero di riferimento
7) sondaggi e numero di riferimento.

I dati salienti delle sorgenti presenti sono riportati in Tabella 1.1.

Oltre alle emergenze sub-aeree, sono state infine individuate, mediante infrarosso termico, significative perdite a mare lungo il tratto costiero a nord della dorsale di M.te Faito (CELICO & CORNIELLO, 1979); queste *uscite* sono state successivamente meglio quantizzate in circa 9.2 x 10^6 m^3/a in PISCOPO *et alii* (1994).

*n.**	*Sorgente*	*Quota m s.l.m.*	*Portata l/s*	*data*	*note*
	Muraglione	1.7	4.5	1-12/1967	ad W del *gruppo Stabiano – media di più misure*
16-24	*gruppo Stabiano*	1.7-1.8	52.8	01/12/1998	*media di più misure*
			53.1	22/03/2003	*UNIVERSITÀ DELLA TUSCIA, 2006*
			113	18/03/2006	
			34	16/06/2006	
7-15	*gruppo Vanacore*	1.8-2.1	39.9	01/12/1998	*media di più misure*
			41.2	22/03/2003	*UNIVERSITÀ DELLA TUSCIA, 2006*
			129	18/03/2006	
			51	16/06/2006	
4	*Acqua Rossa*	2.2	1.0	5/1995	
3	*Acetosella*	2.2	2.5	5/1995	
5	*Acidula Comunale*	2.2	2.0	5/1995	
2	*Acqua della Madonna*	0.8	3.0	5/1995	
	Visanola				CACCIOPPOLI, 1995; AMATO, 2001; DI DIO CERCHIA, ----; CORNIELLO *et alii*, 2010
1	*Fontana Grande*	2.5	235.0	10/1978	
6	*Ferrata del Molino*	2.5	0.5	5/1995	
	S. Giacomo	58.0	0.13	5/1989	AMATO, 2001; CACCIOPPOLI, 1995

Tabella 1.1: Sorgenti di C.mare di Stabia riportate come affiorano, da W (Muraglione) verso nord-est; con l'eccezione delle più esterne (Muraglione e S. Giacomo), le altre sono concentrate su un fronte di alcune centinaia di metri. (*) Numeri riferiti alla Fig. 1.2; dati derivati da PISCOPO et alii, (2000), se non diversamente indicato.

1.2 Il bacino idrogeologico

Il bacino idrogeologico in cui si forma tutta la risorsa idrica sotterranea di cui al § precedente corrisponde ad una vasta parte della *dorsale del M.te Faito* ed i limiti di tale bacino sono rimasti sostanzialmente invariati nei vari studi che hanno affrontato l'argomento (CELICO, 1978; CELICO & CORNIELLO, 1979; BUDETTA *et alii*, 1994; PISCOPO *et alii*, 1994; GHIARA *et alii*, 1996; PISCOPO *et alii*, 2000; CORNIELLO *et alii*, 2004) (Fig. 1.3).

La dorsale del M.te Faito è parte del più ampio sistema orografico carbonatico dei Monti Lattari che si estende dalle valli dei torrenti Cavaiola e Bonea (che lo separano dai Monti di Salerno) fino alla Penisola Sorrentina (Fig. 1.3).

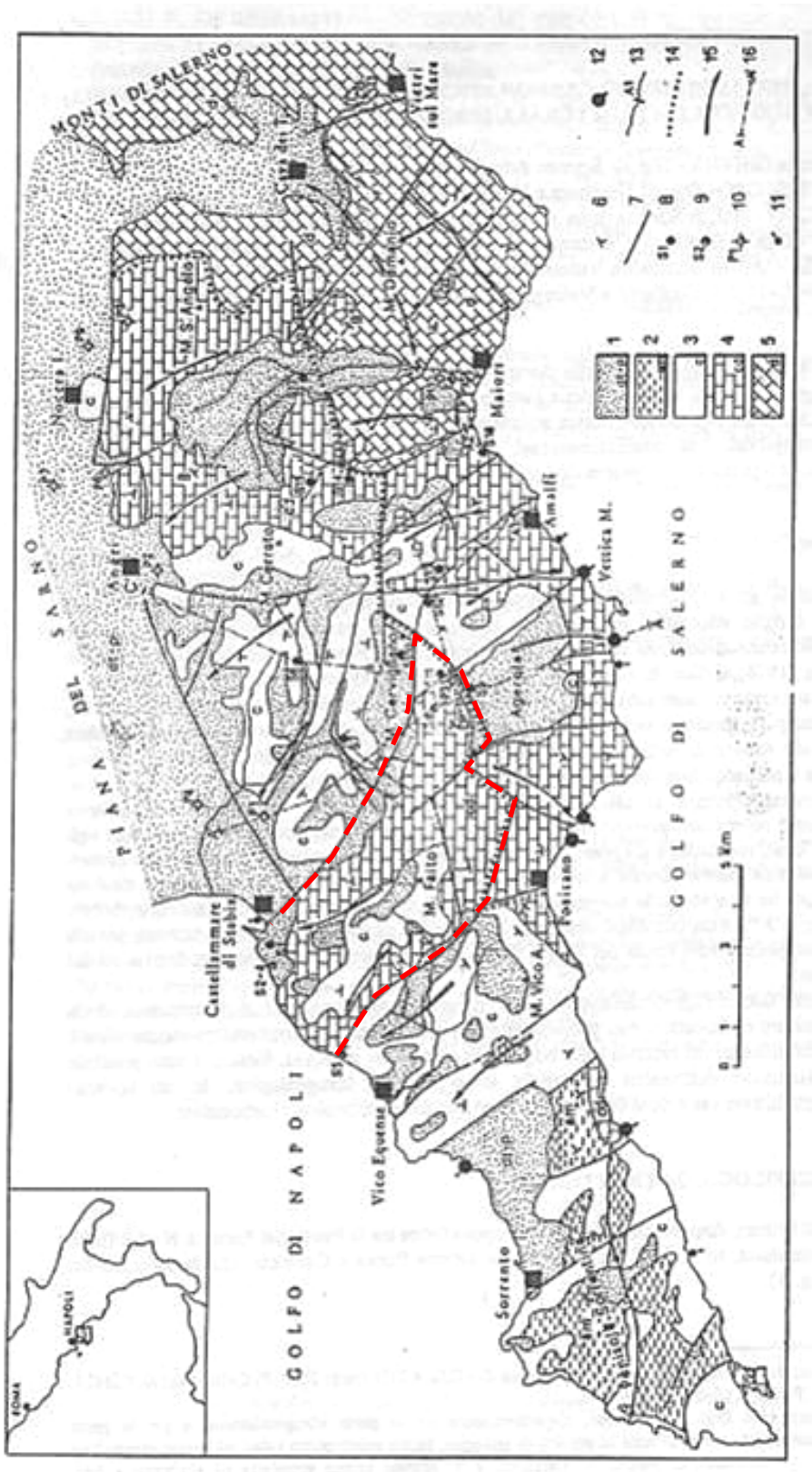


Fig. 1.3: Schema idrogeologico dei M.ti Lattari (da GHIARA et alii, 1996).
1) complesso detritico-piroclastico; 2) complesso arenaceo-argilloso; 3) complesso calcareo; 4) complesso calcareo-dolomitico; 5) complesso dolomitico; 6) giacitura degli strati; 7) principali discontinuità tettoniche; 8) sorgenti; 9) sorgenti minerali; 10) pozzi; 11) sorgenti sottomarine (30-50 l/s); 12) sorgenti sottomarine (50-150 l/s); 13) sezioni di misura in alveo; 14) principale spartiacque sotterraneo; 15) principali direzioni di flusso della falda di base; 16) traccia di sezione. In rosso il limite del bacino idrogeologico del M.te Faito.

A nord il limite morfologico è rappresentato dalla piana del F. Sarno, verso cui i rilievi passano con il tramite di una ampia fascia pedemontana detritico-piroclastica. Altrove i Monti Lattari sono limitati dal mare (cioè, procedendo in senso antiorario, da C.mare di Stabia a Vietri).

Le rocce carbonatiche che formano la successione sedimentaria dei Lattari possono essere riunite in tre complessi principali (dal più antico):

- *complesso dolomitico*
- *complesso calcareo-dolomitico*
- *complesso calcareo*

Detta successione appare tettonicamente suddivisa in monoclinali complesse rialzate in modo crescente da sud-ovest verso nord-est ed immerse, globalmente, verso nord e nord-ovest (CINQUE, 1980; PERRONE, 1988); tutto ciò, di fatto, comporta l'affioramento dei complessi più antichi nei settori meridionale ed orientale (Fig. 1.3).

Dal momento che tali complessi sono anche i meno permeabili, questo assetto costituisce un motivo di deciso condizionamento della circolazione idrica sotterranea: i recapiti principali delle acque sotterranee dei Lattari (sorgenti di C.mare di Stabia e travasi sotterranei verso la piana di Sarno) sono infatti proprio verso nord – nord/ovest (CELICO & CORNIELLO, 1979).

Il *complesso calcareo*, costituito da calcari e calcari dolomitici, è quello che presenta la maggiore estensione areale e di esso, in particolare, risulta formata la dorsale del Faito.

Talora la continuità idrogeologica verticale del complesso è interrotta da un livello di marne (*marne verdi ad Orbitoline* – es.: zona di M.te Faito) che, agendo da impermeabile intercalare, può favorire la venuta a giorno, in quota, di acque di infiltrazione pluvimetrica. Le dislocazioni tettoniche che, di frequente, frazionano il livello gli impediscono comunque di svolgere un ruolo che vada al di là di un significato idrogeologico molto localizzato. Nelle aree di affioramento dei complessi calcareo-dolomitico e calcareo la permeabilità elevata e l'assenza, nella maggior parte dei casi, di *impermeabili intercalari* importanti ed arealmente continui comportano dunque un'elevata *infiltrazione efficace*: questa, poi, quasi sempre non si fraziona ad alimentare corpi idrici distribuiti a quote diverse ma contribuisce alla formazione di cospicue *falde di base* caratterizzate da gradienti assai bassi (1- 5 ‰).

I Monti Lattari non costituiscono comunque un unico bacino idrogeologico, ma possono pensarsi articolati in più sottobacini in certa misura interagenti (Fig. 1.3). La causa di ciò è da ricondurre al succedersi di più fasi tettoniche (CINQUE, 1980; CAPOTORTI & TOZZI,

1991; SAVA & ZUPPETTA, 1991); i principali sistemi di faglia da queste originate hanno infatti determinato, nelle rocce costituenti i rilievi, estese fasce cataclastiche responsabili di localizzate ma significative riduzioni di permeabilità.

Le delimitazioni fra i sub-bacini seguono dunque i principali lineamenti tettonici (e/o i contatti tra complessi diversamente permeabili) e presentano orientazioni prevalenti NW-SE e SW-NE. Queste ultime (SW-NE) corrispondono in genere a faglie normali comprese nell'intervallo N 67°-77° (SAVA & ZUPPETTA, 1991) e presentano spesso sviluppo longitudinale di diversi chilometri.

La principale delimitazione idrogeologica SW-NE, già individuata in CELICO & CORNIELLO (1979), si estende tra Positano e Cava dei Tirreni con un andamento che, negli anni successivi, ha registrato aggiustamenti suggeriti dall'affinarsi del calcolo dei bilanci idrogeologici e dai dati via via acquisiti (PISCOPO *et alii*, 1995; GHIARA *et alii*, 1996). Nei lavori più recenti (SOGESID, 2005) l'andamento appare sostanzialmente invariato. Lungo tale congiungente si colloca il limite sud-orientale del bacino idrogeologico del M.te Faito. Verso nord-est il limite del bacino segue, assai verosimilmente, la faglia C.mare di Stabia – Vettica. Questa, con direzione NW-SE, separa morfologicamente il Faito dal M.te Pendolo ed è da ricondurre ad importanti discontinuità tettoniche anche a carattere trascorrente (CAPOTORTI & TOZZI, 1991) in grado di determinare una soluzione di continuità idrogeologica piuttosto netta tra i due rilievi. Corroborano tale ipotesi:

- la presenza di uno spartiacque sotterraneo individuato nella zona in base a dettagliati rilievi piezometrici (Fig. 1.4);
- l'assenza di influenze indotte dai forti prelievi nel campo pozzi di Gragnano (a NE rispetto alla faglia) sul regime ed il chimismo delle sorgenti di C.mare di Stabia (a SW della faglia).

A sud-ovest del M.te Faito, infine, il limite del bacino idrogeologico segue la faglia che si estende da Vico Equense a Positano.

