MINISTERO DELL'ISTRUZIONE, DELL'UNIVERSITA' E DELLA RICERCA

Programmi di ricerca cofinanziati - Modello E
Relazione scientifica conclusiva sui risultati di ricerca ottenuti - ANNO 2007
prot. 2007NKX4B8

1. Area Scientifico Disciplinare principale	*08: Ingegneria civile ed Architettura*
2. Coordinatore Scientifico del programma di ricerca	*CORNIELLO Alfonso*
- Università	*Università degli Studi di NAPOLI "Federico II"*
- Facoltà	*Facoltà di INGEGNERIA*
- Dipartimento/Istituto	*Dip. INGEGNERIA GEOTECNICA*
3. Titolo del programma di ricerca	*Contaminazione da nitrati delle acque sotterranee: scenari, cause prevalenti, influenza dei trends climatici e possibili interventi strutturali*
4. Settore principale del Programma di Ricerca:	*ICAR/01*
5. Costo originale del Programma:	*375.000 €*
6. Quota Cofinanziamento MIUR:	*155.000 €*
7. Quota Cofinanziamento Ateneo:	*67.001 €*
8. Finanziamento totale:	*222.001 €*
9. Durata:	*24 mesi*

10. Obiettivo della ricerca eseguita

In molte zone d'Italia le concentrazioni di nitrati nelle acque sotterranee superano sovente i 50 mg/l (valore soglia internazionale e D. Lgs. 31/2001). Le situazioni più critiche si registrano soprattutto nelle grandi piane dove le contaminazioni in falda si estendono su areali di centinaia km2 rendendo di fatti improponibile qualsiasi intervento di disinquinamento.
Il problema di tale contaminazione è assai sentito anche perché gli apporti in falda di composti azotati di origine agricola e zootecnica si associano a contributi non trascurabili legati a perdite da fognature e da pozzi neri.
In tale contesto il Progetto di Ricerca ha affrontato diversi aspetti del "problema nitrati": l'individuazione delle fonti, l'influenza sulla contaminazione dei trends climatici, i possibili interventi, anche a contrasto di eventuali riduzioni di apporti pluviometrici etc.

Il problema dell'origine dei nitrati in falda è tutt'altro che irrilevante e non è infrequente il caso di contrasti tra Enti territoriali diversi (es. Regione e Provincia) che non concordano sugli interventi a contrasto della contaminazione, interpretando differentemente la causa dei nitrati in falda .
Il problema può essere affrontato validamente con analisi isotopiche (attraverso lo studio combinato degli isotopi dell'azoto e dell'ossigeno presenti nei nitrati in falda), ma, vista la dimensione degli areali interessati e l'onerosità della metodologia isotopica, in questa sede si è inteso soprattutto testare la possibilità di discriminare l'origine dei nitrati attraverso la redazione (in ambiente GIS) di Carte del Rischio potenziale di inquinamento da nitrati di "origine agricola" e di "origine civile" (di recente portate all'attenzione della comunità scientifica). I riferimenti per detta cartografia sono modelli a punteggi e pesi quali l'IPNOA ovvero l'indice di pericolosità da nitrati di origine agricola (2002) e l'IPNOC (indice di pericolosità da nitrati di origine civile - 2007). Detti metodi utilizzano elementi il cui reperimento è piuttosto agevole ed escludono invece quei parametri, anche significativi, ma che spesso sono di complessa acquisizione o non presenti nelle banche dati. La realizzazione delle cartografie indicate (per scenari geologici diversi e distribuiti in varie Regioni italiane - cfr. punto 11) è stata sempre accompagnata da campagne di caratterizzazione chimica ed isotopica delle acque di falda, con le finalità di:
a) testare una metodica che porti a valutare, su un dato territorio, il differente rischio potenziale di contaminazione da nitrati da cui potesse derivare un efficace sistema di vincoli (in linea anche con quanto indicato dal D. Lgs. 152/2006 - Allegato 7/A);
b) contribuire a discriminare la causa prevalente della contaminazione fornendo così utili indirizzi per interventi a contrasto.

Un altro obiettivo del Progetto di Ricerca è stato suggerito dall'effetto "diluizione" operato sulle acque contaminate delle piane alluvionali dall'infiltrazione diretta e, assai sovente, dai significativi "travasi" idrici sotterranei che le piane ricevono dai rilievi limitrofi e/o dalla rete idrografica. E' tuttavia noto che negli ultimi anni del millennio scorso diverse aree nel nostro Paese hanno registrato una più ridotta pluviometria e che negli ultimi 30 anni si sono avuti sensibili innalzamenti termici e tendenza agli eventi pluviometrici estremi, con effetti negativi sulla ricarica degli acquiferi. Con tali premesse è lecito attendersi anche una riduzione dell'infiltrazione sulle piane e dell'entità degli altri apporti (travasi, perdite dalla rete idrografica) e con essi un ulteriore scadimento negli aspetti quali-quantitativi delle acque sotterranee nelle piane. La Ricerca è stata pertanto indirizzata a:
° verificare, per taluni areali, i "trends climatici",
° tentare una stima degli effetti sulla qualità delle acque sotterranee,
° quantizzare le risorse idriche sotterranee
° realizzare un database della contaminazione da nitrati che potesse offrire utili elementi di riferimento nell'evoluzione temporale del fenomeno.

