



BONIFICHE ED ACQUE SOTTERRANEE

**PROF. ALFONSO
CORNIELLO**

Dipartimento di Ingegneria
Civile, Edile e Ambientale -
Università Federico II di Na-
poli

Introduzione

Le importanti opere di bonifica portate a termine in Piana Campana negli anni tra l'Ottocento e la seconda metà del Novecento hanno sottratto ampi territori al disordine idraulico ed all'impaludamento. Queste zone, prima quasi del tutto disabitate, hanno accolto una fiorente attività agricola a cui si sono via via associati un tessuto urbano sempre più vasto ed una diffusa industrializzazione. In provincia di Napoli, ad esempio, il confronto tra cartografie storiche dell'uso delle terre mostra che dal 1956 al 1998 la superficie urbana provinciale è aumentata del 350 %.

Tutto ciò ha comportato una forte pressione sulle acque sotterranee in termini quantitativi, per la crescita dei prelievi dalle falde, e qualitativi per il moltiplicarsi delle fonti di potenziale inquinamento. Gli stessi canali di bonifica, talora divenuti ricettori di acque reflue di varia origine, determinano a luoghi concentrazioni di carichi inquinanti in grado di vulnerare le falde.

Di seguito vengono illustrate due situazioni di aree bonificate, ricadenti in contesti ambientali diversi: la prima, relativa alla zona orientale di Napoli, evidenzia la necessità di seguire nel tempo la dinamica delle falde soprattutto in aree soggette a forti prelievi. Il secondo caso riguarda la piana (in destra idrografica) del basso Volturno e mostra come l'insieme delle conoscenze idrogeologiche possa fornire utili indirizzi alla pianificazione del territorio ed alla individuazione delle maggiori risorse idriche sotterranee richieste dalla crescente antropizzazione dell'area.

1. La zona orientale di Napoli (o piana di Volla)

La zona orientale di Napoli in passato rappresentava il naturale recapito delle acque e del materiale trasportato dai torrenti del Somma-Vesuvio, nonché delle acque di ruscellamento dei rilievi che delimitano a nord, est ed ovest la piana. Tutto ciò ha contribuito a farne un'area malsana e paludosa; nel 1855, con R.D., fu costituita l'Amministrazione Generale per le Bonificazioni nei Reali Domini Continentali del Regno di Napoli la cui azione diede risultati significativi tanto che nel 1895 la bonifica fu dichiarata compiuta ed iniziò il graduale, pieno utilizzo dei terreni liberati dalle acque e dalla malaria. I canali principali realizzati della bonifica furono (Fig. 1): il Volla-Corsea, il Cozzone, il Lamia ed il Fosso Reale del Cozzone (canali di acque basse); il S. Severino e lo Sbauzone (canali di acque medie). Tali opere, nel corso del tempo, hanno subito non poche modifiche sia nel tracciato, sia nella quantità e qualità dell'acqua trasportata (CUGRI 2004).

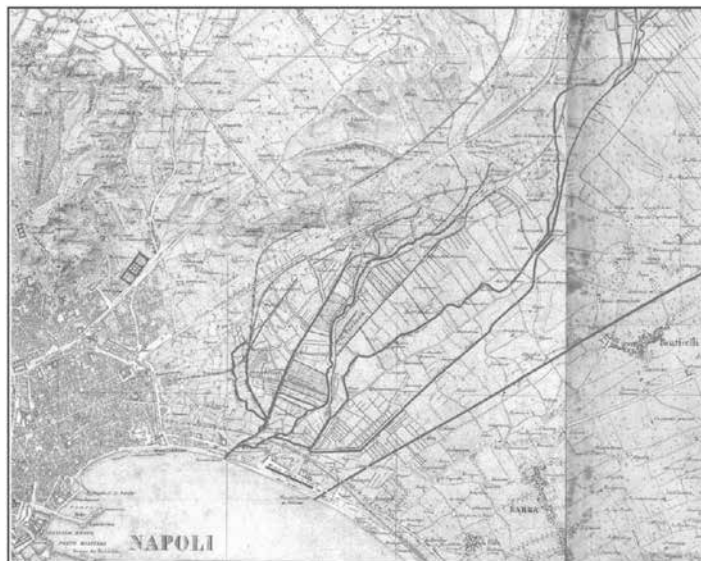


Fig. 1: Carta della zona orientale di Napoli del 1836-1840, modificata da Brillante 2000; in blu i canali di drenaggio.



Fig. 2: Carta delle superfici urbanizzate nel periodo 1861/2000 (Di Lorenzo & di Genaro 2008); 1861 (in nero), 1961 (in marrone), 2000 (in rosso)

Lo sviluppo antropico dell'area, che si può seguire nella Fig. 2, ha avuto rilevanti conseguenze sullo stato qualitativo delle acque di falda e sull'assetto piezometrico della zona. In particolare verso la fine del 1900, in questo settore della città sono stati registrati innalzamenti del livello di falda che hanno creato allagamento di scantinati e preoccupazioni per la statica di fabbricati.



