



Monografia / 3

Zone vulnerabili ai nitrati di origine agricola



Redazione

Dott.ssa Alessandra
Santucci
Dott. Angiolo Martinelli
Dott. Giacomo Bodo
Dott. Paolo Stranieri
Dott. Nicola Morgantini
Dott.ssa Sonia Renzi
Dott. Marco Vizzari

Contributi**Validazione**

Dott. Giancarlo Marchetti

Verifica

Dott. Giancarlo Marchetti
Dott. Alberto Micheli
Dott. Adriano Zavatti

Versione:
Gennaio 2006

1.	INTRODUZIONE.....	1
2.	SINTESI	2
3.	STATO DELLE CONOSCENZE PREGRESSE	3
3.1	Le carte di vulnerabilità degli acquiferi.....	3
3.1.1	<i>Vulnerabilità degli acquiferi della Valle Umbra</i>	<i>3</i>
3.1.2	<i>Vulnerabilità degli acquiferi della Alta Valle del Tevere</i>	<i>4</i>
3.1.3	<i>Vulnerabilità degli acquiferi della Conca Ternana</i>	<i>4</i>
3.1.4	<i>Vulnerabilità degli acquiferi della Conca Eugubina</i>	<i>4</i>
3.1.5	<i>Uniformazione delle legende delle Carte di Vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento</i>	<i>5</i>
3.2	Il monitoraggio dei nitrati nelle acque sotterranee ombre.....	5
3.3	Il Progetto Life Petrignano	8
4.	PRIMA INDIVIDUAZIONE DELLE ZONE VULNERABILI AI NITRATI.....	11
5.	CARATTERISTICHE DELLE ZONE VULNERABILI E DELLE AREE CRITICHE PER IL TENORE IN NITRATI.....	11
5.1	Approfondimento delle conoscenze nelle zone vulnerabili e nelle zone critiche per il tenore in nitrati	11
5.1.1	<i>Attività di monitoraggio.....</i>	<i>11</i>
5.1.2	<i>Caratteristiche pedologiche</i>	<i>12</i>
5.1.3	<i>Uso agrozootecnico del territorio</i>	<i>13</i>
5.2	Settore orientale dell'Alta Valle del Tevere	14
5.2.1	<i>Caratteristiche litologiche e idrogeologiche</i>	<i>14</i>
5.2.2	<i>Caratteristiche pedologiche</i>	<i>14</i>
5.2.3	<i>Vulnerabilità agli inquinamenti</i>	<i>15</i>
5.2.4	<i>L'andamento dei nitrati.....</i>	<i>15</i>
5.2.5	<i>L'uso agrozootecnico del suolo</i>	<i>16</i>
5.3	Settore della Conca Eugubina prossimo all'abitato di Gubbio	17
5.3.1	<i>Caratteristiche litologiche e idrogeologiche</i>	<i>17</i>
5.3.2	<i>Caratteristiche pedologiche</i>	<i>18</i>
5.3.3	<i>Vulnerabilità agli inquinamenti</i>	<i>18</i>
5.3.4	<i>L'andamento dei nitrati.....</i>	<i>18</i>
5.3.5	<i>L'uso agrozootecnico del suolo</i>	<i>19</i>
5.4	Settore della Media Valle del Tevere tra Ponte S.Giovanni e Marsciano.....	20
5.4.1	<i>Caratteristiche litologiche e idrogeologiche</i>	<i>20</i>
5.4.2	<i>Caratteristiche pedologiche</i>	<i>21</i>
5.4.3	<i>Vulnerabilità agli inquinamenti</i>	<i>21</i>
5.4.4	<i>L'andamento dei nitrati.....</i>	<i>21</i>
5.4.5	<i>L'uso agrozootecnico del suolo</i>	<i>23</i>
5.5	Acquifero in destra del fiume Chiascio in Valle Umbra	24
5.5.1	<i>Caratteristiche litologiche e idrogeologiche</i>	<i>24</i>
5.5.2	<i>Caratteristiche pedologiche</i>	<i>24</i>
5.5.3	<i>Vulnerabilità agli inquinamenti</i>	<i>25</i>
5.5.4	<i>L'andamento dei nitrati.....</i>	<i>25</i>
5.5.5	<i>L'uso agrozootecnico del suolo</i>	<i>26</i>
5.6	Settore della Valle Umbra prossimo all'abitato di Assisi.....	27
5.6.1	<i>Caratteristiche litologiche e idrogeologiche</i>	<i>27</i>
5.6.2	<i>Caratteristiche pedologiche</i>	<i>27</i>
5.6.3	<i>Vulnerabilità agli inquinamenti</i>	<i>28</i>
5.6.4	<i>L'andamento dei nitrati.....</i>	<i>28</i>
5.6.5	<i>L'uso agrozootecnico del suolo</i>	<i>29</i>
5.7	Settore della Valle Umbra tra Spello e Trevi.....	30
5.7.1	<i>Caratteristiche litologiche e idrogeologiche</i>	<i>30</i>
5.7.2	<i>Caratteristiche pedologiche</i>	<i>31</i>
5.7.3	<i>Vulnerabilità agli inquinamenti</i>	<i>31</i>
5.7.4	<i>L'andamento dei nitrati.....</i>	<i>31</i>
5.7.5	<i>L'uso agrozootecnico del suolo</i>	<i>32</i>
5.8	Settore della Valle Umbra a nord di Spoleto	33
5.8.1	<i>Caratteristiche litologiche e idrogeologiche</i>	<i>33</i>
5.8.2	<i>Caratteristiche pedologiche</i>	<i>34</i>
5.8.3	<i>Vulnerabilità agli inquinamenti</i>	<i>34</i>
5.8.4	<i>L'andamento dei nitrati.....</i>	<i>34</i>
5.8.5	<i>L'uso agrozootecnico del suolo</i>	<i>36</i>
5.9	Bacino del Trasimeno	36
5.9.1	<i>Caratteristiche litologiche e idrogeologiche</i>	<i>36</i>

5.9.2	<i>Caratteristiche pedologiche</i>	37
5.9.3	<i>Vulnerabilità agli inquinamenti</i>	39
5.9.4	<i>L'andamento dei nitrati</i>	40
5.9.5	<i>L'uso agrozootecnico del suolo</i>	41
6.	PERIMETRAZIONE DELLE ZONE VULNERABILI AI NITRATI DI ORIGINE AGRICOLA	42
6.1	Zone Vulnerabili ai nitrati di origine agricola all'interno degli acquiferi alluvionali	42
6.2	Zona Vulnerabile ai nitrati di origine agricola del bacino del Lago Trasimeno	43
6.3	Ridefinizione delle Zone Vulnerabili ai nitrati della Regione Umbria	43
7.	BIBLIOGRAFIA	45
8.	CARTOGRAFIE TEMATICHE E DI SINTESI	47

1. INTRODUZIONE

Con la "Direttiva Nitrati" 91/676 del 12 dicembre 1991 per la "protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole", L'Unione Europea ha affrontato il problema dell'inquinamento diffuso da nitrati e ha delineato il percorso che ogni Stato membro doveva attuare per perseguire il duplice obiettivo di ridurre l'inquinamento idrico provocato o indotto dai nitrati provenienti da fonti agricole e impedire un ulteriore inquinamento.

L'individuazione delle "zone vulnerabili" e la predisposizione di "programmi d'azione" sono i passi fondamentali indicati dalla direttiva per la salvaguardia delle acque superficiali e profonde.

La Direttiva viene recepita nelle sue parti essenziali con il Decreto Legislativo 152/99 in cui l'art. 19 e l'allegato VII, dettano le modalità, i tempi e i criteri secondo i quali le Regioni devono, sentita l'Autorità di Bacino, procedere alla designazione e delimitazione delle "Zone vulnerabili da nitrati di origine agricola".

Per le zone individuate come vulnerabili le Regioni devono procedere alla definizione di specifici Programmi di Azione obbligatori per la tutela e il risanamento delle acque dall'inquinamento causato da nitrati di origine agricola, entro un anno dalla data di designazione, provvedendo, altresì, ad attuarli nei successivi quattro anni dalla definizione degli stessi.

Il Dlgs 152 del 1999 considera zone vulnerabili le zone di territorio che "scaricano direttamente o indirettamente composti azotati in acque già inquinate o che potrebbero esserlo in conseguenza di tali scarichi".

Le "acque inquinate" sono individuate, in base a tre criteri:

1. la presenza di nitrati o la loro possibile presenza ad una concentrazione superiore a 50 mg/L (espressi come NO_3) nelle acque dolci superficiali, in particolare quelle destinate alla produzione di acqua potabile;
2. la presenza di nitrati o la loro possibile presenza ad una concentrazione superiore a 50 mg/L (espressi come NO_3) nelle acque dolci sotterranee;
3. la presenza di eutrofizzazione oppure la possibilità del verificarsi di tale fenomeno nell'immediato futuro nei laghi naturali di acque dolci o altre acque dolci, estuari, acque costiere e marine.

Nell'individuazione delle zone vulnerabili, le Regioni devono tenere conto:

1. delle caratteristiche fisiche e ambientali delle acque e dei terreni che determinano il comportamento dei nitrati nel sistema acqua/terreno;
2. del risultato conseguibile attraverso i programmi d'azione adottati;
3. delle eventuali ripercussioni che si avrebbero nel caso di mancato intervento

Inoltre l'individuazione delle zone vulnerabili deve essere effettuata tenendo conto dei carichi (specie animali allevate, intensità degli allevamenti e loro tipologia, tipologia dei reflui che ne derivano e modalità di applicazione al terreno, coltivazioni e fertilizzazioni in uso) nonché dei fattori ambientali che possono concorrere a determinare uno stato di contaminazione.

Tali fattori dipendono:

- dalla vulnerabilità intrinseca delle formazioni acquifere ai fluidi inquinanti (caratteristiche litostrutturali, idrogeologiche e idrodinamiche del sottosuolo e degli acquiferi);
- dalla capacità di attenuazione del suolo nei confronti dell'inquinante (caratteristiche di tessitura, contenuto di sostanza organica ed altri fattori relativi alla sua composizione e reattività chimico-biologica);
- dalle condizioni climatiche e idrologiche;
- dal tipo di ordinamento colturale e dalle relative pratiche agronomiche.

2. SINTESI

Argomento di questa monografia è la Perimetrazione delle Zone Vulnerabili ai nitrati di origine agricola ai sensi del D.Lgs 152/99.

La Regione dell'Umbria, nel periodo 2002-2004, con successivi atti, ha designato le Zone vulnerabili ai nitrati di Petrignano di Assisi (DGR 1240/2002), di S.Martino in Campo (DGR 881/2003) e del bacino del Trasimeno (DGR 1090/2004).

Con gli stessi atti venivano individuate negli acquiferi dell'Alta Valle del Tevere, della Conca Eugubina e della Valle Umbra, altre zone critiche che dovevano essere oggetto di studi di approfondimento.

I risultati di tali studi hanno portato alla revisione delle Zone Vulnerabili già designate nonché alla perimetrazione di ulteriori Zone Vulnerabili con DGR 1201 del 19 luglio 2005.

Nella prima parte del presente lavoro viene presentato il quadro sintetico delle conoscenze pregresse con particolare riguardo alla vulnerabilità agli inquinamenti degli acquiferi e ai monitoraggi dei nitrati nelle acque sotterranee.

Nella seconda parte vengono presentate le attività di studio (monitoraggi e analisi) effettuate nel periodo 2003-2004, sia sulle aree vulnerabili che nelle aree critiche, finalizzate al completamento del quadro conoscitivo.

Nella terza parte, per ogni area di indagine, vengono descritte le caratteristiche litologiche e idrogeologiche, le caratteristiche pedologiche, l'andamento dei nitrati nelle acque e l'uso agrozootecnico del territorio.

La Monografia si completa con la presentazione della nuova perimetrazione delle Zone Vulnerabili ai nitrati approvata dalla Giunta Regionale con Delibera del 19 luglio 2005.

La perimetrazione delle zone vulnerabili ai nitrati ha tenuto conto dei seguenti elementi:

- geometria delle porzioni di acquifero in cui le acque sono risultate "inquinata" ovvero in cui è stata rilevata "presenza di nitrati o loro possibile presenza ad una concentrazione superiore a 50 mg/l (espressi come NO₃)",
- protezione dalla componente verticale della alimentazione (grado di vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento, capacità di attenuazione dei suoli, soggiacenza dell'acquifero)
- componente orizzontale della alimentazione (alimentazione dagli acquiferi laterali, alimentazione da corpi idrici superficiali)

Per il bacino del Lago Trasimeno, considerata la tendenza eutrofica del Lago, è stato considerato, inoltre, l'intero bacino di alimentazione.

Sono state perimetrate 6 Zone che comprendono al loro interno le Zone precedentemente individuate e si estendono in tutte le zone critiche indagate:

- Zona vulnerabile "Settore orientale dell'Alta Valle del Tevere",
- Zona vulnerabile "Gubbio",
- Zona vulnerabile "S.Martino in Campo" che comprende al suo interno la Zona vulnerabile omonima già dichiarata con DGR 881/2003;
- Zona vulnerabile "Petrignano d'Assisi" che comprende al suo interno la Zona vulnerabile omonima già dichiarata con DGR 1240/2002;
- Zona vulnerabile "Valle Umbra a sud del fiume Chiascio",
- Zona vulnerabile "Lago Trasimeno" che comprende l'intero bacino idrografico del lago già dichiarato zona vulnerabile con DGR 1090/2004.

3. STATO DELLE CONOSCENZE PREGRESSE

3.1 Le carte di vulnerabilità degli acquiferi

Nell'ambito del progetto VAZAR (Vulnerabilità Acquiferi ad Alto Rischio) della linea di Ricerca 4 del GNDCI - CNR a cui la Regione dell'Umbria ha partecipato in qualità di Unità Operativa 4.11 sono stati condotti una serie di studi finalizzati alla definizione della vulnerabilità all'inquinamento di quattro dei cinque principali acquiferi alluvionali:

- 1) Valle Umbra Nord;
- 2) Valle Umbra Sud;
- 3) Alta Valle del Tevere;
- 4) Conca Ternana;
- 5) Conca Eugubina.

Per l'acquifero della Media Valle del Tevere è stato condotto lo studio idrochimico preliminare.

Per ciascuno degli acquiferi indagati (Tav.1- Quadro di unione Carte di Vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento) è stata realizzata la Carta di Vulnerabilità degli Acquiferi all'Inquinamento in scala 1:25.000 (Marchetti, Martini, 1990; Marchetti, Martini, 1991; AA.VV., 1994; AA.VV., 1995; AA.VV., 1998).

In tali carte vengono distinte aree a diverso grado di vulnerabilità e ubicati tutti i fattori di pressione antropica. Questi sono stati acquisiti mediante il censimento dei produttori reali o potenziali di inquinamento, dei preventori o riduttori e dei principali soggetti a inquinamento secondo quanto previsto dalla legenda unificata della linea 4 del GNDCI. A corredo di tale indagine vengono presentate carte tematiche a piccola scala rappresentanti i risultati delle indagini geofisiche, idrologiche, idrochimiche.

In generale, gli acquiferi alluvionali umbri presentano:

- 1) un grado di vulnerabilità elevato o molto elevato in corrispondenza dei depositi fluviali senza consistenti protezioni superficiali, situazione più frequente nelle piane alluvionali;
- 2) un grado di vulnerabilità basso o medio in corrispondenza dei depositi fluviali in presenza di protezione superficiale, situazione che si verifica localmente in particolare nell'Alta Valle del Tevere;
- 3) un grado di vulnerabilità da medio a basso in corrispondenza dei depositi fluvio-palustri, situazione presente nella Valle Umbra Sud e nella Conca Eugubina.

Per quanto riguarda gli acquiferi situati ai bordi delle aree alluvionali possono essere distinti due casi più frequenti:

- 1) calcari fessurati e fasce detritiche pedemontane derivate dal loro disfacimento con grado di vulnerabilità alto;
- 2) depositi fluvio-lacustri con grado di vulnerabilità da medio a molto basso in funzione della granulometria.

3.1.1 Vulnerabilità degli acquiferi della Valle Umbra

La prima Carta di Vulnerabilità realizzata nella regione ha interessato la porzione settentrionale della Valle Umbra, sede dell'acquifero di Petrignano di Assisi. La Carta, pubblicata nel 1990, è stata realizzata sulla base di studi effettuati nel corso degli anni '80. Nel 1991 viene pubblicata la Carta di Vulnerabilità degli acquiferi della Valle Umbra Sud basata su studi effettuati prevalentemente tra la fine degli anni 80 e i primi degli anni '90.

Nella porzione valliva vengono individuati due acquiferi principali: l'acquifero freatico costituito da una spessa coltre di depositi alluvionali da grossolani a medi e l'acquifero in pressione di Cannara.

Il primo occupa gran parte dell'area valliva con massima estensione, nella parte settentrionale, in destra idrografica del fiume Chiascio (depositi del paleo alveo del fiume), e centrale, nella porzione tra Spello e Foligno (conoide del fiume Topino). A sud di Foligno occupa una fascia più ristretta lungo la parte orientale della valle. All'acquifero caratterizzato da buona permeabilità e mancanza di protezione superficiale, viene attribuita vulnerabilità elevata. Nella porzione settentrionale all'area del campo pozzi di Petrignano viene attribuita vulnerabilità molto elevata in considerazione del regime dinamico modificato dall'emungimento di circa 300 l/s destinati all'uso potabile.

All'acquifero in pressione di Cannara, che si estende nella porzione centro settentrionale dell'area indagata, viene attribuita vulnerabilità alta. L'acquifero infatti, benché virtualmente protetto dalla copertura poco permeabile, presenta una serie di collegamenti con la falda freatica sia verticali, per perdite naturali attraverso l'acquitarzo o tramite comunicazione idraulica dovuta ai pozzi che intercettano ambedue le falde, sia, in modo più significativo, laterali per contatto idraulico ai margini con l'acquifero freatico.

Nella Valle Umbra sud tutta la porzione occidentale della valle è occupata da depositi fluvio palustri fini sede di falde modeste superficiali, con soggiacenza in genere inferiore a due metri. A tali falde viene attribuito un grado di vulnerabilità medio. In un ampio settore al centro della valle all'altezza di Montefalco tali depositi presentano granulometria molto fine e gli viene attribuita vulnerabilità molto bassa.

A margine dell'area valliva vengono individuati acquiferi a diversa vulnerabilità. Nei depositi lacustri presenti lungo il margine occidentale e nord orientale della valle caratterizzati da permeabilità molto variabile, hanno sede falde acquifere poco consistenti a cui viene attribuito grado di vulnerabilità medio. Più esternamente sempre al margine occidentale e nord orientale sono presenti depositi del complesso marnoso arenaceo caratterizzato da scarsa circolazione sotterranea che si imposta nei livelli più permeabili per fratturazione. A queste falde viene attribuito un basso grado di vulnerabilità.

Al margine orientale della valle invece è presente una fascia detritica che è sede di una falda idrica in contatto idraulico sia con le formazioni calcaree sia con le alluvioni, cui viene attribuito grado di vulnerabilità alto. Più esternamente i calcari sono sede di un acquifero caratterizzato da elevata permeabilità secondaria cui viene attribuito un alto grado di vulnerabilità.

3.1.2 Vulnerabilità degli acquiferi della Alta Valle del Tevere

La Carta di Vulnerabilità degli acquiferi dell'Alta Valle del Tevere, pubblicata nel 1995, è stata realizzata sulla base di studi, monitoraggi e censimenti effettuati nei primi anni '90.

L'acquifero principale che occupa circa il 90% dell'area valliva è ospitato nei depositi alluvionali ghiaiosi e sabbiosi del fiume Tevere e dei suoi affluenti. Tale acquifero è privo di protezione superficiale e il fattore discriminante per definirne la vulnerabilità è la soggiacenza. In gran parte della valle lo spessore dell'insaturo è compreso tra 5 e 10 metri e all'acquifero viene attribuito grado di vulnerabilità elevato. Nei settori in cui la soggiacenza si riduce a valori inferiori a 5 metri viene attribuita vulnerabilità molto elevata mentre ai settori con soggiacenza maggiore di 10 metri vulnerabilità alta. Quest'ultima situazione si osserva in corrispondenza delle conoidi dei principali affluenti in sinistra idrografica.

In alcune aree della parte settentrionale della piana alluvionale sono presenti depositi a permeabilità medio bassa a cui viene associato un grado di vulnerabilità da medio a basso in funzione dello spessore dell'insaturo.

Ai margini dell'area valliva sono presenti litotipi caratterizzati da permeabilità medio basse e scarsa circolazione sotterranea. All'acquifero dei detriti, presenti prevalentemente lungo il bordo orientale della valle, viene assegnato basso grado di vulnerabilità a causa dell'elevato contenuto argilloso del deposito che ne riduce fortemente la permeabilità e la circolazione idrica.

Lungo il bordo occidentale e sud orientale affiorano invece depositi fluvio lacustri da grossolani a sottili che ospitano falde molto limitate a media vulnerabilità.

3.1.3 Vulnerabilità degli acquiferi della Conca Ternana

La Carta di Vulnerabilità degli acquiferi della Conca Ternana, pubblicata nel 1994, è relativa oltre che all'area valliva anche agli acquiferi della fascia pedemontana dei monti Martani e delle zone collinari e che bordano la Conca.

L'intera Conca nonché i tratti terminali delle valli dei principali affluenti del Nera sono occupate da una falda ospitata in materiali alluvionali da grossolani a medi con buona permeabilità senza alcuna protezione superficiale. La soggiacenza è inferiore a 5 metri nella parte centrale della valle e crescente verso i margini. A tale acquifero viene attribuito elevato grado di vulnerabilità. Al suo interno vengono distinte tre aree in prossimità del fiume Nera con vulnerabilità molto elevata in corrispondenza di campi pozzi uso idropotabile nei quali il pompaggio ha depresso la piezometrica al di sotto del livello del fiume.

Alle falde presenti nella fascia pedemontana dei monti Martani ospitate in depositi detritici e travertinosi viene attribuito un alto grado di vulnerabilità.

Nelle zone collinari a nord ovest e a sud della Conca prevalgono depositi sabbioso argillosi che ospitano modeste falde nelle porzioni più sabbiose cui viene attribuito basso grado di vulnerabilità. Arealmente più limitata la presenza di conglomerati fratturati sede di falde scarsamente produttive con vulnerabilità media. Infine, al limite occidentale dell'area di studio, sono presenti depositi argillosi con vulnerabilità molto bassa.

3.1.4 Vulnerabilità degli acquiferi della Conca Eugubina

La Carta di Vulnerabilità degli acquiferi della Conca Eugubina, pubblicata nel 1998, comprende oltre la parte valliva anche la struttura dei monti di Gubbio.

Nell'area valliva si individuano situazioni di vulnerabilità molto diverse tra l'area di affioramento dei depositi alluvionali e quella di depositi più fini di origine fluvio lacustre.

I depositi alluvionali affiorano principalmente nel settore settentrionale in un'ampia area prospiciente la struttura calcarea dei monti di Gubbio. Qui viene individuata una fascia a ridosso della struttura montuosa caratterizzata da depositi da grossolani a medi senza alcuna protezione con vulnerabilità elevata e una seconda fascia, con depositi da medi a fini, cui viene assegnata vulnerabilità alta.

Nel settore meridionale depositi alluvionali occupano aree poco estese. Sono presenti lungo una fascia ristretta al margine orientale la cui vulnerabilità viene indicata come media, lungo l'asta del torrente Saonda, cui viene attribuita vulnerabilità alta, e al margine sud lungo la valle del Chiascio, con vulnerabilità elevata.

La rimanente parte del settore meridionale, nonché la fascia occidentale di quello settentrionale, è occupata da depositi fluvio lacustri fini e localmente molto fini che ospitano falde scarsamente produttive parzialmente protette da suoli con bassa permeabilità e caratterizzate da acque naturalmente scadenti. A queste falde viene attribuita vulnerabilità da bassa a molto bassa.

La struttura calcarea dei monti di Gubbio ospita acquiferi permeabili per fratturazione a vulnerabilità alta. Agli acquiferi della fascia pedemontana, caratterizzata da depositi detritici e detritico alluvionali, viene attribuita vulnerabilità elevata. Al suo interno viene distinta l'area di Raggio cui viene assegnato grado di vulnerabilità molto elevato in considerazione del regime idrodinamico modificato dai prelievi ad uso potabile. Tutta l'area oggetto della carta, infine, è bordata da litotipi marnoso argillosi appartenenti a diverse formazioni geologiche, caratterizzati da ridotta circolazione sotterranea, cui viene assegnata vulnerabilità bassa.

3.1.5 Uniformazione delle legende delle Carte di Vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento

Nell'ambito del Progetto ICRI (Informatizzazione delle Cartografie del Rischio d'Inquinamento) del CNR-GNDCI, è stata effettuata l'uniformazione delle legende delle Carte di vulnerabilità all'inquinamento realizzate nel territorio nazionale. Il lavoro, ancora in corso, ha previsto una fase di analisi delle caratteristiche delle classi di vulnerabilità delle carte realizzate e dei criteri di interpretazione dei dati litologici, idrogeologici, chimici e antropici. Sulla base di questa analisi è stata messa a punto una legenda unificata che prevede 6 gradi di vulnerabilità (bassissimo, basso, medio, alto, elevato, estremamente elevato) e che è stata applicata alle Carte di Vulnerabilità sopra descritte (Tav.2 Carte di Vulnerabilità degli acquiferi agli inquinamenti).

3.2 Il monitoraggio dei nitrati nelle acque sotterranee ombre

Per le caratteristiche idrogeologiche e idrochimiche dei principali corpi idrici sotterranei della regione si rimanda alle monografie n.2: "Caratteristiche dei corpi idrici sotterranei" e n.13: "Stato di Qualità Ambientale dei corpi idrici sotterranei", allegate al Piano.

Come ampiamente descritto nelle monografie citate il più diffuso problema di inquinamento riscontrato fino ad oggi nelle acque sotterranee ombre è rappresentato dalla elevata concentrazione in nitrati.

Tale problematica, già individuata in alcune aree sin dai primi studi effettuati a metà degli anni '70, è stata oggetto nel tempo di attività di ricerca in tutti gli acquiferi umbri.

Le due aree storicamente conosciute per le elevate concentrazioni in nitrati nelle acque sotterranee sono il settore dell'acquifero della Valle Umbra lungo la conoide del fiume Chiascio (Petrignano d'Assisi), caratterizzato da un intenso regime idrodinamico indotto dai prelievi per approvvigionamento idropotabile e da una significativa presenza di attività agricole, e quello dell'acquifero della Media Valle del Tevere nella zona di S.Martino in Campo (a sud di Perugia) che nei decenni precedenti è stato interessato da intensa attività zootecnica e pratica diffusa di fertirrigazione.

In base al quadro conoscitivo precedente alla attivazione del monitoraggio periodico ai sensi del DLgs 152/99 si evidenziava comunque che il problema dei nitrati interessava in maniera diversa tutti gli acquiferi alluvionali umbri.

In particolare due sono i fattori che intervengono nella distribuzione del fenomeno.

Il primo, legato a cause naturali, comporta che le maggiori criticità si osservano nelle porzioni di acquifero meno consistenti e permeabili, mentre le aree caratterizzate da migliori caratteristiche idrogeologiche e da scambi idraulici con le acque superficiali riescono a "smaltire naturalmente" i carichi provenienti dalla superficie. E' il caso delle zone idraulicamente collegate agli alvei superficiali in Conca Ternana e nell'Alta Valle del Tevere, o che risentono dell'alimentazione laterale da strutture idrogeologiche contigue come si verifica in Conca Eugubina e nella porzione sudorientale della Valle Umbra sud. Tali scambi idraulici consentono di mantenere i tenori in nitrati entro limiti non troppo elevati. Quando invece la situazione è naturalmente meno favorevole, come si verifica in Media Valle del Tevere, l'accumulo di nitrati in falda diventa elevato.

Il secondo fattore è invece legato all'attività antropica e determina le maggiori criticità nelle aree dove le pressioni sia quantitative (prelievi) sia qualitative (pratiche agricole con apporto di concimi azotati, fertirrigazione) sono intense. Ne è un esempio la Valle Umbra nord.

Nel 1998, nell'ambito del Progetto Interregionale PRISMAS, sono state attivate reti di monitoraggio in tutti i principali acquiferi della regione, sulle quali sono state effettuate campagne di monitoraggio quali quantitativo con cadenza trimestrale negli anni 1998-1999. A seguito dell'entrata in vigore del D.Lgs 152/99 questi reticoli, ottimizzati sulla base dei risultati delle prime campagne, sono confluiti nella rete regionale di controllo dei corpi idrici sotterranei significativi sulla quale viene semestralmente effettuato il campionamento per la determinazione di tutti i parametri richiesti dalla norma: tra questi i nitrati. Si dispone pertanto di una serie di dati di concentrazione dei nitrati nelle acque sotterranee omogenei per un quinquennio.

I risultati confermano che il problema di elevate concentrazioni in nitrati delle acque sotterranee interessa in misura diversa tutti gli acquiferi alluvionali significativi. Bassi tenori in nitrati sono, invece, caratteristici delle acque degli acquiferi carbonatici. Per l'acquifero vulcanico, interessato dal monitoraggio solo a partire dal 2003, i dati disponibili non forniscono ancora un quadro esaustivo.

Per illustrare l'andamento nel tempo del contenuto in nitrati nei vari acquiferi alluvionali viene mostrato il diagramma del valore della mediana di ogni campagna per ogni acquifero. Tale scelta è motivata dal fatto che la mediana fornisce una buona stima della tendenza centrale della popolazione e che, rispetto alla media aritmetica, è meno influenzata dalla presenza di valori anomali.

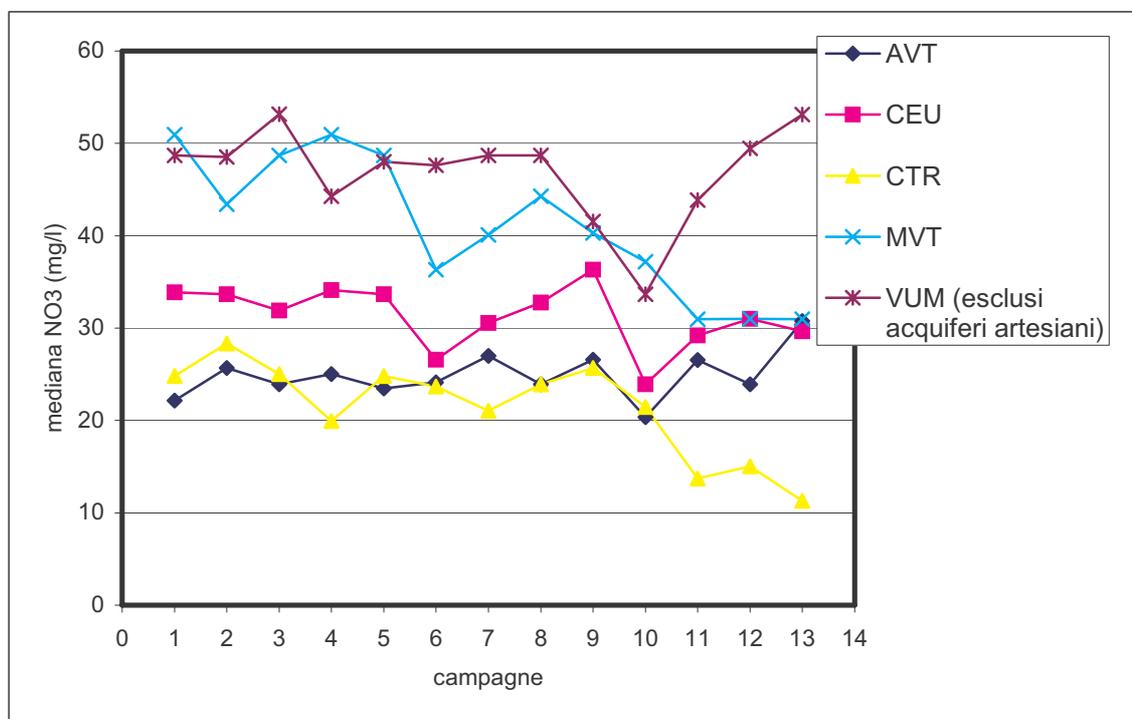


Fig.1 - Andamento della mediana della concentrazione di nitrati nel periodo 1998-2003.

I trend più significativi che si osservano riguardano gli acquiferi della Media Valle del Tevere e della Conca Ternana per i quali si osserva una diminuzione dei nitrati a partire dal 2000. L'acquifero della Conca Eugubina mostra variazioni che non sembrano legate ad un trend di crescita o diminuzione e sono necessarie ulteriori campagne di misura per verificare se sono presenti andamenti di tipo ciclico.

Infine, gli acquiferi della Valle Umbra e dell'Alta Valle del Tevere mostrano una crescita in nitrati abbastanza marcata a partire dal 2001. L'eventuale presenza di un trend pluriennale deve essere verificata con i dati delle prossime campagne. Per il calcolo della mediana degli acquiferi della Valle Umbra sono stati considerati solo i campioni dell'acquifero freatico escludendo quelli prelevati sui pozzi che captano l'acquifero artesiano di "Cannara", caratterizzato da bassissime concentrazioni in nitrati.

La distribuzione areale delle concentrazioni dei nitrati consente di individuare le aree critiche all'interno degli acquiferi alluvionali (Tav.3-9).

Il dato rappresentato nelle tavole è la media del tenore in nitrati calcolata sui dati del monitoraggio nei pozzi della rete regionale effettuato nel periodo 1998-2002 per un totale di 12 determinazioni.

In Alta Valle del Tevere la porzione centrale della valle (Tav.3- Distribuzione delle concentrazioni in nitrati nell'acquifero della Alta Valle del Tevere), che risente dell'effetto diluizione da parte della ricarica dal fiume Tevere, presenta bassi tenori in nitrati con valori medi per lo più inferiori a 25 mg/l. Allontanandosi dall'alveo verso le porzioni laterali dell'acquifero, i tenori in nitrati aumentano gradualmente. I maggiori valori si osservano nella fascia orientale della valle dove le caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero sono più scadenti (minore permeabilità). In questa fascia si rilevano valori medi eccedenti il limite di 50 mg/l con valori puntuali sempre inferiori a 80 mg/l.

