

Le acque sotterranee nella “Terra dei fuochi”

Daniela Ducci

Lo studio delle caratteristiche idrochimiche della cosiddetta Terra dei fuochi è di fondamentale importanza per caratterizzare i livelli di inquinamento dell'area e per distinguere tra responsabilità umane e caratteristiche naturali. Obiettivo deve essere circoscrivere i settori di falda degradati e bonificarli, per salvaguardare la salute umana, senza creare allarmismi che potrebbero mettere in crisi l'economia agricola e vanificare agli occhi dell'opinione pubblica le operazioni di bonifica sui singoli siti.

In qualità di cittadina campana e ricercatrice che da anni lavora alle problematiche ambientali della Piana Campana, sono stata pervasa da un sentimento ambivalente: da un lato, la soddisfazione perché finalmente l'opinione pubblica si è resa conto delle condizioni di degrado in cui versa il territorio denominato “terra dei fuochi”, ex “Campania felix” dei latini; dall'altro, la preoccupazione che tale enfasi sia eccessiva e che si tenda a generalizzare facendo sì che quanto non degradato sia comunque considerato sulla via di un ineluttabile abbandono. Ovviamente, circoscrivere a pochi ettari il problema fa sì che la bonifica sia economicamente sostenibile e perseguibile in tempi brevi, mentre considerare che tutti i suoli e le acque sotterranee della Piana Campana siano di pessima qualità fa sì che quest'area trovi nella discarica la sua più idonea destinazione d'uso. Insomma, per dirla in breve tale convinzione porta a fare una grande regalo alla camorra e un pessimo servizio a quegli agricoltori che tra mille difficoltà e in un contesto periurbano complesso continuano a produrre prodotti di ottima qualità.

Peculiarità e problematiche delle acque sotterranee della Piana Campana

Negli ultimi mesi del 2013 i cittadini campani sono stati tempestati da informazioni sulle acque sotterranee della

Piana Campana talora semplificate e, in alcuni casi superficiali, fornite dai media, avendo d'altro canto difficoltà a addentrarsi nelle spiegazioni troppo accademiche presenti negli articoli scientifici. L'elenco seguente si propone di fare un po' di chiarezza anche ai non addetti ai lavori sulle peculiarità e sulle problematiche delle acque sotterranee della Piana Campana:

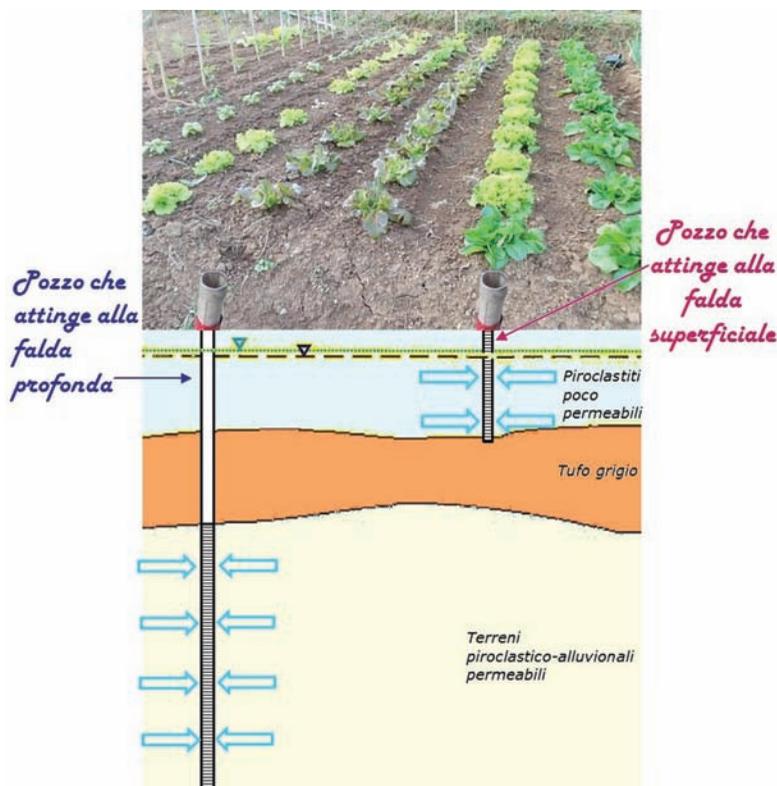
- per Piana Campana si intende quel settore di territorio che comprende il basso corso del Fiume Volturno e la sua foce e si estende dal Monte Mascalco, a nord, alle alture dei Campi Flegrei e alle propaggini settentrionali della città di Napoli, a sud, fino a lambire, verso est, i rilievi calcarei;
- il sottosuolo della Piana Campana è costituito da terreni prevalentemente porosi di origine vulcanica (terreni piroclastici), alluvionale e marina. Tali terreni, che sono stati riscontrati in sondaggio sino a profondità di alcune centinaia di metri dal piano campagna, presentano a una profondità variabile da 0 a 20 m circa dal p.c. un banco di tufo grigio (formazione dell'Ignimbrite Campana, con età di ca. 39.000 anni) con spessore variabile dai 50-60 m in prossimità dei rilievi, ove affiora, a pochi metri in corrispondenza del fiume Volturno e degli altri corsi d'acqua, dove ha subito un fenomeno di erosione;
- le acque sotterranee si muovono prevalentemente all'interno dei terreni