Assetto morfologico e stratigrafico ad est di Napoli

La zona a est di Napoli (piana di Volla) occupa la porzione più prossima al mare di una più ampia piana compresa tra le colline di Napoli (NW), i rilievi carbonatici dei Monti Avella e Pizzo d'Alvano (NE) ed il Somma-Vesuvio (S). Questa piana, che ricade in una depressione strutturale (Depressione di Volla) delimitata da lineamenti tettonici NE-SO, rappresenta il naturale recapito dei corsi d'acqua che dai rilievi limitrofi defluiscono verso il mare. I prodotti piroclastici e lavici del Somma-Vesuvio che, nel corso delle molteplici eruzioni si sono riversati nella depressione hanno più volte sbarrato il deflusso delle acque (paleo-Sebeto) creando impaludamenti e la formazione di depositi torbosi estesi e potenti. La presenza delle paludi era dovuta anche a cordoni dunari che, lungo la costa, ostacolavano il deflusso delle acque (Bellucci 1998) e all'evoluzione della linea di costa (Irolli 2005). In epoca storica il corso d'acqua principale dell'area era il fiume Sebeto in cui confluivano anche le acque del Fosso Reale, del Corsea, del Lamia, dello Sbauzone e del rivo Pascariello. La captazione delle sorgenti della Bolla a partire dal IV secolo (per convogliarle nell'omonimo acquedotto che alimentava Napoli) e, probabilmente, gli effetti di alcuni eventi sismici di forte intensità (nel 62 d.C. e 1343; Brillante 2000) e vulcanici determinarono una forte riduzione della portata del corso d'acqua ed un nuovo interrimento dell'area. Infatti sin dal 949 l'area è conosciuta con il nome di "padule di Napoli" in quanto disseminata di stagni e acquitrini (Caputo et alii 2002) poi bonificati in epoca borbonica e post-unitaria (1855-1895). In tempi recenti il decremento nella portata del corso d'acqua è proseguito per i ripetuti interventi di bonifica dell'area, la captazione di sorgenti ed il prelievo di acque di falda mediante pozzi più o meno profondi.

Sulla base di più di 200 stratigrafie di sondaggi, e di studi precedenti (Andronico et alii 1995; Bellucci 1998; Bellucci et alii 1990; 1993; Comune di Napoli - Servizio Urbanistica 1993; De Vivo et alii 2001; Santacroce et alii 2003; Corniello et alii 2003), i terreni presenti in profondità nella Depressione si possono ricondurre, fondamentalmente, a depositi alluvionali e piroclastici con granulometria variabile (da sabbie a limi). La loro granulometria varia verticalmente e arealmente e talvolta i sedimenti sono coesivi. In questi sedimenti sono intercalati paleosuoli e livelli di torba; in prossimità della costa sono poi presenti depositi sabbiosi marini. Lo spessore totale è sempre superiore a 20 m e a volte raggiunge i 100 m. In questi depositi piroclastico-alluvionali, che costituiscono l'acquifero principale della piana ed hanno un grado di permeabilità da medio a basso, sono intercalati:

- lave Vesuviane (79 d.C.);
- prodotti piroclastici del Somma - Vesuvio (lo spessore massimo riconosciuto nell'area è di 45 m);
- Tufo Giallo Napoletano (15.000 anni BP; è presente nel settore occidentale dell'area);
- lave del Somma (> 17 mila anni BP: sono presenti da una profondità di 40-50 m e con spessori che raggiungono i 30 m).

Le caratteristiche di permeabilità di questi terreni, desunte dalla costituzione litologica e da dati sperimentali, sono riassunte nella Tabella 1.

Unità Idrogeologica	Permeabilità					(m/s)
	Tipo		Grado			
	p	f	b	m	a	
Sedimenti Alluvionali	*					2.31×10^{-4}
Lave Vesuviane	*	*				
Piroclastiti	*					
Piroclastiti litificate del Somma – Vesuvio	*	*				1.35×10^{-4}
Tufo Giallo Napoletano	*	*				3.05×10^{-5}
Lave del Somma	*	*				1.86×10^{-3}
Piroclastiti e sabbie	*					

Tab. 1: Permeabilità dei depositi alluvionali e vulcanici (Comune di Napoli - Servizio Urbanistica 1993 mod.); p: porosità; f: fratturazione; b: bassa permeabilità; m: media permeabilità; a: alta permeabilità.