In Conca Eugubina la distribuzione areale del tenore in nitrati mostrata nella tavola allegata (Tav.4 - Distribuzione delle concentrazioni in nitrati nell'acquifero della Conca Eugubina) è di difficile interpretazione. I range di concentrazione utilizzati sono troppo ampi per consentire di illustrare la variabilità areale. L'analisi dei dati mostra tuttavia che i valori più bassi sono presenti nella fascia di acquifero prossima alla struttura dei Monti di Gubbio che risente della alimentazione dall'acquifero carbonatico. Nella parte a nord ovest di Gubbio si verifica un graduale aumento della concentrazione dei nitrati allontanandosi dalla struttura

carbonatica. Simile ma meno evidente l'andamento nella porzione a sud est di Gubbio. Se si tiene presente che, nello spirito del decreto, sono da tenere in considerazione come soglia di criticità non solo i valori superiori a 50 mg/l ma anche quelli che pur essendo inferiori tendono al superamento di questa soglia, la compromissione può essere considerata diffusa.

L'acquifero della Media Valle del Tevere nel tratto a nord di Perugia presenta tenori medi in nitrati inferiori a 50 mg/l con i valori più bassi in prossimità del fiume Tevere (Tav. 5 - Distribuzione delle concentrazioni in nitrati nell'acquifero della Media Valle del Tevere a nord di Perugia).

La porzione a sud di Perugia, invece, presenta una diffusa contaminazione da nitrati che ne determina la classificazione chimica ai sensi del D.Lgs 152/99 come acque scadenti per impatto antropico. In questo acquifero si sommano due fattori negativi: caratteristiche idrogeologiche che favoriscono l'accumulo in falda degli inquinanti ed elevato carico antropico prevalentemente legato alle attività agricole e zootecniche. Il tenore in nitrati in gran parte dell'acquifero supera la concentrazione media di 50 mg/l. Le minori concentrazioni vengono rilevate lungo il fiume Tevere, nel tratto centrale della valle (Tav. 6 - Distribuzione delle concentrazioni in nitrati nell'acquifero della Media Valle del Tevere a sud di Perugia).

La situazione più critica è quella dell'area in destra idrografica del Tevere compresa tra Perugia e Torgiano storicamente conosciuta per questa problematica, la zona denominata S.Martino in Campo. L'area è nota per essere stata oggetto di intensa attività zootecnica, in particolare l'allevamento dei suini, i cui reflui venivano utilizzati come ammendanti agricoli sui terreni autorizzati alla fertirrigazione. Tale attività negli ultimi anni è stata ridotta. Nei pozzi di questa zona la concentrazione in nitrati si mantiene per lo più tra 75 e 125 mg/l (Fig.2). Si osserva inoltre il trend di riduzione della concentrazione in nitrati a partire dal 2000 già osservato nell'andamento della mediana calcolata sui dati dell'intero acquifero.

Fanno eccezione le acque dei pozzi situati in prossimità del fiume Tevere che presentano concentrazioni sensibilmente inferiori, non mostrano il trend sopra osservato e presentano variabilità dei valori molto ampia presumibilmente dipendente dall'andamento delle piogge e quindi dalla variazione di rapporto tra la componente verticale (piogge) e laterale (fiume) nella ricarica di questa porzione dell'acquifero.

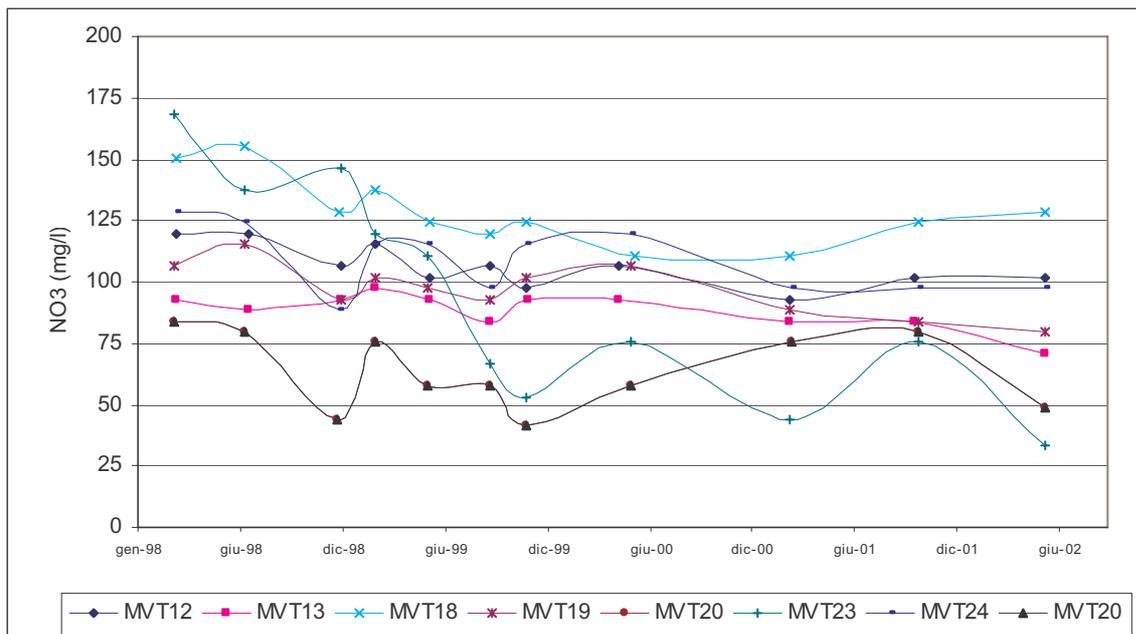


Fig.2 - Andamento dei nitrati nella zona di S.Martino in Campo (Media Valle del Tevere)

L'acquifero freatico della Valle Umbra presenta una diffusa compromissione delle caratteristiche qualitative delle acque per la presenza di elevati tenori in nitrati.

Ampi settori della Valle sono caratterizzati da concentrazione in nitrati costantemente sopra a 50 mg/l (Tav.7 - Distribuzione delle concentrazioni in nitrati nell'acquifero freatico della Valle Umbra). Primo fra tutti il già citato acquifero di Petrignano di Assisi, altre zone sono individuabili vicino ad Assisi, all'altezza di Spello e Foligno e nella Valle Umbra Sud.

La criticità dell'acquifero di Petrignano di Assisi è determinata dal fatto di essere un acquifero ad elevata vulnerabilità sottoposto a forti prelievi e soggiacente un'area con intensa attività agricola con utilizzo di concimi azotati. I valori in nitrati delle acque in questa zona sono sempre superiori a 50 mg/l e per alcuni pozzi si mantengono costantemente tra 100 e 150 mg/l (Fig.3).

Nella fascia in prossimità del fiume Chiascio le concentrazioni in nitrati sono mediamente inferiori indicando un effetto di diluizione da parte della ricarica orizzontale dalle acque del Chiascio povere in nitrati.

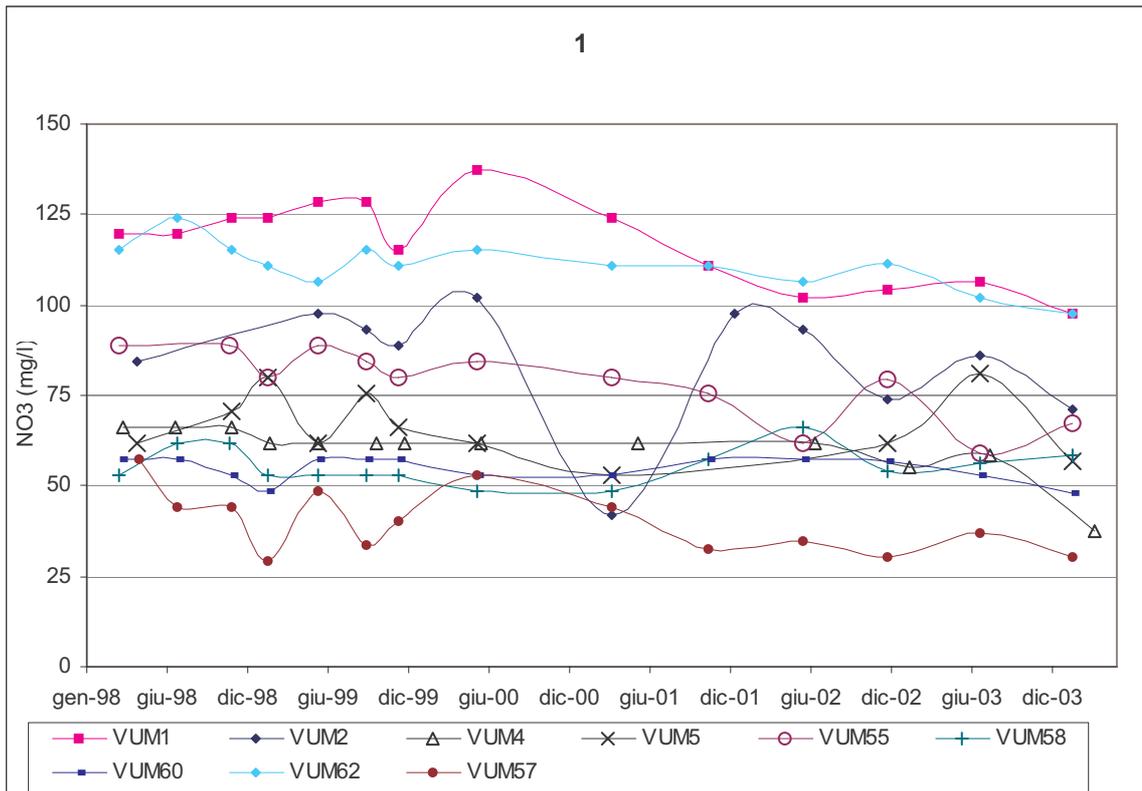


Fig.3- Andamento dei nitrati nella zona di Petrignano di Assisi (Valle Umbra)

I pozzi che captano l'Acquifero artesiano dell'area di Cannara presentano in generale un basso contenuto in nitrati (Tav.8 - Distribuzione delle concentrazioni in nitrati nell'acquifero in pressione di Cannara). Questo sia per la presenza di condizioni riducenti nelle acque sia per l'effetto di protezione della copertura che ostacola l'ingresso di inquinanti in falda. Solo lungo il margine orientale dell'acquifero artesiano si hanno indizi di contaminazione da inquinanti tra cui i nitrati legata alla alimentazione laterale dall'acquifero freatico della paleoconoide del Topino evidenziata anche dai dati idrodinamici

Per quanto attiene l'acquifero della Conca Ternana, area a vocazione prevalentemente industriale, si riscontrano concentrazioni medie in nitrati eccedenti i 50 mg/l (con valori puntuali raramente superiori a 70 mg/l) solo in alcuni pozzi situati nella fascia pedemontana dei Monti Martani (Tav.9 - Distribuzione delle concentrazioni in nitrati nell'acquifero della Conca Ternana). Questi captano un acquifero detritico scarsamente permeabile, caratterizzato solo da alimentazione verticale non beneficiando della ricarica laterale della struttura carbonatica.

I valori più bassi si osservano lungo il fiume Nera per effetto di diluizione indotto dalla ricarica del fiume, effetto evidente per tutti i contaminanti dell'acquifero della Conca Ternana.

3.3 Il Progetto Life Petrignano

L'area di Petrignano di Assisi è stata oggetto di un progetto dimostrativo Life-Ambiente finanziato dalla Commissione Europea nell'anno 2001, con il cofinanziamento della Regione Umbria e la partecipazione di ARUSIA e dell'allora Consorzio Acquedotti Perugia (oggi Umbria Acque) dal titolo "Sistemi integrati di gestione dell'area di Petrignano: nuovi modelli contro l'inquinamento da nitrati".

Il Progetto, oggi nella sua fase finale, ha promosso una metodologia integrata di gestione del territorio che consenta il recupero qualitativo della falda acquifera, attraverso la definizione di appropriati modelli sostenibili a livello sociale, economico ed ambientale. L'intervento ha sostenuto la diffusione nell'area di misure agro-ambientali (agricoltura biologica, agricoltura con ridotto uso di input chimici, impiego di colture intercalari, introduzione di rotazioni di lunga durata), nella ricerca di un'inversione di tendenza dell'attuale assetto colturale, passando da un atteggiamento curativo (trattamento delle acque destinate all'uso potabile) ad uno preventivo (minore contaminazione).

L'area di Petrignano è stata individuata considerato il ruolo strategico delle acque sotterranee nell'approvvigionamento idropotabile della regione, tale da rendere determinante il loro recupero qualitativo attraverso la ricerca di un nuovo approccio nella gestione del territorio interessato. Dal campo pozzi di

Petrignano d'Assisi infatti sono utilizzati circa 300 l/s d'acqua destinata al consumo umano. Tale risorsa costituisce il 40% di quella distribuita da Umbria Acque, per un bacino d'utenza di 240.000 abitanti presenti nell'area del perugino.

Il bacino di ricarica dell'acquifero nella stessa piana alluvionale ha un'estensione di circa 2400 ettari; la zona insatura ha uno spessore medio di 20 metri mentre lo spessore dell'acquifero è di circa 80 metri.

L'analisi della problematica della contaminazione delle acque di falda, elaborata mediante modelli di simulazione del trasporto dei nitrati in falda (RIF. BIBL.), ha messo in evidenza che scenari produttivi ottimali consentono una riduzione dei carichi azotati distribuiti di circa il 30 % a cui corrisponde una diminuzione dell'azoto residuo (lisciviato in falda) di circa il 50 %. Il sottosuolo è in grado di rispondere efficacemente ed in tempi sufficientemente brevi ad una nuova situazione agricola (3-4 anni) come illustrato nel grafico.

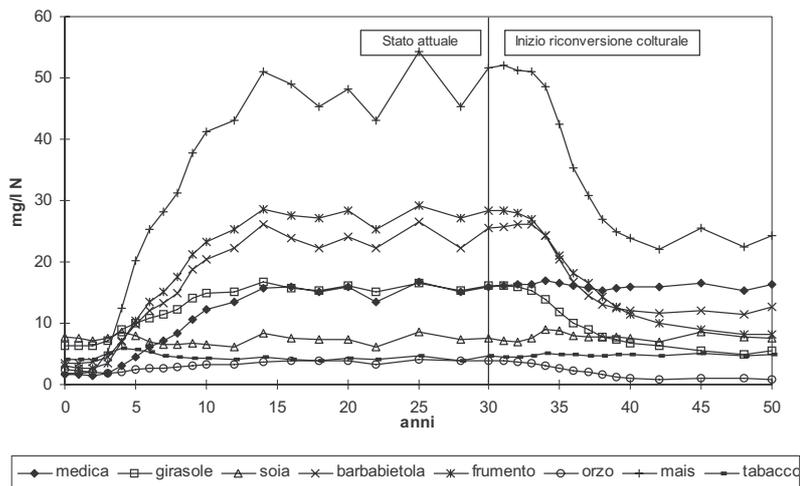


Fig.4 -

La fase operativa del progetto è stata preceduta da un'accurata analisi delle pratiche agricole nella zona d'intervento, basata su studi pregressi, interviste a campione di tecnici e produttori e elaborazione dei dati derivanti dalle domande PAC seminativi per il triennio 2000/02.

Nell'area, avente un'estensione di circa 2.400 ettari, le colture prevalenti sono risultate i cereali invernali, mais e girasole. Per quanto attiene le pratiche agronomiche, veniva dichiarato un quantitativo medio di unità di azoto per ettaro inferiore alle dosi di riferimento previste dal Codice di Buona Pratica Agricola. L'apporto di azoto derivava prevalentemente dall'uso di nitrato ammonico e urea in copertura e da fosfato biammonico nelle concimazioni in pre-semina, effettuate nella quasi totalità dei processi produttivi rilevati.

Nell'area inoltre veniva applicato il Regolamento CEE 2078/92, misura A1.1 (riduzione di concimi), su circa 740 ettari, pari al 32% del totale delle superfici.

Queste informazioni, rapportate agli elevati livelli di nitrati presenti nelle acque profonde, confermavano che per ridurre l'impatto di questi elementi sono necessari un impegno di lungo periodo e modalità di concimazione più restrittive rispetto a quelle in uso, intervenendo in maniera integrata non solo sugli apporti di concime, ma sull'insieme delle tecniche produttive impiegate.

Il primo anno dell'attività dimostrativa ha interessato circa 10 ettari di superficie e prevalentemente le colture del frumento e del mais. Ogni campo dimostrativo è stato suddiviso in 2-3 parcelle test, di dimensioni variabili, sulle quali vengono attuate differenti pratiche colturali e differenti dosaggi di concimazione.

Sono stati allestiti 7 campi dimostrativi su grano, 3 di frumento tenero e 4 di frumento duro, con superfici di diversa ampiezza. Ogni appezzamento è stato suddiviso in tre porzioni, in ciascuna delle quali sono state applicate riduzioni di concime azotato in ragione del 30, 40 e 50% rispetto alle indicazioni del Codice di Buona Pratica Agricola. Nelle parcelle non è stata fatta alcuna concimazione azotata al momento della semina, bensì in copertura in fase d'accestimento della coltura (fine gennaio), quindi in concomitanza della fase d'inizio levata (fine marzo). Si è proceduto in questo modo per fornire nutrimento solo in periodi d'effettivo fabbisogno per lo sviluppo delle piante, evitando che l'azoto somministrato rimanesse inutilizzato nel terreno. Oltre agli appezzamenti a grano sono state allestite 4 prove dimostrative su mais, una su tabacco e una su erba medica.

Nel corso dei controlli svolti durante il ciclo vegetativo delle diverse colture non si sono rilevate condizioni di particolare sofferenza delle piante, né evidenti ritardi o differenze di sviluppo vegetativo sia tra porzioni di ciascun appezzamento, sia tra vari campi dimostrativi e testimoni.

Al fine di verificare gli effetti della sperimentazione sulle acque sono state istituite reti di monitoraggio dei nitrati nel suolo e in falda.

Il sistema di monitoraggio è costituito da stazioni per la misura in continuo del contenuto idrico del suolo ed il campionamento delle acque di percolazione fino a 6 metri di profondità e stazioni per la misura in continuo del livello di falda, temperatura e conducibilità dell'acqua. I lisimetri e i piezometri sono stati campionati mensilmente a partire da dicembre 2002, per l'analisi delle specie azotate.

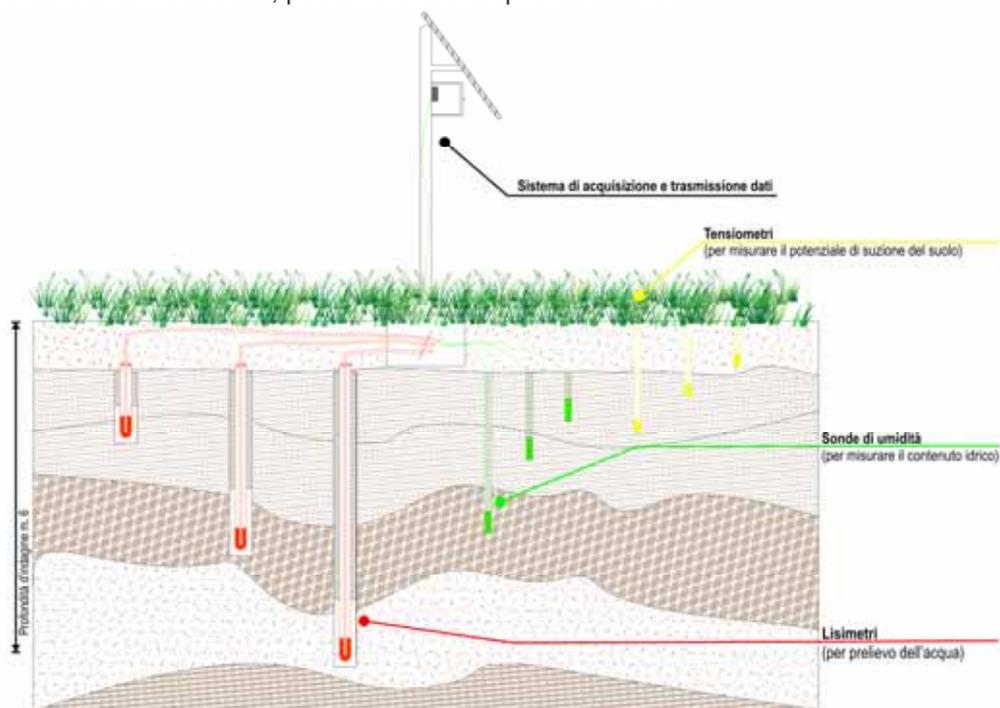


Fig.5 – Schema di una stazione di monitoraggio dei nitrati nel suolo

In tutta l'area oggetto dello studio è stata istituita inoltre una rete di monitoraggio dei nitrati in falda costituita di 30 pozzi sui quali sono state eseguite semestralmente la misura del livello di falda e la determinazione del tenore in nitrati.

In considerazione del particolare andamento climatico nel periodo 2002-2003 in cui le precipitazioni sono state inferiori alla media e concentrate nel periodo estivo, e della natura prevalente dei suoli, nel primo semestre 2004 nella maggior parte delle stazioni di monitoraggio i dati rivelavano ancora l'effetto delle conduzioni agronomiche del periodo 2001-2002 e il minor carico azotato immesso nella stagione agricola 2002/2003.

Nella figura vengono mostrati i risultati del monitoraggio dei nitrati nelle acque di percolazione in un campo dimostrativo, a confronto con periodo di concimazione e stato agronomico del terreno.

• STAZIONE S107: Andamento culturale e concimazioni (Kg/ha di azoto)

2001		2002										2003													
Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr	Mai	Giù	Lug	Agos	Set	Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr	Mai	Giù	Lug	Agos	Set	Ott	Nov	Dic
↓	↓	↓	↓	72	↓	161	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	40	108	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Arato		Mais-Irr.goccia										Arato		Mais-Irr.goccia											

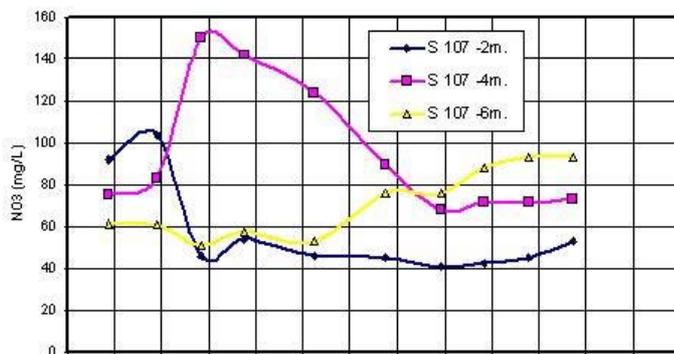


Fig.6 - Evoluzione dei tenori in nitrati delle acque circolanti nel suolo in relazione alle attività agricole ed alle precipitazioni (le frecce: kg/ha di azoto apportato)

4. PRIMA INDIVIDUAZIONE DELLE ZONE VULNERABILI AI NITRATI

La prima individuazione delle Zone vulnerabili ai nitrati di origine agricola è stata effettuata tenendo conto di quanto previsto in due recenti atti di pianificazione regionale in materia di acque:

- L'Aggiornamento del Piano regionale delle Acque che individuava come Zone vulnerabili ai nitrati le aree di Petrignano di Assisi nella Valle Umbra e di S. Martino in Campo in Media Valle del Tevere.
- Il Piano Stralcio del lago Trasimeno, corpo idrico dichiarato sensibile per le condizioni trofiche, che individuava come Zona vulnerabile ai nitrati l'intero bacino di alimentazione del Lago.

Con DGR 1240 del settembre del 2002 l'area di Petrignano di Assisi è stata designata e perimetrata come zona vulnerabile ai nitrati ai sensi del decreto. L'area perimetrata si estende per una superficie di 1.880 ettari in destra idrografica del Chiascio nel tratto tra Pianello e Bastia.

Con DGR 881 del giugno del 2003 viene designata l'area di S.Martino in Campo, estesa per 3.302 ettari in destra idrografica del fiume Tevere nel tratto tra Ponte San Giovanni e Deruta. Con gli stessi atti venivano individuate negli acquiferi dell'Alta Valle del Tevere, della Conca Eugubina e della Valle Umbra, altre zone critiche che dovevano essere oggetto di studi di approfondimento.

L'intero bacino del Trasimeno viene infine dichiarato Zona vulnerabile ai nitrati con DGR 1090 del 2004.

5. CARATTERISTICHE DELLE ZONE VULNERABILI E DELLE AREE CRITICHE PER IL TENORE IN NITRATI

5.1 Approfondimento delle conoscenze nelle zone vulnerabili e nelle zone critiche per il tenore in nitrati

5.1.1 Attività di monitoraggio

Nel corso del 2003 sono stati attivati studi di approfondimento sia nelle zone già dichiarate vulnerabili ai nitrati sia in quelle che, in base ai risultati del monitoraggio regionale, erano risultate critiche per il tenore in nitrati nelle acque sotterranee ai fini della loro perimetrazione.

Gli studi sono stati effettuati in sette aree all'interno delle valli alluvionali:

- il settore orientale dell'Alta Valle del Tevere tra gli abitati di S.Giustino e di Città di Castello,
- il settore della Conca Eugubina prossimo all'abitato di Gubbio,
- il settore dell'acquifero della Media Valle del Tevere in destra idrografica del fiume nel tratto tra Ponte S.Giovanni e Marsciano, comprendente la Zona vulnerabile di S.Martino in Campo,
- l'acquifero in destra idrografica del fiume Chiascio, nella parte settentrionale della Valle Umbra, comprendente la Zona Vulnerabile di Petrignano di Assisi,
- la zona a sud est dell'abitato di Assisi in Valle Umbra,
- la fascia centrale della Valle Umbra tra gli abitati di Spello e Trevi,
- l'area a nord di Spoleto nella parte meridionale della Valle Umbra.

In queste aree sono stati istituite reti di monitoraggio locale costituite da complessivi 308 pozzi sulle quali sono state effettuate quattro campagne di monitoraggio nei periodi luglio-agosto 2003, settembre-ottobre 2003, luglio agosto 2004, ottobre 2004 con determinazione della concentrazione in nitrati delle acque e misura del livello piezometrico. La zona vulnerabile di Petrignano di Assisi era già oggetto di monitoraggio periodico dei nitrati nell'ambito del Progetto LIFE limitatamente all'area già perimetrata.

Le reti di monitoraggio comprendono i 77 punti già appartenenti alla rete di monitoraggio regionale e ricadenti all'interno delle aree in studio e i 38 punti della rete locale della zona vulnerabile Petrignano d'Assisi. A questi sono stati aggiunti 223 nuovi punti.

Tab.1 – Reti di monitoraggio dei nitrati

Acquifero	Area in studio	Num. Punti Rete locale	Num. Punti Rete regionale	Num. Punti totale Reti di monitoraggio
Alta Valle del Tevere	Settore orientale	18	8	26
Conca Eugubina	Settore prossimo all'abitato di Gubbio	20	6	26

Acquifero	Area in studio	Num. Punti Rete locale	Num. Punti Rete regionale	Num. Punti totale Reti di monitoraggio
Media Valle del Tevere	P.S.Giovanni - Marsciano	60	22	82
Valle Umbra	Acquifero in destra del fiume Chiascio	53	7	60
Valle Umbra	Settore prossimo all'abitato di Assisi	10	6	16
Valle Umbra	Settore tra Spello e Trevi	50	19	69
Valle Umbra	Settore a nord di Spoleto	20	9	29

Il bacino del Lago Trasimeno è stato oggetto nel 2003 di una prima indagine finalizzata alla caratterizzazione idrochimica e idrogeologica degli acquiferi in cui è stato effettuato il censimento di 130 pozzi distribuiti sull'intero bacino idrografico con densità maggiore nella porzione pianeggiante del bacino (0.5-1/km²) e minore nelle porzione collinare. Nel periodo novembre 2003-gennaio 2004 è stato effettuato il campionamento delle acque con determinazione degli ioni principali, delle specie azotate, ferro, manganese, fluoruri e litio. In base ai risultati della prima indagine la porzione del bacino ad ovest e a sud del lago è stata individuata come critica per il tenore in nitrati delle acque sotterranee e su questa è stata istituita la rete di monitoraggio locale costituita di 30 punti sulla quale sono state effettuate due campagne nel corso del 2004 con determinazione dei nitrati e misura del livello piezometrico.

I dati acquisiti con l'attività di monitoraggio sono stati sottoposti ad elaborazione statistica e geostatistica. Come metodi grafici di analisi statistica descrittiva dei dati di concentrazione dei nitrati sono stati utilizzati i diagrammi a scatola (box and whiskers plot), gli istogrammi di frequenza e le curve di probabilità cumulativa, utili a mostrare la dispersione dei dati intorno alla mediana (misura di tendenza centrale), a comparare tra loro differenti distribuzioni e ad individuare la presenza di popolazioni diverse.

Le carte della distribuzione di nitrati sono state realizzate utilizzando l'algoritmo di calcolo sgsim (Simulazioni Sequenziali Gaussiane) contenuto nel software GSLIB (Deutsch and Journel, 1998). L'idea di base delle "simulazioni" è quella di generare un set di rappresentazioni (carte) equiprobabili e alternative della distribuzione di un attributo, tutte riprodotte i parametri statistici (media e deviazione standard) e l'andamento spaziale (variogramma) dei dati sperimentali. L'insieme di tutte le rappresentazioni e le loro differenze costituiscono in se una rappresentazione dell'incertezza associata alla mappatura del parametro (Rautman and Istock, 1996). La differenza tra le diverse rappresentazione di uno stesso parametro ci fornisce una misura dell'incertezza, e quindi dell'attendibilità, della trazione geostatistica dei dati. Tanto più i dati sono rappresentativi della situazione reale e il modello spaziale è accurato, minore sarà la differenza tra le diverse realizzazioni. Il contenuto in nitrati delle acque sotterranee delle aree indagate è stato calcolato secondo una griglia di calcolo con maglie di 40.000 m², cioè sulla base dei dati sperimentali è stato calcolato un valore simulato del contenuto in nitrati delle acque ogni 200 m.

La simulazione procede per step:

- Normalizzazione della variabile;
- Definizione del modello della variabilità spaziale: calcolo del variogramma;
- Calcolo dei valori del contenuto in nitrati nei nodi della griglia di calcolo dove non sono presenti dati sperimentali. Ogni qualvolta un valore viene calcolato viene integrato nel dataset ed utilizzato nel calcolo.
- Ripetendo la simulazione seguendo dei percorsi di calcolo diversi (calcolando con ordine diverso i diversi punti dello spazio) si ottengono diverse rappresentazione equiprobabili e alternative.

Nel caso specifico delle carte del contenuto medio di nitrati, queste sono state ottenute mediando punto per punto 100 differenti rappresentazioni. Le simulazioni così ottenute sono state post-processate per ottenere le carte finali.

I dati piezometrici relativi alla campagna di campionamento di Giugno 2004, infine, sono stati elaborati mediante l'utilizzo del "kriging" come metodo di interpolazione spaziale dei dati per ricostruire, per ciascuna area critica lo spessore del non saturo e l'andamento della piezometrica.

5.1.2 Caratteristiche pedologiche

Il suolo riveste una funzione fondamentale nella protezione del sistema delle acque profonde e superficiali dai fenomeni di inquinamento. Esso condiziona la dinamica dell'acqua, dei soluti e, in generale, delle sostanze che in vario modo ad esso pervengono. Le proprietà del terreno influiscono sui fenomeni che intervengono nel trasporto di tali sostanze dal piano di campagna alla superficie della falda. In particolare, le caratteristiche del suolo condizionano: l'entità dell'infiltrazione, la velocità e il percorso del flusso idrico, i processi chimici e biologici a carico delle sostanze inquinanti.

Il suolo, attraverso tali meccanismi, spesso caratterizzati da elevata complessità e variabilità spazio-temporale, può rallentare la percolazione degli inquinanti verso le acque profonde e può contribuire, in varia misura, alla riduzione della concentrazione di queste sostanze. La capacità di attenuazione di un suolo nei

confronti degli inquinanti si riferisce a questo effetto di filtro-barriera che viene esercitato a protezione delle risorse idriche sotterranee.

Nel valutare tale capacità è necessario tenere in considerazione molteplici proprietà pedologiche, spesso direttamente o indirettamente correlate: fattori topografici e uso del suolo, proprietà fisiche come permeabilità, granulometria, struttura, caratteristiche idrologiche, profondità del suolo e proprietà chimiche come contenuto in sostanza organica, acidità, capacità di scambio cationico.

Alcune di tali proprietà rivestono un ruolo fondamentale nel determinare la capacità protettiva del terreno.

Ai fini dell'individuazione delle aree vulnerabili risulta importante procedere ad una valutazione del potere protettivo del terreno nei confronti degli inquinanti. Tale valutazione richiederebbe l'applicazione di modelli parametrici basati su tecniche assimilabili a quelle utilizzate nelle procedure di analisi multicriteri la cui implementazione richiederebbe numerosi dati di dettaglio attualmente non disponibili.

In questa sede è possibile quindi procedere ad un'analisi delle caratteristiche generali dei tipi pedologici presenti nelle aree oggetto di studio, facendo riferimento alla bibliografia e alle cartografie già disponibili, ed effettuare delle prime valutazioni in merito alla capacità di attenuazione delle differenti tipologie di suolo con riferimento alle principali caratteristiche pedologiche. Sulla scorta di tali valutazioni è stato effettuato un primo tentativo di classificazione dei suoli secondo tre livelli di capacità protettiva: elevata, moderata, bassa. In alcuni casi, la variabilità delle caratteristiche pedologiche delle unità individuate nella cartografia disponibile, o il limitato livello di dettaglio delle informazioni utilizzabili, ha reso incerta la determinazione della classe di capacità protettiva.

Il maggiore dettaglio dell'informazione si ha per il bacino del Lago Trasimeno. Le caratteristiche pedologiche di questa area, infatti, risultano ampiamente descritte all'interno delle varie pubblicazioni prodotte dal Dipartimento di Scienze Agroambientali e della Produzione vegetale, Sezione di Geopedologia, Università degli Studi di Perugia. Il livello di dettaglio dell'informazione è da ritenersi sufficiente per le finalità di questo lavoro.