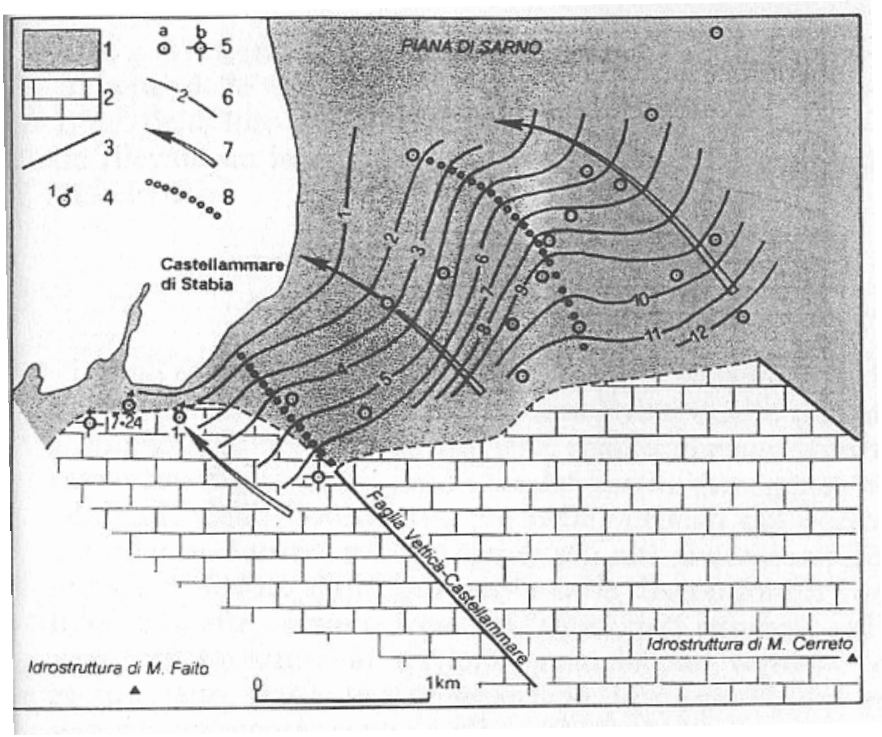


Fig. 1.4: Piezometria nella zona di C.mare di Stabia (da PISCOPO et alii, 2000)
1) acquifero detritico-piroclastico
2) acquifero carbonatico
3) faglie
4) principali sorgenti e numero relativo
5) pozzi (a: relativi all'acquifero detritico-piroclastico; b: dell'acquifero carbonatico)
6) curve piezometriche e quote relative (m s.l.m.)
7) principali assi di drenaggio sotterraneo
8) principali spartiacque sotterranei.

Con le delimitazioni indicate il bacino idrogeologico del Faito alimenterebbe quindi non solo il fronte sorgentizio di C.mare di Stabia (Antiche Terme e sorgenti esterne), ma anche le sorgenti minerali dello Scrajo (Vico Equense) e tutte le perdite a mare che si verificano lungo la costa compresa tra le località citate.

1.2.1 Considerazioni sul bilancio idrogeologico

Il *bacino idrogeologico* del Faito, così come delimitato al § precedente, raggiunge un'estensione di 28.9 km^2; per esso è stata calcolata (relativamente al periodo 1955 – 1986) una lama di pioggia di 1637 mm/a che attiverebbe un'infiltrazione efficace verso la falda di

base (§ precedente) di circa 23.9 x 10^6 m^3/a (PISCOPO *et alii*, 1994): una ricarica annuale in grado di bilanciare le uscite sorgentizie tra C.mare di Stabia e Vico Equense (circa 13.8 x 10^6 m^3/a) e le perdite a mare (valutate in circa 9.2 x 10^6 m^3/a). Lo scarto tra ingressi al *bacino* (infiltrazione) ed uscite (sorgenti e perdite a mare) risulterebbe quindi molto contenuto e dell'ordine del 4%.

In uno studio più recente (DUCCI, 2008), condotto per l'aggiornamento del bilancio idrogeologico sul territorio dell'Autorità di bacino del Sarno, sono riportate le isoiete relative ai periodi 1951 – 1980 e 2000 – 2006 tracciate con i dati di 37 stazioni pluviometriche (Fig. 1.5).

In base a tali isoiete, per lo stesso bacino del Faito i valori pluviometrici indicati sono rispettivamente 1293 mm/a (periodo 1951 – 1980) e 1361 (per l'intervallo 2000 – 2006), quindi più bassi rispetto alla valutazione di PISCOPO *et alii* e comunque dello stesso ordine di grandezza di quelli (1323 mm/a) riportati in CELICO & CORNIELLO (1979).

E' pertanto evidente la necessità di ulteriori approfondimenti dei diversi termini che compaiono nel bilancio idrogeologico, con una particolare attenzione alla valutazione delle uscite dal bacino poiché tutti i dati di portata fin qui disponibili sono tutti decisamente *datati*.

Tali ulteriori studi si rendono necessari sia per poter disporre di un valido ed affidabile strumento di gestione della risorsa idrica sotterranea (che consenta ad esempio di valutare correttamente i volumi idrici effettivamente estraibili dal sottosuolo) ma anche perché alcune serie pluviometriche, particolarmente lunghe e continue nel tempo, sembrerebbero indicare una progressiva riduzione delle piogge tra il 1951 ed il 2006 (Fig. 1.6) e quindi una diminuzione della ricarica della falda.

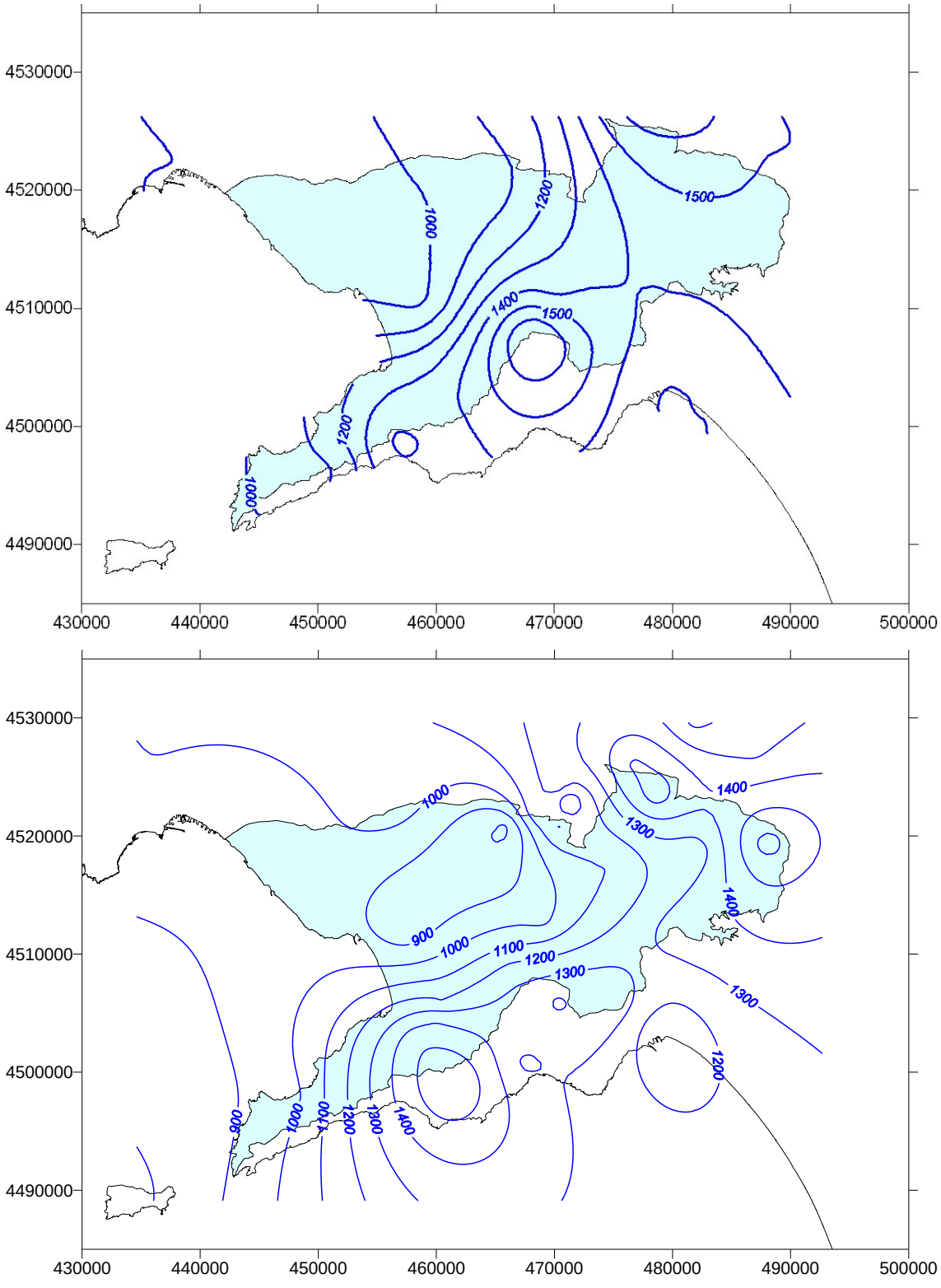


Fig. 1.5: Isoiete medie annue (in mm) relative ai periodi 1951-1980 (in alto) e 2000-2006 (da DUCCI, 2008).

1.2.2 Il carsismo al M.te Faito

Il complesso calcareo che affiora al Faito presenta una notevole diffusione di fenomeni carsici tra i quali si segnalano per importanza 5 grossi *sinkholes* distribuiti tra C.mare di Stabia e Vico Equense (Jala, S. Franceso, Sperlonga, Pozzano 1 e 2 - COZZOLINO *et alii*, 2007; Fig. 1.7) e due grossi "spacchi" (alla Jala ed a Pozzano).

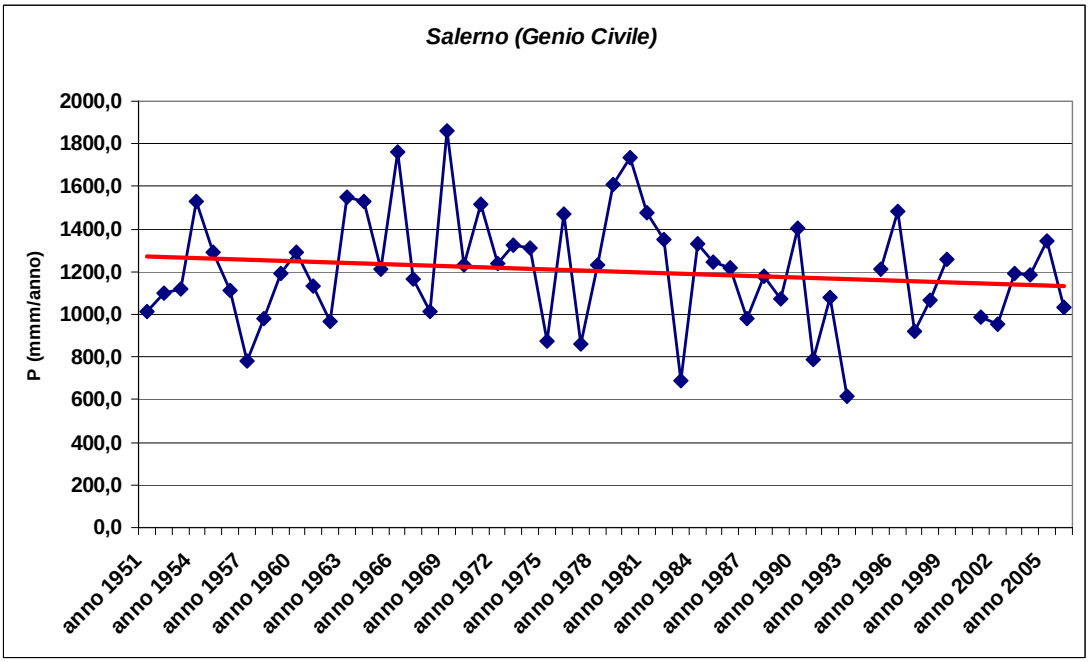
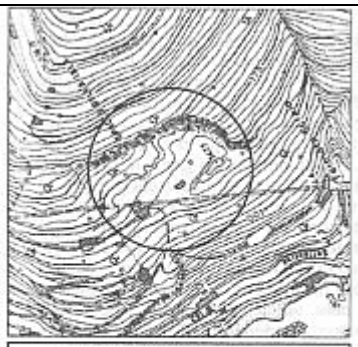


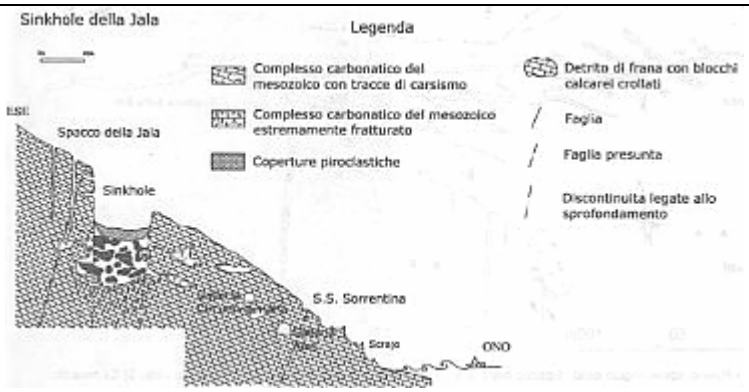
Fig. 1.6: Valori di precipitazione annua per il periodo 1951-2006 alla stazione di Salerno (da DUCCI, 2008).

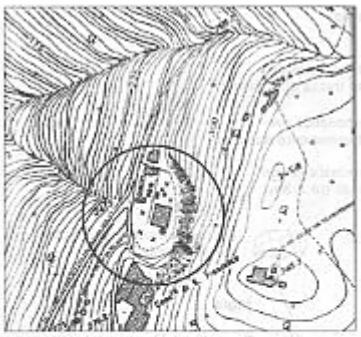


Fig. 1.7: Ortofoto di M.te Faito ed ubicazione dei sinkholes riportati nelle Figg. successive (da COZZOLINO et alii, 2007); 1) sinkhole, 2) gruppi sorgivi.