I disagi che potrebbero derivare dall'eventuale deterioramento (quantitativo e/o qualitativo) delle risorse idriche sotterranee hanno suggerito ulteriori tematiche di ricerca.
Alcune Unità di Ricerca del Progetto, operando in situazioni geologico-climatiche peculiari, hanno concentrato l'attenzione su possibili scenari a contrasto della contaminazione da nitrati e della eventuale riduzione degli apporti meteorici, approfondendo in particolare gli aspetti legati:
° agli interventi di rinaturalizzazione delle fasce riparie (U.R. di Piacenza), per il loro ruolo nell'intercettare e attenuare i flussi di nutrienti dagli ecosistemi terrestri a quelli acquatici,
° alla ricarica artificiale delle falde (U.R. di Torino), anche al fine di contribuire ad una base conoscitiva per successivi sviluppi progettuali/legislativi.

Per le finalità indicate sono state impegnate (cfr. punto 11) cinque Unità di Ricerca (U.R.) distribuite sul territorio nazionale:
U.R. di Torino (Resp. Scientifico.: Prof. Adriano Fiorucci)
U.R. di Piacenza (Resp. Scientifico.: Prof.sa Franca Carini)
U.R. di Firenze (Resp. Scientifico.: Prof. Giuliano Gabbani in sostituzione del prof. Giovanni Pranzini - per quiescenza)
U.R. di Napoli (Resp. Scientifico.: Prof. Alfonso Corniello)
U.R. di Palermo (Resp. Scientifico.: Prof. Gioacchino Cusimano).

L'interazione tra le diverse U.R. ed il flusso di informazioni sono stati costanti, anche con riunioni (a cadenza semestrale) che hanno coinvolto tutti i Ricercatori impegnati.

---

11. Descrizione della Ricerca eseguita e dei risultati ottenuti

"Carte del Rischio potenziale di inquinamento da nitrati"
La realizzazione di tali Carte ha visto impegnate soprattutto le U.R. di Firenze e Napoli.
Queste elaborazioni hanno interessato zone e contesti geologici diversi e, in taluni casi, per la stessa area sono state realizzate le Carte del rischio potenziale di inquinamento da nitrati sia di origine agricola che civile.
Si riporta di seguito una sintesi delle metodiche adottate e dei risultati acquisiti e si ricorda che, per ogni zona, le elaborazioni delle Carte del rischio potenziale sono state sempre accompagnate da accurati studi preliminari riguardanti:
° raccolta ed analisi di dati stratigrafici
° realizzazione di Carte Idrogeologiche corredate da Sezioni
° campagne di rilievi piezometrici (e successiva elaborazione in Carte specifiche)
° prelievi di campioni d'acqua di falda per la loro caratterizzazione fisico-chimica
° prelievi di campioni d'acqua per analisi isotopiche.

Le Carte del Rischio d'inquinamento da Nitrati di Origine Agricola sono state redatte combinando (in ambiente GIS) le Carte di Vulnerabilità (compilate con il metodo SINTACS R5; 2000) e le Carte dell'Indice di Pericolosità da Nitrati di Origine Agricola (IPNOA; 2002). Per il Rischio potenziale di inquinamento da Nitrati di Origine Civile, il metodo SINTACS è stato modificato per tenere conto dello sversamento degli inquinanti sotto la superficie considerando cioè che gli scarichi da case sparse (non allacciati ai sistemi fognari) siano dispersi ad un metro sotto la superficie, mentre le perdite dei condotti fognari avvengano da due metri sotto la superficie. La Carta di Vulnerabilità così ottenuta è stata associata alla Carta dell'Indice di Pericolosità da Nitrati di Origine Civile (IPNOC; 2007).

U.R. Firenze
Le Carte del Rischio d'inquinamento da Nitrati di Origine Agricola sono state elaborate sia per la Pianura del Medio Valdarno (Firenze-Prato-Pistoia) che per la Val di Chiana; per la prima zona è stata redatta anche la Carta relativa al Rischio d'inquinamento da Nitrati di Origine Civile.
In entrambe le aree di studio sono state eseguite analisi dei composti azotati delle acque di 424 pozzi (Medio Valdarno) e 130 pozzi (Val di Chiana). In 33 acque della Valdichiana sono stati anche determinati i rapporti isotopici dell'ossigeno e dell'azoto nei nitrati.
Pianura del Medio Valdarno
La Carta del Rischio potenziale d'Inquinamento da Nitrati di Origine Agro-zootecnica mostra, nelle aree non urbanizzate, una netta prevalenza delle aree a rischio "alto" ed "elevato" con poche zone a rischio "estremamente elevato", il massimo previsto. Nel determinare questo rischio prevale la vulnerabilità rispetto all'indice di pericolosità, che difatti risulta generalmente "medio-basso". Indici relativamente bassi compaiono anche nell'area dei vivai del Pistoiese, dove la pratica della coltivazione in vaso, ormai prevalente, riduce il pericolo che i concimi utilizzati arrivino alle acque di sottosuolo. Il Rischio d'inquinamento da Nitrati di Origine Civile risulta nettamente più alto, sia per la maggiore vulnerabilità alla perdita dei nitrati da scarichi civili, sia per la vetustà di molti sistemi fognari.
Val di Chiana
La Vulnerabilità SINTACS vi appare piuttosto diversificata, in relazione alla diversa situazione geologica. Nella bassa valle, i depositi palustri forniscono una buona protezione alle sabbie quaternarie e la vulnerabilità è medio bassa o bassa; nelle colline, dove affiorano sabbie quaternarie e plioceniche, la vulnerabilità risulta da alta e estremamente elevata. L'indice IPNOA è risultato basso o molto basso per la maggior parte dell'area, con alcune zone a moderato pericolo potenziale (indice IPNOA 4). Il rischio d'inquinamento da nitrati di origine agricola ha fatto registrare gradi da medio a basso nella bassa pianura, alto o elevato nel resto della valle. L'analisi dei nitrati per 88 acque di pozzo ha fornito un quadro molto disomogeneo, con metà dell'area a < 25 mg/l e l'altra metà > 50 mg/l con valori fino a 1800 mg/l a conferma della natura puntuale delle fonti d'inquinamento principali (allevamenti di suini). In particolare poi, per la Val di Chiana, un'indagine isotopica di dettaglio ha corroborato l'ipotesi dell'origine "antropica" dei nitrati in falda e fatto ritenere non verosimile l'altra origine ipotizzata, cioè quella "geologica profonda.