Per le altre aree studiate, sono risultate disponibili cartografie meno dettagliate e informazioni meno puntuali. Anche in questo caso, si è fatto principalmente riferimento alle pubblicazioni del Dipartimento di Scienze Agroambientali e della Produzione vegetale, Sezione di Geopedologia, Università degli Studi di Perugia. In particolare sono stati impiegati la Cartografia dei Paesaggi pedologici e dei suoli dell'Umbria in scala 1:200.000 e l'Archivio dei profili pedologici. Per ciascuna area in esame, oltre a una lettura delle macroaree riportate in cartografia, sono stati individuati alcuni profili rappresentativi della realtà pedologica locale facendo riferimento all'archivio suddetto. In tal modo si è cercato di ovviare, almeno in parte, all'elevato grado di generalizzazione della cartografia 1:200.000. Sulla base dei dati a disposizione è stato fatto un primo tentativo di attribuzione della classe di capacità di attenuazione. Purtroppo il limitato livello di dettaglio delle informazioni disponibili rende tali attribuzioni del tutto indicative.

5.1.3 Uso agrozootecnico del territorio

Nel corso del 2004 è stato attivato lo studio dell'uso del suolo in agricoltura finalizzato alla valutazione dei carichi azotati.

I dati sulle colture agricole praticate nelle aree di studio sono stati tratti dalle PAC seminativi relativi all'anno 2003. Tali dati sono stati resi disponibili dalle Associazioni dei Produttori umbri (CIA, Confagricoltura e Coldiretti), e contengono la destinazione colturale identificata a livello della singola particella catastale. Ogni particella è riconducibile al proprio Foglio catastale ed al Comune di riferimento e tutti i dati sono contenuti in un unico database regionale.

La scelta di utilizzare i dati PAC anziché quelli ISTAT per le varie aree di studio è legata al maggior livello di dettaglio dei primi rispetto ai secondi e alla possibilità di effettuare l'analisi dei carichi per foglio catastale che corrisponde all'unità di base minima utilizzata per la delimitazione delle eventuali aree vulnerabili.

Inoltre il dato PAC è riferito alle superfici investite a seminativo che sono nella maggior parte dei casi le aree in cui vengono applicati fertilizzanti azotati. Restano per lo più escluse le superfici impegnate a olivo e vite solo in minima parte registrate nei dati PAC.

In generale la copertura media del territorio dei dati PAC è risultata del 64,5% delle aree registrate dall'ISTAT; in funzione delle caratteristiche dei vari territori e della predominanza o meno di aree a seminativi, in alcuni sottobacini tale percentuale ha raggiunto una copertura superiore all'80%. Solo in zone a minore presenza di seminativi (e potenzialmente con minore pressione esercitata) la percentuale di copertura è scesa a valori inferiori al 50%.

La stima dei carichi azotati medi per area è stata realizzata applicando i coefficienti di fabbisogno di azoto per tipo di coltura previsti nel Codice di Buona Pratica Agricola.

La media di azoto per area è stata calcolata dividendo il quantitativo di azoto totale teoricamente distribuito in base al codice (ottenuto moltiplicando la superficie di ogni coltura per il fabbisogno) per il totale degli ettari della superficie agricola utilizzata di ogni area (SAU).

Si è tentato in questo modo di fissare un valore alle fertilizzazioni praticate universalmente riconosciuto che fornisce una base teorica di calcolo uniforme e modificabile unicamente in funzione del tipo di coltura

praticata. Il risultato delle stime quindi offre un quadro delle pressioni in base alla utilizzazione agronomica delle aree di studio.

Per ogni area è stato successivamente calcolato il carico di azoto per ettaro medio sull'intera superficie di ciascun foglio o porzione di foglio ricadente nell'area comprendendo anche le aree non strettamente agricole. Il dato ha permesso la costruzione di apposite carte di distribuzione del carico in base a parametri medi predefiniti (50, 100, 150, e 200 kg/ha di azoto)

Altro elemento conoscitivo ritenuto di grande importanza è la distribuzione sul territorio delle aree su cui viene praticata la fertirrigazione. Per tale motivo è stata fatta una verifica delle superfici che risultavano autorizzate a tale pratica nell'anno 2002 sulla base degli archivi di ARPA. Considerando che il settore zootecnico è in veloce evoluzione si è ritenuto utile effettuare il confronto con le superfici che risultavano autorizzate nel 1997 sulla base della Carta tematica facente parte del Piano Urbanistico Territoriale.

5.2 Settore orientale dell'Alta Valle del Tevere

5.2.1 Caratteristiche litologiche e idrogeologiche

L'area critica considerata ricade nella parte orientale dell'Alta Valle del Tevere; è una stretta fascia che si estende da S.Giustino, a NW, a Città di Castello, a SE, per una superficie di circa 3.211 ettari (Tav.10 – Settore orientale della Valle del Tevere: inquadramento area critica per il tenore in nitrati).

L'acquifero principale, che occupa gran parte dell'area valliva dell'Alta Valle del Tevere, è ospitato nei depositi alluvionali ghiaiosi e sabbiosi del Fiume Tevere e dei suoi affluenti, anche se con differenti situazioni locali.

L'area critica è caratterizzata dalla presenza di alluvioni terrazzate antiche o recenti costituite di ghiaie e sabbie intercalate a depositi fini argillosi e, ad eccezione di limitate situazioni areali, assenza di depositi superficiali a bassa permeabilità. Allo sbocco nella valle i torrenti hanno creato alcuni conoidi di deiezione ben sviluppati tra cui il principale è quello del torrente Lama che occupa la parte centrale dell'area critica ed è costituito da un deposito a granulometria grossolana di tipo conglomeratico, con spessori massimi di circa 80 m.

In base alla carta della soggiacenza, ricostruita sui dati piezometrici di giugno 2004, i massimi spessori del non saturo (circa 25 m) si riscontrano nella zona della conoide del torrente Lama. La soggiacenza decresce gradualmente verso Sud-Est, raggiungendo valori di poco superiori a 2 m; solo al limite dell'area di studio aumenta nuovamente fino a superare i 4 m. Nella porzione nord-occidentale della zona critica si individua una falda in pressione di limitata estensione, con valori piezometrici intorno allo zero dal piano campagna. Nel resto dell'area i valori di soggiacenza si attestano intorno a 4 m (Tav.11 – Settore orientale dell'Alta Valle del Tevere: Soggiacenza dell'acquifero giugno 2004). Nell'insieme il flusso idrico sotterraneo è influenzato dall'azione drenante del fiume Tevere, come mostrato dall'andamento delle isofreatiche (giugno 2004) dirette verso SW. Il gradiente diminuisce gradualmente spostandosi verso la parte centrale della valle (Tav.12 – Settore orientale dell'Alta Valle del Tevere: Piezometria giugno 2004)

5.2.2 Caratteristiche pedologiche

In questa zona, impiegando la cartografia a disposizione, è possibile distinguere quattro differenti tipi pedologici (Tav.13 – Settore orientale della Valle del Tevere: Carta dei suoli). I dati aggiuntivi, presenti nell'archivio dei profili, sono risultati carenti ai fini di un approfondimento delle informazioni contenute nella cartografia 1:200.000. Procedendo in direzione NW-SE sono presenti:

1. Unità cartografica A5-2 (XERORTHENTS LITHICI): Suoli localizzati sui detriti grossolani di travertino, poco evoluti, profondità scarsa, scheletro frequente, tessitura franco-argillosa, molto calcarei, drenaggio rapido. Capacità di attenuazione: BASSA.
2. Unità cartografica A4-1 (HAPLUSTEPTS TYPICI): Suoli localizzati sui substrati delle alluvioni terrazzate del Tevere, moderatamente evoluti, profondità elevata, scheletro scarso, tessitura franco argillosa, decarbonatati. Capacità di attenuazione: ELEVATA.
3. Unità cartografica A2-2 (HAPLUSTEPTS e CALCIUSTEPTS TYPICI): Suoli localizzati sulle alluvioni antiche dei depositi fluvio-lacustri, moderatamente evoluti, profondità elevata, scheletro scarso, tessitura franca, sub-alcinali, ben drenati. Capacità di attenuazione: MODERATA.
4. Unità cartografica A2-1 (USTIFLUFENTS TYPICI): Suoli sulle alluvioni recenti ed attuali ai bordi dei corsi d'acqua maggiori, poco evoluti, profondità elevata, scheletro scarso, tessitura franco-limoso, calcarei, ben drenati. Capacità di attenuazione: MODERATA.

La capacità di attenuazione dei suoli di gran parte dell'area oggetto dello studio viene valutata da elevata a moderata (Tav.14 – Settore orientale della Valle del Tevere: Valutazione della capacità di attenuazione dei suoli). Solo ai suoli presenti al margine orientale della valle, in corrispondenza delle parte sommitale delle conoidi di deiezione che i torrenti hanno formato allo sbocco in essa, viene associata bassa capacità di attenuazione.

5.2.3 Vulnerabilità agli inquinamenti

Sulla base della Carta di Vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento, rielaborata secondo la legenda unificata, la quasi totalità dell'area in studio risulta avere grado di vulnerabilità "elevato". Fanno eccezione due piccole aree all'altezza di San Giustino cui viene attribuito un "alto" grado di vulnerabilità, per la locale presenza di una copertura a permeabilità medio bassa (Tav.15 – Settore orientale della Valle del Tevere: Carta di vulnerabilità degli acquiferi).

5.2.4 L'andamento dei nitrati

La trattazione statistica dei dati delle tre campagne di monitoraggio evidenzia una maggiore dispersione dei valori dei nitrati relativi alla prima ed alla terza campagna (IQ1 = 38 e IQ3 = 35.86) rispetto a quelli della seconda (IQ2 = 28). Questo è dovuto al fatto che, mentre il valore del primo quartile rimane pressoché costante durante le tre campagne (Q1I = 21.7; Q1II = 18.47; Q1III = 19.92), quello del terzo quartile diminuisce considerevolmente dalla prima alla seconda campagna e aumenta nuovamente nella terza (Q3I = 59.07; Q3II = 46.47; Q3III = 55.78). Si nota, inoltre, un aumento di dispersione dei valori alti di nitrati, compresi tra il Q3 ed il p = 95, passando da Luglio 2003 a Giugno 2004, mentre la dispersione dei valori bassi (tra il p = 5 ed il Q1) è simile tra la seconda e la terza campagna ed inferiore a quella della prima.

I dati della campagna di Luglio 2003 mostrano una distribuzione asimmetrica negativa, essendo il valore della media ($x = 42.38$) inferiore a quello della moda ($40 < Mo < 60$); inoltre la media risulta inferiore anche alla mediana ($M = 44.28$). Nella campagna di Settembre 2003 l'asimmetria negativa aumenta leggermente, infatti il valore della media diminuisce ($x = 35.75$), mentre quello della moda rimane simile a quello di Luglio 2003. A Giugno 2004 l'asimmetria negativa della distribuzione dei valori diminuisce nuovamente, visto che i valori di media e moda si riavvicinano.

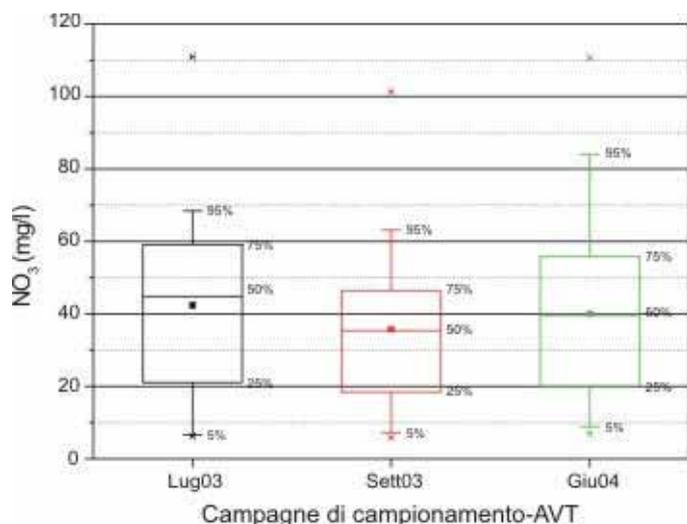


Fig.7. Box plot relativi alle campagne di campionamento dei nitrati, di Luglio 2003, Settembre 2003 e Giugno 2004, per l'area critica dell'Alta Valle del Tevere (AVT).

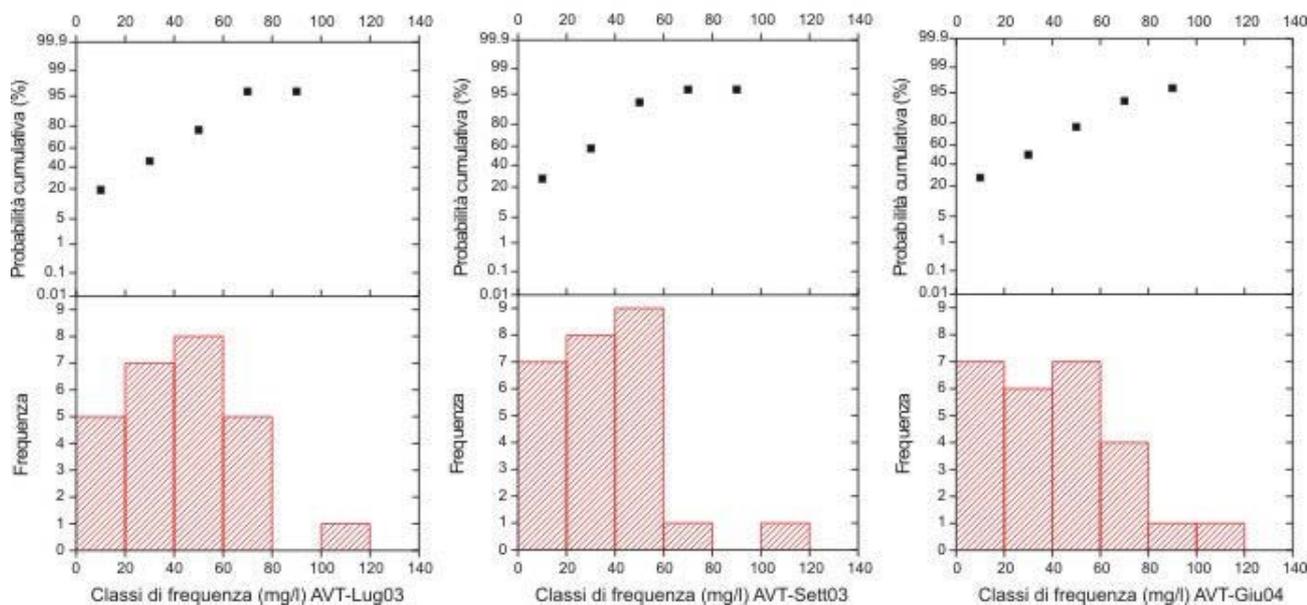


Fig. 8. Istogrammi e curve cumulative per lo ione NO₃⁻, relativi all'Alta Valle del Tevere (AVT).

La mappa della distribuzione dei nitrati relativa a Luglio 2003 evidenzia tre zone in cui le concentrazioni dell'inquinante superano la soglia di 50 mg/l. L'area più estesa si trova immediatamente a N di Città di Castello dove i valori superano anche i 100 mg/l. Tali concentrazioni si ritrovano anche in una più piccola area a NW degli abitati di Selci e Lama, in destra idrografica del torrente Lama. Infine una zona a minore estensione areale si ritrova a SE di Lama, con valori che non superano i 70 mg/l (Tav.16 – Settore orientale della Valle del Tevere: Distribuzione dei nitrati (luglio 2003)).

Complessivamente per la campagna di Settembre 2003 si riscontra una simile distribuzione areale dei tenori in nitrati nelle acque, anche se con una minore estensione delle zone eccedenti i 50 mg/l e in generale con valori minori di concentrazione dei nitrati. Fa eccezione l'area a N di Città di Castello dove si conferma il massimo superiore a 100 mg/l (Tav.17 – Settore orientale della Valle del Tevere: Distribuzione dei nitrati (settembre 2003)).

A Giugno 2004 si osserva una generale diminuzione della concentrazione dei nitrati. Nell'area a N di Città di Castello i valori, pur restando localmente al di sopra dei 50 mg/l, risultano inferiori a quelli delle precedenti campagne e non individuano massimi arealmente definiti. Solo l'area nei pressi di San Giustino, che nelle prime due campagne mostrava valori prossimi al limite di 50 mg/l, presenta a Giugno 2004 valori superiori a tale limite (Tav.18 – Settore orientale della Valle del Tevere: Distribuzione dei nitrati (giugno 2004)).

5.2.5 L'uso agrozootecnico del suolo

L'analisi dell'uso agricolo del suolo è stata effettuata sulla base delle domande PAC seminativi per l'anno 2003, unica informazione disponibile a scala di particella catastale. I dati di seguito discussi sono pertanto relativi alle superfici agricole utilizzate (SAU) dalle aziende che hanno presentato la domanda. La superficie interessata dalle domande è di 1.326 ettari ovvero il 41% della superficie dell'area in studio. Di questa la SAU (superficie aziendale al netto di fabbricati, boschi...) è di 1.292 ettari.

Sulla base delle superfici per tipo di coltura è stato stimato il carico di azoto totale, che teoricamente verrebbe immesso nel caso di applicazione del Codice di Buona Pratica Agricola, in quasi 183 t. Diviso per la SAU oggetto delle PAC si ottiene un carico medio di 141 kg/ha. Di questo la gran parte deriverebbe dalle colture di cereali con particolare peso del mais e del frumento tenero.

Tab. 2 - Carico di azoto teorico stimato sulle superfici SAU delle aziende che hanno aderito alle PAC seminativi anno 2003

Colture		SAU Superficie (ha)	SAU Ntot (Kg)
cereali	frumento tenero	267,43	48.136,96
	mais	227,77	63.775,93
	frumento duro	104,01	14.560,77
	orzo	54,46	6.535,80
	avena	3,40	339,68

Colture		SAU Superficie (ha)	SAU Ntot (Kg)
	sorgo	0,85	84,74
piante industriali	tabacco	291,08	14.553,82
	girasole	121,32	12.132,08
	barbabietola	68,18	10.226,30
colture ortive	ortive pieno campo	52,91	8.359,05
foraggere	altre foraggere	29,13	896,24
	erba medica	13,73	0,00
altre colture	riposo colturale	15,98	0,00
	altre utilizzazioni	14,08	880,60
colture arboree	vite	15,61	1.717,21
	altre arboree	2,70	197,94
	olivo	0,90	180,94
leguminose	fave e favette	8,17	163,34
	altre leguminose da granella	0,63	12,66
Totale		1.292,32	182.754,06

Nella Carta di distribuzione del carico di azoto di origine agricola, costruita ridistribuendo il quantitativo di azoto stimato in base ai soli dati PAC sull'intera superficie di ciascun foglio catastale si osserva che il valore del carico di azoto medio è in quasi tutta l'area inferiore a 100 Kg/ha. Solo in una zona a sud di S.Giustino è compreso tra 100 e 150 Kg/ha (Tav.19 – Settore orientale della Valle del Tevere: Distribuzione del carico di azoto di origine agricola).

Nell'area non risultano aree autorizzate alla fertirrigazione né in base ai dati del 2002 né in base ai dati del 1997.

5.3 Settore della Conca Eugubina prossimo all'abitato di Gubbio

5.3.1 Caratteristiche litologiche e idrogeologiche

L'area critica si estende all'interno della Conca Eugubina dalla zona di Raggio a NW, a Cipolletto a Sud dell'abitato di Gubbio, per una superficie di 1.235 ettari (Tav.20 – Settore della Conca Eugubina prossimo a Gubbio: inquadramento area critica per il tenore in nitrati).

Nel settore nord occidentale (area di Raggio) l'area interessa la fascia detritica pedemontana dei monti di Gubbio. Il resto dell'area è caratterizzata dalla presenza di depositi alluvionali. Questi nel settore a ridosso della fascia pedemontana, lungo il margine orientale della piana, sono costituiti da ghiaie e detriti calcarei in matrice sabbioso limosa o limo argillosa in parte poggianti direttamente sul substrato calcareo. Allontanandosi dalla struttura carbonatica le alluvioni sono progressivamente più fini e il loro spessore si riduce fino a lasciare affiorare il sottostante substrato costituito da depositi fluvio lacustri.

Questi ultimi costituiscono gran parte della copertura della restante Conca Eugubina, con spessori molto variabili.

Dall'osservazione della "Carta della soggiacenza" relativa a giugno 2004, si può vedere come i maggiori spessori dell'insaturo si hanno a ridosso della fascia pedemontana con massimo nell'estremo settentrionale, nella zona del campo pozzi di Raggio, dove si raggiunge il valore di soggiacenza di 22 m. Andando da NE a SW, lo spessore del non saturo decresce da circa 20 m a valori di circa 1 m. Questo in accordo con la presenza nella fascia pedemontana di depositi detritici, a spessore decrescente verso l'area di piana. Nella parte meridionale dell'area, invece, lo spessore del non saturo è molto meno variabile, con valori compresi tra 0,5 m e 3,5 m (Tav.21 – Settore della Conca Eugubina prossimo a Gubbio: Soggiacenza dell'acquifero giugno 2004).

Per quanto riguarda la piezometria dello stesso periodo si può vedere come nel settore meridionale, il flusso della falda è diretto verso S-SW con un gradiente idraulico piuttosto uniforme, mentre nella zona a N di Gubbio, il flusso è diretto a NW con gradiente idraulico variabile e con valori più elevati nell'area del campo pozzi di Raggio. Questo andamento conferma la presenza di uno spartiacque sotterraneo più o meno coincidente con lo spartiacque superficiale tra il bacino dell'Assino (Alto Tevere) e quello del Chiascio. L'andamento nell'area di Raggio conferma la modifica del deflusso idrico sotterraneo indotta dai prelievi ad uso potabile a partire dagli anni '80 già osservata negli studi pregressi (Tav.22 – Settore della Conca Eugubina prossimo a Gubbio: Piezometria giugno 2004).

5.3.2 Caratteristiche pedologiche

In questa zona, impiegando la cartografia a disposizione, è possibile distinguere 4 unità cartografiche (Tav.23 – Settore della Conca Eugubina prossimo a Gubbio: Carta dei suoli). Procedendo in direzione NE-SW sono presenti:

1. Unità cartografica B8-2 (HAPRENDOLLS o HAPLOXEREPTS TYPICI o LYTICI): Suoli calcimorfi, moderatamente evoluti, profondità scarsa, scheletro comune, tessitura franco-argillosa-limosa. Capacità di attenuazione: BASSA.
2. Unità cartografica A5-2 (XERORTHENTS LITHICI): Suoli localizzati sui detriti grossolani di travertino, poco evoluti, profondità da moderata a elevata, scheletro frequente, tessitura argillo-limosa, molto calcarei, drenaggio rapido. Si può attribuire una MODERATA capacità di attenuazione.
3. Unità cartografica A2-2 (HAPLUSTEPTS e CALCIUSTEPTS TYPICI): Suoli localizzati sulle alluvioni antiche dei depositi fluvio-lacustri, moderatamente evoluti, profondità elevata, scheletro scarso, tessitura argillo-limosa in superficie e franco-limo-argillosa in profondità, acidità moderata. Capacità di attenuazione: ELEVATA.
4. Unità cartografica B1-2 (CALCIUSTEPTS TYPICI): Suoli moderatamente evoluti ricchi di concrezioni calcaree, profondità elevata, scheletro scarso, tessitura franco-argillosa. Capacità di attenuazione: ELEVATA.

Tutta l'area critica presenta suoli cui viene attribuita capacità di attenuazione da elevata a moderata (Tav.24 – Settore della Conca Eugubina prossimo a Gubbio: Valutazione della capacità di attenuazione dei suoli). Lungo la fascia detritica di raccordo con i monti di Gubbio, immediatamente a monte dell'area, sono presenti i suoli della prima Unità con capacità di attenuazione bassa.

5.3.3 Vulnerabilità agli inquinamenti

L'area in studio si estende per la quasi totalità nella zona di affioramento dei depositi alluvionali prospiciente la struttura calcarea dei monti di Gubbio. Tale area, in base alla Carta di Vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento rielaborata secondo la legenda unificata, presenta grado di vulnerabilità "elevato". All'estremo settentrionale l'area in studio in prossimità del campo pozzi a uso idropotabile di Raggio il grado di vulnerabilità sale a "Estremamente elevato" (Tav.25 – Settore della Conca Eugubina prossimo a Gubbio: Carta di vulnerabilità degli acquiferi).

5.3.4 L'andamento dei nitrati

Da un punto di vista statistico, i valori dei nitrati delle prime due campagne di monitoraggio mostrano una dispersione abbastanza simile, con valori dell'intervallo interquartile IQ [$IQ = \text{valore terzo quartile (Q3)} - \text{valore primo quartile (Q1)}$] molto simili ($IQ_1 = 21$, $IQ_{II} = 21.74$), mentre i dati della terza campagna presentano una maggiore dispersione; infatti anche se i valori inferiori al $Q1$ hanno una dispersione simile a quelli delle precedenti campagne, al contrario, i valori superiori al $Q1$ presentano un più ampio intervallo di variazione (si veda ad esempio il $Q3$ che passa da 49 mg/l a 62 mg/l, portando il valore di IQ da 21.74 a 36.3, o il $p = 95$ che passa da 60 mg/l a 97 mg/l).

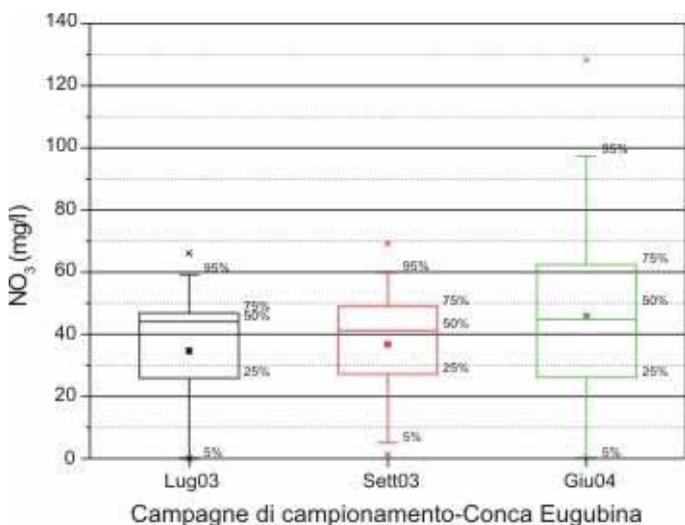


Fig.9. Box plot relativi alle campagne di campionamento dei nitrati, di Luglio 2003, Settembre 2003 e Giugno 2004, per la Conca Eugubina. Inoltre sono indicati il valore massimo, il valore minimo, i percentili al 99% e all' 1% e la media aritmetica (quadrato).

Analizzando i dati, campagna per campagna, si vede come quelli relativi a Luglio 2003 presentano valori di media, mediana e moda sostanzialmente diversi e la loro distribuzione di frequenza mostra una vistosa asimmetria negativa, dovuta al fatto che il valore della media ($x = 34.63$ mg/l) è inferiore a quello della moda ($Mo=45$ mg/l). La mediana è nettamente spostata verso i valori alti, il che indica la poca variabilità di quelli che si trovano al di sopra di essa.

Una simile distribuzione si riscontra anche per i dati della campagna di Settembre 2003, anche se con una minore asimmetria, essendo i valori di media, moda e mediana tra loro più vicini.

I valori dei nitrati misurati durante la campagna di Giugno 2004 presentano, come precedentemente detto, un più ampio intervallo di variazione. L'asimmetria della distribuzione diminuisce e diventa positiva, essendo stavolta il valore della media ($x= 48.85$ mg/l) superiore a quello della moda ($Mo= 35$ mg/l).

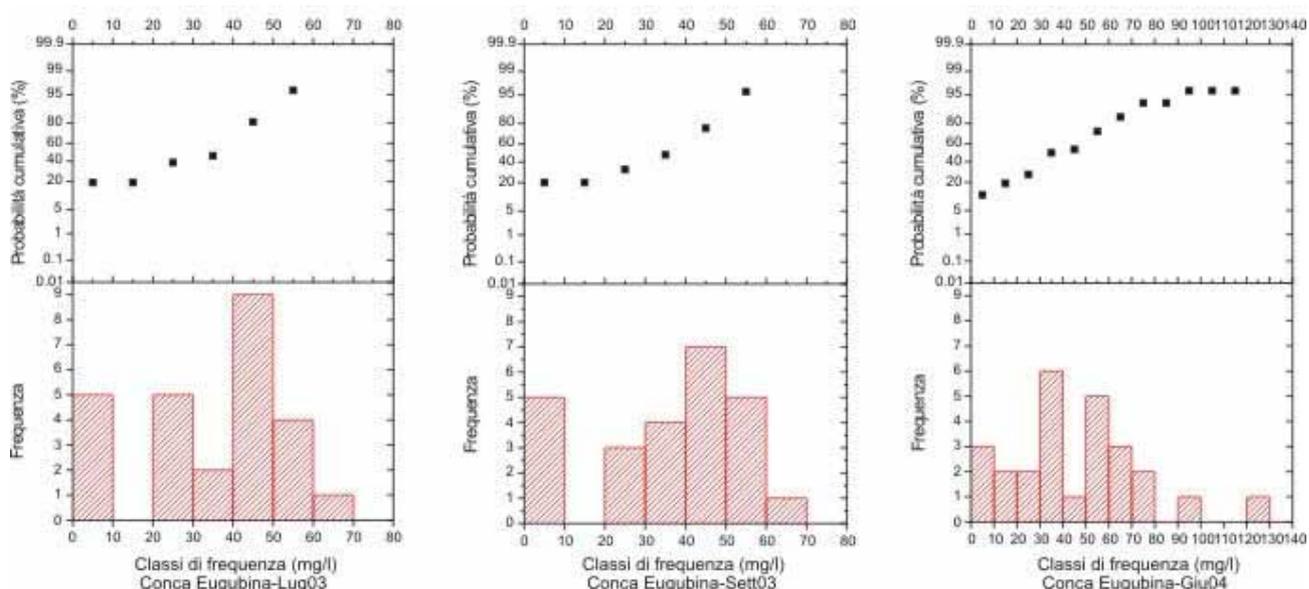


Fig. 10. Istogrammi e curve cumulative per lo ione NO_3^- , relativa alla Conca Eugubina.

Dalla carta della distribuzione dei nitrati relativa alla campagna di Luglio 2003 si vede come tutto il settore centro-settentrionale dell'area critica sia caratterizzato da valori di concentrazione prossimi al limite dei 50 mg/l, che vengono superati nella zona tra Mocaiana e Raggio, dove localmente superano i 60 mg/l. Tali valori decrescono progressivamente andando verso S, fino a raggiungere un minimo di 10 mg/l all'altezza di Cipolletto (Tav.26 – Settore della Conca Eugubina prossimo a Gubbio: Distribuzione dei nitrati (Luglio 2003)).

Nella mappa relativa a Settembre 2003, la distribuzione areale del tenore in nitrati risulta sostanzialmente simile a quella del precedente periodo, anche se nel settore settentrionale l'area con i valori superiori a 50 mg/l è leggermente più estesa, si restringe invece quella in cui vengono superati i 40 mg/l per una generale lieve riduzione delle concentrazioni nel settore centrale dell'area (Tav.27 – Settore della Conca Eugubina prossimo a Gubbio: Distribuzione dei nitrati (settembre 2003)).

La situazione a Giugno 2004 risulta generalmente peggiorata, infatti la soglia dei 50 mg/l viene superata oltre che in un'estesa area sempre del settore settentrionale, anche in altre tre zone, localizzate ad E e SE di questa, con il valore massimo di concentrazione che supera gli 80 mg/l (Tav.28 – Settore della Conca Eugubina prossimo a Gubbio: Distribuzione dei nitrati (giugno 2004)).

5.3.5 L'uso agrozootecnico del suolo

I dati contenuti nelle domande PAC seminativi per l'anno 2003, interessano nell'area una superficie di 639 ettari ovvero il 52% della superficie dell'area in studio. Di questa la SAU (superficie aziendale al netto di fabbricati, boschi...) è di 620 ettari.

Il carico di azoto totale, che teoricamente verrebbe immesso nel caso di applicazione del Codice di Buona Pratica Agricola, è stato stimato sulla base delle superfici per tipo di coltura in quasi 82 t, che diviso per la SAU oggetto delle PAC da un carico medio di 132 kg/ha. Tale carico è dovuto per quasi l'80% alle colture di cereali (mais, frumento tenero e orzo) e per quasi il 20% al girasole.

Tab. 3 - Carico di azoto teorico stimato sulle superfici SAU delle aziende che hanno aderito alle PAC seminativi anno 2003

Colture		SAU Superficie (ha)	SAU Ntot (Kg)
cereali	frumento tenero	142,02	25.563,34
	orzo	137,70	16.523,78
	mais	67,04	18.772,40
	frumento duro	10,78	1.509,25
	avena	3,35	335,47
piante industriali	girasole	131,58	13.158,12
	barbabietola	10,43	1.564,45
foraggere	altre foraggere	47,78	1.405,28
	erba medica	36,19	0,00
	erbai graminacee	0,87	95,31
colture arboree	vite	10,88	1.197,07
	olivo	3,97	793,26
	altre arboree	0,07	4,72
altre colture	altre utilizzazioni	9,68	622,09
	riposo colturale	3,84	0,00
leguminose	fave e favette	3,35	66,98
colture ortive	ortive pieno campo	0,45	70,86
Totale		619,97	81.682,37

La Carta di distribuzione del carico di azoto di origine agricola, costruita ridistribuendo il quantitativo di azoto stimato in base ai soli dati PAC sull'intera superficie di ciascun foglio catastale, evidenzia che il quantitativo di azoto medio teoricamente immesso nel territorio è generalmente inferiore a 100 Kg/ha e, in ampie zone, inferiore anche a 50 kg/ha (Tav.29 – Settore della Conca Eugubina prossimo a Gubbio: Distribuzione del carico teorico di azoto di origine agricola).

Anche in questa area non risultano terreni autorizzati alla fertirrigazione né in base ai dati del 2002 né in base ai dati del 1997.