La circolazione idrica sotterranea

L'insieme dei terreni descritti al § precedente, per le frequenti soluzioni di continuità nei termini meno permeabili, costituisce un acquifero unico; in esso le acque sotterranee tendono a digitarsi in più livelli, variamente interconnessi, corrispondenti ai materiali più permeabili e sono da considerare parte, in quasi tutta la zona, di una falda unica ed a carattere freatico (cfr. anche Viparelli 1978; Bellucci et alii 1990; Comune di Napoli – servizio Urbanistica 1993; Corniello et alii 2003). Nel settore occidentale la presenza di spessori significativi di Tufo Giallo Napoletano poco permeabile può consentire l'individuazione di condizioni di semi-confinamento.

Le acque sotterranee che interessano la piana di Volva sono in continuità con le falde che occupano la restante piana a NE di Napoli, come indicano i dati idrochimici e piezometrici (Celico 1983; Geolab 1988; Corniello et alii 1990), e ricadono all'interno di un bacino idrogeologico assai ampio (Fig. 3). Esso si estende infatti fino ai versanti carbonatici di Nola e Cancello da cui riceve significativi travasi idrici sotterranei; apporti sotterranei pervengono al bacino anche dall'area collinare di Napoli e p.p. dal Somma-Vesuvio.

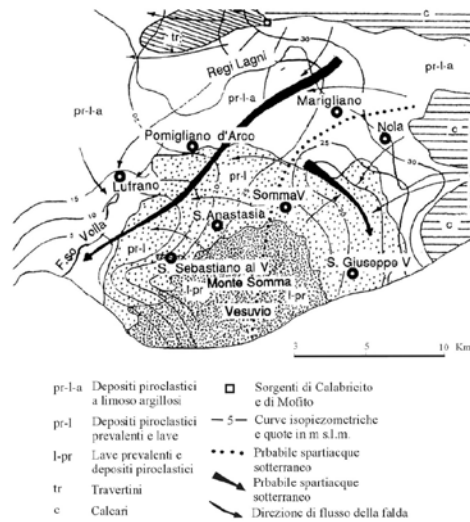


Figura 3. Schema idrogeologico della zona ad est di Napoli (da Celico et alii 1994).

Il deflusso delle acque sotterranee del bacino è orientato verso sud-ovest ma, all'altezza di Napoli, viene condizionato dagli alti piezometrici del Somma-Vesuvio e delle colline flegree (Bellucci et alii 1993).

Per tale effetto il deflusso si concentra verso i depositi piroclastico-alluvionali della piana di Volva per il cui tramite le acque sotterranee raggiungono il mare: tutto ciò comportava, nel passato, anche recapiti esterni della falda. Nell'area di Lufrano s.l., già paludosa, effluivano infatti le acque di numerose sorgenti, oggi scomparse, che animavano diversi corsi d'acqua (Funel 1994).

Variazioni nel tempo dei livelli di falda: analisi del fenomeno

L'Ufficio Difesa del Suolo e P.U.P. del Comune ha attivato, dal settembre 1999, una rete di monitoraggio della falda in diversi siti della zona orientale di Napoli a fronte di segnalazioni relative a fenomeni (es.: allagamenti di scantinati in Via Sambuco, Via Stadera, Rione Luzzatti, Pza S. Francesco etc.) potenzialmente riconducibili a variazioni del locale assetto piezometrico. Il confronto, per le stesse verticali, tra i dati acquisiti dall'Ufficio Difesa del Suolo e precedenti valori piezometrici (Carta piezometrica media del 1992 in Comune di Napoli – Servizio Urbanistica 1993) ha posto in evidenza, in primo luogo, che tali fenomeni interessano un ampio arco all'intorno della Stazione Centrale F.S. Approfondite valutazioni del fenomeno (Celico F. et alii 2000; Corniello et alii 2003) hanno rimarcato la continuità e l'estensione dell'area interessata e portato ad escludere che esso sia in relazione ad una variazione dell'alimentazione naturale della falda: l'esame dei dati pluviometrici su un ampio intervallo temporale (1921 – 2000; Corniello et alii 2003), successivamente esteso fino al 2011, non ha infatti evidenziato alcun trend in crescita. Molte e importanti opere sono state realizzate

dopo il 1992 (o intorno a tale data) nella zona orientale di Napoli: il Centro Direzionale, la rete di Collettori, nuove linee ferroviarie (Circumvesuviana e Alifana). Gli elementi acquisiti in merito a tali opere (Corniello et alii 2003) indicano comunque che esse difficilmente avrebbero potuto provocare modifiche piezometriche arealmente così estese. Va sottolineato infatti, con riguardo a tutte le infrastrutture ricordate, che la maggior parte degli Autori concorda nel ritenere la zona orientale di Napoli interessata da un acquifero di notevole potenza (da 50 a 100 metri); con tale assetto l'eventuale interferenza dei manufatti avrebbe interessato solo la parte più alta di tale sistema acquifero senza ostacolare il generale deflusso delle acque sotterranee. Escluse le cause predette, gli incrementi piezometrici osservati sarebbero dunque da ricondurre a variazione di prelievi di acque di falda all'interno del bacino idrogeologico in cui ricade l'area orientale di Napoli. Nell'ultimo dopoguerra le accresciute esigenze idropotabili portarono infatti alla trivellazione di numerosi pozzi in prossimità dell'abitato di Lufrano, laddove erano presenti significative scaturigini (Fig. 3); successivamente (dopo il 1963) altri pozzi furono realizzati secondo un asse esteso tra Casoria ed Afragola. In totale i pozzi perforati sono stati 196. Con il numero di pozzi sono aumentate le portate estratte come evidenzia il grafico di Fig. 4.