U.R. Napoli
Le Carte del Rischio d'inquinamento da nitrati di origine agricola sono state redatte per la Pianura del Garigliano e per talune zone della Piana Campana (all'intorno di Acerra); per questa zona è stata elaborata anche la Carta del Rischio potenziale d'inquinamento da nitrati di origine "civile".
In entrambe le aree di studio sono state eseguite più di 200 analisi fisico chimiche complete di acque di falda. In 20 pozzi sono stati anche determinati i rapporti isotopici dell'ossigeno e dell'azoto nei nitrati in falda.
Piana del basso Garigliano
Si tratta di una depressione strutturale occupata da depositi clastici, infralitorali, di delta e continentali intercalati e/o ricoperti dai sedimenti vulcanoclastici del Roccamonfina. Vi è stato definito l'assetto piezometrico con il censimento di 60 di pozzi utilizzati per due tornate di rilievi (aprile/maggio e dicembre 2009). Negli stessi pozzi (e nei due periodi indicati) sono stati prelevati campioni d'acqua ed eseguite le analisi per la caratterizzazione fisico-chimica della falda. Sono stati individuati molti areali, anche assai vasti, con tenori di nitrati superiori ai 50 mg/l e, in aree prossime alla foce del F. Garigliano, ambienti riducenti che giustificano la locale, drastica riduzione della contaminazione da nitrati in falda. Da questa solida base di conoscenze idrogeologiche sono derivati gli elaborati cartografici relativi al rischio potenziale di inquinamento e cioè:
° la Carta della vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi (1/50.000) realizzata con il metodo parametrico SINTACS - Release 5 modificato per l'applicazione su un "modello litostratigrafico" 3D dell'acquifero principale, messo a punto utilizzando il software ROCKWORKS 2006;
° la Carta dell'indice IPNOA (che mostra valori medio bassi)
° la Carta del Rischio potenziale di inquinamento da nitrati di origine agricola (1/50.000). calcolata come prodotto fra le classi di pericolosità IPNOA e le classi di vulnerabilità della risorsa. Questo elaborato evidenzia un diffuso grado di "rischio alto".
Piana Campana
Le metodiche descritte sono state testate anche per un ampio settore della Piana del F. Volturno all'intorno dell'abitato di Acerra. Qui, sin dal 1990, sono state riscontrate in falda concentrazioni di nitrati ben superiori ai 50 mg/l: per tale zona la stima del pericolo potenziale di inquinamento da nitrati è stata condotta sia con il modello parametrico IPNOA e sia con il modello parametrico IPNOC. I risultati ottenuti hanno corroborato l'utilità di queste metodologie se riferite a scala medio-piccola. Infatti, nella zona di Acerra, le aree interessate dai gradi di rischio IPNOC più elevati si ritrovano proprio laddove maggiore è la pressione antropica, molto alta la densità degli insediamenti civili e dove gli elevati valori in nitrati non sono giustificati da bassi grado di rischio IPNOA.

Da tutte le esperienze rapidamente descritte si ricava, sia nella Val di Chiana sia nel Medio Valdarno, che le Carte degli Indici IPNOA ed IPNOC mostrano valori piuttosto contenuti che trovano riscontro nei risultati delle molte analisi dei composti azotati in falda (ad esempio nel medio Valdarno il 12% dei campioni di pozzo sono non potabili per l'ammonio, il 6% per i nitriti e l'8% per i nitrati). Le Carte del rischio potenziale di inquinamento da nitrati di origine agricola o civile (combinazione della vulnerabilità SINTACS e degli indici IPNOA/IPNOC) evidenziano invece un livello di rischio piuttosto elevato. Le stesse osservazioni (contenuti valori IPNOA ed IPNOC a fronte di elevati valori di rischio potenziale di inquinamento) derivano anche dalle elaborazioni cartografiche prodotte per l'area campana.
Tutto ciò indica che:
a) gli indici IPNOA ed IPNOC sono in grado di discriminare nell'ambito di un territorio le aree più sensibili
b) queste metodologie, se riferite a scala medio-piccola, sono utili nel far risaltare l'origine prevalente dei nitrati in falda
c) il Rischio potenziale d'Inquinamento da Nitrati risulta molto condizionato dal grado di vulnerabilità degli acquiferi.
Si è palesata quindi l'esigenza di affinare ulteriormente il metodo di valutazione del rischio potenziale ad esempio attribuendo, nei calcoli, un peso maggior agli indici (IPNOA/IPNOC) rispetto alla vulnerabilità, ed in tale direzione le ricerche si stanno attualmente indirizzando.