5.4 Settore della Media Valle del Tevere tra Ponte S.Giovanni e Marsciano

5.4.1 Caratteristiche litologiche e idrogeologiche

Quest'area comprende tutta la struttura valliva che si estende, da N a S, da Ponte S.Giovanni a Marsciano con una superficie di circa 3.600 ettari. In questo tratto il corso del fiume Tevere scorre lungo il bordo orientale della valle, la cui larghezza media si aggira intorno ai 4 Km. Per la quasi totalità l'area si estende in destra idrografica del fiume (Tav.30– Settore della Media Valle del Tevere tra Ponte S.Giovanni e Marsciano: inquadramento area critica per il tenore in nitrati).

La parte settentrionale dell'area critica, all'altezza di Montebello al bordo occidentale della piana, è caratterizzata dalla presenza di depositi argillosi e limo-argillosi di circa 20 m di spessore, al di sotto dei quali si trovano sabbie e ghiaie per uno spessore di circa 5 m e circa 12 m di arenaria ed argilla grigia poggianti su marne litoidi. Procedendo verso Sud, nella zona prossima a S. Maria Rossa, la copertura della valle è costituita dai depositi alluvionali del Fiume Tevere (ghiaie in matrice limo-sabbiosa e limi sabbiosi) il cui spessore si aggira intorno a 20 m, poggianti su limi argillosi e argille limose grigio-azzurre; la profondità di questi ultimi, dal piano campagna, è minore nella parte centrale dell'area critica, dove lo spessore dei depositi alluvionali diminuisce, fino a raggiungere gli 8 m nei pressi di S. Nicolò di Celle ed i 7 m all'altezza di Deruta. Nella fascia meridionale dell'area considerata, all'altezza di Marsciano, lo spessore dei depositi alluvionali al di sopra delle argille grigio-azzurre, aumenta nuovamente, non superando comunque i 10 m.

In base ai dati rilevati a giugno 2004, in tutta la fascia centrale della valle la soggiacenza della falda idrica non supera i 5 m e si hanno ampie aree con spessore del non saturo inferiori a 2 metri. Lo spessore del non saturo cresce fino a superare localmente i 10 m spostandosi verso il limite occidentale della valle. Spostandosi verso la parte orientale, ovvero verso l'alveo del fiume Tevere, fino all'altezza di Deruta i valori di soggiacenza si mantengono bassi con minimo all'altezza della confluenza del Chiascio dove sono inferiori a 2.5 metri. A sud di questa area invece aumentano fino a raggiungere valori intorno a 6 m (Tav.31 – Settore della Media Valle del Tevere tra Ponte S.Giovanni e Marsciano: Soggiacenza dell'acquifero giugno 2004).

Dall'osservazione della carta della piezometria di giugno 2004, si vede come il flusso principale della falda idrica sotterranea sia generalmente diretto verso sud - sud est fino all'altezza di Deruta (coincidente con l'area già perimetrata). Tale andamento generale viene localmente modificato con creazione di linee di deflusso convergenti dirette verso est. Il gradiente è piuttosto basso (Tav.32 – Settore della Media Valle del Tevere tra Ponte S.Giovanni e Marsciano: Piezometria giugno 2004).

A sud di Deruta il flusso principale piega decisamente ad est verso il fiume Tevere direzione che mantiene in tutta la porzione meridionale dell'area in studio. Il gradiente è qui molto più elevato.

L'andamento delle isopieze in prossimità del fiume Tevere sembra indicare una alimentazione prevalente dalla falda al fiume. I dati piezometrici di ottobre 2003 confermano l'andamento descritto.

5.4.2 *Caratteristiche pedologiche*

Impiegando la cartografia dei suoli in scala 1:200.000 e procedendo in direzione Ovest-Est, si possono individuare tre differenti unità cartografiche (Tav.33 – Settore della Media Valle del Tevere tra Ponte S.Giovanni e Marsciano: Carta dei suoli):

1. Unità cartografica A4-1 (HAPLUSTEPTS TYPICI): Suoli localizzati sui substrati delle alluvioni terrazzate del Tevere, moderatamente evoluti, profondità elevata, scheletro scarso, tessitura da argilloso-limosa a franco-argillosa, decarbonatati. Capacità di attenuazione: ELEVATA.
2. Unità cartografica A2-1 (USTIFLUFENTS TYPICI): Suoli localizzati sulle alluvioni recenti ed attuali ai bordi dei corsi d'acqua maggiori, poco evoluti, profondità elevata, scheletro scarso, tessitura franca o franco-limosa, calcarei, ben drenati. Capacità di attenuazione: MODERATA.
3. Unità cartografica A2-2 (HAPLUSTEPTS e CALCIUSTEPTS TYPICI): Suoli localizzati sulle alluvioni antiche dei depositi fluvio-lacustri, moderatamente evoluti, profondità elevata, scheletro scarso, tessitura franco-limosa, reazione neutra. Capacità di attenuazione: MODERATA

Lungo la fascia occidentale, con maggiore estensione nella Zona già dichiarata vulnerabile, sono presenti suoli della prima Unità cui viene associato una elevata capacità di attenuazione. Nella parte restante dell'area i suoli appartengono alle altre due Unità con capacità di moderata (Tav.34 – Settore della Media Valle del Tevere tra Ponte S.Giovanni e Marsciano: Valutazione della capacità di attenuazione dei suoli).

5.4.3 *Vulnerabilità agli inquinamenti*

Per questa area non si dispone della Carta di Vulnerabilità agli inquinamenti. Per la completezza del quadro conoscitivo sarebbe opportuna la sua realizzazione.

5.4.4 *L'andamento dei nitrati*

Dall'analisi statistica dei valori dei nitrati relativi alle tre campagne di monitoraggio, si vede come la dispersione dei dati di Luglio 2003 e Giugno 2004 sia abbastanza simile (IQI = 47.13; IQIII = 50.47) e minore a quella dei dati di Settembre 2003 (IQII = 62.05).

I valori di inquinante relativi alla prima campagna hanno una distribuzione leggermente asimmetrica, con asimmetria negativa, essendo la media ($X = 70,69v$), inferiore alla moda ($Mo = 87,14$ mg/l); la posizione della prima nel box plot, comunque, è piuttosto centrale, indice del fatto che i dati con valori inferiori al quello della mediana hanno circa lo stesso peso di quelli superiori alla stessa.

A Settembre 2003 i valori di media, moda e mediana si differenziano ulteriormente e cresce l'asimmetria, che comunque rimane negativa. Come già detto i dati sono più dispersi rispetto a quelli della precedente campagna, in particolare il primo quartile, passando da 47.22 a 28.43, è diminuito in modo più consistente rispetto al Q3 (Q3I = 94.35 mg/l; Q3II = 90.48 mg/l) o alla mediana (MI = 74.3 mg/l; MII = 68.08 mg/l). Anche il valore della media diminuisce notevolmente (da 70.7 mg/l a 63 mg/l), evidenza del maggior peso acquisito dai dati a più bassa concentrazione di nitrati.

I dati relativi alla campagna di Giugno 2004, mostrano un notevole aumento dei valori di media, mediana e moda, insieme a quelli del Q1 e Q3; in particolare il primo quartile passa da 28.43 mg/l della campagna di Settembre 2003 a 60.2v, mentre Q3 passa da 90.48 mg/l a 110.67v. Il valore di $p = 5$, invece, rimane pressoché invariato, quindi è aumentata la variabilità dei dati compresi tra il quinto percentile ed il primo quartile

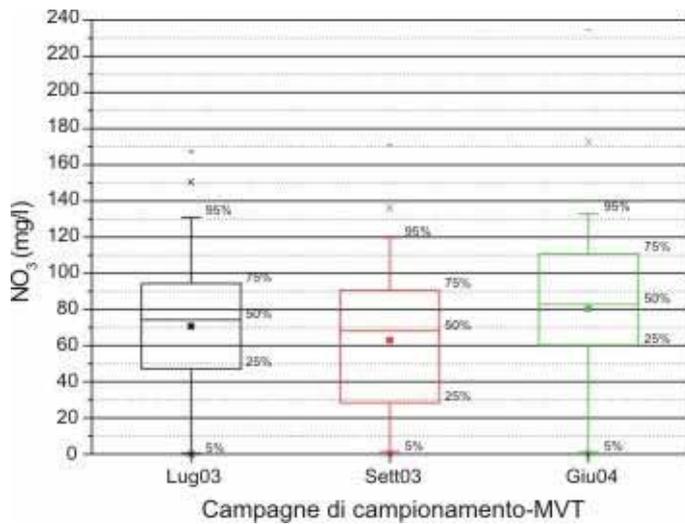


Fig.11. Box plot relativi alle campagne di campionamento dei nitrati, di Luglio 2003, Settembre 2003 e Giugno 2004, per l'area critica della Media Valle del Tevere (MVT).

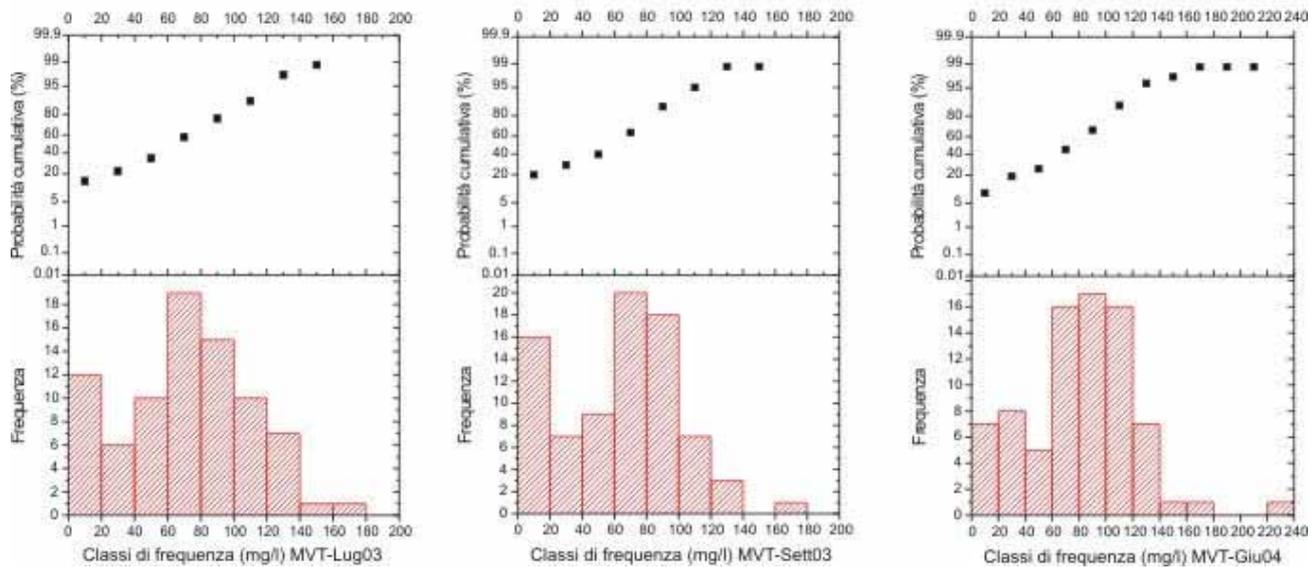


Fig. 12. Istogrammi e curve cumulative per lo ione NO_3^- , relativi all'area critica della Media Valle del Tevere.

Dall'osservazione della carta della distribuzione dei nitrati relativa a Luglio 2003 si vede come all'interno dell'area già dichiarata vulnerabile, da Nord di S.Martino in Campo a S.Angelo di Celle, le concentrazioni in nitrati sono piuttosto elevate, e in un'ampia zona superano i 100 mg/l. Il limite di 50 mg/l viene superato quasi ovunque. Fanno eccezione due piccole zone nella parte settentrionale, all'altezza di P.S.Giovanni la prima e di Miralduolo la seconda, nelle quali, comunque, le concentrazioni di inquinante sono superiori a 40 mg/l. A sud di Deruta le massime concentrazioni non superano gli 80 mg/l e l'isoconca di 50 mg/l si sposta progressivamente, andando verso sud, verso il margine occidentale dell'area critica. Ad est di questa linea i valori diminuiscono progressivamente andando verso il fiume Tevere dove risultano inferiori a 20 mg/l (Tav.35 – Settore della Media Valle del Tevere tra Ponte S.Giovanni e Marsciano: Distribuzione dei nitrati (luglio 2003)).

A Settembre 2003 nell'area dichiarata vulnerabile si osserva una leggera riduzione delle concentrazioni. Le aree a concentrazione di nitrati inferiori a 50 mg/l sono più estese, in particolar modo quella all'altezza di Miralduolo, e il superamento dei 100 mg/l avviene in aree molto più ristrette (Tav.36 – Settore della Media Valle del Tevere tra Ponte S.Giovanni e Marsciano: Distribuzione dei nitrati (settembre 2003)).

Invece a Giugno 2004 la situazione appare decisamente peggiorata. Tutta l'area perimetrata è praticamente al di sopra dei 50 mg/l e i 100 mg/l vengono superati nella quasi totalità dell'area a sud di S.Martino in Campo. A sud di Deruta l'isoconca dei 50 mg/l si sposta verso est e di conseguenza la fascia con tenori inferiori a questo valore appare più ristretta. Nei pressi di Marsciano, infine, le concentrazioni passano da 30-40 mg/l delle campagne precedenti a valori superiori a 100 mg/l (Tav.37 – Settore della Media Valle del Tevere tra Ponte S.Giovanni e Marsciano: Distribuzione dei nitrati (giugno 2004)).

5.4.5 L'uso agrozootecnico del suolo

I dati contenuti nelle domande PAC seminativi per l'anno 2003, interessano una superficie di 2.187 ettari all'interno della zona vulnerabile corrispondente al 66% dell'intero territorio e 1.719 nell'area non perimetrata pari al 57% della sua superficie. Di queste la SAU (superficie aziendale al netto di fabbricati, boschi...) è rispettivamente 2.096 ettari e 1.625 ettari.

Il carico di azoto totale, che teoricamente verrebbe immesso nel caso di applicazione del Codice di Buona Pratica Agricola, è stato stimato sulla base delle superfici per tipo di coltura in quasi 306 t per la zona vulnerabile, che diviso per la SAU oggetto delle PAC da un carico medio di 146 kg/ha. Per per la zona esterna viene stimato in 204 t, che diviso la relativa SAU da un carico medio di 125 kg/ha. Nella zona vulnerabile tale carico è dovuto per quasi l'80% alle colture di cereali (prevalentemente mais). Nella zona esterna è legato per il 62% ai cereali (prevalentemente mais e frumento tenero) e per il 32% alle piante industriali (tabacco e barbabietola).

Tab. 4 - Carico di azoto teorico stimato sulle superfici SAU delle aziende che hanno aderito alle PAC seminativi anno 2003

Colture		Zona critica Superficie (ha)	Zona critica Ntot (Kg)	Zona vulnerabile Superficie (ha)	Zona vulnerabile Ntot (Kg)
cereali	frumento tenero	276,86	49.835,56	521,14	93.806,00
	mais	210,58	58.962,70	399,49	111.856,02
	frumento duro	92,13	12.897,65	175,83	24.616,36
	orzo	42,72	5.126,05	139,30	16.715,82
	avena	0,00	0,02		
piante industriali	tabacco	451,92	22.596,23	335,33	16.766,43
	barbabietola	243,93	36.589,91	115,03	17.253,88
foraggere	girasole	57,89	5.788,89	63,35	6.335,15
	erba medica	115,56	0,00	81,03	0,00
	altre foraggere	10,73	216,69	14,30	443,35
	erbai graminacee	0,01	1,05	0,29	32,37
colture ortive	pomodori	29,87	4.779,58	36,36	5.745,64
	ortive pieno campo	11,95	1.887,43	15,71	2.513,05
altre colture	riposo colturale	26,19	0,00	86,40	0,00
colture arboree	altre utilizzazioni	15,62	924,45	34,25	2.170,83
	vite	38,51	4.235,74	57,23	6.294,75
	olivo	0,61	121,68	5,09	1.018,23
	altre arboree	0,25	21,74	4,69	451,07
leguminose	fave e favette	0,10	2,07	10,73	214,67
Totale		1.625,44	203.987,42	2.095,55	306.233,61

Nella Carta di distribuzione del carico di azoto di origine agricola, costruita ridistribuendo il quantitativo di azoto stimato in base ai soli dati PAC sull'intera superficie di ciascun foglio catastale, si può osservare che nella zona vulnerabile questo è sempre superiore a 50 kg/ha con prevalenza nell'area tra Torgiano e Deruta della classe tra i 100 e i 150 kg/ha (Tav.38 – Settore della Media Valle del Tevere tra Ponte S.Giovanni e Marsciano: Distribuzione del carico teorico di azoto di origine agricola).

Nella zona a sud invece il carico teorico è prevalentemente inferiore a 100 kg/ha ad eccezione della fascia lungo il fiume Tevere dove si hanno carichi anche superiori a 150 kg/ha .

Sulla base dei dati relativi alle autorizzazioni alla fertirrigazione, a fine anni 90 risultavano autorizzati a questa pratica alcuni terreni all'interno della zona vulnerabile in tre località: a nord di S.Martino in Campo, a S.Maria Rossa e a S.Niccolò di Celle. Complessivamente la superficie autorizzata risultava piuttosto limitata (circa 122 ettari). Ancora inferiore risulta la superficie su cui viene attualmente effettuata tale pratica (circa 63 ettari), infatti in base ai dati 2002 i terreni autorizzati sono sensibilmente diminuiti. Nella zona a sud non risultano terreni autorizzati alla fertirrigazione in nessuno dei due periodi analizzati.

5.5 Acquifero in destra del fiume Chiascio in Valle Umbra

5.5.1 Caratteristiche litologiche e idrogeologiche

Tale area si estende tra Pianello a N ed il tratto terminale del fiume Chiascio a S, ed è delimitata ad E, dal corso del fiume Chiascio, e ad W dalla fascia collinare compresa tra S.Egidio e Collestrada. La sua superficie complessiva è di 4.635 ettari (Tav.39 – Acquifero in destra del fiume Chiascio: inquadramento area critica per il tenore in nitrati).

La litologia della zona è costituita principalmente dai depositi alluvionali a granulometria grossolana del paleo Chiascio. Nella parte settentrionale a Nord di Petrignano i depositi alluvionali presentano spessori non superiori a 20 metri e ospitano un acquifero monostrato in condizioni freatiche, andando verso sud lo spessore dei depositi aumenta per raggiungere nell'area del campo pozzi di Petrignano anche i 100 m. Qui l'acquifero ha una struttura multifalda in condizioni semiconfinate nei livelli acquiferi inferiori. Spostandosi verso Sud lo spessore dei depositi si riduce notevolmente, fino a 5 -10 metri.

Dalla carta della soggiacenza ricostruita sui dati piezometrici di giugno 2004 si vede come nella parte centrale dell'area, dove è ubicato il campo pozzi di Petrignano d'Assisi, i valori di questa siano i più elevati (30-35 m) e diminuiscano radialmente con gradienti elevati verso N, E ed W, con gradienti minori verso S, fino a raggiungere valori che si attestano generalmente tra i 5 e i 10 m dal piano campagna (Tav.40 – Acquifero in destra del fiume Chiascio: Soggiacenza dell'acquifero giugno 2004).

L'andamento delle isopieze dello stesso periodo indica che il flusso idrico sotterraneo è notevolmente influenzato dalla presenza del campo pozzi di Petrignano, il quale ha portato ad una forte depressione della superficie piezometrica, come evidenziato dall'andamento concentrico delle isofreatiche. Il cono di depressione indotto dal prelievo, che viene effettuato in modo continuo nel campo pozzi, interessa un'area molto estesa. A sud del campo pozzi si osserva infatti l'inversione del flusso di falda, che naturalmente era diretto verso il fiume Chiascio, per un'area che si estende, a est, fino al corso del fiume e, a sud, fino al confine tra i comuni di Bastia e Bettona. Tale inversione era già ben conosciuta in letteratura tuttavia interessava un'area molto più ristretta. Secondo la piezometria del 1987 (rif.bibl. Acque sotterranee), infatti, il cono di depressione si estendeva a sud fino all'altezza dell'abitato di Bastia quasi 5 km più a nord rispetto alla situazione attuale.

Gli elevati valori dei gradienti idraulici presenti nel margine occidentale dell'area e nella fascia prossima al corso del fiume Chiascio sono attribuibili a variazioni laterali di permeabilità dei depositi presenti. Verso S il gradiente idraulico presenta valori mediamente più bassi probabilmente dovuti ad una meno marcata variabilità laterale della permeabilità dei depositi (Tav.41 – Acquifero in destra del fiume Chiascio: Piezometria giugno 2004).

5.5.2 Caratteristiche pedologiche

Impiegando la cartografia dei suoli in scala 1:200.000 e procedendo in direzione Ovest-Est, nell'area si possono individuare le seguenti unità cartografiche (Tav.42 – Acquifero in destra del fiume Chiascio: Carta dei suoli):

1. Unità cartografica B1-2 (CALCIUSTEPTS TYPICI): Suoli moderatamente evoluti, ricchi di concrezioni calcaree, profondità elevata, scheletro scarso, tessitura franco-argillosa. Capacità di attenuazione: ELEVATA
2. Unità cartografica A2-3 (HAPLUDALF TYPICI): Suoli localizzati sulle alluvioni antiche dei depositi fluvio-lacustri, molto evoluti, profondità elevata, scheletro scarso, tessitura franca in superficie e argillosa in profondità, acidità moderata. Capacità di attenuazione: ELEVATA
3. Unità cartografica A2-2 (HAPLUSTEPTS e CALCIUSTEPTS TYPICI): Suoli localizzati sulle alluvioni antiche dei depositi fluvio-lacustri, moderatamente evoluti, profondità elevata, scheletro scarso, tessitura da franco-argillosa a franco-sabbiosa, acidità moderata. Capacità di attenuazione: MODERATA
4. Unità cartografica A2-1 (USTIFLUFENTS TYPICI): Suoli localizzati sulle alluvioni recenti ed attuali ai bordi dei corsi d'acqua maggiori, poco evoluti, profondità elevata, scheletro scarso, tessitura franco-limoso, calcarei, ben drenati. Nell'area si rinvengono vari profili con tessitura franco-sabbiosa soprattutto a media profondità. Si può attribuire una BASSA capacità di attenuazione.

In tutta la fascia occidentale dell'area, sia quella già dichiarata vulnerabile sia in quella di studio, sono presenti suoli appartenenti a Unità con capacità di attenuazione elevata (Tav.43 – Acquifero in destra del fiume Chiascio: Valutazione della capacità di attenuazione dei suoli). In quella orientale invece i suoli appartengono alla terza Unità, la cui capacità di attenuazione viene stimata in moderata. Lungo il corso del fiume Chiascio, ovvero al margine orientale, sono presenti i suoli della quarta Unità con capacità di attenuazione bassa.

5.5.3 Vulnerabilità agli inquinamenti

L'intero acquifero risulta avere grado di vulnerabilità "Elevato". Nella zona del campo pozzi di Petignano è stato assegnato grado di vulnerabilità "Estremamente elevato" alla porzione di acquifero che, in base ai dati degli anni '80, risentiva della depressione della piezometrica indotta dal prelievo ad uso potabile del campo pozzi. Va sottolineato che, come sopra descritto, tale depressione interessa attualmente una porzione acquifero ben più ampia (Tav.44 – Acquifero in destra del fiume Chiascio: Carta di vulnerabilità degli acquiferi).

5.5.4 L'andamento dei nitrati

Per quanto riguarda la distribuzione statistica dei dati, si può vedere come quelli della prima e della terza campagna abbiano un IQ minore rispetto a quello della seconda ($IQ_{II} = 69,06$ mg/l); tuttavia, si nota come, da Luglio 2003 a Giugno 2004, aumenti la dispersione dei valori alti, infatti si osserva un trend di crescita nei percentili $p = 75$, $p = 95$ e nei valori massimi. Di questo fatto ne risente anche la media, il cui valore cresce da 58.3 mg/l nella prima campagna a 74.1 mg/l nella terza. Il valore della mediana rimane praticamente costante tra Luglio 2003 e Ottobre 2003 ($M_I = 55.3$ mg/l; $M_{II} = 55.4$ mg/l), nonostante la crescita dei valori più alti, a causa della contemporanea diminuzione di quelli bassi, la quale, invece, non si registra a Giugno 2004, quando la mediana aumenta fino a 64.4 mg/l.

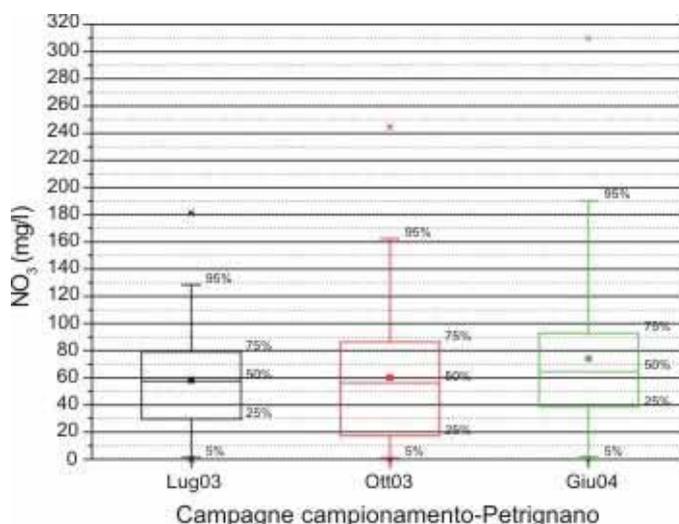


Fig. 13. Box plot relativi alle campagne di campionamento dei nitrati, di Luglio 2003, Ottobre 2003 e Giugno 2004, per l'area critica in destra del fiume Chiascio.

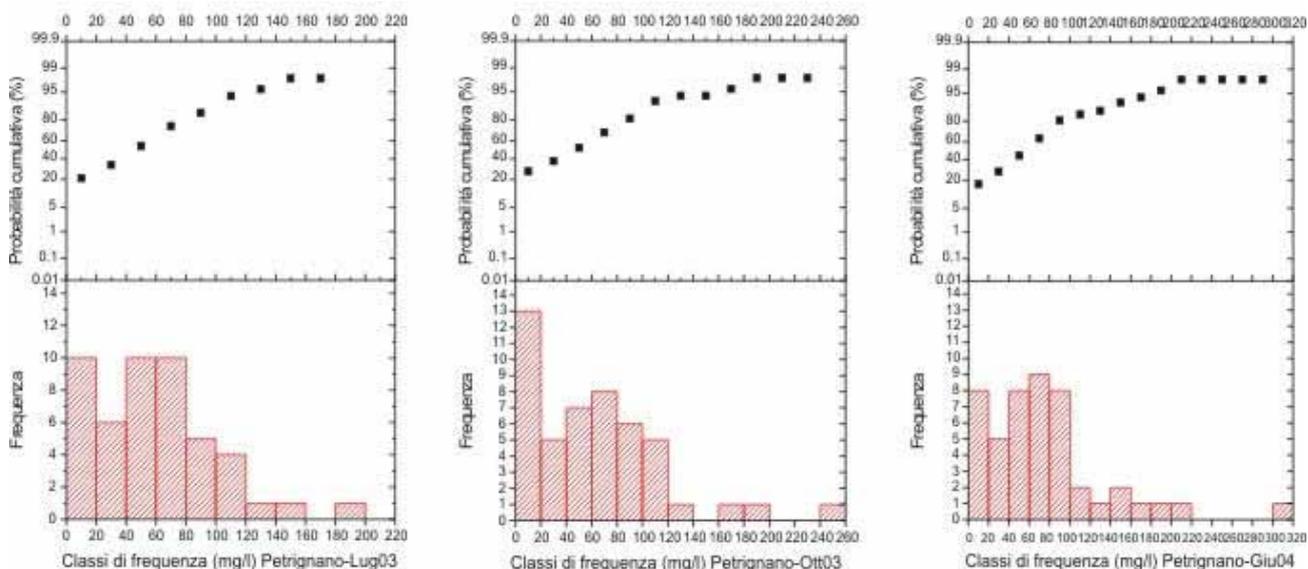


Fig. 14. Istogrammi e curve cumulative per lo ione NO_3 , per l'area critica in destra del fiume Chiascio.

Dall'osservazione della carta di distribuzione dei nitrati relativa a Luglio 2003, si nota come nella quasi totalità della zona vulnerabile, la concentrazione dei nitrati superi il limite di 50 mg/l e raggiunga in più aree della fascia centrale, valori superiori a 100 mg/l. Nell'area esterna alla zona perimetrata le concentrazioni in nitrati sono inferiori a 50 mg/l lungo tutta la fascia orientale prossima al corso del fiume Chiascio dove si raggiungono valori minimi inferiori a 10 mg/l. Tale area di minimo interessa marginalmente anche la parte sud orientale dell'area perimetrata. Una seconda area con valori inferiori a 50 mg/l si riscontra a sud di Ospedalichio dove si hanno minimi locali inferiori a 10 mg/l. Per il resto i valori superano 50 mg/l con massimi locali superiori a 100 (Tav.45 – Acquifero in destra del fiume Chiascio: Distribuzione dei nitrati (luglio 2003)).

A Ottobre 2003 l'estensione delle aree eccedenti i 50 mg/l è aumentata notevolmente verso E e verso S interessando l'intera area vulnerabile e una più ampia porzione dell'area esterna. La fascia di minimo prossima al corso del fiume Chiascio è estremamente ridotta rispetto alla rilevazione precedente e la concentrazione di nitrati al suo interno è aumentata fino a superare i 40 mg/l. Nella porzione meridionale dell'area diventa più esteso il minimo di Ospedalichio a sud ovest mentre aumenta in modo sensibile la concentrazione in nitrati nella fascia centrale dove vengono superati i 100 mg/l con massimi prossimi a 200 mg/l (Tav.46 – Acquifero in destra del fiume Chiascio: Distribuzione dei nitrati (settembre 2003)).

Nel mese di Giugno 2004 nella parte centro settentrionale ricompare la fascia di minimo lungo il fiume Chiascio. I valori tuttavia, sia internamente che esternamente alla zona vulnerabile sono più elevati rispetto alla prima campagna 2003. Nel settore meridionale si ha un ulteriore peggioramento con riduzione del minimo di Ospedalichio e aumento dei valori massimi (Tav.47 – Acquifero in destra del fiume Chiascio: Distribuzione dei nitrati (giugno 2004)).

5.5.5 L'uso agrozootecnico del suolo

I dati contenuti nelle domande PAC seminativi per l'anno 2003, interessano una superficie di 1.377 ettari all'interno della zona vulnerabile e 2.002 nell'area non perimetrata pari al 73% delle rispettive superfici. Di queste la SAU (superficie aziendale al netto di fabbricati, boschi...) è rispettivamente 1.336 ettari e 1.929 ettari.

Il carico di azoto totale, che teoricamente verrebbe immesso nel caso di applicazione del Codice di Buona Pratica Agricola, è stato stimato sulla base delle superfici per tipo di coltura in quasi 205 t per la zona vulnerabile, che diviso per la SAU oggetto delle PAC da un carico medio di 154 kg/ha, e in 314 t per la zona esterna, che da un carico medio di 163 kg/ha.

In ambedue le zone tale carico è dovuto per l'86% alle colture di cereali (prevalentemente mais, frumento tenero e frumento duro).

Tab. 5 - Carico di azoto teorico stimato sulle superfici SAU delle aziende che hanno aderito alle PAC seminativi anno 2003

Colture		Zona critica Superficie (ha)	Zona critica Ntot (kg)	Zona vulnerabile Superficie (ha)	Zona vulnerabile Ntot (kg)
cereali	mais	507,35	142.058,90	334,32	93.609,70
	frumento tenero	380,24	68.443,12	220,85	39.752,40
	frumento duro	271,33	37.986,81	222,71	31.179,29
	orzo	213,74	25.649,19	97,86	11.743,09
	sorgo	4,93	492,51		
	avena	3,09	309,21	2,73	272,62
piante industriali	girasole	97,75	9.775,45	100,10	10.009,75
	tabacco	97,73	4.886,55	93,60	4.679,82
	barbabietola	60,86	9.129,46	4,79	718,11
altre colture	altre utilizzazioni	63,77	3.460,28	16,40	885,95
	riposo colturale	49,96	0,00	33,52	0,00
foraggere	erba medica	58,52	0,00	46,71	0,00
	altre foraggere	5,53	142,30	10,88	748,14
	erbai graminacee	1,80	197,49	37,76	4.153,72
colture arboree	vite	30,73	3.380,33	11,21	1.233,60
	altre arboree	10,75	992,84	0,96	94,74
	olivo	6,83	1.365,10	5,05	1.009,19
colture ortive	ortive pieno campo	32,17	5.083,03	13,40	2.117,26
	pomodori	2,22	354,76	8,44	1.350,84
leguminose	fave e favette	19,58	391,66	19,42	388,32

Colture		Zona critica Superficie (ha)	Zona critica Ntot (kg)	Zona vulnerabile Superficie (ha)	Zona vulnerabile Ntot (kg)
	soia	9,36	187,10	52,80	1.055,97
	altre leguminose da granella	0,40	7,99		
Totale		1.928,65	314.294,08	1.333,50	205.002,52

Nella Carta di distribuzione del carico di azoto di origine agricola, costruita ridistribuendo il quantitativo di azoto stimato in base ai soli dati PAC sull'intera superficie di ciascun foglio catastale, si possono osservare valori più elevati rispetto alle altre zone finora descritte. Nella zona vulnerabile prevale la classe 50-100 kg/ha, localmente si ottengono carichi teorici superiori a 150 kg/ha con un'area superiore a 200 kg/ha. Nella zona meridionale prevale il carico compreso tra 100 e 150 kg/ha anche qui con un'area superiore a 200 kg/ha (Tav.48 – Acquifero in destra del fiume Chiascio: Distribuzione del carico teorico di azoto di origine agricola).

Per quanto riguarda la fertirrigazione, nella zona vulnerabile a fine anni 90 non risultavano autorizzazioni a tale pratica, nel 2002 invece risultano autorizzati alcuni terreni a nord di Petrignano d'Assisi. La loro superficie complessivamente è inferiore a 9 ettari. Nella zona meridionale invece si evidenzia l'area di superficie 810 ha autorizzata già dagli anni 90 per lo spargimento degli effluenti del depuratore zootecnico di Bettona a cui si aggiungono altri 15 ettari risultanti dai dati 2002.