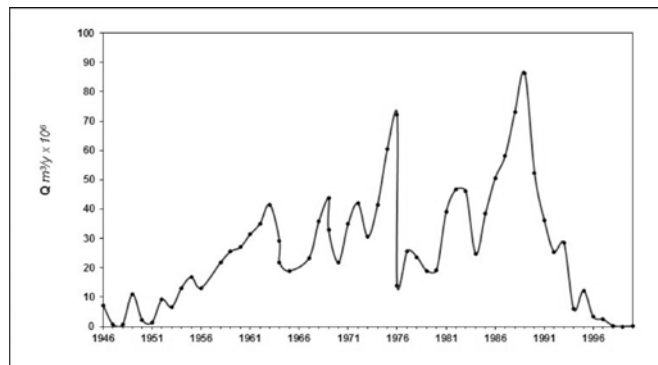


Fig. 4: Prelievi dalle falde al campo pozzi di Lufrano (Corniello et alii 2003).

I prelievi idrici, iniziati nel 1946, sono passati da $19 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ (nel 1980) agli oltre $86 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ (nel 1989) per poi quasi cessare nel 1999-2000 (anche per il peggiorare della qualità delle acque sotterranee estratte). Si era infatti osservato un incremento nel contenuto in nitrati, per richiamo di acque di falda più superficiali e inquinate (Celico et alii 1997), nonché un aumento dei tenori in Fe e Mn per mobilizzazione di acque profonde e scarsamente ossigenate (Corniello et alii 1990). Dall'ottobre 1989 è stato attivato anche il campo pozzi di Acerra (che ricade sempre nello stesso bacino idrogeologico; circa $18 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$). Nel 2000 sono stati invece circa $2.2 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$; successivamente gli attingimenti sono continuati, ma con entità più ridotta. Tutti questi prelievi hanno comportato significativi abbassamenti del livello piezometrico che hanno interessato aree assai vaste all'intorno dei campi pozzi.



Con la riduzione delle portate estratte in tutta l'area si è poi assistito ad un generale innalzamento dei livelli idrici, come già ipotizzato da Viparelli (1978), Bellucci et alii (1990) e Funel (1994) e come indicato da Celico F. et alii (2000) e Corniello et alii (2003). A tale innalzamento ha infine dato un contributo anche il ridursi, nella zona, delle attività industriali.

Per cercare di seguire, nel tempo, le variazioni del livello di falda si è fatto riferimento:

ad un'area posta a circa 5 km dalla linea di costa (e quasi altrettanto dalla zona di Lufrano) agli elaborati piezometrici allegati ai lavori scientifici pubblicati nel corso degli anni (Fiorelli 1926; Civita et alii 1973; Viparelli 1978; Celico 1983; Bellucci et alii 1990; Celico & De Paola 1992; Comune di Napoli 1993; Esposito 1998; Celico F. et alii 2000; Corniello et alii 2003; Aut. di B. Nord-Occidentale della Campania 2004). I risultati, da considerare solo indicativi in quanto taluni elaborati presentano scarso dettaglio topografico e piccola scala, sono riassunti nel grafico di Fig. 5.

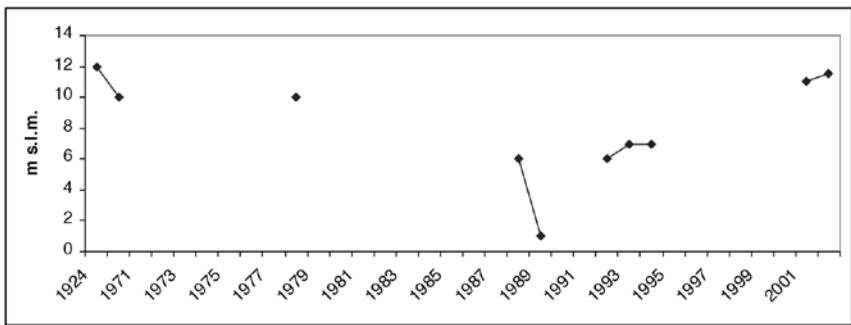


Fig. 5: Piana di Volla: variazioni nel tempo dei livelli piezometrici in un'area a circa 5 km dalla costa (cfr. testo)

La Fig. 5 evidenzia con immediatezza che:

- per decenni la falda è stata mantenuta artificialmente depressa di alcuni metri rispetto ai livelli naturali;
- verso il 2000 il livello delle acque sotterranee presentava una netta tendenza a riportarsi alle quote pre-sovrasfruttamento della falda.