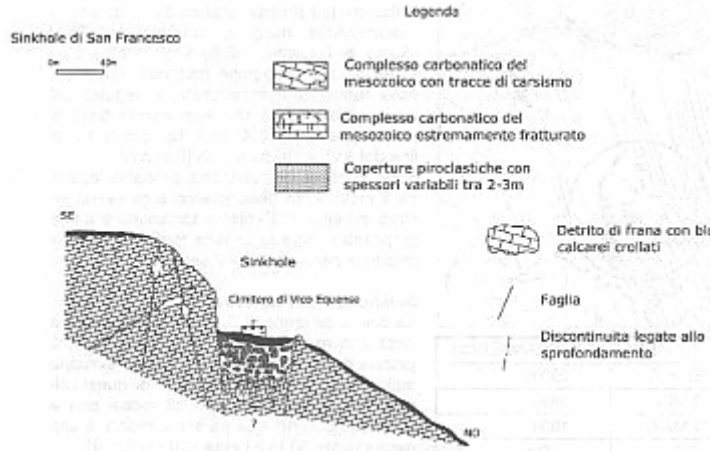


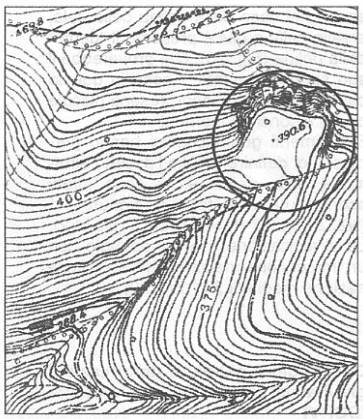
SINKHOLE DELLA JALA	
QUOTA DEL P.C.	140m
DIAMETRO MIN.	120m
DIAMETRO MAX.	180m
PROFONDITA'	60m
AREA	18000m²
VOLUME	525000m³



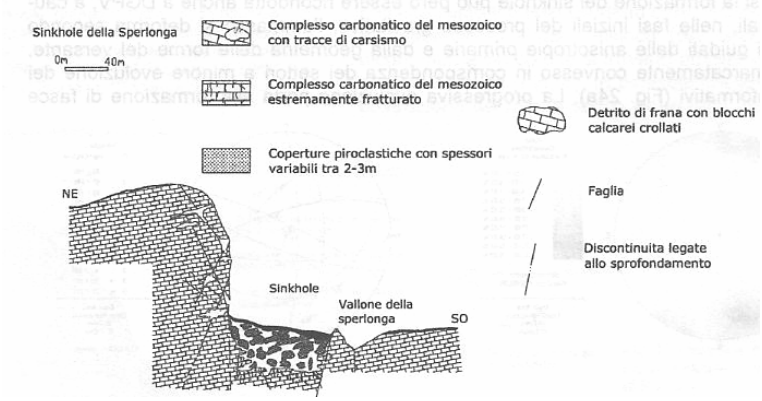


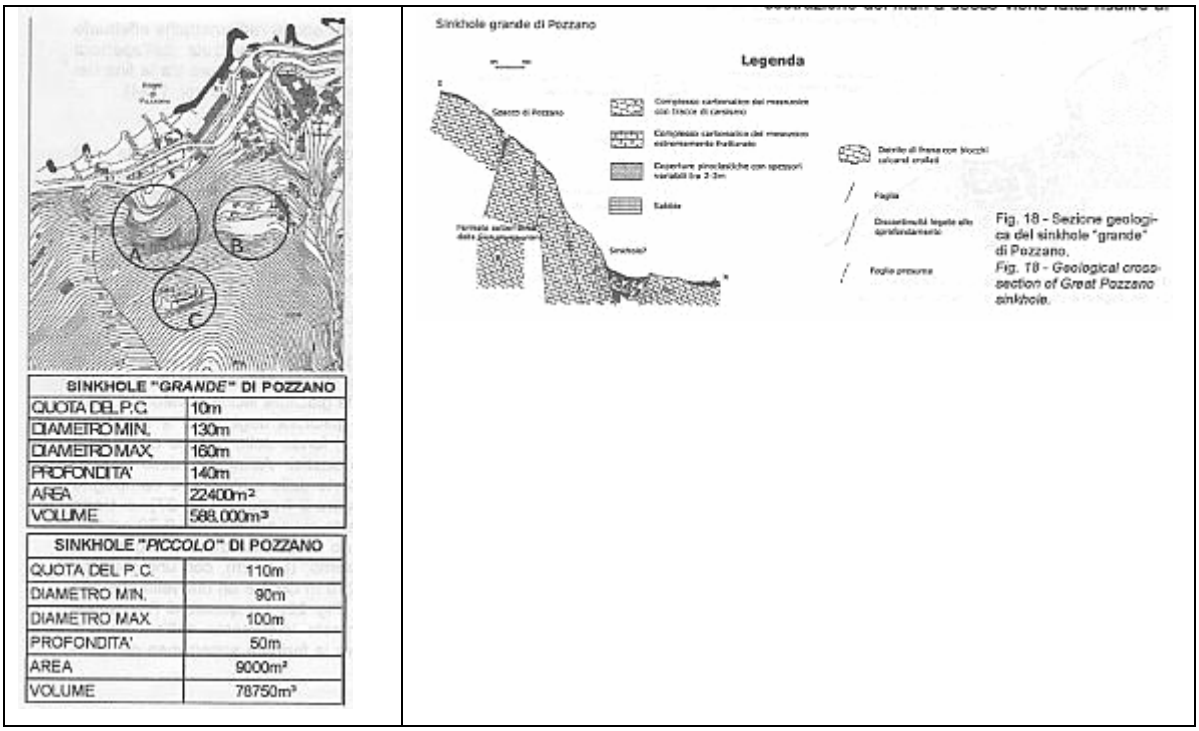
SINKHOLE DI S. FRANCESCO	
QUOTA DEL P.C.	250m
DIAMERTO MIN.	90m
DIAMETRO MAX.	160m
PROFONDITA'	50m
AREA	14400m²
VOLUME	320000m³





SINKHOLE DELLA SPERLONGA	
QUOTA DEL P.C.	390m
DIAMETRO MIN.	80m
DIAMETRO MAX.	130m
PROFONDITA'	100m
AREA	10400m²
VOLUME	283000m³





SINKHOLE "*GRANDE*" DI POZZANO	
QUOTA DEL P.C.	10m
DIAMETRO MIN.	130m
DIAMETRO MAX.	160m
PROFONDITA'	140m
AREA	22400m²
VOLUME	588.000m³

SINKHOLE "*PICCOLO*" DI POZZANO	
QUOTA DEL P.C.	110m
DIAMETRO MIN.	90m
DIAMETRO MAX.	100m
PROFONDITA'	50m
AREA	9000m²
VOLUME	78750m³

Fig. 1.8/a: Sinkholes Jala, S. Francesco e Sperlonga (da COZZOLINO et alii, 2007); ubicazioni e sezioni geologiche.

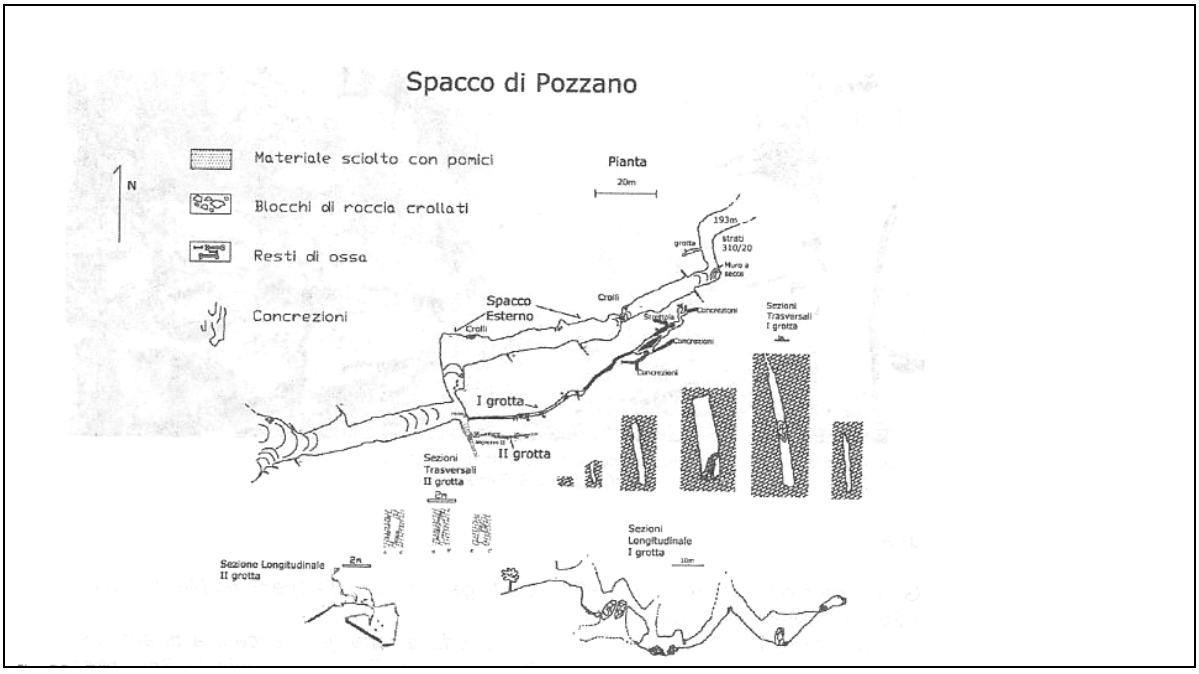


Fig. 1.8/b: Sinkholes (con sezione geologica di quello maggiore) e "spacco" di Pozzano (da COZZOLINO et alii, 2007).

Le schede sintetiche di questi fenomeni, derivate dal lavoro citato, sono riportate nelle Figg. 1.8/a-b.

Tra tutti, di particolare importanza sono i *sinkholes* e lo "spacco" di Pozzano per la relativa vicinanza al fronte sorgentizio di C.mare di Stabia. La loro presenza potrebbe infatti indicare una locale e più diffusa fenomenologia carsica ipogea in grado pertanto di agevolare il collegamento idraulico (e quindi il trasferimento di *eventuali* inquinanti fluidi o idroportati) tra l'esterno e le falda di base.

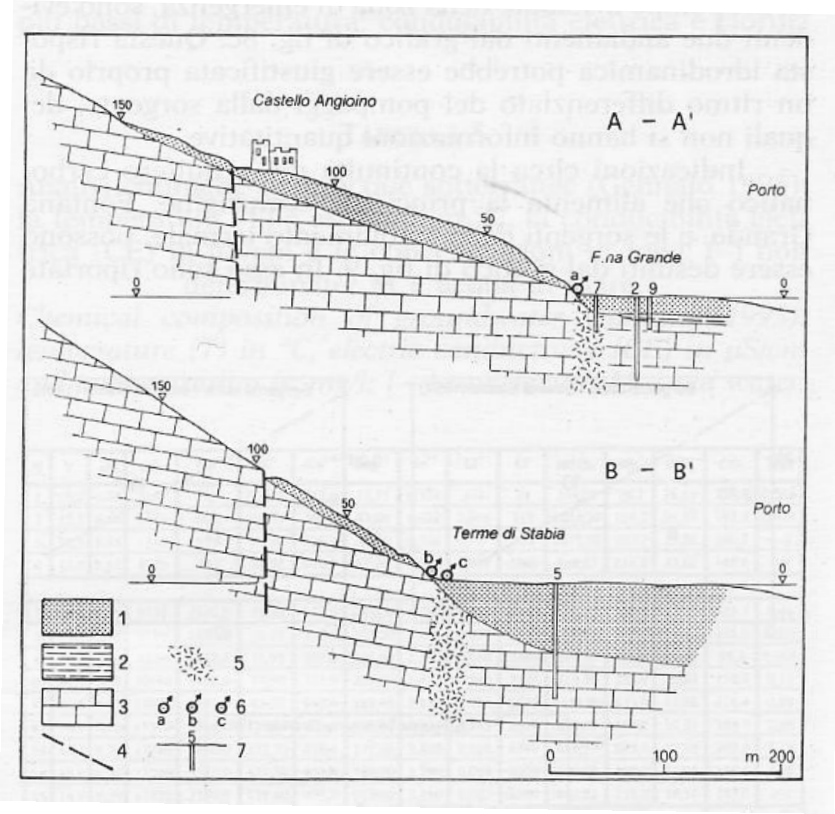


Fig. 1.9: Fronte sorgivo di C.mare di Stabia: sezioni geologiche schematiche (da PISCOPO et alii, 2000).

1) *Depositi ghiaioso-sabbioso-limosi (permeabilità media)*
2) *Depositi limoso-sabbiosi (permeabilità bassa)*
3) *Calcari (permeabiltà alta)*
4) *Fratture presunte*
5) *Faglia marginale*
6) *Sorgenti*
7) *Perforazione e numero relativo*

1.3 Assetto idrogeologico dell'area in cui ricadono le Antiche Terme

La piana che accoglie le Terme è formata da depositi alluvionali/marini e piroclastici. A sud della piana affiorano, a luoghi, i calcari del M.te Faito (come accade in alcuni settori delle Antiche Terme - cfr. Foto 1 in APPENDICE I), altrove gli stessi calcari sono ricoperti da materiali detritico-piroclastici più recenti (Fig. 1.2).