"Effetti delle variazioni della ricarica sulle falde e sulla contaminazione da nitrati"
Su tali aspetti hanno lavorato le U.R. di Napoli, Palermo, Firenze e p.p.Torino

E' stato sviluppato (da parte dell'U.R. di Napoli) uno studio degli effetti del cambiamento climatico sulle risorse idriche sotterranee dei monti Lattari: questi rilievi sono limitrofi alla piana di Sarno e contribuiscono (mediante travasi idrici sotterranei) all'alimentazione della stessa. L'analisi ha evidenziato che dal 1980 al 1999 le precipitazioni sui rilievi sono diminuite del 20%, mentre si è avuto un evidente incremento delle temperature, in media di 0.4 - 0.5 °C. Tutto ciò ha portato ad una forte diminuzione dell'infiltrazione media che dalla fine degli anni 1980 al 1999 risulta diminuita del 39%. La situazione per le precipitazioni sembra meno critica per il periodo 2000-2008, ma la serie di dati è troppo breve ed è poco confrontabile con quella degli anni precedenti essendo cambiata la distribuzione delle stazioni pluviometriche.
L'U.R. di Torino ha elaborato i dati termo-pluviometrici delle stazioni: Cuneo, Fossano, Bra e Mondovì per le quali sono disponibili i valori di temperatura media giornaliera e precipitazione giornaliera dal 1877 al 2007 (stazione di Cuneo), dal 1862 al 2007 (stazione di Bra), dal 1875 al 2007 (stazione di Fossano) e della sola precipitazione giornaliera dal 1866 al 2007 (stazione di Mondovì). Dall'analisi dei dati è emerso un generale trend di aumento delle temperature medie annue a partire dal primo decennio del '900 a cui corrispondono precipitazioni annue con vistose oscillazioni senza particolari trends. Tuttavia si è osservato che i giorni piovosi mostrano una netta diminuzione e, soprattutto, la distribuzione delle precipitazioni nell'anno, valutata in decenni, evidenzia marcate differenze nel tempo: tutto ciò con evidenti ricadute in termini di infiltrazione efficace degli acquiferi.
L'U.R. di Firenze con i dati dell'Osservatorio Ximeniano (Fi) ha elaborato le medie mensili di temperatura e di precipitazione per i periodi 1968-1987 e 1988-2008. Il secondo periodo è risultato caratterizzato da valori inferiori di precipitazioni e, soprattutto, da incrementi della temperatura. E' stata poi analizzata la variazione dei due parametri per l'intero periodo 1968-2008 e con la linea di tendenza sono stati calcolati i valori di P e di T al 2008. Entrambe le elaborazioni indicano un sensibile cambiamento climatico cui si associa una riduzione della risorsa idrica disponibile in termini di deflusso globale (P-ETr) e quindi della ricarica degli acquiferi.
L'U.R. di Palermo, sulla scorta dei dati disponibili, ha sviluppato un'analisi delle variazioni climatiche intervenute, dagli inizi del XX secolo, per il sistema dei rilievi carbonatici che si estendono ad ovest della città. Si sono riscontrate: a) una netta diminuzione della quantità totale annua delle piogge (di circa 100 mm), b) l'estremizzazione degli eventi meteorici, sia in senso negativo (siccità) che in senso positivo (precipitazioni concentrate in tempi ridottissimi, con maggiore frequenza nei mesi di ottobre - novembre, che hanno determinato alluvionamenti anche gravi) e c) una notevole diminuzione delle portate sorgentizie sino, in alcuni casi, al totale esaurimento. Tutto ciò ha comportato il ricorso, sempre più di frequente, a nuovi pozzi che hanno ulteriormente depauperato il patrimonio idrico sotterraneo dell'area e contribuito a determinare una marcata intrusione marina che, a luoghi, si rileva sino ad oltre 7 km dalla fascia costiera. La difficile situazione emersa ha spinto l'U.R. ad approfondire la valutazione delle risorse idriche sotterranee per i Monti di Palermo attraverso un accurato calcolo del bilancio idrogeologico (cioè il confronto tra gli "apporti idrici" al sistema e le "uscite" tenendo conto della variazione delle riserve). Queste elaborazioni sono state precedute dalla revisione dello schema idrostrutturale complessivo dei Monti di Palermo tramite un approccio interdisciplinare con riferimento cioè a dati geologico-strutturali (supportati da stratigrafie di pozzi e da piezometrie) ed a dati idrogeochimici.
Dall'esame degli elementi riportati per le diverse zone d'Italia sembra pertanto di assistere, nel corso dei vari anni, a consistenti incrementi della temperatura e ad una concentrazione delle precipitazioni in brevi intervalli temporali, talora con riduzione degli apporti di pioggia. Si tratta pertanto di una situazione che deve essere attentamente seguita: infatti il consolidarsi di tale tendenza, che di fatto segnerebbe una diminuzione nella ricarica degli acquiferi ed un maggiore ricorso alle acque di falda (specialmente per l'agricoltura), dovrebbe comportare, parallelamente, politiche molto attente alla gestione della risorsa idrica.

Infine, per valutare quale influenza potesse esercitare una variazione della ricarica sulla contaminazione da nitrati, l'U.R. di Napoli ha messo a punto, per la Piana del F. Garigliano, un "modello litostratigrafico" 3D dell'acquifero principale. E' stato utilizzato il software ROCKWORKS 2006 che consente appunto di realizzare, mediante sofisticati algoritmi di interpolazione ed a partire da dati 2D (sondaggi stratigrafici), il modello 3D dell'area indagata e la sua rappresentazione bidimensionale (sezioni, fences) o tridimensionale (attraverso grid-model o modelli a matrice Voxel). Tale modello 3D ha costituito la struttura base per la caratterizzazione del flusso idrico sotterraneo utilizzando il codice numerico di calcolo MODFLOW (interfaccia grafica GROUNDWATER VISTAS 5). Una prima calibrazione del modello è stata condotta in regime stazionario; la definizione della geometria del modello e l'assegnazione dei parametri idrodinamici sono state facilitate e ottimizzate dall'utilizzo del modello litostratigrafico 3D precedentemente ricostruito. Durante la fase di simulazione è stato possibile verificare la validità del modello, ossia che il sistema idrogeologico fosse riprodotto adeguatamente. La calibrazione e l'analisi di sensibilità ne hanno confermato in linea di massima la validità, individuando però nei rapporti falda-fiume e falda-mare i punti più critici, che necessiteranno di ulteriori approfondimenti. E' prevista infine la calibrazione in transitorio così da ottenere uno strumento per studiare gli effetti sulla contaminazione da nitrati in falda conseguenti alle variazioni di input.