5.6 Settore della Valle Umbra prossimo all'abitato di Assisi

5.6.1 Caratteristiche litologiche e idrogeologiche

L'area considerata si estende nella Valle Umbra nord a sud ovest dell'abitato di Assisi per una superficie di 1.114 ha. E' larga 3 km e lunga 4,5 km, ed è compresa tra S.Maria degli Angeli a NW e Castel Nuovo a S (Tav.49 – Settore della Valle Umbra prossimo all'abitato di Assisi: inquadramento area critica per il tenore in nitrati).

Su tutta l'area affiorano alluvioni recenti ed attuali a granulometria e spessore molto variabile. Sono presenti, a diverse profondità, livelli acquiferi non ben definiti arealmente, ma comunque di estensione limitata. Osservando la carta della soggiacenza relativa ai dati di giugno 2004, si vede che lo spessore del non saturo diminuisce da N, dove supera i 15 m, verso S fino a raggiungere, nella parte centrale dell'area, minimi inferiori al metro. Nella parte meridionale della zona critica è presente un altro massimo, determinato dal dato piezometrico di un solo pozzo, nel quale la soggiacenza supera i 20 m; questa poi decresce radialmente, con un gradiente piuttosto elevato, fino ristabilirsi al di sotto dei 5 m. Il pozzo alimenta la rete acquedottistica del Comune di Assisi ed è di norma in pompaggio per dodici ore al giorno in tutto l'arco dell'anno (Tav.50 – Settore della Valle Umbra prossimo all'abitato di Assisi: Soggiacenza dell'acquifero giugno 2004).

Il flusso principale della falda nell'area critica è diretto verso SW, indicando, in condizioni indisturbate, un drenaggio verso il torrente Ose. Nella parte meridionale il gradiente idraulico è piuttosto elevato, mentre in quella centro settentrionale le isofreatiche appaiono più distanziate, per cui il gradiente risulta più basso.

L'emungimento nel pozzo comunale crea una depressione della piezometrica modificando l'andamento naturale del flusso sotterraneo (Tav.51 – Settore della Valle Umbra prossimo all'abitato di Assisi: Piezometria giugno 2004).

5.6.2 Caratteristiche pedologiche

Nell'area, sulla base della cartografia dei suoli in scala 1:200.000, procedendo in direzione Nord-Sud, si possono individuare le seguenti unità cartografiche (Tav.52 – Settore della Valle Umbra prossimo all'abitato di Assisi: Carta dei suoli):

1. Unità cartografica A2-2 (HAPLUSTEPTS e CALCIUSTEPTS TYPICI): Suoli localizzati sulle alluvioni antiche dei depositi fluvio-lacustri, moderatamente evoluti, profondità elevata, scheletro scarso, tessitura da franco-argillosa a franco-sabbiosa, acidità moderata. Capacità di attenuazione: MODERATA.
2. Unità cartografica A2-4 (HAPLUDERTS ENTICI): Suoli con caratteristiche vertice poco evoluti, profondità elevata, scheletro assente, tessitura da argillosa a franco-limoso-argillosa, drenaggio interno ed esterno imperfetti. Capacità di attenuazione: ELEVATA.
3. Unità cartografica A5-2 (XERORTHENTS LITHICI): Suoli localizzati sui detriti grossolani di travertino, poco evoluti, profondità da moderata a elevata, scheletro frequente, tessitura franco-argillosa, molto calcarei, drenaggio rapido. Capacità di attenuazione: BASSA.

I suoli della prima unità cui viene associata una capacità di attenuazione moderata sono presenti nella quasi totalità dell'area critica, ad eccezione del suo margine meridionale dove sono presenti suoli con capacità di attenuazione elevata (Tav.53 – Settore della Valle Umbra prossimo all'abitato di Assisi: Valutazione della capacità di attenuazione dei suoli). I suoli della terza Unità la cui capacità di attenuazione è bassa sono presenti, invece, esternamente all'area critica, poco a monte della stessa, lungo la fascia detritica pedemontana del Monte Subasio.

5.6.3 Vulnerabilità agli inquinamenti

Anche in questo caso la quasi totalità dell'area in studio risulta avere grado di vulnerabilità "elevato". Nella parte meridionale è presente la parte terminale del deposito a bassa permeabilità che più a sud determina l'acquifero in pressione di Cannara e a questa porzione viene attribuito un grado di vulnerabilità "alto" (Tav.54 – Settore della Valle Umbra prossimo all'abitato di Assisi: Carta di vulnerabilità degli acquiferi).

5.6.4 L'andamento dei nitrati

La trattazione statistica dei dati relativi alle concentrazioni di nitrati mostra la loro differente dispersione nelle tre campagne di monitoraggio; in particolare a Luglio 2003 l'IQ è molto basso (IQI = 18.57), mentre appaiono molto dispersi i dati compresi tra il p = 5 ed il primo quartile. Nel box plot la mediana è leggermente spostata verso i valori più alti, mentre la media verso i dati minori, indice del loro maggior peso. La distribuzione è asimmetrica, in particolare si ha una asimmetria negativa, essendo la media (\bar{x} = 58.42) inferiore alla moda. La situazione cambia a Settembre 2003, quando i dati sono piuttosto dispersi tra il primo ed il terzo quartile (IQII = 42.47); l'aumento dell'intervallo interquartile è dovuto alla diminuzione del Q1, che passa da 56.7 a 32.56, visto che il Q3 rimane pressoché invariato. La media rimane inferiore alla mediana (\bar{x} II = 53.61; MII = 59.15) e alla moda, così l'asimmetria della distribuzione rimane negativa. La dispersione dei valori di nitrati cresce nella campagna di Giugno 2004, anche se l'IQ diminuisce, essendo più dispersi i valori inferiori al primo quartile e quelli superiori al terzo. Media e mediana sono più vicine (\bar{x} = 65.47; M = 66.62), ma stavolta la media è inferiore alla moda, così l'asimmetria diventa positiva.

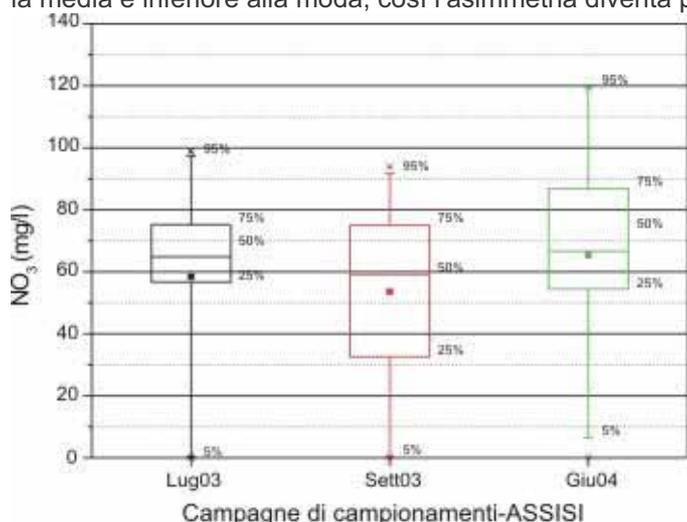


Fig.15. Box plot relativi alle campagne di campionamento dei nitrati, di Luglio 2003, Settembre 2003 e Giugno 2004, per il Settore della Valle Umbra prossimo all'abitato di Assisi.

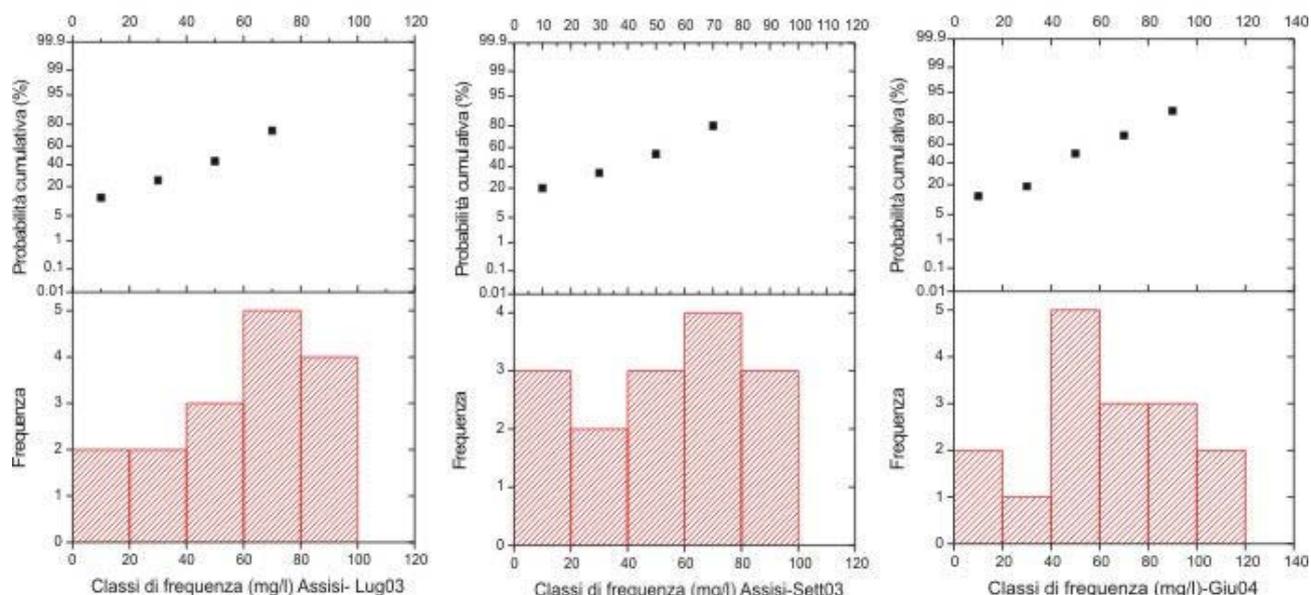


Fig. 16. Istogrammi e curve cumulative per lo ione NO_3^- , relativi al Settore della Valle Umbra prossimo all'abitato di Assisi.

Dalla carta di distribuzione di nitrati relativa a luglio 2003 si vede come i valori diminuiscano da NW verso SE, passando da concentrazioni superiori a 100 mg/l fino a concentrazioni inferiori a 30 mg/l. Il massimo si ha in una piccola area prossima a S.Maria degli Angeli. In metà dell'area critica, comunque, le concentrazioni sono superiori a 70 mg/l e nella quasi totalità, vengono superati i 40 mg/l (Tav.55 – Settore della Valle Umbra prossimo all'abitato di Assisi: Distribuzione dei nitrati (luglio 2003)).

A Settembre 2003 si assiste ad un leggero arretramento verso NW dell'area eccedente i 50 mg/l, ma al suo interno aumentano localmente le concentrazioni di inquinante; nella parte sud-orientale dell'area critica le concentrazioni diminuiscono, in particolare si restringe la fascia in cui vengono superati i 40 mg/l e, nell'estremità sud-orientale, i valori scendono al di sotto dei 20 mg/l (Tav.56 – Settore della Valle Umbra prossimo all'abitato di Assisi: Distribuzione dei nitrati (settembre 2003)).

La carta relativa a Giugno 2004 mostra una situazione peggiore rispetto all'anno precedente, infatti la quasi totalità dell'area supera i 50 mg/l ed anche a S, nella stretta fascia in cui si è al di sotto del limite, le concentrazioni sono superiori a 40 mg/l (Tav.57 – Settore della Valle Umbra prossimo all'abitato di Assisi: Distribuzione dei nitrati (giugno 2004)).

5.6.5 L'uso agrozootecnico del suolo

I dati contenuti nelle domande PAC seminativi per l'anno 2003, interessano nell'area una superficie di circa 650 ettari ovvero il 58% della superficie dell'area in studio. Di questa la SAU (superficie aziendale al netto di fabbricati, boschi...) è di 628 ettari.

Il carico di azoto totale, che teoricamente verrebbe immesso nel caso di applicazione del Codice di Buona Pratica Agricola, è stato stimato sulla base delle superfici per tipo di coltura in circa 95 t, che diviso per la SAU oggetto delle PAC da un carico medio di 152 kg/ha. Tale carico è dovuto per quasi l'86% alle colture di cereali (mais e frumento tenero) e per l'11% alle colture industriali.

Tab. 6 - Carico di azoto teorico stimato sulle superfici SAU delle aziende che hanno aderito alle PAC seminativi anno 2003

Colture		Zona critica Superficie (ha)	Zona critica Ntot (..)
cereali	frumento tenero	152,87	27.516,69
	orzo	116,50	13.979,58
	mais	108,99	30.518,50
	frumento duro	66,24	9.273,98
	avena	3,44	344,02
	sorgo	2,37	236,53
	altri cereali	0,04	3,50
piante industriali	girasole	75,69	7.568,98

Colture		Zona critica Superficie (ha)	Zona critica Ntot (..)
	barbabietola	21,11	3.165,89
foraggiere	erba medica	32,86	0,00
	erbai graminacee	5,79	636,53
	altre foraggiere	4,59	104,39
altre colture	riposo colturale	14,78	0,00
	altre utilizzazioni	7,48	439,10
colture arboree	vite	11,00	1.210,19
	altre arboree	1,11	85,39
	olivo	0,50	100,72
colture ortive	ortive pieno campo	1,36	215,31
	pomodori	0,01	1,62
leguminose	fave e favette	0,78	15,65
Totale		627,51	95.416,59

La Carta di distribuzione del carico di azoto di origine agricola, costruita ridistribuendo il quantitativo di azoto stimato in base ai soli dati PAC sull'intera superficie di ciascun foglio catastale, evidenzia che il quantitativo di azoto teoricamente immesso nel territorio varia da minimi inferiori a 50 Kg/ha, prevalentemente per i fogli che includono significative aree urbane, a massimi superiori a 100 kg/ha nella zona centrale (Tav.58 – Settore della Valle Umbra prossimo all'abitato di Assisi: Distribuzione del carico teorico di azoto di origine agricola).

Sulla base dei dati del 1997 nell'area risultava un unico terreno autorizzato alla fertirrigazione. Nel 2002 tale autorizzazione risulta decaduta.

5.7 Settore della Valle Umbra tra Spello e Trevi

5.7.1 Caratteristiche litologiche e idrogeologiche

L'area critica considerata è una fascia larga 2-3 km situata lungo la porzione orientale della Valle Umbra ed è compresa tra Spello, a N, e Trevi a S (Tav.59 – Settore della Valle Umbra tra Spello e Trevi: inquadramento area critica per il tenore in nitrati). La parte settentrionale dell'area, fino a Sud di Foligno, è caratterizzata dalla presenza di alluvioni (conoide del Fiume Topino) il cui spessore massimo, superiore ai 200 m viene raggiunto all'altezza di Foligno lungo una fascia a nord dell'alveo del Topino e diminuisce sia verso Nord (100 m presso Spello) sia verso Sud, dove raggiunge i 30 m. Il deposito è prevalentemente ghiaioso-sabbioso, con clasti di natura calcarea e intercalazioni di terreni fini che possono avere anche spessori fino a 10 metri. Nella porzione meridionale ad Ovest dell'area affiorano i sedimenti fluvio-palustri fini o molto fini, costituiti principalmente di limi e argille. Ad est invece si trovano i detriti di falda in matrice da limo-sabbiosa a limo-argillosa che si interdigitano lateralmente ai detriti delle conoidi di deiezione presenti agli sbocchi delle incisioni fluviali.

In base ai dati di giugno 2004, il massimo della soggiacenza, dovuto alla fascia detritica di raccordo tra i rilievi calcarei e la pianura, si ha nel settore sud-orientale; in questa area le isopache del non saturo, che hanno una direzione circa N-S, sono molto ravvicinate lungo la direzione E-W e lo spessore del non saturo diminuisce di più di 40 m nell'arco di circa un chilometro (Tav.60 – Settore della Valle Umbra tra Spello e Trevi: Soggiacenza dell'acquifero giugno 2004).

Nel resto dell'area critica la soggiacenza aumenta da ovest ad est, superando solo localmente i 15 m. Nella fascia occidentale la soggiacenza è inferiore ai 5 m e, a ovest di S.Eraclio raggiunge minimi prossimi a 1 metro. A nord dell'area critica un dato piezometrico indica la presenza di un acquifero in pressione riconducibile probabilmente alla porzione meridionale dell'acquifero di Cannara.

La carta della piezometria mostra come la falda idrica sotterranea, nei pressi di S. Eraclio, drena verso il sistema idrografico del Fiume Clitunno; nella parte centro- settentrionale, invece, il flusso si dirige verso NW. Il gradiente idraulico è piuttosto regolare nella parte settentrionale dell'area critica, mentre a S di Foligno, all'altezza di S.Eraclio aumenta lungo il margine orientale (Tav.61 – Settore della Valle Umbra tra Spello e Trevi: Piezometria giugno 2004).

5.7.2 Caratteristiche pedologiche

Nell'area, sulla base della cartografia dei suoli in scala 1:200.000, si possono individuare le seguenti unità cartografiche (Tav.62 – Settore della Valle Umbra tra Spello e Trevi: Carta dei suoli):

1. Unità cartografica A2-2 (HAPLUSTEPTS e CALCIUSTEPTS TYPICI): Suoli localizzati sulle alluvioni antiche dei depositi fluvio-lacustri, moderatamente evoluti, profondità elevata, scheletro scarso, tessitura da franco-argillosa a franco-sabbiosa, acidità moderata. Capacità di attenuazione: MODERATA.
2. Unità cartografica A2-4 (HAPLUDERTS ENTICI): Suoli con caratteristiche vertiche poco evoluti, profondità elevata, scheletro assente, tessitura da argillosa a franco-limoso-argillosa, drenaggio interno ed esterno imperfetti. Capacità di attenuazione: ELEVATA.
3. Unità cartografica A5-2 (XERORTHENTS LITHICI): Suoli localizzati sui detriti grossolani di travertino, poco evoluti, profondità da moderata a elevata, scheletro frequente, tessitura franco-argillosa, molto calcarei, drenaggio rapido. Capacità di attenuazione: BASSA.

I suoli della prima unità con capacità di attenuazione moderata sono presenti nella quasi totalità dell'area critica (Tav.63 – Settore della Valle Umbra tra Spello e Trevi: Valutazione della capacità di attenuazione dei suoli). Fa eccezione solo una piccola area a sud di Foligno dove sono presenti suoli con capacità di attenuazione elevata. Lungo la fascia detritica orientale sono presenti i suoli della terza Unità cui viene attribuita capacità di attenuazione è bassa.

5.7.3 Vulnerabilità agli inquinamenti

Alla quasi totalità dell'area critica caratterizzata dall'affioramento di deposito alluvionali e detritici è stato attribuito grado di vulnerabilità "elevato". Nella parte meridionale viene attribuito grado di vulnerabilità medio e basso all'area di affioramento dei depositi fluvio palustri fini e molto fini (Tav.64 – Settore della Valle Umbra tra Spello e Trevi: Carta di vulnerabilità degli acquiferi).

5.7.4 L'andamento dei nitrati

L'elaborazione statistica dei dati relativi alla concentrazione dei nitrati, mostra come la dispersione degli stessi rimanga quasi costante nell'arco delle tre campagne; infatti, osservando i box plot, si vede come siano simili sia i valori di IQ (IQI = 27.71; IQII = 32.64; IQIII = 31.43), sia la lunghezza dei baffi dei diagrammi a scatola. A Luglio 2003 i valori di media, moda e mediana sono molto vicini ($x = 55.53$; $M = 53.61$; $40 < Mo < 60$) per cui la distribuzione dei dati risulta pressoché simmetrica.

A Settembre 2003 i dati sembrano leggermente più dispersi intorno al valore della media, ma l'intervallo tra i percentili 5 e 95 è più ristretto. Sia la media che la mediana sono spostate verso i valori più alti di concentrazione, quindi si ha una maggiore variabilità dei dati compresi tra il Q1 e la mediana; questi ultimi hanno un maggior peso rispetto agli altri, essendo il valore della media ($x = 50.51$) inferiore a quello della mediana ($M = 53.39$). La distribuzione dei dati presenta una minore simmetria rispetto a quelli del precedente periodo.

Dai dati relativi alla terza campagna deriva un box plot in cui media e mediana sono piuttosto centrali, la media torna a superare, anche se di poco, la mediana ($x = 55.01$; $M = 53.12$), ma risulta inferiore alla moda, per cui la distribuzione diventa asimmetrica (asimmetria negativa).

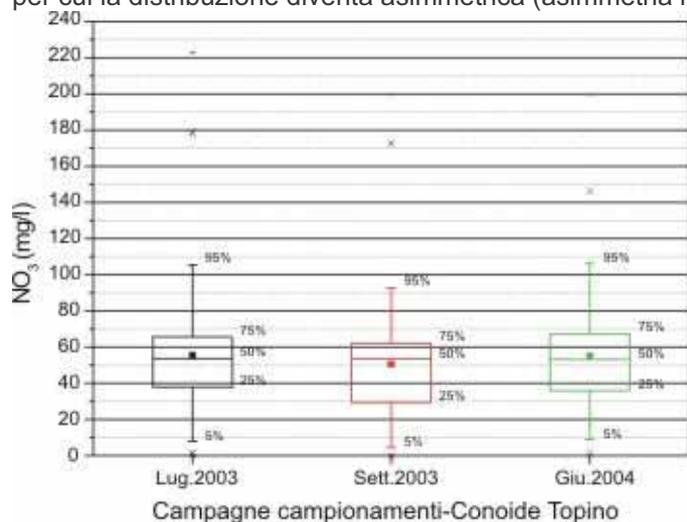


Fig.17. Box plot relativi alle campagne di campionamento dei nitrati, di Luglio 2003, Settembre 2003 e Giugno 2004, per il Settore della Valle Umbra tra Spello e Trevi.

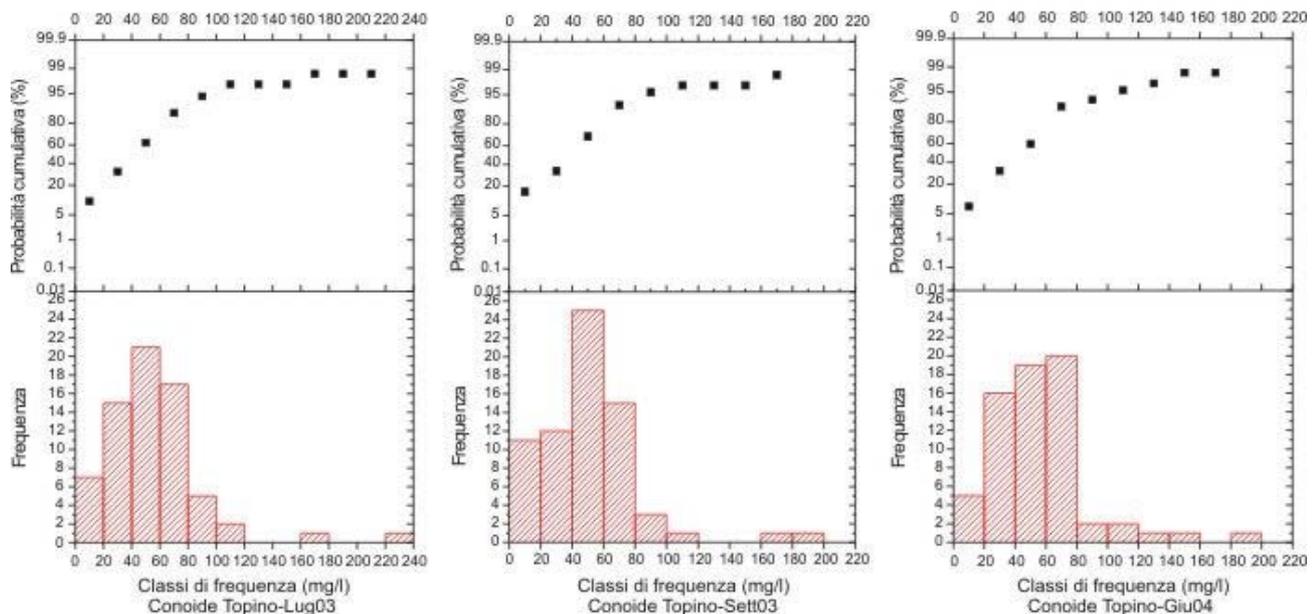


Fig. 18. Istogrammi e curve cumulative per lo ione NO₃⁻, relativi al Settore della Valle Umbra tra Spello e Trevi.

La carta di distribuzione dei nitrati relativa a Luglio 2003 mostra che la soglia dei 50 mg/l viene superata in due vaste aree, una nella parte settentrionale e l'altra in quella meridionale dell'area critica, da S. Eraclio a Trevi; a queste si aggiungono massimi locali a S e SW di Foligno. Nella prima area le massime concentrazioni, raggiunte solamente in zone molto piccole, non superano i 90 mg/l. In quella meridionale, invece, vengono superati i 100 mg/l in un'area piuttosto estesa. Nella rimanente porzione dell'area critica le concentrazioni di inquinante è sempre superiore a 40 mg/l. I valori diminuiscono, a ridosso del limite centro-occidentale dell'area considerata, dove le concentrazioni sono comprese tra 30 e 40 mg/l (Tav.65 – Settore della Valle Umbra tra Spello e Trevi: Distribuzione dei nitrati (luglio 2003)).

A Settembre 2003 la distribuzione delle concentrazioni appare molto differente, infatti nella porzione meridionale si individua un'area di massimo localizzata a NW rispetto a quella osservata nella campagna precedente e nella porzione settentrionale la zona eccedente i 50 mg/l si restringe e si allunga verso Sud. Conseguenza di questo è la comparsa di un minimo a sud all'altezza di Trevi e di altri due minimi, nel margine orientale dell'area critica, a Sud di Spello e di Foligno. Nel settore centrale dell'area critica invece, laddove nel periodo precedente si era al di sotto dei 50 mg/l, si individuano due massimi arealmente estesi in cui vengono superati i 100 mg/l e un altro, più limitato arealmente, in cui si superano gli 80 mg/l (Tav.66 – Settore della Valle Umbra tra Spello e Trevi: Distribuzione dei nitrati (settembre 2003)).

La localizzazione delle aree eccedenti i 50 mg/l a Giugno 2004 è abbastanza simile a quella della precedente campagna, anche se appaiono più estese verso Sud e al loro interno cambia la distribuzione delle concentrazioni. In particolare, in quella meridionale, si registra un solo massimo con concentrazione superiore a 100 mg/l, mentre a Sud di Foligno, dove in precedenza si superavano i 100 mg/l, ora si arriva a 60 mg/l. In quella settentrionale i valori massimi si hanno lungo il limite sud-occidentale (80 mg/l), laddove a Settembre 2003 si era al di sotto dei 20 mg/l. Nelle rimanenti aree si registrano valori di concentrazione piuttosto alti prevalentemente superiori a 40 mg/l (Tav.67 – Settore della Valle Umbra tra Spello e Trevi: Distribuzione dei nitrati (giugno 2004)).

5.7.5 L'uso agrozootecnico del suolo

I dati contenuti nelle domande PAC seminativi per l'anno 2003, sono relativi ad una superficie di circa 1.548 ettari corrispondente al 50% della superficie dell'area in studio. Di questa superficie la SAU (superficie aziendale al netto di fabbricati, boschi...) è di 1.511 ettari.

Il carico di azoto totale, che teoricamente verrebbe immesso nel caso di applicazione del Codice di Buona Pratica Agricola, è stato stimato sulla base delle superfici per tipo di coltura in circa 233 t, che diviso per la SAU oggetto delle PAC da un carico medio di 154 kg/ha. Tale carico è dovuto per quasi il 79% alle colture di cereali (mais e frumento tenero) e per il 16% alle colture industriali.

Tab. 7 - Carico di azoto teorico stimato sulle superfici SAU delle aziende che hanno aderito alle PAC seminativi anno 2003

Colture		Zona critica Superficie (ha)	Zona critica Ntot (..)
cereali	frumento tenero	329,38	59.288,23
	mais	326,79	91.502,31
	orzo	121,21	14.544,85
	frumento duro	120,87	16.922,24
	avena	6,30	629,81
	sorgo	5,23	522,81
	altri cereali	0,30	24,18
piante industriali	barbabietola	145,90	21.885,29
	girasole	110,19	11.018,94
	tabacco	66,62	3.331,07
foraggiere	erba medica	107,54	0,00
	altre foraggiere	18,18	794,44
	erbai graminacee	8,97	986,75
altre colture	riposo colturale	27,52	0,00
	altre utilizzazioni	18,67	1.146,68
colture arboree	vite	24,72	2.718,66
	altre arboree	7,98	508,97
	olivo	3,97	793,51
colture ortive	ortive pieno campo	34,71	5.484,73
	pomodori	0,49	77,79
leguminose	fave e favette	14,08	281,68
	lenticchie	7,73	154,51
	altre leguminose da granella	3,37	67,41
Totale		1.510,73	232.684,84

La Carta di distribuzione del carico di azoto di origine agricola, costruita ridistribuendo il quantitativo di azoto stimato in base ai soli dati PAC sull'intera superficie di ciascun foglio catastale, evidenzia che il quantitativo di azoto teoricamente immesso nel territorio è frequentemente inferiore a 50 Kg/ha. Il massimo valore si osserva nella porzione meridionale dove viene superato il carico di 200 kg/ha (Tav.68 – Settore della Valle Umbra tra Spello e Trevi: Distribuzione del carico teorico di azoto di origine agricola).

Sulla base dei dati del 1997 nell'area le superfici autorizzate alla fertirrigazione coprivano in totale circa 95 ettari. I terreni autorizzati erano dispersi un po' in tutta l'area con una maggiore concentrazione nell'area di Casco dell'Acqua nel settore meridionale. In base ai dati 2002 le superfici sono ridotte a complessivi 14 ettari relativi a terreni situati in località Budino lungo il torrente Chiona.

5.8 Settore della Valle Umbra a nord di Spoleto

5.8.1 Caratteristiche litologiche e idrogeologiche

Nel settore meridionale della Valle Umbra sono state individuate due aree critiche di estensione complessiva pari a 1.721 ettari. Nel loro insieme disegnano una fascia che si estende da Beroide, a NW, a Spoleto, a SE. Il monitoraggio ha interessato l'intera fascia (Tav.69 – Settore della Valle Umbra a nord di Spoleto: inquadramento area critica per il tenore in nitrati).

La porzione orientale di questo settore della valle è occupata da depositi alluvionali costituiti da terreni ghiaiosi e sabbiosi con intercalazioni fini. Lo spessore massimo stimato nell'area in studio è prossimo a 180 metri. La parte centrale e occidentale invece è occupata da depositi fluvio palustri a granulometria fine.

In base ai dati di giugno 2004 i valori massimi di soggiacenza della falda si osservano nella parte meridionale dell'area critica posta più a sud, dove il non saturo raggiunge uno spessore di circa 30 m. Quest'ultimo decresce molto rapidamente verso NW, raggiungendo valori compresi tra 0 e 10 m, che conserva nella quasi totalità dell'area. La soggiacenza aumenta nuovamente nella zona più a settentrione dove non supera i 20 m (Tav.70 – Settore della Valle Umbra a nord di Spoleto: Soggiacenza dell'acquifero giugno 2004).

Dall'andamento delle isofreatiche, si rileva una generale direzione del flusso verso NE. Nell'estremità settentrionale della stessa la depressione della superficie piezometrica è dovuta al dato di un pozzo ad uso

idropotabile pubblico che alimenta il sistema acquedottistico dello Spoletino ed è costantemente in pompaggio. Pertanto la perturbazione del naturale deflusso idrico sotterraneo va considerata quasi permanente (Tav.71 – Settore della Valle Umbra a nord di Spoleto: Piezometria giugno 2004).

5.8.2 *Caratteristiche pedologiche*

Nell'area, sulla base della cartografia dei suoli in scala 1:200.000, si possono individuare le seguenti unità cartografiche (Tav.72 – Settore della Valle Umbra a nord di Spoleto: Carta dei suoli):

1. Unità cartografica A2-2 (HAPLUSTEPTS e CALCIUSTEPTS TYPICI): Suoli localizzati sulle alluvioni antiche dei depositi fluvio-lacustri, moderatamente evoluti, profondità elevata, scheletro scarso, tessitura da franco-argillosa a franco-sabbiosa, acidità moderata. Capacità di attenuazione: MODERATA.
2. Unità cartografica A5-2 (XERORTHENTS LITHICI): Suoli localizzati sui detriti grossolani di travertino, poco evoluti, profondità da moderata a elevata, scheletro frequente, tessitura franco-argillosa, molto calcarei, drenaggio rapido. Capacità di attenuazione: BASSA.

Sono prevalenti nell'area i suoli della prima unità cui viene associata capacità di attenuazione moderata. I suoli della seconda Unità, con capacità di attenuazione bassa, sono presenti lungo la fascia detritica pedemontana orientale (Tav.73 – Settore della Valle Umbra a nord di Spoleto: Valutazione della capacità di attenuazione dei suoli).

5.8.3 *Vulnerabilità agli inquinamenti*

Sulla base della Carta di Vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento rielaborata secondo la legenda unificata la porzione orientale della fascia oggetto di studio presenta grado di vulnerabilità elevato in considerazione della buona permeabilità dei depositi mentre la restante parte, caratterizzata come visto da terreni più fini ma da una soggiacenza della falda inferiore, presenta grado di vulnerabilità medio (Tav.74 – Settore della Valle Umbra a nord di Spoleto: Carta di vulnerabilità degli acquiferi).