Dal 2000 ad oggi, il Comune di Napoli ha continuato il monitoraggio della falda nel settore orientale della città, sia pur su un numero ridotto di piezometri ed in maniera temporalmente discontinua.

In Fig. 6 sono sintetizzati i risultati di tale controllo; essi indicano che la risalita della falda si è sostanzialmente arrestata, stabilizzandosi di fatto intorno ai valori che compaiono sulla Carta della Piezometria storica (Comune di Napoli - Servizio Urbanistica 1993), cioè sui valori che si potevano registrare in zona prima dei massicci prelievi da falda a fini potabili e industriali.

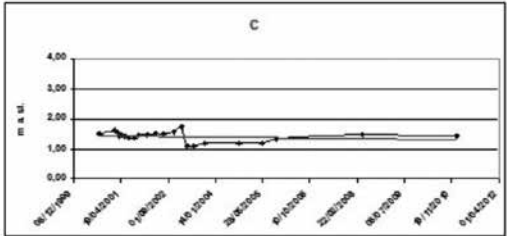
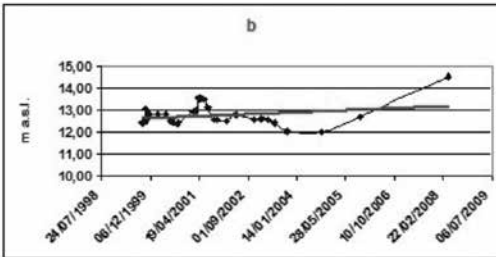
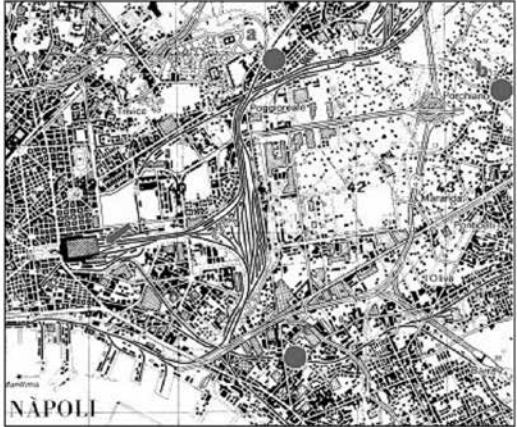
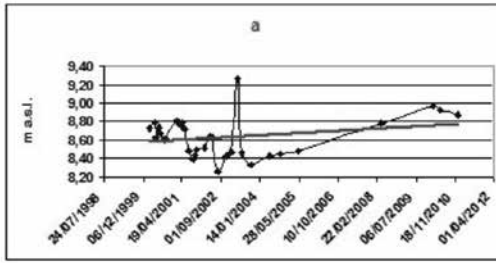


Fig. 6: Livelli piezometrici misurati dal Servizio Urbanistica del Comune di Napoli nei piezometri mostrati in pianta; la freccia indica la Stazione Centrale di Napoli

La piana (in destra idrografica) del basso Volturno

Il F. Volturno penetra nella Piana Campana (di cui la zona di interesse è parte) attraverso la stretta di Triflisco (a nord-est di Capua); nella piana il Volturno presentava tendenza a divagare e le esondazioni dall'alveo delle portate di piena provocavano il sopralzo dei terreni limitrofi tanto che, attualmente e da Capua fino al mare, il fiume ha l'alveo incassato nel tratto più alto di un largo ed esteso conoide da lui stesso realizzato nel corso dei millenni (Fig. 7).

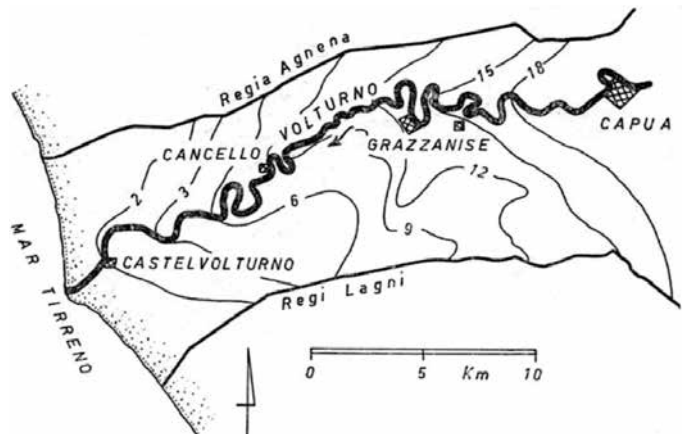


Fig. 7: Curve isoipse a ridosso del F. Volturno (da Viparelli 1963)



I sedimenti trascinati e scaricati a mare hanno determinato, nel passato, imponenti fenomeni di protrazione della foce: negli ultimi 150 anni quest'ultima ha però subito una progressiva regressione (Biggiero et alii 1994) per le dighe realizzate lungo il fiume ed il prelievo di inerti dal letto fluviale (dagli anni '50 fino al 1974).