"Stato qualitativo delle acque sotterranee - database"
Nei due anni di ricerca PRIN, per le diverse zone, sono state eseguite centinaia di analisi chimiche di acque di falda riferite, in taluni casi ai soli composti azotati, ma spesso finalizzate alla completa caratterizzazione chimico-fisica delle acque. Nelle piane del Medio Valdarno e nella Val di Chiana sono state eseguite analisi dei composti azotati in più di 500 pozzi, circa 200 analisi complete hanno interessato le acque sotterranee delle piane di Sarno e del F. Garigliano, nei Monti di Palermo e limitrofe, sono stati raccolti 227 campioni di acque di pozzi e sorgenti etc. Tutto ciò ha tra l'altro consentito una buona definizione dello stato qualitativo di molti corpi idrici sotterranei e di riconoscere la presenza in falda di ampi settori interessati da ambienti riducenti (basso Volturno, settori delle piane del Garigliano e di Sarno) cui si associano bassi tenori in nitrati ma anche importanti contenuti in Fe e Mn, spesso superiori ai limiti di legge, ma di origine naturale. Questi fenomeni di "inquinamento naturale" sono stati studiati applicando anche il protocollo Ispra (2009): si è così evidenziato che nella Piana ad Oriente di Napoli, ad esempio, il valore di fondo naturale del manganese per il C.I.S. è di circa 1400 µg/L, ampiamente superiore ai 50 µg/l di riferimento.
Anche in previsione dell'applicazione di tali protocolli per la definizione dello stato qualitativo dei corpi idrici sotterranei, è stato messo a punto un "database" geografico in ambiente ArcGis che raccoglie tutte le informazioni acquisite durante la ricerca PRIN sulle contaminazioni in falda antropiche (NO3) e di origine naturale (Fe, Mn, F). Al fine di mettere a disposizione egli Enti territoriali e di ricerca il sistema informativo geografico così sviluppato si sta lavorando per realizzare un WebGIS, applicativo necessario per la consultazione e l'interrogazione mediante rete internet.

"Possibili interventi a contrasto della eventuale minore alimentazione degli acquiferi (A: ricarica artificiale) e della contaminazione da nitrati (B: rinaturalizzazione delle fasce riparie)"
A: Ricarica artificiale degli acquiferi (U.R. di Torino)
Sono stati confrontati, sotto i profili idrodinamico e idrochimico, i casi di un acquifero alimentato "in modo naturale" da perdite fluviali e quello di un sito dove è in atto, da tempo, una "ricarica artificiale" dell'acquifero.
Gli effetti della ricarica naturale di un acquifero da acque superficiali sono stati studiati in un settore della Pianura Cuneese in destra orografica del Torrente Gesso. I dati piezometrici e chimici hanno evidenziato che la risposta idrodinamica dell'acquifero alle perdite fluviali è piuttosto ritardata (circa 20 giorni) e senza rapidi incrementi. I dati chimici acquisiti mostrano inoltre una sostanziale similitudine di facies chimica tra le acque prelevate presso il Torrente Gesso e quelle dell'acquifero; in particolare, in queste ultime, il contenuto di nitrati aumenta notevolmente (rispetto alle acque superficiali) per il dilavamento dei composti azotati apportati al sistema durante le concimazioni.
Il bacino campione per lo studio degli effetti della ricarica artificiale è a Roccaforte Mondovì (località Dho) dove un ente acquedottistico ha gli impianti di approvvigionamento idrico. Il sistema di ricarica artificiale prevede l'utilizzo delle acque del Torrente Ellero (circa 600 l/s) per alimentare un acquifero libero che viene captato. Per tale ricerca sono stati istallati tre acquisitori automatici (di livelli idrici, temperatura e conducibilità elettrica specifica) e due torbidimetri. Sono state condotte anche prove con traccianti per valutare l'intervallo temporale tra infiltrazione delle acque dal torrente e prelievi. L'insieme dei dati acquisiti, ed i numerosi controlli chimici e microbiologici, hanno evidenziato una stretta relazione idrodinamica e chimico-fisica tra acque del torrente e quelle del sistema di drenaggio con uno sfasamento temporale compreso tra le 2 e le 4 ore. Il sistema di drenaggio riesce a ridurre notevolmente la torbidità delle acque (durante i principali eventi di piena) ed a determinare un miglioramento qualitativo della risorsa idrica per il sensibile abbattimento dei parametri microbiologici e dei nitrati. Di contro lo stretto legame tra le acque del torrente e quelle captate evidenzia una elevata vulnerabilità all'inquinamento s.l. del sistema captazione.