Nel sottosuolo i rapporti tra i suddetti materiali sono stati ricostruiti con le stratigrafie di perforazioni eseguite per finalità ed in tempi diversi. La sezione B-B' di Fig. 1.9 indica che i depositi alluvionali/marini e piroclastici presentano, nella zona delle Antiche Terme, uno spessore di circa 50 m poco a valle dello stabilimento e poggiano su un substrato costituito dai calcari del Faito, probabilmente ribassati dalla faglia che si segue, con direzione SW-NE, alla base del versante. I materiali a tetto dei calcari sono di granulometria assortita (sabbioso-ghiaioso-limosa) e dotati di media permeabilità per porosità. Più a nord-est il substrato calcareo (Sez. A-A' di Fig. 1.9 – orientata N-S come la precedente) risulta più prossimo al p.c. rivelando un'articolazione morfologica che forse deriva dall'influenza di faglie, sub-ortogonali alla prima, presenti tra le due sezioni considerate.

Un maggiore dettaglio stratigrafico per la zona delle Terme si ha nella Sezione di Fig. 1.11 (spessore investigato di 25 metri). Questa sezione, parallela al fronte sorgentizio, evidenzia un livello continuo di ghiaia in matrice sabbioso-limosa (spesso alcuni metri) sottostante a materiali di riporto. Più in profondità, in corrispondenza della perforazione S1, prevalgono sabbie alluvionali e marine di granulometria piuttosto grossolana e mediamente permeabili. Gli altri due sondaggi (S2 e S3) attraversano invece, in prevalenza, materiali più fini (ceneri vulcaniche sabbioso-limose sovente argillificate intercalate a sabbie sottili) ed assai meno permeabili. La più alta conducibilità idraulica in corrispondenza di S1 è testimoniata anche dalla quota piezometrica locale (0.63 m s.l.m.) che è più bassa di quelle registrate nei sondaggi S2 e S3 (rispettivamente 1.21 ed 1.50 m s.l.m.) (AMATO, 2001).

Ulteriori dati sulla natura e la successione dei terreni nel sottosuolo si hanno dalla stratigrafia (riportata in Fig. 1.11/bis - UNIVERSITÀ DELLA TUSCIA, 2006) di una perforazione realizzata alcune decine di metri ad est del sondaggio S3 di Fig. 1.10.

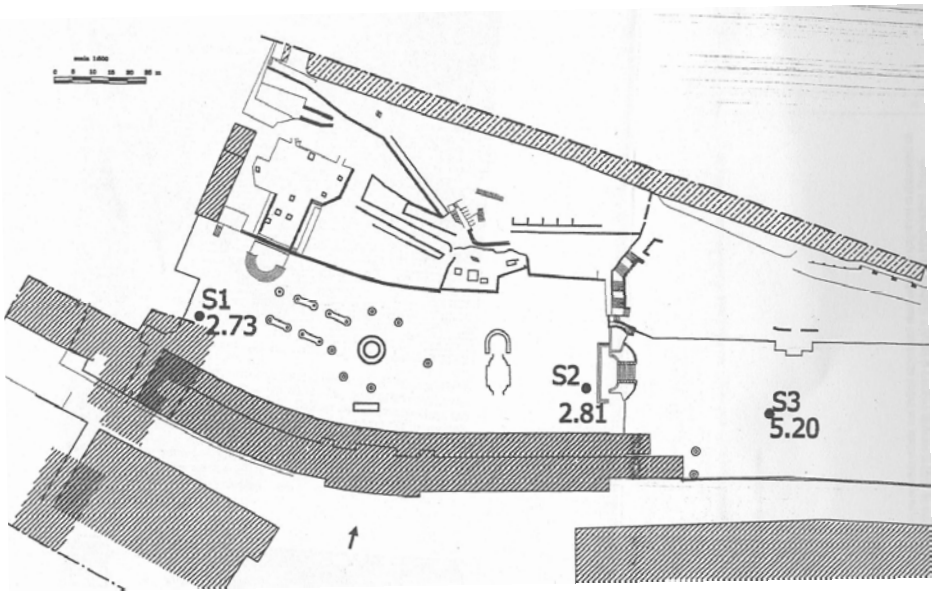


Fig. 1.10: Ubicazione dei sondaggi da cui è stata ricavata la sezione di Fig. 1.11 (da AMATO, 2001).

Questa perforazione conferma sostanzialmente i dati del sondaggio citato ed in particolare evidenzia che i materiali più grossolani (ghiaia e/o detriti individuati nella parte terminale di S3) si ritrovano anche qui, grosso modo dai 20 metri dal p.c. fino a fondo foro. Con la situazione stratigrafica indicata si può delineare il seguente assetto idrogeologico.

La falda di base accolta nei calcari del M.te Faito trova un ostacolo al suo deflusso verso il mare, prima, nella fascia di *disturbo tettonico* a ridosso della faglia che, al piede del versante, ha provocato il ribassamento verso nord dei calcari e quindi nei materiali (piroclastici e/o alluvionali e di scarsa permeabilità complessiva) sovrapposti al substrato calcareo. Si determina così una *soglia di permeabilità*, non perfettamente stagna, che porta le acque di falda in parte ad affiorare alle sorgenti ed in parte a continuare il deflusso a mare travasando dai calcari nei depositi che concorrono a formare la soglia e da questi al mare. Le perdite avvengono in modo differenziato lungo la costa, a seconda delle locali situazioni idro-stratigrafiche della copertura, della profondità del substrato e dell'ampiezza della sezione offerta al flusso idrico sotterraneo. Lo stesso schema può essere applicato alle sorgenti più a NE delle Terme (es. Fontana Grande) e giustifica le diffuse venute idriche nella piana e le numerose perdite di acque sotterranee lungo il perimetro costiero.

Tutte le sorgenti, comunque, sono riconducibili alla circolazione nello stesso serbatoio, come indica il confronto tra la risposta idrodinamica delle stesse in periodo

esaurimento (PISCOPO *et alii*, 2000). Da questa, in particolare, si evince la presenza di una rete di deflusso idrico sotterraneo più estesa, per la sorgente di Fontana Grande, e di circuiti in una rete di discontinuità meno estesa e con ridotte capacità di immagazzinamento, per le scaturigini delle Terme.

1.3.1 Rapporti acqua dolce/acqua salata

Nelle zone costiere permeabili l'acqua di falda galleggia su quella marina più densa che invade l'acquifero. Il passaggio tra i due liquidi avviene gradualmente, attraverso una zona di diffusione (o di *transizione*) a salinità crescente verso il basso detta *interfaccia*, peraltro soggetta a movimenti verticali legati ad oscillazioni del livello marino e della falda.

La profondità dell'interfaccia (H_i) dipende dall'altezza della superficie di falda sul livello del mare (H_p) e dalla densità dei due liquidi e può essere stimata con la legge di Ghyben-Herzberg: $\mathbf{H_i \sim 37\ H_p}$.

Nella zona di interesse PISCOPO *et alii* (2000) hanno valutato per l'interfaccia (in assenza di turbative antropiche o naturali) una profondità di circa 100 m dal p.c. a valle (in senso idrogeologico) delle Terme e di 140 m a valle di Fontana Grande dove si registrano livelli di falda più elevati rispetto a quelli delle Terme.

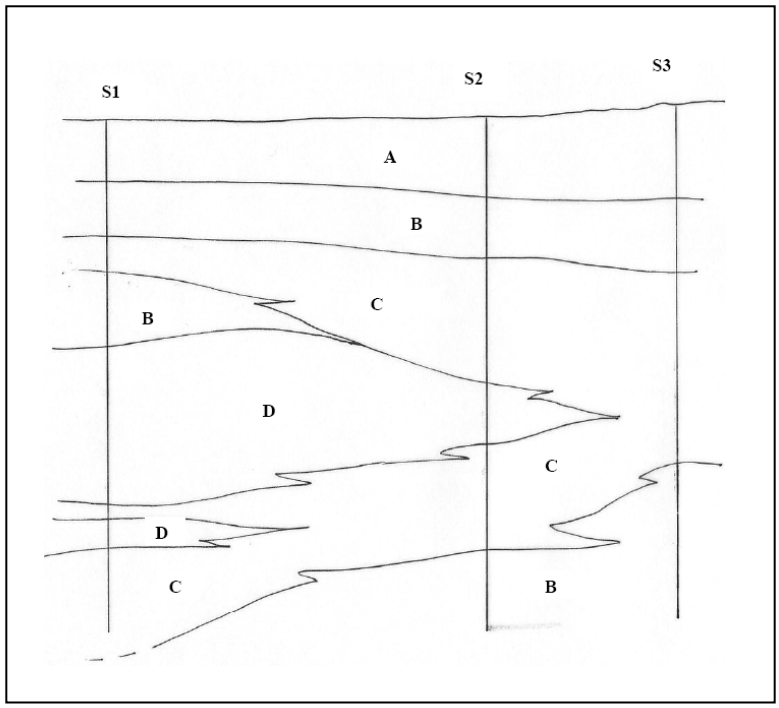


Fig. 1.11: Sezione geologica lungo la congiungente i Sondaggi S1 ed S3 della Fig. precedente. A) materiali di riporto; B) ghiaia e/o detrito in matrice sabbioso-limosa; C) piroclastiti cineritiche sovente argillificate; D) sabbia alluvionali e/o marine medio-fini.
I sondaggi sono profondi 25 m; S1 dista circa 100 m da S2 e circa 150 da S3.

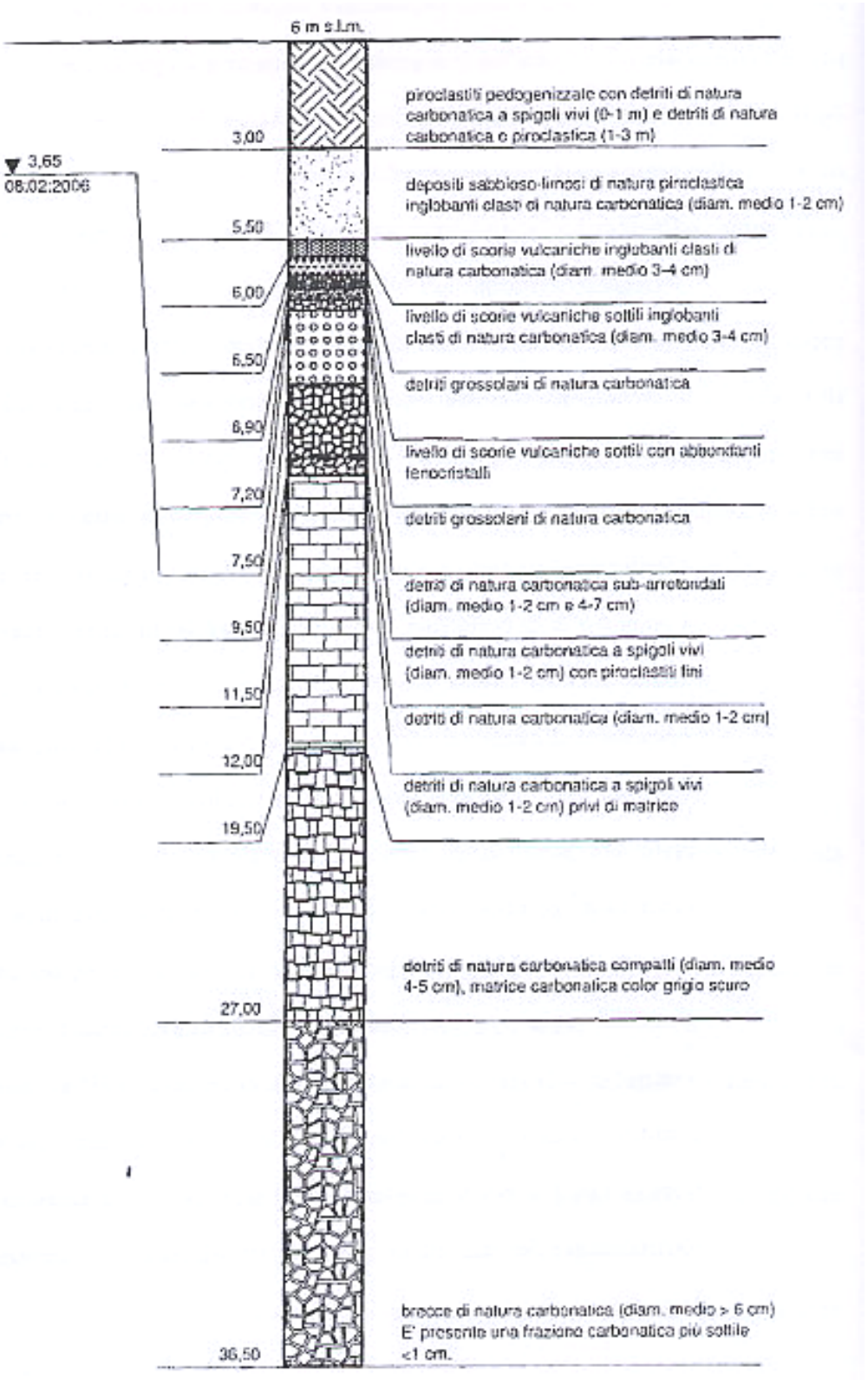


Fig. 1.11/bis: Stratigrafia di una perforazione realizzata alcune decine di metri ad est del sondaggio S3 di Fig. 1.10 (da UNIVERSITÀ DELLA TUSCIA, 2006).

