

le, che circola nelle vulcaniti sabatine nella zona settentrionale e nelle formazioni sedimentarie quaternarie nella parte meridionale (complesso vulcanico-sedimentario). È stata considerata generalmente libera, anche se è nota la presenza di modeste localizzate falde sospese soprattutto nei livelli vulcanici (che aumenterebbero il grado di protezione della falda di base).

Area tolfetano-cerite

Nella zona tolfetano-cerite, all'estremità nord-orientale dell'area affiorano formazioni riferibili al complesso flyschoidale, con permeabilità d'insieme molto bassa. I termini carbonatici ed arenacei possono essere permeabili per fratturazione ed essere sede di modeste circolazioni idriche discontinue e di interesse locale, che rappresentano quindi un obiettivo secondario ai fini di questo studio. Sul complesso flyschoidale poggiano le vulcaniti acide degli apparati tolfetano e cerite, che ospitano le falde principali della zona. Il deflusso avviene ai margini delle strutture al contatto con i sottostanti flysch, ma le sorgenti sarebbero in buona parte mascherate dai detriti che circondano la base dei rilievi. L'acquifero tolfetano drena verso NE ad alimentare sorgenti nel bacino del Mignone; la zona di emergenza di quello Cerite sarebbe in corrispondenza del bordo orientale dell'apparato (VENTRIGLIA, 1988-90).

Acquiferi dei depositi sedimentari plio-quaternari

All'estremità meridionale dell'area i depositi vulcanici sabatini si rastremano e l'erosione mette in affioramento nei talweg le formazioni quaternarie del Paleo-Tevere che, nei livelli più permeabili delle sabbie e ghiaie, contengono delle falde con profondità generalmente non elevata, utilizzate a scopo prevalentemente irriguo, ma anche potabile, domestico e zootecnico.

La fascia occidentale del territorio che affaccia sul litorale tirrenico può essere divisa in due parti:

- il settore a Nord di S. Severa, in cui i rilievi flyschoidali della Tolfa si spingono fino quasi alla linea di riva e i depositi quaternari sono poco rappresentati;
- il settore fra Fiumicino e S. Severa dove si individua una vasta area colmata dai depositi olocenici e pleistocenici.

Il settore settentrionale costituisce un'estensione dell'area della Tolfa già descritta in precedenza, di modesto interesse ai fini dell'idrogeologia regionale.

Il settore compreso fra Fiumicino e S. Severa è al contrario sede di falde fortemente utilizzate, particolarmente per scopo irriguo, ma anche potabile. L'idrodinamica di quest'area è relativamente complessa, a causa delle forti modifiche subite

a seguito dell'opera di bonifica condotta nelle pianure di Pagliete e Maccarese, a Sud di Ladispoli, per cui il bilancio idrico risente delle adduzioni dal Tevere effettuate per scopo irriguo.

Si distinguono gli affioramenti dei depositi sabbioso-ghiaiosi pleistocenici con permeabilità medio-alta che possono essere sede di falde di un certo interesse, e i depositi argilloso-limosi con intercalazione di sabbie, ghiaie e torbe di tipo fluvio-deltizio, che nonostante la bassa permeabilità possono ospitare modeste riserve in pressione (BRUNAMONTE *et alii*, 1986) con facies idrochimiche riducenti. In corrispondenza della duna costiera si identifica una falda freatica di buona qualità ma con scarsa o nulla capacità di protezione.

Acquifero carbonatico del Monte Soratte

Il Monte Soratte costituisce l'unico affioramento delle formazioni carbonatiche meso-cenozoiche di facies umbro-sabina che si estendono al di sotto delle coperture vulcaniche e flyschoidali. Non sono note sorgenti importanti (VENTRIGLIA, 1988-90). BRUNAMONTE *et alii*, (1986) indicano un deflusso delle acque sotterranee verso SE, parallelamente all'asse dell'idrostruttura, con quote della superficie freatica di poco superiori ai 100 m s.l.m., mentre la freaticimetria proposta da Ventriglia è compresa fra i 150 e 200 m s.l.m.

4. - ASSETTO DEL TERRITORIO E FONTI POTENZIALI DI INQUINAMENTO

4.1. - GENERALITÀ

L'area oggetto dello studio comprende 30 comuni con una superficie territoriale di circa 2000 km² (tab. 1) ed una popolazione residente di oltre 810.000 abitanti, prevalentemente localizzata nei centri urbani, litorali e periacuali.

La superficie agricola utilizzata (SAU) rappresenta oltre il 37% dell'intera superficie territoriale con presenza di una relativamente intensa zootecnia, riferita prevalentemente ai settori degli ovini e del pollame.