La pratica della ricarica artificiale è molto utilizzata nei paesi stranieri mentre in Italia non esiste ancora una normativa di indirizzo. Il lavoro fin qui svolto:
° ha mostrato, tra l'altro, che l'azione antropica di ricarica è una procedura del tutto naturale, contribuisce a migliorare la qualità della risorsa idrica sotterranea e ne limita il depauperamento quantitativo;
° ha contribuito ad irrobustire una base di dati da mettere a disposizione di Enti interessati (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, ISPRA, Arpa Regionali, Regioni, etc.) per successivi sviluppi progettuali e/o di indirizzo

B: "Fasce riparie e meccanismi biogeochimici" (U.R. di Piacenza)
L'indice di pericolosità da nitrati di origine agricola (IPNOA) è stato utilizzato per individuare, nelle province di Bergamo, Brescia, Cremona e Mantova (caratterizzate da intensa attività agro-zootecnica), aree e fontanili maggiormente vulnerabili. Il calcolo dell'IPNOA è stato effettuato con i dati del Sistema Informativo Agricoltura Regione Lombardia (SIARL) e dell'Osservatorio Rifiuti Sovraregionale (ORSO, Regione Lombardia). Le classi di pericolosità alta ed elevata (indice IPNOA 5 e 6) sono state individuate nella media pianura, verosimilmente per la diffusa presenza di allevamenti suinicoli e bovini. Queste aree, inoltre, non hanno caratteristiche pedologiche e idrogeologiche tali da mitigare il carico azotato in surplus e, siccome sono parte dei bacini di ricarica dei fontanili, ciò determina una situazione potenzialmente critica. Sono state quindi campionate le acque di 21 fontanili (ricadenti nella pianura lombarda) sia alla testa della roggia

che 1 km a valle lungo l'asta della stessa ed in due periodi: di ricarica e di magra. Le analisi effettuate - temperatura, potenziale redox e ossigeno "in situ", pH, conducibilità, alcalinità, i principali ioni e nutrienti (azoto ammoniacale, azoto nitrico, azoto totale, carbonio organico disciolto) - indicano che alla testa dei fontanili le concentrazioni di nitrato risultano molto elevate (~ 330 µM) e che le stesse non subiscono variazioni significative lungo l'asta. Ne consegue una generale inefficienza delle fasce riparie nel mitigare l'inquinamento già presente nell'asta. I fontanili rappresentano quindi delle sorgenti di nitrato e di gas clima alteranti.
Studi di approfondimento (svolti su un'area campione: fontanile Rile, Settala, MI) hanno inoltre evidenziato:
° che le acque in testa al fontanile presentano significative variazioni nella concentrazione del nitrato nell'arco della giornata (passando da 253 a 537 µM) a fronte di una portata costante
° che le fasce riparie (almeno per i dati fin qui elaborati) si sono dimostrate efficaci nel ridurre le concentrazioni di nitrato provenienti dai campi coltivati limitrofi e che non necessitano di un'elevata ampiezza per la rimozione definitiva ad azoto molecolare o protossido d'azoto.
Per simulare le proprietà idrodinamiche e la dispersione degli inquinanti nel sistema fontanile/fascia riparia sono stati inoltre utilizzati il modello MODFLOW e il codice MT3D.

La combinazione di fasce riparie abbastanza ampie e una corretta gestione delle quantità e delle modalità di concimazione contribuirebbe dunque a diminuire il carico di azoto presente negli acquiferi superficiali. Naturalmente fasce riparie più ampie del necessario consentirebbero la mitigazione degli effetti da saturazione di azoto per la comunità microbica e l'instaurarsi di corridoi ecologici necessari per il mantenimento della biodiversità.

12. Problemi riscontrati nel corso della ricerca

Nel corso dei due anni di attività PRIN non sono emerse grandi difficoltà; per completezza si segnalano taluni problemi che si sono presentati ma che, tuttavia, non hanno nuociuto al raggiungimento dei risultati finali. Questi problemi hanno riguardato le U.R. di Firenze, Piacenza e Palermo. Nel primo caso (Firenze) sono stati relativi alla redazione della Carta dell'indice IPNOC (Indice di Pericolosità da Nitrati di Origine Civile) della pianura del Medio Valdarno per la mancanza di dati validi su alcuni sistemi fognari, cosa che ha imposto talune semplificazioni nella definizione dell'Indice. L'U.R. di Piacenza ha segnalato guasti (non ancora riparati) alla strumentazione per l'analisi dei campioni di protossido d'azoto prelevati sulla fascia riparia del fontanile Rile. I campioni gassosi sono comunque stabili per diversi mesi e verranno analizzati il più presto possibile. L'U. R. di Palermo ha avuto, durante il primo anno, un temporaneo blocco dei fondi di progetto per la crisi finanziaria dell'Ateneo (cosa che ha determinato ritardi nell'attivazione dei contratti necessari per la parte operativa della ricerca); inoltre l'istituzione di un nuovo gestore del Servizio Idrico dei Comuni della Provincia di Palermo (APS) ha determinato ritardi nel prelievo di campioni d'acqua per le analisi chimiche dai suoi punti di captazione.

13. Risorse umane complessivamente ed effettivamente impegnate (da consuntivo)

	(mesi uomo) TOTALE
da personale universitario	*109*
altro personale	*79*
Personale a contratto a carico del PRIN 2007	*55*

14. Modalità di svolgimento (dati complessivi)

Partecipazioni a convegni:

	Già svolti (numero)	**Da svolgere (numero)**	**Descrizione**
in Italia	*10*	*1*	*84° Congresso Nazionale della Società Geologica Italiana - Sassari (15-18/09/2008)* *3° Congresso Nazionale dell'AIGA (Associazione Italiana di Geologia Applicata e Ambientale) - S. Giovanni Valdarno (AR) (25-27/02/2009)* *VII Forum di Scienze della Terra - Geoitalia 2009 - Rimini (08-11/09/2009)* *85° Congresso Nazionale della Società Geologica Italiana (06-08/09/2010- Pisa)* *Rem -Tech, Ferrara 2010* *6th European Conference on Pesticides and Related Organic Micropollutants in the Environment, Matera, 7-10 Settembre 2010* *12th Symposium on Chemistry and Fate of Modern Pesticides. Matera, 7-10 Settembre 2010* *XIX Congresso S.It.E (Società Italiana di Ecologia). Bolzano, 15 -18 Settembre 2009* *XXVIII Convegno SICA. Piacenza, settembre 2010.* *La fascia dei fontanili: primi passi per un piano d'azione, Crema, 25 Settembre 2010.* *Geoitalia 2011, Torino*
all'estero	*3*	*1*	*6° European Congress on Regional Geoscientific Cartography Systems EUREGEO - Monaco di Baviera (Germania) (10-13/06/2009)* *XXXVIII Congresso Internazionale dell'IAH (Cracovia 12-17/09/2010).* *Environmental Modelling for Radiation Safety, IAEA, Vienna, gennaio 2010* *Environmental Modelling for Radiation Safety and Isotopes in Hydrology, IAEA, Vienna, 2011*
TOTALE	**13**	**2**	