5.8.4 *L'andamento dei nitrati*

L'analisi statistica dei valori dei nitrati mostra come, passando dalla prima alla terza campagna di monitoraggio, i valori di IQ diminuiscono (IQI = 41.81; IQII = 38.29; IQIII = 36.3), quindi diminuisce la dispersione dei dati compresi tra il primo ed il terzo quartile. Questo trend non è rispecchiato dai valori del Q1, del Q2, della media e della mediana, che diminuiscono dalla prima alla seconda campagna per poi crescere di nuovo nella terza. Osservando i dati relativi al periodo di Luglio 2003 si vede che media e mediana sono molto vicine ($X = 57.52$ mg/l; $M = 59$ mg/l) e, nel box plot, spostate verso i valori alti di nitrati; ciò significa che i dati che si trovano tra M e Q3 hanno poca variabilità ma un peso maggiore rispetto a quelli compresi tra Q2 e M. Una variabilità maggiore si osserva tra il terzo quartile ed il p95. Si ha un'asimmetria negativa nella distribuzione dei valori di nitrati, essendo la media inferiore alla moda. Nei dati della seconda campagna colpisce la diminuzione del valore della mediana che da 59 mg/l passa a 35.9 mg/l, e appare spostata verso i valori più bassi; questa volta sono proprio questi ad avere una minore variabilità, ma il loro peso non è molto grande, visto che la media risulta ancora vicina alle concentrazioni maggiori. La distribuzione dei dati rimane asimmetrica, in particolare, l'asimmetria aumenta e diventa positiva (Log-normale), ($X = 50.21$ mg/l; $20 < Mo < 40$ mg/l). I dati di Giugno 2004 mostrano, come già detto, una minore dispersione, non solo l'IQ è minore, ma anche la distanza tra p5, il cui valore aumenta ($p5II = 3$ mg/l; $p5III = 13$ mg/l) ed il p95 il cui valore, invece, diminuisce ($p95II = 125$ mg/l; $p95III = 112$ mg/l). La mediana assume una posizione piuttosto centrale e la media risulta ancora leggermente spostata verso i dati più alti. La distribuzione mantiene ancora un'asimmetria positiva, anche se meno evidente rispetto alla campagna precedente.

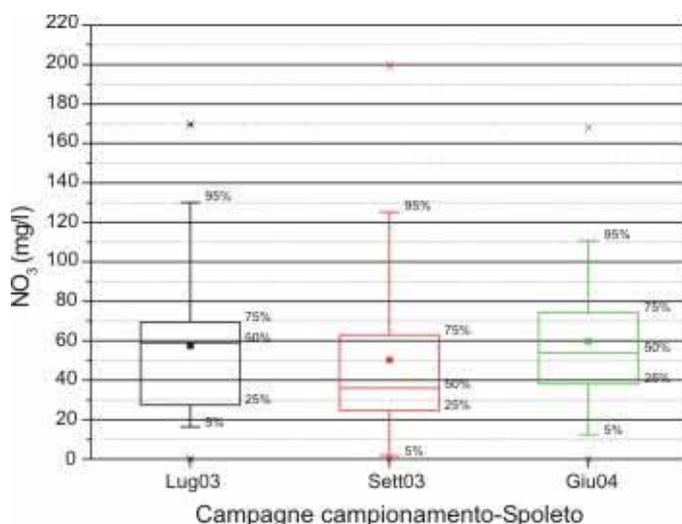


Fig.19. Box plot relativi alle campagne di campionamento dei nitrati, di Luglio 2003, Settembre 2003 e Giugno 2004, per il Settore della Valle Umbra a nord di Spoleto.

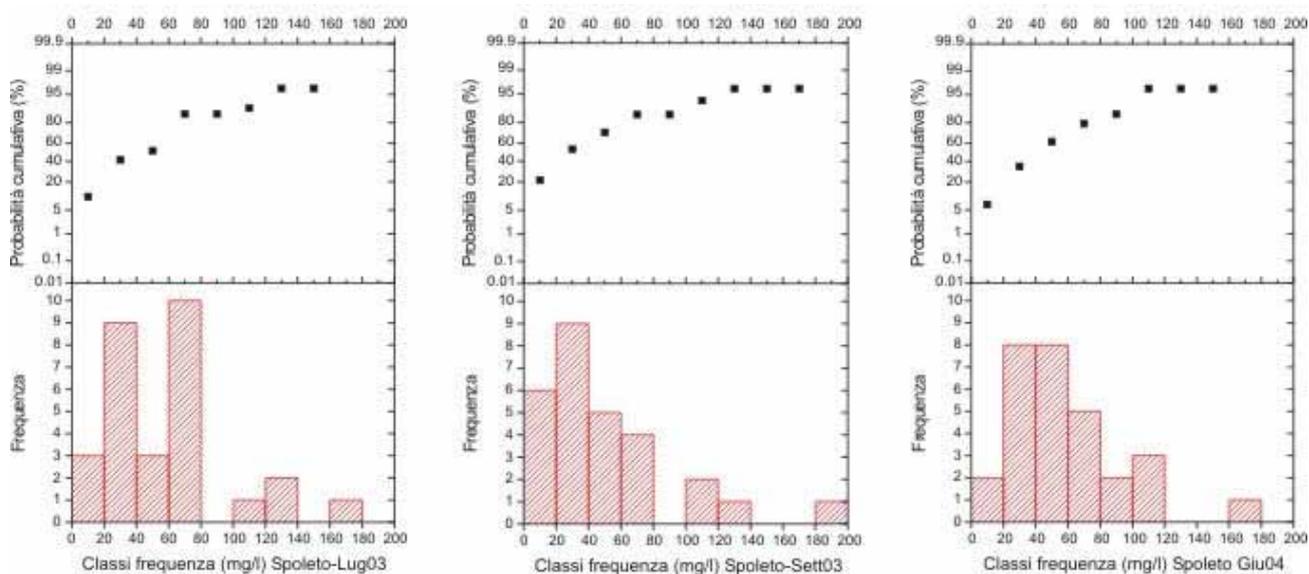


Fig. 20. Istogrammi e curve cumulative per lo ione NO₃⁻, relativi al Settore della Valle Umbra a nord di Spoleto.

La carta di distribuzione dei nitrati relativa alla campagna di Luglio 2003 mostra come il limite di 50 mg/l venga superato in un'ampia zona nella parte centro-settentrionale dell'area critica ed in una più limitata a ridosso del limite sud-orientale. All'interno della prima la concentrazione di nitrati supera localmente anche i 100 mg/l, soprattutto lungo il limite occidentale, mentre nella seconda si superano appena i 70 mg/l. Nell'area settentrionale, si individua una zona di minimo in cui le concentrazioni dei nitrati sono anche inferiori ai 20 mg/l. Un secondo minimo occupa quasi tutta la parte centro meridionale ed è caratterizzato da concentrazioni non inferiori a 20 mg/l (Tav.75 – Settore della Valle Umbra a nord di Spoleto: Distribuzione dei nitrati (luglio 2003)).

A Settembre 2003 la situazione appare decisamente peggiore, infatti la zona eccedente i 50 mg/l a Nord si è notevolmente allargata ed al suo interno si sono ampliate le aree in cui i nitrati superano i 100 mg/l. Anche la fascia meridionale dell'area è ora caratterizzata da concentrazioni superiori a 50 mg/l, con massimi di poco superiori a 70 mg/l (Tav.76 – Settore della Valle Umbra a nord di Spoleto: Distribuzione dei nitrati (settembre 2003)).

A Giugno 2004 la distribuzione dei nitrati appare simile a quella del precedente periodo, ma si nota un miglioramento nella zona settentrionale, nella quale i valori massimi scendono a 90 mg/l e si amplia l'area a concentrazione inferiore al limite (Tav.77 – Settore della Valle Umbra a nord di Spoleto: Distribuzione dei nitrati (giugno 2004)).

5.8.5 L'uso agrozootecnico del suolo

I dati contenuti nelle domande PAC seminativi per l'anno 2003, sono relativi ad una superficie di circa 1.671 ettari corrispondente al 94% della superficie delle due area critiche. Di questa superficie la SAU (superficie aziendale al netto di fabbricati, boschi...) è di 1.618 ettari.

Il carico di azoto totale, che teoricamente verrebbe immesso nel caso di applicazione del Codice di Buona Pratica Agricola, è stato stimato sulla base delle superfici per tipo di coltura in circa 234 t, che diviso per la SAU oggetto delle PAC da un carico medio di 145 kg/ha. Tale carico è dovuto per quasi il 75% alle colture di cereali (prevalentemente mais) e per il 15% alle colture industriali.

Tab. 8 - Carico di azoto teorico stimato sulle superfici SAU delle aziende che hanno aderito alle PAC seminativi anno 2003

Colture		Zona critica Superficie (ha)	Zona critica Ntot (..)
cereali	mais	338,03	94.647,44
	frumento tenero	251,88	45.338,01
	frumento duro	146,39	20.494,83
	orzo	99,44	11.932,26
	avena	13,25	1.324,84
	altri cereali	8,24	659,23
	sorgo	0,38	38,27
piante industriali	barbabietola	119,31	17.896,76
	tabacco	101,80	5.089,76
	girasole	130,75	13.075,26
foraggiere	erba medica	111,93	0,00
	altre foraggiere	33,63	2.061,53
	erbai graminacee	81,55	8.970,70
altre colture	riposo colturale	67,71	0,00
	altre utilizzazioni	21,34	1.538,66
colture arboree	vite	25,06	2.756,23
	altre arboree	10,07	572,67
	olivo	26,88	5.376,08
leguminose	fave e favette	15,00	299,96
	altre leguminose da granella	1,78	35,65
	lenticchie	0,73	14,66
colture ortive	ortive pieno campo	12,79	2.021,22
	pomodori	0,01	1,00
Totale		1.617,96	234.145,02

La Carta di distribuzione del carico di azoto di origine agricola, costruita ridistribuendo il quantitativo di azoto stimato in base ai soli dati PAC sull'intera superficie di ciascun foglio catastale, evidenzia un carico di azoto per ettaro mediamente più elevato rispetto alle aree fino ad ora esaminate (Tav.78 – Settore della Valle Umbra a nord di Spoleto: Distribuzione del carico teorico di azoto di origine agricola). Su una estesa superficie si evidenziano carichi superiori a 100 kg/ha con massimi superiori a 200 kg/ha.

Sulla base dei dati 1997 risultavano autorizzati alla fertirrigazione terreni per complessivi 73 ettari nell'area di Castel Ritaldi e per 23 ettari in quella a nord di Spoleto. Ben diversa la situazione nel 2002 dove esistono autorizzazioni alla fertirrigazione solo per alcuni terreni nell'area di Castel Ritaldi per una superficie complessiva inferiore a 2 ettari.

5.9 Bacino del Trasimeno

5.9.1 Caratteristiche litologiche e idrogeologiche

L'intero bacino del Lago Trasimeno è stato dichiarato vulnerabile ai nitrati ai sensi del DLgs 152/99. A seguito dei risultati di uno studio idrogeologico e idrochimico preliminare è stata individuata come critica un'area più ristretta che presentava concentrazioni in nitrati nelle acque sotterranee elevate su cui è stata approfondita l'indagine. Tale area è localizzata ad Ovest del Lago Trasimeno ed è compresa tra Petrinano

a Nord, Castiglione del Lago ad Est, l'abitato di Macchie a Sud e Pozzuolo ad Ovest (Tav.79 – Bacino del Trasimeno: inquadramento area critica per il tenore in nitrati).

Nella quasi totalità dell'area critica affiorano depositi in facies fluvio-lacustre (riferibili al complesso Villafranchiano sup.) costituiti essenzialmente di sabbie ricche in argilla, all'interno delle quali si trovano clasti arenacei provenienti dalla disgregazione del basamento. L'assetto di questi sedimenti è caotico, ma la presenza di livelli continui di materiale omogeneo da origine ad una pseudostratificazione. Questi terreni hanno una permeabilità per porosità piuttosto bassa e la circolazione idrica è limitata a lenti sabbiose a basso contenuto argilloso. A Castiglione del Lago e nei pressi della località Pucciarelli affiorano calcareniti ed arenarie con interstrati marnosi ed argillosi.

Nelle linee di impluvio, con maggiore estensione lungo il Canale dell'Anguillara, e nella fascia perilacuale affiorano depositi alluvionali recenti e attuali a granulometria fortemente variabile. In questi terreni s'instaura una falda, superficiale e a grande scala continua che contribuisce all'alimentazione del lago.

La carta della piezometria ricostruita sui dati di giugno 2004 per l'area critica sembra confermare l'alimentazione al lago. Infatti l'andamento delle isopieze evidenzia un flusso generalmente diretto verso Est con gradiente idraulico che diminuisce notevolmente andando verso il lago (Tav.80 – Bacino del Trasimeno: Piezometria giugno 2004).

La carta della soggiacenza a giugno 2004 è coerente con quanto osservato sopra, infatti si vede come lo spessore del non saturo presenta dei massimi ad ovest coincidenti con le sommità collinari di cui uno arealmente molto esteso nella porzione sud occidentale dell'area, e diminuisce progressivamente verso l'area lacustre dove raggiunge valori prossimi allo zero e nelle fasce di impluvio. I valori massimi di soggiacenza non superano i 30 m (Tav.81 – Bacino del Trasimeno: Soggiacenza dell'acquifero giugno 2004).

5.9.2 *Caratteristiche pedologiche*

Le caratteristiche pedologiche del bacino imbrifero del Lago Trasimeno risultano ampiamente descritte all'interno delle varie pubblicazioni prodotte dal Dipartimento di Scienze Agroambientali e della Produzione vegetale, Sezione di Geopedologia, Università degli Studi di Perugia. La pedologia del bacino presenta un'elevata variabilità derivante dalle notevoli differenze esistenti fra i fattori che intervengono nel processo pedogenetico: litologia del substrato, le varie componenti morfologiche, l'uso del suolo. Questi fattori si combinano in maniera variegata nelle differenti aree del bacino originando tipi pedologici contraddistinti da livelli evolutivi e caratteristiche chimiche, fisiche e morfologiche molto differenti.

Nella cartografia dei suoli del bacino (Tav.82 – Bacino del Trasimeno: Carta dei suoli) vengono individuati 11 differenti tipologie di suolo costituite da tre unità omogenee e otto associazioni fra suoli. La classificazione impiegata è la "Soil Taxonomy" americana.

Per ciascuna unità cartografica, viene riportata una breve descrizione generale, alcune indicazioni sulla capacità protettiva dei suoli nei confronti degli inquinanti di origine agricola e la classe di capacità di attenuazione.

1. Unità cartografica A (XERORTHENTS LITHICI)

Suoli poco profondi o molto poco profondi (15-40 cm), scheletro frequente (10-25%), tessitura franco-sabbiosa, non calcarei, reazione neutra. Presentano inclusioni (<10%) di rocce affioranti e porzioni caratterizzate da un orizzonte B di alterazione (XEROCHREPTS LITHICI). Sono localizzati prevalentemente nelle aree più scoscese ed erose della collina arenacea (aree collinari di Tuoro, Passignano, Panicale e Paciano). Suoli con BASSA capacità di attenuazione a causa delle caratteristiche granulometriche (tessitura moderatamente grossolana e scheletro frequente) e della scarsa profondità.

2. Unità cartografica B (XEROPSAMMENTS TYPICI)

Suoli moderatamente profondi (75 cm), privi di scheletro, tessitura sabbiosa o sabbioso-franca, non calcarei, reazione da neutra a fortemente acida, mal strutturati, localmente idromorfi. Presentano inclusioni (5%) del sottogruppo Aquico. Sono localizzati in corrispondenza del tratto terminale del Fosso dell'Anguillara, presso Panicarola. Suoli con BASSA capacità di attenuazione a causa delle particolari caratteristiche granulometriche (tessitura grossolana). In più i locali fenomeni di idromorfia denunciano la presenza di condizioni di saturazione idrica per periodi dell'anno più o meno prolungati.

3. Unità cartografica C (PSAMMAQUENTS TYPICI e MOLLICI)

Suoli poco profondi (50 cm), scheletro comune (5-10%), tessitura franco-sabbiosa, non calcarei, debolmente alcalini, mal strutturati, idromorfi. Associazione composta da due sottogruppi, localizzata in una stretta fascia continua attorno al bacino lacustre. I due sottogruppi, a loro volta, sono disposti su due strisce parallele non rappresentabili in cartografia. Il sottogruppo Typico rappresenta l'80% e occupa la fascia più interna. Suoli con BASSA capacità di attenuazione dovuta alla tessitura grossolana e al particolare regime idrico contraddistinto da persistenti condizioni di saturazione nella parte bassa del profilo; in alcuni periodi dell'anno la falda può essere presente a profondità inferiori a 50 cm.

4. Unità cartografica D (XEROCHREPTS LITHICI e TYPICI)

- Suoli da poco profondi a moderatamente profondi (30-75 cm), scheletro da frequente ad abbondante (10-50%), tessitura da franco-sabbiosa a franco-argillosa, non calcarei, reazione da neutra a fortemente acida. Presentano inclusioni (<5%) di DYSTROCHREPTS TYPICI. Risultano localizzati sui pendii meno acclivi delle colline arenacee di Tuoro, Passignano e Paciano. Suoli caratterizzati da capacità di attenuazione variabile dovuta alla eterogeneità delle caratteristiche tessiture e di profondità. Si può attribuire a questa associazione una MODERATA capacità di attenuazione nei confronti degli inquinanti.
5. Unità cartografica E (XEROCHREPTS TYPICI)
Suoli profondi (80-120 cm), scheletro assente o scarso (<5%), tessitura da argillosa a franco-limoso-argillosa, non calcarei o moderatamente calcarei con reazione da neutra a moderatamente alcalina. Presenta inclusioni (<10%) di Xerorthents Tipici localizzate nelle aree più erose. Questa unità cartografica è diffusa in tutto il settore occidentale e meridionale del bacino. Suoli con ELEVATA capacità di attenuazione dovuta alle caratteristiche granulometriche (tessitura fine o moderatamente fine, assenza o scarsità di scheletro) e alla buona profondità.
 6. Unità cartografica F (XEROCHREPTS TYPICI, FLUVENTICI e FLUVAQUENTICI)
Suoli profondi (80-120 cm), scheletro da assente a comune (<10%), tessitura da franco-sabbiosa a franco-argillosa, il contenuto di calcare e la reazione coprono un ampio spettro di variabilità in relazione agli apporti fluviali. Presentano inclusioni di Xerofluvents Tipici ed Aquici. Sono localizzati nelle aree pianeggianti o sub-pianeggianti del bacino sui sedimenti fluvio-lacustri e fluviali dei corsi d'acqua del bacino.
Suoli caratterizzati da capacità di attenuazione variabile dovuta alla eterogeneità delle caratteristiche granulometriche. Si può attribuire a questa associazione una MODERATA capacità di attenuazione nei confronti dell'inquinamento da nitrati considerando la buona profondità.
 7. Unità cartografica G (XEROCHREPTS TYPICI, AQUICI e DYSTRICI)
Suoli profondi (80-120 cm), scheletro scarso o comune (2-10%), tessitura franco-sabbiosa, non calcarei, reazione da neutra a debolmente acida, localmente idromorfi. Si localizzano in aree pianeggianti situate attorno al centro abitato di Castiglione del Lago e in una fascia a Nord dello stesso centro.
Suoli con BASSA capacità di attenuazione legata alle caratteristiche granulometriche (tessitura moderatamente grossolana) e ai locali fenomeni di idromorfia che denunciano la presenza di falda superficiale in alcuni periodi dell'anno.
 8. Unità cartografica H (XEROCHREPTS AQUICI e FLUVENTICI)
Suoli profondi (80-100 cm), scheletro scarso (<5%), tessitura franco-sabbiosa, non calcarei, reazione neutra, generalmente idromorfi. Presentano inclusioni (<10%) del sottogruppo Typico. Si collocano in un'area pianeggiante interna all'unità F, località Macchie del Comune di Castiglione del Lago. Suoli con BASSA capacità di attenuazione a causa della tessitura moderatamente grossolana e al particolare regime idrico. I fenomeni di idromorfia, molto diffusi, denunciano la presenza di condizioni di saturazione idrica per buona parte dell'anno.
 9. Unità cartografica I (HAPLOXERALFS TYPICI ed AQUICI)
Suoli profondi (80-100 cm), scheletro scarso (<5%), tessitura franco-sabbiosa, non calcarei, reazione debolmente acida, frequentemente idromorfi. Sono localizzati in una striscia di territorio a Nord-Ovest di Castiglione del Lago e in diverse aree isolate a Ovest e a Sud dello stesso centro. Suoli con BASSA capacità di attenuazione a causa della tessitura moderatamente grossolana e al particolare regime idrico. I frequenti fenomeni di idromorfia denunciano la presenza di gravi condizioni di saturazione idrica per buona parte dell'anno.
 10. Unità cartografica L (HAPLOXERALFS AQUICI ed AQUULTICI)
Suoli profondi (80-100 cm), scheletro scarso (<5%), tessitura da sabbioso-franca a franca, non calcarei, reazione fortemente acida. Presentano inclusioni (<10%) di Xerochrepts Tipici e Dystrici. Si collocano in aree pianeggianti situate a Ovest e a Sud-Ovest del centro abitato di Castiglione del Lago e in una fascia a Nord-Ovest dello stesso centro. Suoli caratterizzati da capacità di attenuazione variabile dovuta alla eterogeneità delle caratteristiche tessiture. Si può attribuire una BASSA capacità di attenuazione dovuta alla prevalenza del sottogruppo Aquico caratterizzato da tessitura grossolana.
 11. Unità cartografica M (XEROCHREPTS TYPICI e HAPLOXERALFS TYPICI)
Suoli da moderatamente profondi (50-70 cm) a molto profondi (>120 cm), scheletro assente, tessitura da franco-sabbiosa a franco-argillosa, non calcarei, reazione da debolmente acida a fortemente acida. Sono localizzati in aree a Nord e a Nord-Est di Panicale. Suoli caratterizzati da capacità di attenuazione variabile dovuta alla eterogeneità delle caratteristiche tessiture. Si può attribuire a questa associazione una MODERATA capacità di attenuazione nei confronti dell'inquinamento considerando la buona profondità.

L'attribuzione delle classi di capacità di attenuazione per alcune unità cartografiche esaminate, ha lasciato spazio a qualche incertezza legata alla consistente variabilità delle caratteristiche pedologiche di alcuni raggruppamenti. Tali incertezze, comunque, non sono emerse nei casi in cui è stata attribuita la classe di capacità di attenuazione "bassa"; in questi casi, infatti, è stato possibile procedere all'individuazione di quelle condizioni che possono compromettere in maniera importante la capacità protettiva del suolo. Pertanto, i dati

utilizzati hanno permesso di definire, con buona approssimazione, le aree in cui i suoli esercitano una limitata azione protettiva nei confronti delle acque profonde.

In tabella a scopo riassuntivo, oltre alla superficie e all'incidenza percentuale di ciascuna unità cartografica, viene riportata la classe di capacità di attenuazione.

Tab.9 – Tipi di suolo e loro capacità di attenuazione

Unità	Tassonomia	Sup. (ha)	%	Capacità di attenuazione
A	XERORTHENT LITHICI	2349,39	9,0%	Bassa
B	XEROPSAMMENT TYPICO	310,53	1,2%	Bassa
C	PSAMMAQUENT TYPICI e MOLLICI	396,63	1,5%	Bassa
D	XEROCHREPT LYTICI e TYPICI	5273,65	20,2%	Moderata
E	XEROCHREPT TYPICI	6772,46	25,9%	Elevata
F	XEROCHREPT TYPICI, FLUVENTICI e FLUVAQUENTICI	6252,57	23,9%	Moderata
G	XEROCHREPT TYPICI, AQUICI E DYSTRICI	929,45	3,6%	Bassa
H	XEROCHREPT AQUICI e FLUVENTICI	287,73	1,1%	Bassa
I	HAPLOXERALF TYPICI e AQUICI	1240,76	4,7%	Bassa
L	HAPLOXERALF AQUICI ed AQUULTICI	766,68	2,9%	Bassa
M	XEROCHREPTS TYPICI e HAPLOXERALFS TYPICI	1555,35	6,0%	Moderata
Totale		26135,2	100%	

Procedendo all'analisi dell'incidenza percentuale delle tre classi, si rileva che una quota consistente dei suoli del bacino (24%) presentano una "bassa" capacità di attenuazione nei confronti degli inquinanti.

Tab.10 – Incidenza percentuale delle classi di capacità di attenuazione

Capacità di attenuazione	Sup. (ha)	%
Elevata	6772,46	25,9%
Moderata	13081,57	50,1%
Bassa	6281,17	24,0%
Totale	26135,2	100%

Dall'esame della cartografia che rappresenta la distribuzione territoriale delle classi di capacità di attenuazione (Tav.83 – Bacino del Trasimeno: Valutazione della capacità di attenuazione dei suoli), si evince che i suoli con minore capacità di attenuazione si concentrano in tre zone:

- nelle aree collinari del settore nord e del settore sud;
- nelle aree pianeggianti del settore occidentale.
- nella fascia perilacuale;

Nel primo caso, si tratta di aree caratterizzate da una prevalente copertura boschiva e solo nella parte più nord-orientale e in alcune porzioni del settore meridionale, si rilevano alcune superfici occupate da oliveti. I ridotti carichi agro-zootenici, attribuibili a queste aree, determinano una situazione non preoccupante ai fini della vulnerabilità.

Al contrario, nelle aree agricole delle zone pianeggianti del settore occidentale, si rilevano schemi produttivi agro-zootecnici di tipo intensivo che, in combinazione alla scarsa capacità protettiva dei suoli, possono determinare situazioni di elevata vulnerabilità.

Similmente, nella fascia perilacuale, tradizionalmente occupata da prati umidi e canneti, la presenza di colture impattanti, associate a carichi azotati consistenti e dosi di fitofarmaci cospicue, può dare origine a condizioni di elevatissima vulnerabilità delle acque profonde e superficiali anche in considerazione della notevole vicinanza dello specchio lacustre.

5.9.3 Vulnerabilità agli inquinamenti

Per questa area non si dispone della Carta di Vulnerabilità agli inquinamenti. Per la completezza del quadro conoscitivo sarebbe opportuna la sua realizzazione.

5.9.4 L'andamento dei nitrati

L'analisi statistica dei dati dei nitrati è stata effettuata per ambedue le campagne di monitoraggio sui punti della rete ricadenti all'interno dell'area critica. Analizzando i diagrammi a scatola relativi ai dati delle due campagne di Settembre 2003 e Giugno 2004 si nota una bassa dispersione dei valori di concentrazione entro il primo quartile (Q1I = 11.41; Q1II = 15.05), mentre risulta più elevata quella intorno alla media, essendo gli intervalli interquartile abbastanza ampi (IQI = 64.78; IQII = 67.29); risultano inoltre molto dispersi anche i dati compresi tra Q3 e p = 95.

Nei dati della prima campagna la mediana assume una posizione piuttosto centrale, mentre la media è spostata verso i valori più alti, indice del loro maggiore peso rispetto agli altri. La distribuzione dei dati è fortemente asimmetrica, infatti il valore della moda è compreso tra 0 e 20 mg/l ed è molto inferiore a quello della media che è pari a 52.3 mg/l; in particolare si ha asimmetria positiva.

A Giugno 2004 la distribuzione dei dati risulta log-normale, infatti si ha un lieve aumento del Q1 e del Q3 (Q1II = 15.05; Q3II = 82.34) ed una diminuzione della mediana (MI = 44.21; MII = 36.3). L'asimmetria positiva cresce, visto che il valore della moda rimane pressoché uguale a quello della precedente campagna, mentre quello della media cresce (x = 55.48).

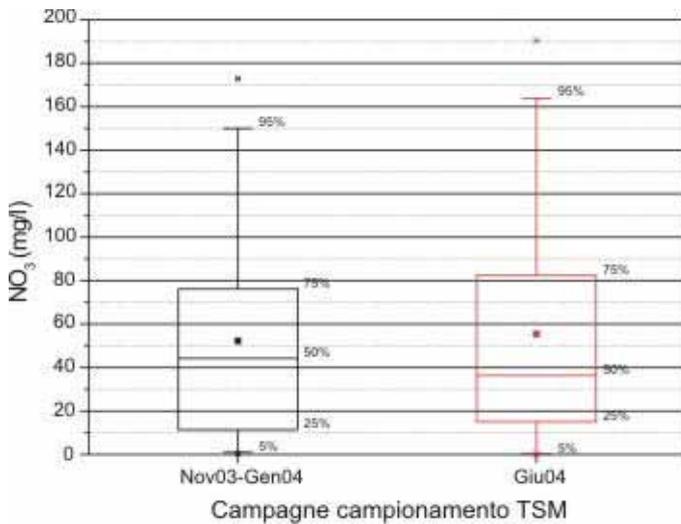


Fig.21. Box plot relativi alle campagne di campionamento dei nitrati, di Ottobre 2003 e Giugno 2004, per l'area critica ad Ovest del lago Trasimeno (TSM).

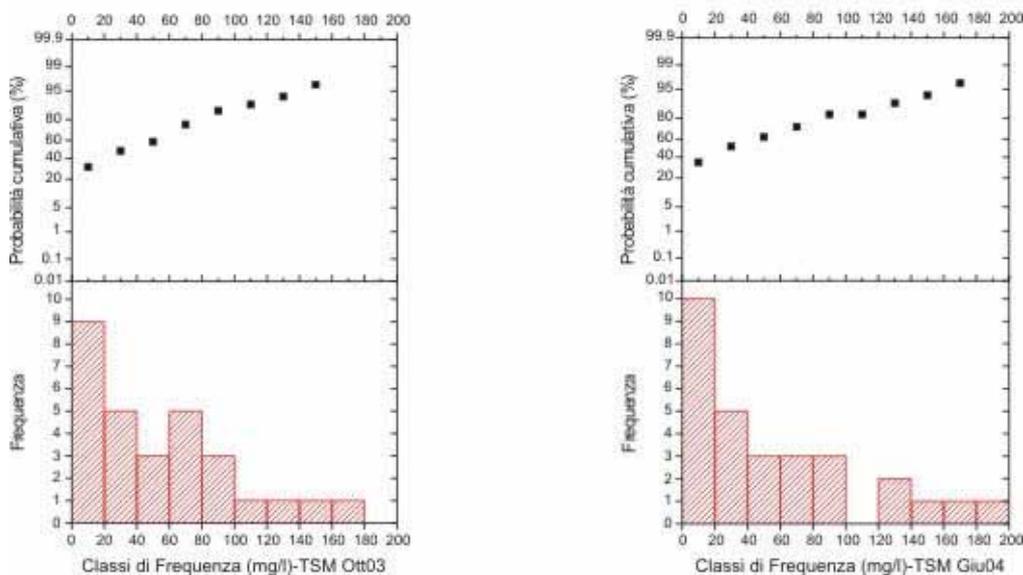


Fig. 22. Istogrammi e curve cumulative per lo ione NO₃⁻, relativi all'area critica ad Ovest del lago Trasimeno.

Sulla base della carta di distribuzione dei nitrati dell'autunno 2003 relativa all'intero bacino del Lago Trasimeno si osserva come il limite di 50 mg/l venga superato solamente a Sud e a NW di Castiglione del

Lago, dove localmente, si registrano concentrazioni pari a 70 mg/l. In gran parte della fascia occidentale dell'area critica, comunque, le concentrazioni, pur restando sotto la soglia dei 50 mg/l, sono abbastanza elevate, superando frequentemente i 40 mg/l. Nel resto dell'area critica le concentrazioni di inquinante sono inferiori a 25 mg/l. Un'altra zona con valori di nitrati compresi tra i 30 ed i 40 mg/l si trova nei pressi di S. Savino, ma è di estensione molto limitata (Tav.84 – Bacino del Trasimeno: Distribuzione dei nitrati (autunno 2003)).

Dalla carta di distribuzione dei nitrati relativa alla campagna di Giugno 2004 relativa solo all'area critica si nota una diversa distribuzione dei nitrati; la situazione sembra decisamente peggiorata lungo tutta la fascia occidentale, in particolare a S di Pozzuolo e ad E di Petrignano, dove si passa da 20-30 mg/l del precedente periodo a più di 100 mg/l. Questi valori vengono raggiunti anche nella zona di Pucciarelli con un aumento massimo delle concentrazioni dell'ordine di 70 mg/l. Un altro peggioramento si verifica a NW di C. del Lago, dove, però, vengono appena superati i 70 mg/l. Si individuano invece due vaste aree di minimo la prima a NE di Pozzuolo, dove si raggiungono valori anche al di sotto di 10 mg/l e a SW di Castiglione del Lago dove i valori minimi non superano i 20 mg/l. Viene infine confermato il minimo all'estremo meridionale dell'area critica (Tav.85 – Bacino del Trasimeno: Distribuzione dei nitrati (giugno 2004)).

5.9.5 L'uso agrozootecnico del suolo

I dati contenuti nelle domande PAC seminativi per l'anno 2003, sono relativi ad una superficie di circa 11.711 ettari (di cui 10.026 ha sono la SAU) corrispondente al 30% della superficie dell'intero bacino comprensivo dell'ampliamento artificiale (38.394 ettari). La percentuale è molto inferiore a quella delle altre zone nelle quali, essendo aree di pianura, l'uso principale del suolo è quello agricolo con prevalenza delle colture seminative. In questo caso, invece, si tratta di un territorio prevalentemente collinare che in base ai dati Istat è coperto per circa il 18% da boschi, il 24% da olivi e il 7% da viti. Superfici che rientrano nei dati PAC seminativi solo per piccole percentuali.

Il carico di azoto totale, che teoricamente verrebbe immesso nel caso di applicazione del Codice di Buona Pratica Agricola, è stato stimato sulla base delle superfici per tipo di coltura in circa 1.567 t, che diviso per la SAU oggetto delle PAC da un carico medio di 156 kg/ha. Tale carico è dovuto per il 78% alle colture di cereali (mais, frumento duro e tenero) e per il 9% alle colture arboree (olivo e vite).

Tab. 11 - Carico di azoto teorico stimato sulle superfici SAU delle aziende che hanno aderito alle PAC seminativi anno 2003

		Zona vulnerabile Superficie (ha)	Zona vulnerabile Ntot (..)
cereali	mais	2.650,07	742.020,69
	frumento duro	1.642,94	230.011,55
	frumento tenero	1.100,58	198.104,53
	orzo	357,24	42.868,25
	altri cereali	21,52	1.721,63
	avena	18,91	1.890,52
	sorgo	15,14	1.514,05
colture arboree	olivo	459,02	91.804,15
	vite	393,54	43.289,69
	altre arboree	107,33	9.760,72
foraggere	erba medica	450,90	0,00
	altre foraggere	444,16	26.345,56
	erbai graminacee	55,59	6.115,05
altre colture	riposo colturale	554,98	0,00
	altre utilizzazioni	345,59	22.329,42
piante industriali	girasole	583,95	58.394,53
	barbabietola	230,96	34.644,27
	tabacco	16,75	837,36
colture ortive	pomodori	189,17	30.266,87
	ortive pieno campo	125,45	19.821,67
leguminose	fave e favette	260,86	5.217,27
	altre leguminose da granella	1,66	33,20
Totale		10.026,31	1.566.990,97

Nella Carta di distribuzione del carico di azoto di origine agricola, costruita ridistribuendo il quantitativo di azoto stimato in base ai soli dati PAC sull'intera superficie di ciascun foglio catastale, si evidenzia come nell'area critica prevale la classe di carico di azoto per ettaro compreso tra 100 e 150 Kg/ha con localmente

valori superiori. Nel restante bacino i valori di carico teoricamente immesso per le pratiche agricole è prevalentemente inferiore a 50 kg/ha (Tav.86 – Bacino del Trasimeno: Distribuzione del carico teorico di azoto di origine agricola).