L'industria idroesigente occupa circa 11.000 addetti concentrati nelle attività economiche della produzione di energia, degli alimentari e bevande e della fabbricazione di prodotti in metallo.

Le pressioni antropiche sul territorio, di diretto interesse per l'apprezzamento del livello di contaminazione al quale sono potenzialmente esposte le acque sotterranee, sono state valutate mediante il metodo indiretto dei carichi inquinanti potenziali (di tipo organico ed eutrofizzante) che prevede la trasformazione in unità o indici di carico (kg/a per l'azoto e n° ab equivalenti per i

carichi organici) delle fonti di generazione degli inquinanti attraverso opportuni coefficienti numerici.

Tale metodo consente di ottenere, come noto, valutazioni sintetiche e comparative con valenza soprattutto a livello pianificatorio, che peraltro rimangono soggette a verifiche da condurre sul territorio soprattutto per quanto riguarda le caratteristiche reali dei sistemi di depurazione e di smaltimento dei rifiuti.

La metodologia impiegata è stata da tempo standardizzata nella procedura e nei valori numerici dall'IRSA (BARBIERO *et alii*, 1991), anche alla luce dei recenti aggiornamenti (BARBIERO, 2004).

I dati statistici comunali utilizzati relativi alla popolazione, industria, uso del suolo e allevamenti si riferiscono ai più recenti Censimenti Generali Istat della "Popolazione e delle Abitazioni" e dell' "Industria e dei Servizi" (2001) e dell' "Agricoltura" (2000).

4.2. - STIMA DEI CARICHI INQUINANTI POTENZIALI

Sono stati calcolati i carichi potenziali di azoto derivanti dal suolo coltivato, dalla zootecnia e dal comparto urbano-industriale per ogni Comune.

In particolare, la stima dei carichi di azoto derivanti dal suolo coltivato è stata ottenuta sulla base dei fertilizzanti azotati distribuiti per ha di superficie concimabile (a livello provinciale); quella relativa al comparto urbano-industriale è stata ottenuta in base alla Popolazione residente e agli Addetti all'industria, utilizzando degli opportuni coefficienti di trasformazione (BARBIERO, 2004).

Riguardo ai carichi potenziali organici, si sono considerate come fonti potenziali di inquinamento organico la Popolazione residente, gli Equivalenti Industriali e gli Equivalenti Zootecnici. Per il comparto industriale sono stati applicati coefficienti specifici delle diverse attività economiche, al fine di convertire gli addetti alla produzione in abitanti equivalenti.

I valori specifici dei carichi derivanti dai comparti agricolo e zootecnico sono stati calcolati in rapporto alla SAU (Superficie Agricola Utilizzata), mentre quelli derivanti dal comparto urbano-industriale sono stati rapportati alla superficie delle aree urbanizzate e industriali-produttive per ciascun Comune.

La distribuzione spaziale di entrambe le tipologie di stima è stata riferita alla copertura del suolo *Corine Land Cover* (CLC) per le aree ad uso agricolo e alle cartografie vettoriali della Regione Lazio (1994) per le aree industriali-produttive e della Provincia di Roma per le aree urbanizzate.

Successivamente alla conclusione delle valuta-

zioni descritte, APAT ha reso disponibile una carta dell'uso del suolo CLC in scala 1:100.000 più aggiornata (CLC, 2000) rispetto a quella utilizzata per la stima dei carichi. Le variazioni presenti tra la CLC utilizzata nella ricerca e l'ultima versione (CLC, 2000) interessano circa l'1 % (0,8 %) dell'area di studio, per cui non si è ritenuto opportuno procedere all'aggiornamento delle elaborazioni cartografiche relative ai carichi potenziali già stimati.

4.3. - DISCUSSIONE DEI RISULTATI

4.3.1. - Carico di azoto

I valori specifici calcolati per l'azoto proveniente da fonti diffuse (comparto agricolo-zootecnico) e puntuali (comparto urbano-industriale), espressi in kg/a/ha, sono rappresentati nelle figg. 5 e 6 suddivisi in 3 classi dimensionali (< 50; 51 - 150; > 150 kg/a/ha) e mostrati in tab. 2.