Per ogni campo di testo max 8.000 caratteri spazi inclusi

Articoli pertinenti pubblicati:

	Numero	Descrizione
su riviste italiane con referee	*6*	*Canzoneri V., Di Stefano P., Leta M. & Cusimano G., 2010 - Depositi di travertino nell'area di Via Colonna Rotta a Palermo, Il Natur. Sicil. Vol. XXXIV, n. 1-2 (2010), S. IV., 3-19 (ISSN 0394-0063).* *Corniello A., Ducci D., Trifuoggi M., Rotella M., Ruggieri G. (2010). Idrogeologia ed idrogeochimica della Piana compresa tra il M.te Massico ed il F. Volturno (Campania). Hydrogeology and hydrogeochemistry of the plain between Mt. Massico and the river Volturno (Campania). ITALIAN JOURNAL OF ENGINEERING GEOLOGY AND ENVIRONMENT, vol. 1; p. 51-64, ISSN: 1825-6635, doi: 10.4408/IJEGE.2010-01.O-04* *Corniello A., Ducci D. (2009). Origine dell'inquinamento da nitrati nelle falde dell'area di Acerra (Piana Campana). GIORNALE DI GEOLOGIA APPLICATA, vol. 12; p. 155-164, ISSN: 1826-1256, doi: 10.1474/EHEGeology.2009-12.0-13.261* *Corniello A., F. Baistrocchi (2009). Riflessioni sui risultati del monitoraggio piezometrico condotto negli anni 2007/2008 dall'Autorità di bacino del Sarno. GIORNALE DI GEOLOGIA APPLICATA, 61-70, ISSN: 1826-1256, doi: 10.1474/EHEGeology.2009-12.0-05.0268* *Ducci D., Tranfaglia G.; 2009; Effetti dei cambiamenti climatici sulle risorse idriche sotterranee dei Monti Lattari (Campania); Rivista: EngHydroEnv Geology Giornale di Geologia Applicata; Volume: 12; pp.: 173-184; ISBN: 1826-1256* *Corniello A., Ducci D., Aquino A. (2010) - Hydrogeological map of the Monti Picentini Regional Park (southern Italy) at 1: 50,000 scale. In stampa su Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata.*
su riviste straniere con referee	*5*	*Capri E., Civita M., Corniello A., Cusimano G., De Maio M., Ducci D., Fait G., Fiorucci A., Hauser S., Offi M., Pisciotta A., Pranzini G., Trevisan M., Vassallo M., Delgado Huertas A., Ferrari F., Frullini R., Nisi B., Vaselli O. and Vassallo M. (2009) Assessment of nitrate contamination risk: The Italian experience. Journal of Geochemical Exploration, Elsevier, doi:10.1016/j.gexplo.2009.02.006. 43 pp.* *Carini F. (2009). Radionuclide transfer to fruit in the IAEA TRS 364 Revision. JOURNAL OF ENVIRONMENTAL RADIOACTIVITY, vol. 100; p. 752-756, ISSN: 0265-931X* *Pinardi, M., Bartoli, M., Longhi, D., Marzocchi, U., Laini, A., Ribaudo, C., Viaroli, P.; 2009; Benthic metabolism and denitrification in a river reach: A comparison between vegetated and bare sediments; Rivista: Journal of Limnology; Volume: 68; pp.: 133-145.* *Ducci D. 2010; Aquifer Vulnerability Assessment Methods: The Non-Independence of Parameters Problem; Rivista: J. Water Resource and Protection; Volume: 2; pp.: 298-308* *Ducci D., De Simone S., Sellerino M. (2010) - 3d lithostratigraphic model as support for development of a groundwater flow model: the Sarno plain (Italy) case study. In stampa su Italian Journal of Engineering Geology and Environment.*
su altre riviste italiane	*3*	*Frullini R. & Pranzini G.(2008) - L'indice di pericolo d'inquinamento delle falde da nitrati di origine civile (I.P.N.O.C.). Rendiconti online Soc. Geol. It., 84° Congresso Nazionale, Sassari 15-17 Sett. 2008, Vol. 3 (2) (2008), 399-400.* *Contino A., Cusimano G., Bova P. & Gatto A. (2010) - La valle dell'Oreto. Aspetti geologico-geomorfologici, idrogeologici e vegetazionali di un bacino della Sicilia nord-occidentale. Regione Siciliana - A. R. F. D., Università degli Studi di Palermo - Dip.di Geologia e Geodesia, Acc. Med. Euracea di Scienze, Lettere e Arti - onlus, Termini Imerese, Collana Sicilia Foreste n. 46 216 pp., 26 figg., 9 tabb., Industria grafica Sarcuto, Agrigento (ISSN 1972-1641).* *Corniello A. (2010). Considerazioni sulle caratteristiche idrochimiche delle falde nelle aree flegrea e vesuviana. In: V. Morra, D. Calcaterra (eds.). Montagne di Fuoco - Rischi e risorse in aree vulcaniche (Vesuvio ed Etna). p. 125-138, Napoli: Luciano Editore, Napoli, ISBN/ISSN: 9788860261182*
su altre riviste straniere	*2*	*Ducci D.; 2009; The combined usage of gis and geo-indicators for evaluating and mapping groundwater pollution risk; Volume: Proceeding of the 6th European Congress on Regional Geoscientific Cartography Systems EUREGEO; pp.: 148-151* *Corniello A., Ducci D., Sellerino M. (2010). Hydrostratigraphical setting and groundwater quality status in alluvial aquifers: the low Garigliano River Basin (Southern Italy), case study. pp.197 - 203 IAH Congress Groundwater Quality Sustainability - 12-17 September 2010 Krakow*
comunicazioni a convegni/congressi internazionali	*3*	*Vigna B., Fiorucci A. (2009). Tinopal BCF and sodic fluoresceina: a comparision between two artificial tracers.. In: Epitome, Volume 3, 2009. Rimini, Italy, 9-11 settembre, ISBN/ISSN: 1972-1552* *Corniello A., Ducci D. (2009) - Sea water intrusion in the coastal part of the Volturno Plain aquifer. VII Forum di Scienze della Terra - Geoitalia 2009 - Rimini.* *Corniello A., Ducci D., Sellerino M. (2010) - Hydrostratigraphical setting and groundwater quality status in alluvial aquifers: the low Garigliano River Basin (southern Italy) case study. XXXVIII Congresso Internazionale dell'IAH (Cracovia 12-17/09/2010).*
comunicazioni a convegni/congressi nazionali	*12*	*Frullini R. & Pranzini G. (2008) - L'indice di pericolo d'inquinamento delle falde da nitrati di origine civile (I.P.N.O.C.). Cong. Soc. Geol. It., Sassari 15-17 Sett. 2008* *CORNIELLO A., DUCCI D., TRIFUOGGI M., ROTELLA M., RUGGIERI G. (2010). Idrogeologia ed idrogeochimica della Piana compresa tra il M.te Massico ed il F. Volturno (Campania). Cong. Soc. Geol. It., Sassari 15-17 Sett. 2008*