Sulla base dei dati 1997 risultavano autorizzati alla fertirrigazione terreni per complessivi 2.439 ha in tutto il bacino naturale del Trasimeno, di questa superficie circa il 65 % ricade all'interno della zona critica per il tenore dei nitrati nelle acque sotterranee. Nel 2002 i terreni autorizzati sono numericamente inferiori e la superficie complessiva è di 1.012 ettari di cui il 67% all'interno della zona critica.

Nella porzione di bacino collegato artificialmente al lago invece non risultano autorizzazioni alla fertirrigazione né nei dati del '97 né in quelli del 2002.

6. PERIMETRAZIONE DELLE ZONE VULNERABILI AI NITRATI DI ORIGINE AGRICOLA

Dal confronto delle carte di distribuzione della concentrazione in nitrati nelle acque sotterranee, per ciascuna area studiata sono state delimitate le aree in cui la concentrazione è risultata superiore almeno in una campagna al limite di 40 mg/l e, all'interno di queste, la fascia in cui almeno in una campagna il valore ha superato i 50 mg/l. Tali aree sono state sovrapposte alle mappe catastali e sono stati selezionati tutti i fogli ricadenti in modo totale o parziale al loro interno.

Le aree così delimitate sono da intendersi quali zone del territorio le cui acque sotterranee hanno "presenza di nitrati o loro possibile presenza ad una concentrazione superiore a 50 mg/l (espressi come NO₃)".

Secondo i criteri del decreto, vanno perimetrare come "Zone vulnerabili ai nitrati di origine agricola" le porzioni di territorio che possono contribuire all'apporto di composti azotati in queste acque.

Essendo state delimitate sulla base di fogli catastali le aree comprendono anche porzioni di zone urbane: naturalmente, tutte le considerazioni che qui vengono fatte, sia relativamente alle aree con "acque inquinate" sia relative alle aree di cui si propone la perimetrazione, sono da applicare alle superfici rurali del territorio individuato.

6.1 Zone Vulnerabili ai nitrati di origine agricola all'interno degli acquiferi alluvionali

La perimetrazione delle zone vulnerabili ai nitrati all'interno degli acquiferi alluvionali tiene conto dei seguenti elementi:

- geometria delle porzioni di acquifero in cui le acque sono risultate "inquinata" ovvero in cui è stata rilevata "presenza di nitrati o loro possibile presenza ad una concentrazione superiore a 50 mg/l (espressi come NO₃)",
- protezione dalla componente verticale della alimentazione, sulla base di:
 - grado di vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento tratto dalle rispettive Carte di Vulnerabilità: si è ritenuto opportuno proteggere prioritariamente le zone di territorio con grado di vulnerabilità Alto, Elevato e Estremamente Elevato;
 - capacità di attenuazione dei suoli: si è ritenuto opportuno proteggere prioritariamente le zone di territorio con Bassa capacità di attenuazione dei suoli, e con Moderata capacità di attenuazione in presenza di altri fattori di vulnerabilità;
 - soggiacenza dell'acquifero: si è ritenuto opportuno proteggere prioritariamente le zone di territorio con soggiacenza di pochi metri.
- protezione dalla componente orizzontale della alimentazione, sulla base di:
 - principali linee di flusso sotterraneo ricostruite dai dati piezometrici che hanno permesso di individuare, all'interno dei corpi idrici alluvionali, quali porzioni alimentano le aree inquinate.
 - alimentazione dagli acquiferi laterali,
 - alimentazione da corpi idrici superficiali.

In Fig.23 viene presentato lo schema metodologico seguito.

Sono stati inoltre applicati i seguenti criteri:

1. Tutte le aree in cui le acque sotterranee sono risultate "inquinata" sono state incluse nelle zone vulnerabili tenendo conto della alimentazione verticale del corpo idrico. Gran parte delle aree inquinate presentano grado di vulnerabilità degli acquiferi da alto a estremamente elevato e bassa capacità di attenuazione dei suoli.
2. Quando in uno stesso corpo idrico, come in Conca Eugubina e nella Valle Umbra a sud del fiume Chiascio, erano presenti più aree inquinate queste sono state ricomprese all'interno della stessa zona vulnerabile. La porzione di acquifero in destra del fiume Chiascio, sempre in Valle Umbra,

ricade invece in un settore idrogeologicamente differenziabile dal resto dell'acquifero alluvionale. Pertanto viene individuata come zona vulnerabile distinta.

3. Non si è ritenuto necessario dover estendere le zone vulnerabili in funzione della componente orizzontale dell'alimentazione da corpi idrici superficiali, in quanto, in tutti i casi conosciuti in Umbria di alimentazione della falda alluvionale da parte di corsi d'acqua, si ha nelle acque sotterranee un effetto di diluizione con miglioramento della qualità. Questo in conseguenza del basso tenore in nitrati delle acque superficiali.

Applicando questo metodo di analisi e questi criteri sono state rilevate situazioni diverse nei corpi idrici presi in considerazione:

- Il settore di acquifero in destra del fiume Chiascio, in Valle Umbra, e la porzione dell'acquifero della Media Valle del Tevere tra Ponte S. Giovanni e Marsciano non sono interessati da alimentazioni laterali di qualche interesse. Infatti le porzioni di valle alluvionale in cui sono ospitati sono caratterizzate dalla presenza al loro margine di litologie a bassa permeabilità sede di falde poco consistenti. Nel caso della Media Valle del Tevere la zona individuata coincide con l'area "inquinata" (Tav.89 – Zona vulnerabile ai nitrati di origine agricola: S.Martino in Campo), nel caso dell'acquifero in destra del fiume Chiascio si estende rispetto all'area inquinata comprendendo la porzione più settentrionale dell'acquifero alluvionale in quanto zona di alimentazione (Tav.90 – Zone vulnerabili ai nitrati di origine agricola: Petrignano d'Assisi).
- Anche l'Alta Valle del Tevere non riceve alimentazione significativa dagli acquiferi bordieri. La Zona individuata in questo caso si estende rispetto all'area inquinata verso il margine orientale della valle includendo le conoidi di deiezione che i torrenti hanno formato allo sbocco in essa. Si tratta infatti di aree di alimentazione dell'area inquinata, con elevato grado di vulnerabilità, in genere sede di attività agricole (Tav.87 – Zona vulnerabile ai nitrati di origine agricola: Settore orientale dell'Alta Valle del Tevere).
- Il settore prossimo a Gubbio della Conca Eugubina e l'acquifero della Valle Umbra a sud del fiume Chiascio invece beneficiano della alimentazione da parte degli acquiferi carbonatici dei monti di Gubbio nel primo caso e della struttura montuosa che borda la Valle Umbra ad est nel secondo. Tale alimentazione in genere avviene attraverso i corpi sedimentari (falde di detrito e coni di deiezione) che caratterizzano le fasce pedemontane. Tali aree sono caratterizzate da elevata permeabilità e dalla presenza di attività agricole e zootecniche, il loro grado di vulnerabilità varia da alto a elevato. La Zona individuata all'interno della Conca Eugubina comprende un'area di piana che include le due aree inquinate e la fascia di raccordo con i monti di Gubbio includendo anche l'area del campo pozzi di Raggio (Tav.88 – Zona vulnerabile ai nitrati di origine agricola: Gubbio). Nella Valle Umbra a sud del fiume Chiascio viene individuata una Zona che si estende lungo la fascia orientale dell'acquifero alluvionale da Assisi a Spoleto e comprende lungo tutta la sua lunghezza anche la fascia detritica pedemontana (Tav.91 – Zona vulnerabile ai nitrati di origine agricola: Valle Umbra a sud del fiume Chiascio).

6.2 Zona Vulnerabile ai nitrati di origine agricola del bacino del Lago Trasimeno

Per quanto riguarda il bacino del lago Trasimeno, la sua dichiarazione come Zona vulnerabile è stata fatta in applicazione di un altro criterio dettato dalla norma: ovvero la necessità di perimetrare le aree che contribuiscono ad apportare composti azotati in acque in cui c'è "la presenza di eutrofizzazione oppure la possibilità del verificarsi di tale fenomeno nell'immediato futuro". Pertanto è stato perimetrato l'intero bacino, compreso il suo ampliamento artificiale, in quanto contribuisce all'alimentazione del lago.

I risultati dello studio sulle acque sotterranee hanno permesso di individuare, il settore in cui si hanno acque sotterranee "inquinata" da nitrati. Tale settore ricade in gran parte all'interno del bacino idrografico del Trasimeno, zona già dichiarata vulnerabile, e marginalmente, a ovest, nel bacino del Lago di Chiusi (Tav.92 – Zona vulnerabile ai nitrati di origine agricola: Lago Trasimeno). La perimetrazione si estende fino a ricomprendere anche questo settore.

6.3 Ridefinizione delle Zone Vulnerabili ai nitrati della Regione Umbria

Con DGR n.1201 del 19 luglio 2005, "Designazione e perimetrazione di ulteriori Zone Vulnerabili ai nitrati di origine agricola e revisione delle zone vulnerabili già designate", sulla base dei risultati delle indagini sopra descritti, sono state perimetrare complessivamente 6 Zone che comprendono al loro interno le Zone precedentemente individuate e si estendono in tutte le zone critiche indagate:

- Zona vulnerabile "Settore orientale dell'Alta Valle del Tevere" che si estende nel settore orientale della valle interessando una superficie di 2.594 ha all'interno del sottobacino Alto Tevere;

- Zona vulnerabile "Gubbio" che si estende nell'area della Conca Eugubina prossima all'abitato di Gubbio interessando una superficie di 1.824 ha ricadente nei sottobacini Alto Tevere e Chiascio;
- Zona vulnerabile "S.Martino in Campo" nella Media Valle del Tevere che si estende tra Ponte S. Giovanni e Marsciano interessando una superficie di 7.204 ha all'interno dei bacini Alto Tevere, Medio Tevere e Nestore; comprende al suo interno la Zona vulnerabile omonima già dichiarata con DGR 881/2003;
- Zona vulnerabile "Petrignano d'Assisi" in destra del fiume Chiascio in Valle Umbra che interessa una superficie di 5.866 ha ricadente nel sottobacino Chiascio e marginalmente nel sottobacino Alto Tevere; comprende al suo interno la Zona vulnerabile omonima già dichiarata con DGR 1240/2002;
- Zona vulnerabile "Valle Umbra a sud del fiume Chiascio" che si estende nella valle tra Assisi e Spoleto interessando una superficie di 20.438 ha del sottobacino Topino-Marroggia
- Zona vulnerabile "Lago Trasimeno" che comprende l'intero bacino idrografico del lago già dichiarato zona vulnerabile con DGR 1090/2004, e si estende a sud ovest a comprendere un'area ricadente nel bacino dell'Arno con acque sotterranee "inquinata" da nitrati. La zona si estende per una superficie di 39.245 ha di cui 38.496 in territorio umbro e 749 in territorio toscano.

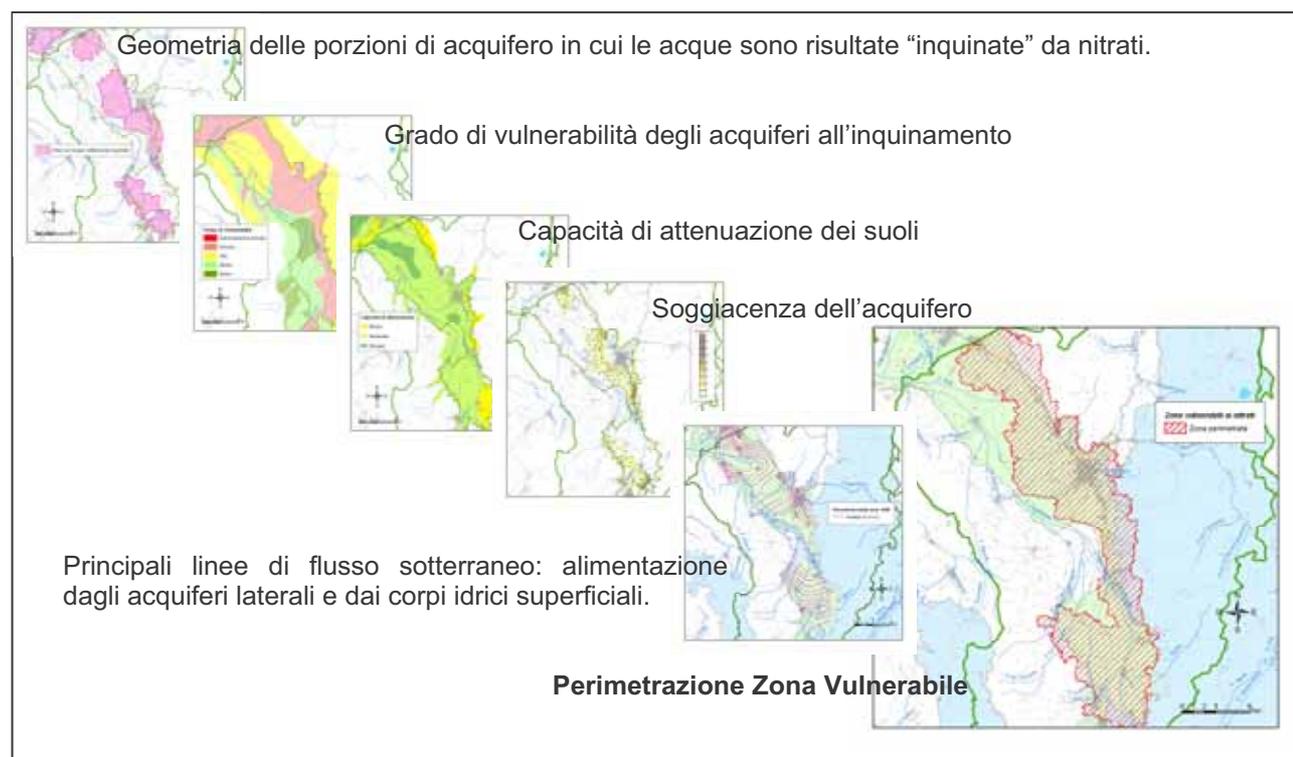


Fig.23 – Perimetrazione della Zona Vulnerabile a sud del Chiascio. Schema metodologico

7. BIBLIOGRAFIA

Marchetti G., Martini E., (1989) – Carta della Vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi della Valle Umbra - rapporto 86/89, in CNR - Gruppo Nazionale Difesa Catastrofi Idrogeologiche, Linea Ricerca n°4, Rapporto di attività 86/89, 1989

Marchetti G., Martini E., (1990) – Carta della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento della Valle Umbra Nord, GNDCI-CNR n° 256, 1990

Chiodini G., Giaquinto S., Marchetti G., Martinelli A., (1990) – Vulnerabilità dell'acquifero alluvionale nell'area di Petignano d'Assisi, scala 1:10.000, Atti 1° Convegno Nazionale sulla Protezione e Gestione delle Acque Sotterranee, Modena 1990, Pubbl. GNDCI-CNR n°265

Marchetti G., Martini E., (1991) – Carta della Vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento della Valle Umbra sud, Pubbl. n°468 del GNDCI-CNR.,1991

Giaquinto S., Marchetti G., Martinelli A., Peruzzi L., (1991) – Applicazione del metodo DRASTIC per la valutazione della vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero alluvionale freatico della Valle Umbra Sud, Le acque sotterranee in Umbria, Pubbl. n° 413 del GNDCI-CNR Protagon Editrice Perugia ,1991

Boila P., Castigli V., Giaquinto S., Marchetti G., Martinelli A., Martini E., (1991) – Vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero alluvionale della Valle Umbra , Le acque sotterranee in Umbria, Pubbl. n° 413 del GNDCI-CNR Protagon Editrice Perugia ,1991

Marchetti G., (1994) – Valutazione della Vulnerabilità degli acquiferi nella Conca Ternana, Atti del Convegno "Risorse idriche e fonti di approvvigionamento nel Ternano", Terni 6/5/1994, Quaderni di Indagini CESTRES n°2, 1994

Marchetti G., (1994) –Vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi della Conca ternana e protezione delle fonti di approvvigionamento, Atti del convegno "L'ambiente Urbano", Terni 26/6/1994

Boila P., Marchetti G., Martinelli A., (1995) – Valutazione della Vulnerabilità degli Acquiferi all'inquinamento dell'Alta Valle del Tevere, Pubbl. n° 1115 del GNDCI-CNR,1995

Marchetti G., (1995) – Studi sulla Vulnerabilità degli acquiferi: la Conca ternana, Pubbl. n° 1068 del GNDCI-CNR, pagg. 1-219, Pitagora Editrice 1995,

Boila P., R. Checcucci, W. Dragoni, Giaquinto S., Marchetti G., Martinelli A., Martini E., (1995) – Valutazione della Vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi della Conca Ternana, Studi sulla vulnerabilità degli acquiferi: la Conca ternana, Pubbl. n°1068 del GNDCI-CNR Pitagora Editrice Bologna, 1995

R. Checcucci, Marchetti G., Peruzzi L., (1995) – Relazione tra vulnerabilità degli acquiferi, idrodinamica sotterranea e protezione delle falde, Studi sulla vulnerabilità degli acquiferi: la Conca Ternana, Pubbl. n°1068 del GNDCI-CNR

Beretta G., Giuliano G., Marchetti G., Vacca G., (1995) – La contaminazione da nitrati del campo pozzi di Petignano di Assisi: dagli studi conoscitivi ad un sistema integrato di intervento, Atti del 2° Convegno Nazionale sulla Protezione e Gestione delle Acque Sotterranee, Pubbl. n° 1216 del GNDCI-CNR, Modena 1995

Civita M., Filippini G., Marchetti G., Paltrinieri N., Zavatti A., (1995) – Uso delle carte di vulnerabilità degli acquiferi e gestione del territorio, Atti del 2° Convegno Nazionale sulla Protezione e Gestione delle Acque Sotterranee, Pubbl. n° 1241 del GNDCI - CNR, Modena 1995

Marchetti G., (1995) – Carte di vulnerabilità degli acquiferi e gestione del territorio, Atti del 2° Convegno Nazionale sulla Protezione e Gestione delle Acque Sotterranee, Modena 1995

Marchetti G., Martinelli A. (1997) – Azioni di salvaguardia e costi di intervento per il risanamento di un'area di interesse strategico per l'approvvigionamento potabile. Convegno "Aspetti economici relativi

all'approvvigionamento ed alla gestione delle acque sotterranee", Milano 10 Dicembre 1997, IGEA (Ingegneria e Geologia degli Acquiferi) n° 9 del 1997

Marchetti G., Passeri S. (1998) – Vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi della conca eugubina, L'Arte grafica Gubbio Pubbl. n. 1814 GNDCI-CNR.

Marchetti G. (1999) – Vulnerabilità degli acquiferi:attività della Unità Operativa 4.11 del GNDCI In Atti del Convegno "L'utilizzo delle carte di vulnerabilità nella gestione del territorio", Gubbio 26 giugno 1998. Pubbl. n. 1961 del GNDCI-CNR.

Ficiarà R., Marchetti G., Martinelli A., Passeri S. (1999) - La definizione delle risorse idriche degli acquiferi calcarei dei Monti di Gubbio. In Atti del Convegno "L'utilizzo delle carte di vulnerabilità nella gestione del territorio", Gubbio 26 giugno 1998. Pubbl. n. 1961 del GNDCI-CNR.

Cortina C., Facchino F., Ficiarà R., Giuliano G., Marchetti G., Martinelli A., Pennacchi F., (1999) - Individuazione di un piano di intervento tecnico - normativo per il recupero di un acquifero alluvionale contaminato da nitrati di origine agricola Atti 3° Convegno Nazionale sulla protezione e gestione delle acque sotterranee. Parma 13-15 ottobre 1999. Pubbl. n. 1982 GNDCI-CNR. " Quaderni di geologia applicata", Pitagora ed.

Marchetti G. Martinelli A. (2000). Progetto PRISMAS: Risultati metodologici – Sintesi dei risultati. Convegno nazionale Progetto PRISMAS, Perugia, 9 novembre 2000. Ministero dell'Ambiente, ANPA, Regioni Umbria, Piemonte, Liguria, Basilicata - A cura di ARPA Umbria.

Froncini F., Marchetti G., Martinelli A., Peruzzi L. (2001) – Il Progetto PRISMAS per il monitoraggio degli acquiferi Atti del Convegno "Nitrati acqua e suolo da salvaguardare" Piacenza 5 ottobre 2000, in Quaderni di Arpa Emilia Romagna, Bologna 2001

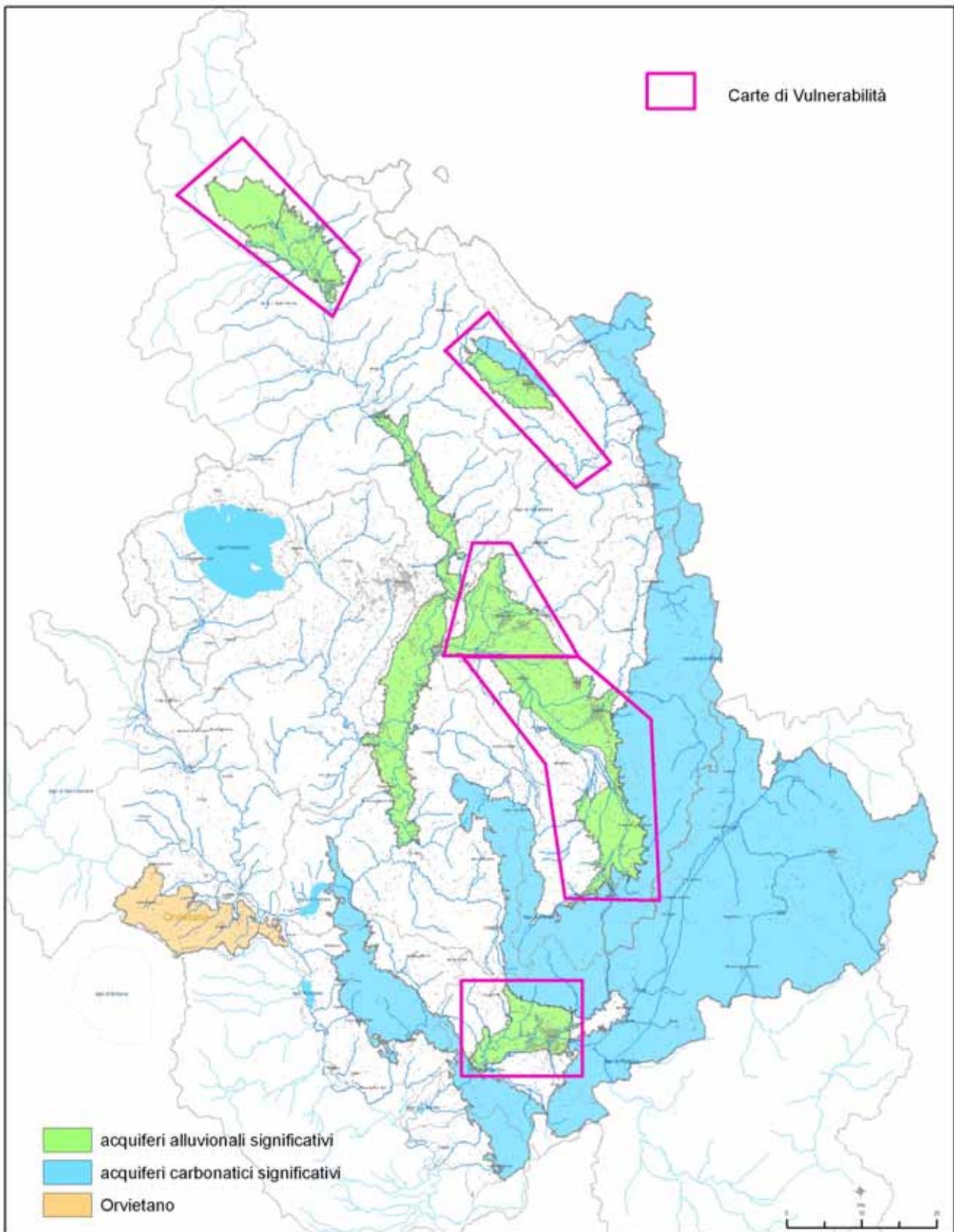
Bodo G., Marchetti G., Martinelli A. (2001) – Sistemi integrati di gestione del territorio dell'area di Petrignano di Assisi: nuovi modelli contro l'inquinamento da nitrati – Il progetto LIFE Ambiente di Arpa Umbria (abstract) in Atti 5a Conferenza nazionale delle Agenzie ambientali Bologna 17-19 dicembre 2001

Martinelli A., Marchetti G., Martini E., Facchino F., Cortina C., (2003) – L'acquifero di Petrignano di Assisi in Valle Umbra (Italia centrale): un esempio di sviluppo metodologico della conoscenza dei sistemi ambientali - in Atti del Convegno Internazionale "Sistemi agricoli e inquinamento da nitrati" Perugia, 11, 12 dicembre 2003. A cura di ARPA Umbria.

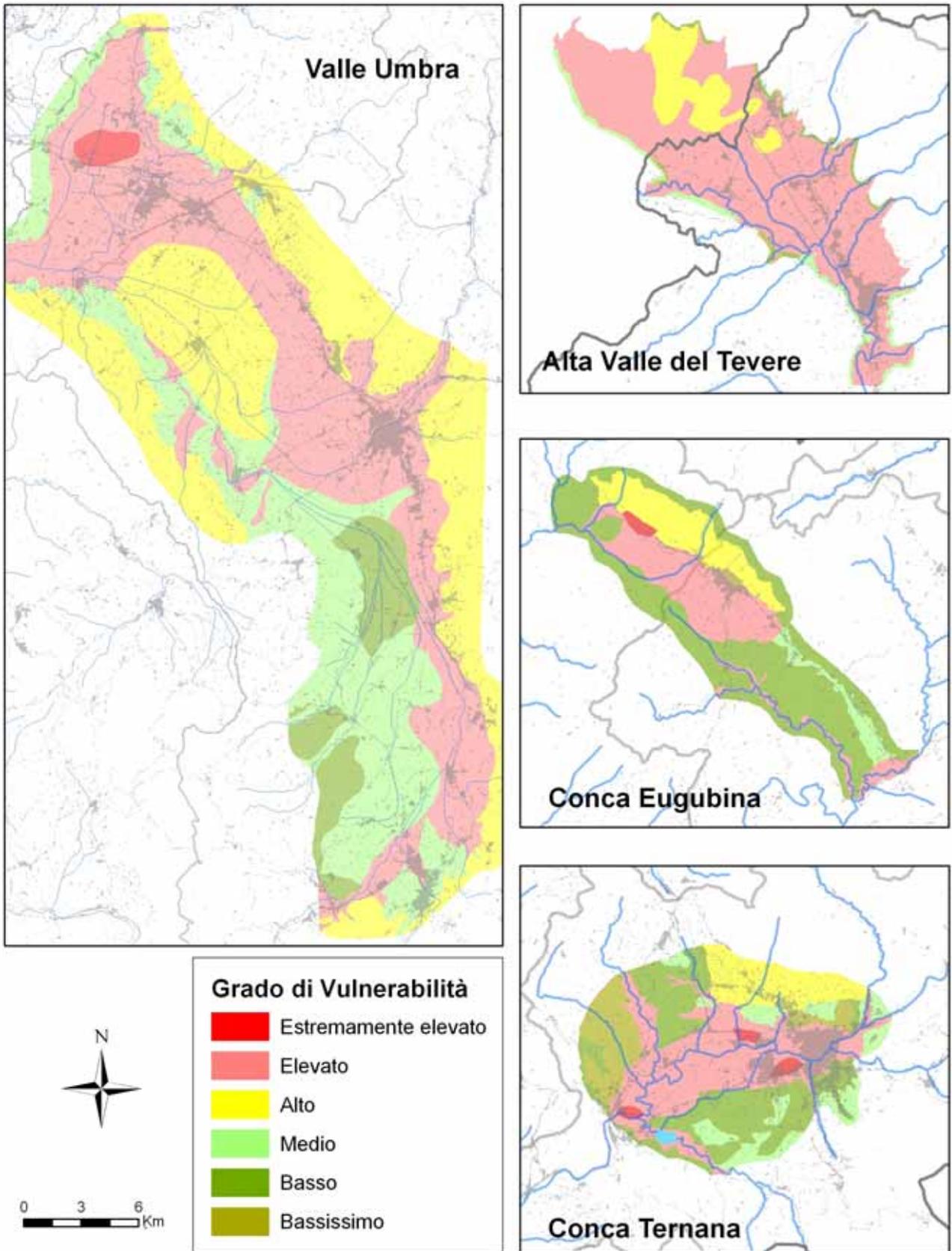
Marchetti G., Stranieri P., (2003) – Il progetto LIFE Petrignano: obiettivi e scelte - in Atti del Convegno internazionale "Sistemi agricoli e Inquinamento da nitrati" Perugia, 11, 12 dicembre 2003. A cura di ARPA Umbria.

Martinelli A., Marchetti G., Vacca G., Gobattoni F., Santucci A., Graziani C., Crea R., Burchia A., Bagnetti A., Menganna C., (2003) - Il monitoraggio dei nitrati e del suolo del Progetto LIFE Petrignano, strumento conoscitivo e divulgativo dei risultati di prassi agronomiche ecocompatibili - in Atti del Convegno Internazionale "Sistemi agricoli e inquinamento da nitrati" Perugia, 11, 12 dicembre 2003. A cura di ARPA Umbria.