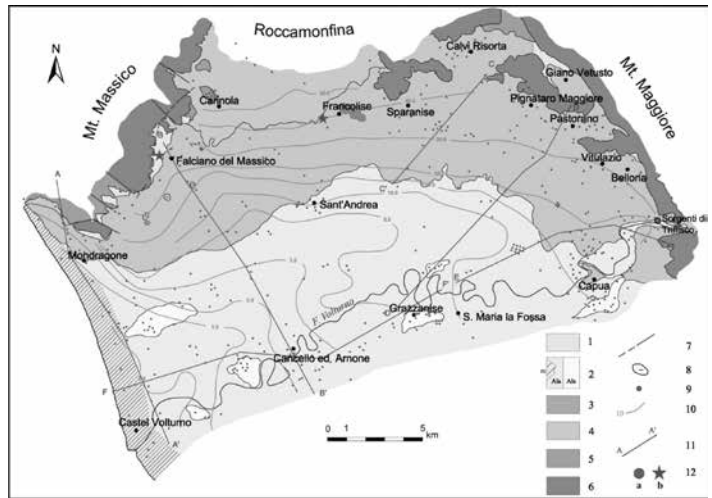


Fig. 8 – Schema idrogeologico ed assetto piezometrico (da Corniello et alii 2010). 1) Detriti carbonatici. 2) Depositi alluvionali, lacustri, palustri e marini limosi e argillosi (Ala; m, se di origine marina) o sabbiosi (Als). 3) Ignimbrite Campana sovente coperta da piroclastici sciolte. 4) Tufi antichi. 5) Depositi marnoso-arenaceo-argillosi. 6) Calcari e calcari dolomitici. 7) Faglie principali (tratteggiate se presunte o sepolte); 8) Depressioni morfologiche di origine vulcanica; 9) Dati stratigrafici; 10) Isopiezometriche della falda principale (in m s.l.m.; giugno - luglio 2006); 11) Traccia di sezione (riportate in Corniello et alii 2010); 12) Sorgenti (a) e pozzi (b) in aree idrominerali

Durante la fase di protrazione si verificavano formazioni di barre dunarie e, talvolta, l'occlusione degli sbocchi a mare dei corsi d'acqua nelle aree in sinistra (Regi Lagni) e in destra (Regia Agnena) rispetto al dosso del Volturno (Fig. 7). Tutto ciò ha causato vasti impaludamenti nelle aree predette che sono durati fino ad una cinquantina di anni fa (Rossi, 1994). Gli interventi più decisivi furono avviati dai Borboni con attività che elevarono in modo sostanziale il livello di abitabilità e produttività della Piana. Con la costituzione del Regno d'Italia l'attività di bonifica fu presa in gestione dal Ministero dei Lavori Pubblici, ma con scarsa efficacia soprattutto nei primi anni. Nuovo impulso alla bonifica lo diede il R.D. del 1923 finalizzato non solo alla soluzione dei problemi idraulici ma anche alla promozione dello sviluppo socio-economico dell'area. Ulteriori passi in avanti nella valorizzazione dei terreni si ebbero infine con il programma di trasformazione irrigua fortemente sostenuto dal Consorzio Generale del Bacino Inferiore del Volturno costituitosi nel 1952.

Caratteristiche idrogeologiche e idrochimiche della Piana

I numerosi dati stratigrafici acquisiti (più di 400) hanno concorso alla realizzazione della Carta Idrogeologica di Fig. 8 e delle Sezioni idrogeologiche riportate nella Nota di Corniello et alii 2010.

Da questi elaborati si ricava la presenza, pressoché continua in tutta l'area, dell'Ignimbrite Campana (IC): una cinerite grigiastra associata a scorie nere ed a brandelli di lava, con grado di diagenesi variabile e permeabilità in genere assai bassa. L'IC affiora soprattutto al margine della piana con spessori assai significativi (40 - 50 m) che vanno però riducendosi, fin quasi ad annullarsi, verso il Volturno che su di essi ha esercitato un'energica azione erosiva. Un fenomeno che si presenta, anche se con minore efficacia, in corrispondenza degli altri corsi d'acqua (Fig. 9). Al di sopra dell'IC poggiano piroclastiti sciolte di deposizione diretta, o prodotte da alterazione di sottostanti complessi tufacei o ancora legate a risedimentazioni.