1.4 Le acque delle Antiche Terme

1.4.1 Il processo di mineralizzazione

Nella letteratura scientifica o in Relazioni tecniche sono disponibili molte analisi delle acque delle Antiche Terme e di quelle *esterne*; tra le fonti di dati principali e/o più recenti si ricordano quelle riportate nella Tabella 1.2.

fonti di dati	***note***
CELICO *et alii*, 1986	Sono presenti grafici chimici ma non tabelle con analisi
PISCOPO *et alii*, 2000	Le analisi sono del gennaio 1995
REGIONE CAMPANIA, 2002	Analisi del 1998 e di diversi periodi del 2001
UNIVERSITÀ DELLA TUSCIA, 2006	Analisi di alcune sorgenti dei Gruppi Stabiano e Vanacore, di una sorgente *esterna* e di acque prelevate a diversa profondità in una perforazione realizzata *ad hoc*
CONVENZIONE TERME DI C. MARE DI STABIA/DIP. DI CHIMICA "PAOLO CORRADINI", 2009	Analisi da aprile 2008 a novembre 2009

Tabella 1.2: Principali e/o più recenti fonti di analisi chimiche.

E' così possibile delineare il processo di mineralizzazione delle acque delle Terme ed individuare le cause della progressiva riduzione della salinità (procedendo verso nord-est) lungo il fronte sorgivo di C.mare di Stabia.

I primi due elementi concorrenti alla mineralizzazione sono:

a) le acque della falda di base del bacino del M.te Faito (a chimismo bicarbonato-calcico) che, in prima approssimazione (per i motivi di seguito esposti), possono essere rappresentate dalla sorgente Fontana Grande
b) le acque marine.

In base ai rapporti tra i due corpi idrici, così come già delineati nel § precedente, le interazioni chimiche tra le acque bicarbonato-calciche ed il mare (a letto) sarebbero limitate (in assenza di turbative esterne) alla sola zona di contatto (o interfaccia). In realtà le acque delle sorgenti nelle Antiche Terme mostrano una contaminazione marina assai marcata (tra il 10 ed il 30 % cfr. CELICO *et alii*, 1986 e PISCOPO *et alii*, 2000) e chiaramente rivelata anche

dai loro profili chimici (cfr. § successivo) presentano un andamento tendente a quello dell'acqua di mare.

Per spiegare tale connotazione è necessario far intervenire un terzo fattore di condizionamento che agirebbe come di seguito indicato:

- la falda idrica bicarbonato-calcica del M.te Faito (che poggia su quella marina) riceverebbe apporti profondi in gas (soprattutto CO_2 ed H_2S, anche a temperature elevate) ed in altre sostanze (es.: Fe e Mn); questi apporti disturberebbero la stratificazione salina tra i due corpi idrici causando, in quello più alto, una contaminazione marina la cui importanza sarebbe legata all'entità degli apporti profondi, alla portata della falda, al suo regime di utilizzo ed alla prossimità alla linea di costa. La risalita dei fluidi profondi si realizzerebbe verosimilmente lungo la zona cataclastica a ridosso della faglia marginale che limita a nord la dorsale del Faito (Fig. 1.2 e Fig. 1.9) e risulterebbe via via meno intensa procedendo verso NE per le influenze concomitanti di tettonica, carsismo ed assetto stratigrafico.

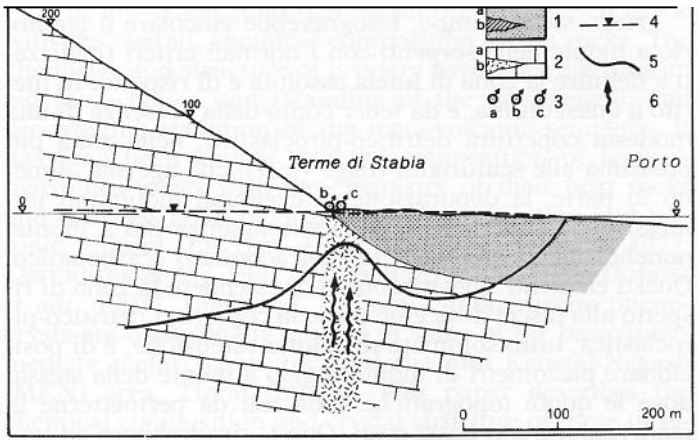


Fig. 1.12: Ipotesi di processo di mineralizzazione. 1) depositi sabbioso-ghiaioso-limosi; 2) acquifero carbonatico (a) rocce fratturate e carsificate (b) zona di faglia marginale; 3) sorgenti; 4) livello piezometrico; 5) interfaccia acqua dolce/mare; 6) risalita di fluidi profondi (da PISCOPO et alii, 2000).

Molti elementi corroborano lo schema precedente (Fig. 1.12):

a) la ricchezza in gas delle acque delle Terme e di molte acque *esterne* (cfr. Tab. 5 in PISCOPO *et alii*, 2000); le stesse acque di Fontana Grande (sopra indicate come possibile esempio del chimismo della falda del Faito) presentano infatti un valore di HCO_3 (734

mg/l) che è maggiore di quello tipico di acque liberate da massicci carbonatici (che è di norma intorno a 200-300 mg/l – CORNIELLO, 1996) ed è chiaramente influenzato da contributi in CO_2 endogeno ben superiori a quelli atmosferici;

b) la risalita di fluidi profondi legata a motivi tettonici è stata riscontrata di frequente in settori dei massicci carbonatici dell'Appennino dove sono presenti acque mineralizzate (es.: Lete, Telese, Triflisco etc. - CORNIELLO & DE RISO, 1986; CORNIELLO, 1988, 1994).

1.4.2 Caratteristiche chimiche del fronte sorgivo

Le sorgenti delle Antiche Terme si presentano riunite in due gruppi: *Gruppo Stabiano* (più ad ovest) ed il *Gruppo Vanacore*; la posizione dei due gruppi e le sorgenti in essi affioranti si osservano nella Fig. 1 f.t. (vedi APPENDICE I).

Le caratteristiche chimiche delle acque dei due gruppi sono similari, ma nell'ambito di ciascun gruppo vi sono differenze tra le sorgenti a ridosso del rilievo carbonatico e quelle, relativamente, più distanti. Facendo riferimento alle analisi più recenti (ma la situazione – sia pur con qualche variazione – si riscontra anche nelle altre analisi disponibili) si osserva che la maggiore mineralizzazione è presentata dalle sorgenti Sulfurea, Sulfureo-ferrata, Sulfureo-carbonica e Muraglione del *Gruppo Vanacore* e dalle sorgenti Ferrata, Sulfurea, Sulfureo-ferrata, Stabia, S. Vincenzo del *Gruppo Stabiano* (la sorgente S. Vincenzo solo negli ultimi tempi presenta alti valori di salinità – *cfr. oltre*). Le sorgenti meno mineralizzate del primo gruppo sono l'Acidula, la S. Vincenzo e la Magnesiaca mentre per il gruppo Stabiano sono le sorgenti Media 1, 2 e Magnesiaca. Le sorgenti Ferrata e Media (*Gr. Vanacore*) e Magnesiaca e Pozzillo (*Gruppo Stabiano*) si collocano in posizione intermedia in quanto a salinità.

Tutto quanto sopra si osserva nelle Figure 2/a – 2/e f.t. (APPENDICE I) che mostrano la distribuzione areale di alcuni parametri fisici e chimici nell'ambito delle Terme (dati del giugno 2009). Particolarmente eloquente è la Carta della conducibilità che evidenzia proprio il diverso grado di salinità delle sorgenti (lo stesso concetto è sintetizzato nei grafici di Fig. 3/a-b f.t. sempre in APPENDICE I). Nelle Carte degli ioni Ca, Na, SO_4 e Cl la distribuzione dei valori appare analoga a quella della conducibilità. Nelle acque a maggiore mineralizzazione le temperature sono più alte, il Fe risulta più abbondante così come il Br che peraltro è un segnale del grado di contaminazione marina. Anche il F prevale nelle acque più mineralizzate.

La distribuzione areale dei dati (al di là dei valori assoluti) non si modifica considerando il periodo di novembre dello stesso anno come indicano la Fig. 4 f.t. e le Figg. 3/a-b f.t. (in APPENDICE I).

I profili chimici *medi* delle acque più mineralizzate e di quelle che lo sono meno sono riportati in Fig. 1.13 unitamente al profilo dell'acqua di mare. Dal grafico si coglie con immediatezza l'influenza del mare sulle acque delle Terme e come tale influenza sia più marcata in quelle più mineralizzate (infatti il profilo chimico che le rappresenta è più prossimo a quello dell'acqua di mare).

Una ipotesi verosimile che dia ragione della diversa salinità *s.l.* riscontrata alle sorgenti è che le acque marine, veicolate verso l'alto dai gas, tenderebbero ad interessare maggiormente le sorgenti più distanti dal rilievo in quanto sono a ridosso o a valle (in senso idrogeologico) della faglia marginale (Fig. 1.12) attraverso la quale avrebbero luogo gli apporti gassosi profondi. In effetti l'azione della faglia sarebbe assimilabile ad una *barriera idraulica* che potrebbero creare dei pozzi in emungimento paralleli alla costa: e cioè quella di separare le acque meno contaminate dal mare (a *monte* della faglia rispetto al gradiente generale della falda del Faito) da quelle (che si trovano a *valle* della faglia) che lo sono maggiormente.

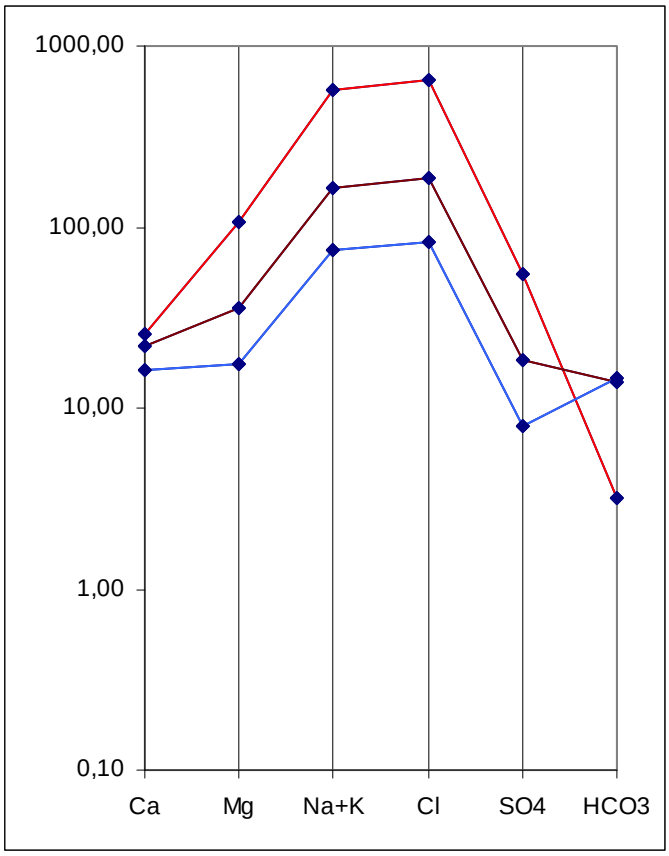


Fig. 1.13: Grafico di Schoeller-Berkaloff : profili chimici medi delle acque più mineralizzate (marrone) e di quelle meno saline dei Gruppi Stabiano e Vanacore (analisi del giugno 2009). In rosso il profilo chimico dell'acqua marina. In ordinata i valori sono in meq/l.

1.4.3 Caratteristiche chimiche del fronte sorgivo: variazioni nel tempo

Nel corso dell'anno si registrano variazioni chimico-fisiche alle sorgenti. I dati disponibili indicano, ad esempio, nel tardo autunno/inverno del 2009 un aumento di salinità, del contenuto in cloruri ed in anidride carbonica rispetto alla tarda primavera dello stesso anno (Fig. 5/a e Fig. 5/b f.t. in APPENDICE I). Il fenomeno (segnalato anche nella Relazione dell'UNIVERSITÀ DELLA TUSCIA, 2006) è verosimilmente da ricondurre al fatto che nel primo periodo indicato, corrispondente grosso modo alla fine della *magra*, il carico piezometrico della falda del Faito è più ridotto e ciò renderebbe più agevole la risalita di gas profondi (es.: CO_2) e con essi dei contribuiti in acqua di mare.

La possibilità di disporre di dati analitici relativi ad anni diversi ha inoltre consentito di individuare le variazioni intervenute nel tempo. Le valutazioni che seguono vanno comunque lette considerando: *a)* l'intervallo temporale, a volte piuttosto ampio, che separa le determinazioni analitiche e *b)* che le analisi sono state eseguite in laboratori diversi.

Ciò detto, le ultime analisi (2009) indicano che le acque delle sorgenti dei gruppi Vanacore e Stabia presentano in genere una maggiore salinità rispetto al 2001.

Il confronto è stato operato per periodi dell'anno omogenei (giugno 2009 e maggio 2001; novembre 2009 e ottobre 2001) e le variazioni principali appaiono ben evidenti nei diagrammi di *Schoeller-Berkaloff* delle Figure 6/a - 6/r f.t. (in APPENDICE I). Per alcune sorgenti le variazioni sono ridotte (es.: sorgenti Stabia e Media del *gruppo Stabiano* e sorgenti Muraglione, Ferrata, Sulfureo-ferrata del *gruppo Vanacore*). Negli altri casi i profili chimici più recenti risultano invece traslati verso l'alto ad indicare una più elevata salinità.