porosi permeabili di origine piroclastico-alluvionale, e subordinatamente marina, protetti verso l'alto (quindi verso la superficie) dal meno permeabile tufo grigio (formazione dell'Ignimbrite Campana). Tale tufo mette in pressione la falda, fa cioè sì che, quando si perfora, l'acqua si rinviene al disotto del tufo ma risale immediatamente per poi permanere a quote più elevate (livello piezometrico). Al disopra del tufo grigio i terreni piroclastici porosi sono meno permeabili di quelli sottostanti il tufo e solo localmente si crea una falda superficiale "sostenuta" dal tufo e il cui livello piezometrico è pressappoco alla stessa quota di quello della falda sottostante (Figura 1). Tale falda superficiale non è continua sia perché il tufo non è ovunque lapideo e quindi così impermeabile da "sostenere" la falda (permettendo la

comunicazione tra le due falde), sia perché talora la permeabilità di questi terreni superficiali è troppo bassa per far circolare l'acqua;

- spesso la falda superficiale è messa in comunicazione con la sottostante falda principale dai numerosi pozzi che essendo mal condizionati, avendo cioè la parte filtrante per tutta la loro lunghezza, mettono in comunicazione le due falde. Molti pozzi di piccola profondità a uso prevalentemente irriguo che si attestavano nella falda superficiale, in seguito al periodo siccitoso avutosi alla fine degli anni '80, sono stati approfonditi al disotto del tufo e attualmente attingono dalla falda principale;
- anche la sottostante falda principale è costituita di sovente da orizzonti di terreni a diversa permeabilità che creano quindi una digitazione in falde sovrapposte, ma nel complesso si comporta come un unico corpo idrico che si muove da Est-Nord-est verso Ovest-sud-Ovest fino a raggiungere il mare;
- la falda superficiale è molto esposta agli sversamenti di inquinanti dalla superficie, mentre quella profonda, ove protetta dal banco di tufo lapideo, presenta una vulnerabilità bassa all'inquinamento [1, 2];
- in tutta la Piana Campana sono diffusamente presenti cave "a fossa" per l'estrazione di materiali naturali da costruzione, la maggior parte delle quali oggi abbandonate [3]. I materiali cavati sono le piroclastiche sovrastanti il tufo (pozzolane) e quindi il tufo stesso. Laddove tutto il banco di tufo è stato asportato è venuta a giorno la falda principale allagando lo scavo e quindi rendendola particolarmente vulnerabile all'inquinamento. Inoltre spesso in tali fosse con la falda affiorante sono stati effettuati sversamenti illegali, inquinando così direttamente la falda principale. Nei

Figura 1.



settori più collinari, a sud della piana, verso i Campi Flegrei e verso la zona nord di Napoli, i materiali da costruzione, prevalentemente lapidei, venivano cavati in sotterraneo [4]; qui lo sversamento di contaminanti ha effetti meno immediati e disastrosi, in quanto la falda è a parecchi metri dal piano campagna e il tufo funge da “filtro” per gli inquinanti che lo attraversano;

- le caratteristiche chimiche naturali della falda sono quelle tipiche delle acque circolanti in terreni piroclastici, cui si sovrappongono, in prossimità dei rilievi quelle delle acque circolanti nelle rocce calcaree da cui traggono, in parte, alimentazione (oltre all'alimentazione diretta da precipitazioni). In prossimità dei Campi Flegrei e del Vesuvio sono presenti quantità di fluoruri e di arsenico spesso superiori ai limiti di potabilità (rispettivamente 1.500 µg/L e 10 µg/L), la cui presenza è di origine naturale e dovuta alla natura geologica degli acquiferi vulcanici [5]. Inoltre in alcuni settori (a cavallo del Fiume Volturno, nei pressi di Acerra e nell'area orientale di Napoli) sono presenti elevate concentrazioni di ferro e manganese, attribuibili a condizioni fortemente riducenti, tipiche di falde confinate e/o in cui sia significativa la presenza di materiale organico, come le torbe;
- già dalla fine del secolo scorso [6] sono presenti nitrati nelle acque sotterranee, soprattutto a sud del Volturno della Piana Campana. Lo ione nitrato, naturalmente non presente nelle acque sotterranee, deriva prevalentemente dalle attività agricole e più precisamente dall'ossidazione dell'azoto presente nei concimi sia artificiali che naturali (letame). Proprio perché i concimi vengono “sparsi” sul terreno, questo è un inquinamento di tipo diffuso. In alcuni punti la presenza di nitrato presenta invece dei “picchi” puntuali, dovuti o a deiezioni animali provenienti da allevamenti, o a scarichi fognari (si pensi che nel 2008 quasi il 30% della popolazione civile dell'area non disponeva ancora di un adeguato sistema fognario [7]);
- per ovviare alla contaminazione da nitrati di origine agricola, la Regione Campania già nel 2007 ha approvato un programma d'azione per le zone vulnerabili ai nitrati di origine agricola, per individuare le tecniche di natura agronomica in grado di mitigare il rischio di percolazione dei nitrati nelle acque sotterranee;
- l'inquinamento da nitrati in talune zone era ed è tuttora molto elevato sia nella falda superficiale (con valori di concentrazione fino a più di 300 mg/L a fronte di un limite per le acque potabili di 50 mg/L), ma anche in quella principale. Nell'organismo umano i nitrati possono ridursi a nitriti e questi, legandosi all'emoglobina (la proteina del sangue che trasporta l'ossigeno ai tessuti) ostacolano l'ossigenazione, particolarmente nei neonati, che possono avere difficoltà respiratorie. I pozzi con tale contaminazione della Piana Campana vengono utilizzati prevalentemente per uso irriguo, per cui il surplus di nitrati viene in parte riutilizzato dalle piante. Infatti l'apporto al terreno di composti azotati è generalmente di gran lunga inferiore rispetto a quello derivante dalle normali concimazioni, comportando addirittura un risparmio nelle concimazioni [8];
- altri contaminanti inorganici e organici di chiara origine antropica e provenienti dalla superficie sono presenti in alcuni punti della falda, dando luogo a locali “picchi”, con limitata continuità areale. Molti di questi sono connessi a quegli sver-