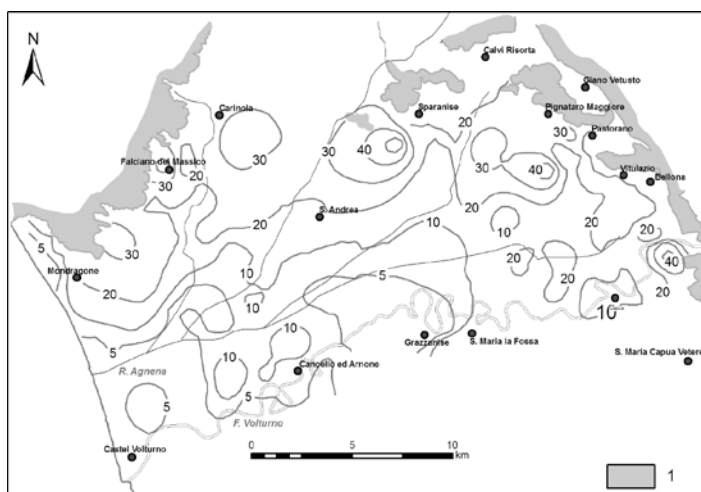


Fig. 9 - Curve isopache (in metri) dell'Ignimbrite Campana; 1) Rilievi carbonatici (da Corniello et alii 2010)

Questi materiali, in corrispondenza della rete idrografica, vengono sostituiti da depositi alluvionali legati agli espandimenti fluviali (soprattutto del F. Volturno), a fasi palustri antiche e recenti, nonché ad episodi marini. In questi sedimenti sono frequenti, a diverse altezze stratigrafiche, livelli di materiale torboso potenti e di notevole continuità areale.

Al di sotto dell'Ignimbrite Campana (quindi non affioranti e riconosciuti solo in perforazioni) si ritrovano depositi alluvionali antichi associati a piroclastiti, a depositi marini e ad estesi livelli torbosi. Tutti questi materiali di fatto costituiscono l'acquifero principale della piana. Verso nord-ovest e ad est la piana è limitata dai rilievi carbonatici del M.te Massico e della dorsale del M.te Maggiore e, a N, dal vulcano di Roccamonfina. Nei rilievi carbonatici l'infiltrazione efficace è elevata per l'alta permeabilità di queste successioni litologiche e l'assenza di significativi impermeabili intercalari.



Si formano così cospicue falde di base che alimentano grosse sorgenti e/o importanti travasi idrici sotterranei in direzione dei terreni contermini più ricettivi (Celico et alii 1977; Celico 1983; Corniello et alii 1990; Budetta et alii 1994; Corniello 1994). L'acquifero al di sotto dell'IC presenta quasi sempre condizioni di confinamento più o meno nette. Il disegno piezometrico (Fig. 8), con curve pressoché parallele ai versanti della dorsale di M.te Maggiore, del Roccamonfina e p.p. del M.te Massico (Fig. 8), rivela l'esistenza di travasi sotterranei dalle falde basali di tali rilievi verso l'acquifero della piana. Gli apporti idrici con origine nel M.te Maggiore sono significativi (stimati intorno ai 200 l/s) data la notevole potenzialità delle falde di base di questi rilievi (Celico et alii 1977); relativamente meno cospicui i travasi dal Roccamonfina per la più ridotta permeabilità degli acquiferi locali (circa 100 l/s). Al M.te Massico i travasi sono probabilmente attivi solo nel settore sud-occidentale e valutati in circa 120 l/s. Altrove la falda di base è infatti efficacemente tamponata dai terreni arenaceo-marnoso-argillosi poco permeabili interposti tra il rilievo e i materiali piroclastico/sedimentari della piana (Fig. 8). Il recapito definitivo della falda, il cui disegno piezometrico non evidenzia significative variazioni rispetto a rilievi precedenti (Celico 1983), è rappresentato dal mare. Le analisi chimiche delle acque prelevate in più di 60 pozzi distribuiti nella piana indicano che:

- lungo la costa, e soprattutto in corrispondenza dell'alveo del F. Volturno, è presente una discontinua contaminazione marina. Questa è verosimilmente dovuta a risalita salina lungo l'alveo che - secondo uno schema già descritto (per l'Arno da Giani & Panichi, 2003, per il Tevere da Capelli et alii, 2007 e per il Lamone da Antonellini et alii, 2008) - può verificarsi in quanto il fondo dell'alveo del Volturno (alla foce) si trova 3.50 - 3.70 m al di sotto del livello marino (i dati relativi al fondo dell'alveo derivano da studi dell'Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno);
- è presente una contaminazione da nitrati, con valori sovente superiori a 50 mg/l, soprattutto in vasti settori nord/nord-orientali della piana, mentre verso il F. Volturno i nitrati in falda hanno concentrazioni assai basse, dell'ordine di qualche mg/l. Stessa distribuzione di valori presenta lo ione SO₄ che passa da 30 - 40 mg/l a valori intorno all'unità nelle aree prossime al fiume; in corrispondenza della stessa zona aumentano invece la CO₂ (ed HCO₃) il Fe ed il Mn. Le variazioni indicate sono coerenti con la presenza, all'intorno del fiume, di un esteso settore di falda caratterizzato da un ambiente riducente alla cui instaurazione contribuiscono il carattere confinato (o semiconfinato) della falda e la ricchezza di sostanza organica nel sottosuolo legata soprattutto agli estesi e potenti livelli di torba. In siffatte condizioni l'ossidazione della materia organica avviene non più a spese dell'ossigeno atmosferico (ormai consumato) ma di quello legato ai nitrati (processo di denitrificazione) ed ai solfati (Matthess, 1982; Corniello et alii, 1990; Kehew, 2001; Debernardi et alii, 2005). La produzione della CO₂, che accompagna il fenomeno, riduce il pH e facilita la messa in soluzione del Fe e del Mn.