Le variazioni di tale parametro nel tempo si leggono anche nella Fig. 4 f.t. (in APPENDICE I) nella quale si possono confrontare i valori del novembre 2009 con quelli dell'ottobre 2001. Le Figure 7/a e b f.t. (in APPENDICE I) pongono invece in risalto le variazioni della conducibilità elettrica (in μS/cm) intervenute tra il maggio 2001 ed il giugno 2009. Da questi ultimi elaborati appare evidente che i cambiamenti più significativi hanno interessato le sorgenti S. Vincenzo (*gruppo Stabiano*) e quelle sulfuree del *gruppo Vanacore*.

Le possibili cause del fenomeno sono verosimilmente da ricercare nel regime (forse troppo spinto) di utilizzo delle acque minerali e/o nell'aumento degli apporti gassosi profondi come sembrano indicare i dati riportati al § 1.4.5.

1.4.4 Caratteristiche chimiche del fronte sorgivo: variazioni in profondità

Nell'ambito di uno studio sulle Antiche Terme condotto dall'UNIVERSITÀ DELLA TUSCIA nel 2006 (cfr. bibliografia) fu realizzata una perforazione la cui stratigrafia è in Fig. 1.11/bis. Nella perforazione furono prelevati campioni d'acqua a diverse profondità (anche dopo tempi diversi di pompaggio); i risultati delle analisi più significative sono sintetizzati nei grafici di Fig. 1.14.

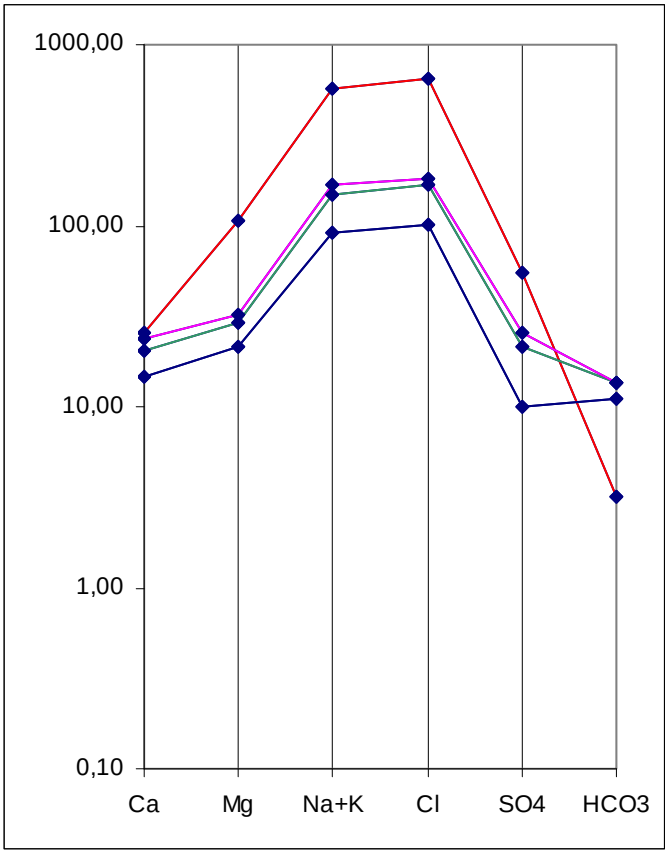


Fig. 1.14/a: Diagramma di Schoeller-Berkaloff delle acque campionate a diversa profondità nel pozzo realizzato nelle Antiche Terme (cfr. UNIV. DELLA TUSCIA, 2006) - i valori in ordinata sono in meq/l;

- *in nero a 10 metri (dopo 20 minuti di pompaggio)*
- *in verde a 26 metri (dopo un pompaggio di 30 minuti a 1.3 l/s di portata)*
- *in viola a 31 metri (dopo un pompaggio di 30 minuti a 1.3 l/s di portata)*
- *in rosso è riportato il grafico dell'acqua di mare*

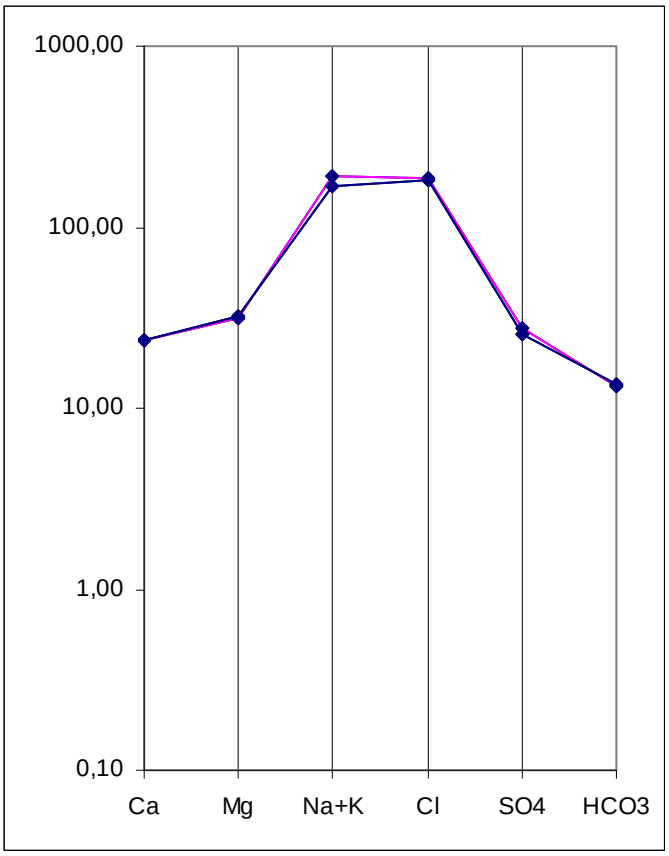


Fig. 1.14/b: Diagramma di Schoeller-Berkaloff delle acque campionate a 31 metri profondità nel pozzo realizzato nelle Antiche Terme (cfr. UNIV. DELLA TUSCIA, 2006) - i valori in ordinata sono in meq/l;

- *in blu dopo un pompaggio di 30 minuti a 1.3 l/s di portata*
- *in viola dopo un pompaggio di 15 ore a 1.0 l/s di portata*

Come si vede, al crescere della profondità, si incontrano acque via via più mineralizzate e con un profilo chimico che tende sempre più verso quello dell'acqua di mare (Fig. 1.14/a); il profilo chimico del campione a 10 metri di profondità è inoltre simile a quello delle sorgenti a più contenuta salinità (Fig. 1.13). Infine, il chimismo non mostra significative modifiche anche a seguito di emungimenti piuttosto prolungati (Fig. 1.14/b).

Le variazioni con la profondità della conducibilità elettrica (C.E.) e della temperatura sono mostrate in Fig. 1.15. Confrontando tale figura con la Fig. 1.12 si potrebbe argomentare che in corrispondenza della perforazione la *zona di interfaccia*, che separa cioè la acque meno saline (in alto) da quelle più contaminate dal mare (in basso), si localizzi tra i 23 ed i 29 metri dal p.c.

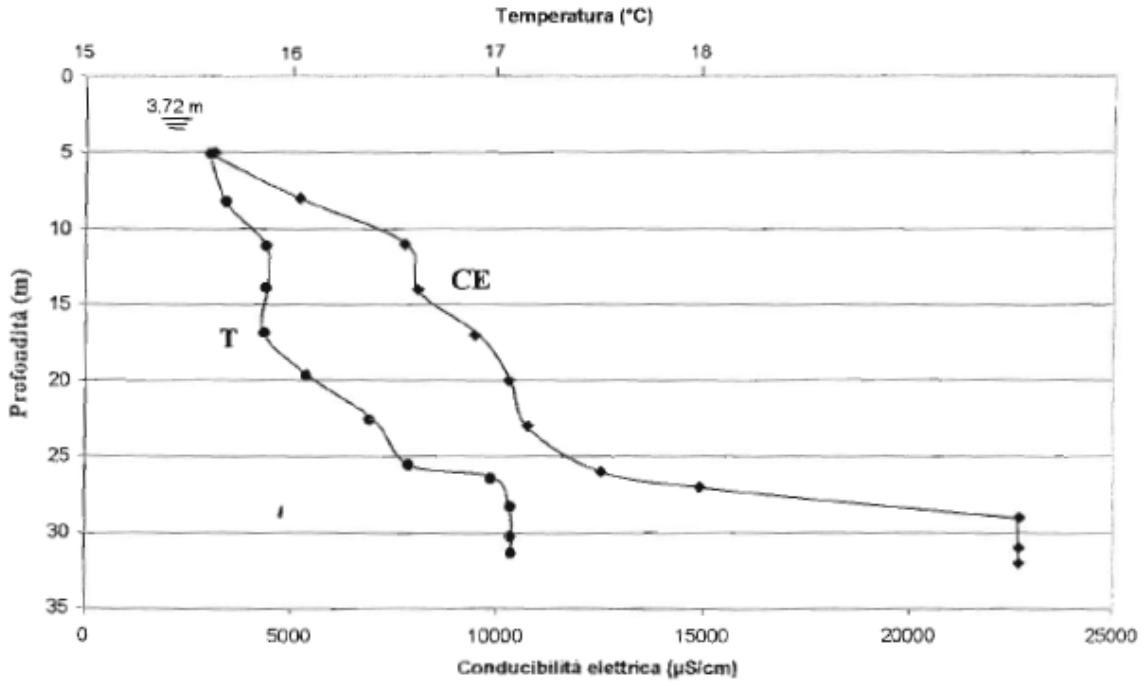


Fig. 1.15: Variazione con la profondità della temperatura e della conducibilità elettrica (da UNIVERSITÀ DELLA TUSCIA, 2006)

1.4.5 Caratteristiche chimiche del fronte sorgivo: variazioni del contenuto in gas

Alcuni anni addietro le Terme finanziarono degli studi per valutare se fosse in atto una riduzione del contenuto in H_2S nelle acque delle sorgenti.

I risultati (TERME DI STABIA, 2003; UNIVERSITÀ DELLA TUSCIA, 2006) confermarono l'origine endogena di questo gas, ne misero in evidenza le variazioni stagionale (cfr. § 1.4.3) e, soprattutto, sottolinearono la variabilità degli apporti gassosi profondi in quanto veicolati attraverso un'importante faglia (al margine settentrionale del M.te Faito; Fig. 1.2; Fig. 1.12) e quindi legati alla tettonica di un'area attiva quale è quella della fascia appenninica peritirrenica.

Analoghe spiegazione possono essere proposte a fronte del fenomeno che sembra interessare la CO_2. I dati disponibili, riportati in Tab. 1.3, indicano infatti un aumento di questo gas nelle acque delle Antiche Terme. Inoltre questo fenomeno pare interessare anche zone esterne alle Terme in quanto alla grossa sorgente Fontana Grande il contenuto in CO_2 è passato da 114 m/l (dicembre 1995) a 740 mg/l del gennaio 2009.

E' evidente che sui dati esposti può giocare un peso non secondario il fatto che le determinazioni siano state fatte in laboratori diversi, *resta però ferma l'opportunità di tener in debito conto tali dinamiche attraverso un monitoraggio continuato nel tempo*.

Gruppo Vanacore	***nov-09***	***dic-95***
Sulfurea ferrata	160	196
Ferrata	497	216
Sulfurea	157	200
Magnesiaca	200	104
Muraglione	278	164
Sulfurea carbonica	164	147
Acidula	217	125
S. Vincenzo	230	94
Media	233	110

Tab. 1.3: Variazioni del contenuto in CO_2 (mg/l) nelle acque delle sorgenti del gruppo Vanacore

1.5 Le opere di captazione nelle Antiche Terme

Tutte le sorgenti dei gruppi Stabiano e Vanacore sono captate mediante pozzetti di modesta profondità che raccolgono le acque nella zona di scaturigine (Foto 1 e 5 in APPENDICE I). In ogni pozzetto sono presenti, a diverse altezze (Foto 2 in APPENDICE I):

- uno scarico di troppo pieno (Foto 3 in APPENDICE I)
- un tubo di presa che convoglia le acque della sorgente agli utilizzi nelle Terme (es.: ad uno dei due *banchi di mescita*, uno per le sorgenti Stabiane e l'altro per le Vanacore - Foto 5 in APPENDICE I)
- un tubo di presa che convoglia le acque (mediante impianto di sollevamento – Foto 4 in APPENDICE I) alle Nuove Terme.

Attualmente i pozzetti non dispongono di sistemi per il monitoraggio della portata né di misuratori di livello idrico né di registratori automatici di parametri chimici. Il calcestruzzo

in taluni pozzetti appare piuttosto deteriorato. In corrispondenza delle sorgenti Vanacore il *piastrone* di calcestruzzo che collega i diversi pozzetti (e che protegge le emergenze minerali) ha perduto la sua continuità come mostrano le fuoriuscite di acque minerali che si verificano in più punti.

Nelle Figure 8, 9, 10 e 11 f.t. (APPENDICE I) sono mostrati alcuni schemi delle captazioni tratti dall'Archivio dati delle Antiche Terme.

Le Antiche e le Nuove Terme sono tra loro collegate da un cunicolo lungo circa 1200 metri di cui vengono mostrate la planimetria e la sezione longitudinale nella Fig. 12 f.t (in APPENDICE I). Sempre nella citata appendice sono riportate alcune foto riferite alla realizzazione di tale cunicolo (Foto da 6/1 a 6/4 f.t.).

1.6 Stabilità delle pendici incombenti sulle Antiche Terme

Sul versante carbonatico del M. Faito, che a sud sovrasta le Terme, esiste in generale un'elevata suscettibilità all'innesco, transito ed invasione di frane del tipo *colata rapida di fango*.