samenti illegali nelle aree poste sotto sequestro nella terra dei fuochi e per le quali è urgente la bonifica.

Le acque sotterranee nell'ambito del progetto ECOREMED

Nell'ambito del progetto LIFE11/ENV/IT/275 ECOREMED (Sviluppo di protocolli eco-compatibili per la bonifica dei suoli inquinati nel SIN Litorale Domizio-Agro Aversano, coord. Prof. Fagnano – www.ecoremed.it), l'azione B1 (Coord. D. Ducci) contempla la caratterizzazione ambientale dell'area del SIR (ex SIN) Litorale Domitio-Agro Aversano, rispetto alle matrici aria, suolo e acqua ed ai suoi effetti sulla salute umana. Tale caratterizzazione si sta effettuando attraverso l'allestimento di un inventario GIS relativo a tutte le matrici sopra citate.

La sotto-azione B1C1, (Resp. D. Ducci; gruppo di lavoro costituito dal Prof. Corniello e dall'Ing. Sellerino), si occupa nello specifico delle acque sotterranee e ha come obiettivi la ricostruzione stratigrafica del sottosuolo, l'identificazione dei corpi idrici sotterranei e la valutazione della qualità delle acque sotterranee (sensu WFD 2000/60/EC) e dei valori di fondo naturale per alcuni ioni (2006/118/EC), nonché la definizione della suscettibilità all'inquinamento degli acquiferi dell'area del SIR (ex SIN) Litorale Domitio-Agro Aversano.

Nell'ambito di tale sotto-azione sono state svolte finora le seguenti attività:

- raccolta dati preesistenti georiferiti: complessi idrogeologici, dati stratigrafici, piezometria profonda e superficiale, analisi chimiche delle acque sotterranee;
- scelta dei metodi per la valutazione dei valori di fondo e della vulnerabilità e loro descrizione in un Report;
- redazione degli strati informativi per definire lo Stato qualitativo del-

le acque sotterranee e la Carta della Vulnerabilità all'inquinamento;

- allestimento dei layers GIS relativi ai *nitriti, all'arsenico, ai fluoruri, al ferro, al manganese e ai principali contaminanti organici e inorganici* (Figure 2-8). La cartografia idrochimica GIS si riferisce alla falda principale. I dati idrochimici relativi alla falda superficiale sono troppo pochi per permettere elaborazioni cartografiche. Nel precedente paragrafo è stata già sottolineata l'esiguità e discontinuità di questa falda, nonché, di sovente, la sua interazione con la falda principale;
 - prima valutazione dei valori di fondo con i metodi della preselezione e dei diagrammi di probabilità. Il livello di fondo naturale (NBL) di una sostanza nelle acque sotterranee è definito come la sua concentrazione in assenza di alterazioni antropiche significative. La direttiva europea sulle acque sotterranee 2006/118/CE (*Groundwater Daughter Directive*) ed il D. Lgs. di recepimento n. 30 del 2009, richiedono che lo stato chimico dei corpi idrici sotterranei venga in primo luogo valutato rispetto a valori soglia di riferimento (REF) definiti in Italia per l'uso potabile dal D.Lgs. 31/2001. Per i metalli ed altri contaminanti di origine naturale le Regioni possono modificare i valori di riferimento stabiliti alla scala nazionale (REF), identificando nuovi valori soglia (*o threshold values – TV*) alla luce delle condizioni e peculiarità idrogeochimiche presenti a livello locale che giustificano la presenza di valori di fondo (NBL) differenti.
- La cartografia prodotta, pur riferendosi in taluni casi a diversi anni fa, riesce molto bene a far comprendere alcune situazioni presenti nelle aree del SIR (ex SIN), finora confermate in base alla valutazione dei "valori di fondo" e che possono essere così riassunte:

Figura 2.