Conclusioni

Gli esempi illustrati evidenziano chiaramente che, in zone interessate in passato da importanti bonifiche, la non eludibile manutenzione di tali opere dovrebbe sempre integrarsi con la conoscenza degli acquiferi sottostanti in termini di caratterizzazione litologica, definizione della piezometria, delle condizioni ai limiti, dello stato qualitativo etc. Nel caso della zona orientale di Napoli, per decenni (cfr. Fig. 5) la falda è stata mantenuta artificialmente depressa di alcuni metri rispetto ai livelli naturali. Ciò, nei fatti, ha allontanato, o affievolito, l'attenzione verso i canali di drenaggio che nel passato avevano determinato la bonifica dell'area; così oggi, in presenza di un rialzo della falda, molti canali, tra i quali anche i principali (Volla, Corsea etc.) vedono ridotta la loro capacità drenante in quanto recapitano in collettori impermeabili (CUGRI, 2004). Si impone quindi la necessità di ripristinare la piena funzionalità della rete dei canali di drenaggio, molti dei quali finiscono in alvei tombati già a notevole distanza dal mare. Nel settore della piana Campana in destra del Volturno, ormai del tutto affrancato da fenomeni di impaludamento e interessato da crescenti attività antropiche, si palesa l'esigenza di risorse idriche sotterranee sempre più significative. L'insieme dei dati idrogeologici raccolti indica che, nell'ambito della piana, lo stato qualitativo delle falde è sovente scadente (per contaminazione da nitrati o per la presenza di ambienti riducenti) e che le zone più interessanti per captare risorse idriche sotterranee di buona qualità sono invece le fasce pedemontane del Roccamonfina e del Monte Maggiore e taluni settori alla base del Monte Massico. Nelle zone indicate verrebbero infatti intercettati gli importanti travasi idrici sotterranei (che si verificano dai rilievi citati verso la piana) prima che gli stessi subiscano fenomeni di contaminazione s.l. filtrando attraverso i depositi della piana. La conoscenza idrogeologica del territorio può anche tradursi in cartografie specifiche, quale ad esempio la Carta della Vulnerabilità all'inquinamento della falda principale riportata in Fig. 10.

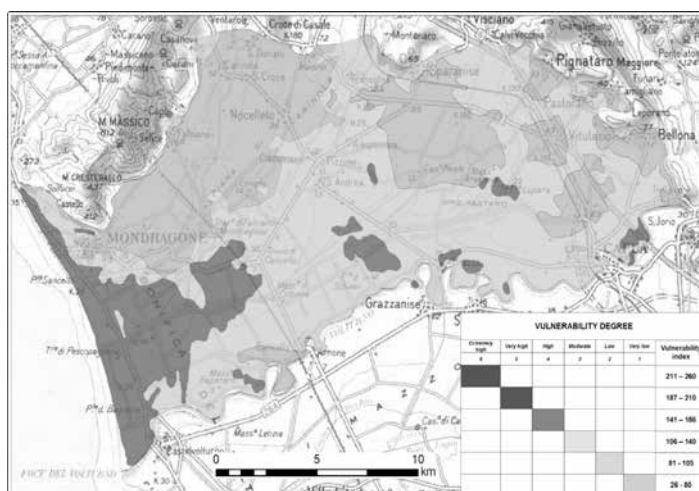


Fig. 10 - Carta della vulnerabilità all'inquinamento della falda principale redatta con il metodo SINTACS (Civita & De Maio, 2000)

Detto elaborato può infatti essere utilmente impiegato nella pianificazione del territorio indirizzando, ad esempio, le attività antropiche potenzialmente più inquinanti verso settori dove la vulnerabilità della falda all'inquinamento è più bassa, ovvero suggerire accorte politiche di monitoraggio delle acque sotterranee laddove attività inquinanti insistano su aree ove queste, più facilmente, potrebbero essere vulnerate da inquinanti provenienti dalla superficie del terreno.