Infatti i versanti calcarei di questo settore dei monti Lattari presentano un'estesa e continua copertura piroclastica con spessori variabili tra 0,5 e 2 metri. Laddove più alta è l'acclività del versante (> 30°) possono innescarsi colate rapide in grado di raggiungere, per la loro elevata fluidità, anche le zone pianeggianti pedemontane e addirittura il mare (come testimoniano i numerosi eventi verificatesi negli ultimi anni; es.: frane dello Scrajo, di M.te Pendolo, di Pozzano etc.).

Nella *Carta della Pericolosità da frana* (Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico - PAI - dell'AUTORITÀ DI BACINO DEL SARNO, 2002) (Fig. 1.16) ampi tratti del versante carbonatico che sovrasta le Terme sono indicati ad *alta suscettibilità a franare*. In particolare uno degli impluvi potrebbe canalizzare una colata rapida in grado di raggiungere il piazzale delle Terme.

Altri problemi di stabilità si potrebbero avere in corrispondenza della scarpata sulla ferrovia Circumvesuviana, indicata nella citata Carta del PAI a *pericolosità media*.

A sua volta la *Carta del Rischio da frana* (Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico - PAI - dell'AUTORITÀ DI BACINO DEL SARNO, 2002) (Fig. 1.17), ricavata dall'intersezione della *Carta della Pericolosità* con quella dei *beni esposti*, evidenzia nell'area

delle Terme un settore ad alto rischio da frana (sempre legata ad una possibile invasione di colata rapida di fango).

Sarebbe pertanto necessario verificare le *reali* condizioni di stabilità dell'area delle Terme con uno studio geologico di notevole dettaglio (almeno in scala 1:2000) finalizzato alla:

- definizione degli spessori piroclastici sul versante calcareo,
- redazione di una *Carta della suscettibilità a franare*,
- definizione del cinematismo di frana nonché dei volumi mobilizzabili.

In tal modo sarebbe possibile individuare le aree che potrebbero essere di recapito dei flussi fangosi e definire per esse le opportune opere di difesa e/o di mitigazione del rischio. Si sottolinea comunque che nel 2009 è terminata la fase di rivisitazione del PAI che è stato approvato dal Comitato Tecnico (nel 2009) ma non ancora da quello Istituzionale

Un approfondimento particolare andrebbe poi rivolto a tutta la parete che sovrasta la Circumvesuviana e l'area delle Terme, lungo la quale si potrebbero innescare locali *fenomeni di crollo* (cfr. anche AMATO, 2001).

1.7 Criticità idrogeologiche e proposte di attenuazione/soluzione

Dall'analisi delle problematiche idrogeologiche connesse al fronte sorgivo di C.mare di Stabia derivano le riflessioni seguenti che riguardano a) l'area delle Antiche Terme, b) il bacino idrogeologico alimentante il fronte sorgivo, c) il fronte nel suo complesso e secondo tale ordine saranno trattate.

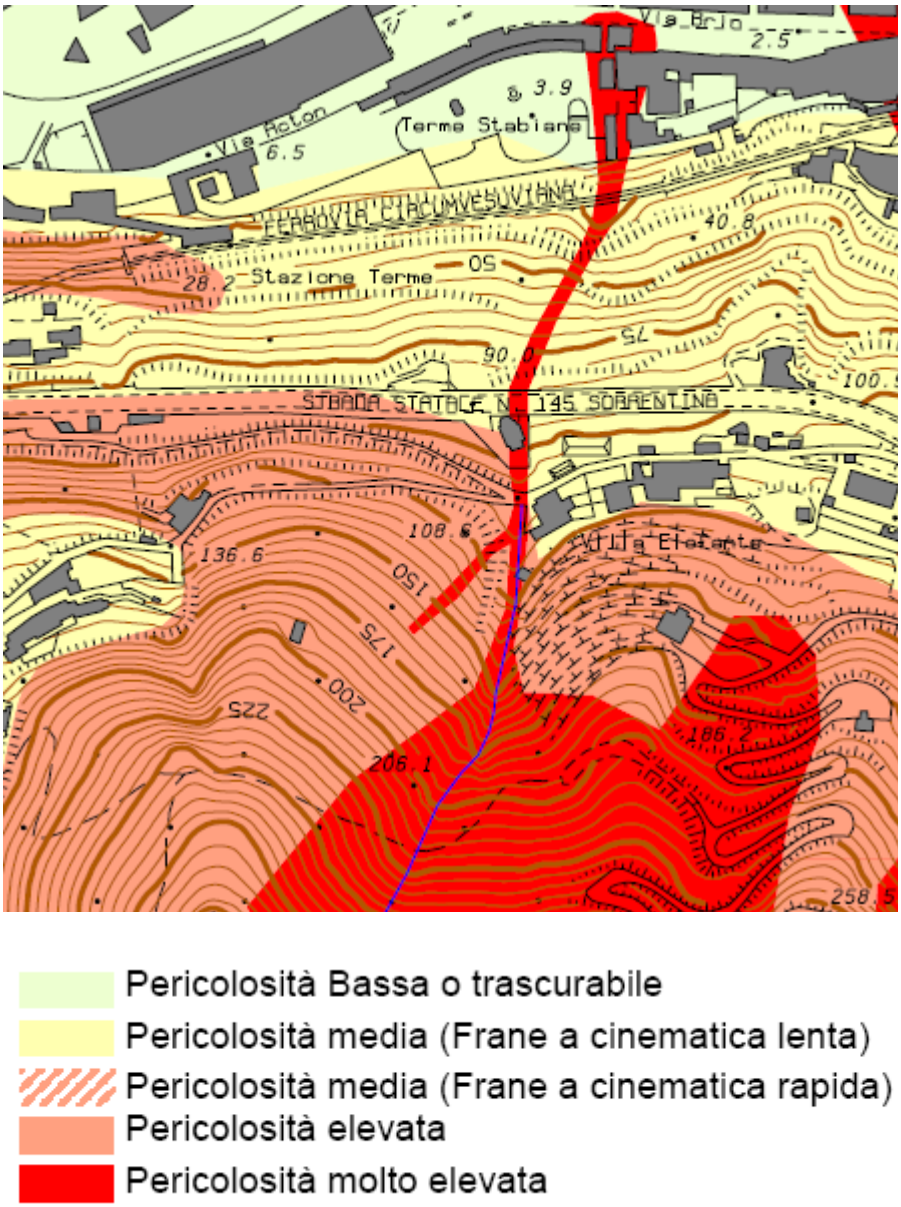


Fig. 1.16: Settore tratto dalla Carta della pericolosità (dal Piano Assetto Idrogeologico dell'AdB del Sarno, 2002)

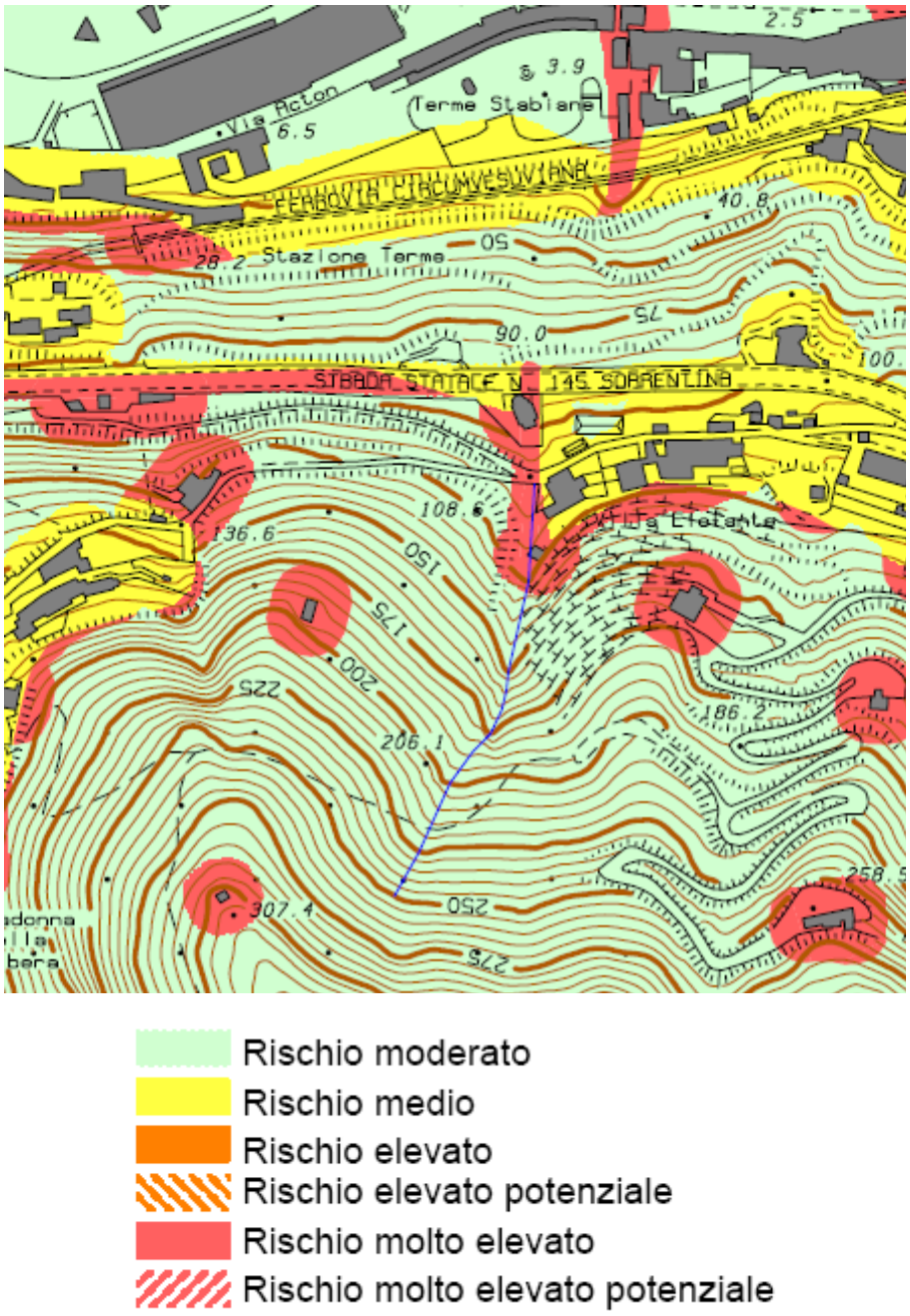


Fig. 1.17: Settore tratto dalla Carta del Rischio di Frana (dal Piano di Assetto Idrogeologico dell'AdB del Sarno, 2002.)

a) l'area delle Antiche Terme

Le antiche Terme ricadono in un'area antropizzata con edifici contigui alle Terme ed altri sulle pendici del Faito immediatamente retrostanti. E' evidente come tutto ciò possa contenere *potenziali* fonti di inquinamento della risorsa idrica; si rende pertanto necessaria un'analisi delle singole situazioni periferiche alle Terme finalizzata ad individuare e neutralizzare eventuali situazioni a rischio (es.: attività che rilascino al suolo o nel sottosuolo sostanze inquinanti, presenza di pozzi neri perdenti, stato delle fognature etc.). Al riguardo particolare attenzione va portata al tratto a monte delle Terme in quanto la dorsale del Faito è formata da rocce calcaree altamente *permeabili* per fatturazione e carsismo e la falda di base qui accolta ha direzione di flusso verso le Terme. Non distante dalle Terme sono poi i *sinkholes* e lo spacco carsico della zona di Pozzano. La stessa linea della Cumana e la strada SS 145 Sorrentina (la prima, assai prossima alle Terme e l'altra distante, in pianta, non più di 200 metri) devono essere guardate con la dovuta attenzione (si pensi ad esempio ai possibili effetti del rovesciamento sulla sede stradale di fluidi inquinanti autotrasportati).

Sempre ai fini della protezione delle risorse dall'inquinamento è necessario definire, all'intorno delle Terme:

- le *aree di salvaguardia* secondo quanto stabilito dall'Accordo Stato - Regioni/Province Autonome del dicembre 2002 ricorrendo alla metodica più idonea al contesto idrogeologico locale (cfr. anche CIVITA, 1988) ed a prove *in situ* per la caratterizzazione degli acquiferi necessaria a tali finalità;
- i vincoli da rispettare all'interno di tali aree;
- una rete di controllo della qualità delle acque sotterranee in cui organizzare tipologia e frequenza delle analisi da effettuare.

. Un tentativo di delimitazione (non basato però su specifiche indagini) delle aree di salvaguardia per le Terme è riportato in REGIONE CAMPANIA, 2002.

Andrebbero inoltre realizzate *Carte della vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi* in scala idonea sia per l'area delle Terme s.s. che per buona parte del *bacino idrogeologico* (CIVITA, 1994; CIVITA & DE MAIO, 1997, 2000; CORNIELLO *et alii*, 2004). Un primo elaborato al riguardo (interessante circa il 30 % del *bacino idrogeologico*) è in REGIONE CAMPANIA (2002) e pone in risalto come tale zona presenti vasti areali con grado di

vulnerabilità da *alto* a *molto elevato*, localizzato, questo ultimo, proprio in corrispondenza di quasi tutta la fascia costiera.

La corretta gestione della risorsa idrica delle Antiche Terme non può prescindere dal monitoraggio quali-quantitativo della stessa. Dai diversi documenti acquisiti risulta invece una limitata, e soprattutto *datata*, conoscenza delle portate di efflusso. Tale elemento è invece indispensabile ad evitare sovrasfuttamento della risorsa e rappresenta una delle voci essenziali per il calcolo del *bilancio idrico* del bacino alimentante.