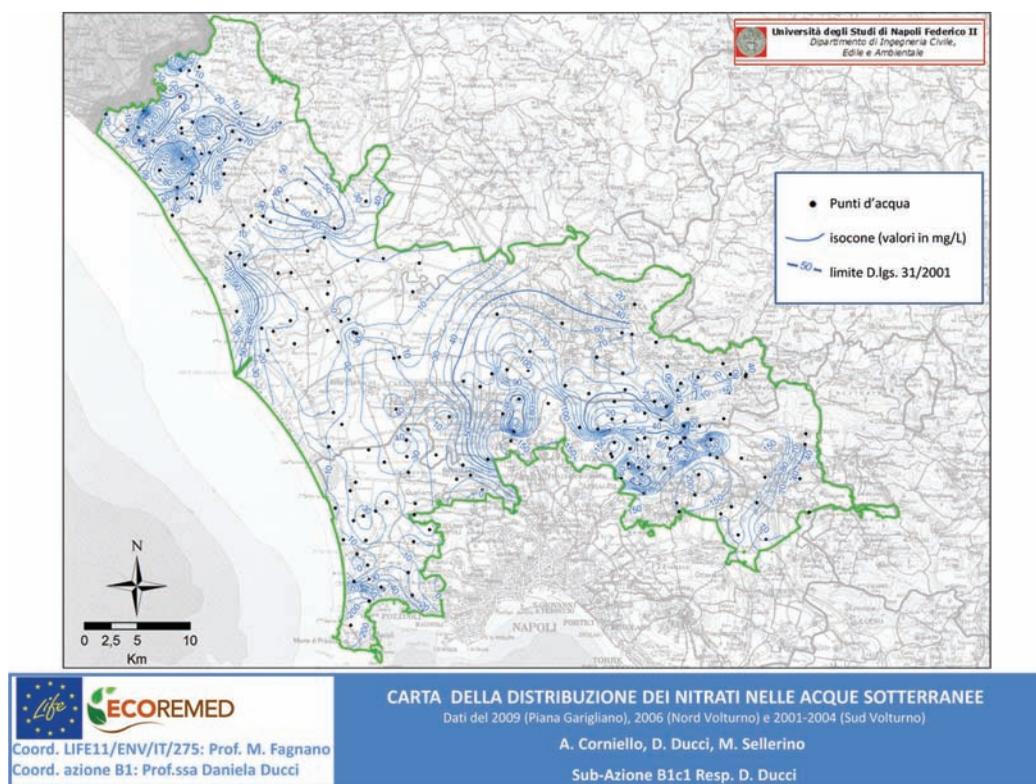
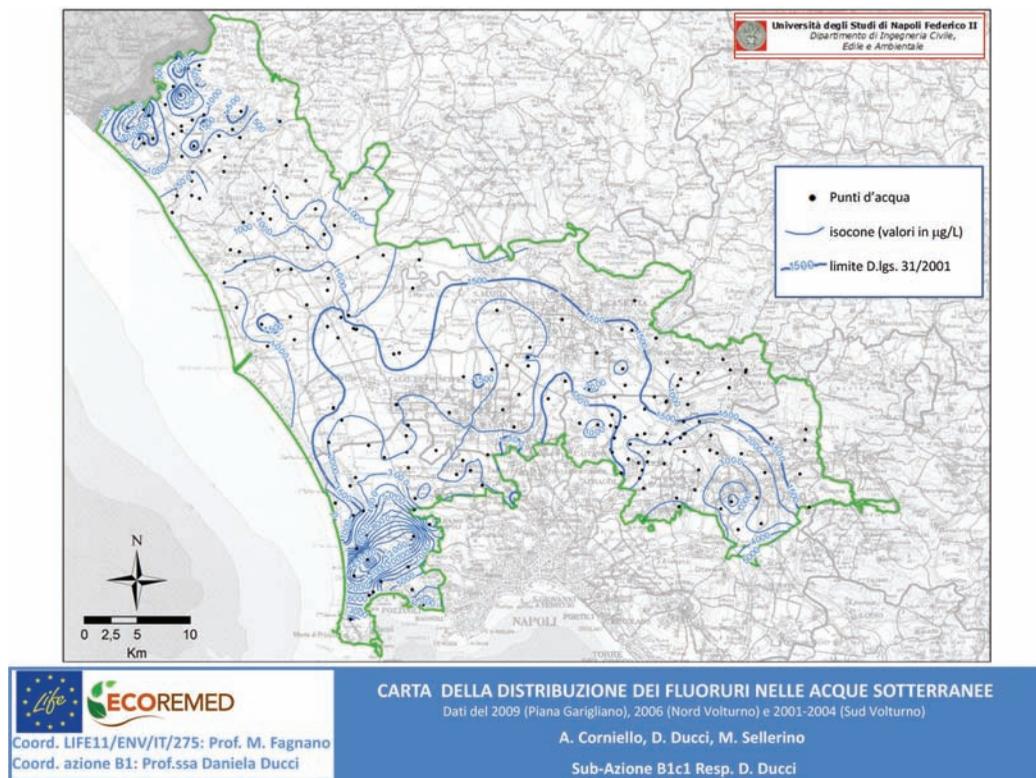


Figura 3.

Figura 4.