Riguardo al carico di azoto derivante dal suolo coltivato e dalla zootecnia (fig. 5), i valori specifici sono stati riferiti all'area dell'agricolo produttivo derivanti da CLC (classi: 2.1 Seminativi, 2.2 Colture permanenti, 2.4 Zone agricole eterogenee), in assenza di una base geografica specificamente relativa ai dati dell'Istat. Si osserva che in generale quest'area non coincide, come estensione, con quella fornita dall'ISTAT e risulta prevalentemente maggiore. Questo è dovuto a due motivi: 1) il censimento ISTAT è del 2000 mentre CLC risale al 1994 ed in questi anni la SAU si è notevolmente ridotta a favore delle aree urbane; 2) CLC deriva da un'interpretazione di immagini da satellite alla scala 1:100.000 con aggregazione in poligoni di 25 ha minimo, quindi con una scala molto piccola non confrontabile con l'informazione derivante dal censimento.

L'azoto derivante dal suolo "agricolo non produttivo" (classi CLC: 2.3 Prati stabili; 3.1 Boschi; 3.2 zone con vegetazione arbustiva e/o erbacea), pari a 2 kg/a/ha, non è stato rappresentato sulla figura.

I valori specifici calcolati variano da 24 a 424 kg/a/ha. Valori inferiori a 50 kg/a/ha sono considerati poco significativi, mentre quelli al di sopra di 150 kg/a/ha sono stati ritenuti come elevati. Come riferimento si ricorda infatti che la direttiva sulla protezione delle acque dai nitrati di provenienza agricola (91/676/EEC) pone come obiettivo il limite massimo per lo spandimento di fertilizzanti di 170 kg/ha/a di N organico.

I valori più elevati (classe 3) si riscontrano ad Anguillara Sabazia e a Campagnano, mentre i più bassi (classe 1) nei Comuni del settore nord-orientale dell'area in studio. Il vasto territorio