L'attuale captazione prevede inoltre (§ 1.5) che parte delle acque siano inviate (tramite un impianto di sollevamento) alle Nuove Terme. Un prelievo eccessivo potrebbe deprimere il livello idrico alle Antiche Terme ed innescare una risalita dell'interfaccia acque dolce/acqua salata in conseguenza del minor carico gravante sulla stessa interfaccia. In letteratura sono già segnalati aumenti di conducibilità elettrica delle acque dal confronto tra analisi dell'ottobre 1984 e quelle del gennaio 1995 (PISCOPO *et alii*, 2000) ed altre osservazioni dello stesso tenore si ritrovano nel § 1.4.

In sintesi quindi è da ritenere indispensabile dotare le captazioni di sistemi di controllo della portata delle sorgenti e disporre, nei pozzetti, misuratori del livello idrico e registratori automatici di parametri chimici (almeno temperatura, conducibilità e pH). I controlli quali-quantitativi sono peraltro previsti dagli articoli nn. 34 e 44 della L. R. n, 8 del 27/07/2008 e s.m.i. Le operazioni di misura di portata e dei livelli andrebbero avviate *da subito* (anche con il ricorso ad apparecchiature non definitive) in quanto nel periodo invernale le Terme sono inattive e le misure non sarebbero influenzate dai prelievi.

Sarebbe inoltre utile una ricaptazione delle scaturigini utilizzando materiali più durevoli ed inerti anche perchè in alcuni pozzetti il calcestruzzo appare piuttosto deteriorato. Lo stesso piastrone di calcestruzzo che protegge le scaturigini del Gruppo Vanacore presenta, in più punti, soluzioni di continuità.

Andrebbero infine verificate le *reali* condizioni di stabilità del versante incombente sull'area delle Terme con uno studio geologico di notevole dettaglio (almeno in scala 1:2000) finalizzato:

- alla definizione degli spessori piroclastici sul versante calcareo,
- alla redazione di una *Carta della suscettibilità a franare*,
- alla definizione del cinematismo di frana nonché dei volumi mobilizzabili.

Per tali finalità le attività da intraprendere dovrebbero comprendere:

- indagini speditive *in situ* per la verifica dello spessore della coltre piroclastica
- realizzazione della *Carta degli spessori della coltre*, della *Carta delle acclività*, della *Carta geomorfologia* e della *Carta della suscettibilità all'innesco, transito ed invasione rispetto a colate rapide di fango*
- individuazione delle aree da sottoporre a interventi mirati ed indicazioni sulle opere da realizzare per la mitigazione del rischio
- definizione di un progetto per il monitoraggio del versante e il sistema di allertamento (*early warning*)

b) il bacino idrogeologico alimentante il fronte sorgivo

Come indicato al § 1.2 la dorsale calcarea del M.te Faito accoglie il bacino idrogeologico che alimenta tutte le scaturigini (sub-aeree e marine) distribuite tra lo Scrajo e C.mare di Stabia. I diversi studi che hanno affrontato il calcolo del bilancio idrico del bacino presentano talune differenze riferite non tanto ai limiti del bacino quanto piuttosto alla quantizzazione dei termini del bilancio. Dal momento che questo rappresenta un insostituibile strumento di gestione della risorsa idrica (cfr. anche D. Lgs. 152/06) è quanto mai opportuna una rivisitazione del bilancio e soprattutto che essa possa far riferimento ad affidabili e recenti valori delle *uscite* (sorgenti, perdite a mare, prelievi antropici etc.) dal bacino (cfr. punto precedente).

c) il fronte idrico nel suo complesso

Molte altre sorgenti, esterne alle Antiche Terme, compongono il fronte sorgivo di C. mare di Stabia (Tab. 1.1). Anche per queste, purtroppo, i dati di portata disponibili sono pochi e di certo non recenti; migliore è la situazione per quanto riguarda l'aspetto chimico. Poiché anche queste sorgenti *esterne* fanno riferimento allo stesso bacino idrogeologico che alimenta le Antiche Terme, è del tutto evidente l'esigenza (connessa al punto precedente) di una loro precisa quantizzazione.

Nell'ambito delle sorgenti *esterne* un cenno particolare meritano la sorgente Muraglione (la sola ad W delle Antiche Terme) e la sorgente Visanola che è assai copiosa ed attualmente inutilizzata.

Della prima sono disponibili solo poche analisi chimiche (PISCOPO *et alii*, 2000; UNIVERSITÀ DELLA TUSCIA, 2006): si tratta di un'acqua sulfurea, molto mineralizzata e di discreta portata (Tab. 1.1); ormai è del tutto abbandonata mentre nel passato ha avuto un significativo utilizzo (CACCIOPPOLI, 1995). Uno studio sulle sue attuali possibilità di impiego potrebbe di fatto mettere a disposizione una risorsa tutt'altro che trascurabile.

Per la sorgente Visanola un primo studio *ad hoc* è stato condotto da CORNIELLO *et alii* (2010).

Si sottolinea infine (così come in PISCOPO *et alii*, 2000) l'opportunità di non sfruttare le sorgenti esterne mediante emungimento in falda: anche per esse è infatti valido lo schema idrogeologico che vede le acque dolci sovrapposte a quelle marine (Fig. 1.13). Di conseguenza tale metodo di captazione potrebbe assottigliare lo spessore di acque dolce ed innescare fenomeni di contaminazione marina.

Andrebbe infine utilizzato (forse anche attraverso una sua più incisiva strutturazione) il *data base* (descritto in BARONE *et alii*, 1999) al fine di consentire:

- l'immagazzinamento dei risultati derivanti da misure di portata, dei parametri chimici, fisici e biologici per ciascuna fonte;
- di associare alle informazioni di tipo alfanumerico anche fotografie, documenti, filmati e quanto altro riguardante le fonti;
- la georeferenziazione dei siti sorgivi e la conseguente realizzazione di carte tematiche e l'integrazione con altri dati territoriali;
- la consultazione del *data base* (attraverso Internet) come risorsa di rete o fonte di servizi.

Tutto ciò in modo che tale *data base* possa costituire un sicuro punto di riferimento per monitorare ed interpretare eventuali modifiche nell'assetto idrogeologico *s.l.* dell'area.

BIBLIOGRAFIA

AMATO L. (2001) – *Relazione geologica ed idrogeologica in merito al progetto di restauro delle Antiche Terme di Castellammare di Stabia.* Relazione inedita.

AUTORITÀ DI BACINO DEL SARNO (2002) - *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico - PAI.*

AUTORITÀ DI BACINO DEL SARNO (2004) - *Piano Stralcio di Tutela delle Acque* (art. 17 L. 183/89, L.R. 9/84, D. Lgs. 152/99 e s.i.m.).

BARONE G., CORNIELLO A., DE RISO R., DUCCI D., MONTELLA R., RICCIO A. & SGAMBATI D. (1999): *Una base di dati geografici a scopo idrogeologico: un'applicazione alle acque minerali di Castellammare di Stabia (Napoli).* Atti III Conferenza Nazionale Asita "Informazioni Territoriali e Rischi Ambientali".

BUDETTA P., CELICO P., CORNIELLO A., DE RISO R., DUCCI D., NICOTERA P. (1994) – *Carta idrogeologica della Campania 1/200.000 e relativa memoria illustrativa.* Atti IV Geoengineering International Congress: Soil and Groundwater Protection, 2, Geda, Torino.

CACCIOPPOLI B.A. (1995) – *Terme ed acque minerali dai Romani ai nostri giorni. Le strutture termali di Castellammare di Stabia*. Eidos.

CAPOTORTI F., TOZZI M. (1991) – *Tettonica trascorrente nella Penisola Sorrentina* . Mem Soc. Geol. It., 47, Roma.

CELICO P. (1978) – *Schema idrogeologico dell'appennino carbonatico centro-meridionale*. Mem. e Note dell'Istituto di Geologia Applicata di Napoli, 14.

CELICO P., ALBERTI F., BISCARDI D., DE FUSCO (1986) – *Le acque minerali di Castellammare di Stabia.* Atti Conv. Int. "Igiene e medicina termale e ambientale" 24-26/10 C.mare di Stabia, Napoli.

CELICO P., CORNIELLO A. (1979) – *Idrodinamica, potenzialità e possibilità di sfruttamento delle risorse idriche sotterranee dei M.ti Lattari (Campania)* – Mem. e note Ist. Geol. Appl. Univ. Napoli, 5, pagg. 1-24.

CINQUE A. (1980) – *Il sovrascorrimento di M.te Faito – Agerola (Penisola Sorrentina).* Rend. Acc. Sc. Fis. e Mat. Serie IV, 47.

CIVITA M. (1988) – *Una metodologia per la definizione ed il dimensionamento delle aree di salvaguardia delle opere di presa per le sorgenti normali*. Boll. Ass. Min. Subalpina, XXXIV, 4, Torino

CIVITA M. (1994) – *Le carte della vulnerabilitá degli acquiferi all'inquinamento. Teoria e pratica.* Pitagora Ed., Bologna.

CIVITA M. & DE MAIO M. (1997): *SINTACS: un sistema parametrico per la valutazione e la cartografia della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento. Metodologia & automatizzazione.* Pitagora Ed., Bologna.

CIVITA M. & DE MAIO M. (2000): *Valutazione e cartografia automatica della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento con il sistema parametrico SINTACS R5*. Pitagora Ed., Bologna.

CIVITA M., DE MEDICI G.B., DE RISO R, NICOTERA P., NOTA D'ELOGIO E. (1973) – *Carta Idrogeologica della Campania nord-occidentale.* 2° Convegno Internazionale sulle acque sotterranee, Palermo.

CONVENZIONE DI RICERCA AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI C. MARE DI STABIA/DIPARTIMENTO DI CHIMICA "PAOLO CORRADINI", 03/01/2010.

CORNIELLO A., DUCCI D., MONTI G.M. (2004) – *Aquifer pollution vulnerability in the Sorrento Peninsula, southern Italy, evaluated by SINTACS method.* Geofisica Internacional, vol. 43, n. 4 pp. 575-581.

CORNIELLO A., GUIDA M., TRIFUOGGI M. (2010) – *La sorgente di Via Visanola, 2 (C.mare di Stabia): considerazioni idrogeologiche, chimiche e microbiologiche. Relazione inedita*

COZZOLINO L., PIANESE N., SANTANGELO N., DI CRESCENZO G. (2007) – *Sinkholes di origine carsica nell'area dei Monti Lattari.* Atti del I Convegno Regionale di Speleologia "Campania Speleologica", giugno 2007, Oliveto Citra (SA).

DI DIO CERCHIA G. - *Sistema sorgentizio di Piazza Fontana Grande*. Relazione inedita

DUCCI D. (2008) - *Definizione del bilancio idrico e idrologico dei corpi idrici sotterranei*. Relazione inedita.

GEOLAB (1988) – *Indagini integrative e di dettaglio per lo studio idrogeologico della Piana Campana, dal fiume Savone allo spartiacque con il bacino del Sarno tra Ottaviano e Palma Campania.* Relazione idrogeologica, ASMEZ, Agenzia per la Promozione dello Sviluppo del Mezzogiorno, Rip. CSI, Div. 4, Napoli.

GHIARA M.R., PISCOPO V., CASTALDO C., FUSCO C., LAMBERTI A., RAGONE V. (1996) – *Idrodinamica dell'acquifero carbonatico dei Monti Lattari (Campania) alla luce di nuovi dati strutturali, idrogeologici e idrogeochimici* – Atti V Conv. Naz. Giov. Ric. In Geol. Appl., Cagliari.

PERRONE V. (1988) – *Carta geologica della Penisola Sorrentina. Note illustrative.* Atti 74° Congr. Soc. Geol. It., Roma.

PISCOPO V., ALLOCCA V., BRUSA G., CESARIO M., MONETTI V., PIANESE L. (1999) - *Il fronte sorgivo di Castellammare di Stabia (Napoli): variazioni del grado di mineralizzazione delle acque sotterranee quali conseguenza dell'eterogeneità di un acquifero carbonatico.* Boll. Soc. Geologica Italiana Vol. 119.

PISCOPO V., FUSCO C., LAMBERTI A. (1995) – *Idrogeologia dei Monti Lattari (Campania).* Quaderni di Geologia Applicata, 2.

SAVA A., ZUPPETTA A. (1991) – *Analisi dei lineamenti da satellite in Penisola Sorrentina e nei monti di Salerno e Avellino. Appennino campano.* Mem. Soc. Geol. It., 47, Roma.

REGIONE CAMPANIA (2002) – *Salvaguardia delle risorse idrominerali dell'area stabiese (Provincia di Napoli).* Assessorato Ind. Art., Settore Cave e Torbiere, Acque Minerali e Termali. Relazione inedita

SOGESID (2005): *Regione Campania – Attuazione dell'art. 44 del D. Lgs. 152/99 e s.i.m.: Piano di Tutela delle Acque.*

TERME DI STABIA (2003) – *Riduzione della concentrazione di H2S nelle acque delle sorgenti delle Terme di Stabia.* Relazione preliminare (inedita) della Commissione di studio.

UNIVERSITÀ DELLA TUSCIA (2006) – *Convenzione di ricerca tra il Dip. di Ecologia e Sviluppo economico sostenibile e Terme di Stabia SpA: Relazione idrogeologica ed idrogeochimica sulle sorgenti dello Stabilimento delle Antiche Terme*. Rel. inedita