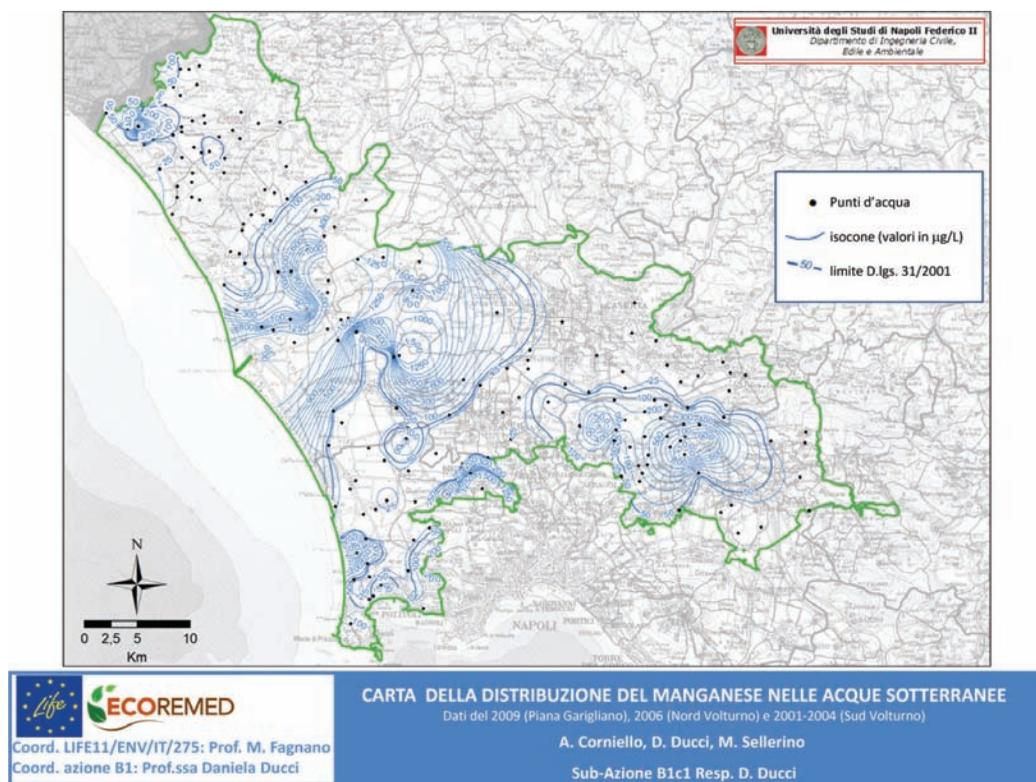
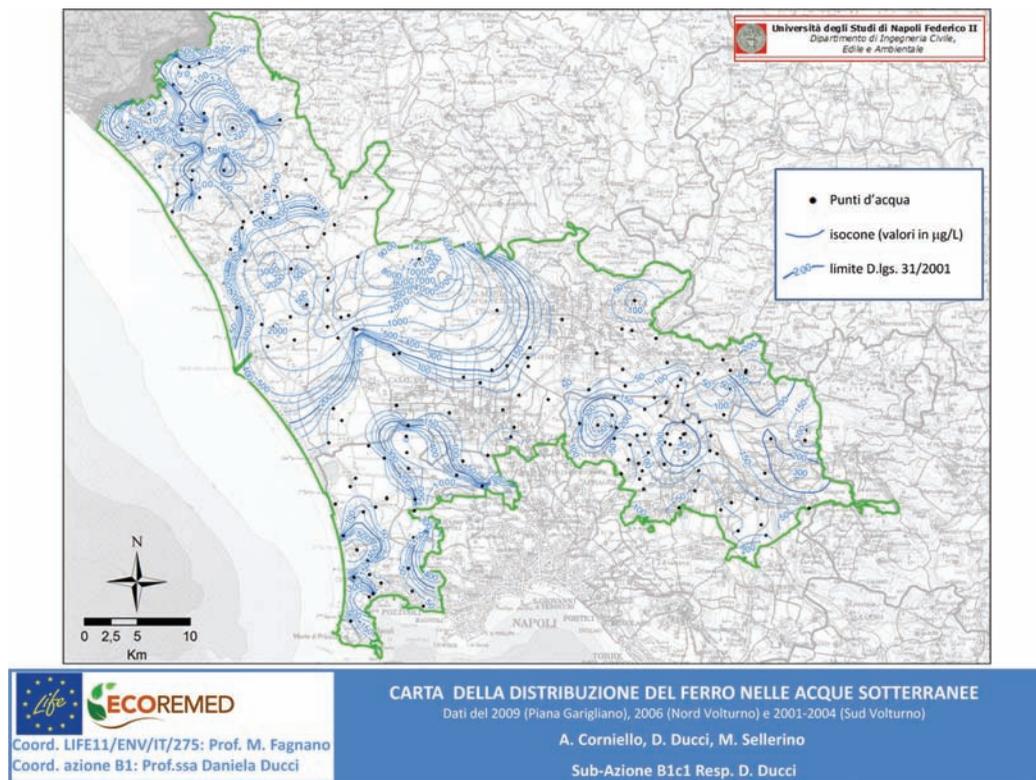


Figura 5.

Figura 6.