		CORNIELLO A., F. BAISTROCCHI (2009). Riflessioni sui risultati del monitoraggio piezometrico condotto negli anni 2007/2008 dall'Autorità di bacino del Sarno. Congresso Nazionale dell'AIGA (Associazione Italiana di Geologia Applicata e Ambientale) - S. Giovanni Valdarno (AR) (25-27/02/2009). *Pisciotta A., Contino A., Cusimano G. & Favara R. (2010) - Groundwater quality assessment of Palermo Mts. 85° Congresso della Società Geologica Italiana, "L'Appennino nella Geologia del Mediterraneo Centrale", Pisa, 6.8 settembre 2010. Rendiconti online Società Geologica Italiana, 85° Congresso Nazionale.* *Cimino A., Corniello A., Ducci D., Oieni A. (2010) - Analysis of the possibility of parameters reduction in SINTACS method. 85° Congresso Nazionale Società Geologica, settembre 2010, Pisa, Rendiconti Online della Società Geologica Italiana, vol I, 163-164.* *Corniello A., Ducci D., Monti G.M. (2010) - Overview of the hydrogeology of the "Conca di Acerno" (SA). 85° Congresso Nazionale Società Geologica, settembre 2010, Pisa, Rendiconti Online della Società Geologica Italiana, vol I, 165-166.* *Ducci D., Sellerino M. (2010) - Natural background concentrations for some ions in groundwater of the Campania region. 85° Congresso Nazionale Società Geologica, settembre 2010, Pisa, Rendiconti Online della Società Geologica Italiana, vol II, 466-467.* *Laini A., Bartoli M., Trevisan M., Capri E. "Fontanili" pollution by agricultural derived nitrates. 24-26 Febbraio 2010, Ancona, Incontro dei dottorandi e post-doc di analisi dei Sistemi Acquatici ed Ecologia.* *Laini A., Bartoli M., Soana E., Capri E., Castaldi S., Trevisan M., Viaroli P. Analisi idrochimiche di fontanili in aree soggette ad elevata pressione antropica: considerazioni sul riciclo e la dissipazione dell'azoto nitrico e sull'emissione di gas ad effetto serra, Bolzano, 15 -18 Settembre 2009 XIX Congresso S.It.E (Società Italiana di Ecologia).* *Laini, Capri, Zanetti, Trevisan: 2010: Pollution in lowland springs of northern Italy. XXVIII Convegno SICA. Piacenza, settembre 2010.* *Fait, Ferrari, Botteri, Ferrari, Capri, Trevisan, 2010. Nitrati nelle acque di falda superficiale in campi di mais nella pianura padana. XVIII Convegno SICA. Piacenza settembre 2010.* *Cattani I., Boccelli R. L'acqua dei fontanili: risultati dei monitoraggi chimici e biologici. La fascia dei fontanili: primi passi per un piano d'azione, Crema, 25 Settembre 2010.*
rapporti interni	*10*	*ottobre 2009 - ottobre 2010*
brevetti depositati	*0*	
TOTALE	**41**	

Per ogni campo di testo max 8.000 caratteri spazi inclusi

Data 15/12/2010 12:15 Firma .....

Si autorizza alla elaborazione e diffusione delle informazioni riguardanti i programmi di ricerca presentati ai sensi del D. Lgs. n. 196/2003 del 30.6.2003 sulla "Tutela dei dati personali". La copia debitamente firmata deve essere depositata presso l'Ufficio competente dell'Ateneo.