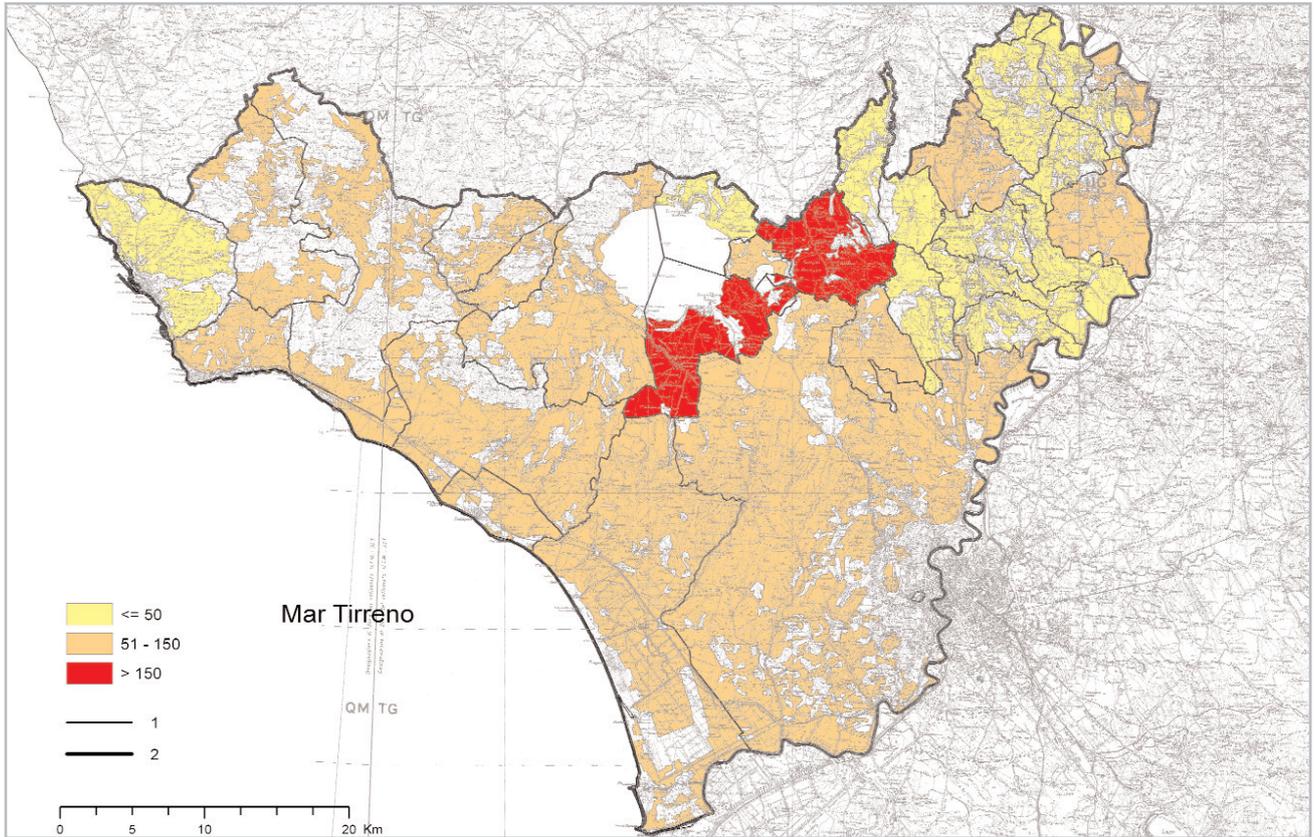


Fig. 5 - Carico specifico di azoto derivante dal suolo coltivato e dalla zootecnia. In legenda le classi in kg/a/ha. 1) Limiti comunali, 2) limite area di studio.
 - Specific nitrogen load from cultivated fields and cattle breeding. In the legend classes are expressed in kg/y/ha. 1) Administrative boundaries; 2) study area boundary.

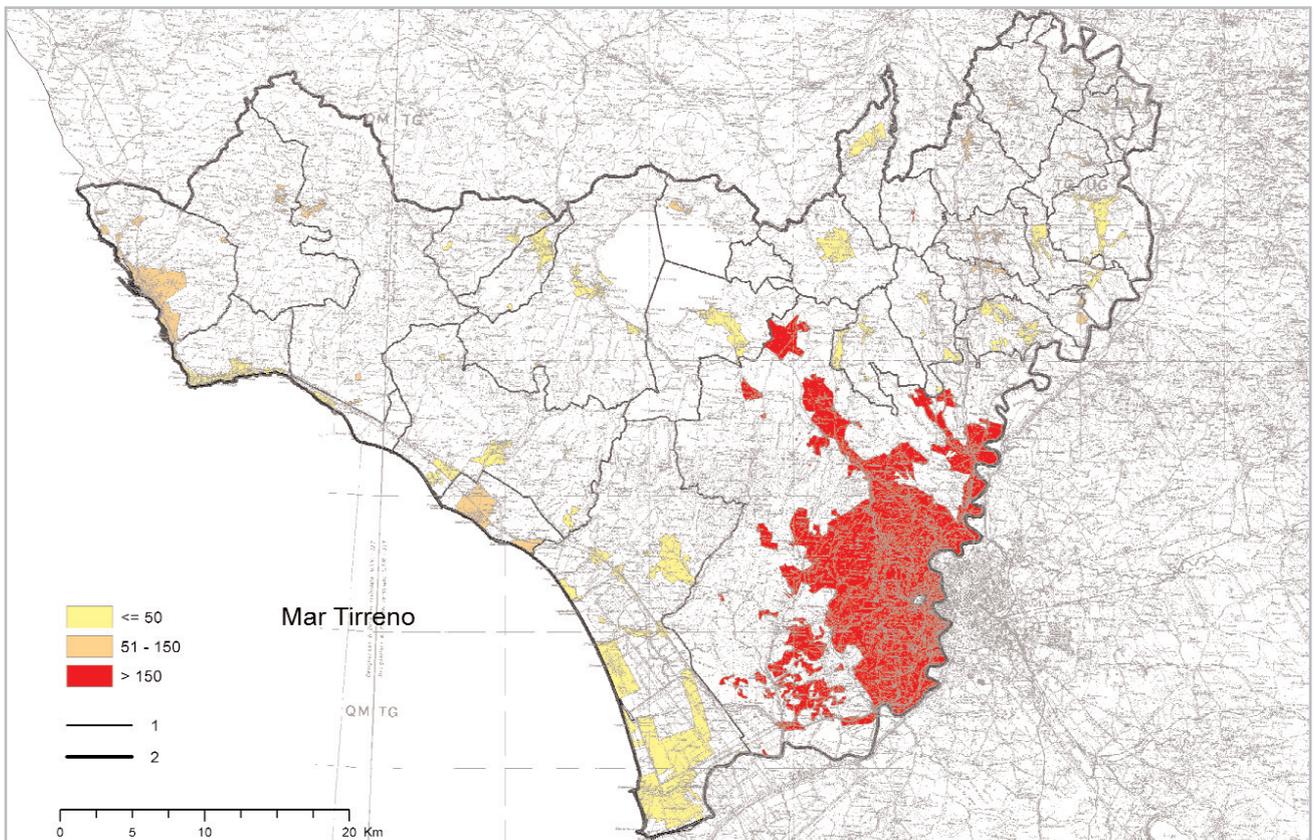


Fig. 6 - Carico specifico di azoto derivante dal comparto urbano-industriale. In legenda le classi in kg/a/ha. 1) Limiti comunali; 2) limite area di studio.
 - Specific nitrogen load from urban and industrial sectors. In the legend classes are expressed in kg/y/ha. 1) Administrative boundaries; 2) study area boundary.