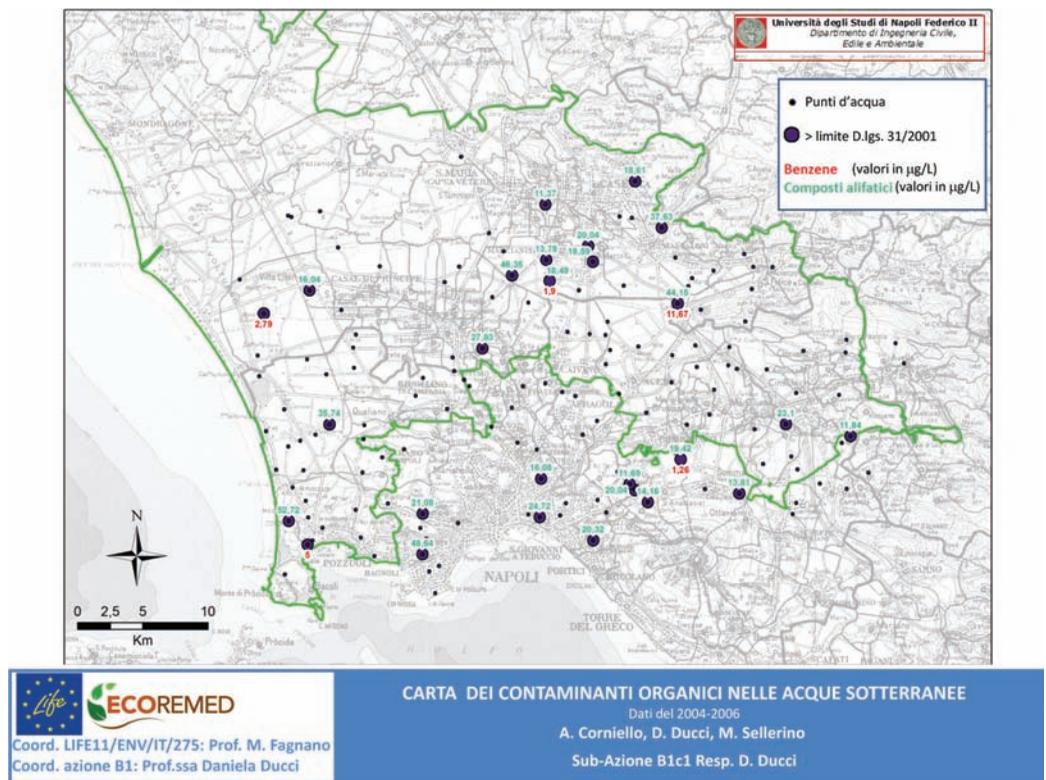
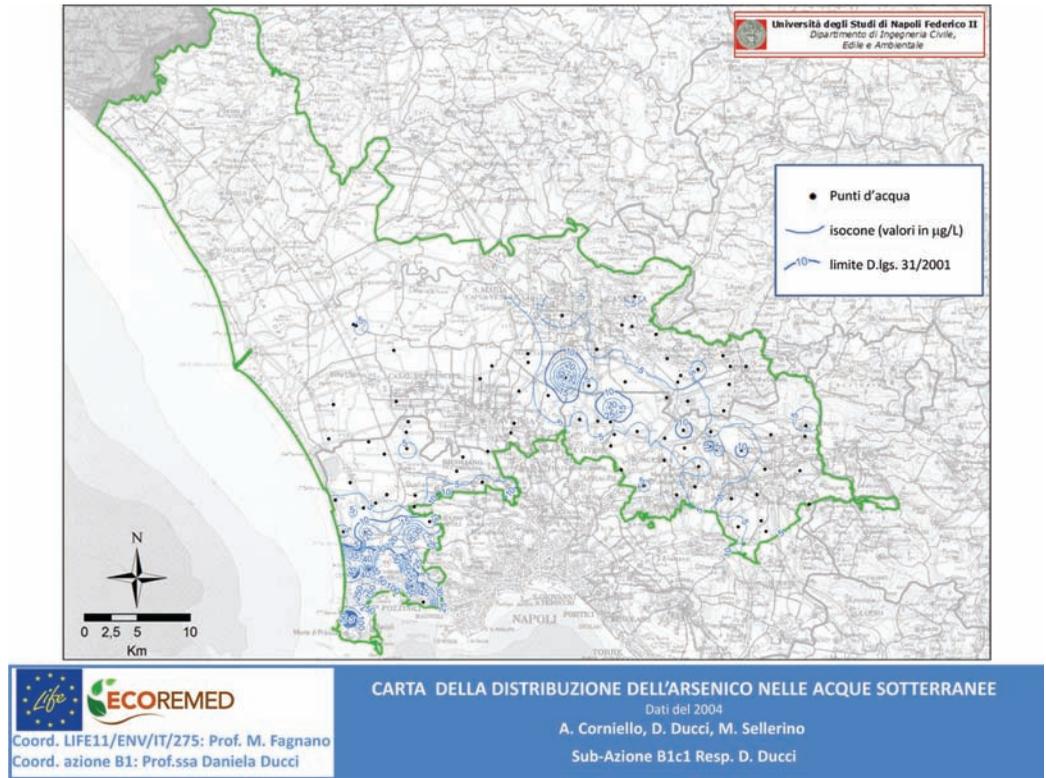
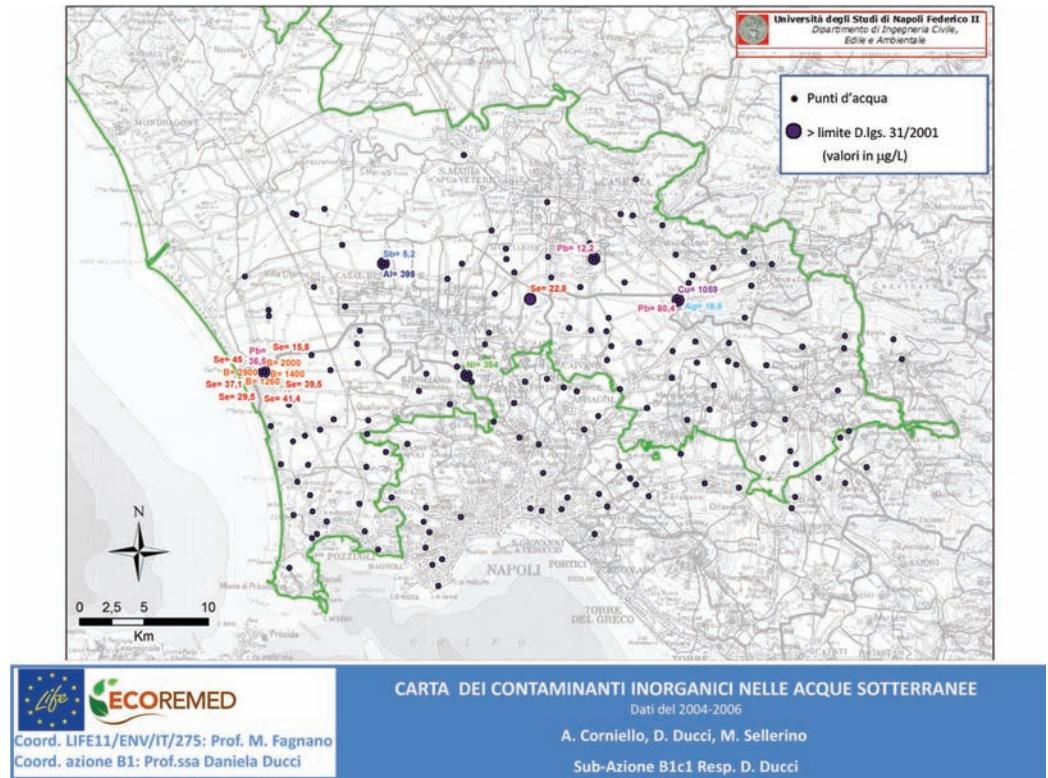


Figura 7.

Figura 8.



1. nel settore a nord del fiume Volturno la contaminazione da nitrati di origine agricola è più contenuta rispetto al settore meridionale, ma diffusamente presente. I fluoruri, tranne per casi spot, sono al di sotto del limite di legge. Ferro e manganese sono elevatissimi a cavallo del corso d'acqua, dove è segnalata dalla letteratura scientifica una vasta area con condizioni riducenti;
2. nel settore a sud del fiume Volturno si dispone di un set di dati relativo anche all'arsenico e a altri contaminanti organici e inorganici:
 - la contaminazione da nitrati è ovunque diffusa e presenta talora valori molto elevati. La presenza di "picchi" indica che probabilmente in taluni casi c'è anche un contributo di origine "civile" (da perdite fognarie) oltre che agricolo;
 - la presenza di fluoruri è strettamente connessa alle aree vulcaniche (flegrea e vesuviana) ed alla componente piroclastica dell'acquifero principale della Piana Campana, come mostra il pattern delle curve isocone, ed è quindi di origine naturale;
 - vaste zone presentano elevate concentrazioni di arsenico. Tali valori ai Campi Flegrei sono sicuramente di origine naturale, come ampiamente illustrato nella letteratura scientifica, anche sulla base dei valori di fondo. Altrove l'origine va verificata puntualmente;
 - la presenza di elevate concentrazioni di ferro e manganese è attribuibile, per il settore a cavallo del fiume Volturno prima citato e per alcuni settori nell'acerrano (dove si sono riscontrate condizioni riducenti e/o la presenza di aree idrominerali), a cause naturali; altrove dovrà essere attentamente valutata, soprattutto in considera-

zione del limitato numero di punti di analisi;

- la presenza di contaminanti organici e inorganici in più punti, senza continuità areale, sembra provenire dalla superficie e avere un'origine antropica;
- sono state individuate le impronte chimiche “naturali” delle acque di falda, così da evidenziare i settori contaminati da attività antropiche, relativamente agli ioni: fluoruri, arsenico, ferro, manganese;
- le concentrazioni del fondo naturale di *fluoruri* sono più elevate del valore di riferimento (1.500 µg/L) e derivano dalla lisciviazione naturale degli acquiferi piroclastici. L'origine vulcanica degli acquiferi è anche il motivo dei valori di *arsenico* elevati, soprattutto nell'area dei Campi Flegrei. Qui le concentrazioni di fondo naturale calcolate sono di circa 55 µg/L a fronte di un valore limite per l'acqua potabile di 10 µg/L. Gli NBL di manganese e ferro superano di gran lunga i valori di riferimento. Valori molto alti sono riscontrabili a cavallo del fiume Volturno e all'intorno di Acerra e Marigliano dove sono state riscontrate condizioni riducenti e/o la presenza di aree idrominerali (con significativi apporti gassosi endogeni di CO₂ ed H₂S).

Nei prossimi mesi si effettueranno nuove indagini per le aree di maggiore interesse e/o con carenza di dati e si allestiranno in via definitiva i layers GIS relativi ai dati idrogeologici. Si calcoleranno quindi i valori di fondo anche con altre metodologie, come il metodo di separazione delle componenti, e cercando di allargare il set di dati. Infine si valuteranno lo stato qualitativo e la vulnerabilità delle falde all'inquinamento, producendo la relativa cartografia in ambiente GIS.

Conclusioni

Lo studio del chimismo delle acque sotterranee della “terra dei fuochi” è di fondamentale importanza per caratterizzare i livelli di inquinamento dell'area. È necessario soprattutto approfondire le elaborazioni fin qui effettuate, sia aggiornando il data set, sia intensificando la rete di punti di controllo.