TAB. 2 - Carichi specifici di azoto per Comune, derivanti dal comparto zootecnico e suolo coltivato e dal comparto urbano-industriale. - Nitrogen specific loads at municipal level from cattle breeding and cultivated fields and urban-industrial sectors.

	agricolo-zootecnico (kg/a/ha)	urbano-industriale (kg/a/ha)
ALLUMIERE	137	98
ANGUILLARA SABAZIA	442	37
BRACCIANO	122	49
CAMPAGNANO DI ROMA	228	22
CANALE MONTERANO	65	47
CAPENA	32	24
CASTELNUOVO DI PORTO	27	53
CERVETERI	55	47
CIVITAVECCHIA	26	59
CIVITELLA SAN PAOLO	29	51
FIANO ROMANO	61	22
FILACCIANO	56	57
FIUMICINO	132	12
FORMELLO	64	45
LADISPOLI	120	55
MAGLIANO ROMANO	33	162
MANZIANA	67	23
MAZZANO ROMANO	39	10
MORLUPO	24	93
NAZZANO	44	89
PONZANO ROMANO	34	46
RIANO	28	13
RIGNANO FLAMINIO	56	90
ROMA	60	348
SACROFANO	42	41
SANTA MARINELLA	63	33
SANT'ORESTE	26	139
TOLFA	63	55
TORRITA TIBERINA	111	51
TREVIGNANO ROMANO	39	73
media	77	65

agricolo dei Comuni di Roma e Fiumicino ricade in classe 2 così come quello dei comuni del versante tirrenico (escluso Civitavecchia).

Per la valutazione del carico specifico di azoto derivante dal comparto urbano-industriale (fig. 6), i valori specifici sono stati rappresentati sulle aree urbanizzate (Provincia di Roma, 1994) e su quelle industriali e produttive (fonte: SIRA), compresa la vasta area aeroportuale di Fiumicino e le aree estrattive (fonte: CLC94).

Nella figura spicca l'area urbano-industriale di Roma, in cui il valore calcolato supera largamente la soglia di 150 kg/a/ha (348 kg/a/ha); valori intermedi caratterizzano i Comuni di Civitavecchia e Ladispoli sulla costa, Allumiere, Tolfa, ed una serie di piccole aree nei Comuni del settore orientale. Nel Comune di Magliano Romano il valore specifico elevato (161 kg/a/ha) è dovuto al fatto che il carico totale viene rapportato ad una ridottissima area urbano-produttiva.

4.3.2. - Carico organico

I valori specifici calcolati per il carico organico (abitanti equivalenti /ha) proveniente da fonti diffuse (comparto zootecnico) e puntuali (comparto urbano-industriale) sono mostrati in figura 7 e figura 8 ("Carichi organici specifici derivanti dalla zootecnia" e "Carichi organici specifici derivanti dal comparto urbano-industriale") suddivisi in 3 classi dimensionali (< 10; 11 - 50; > 50 ab_equiv/ha) e in tabella 3.

Analogamente a quanto esposto per la distribuzione del carico di azoto, i valori specifici dei carichi organici derivanti dal comparto zootecnico sono stati calcolati in rapporto alla SAU, mentre i carichi organici derivanti dal comparto urbano-industriale sono stati rapportati alla superficie complessiva delle aree urbanizzate e produttive per ciascun Comune.

Per quello che riguarda i carichi organici di provenienza zootecnica (fig. 7) i valori calcolati sono piuttosto modesti e variano da 3 a 16 ab_equiv/ha SAU, con il valore più elevato in corrispondenza di Anguillara Sabazia. Valori più elevati sono stati ottenuti per i carichi di provenienza urbano-industriale (fig. 8), dove si fa manifesta la presenza dell'agglomerato urbano di Roma con 109 ab_equiv/ha, mentre per gli altri Comuni i valori calcolati si mantengono generalmente molto al di sotto dei 50 ab_equiv/ha.

5. - ATTIVITÀ SPERIMENTALI E ELABORAZIONE DEI DATI RELATIVI

5.1. - GENERALITÀ

La programmazione delle attività sperimentali sui punti d'acqua ha avuto come fase preparatoria l'acquisizione dei dati disponibili presso i diversi Enti pubblici operanti sul territorio. Purtroppo si è rilevato che nell'area di studio non esiste un censimento organico e completo dei punti d'acqua. Gli unici riferimenti erano relativi al censimento dei pozzi effettuato a seguito del