È molto importante infatti per programmare delle operazioni di bonifica mirate poter circoscrivere le aree le cui acque contengono valori al di sopra dei limiti di legge e verificare che tali valori siano ascrivibili a contaminazione antropica. Bisogna infatti considerare che alcuni ioni presenti nelle acque sotterranee (come il ferro, manganese, i fluoruri e in alcuni casi anche l'arsenico), pur essendo degli indicatori di inquinamento, possono derivare, se non associati ad altri contaminanti, anche esclusivamente dalla matrice geologica in cui le acque circolano. In questo senso la determinazione dei valori di fondo, che può avvalersi anche di un set di dati “storico” e non attuale, è fondamentale per individuare la presenza di contaminazione antropica.

È evidente che bere acque con un contenuto di arsenico superiore ai limiti di legge fa male, sia esso di natura antropica o naturale. Molte regioni italiane (Campania, Lazio, ecc.) e paesi del mondo (del Sud America e India in primis) presentano acque non potabili e che non devono essere bevute, pur non derivando da inquinamento e non essendo quindi “migliorabili”.

In conclusione, bisogna assolutamente circoscrivere i settori di falda degradati e bonificarli, per salvaguardare la salute umana, senza però creare facili allarmismi che non farebbero altro che mettere in crisi l'economia agricola e vanificare agli occhi dell'opinione pubblica le operazioni di bonifica sui singoli siti, che apparirebbero come una goccia in un mare.

Riferimenti bibliografici

1. Corniello A., Ducci D. (2005) Carta della Vulnerabilità all'inquinamento del settore meridionale della Piana del F. Volturno, *Aquifer Vulnerability and Risk, 2nd International Workshop Aquifer vulnerability assessment and mapping – 4th Congress on the Protection and Management of Groundwater*, Colorno, 21-23 settembre 2005.
 2. Capri E., Civita M., Corniello A., Cusimano G., De Maio M., Ducci D., Fait G., Fiorucci A., Hauser S., Pisciotta A., Pranzini G., Trevisan M., Delgado Huertas A., Ferrari F., Frullini R., Nisi B., Offi M., Vaselli O., Vassallo M. (2009) Assessment of nitrate contamination risk: The Italian experience, *Journal of Geochemical Exploration* 102, 71-86.
 3. http://www.sito.regione.campania.it/lavoripubblici/Elaborati_PRAE_2006/indice_prae_2006.asp.
 4. http://www.ciram.unina.it/old-sito/cavita_02/mappa_cavita_2.htm.
 5. Ducci D., Sellerino M. (2012) Natural background levels for some ions in groundwater of the Campania region (southern Italy). *Environ. Earth Sci.* (ISSN: 1866-6280) 67(3), 683-693, <http://dx.doi.org/10.1007/s12665-011-1516-8>.
 6. Corniello A., de Riso R., Ducci D. (1990), Idrogeologia e idrochimica della Piana Campana, *Mem. Soc. Geol. It.*, 45, 351-360, Roma.
 7. <http://www.sito.regione.campania.it/obs/documenti/Idrico/idrico.pdf>.
 8. ISPRA (2007) *Linee guida per l'utilizzazione agronomica delle acque di vegetazione e delle acque reflue da aziende agroalimentari*, <http://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00004100/4161-aziende-agroalimentari.pdf>.
- AA.VV. (2004) *Lo stato delle conoscenze acquisite sulle acque sotterranee del Bacino Nord Occidentale propedeutico alla redazione del Piano di tutela delle Acque*. Volume II, 77-92. TPS Selca.
- Adamo N., Imperatrice M.L., Mainolfi P., Onorati G., Scala F. (2007) *Acqua. Il Monitoraggio in Campania 2002-2006*, ARPAC, Napoli, 95-160.
- BRIDGE (2009) *Background cRiteria for the Identification of Groundwater Thresholds*, <http://nfp-at.eionet.europa.eu/irc/eionetcircle/bridge/info/data/en/index.htm>.
- Corniello, A., Ducci, D. (2009) Origine dell'inquinamento da nitrati nelle falde dell'area di Acerra (Piana Campana). *Eng Hydro Env Geology Giornale di Geologia Applicata*, 12, 155-164 ISSN 1826-1256.
- Corniello, A., Ducci, D. (2013) Hydrogeochemical characterization of the main aquifer of the "Litorale Domizio-Agro Aversano NIPS" (Campania – southern Italy), *J. Geochem. Explor.*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.gexplo.2013.10.016>.
- Corniello, A., Ducci, D., Rotella, M., Trifuoggi, M., Ruggieri, G. (2010) Hydrogeology and hydrogeochemistry of the plain between Mt. Massico and the river Volturno (Campania region, Italy). *Ital. J. Eng. Geol. Environ.* 1, 51-64. <http://dx.doi.org/10.4408/IJEGE.2010-01.0-04>.
- Ducci D., Preziosi E., Sellerino M. (2013) Valori di fondo dell'arsenico nelle acque sotterranee in Italia. *Atti Convegno IdroVulc2013*, Orvieto (TR), 16-17 maggio 2013.
- ISPRA (2009) *Protocollo per la Definizione dei Valori di Fondo per le Sostanze Inorganiche nella Acque Sotterranee*, http://www.apat.gov.it/site/_files/Fondo_metalli_acque_sotterranee.pdf.