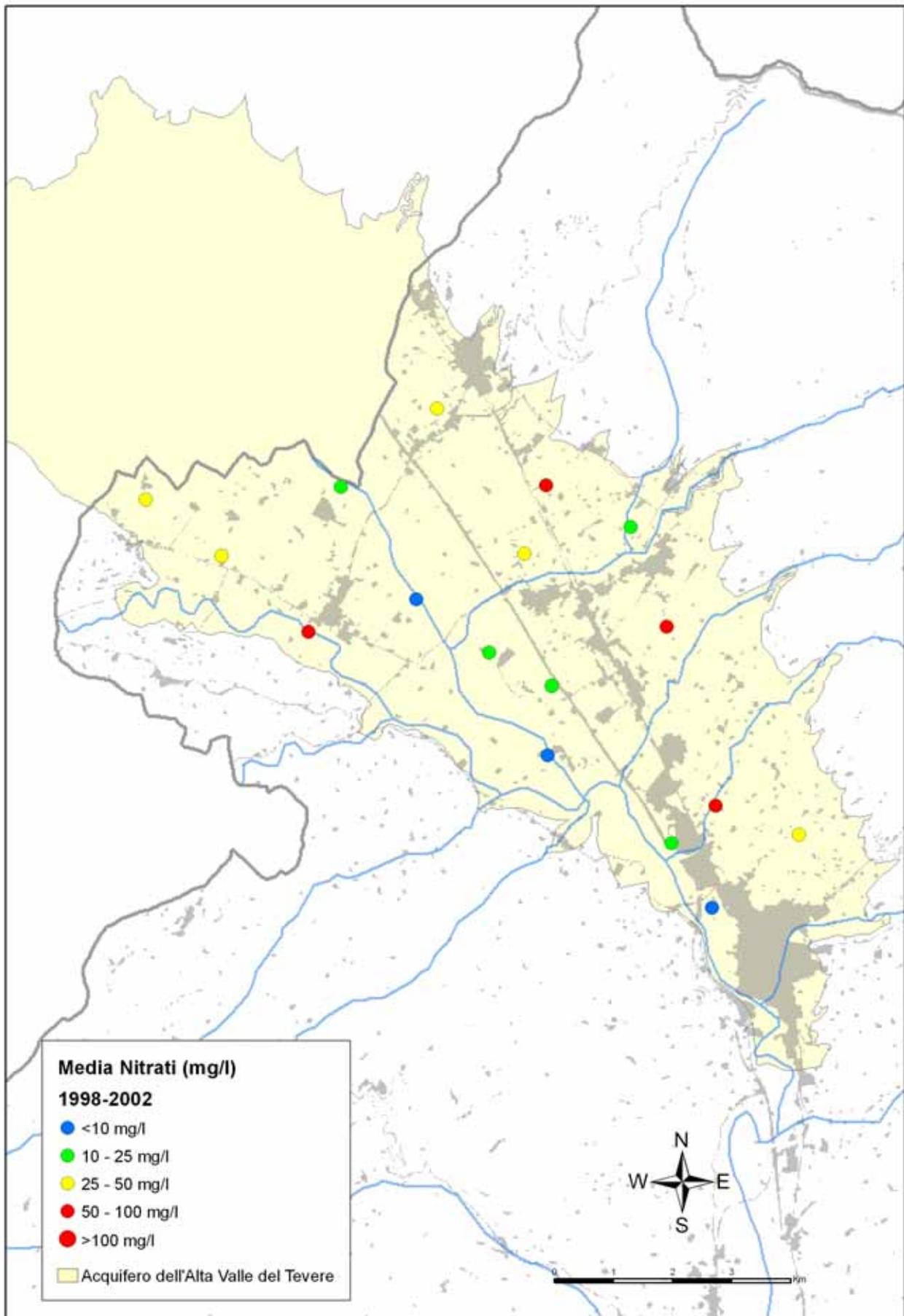
8. CARTOGRAFIE TEMATICHE E DI SINTESI



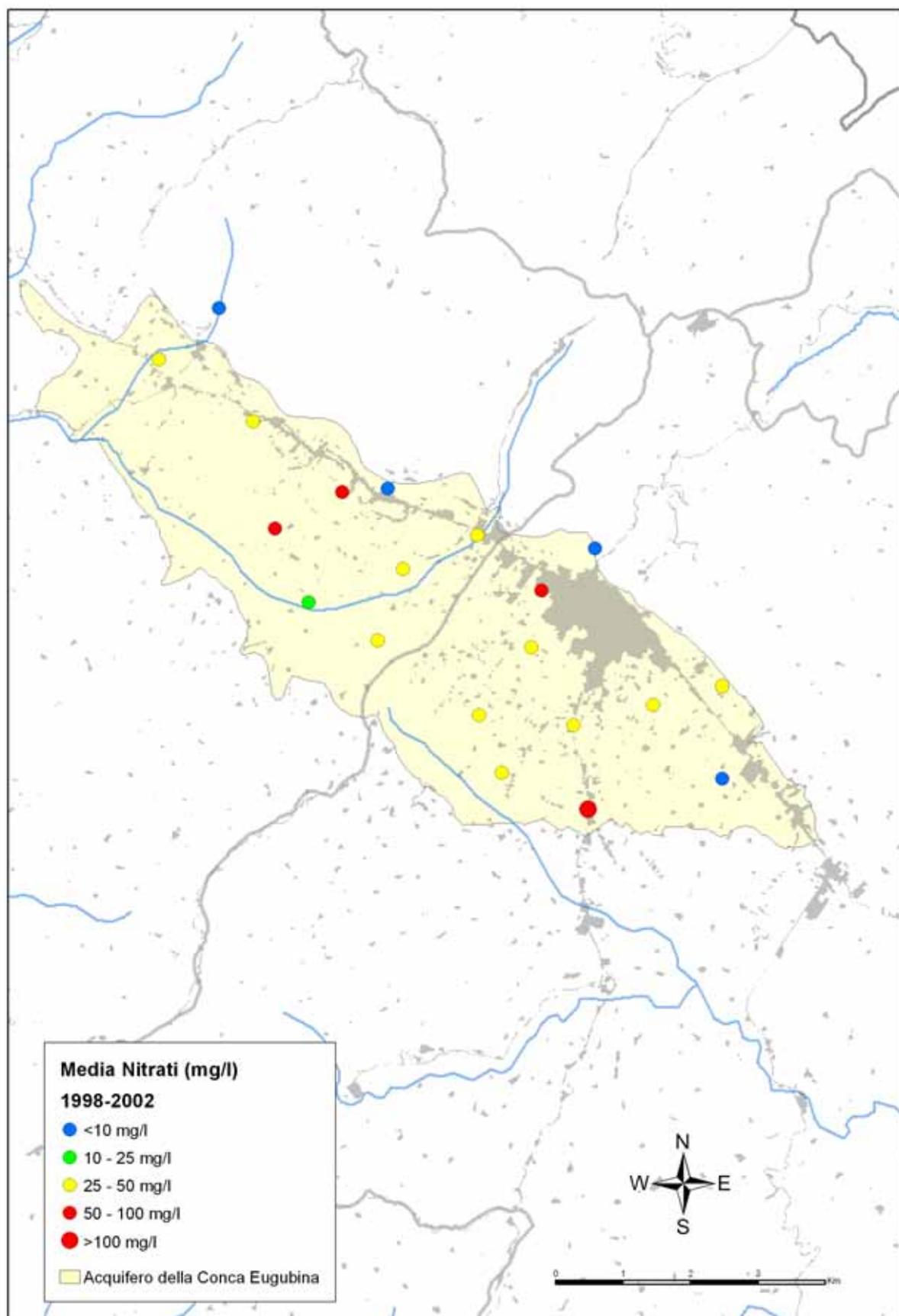
Tav.1 - Quadro di unione delle Carte di Vulnerabilità degli acquiferi agli inquinamenti



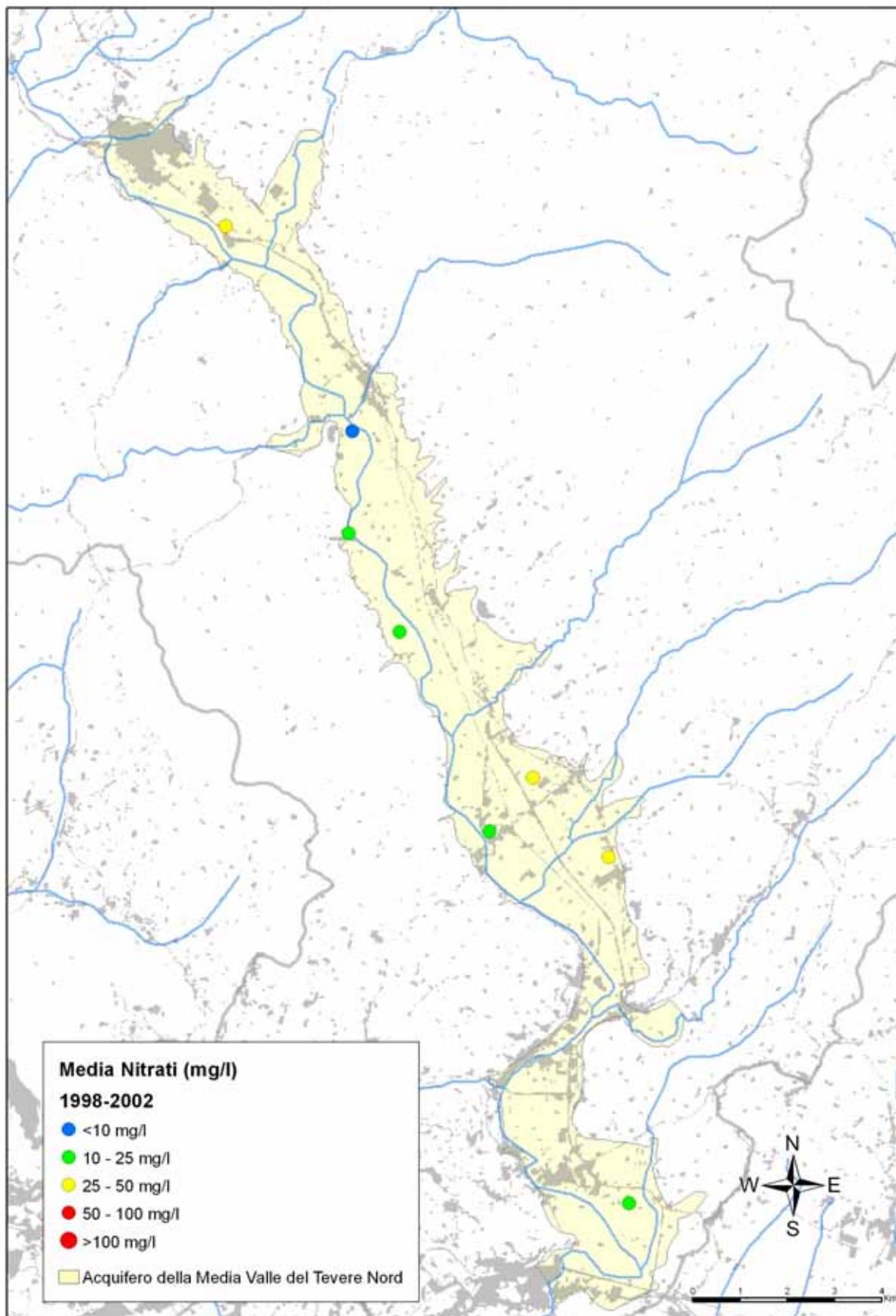
Tav.2 - Carte di Vulnerabilità degli acquiferi agli inquinamenti



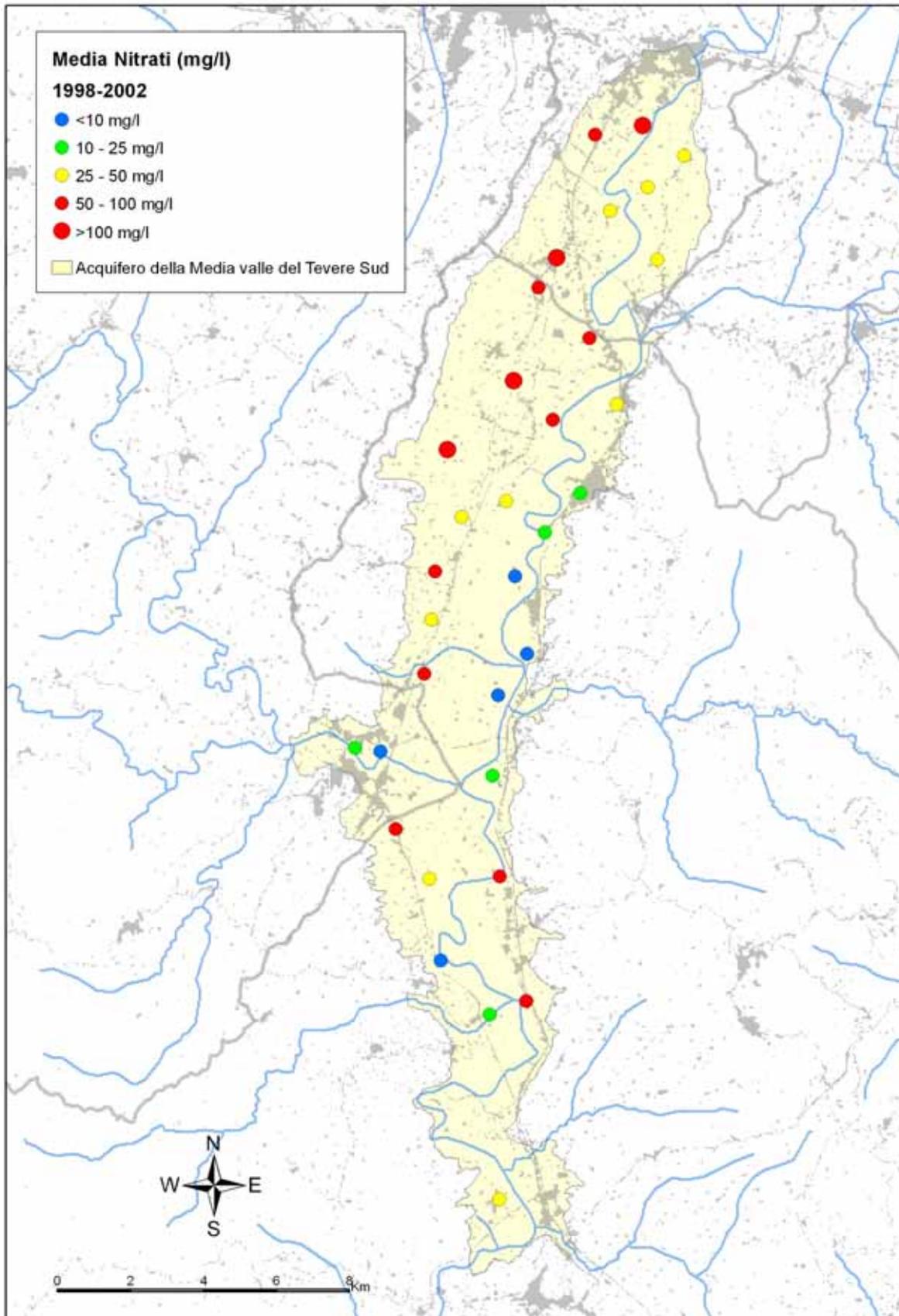
Tav.3 - Distribuzione delle concentrazioni in nitrati nell'acquifero dell'Alta Valle del Tevere



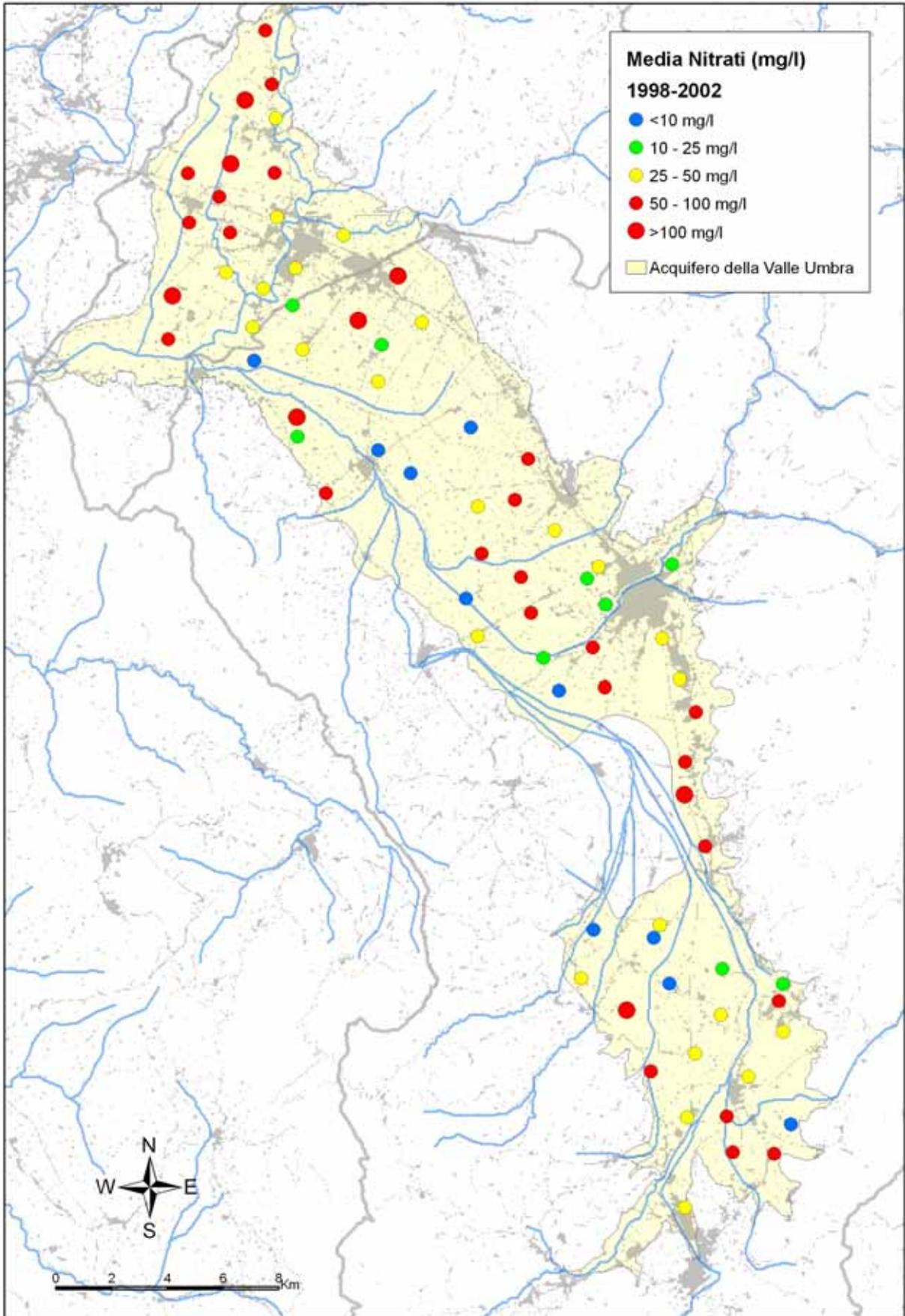
Tav.4 - Distribuzione delle concentrazioni in nitrati nell'acquifero della Conca Eugubina



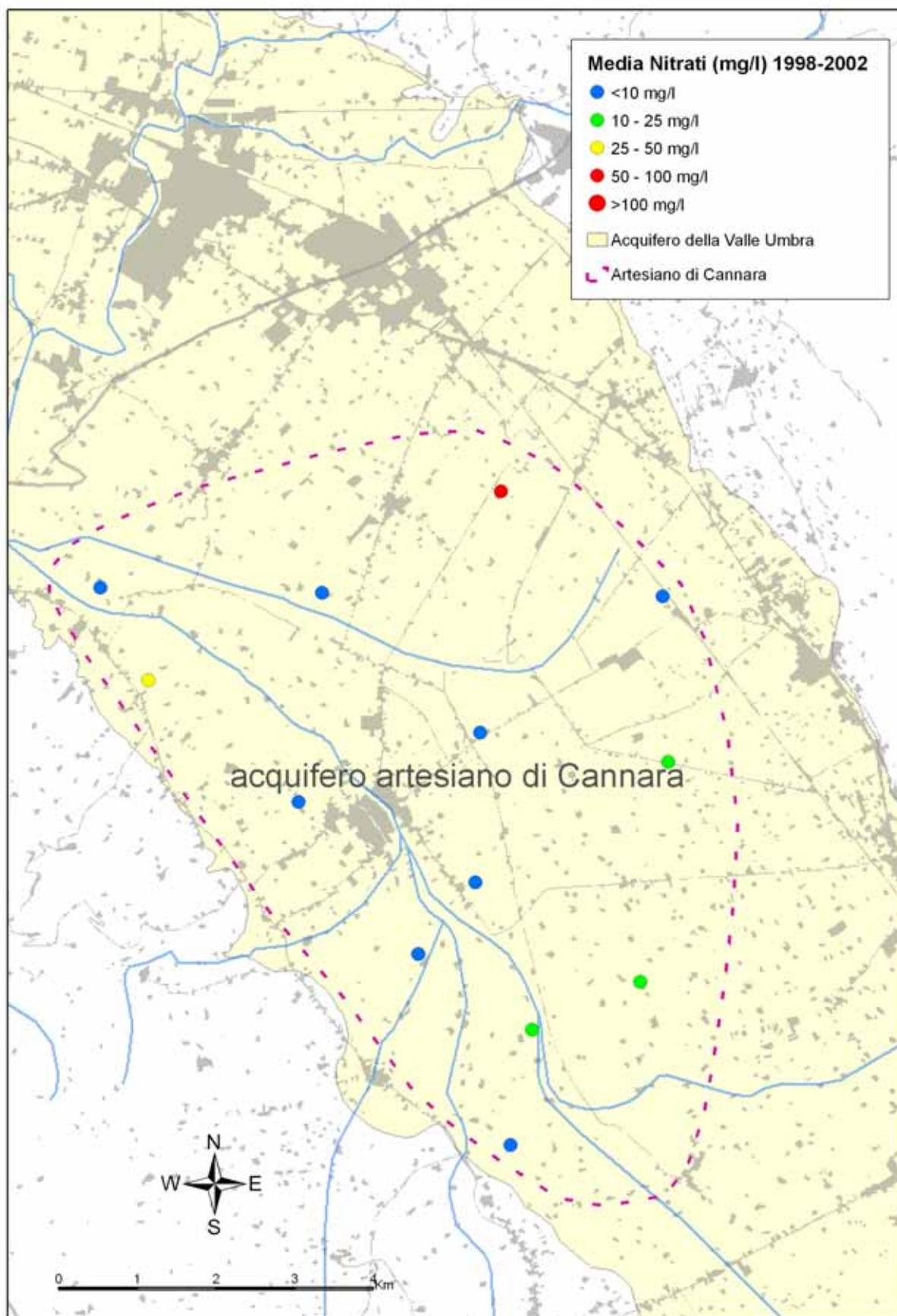
Tav.5 - Distribuzione delle concentrazioni in nitrati nell'acquifero della Media Valle del Tevere a nord di Perugia



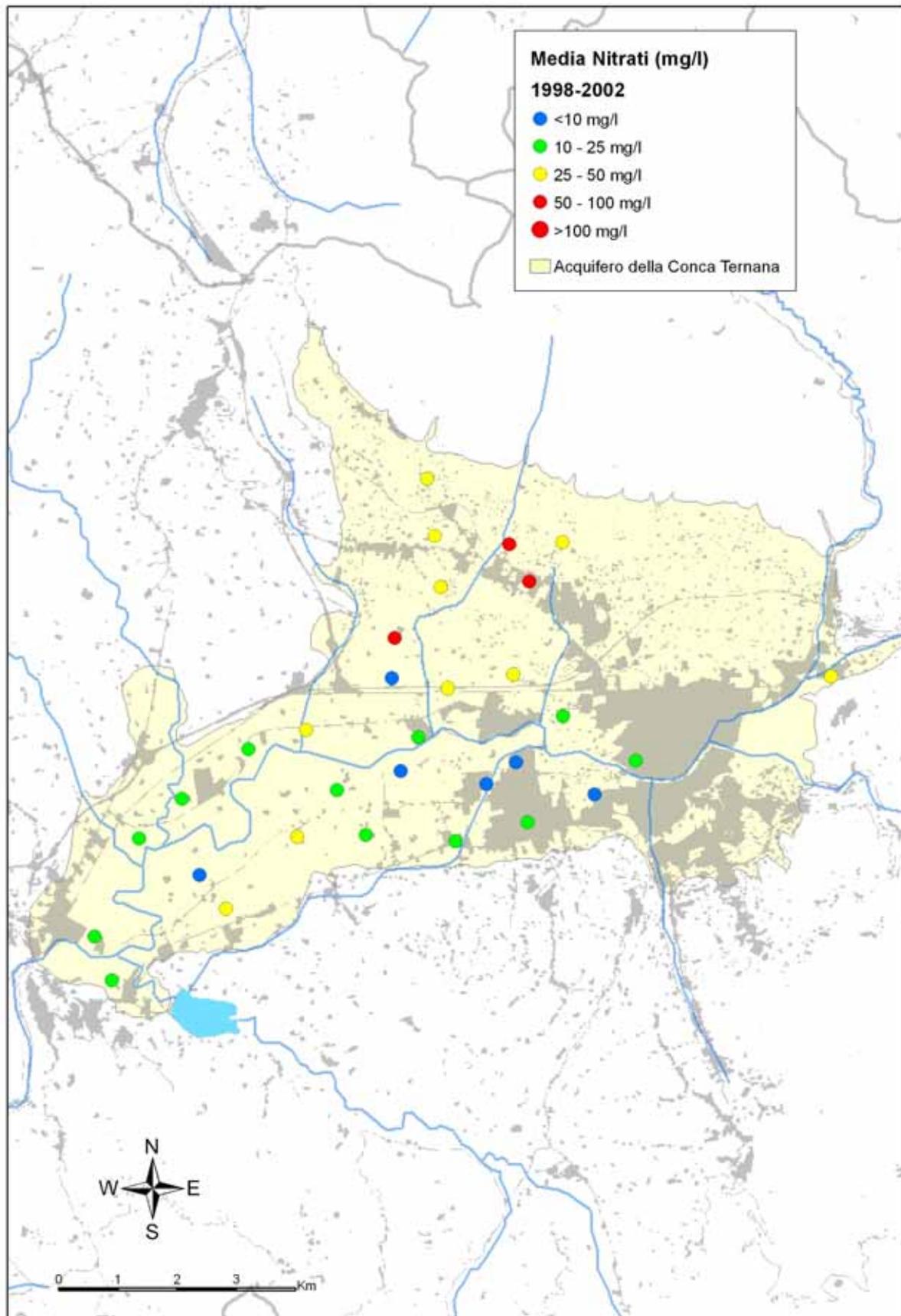
Tav.6 - Distribuzione delle concentrazioni in nitrati nell'acquifero della Media Valle del Tevere a sud di Perugia



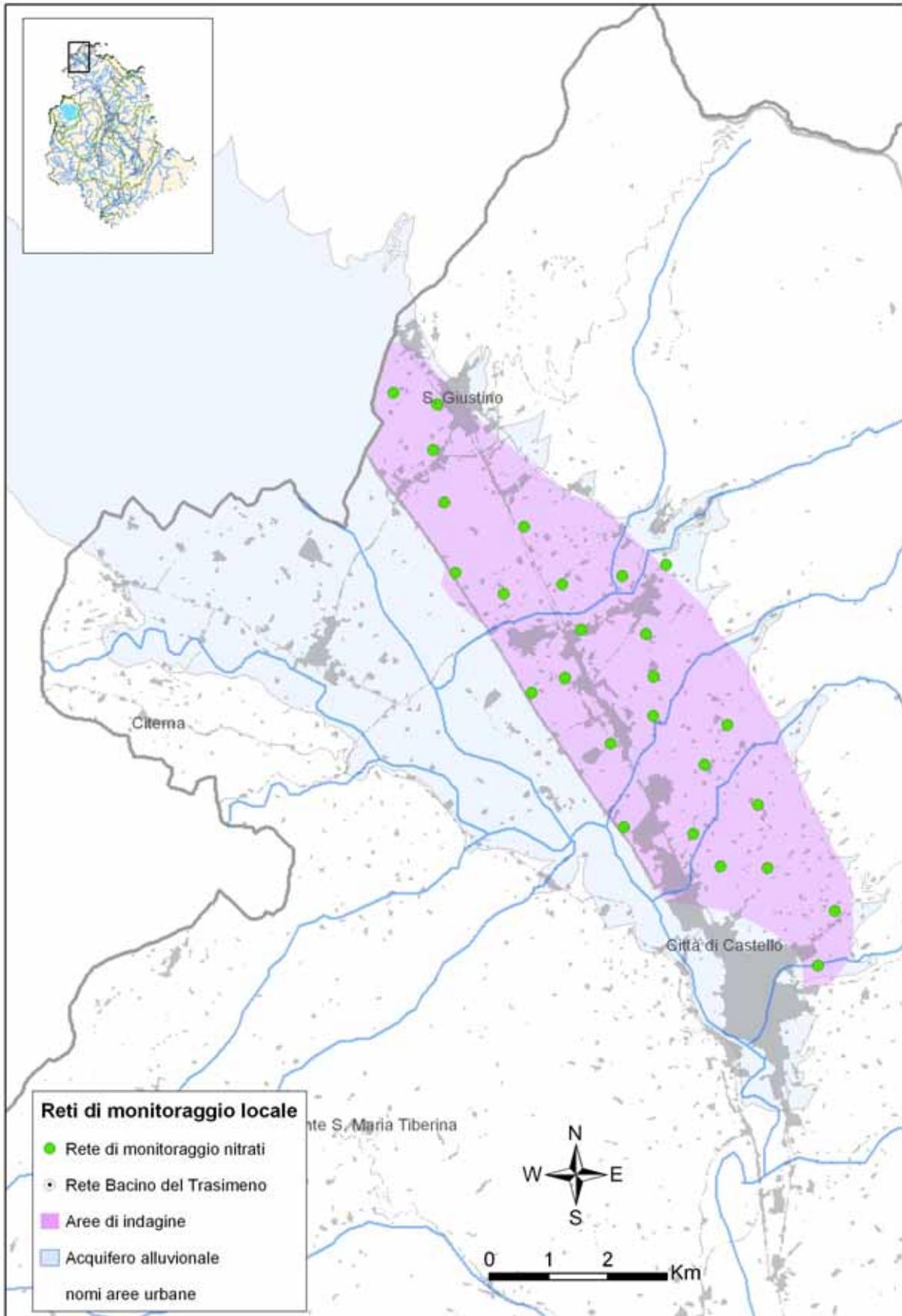
Tav.7 - Distribuzione delle concentrazioni in nitrati nell'acquifero freatico della Valle Umbra



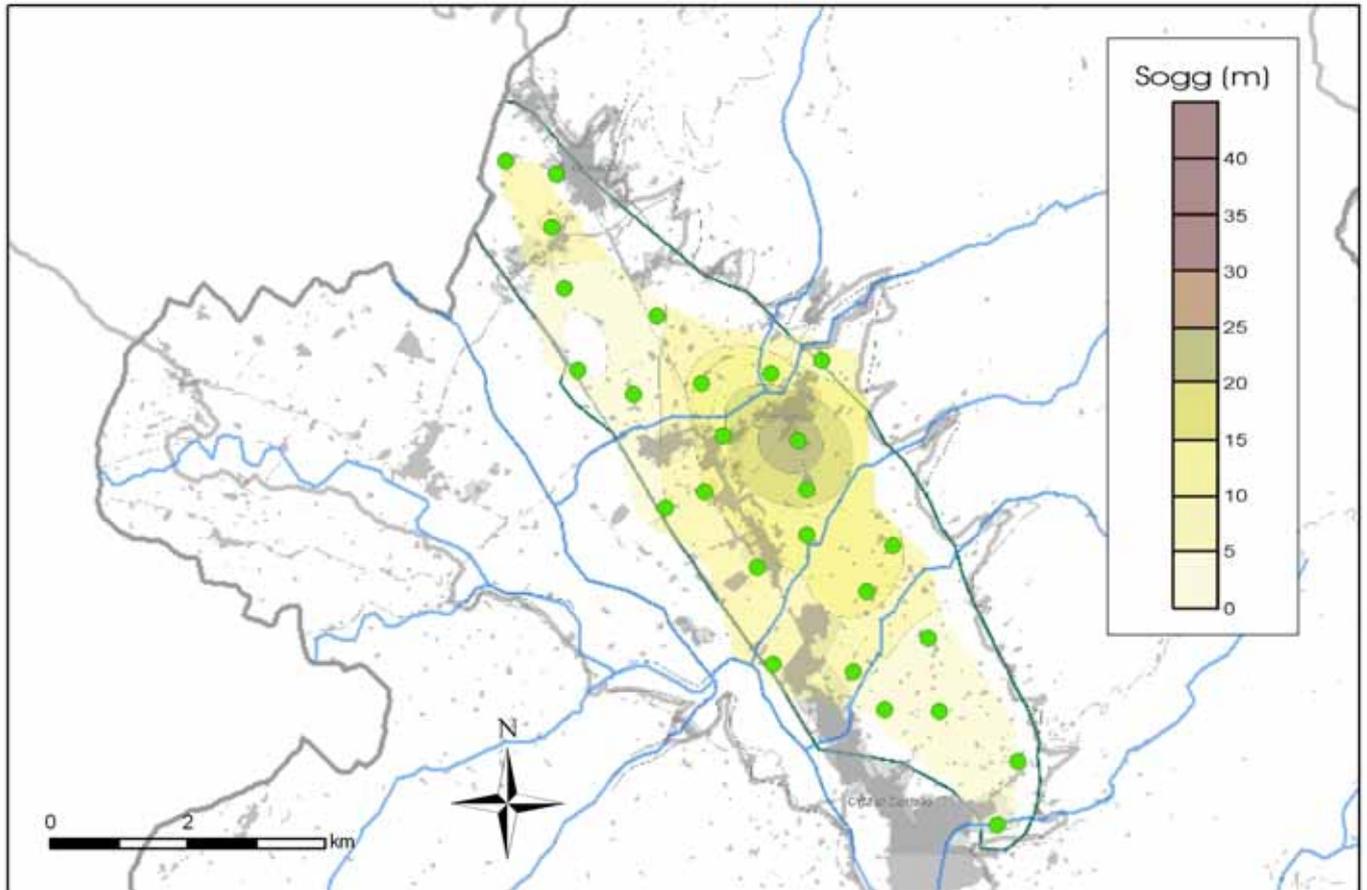
Tav.8 - Distribuzione delle concentrazioni in nitrati nell'acquifero in pressione di Cannara



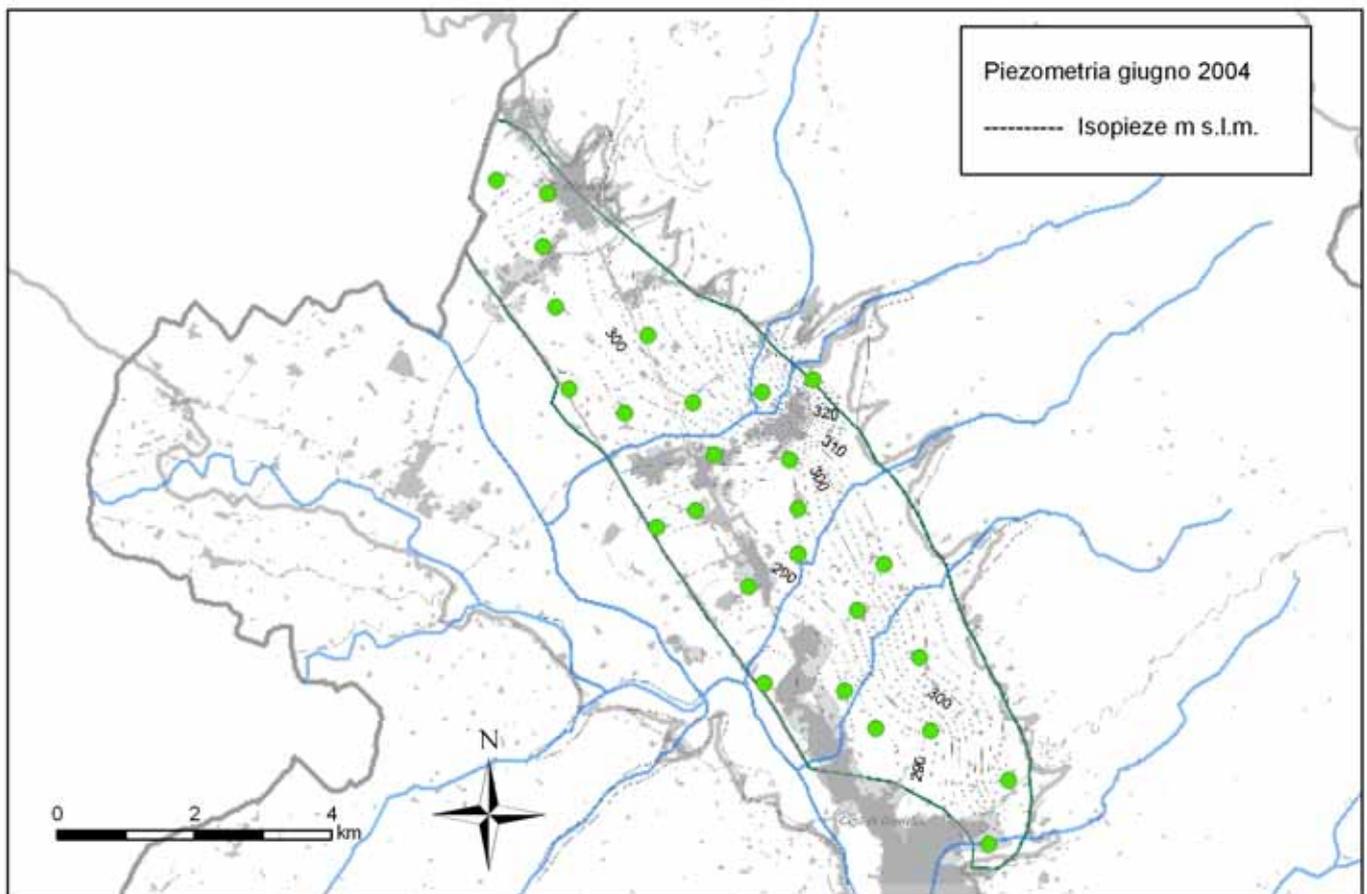
Tav.9 - Distribuzione delle concentrazioni in nitrati nell'acquifero della Conca Ternana



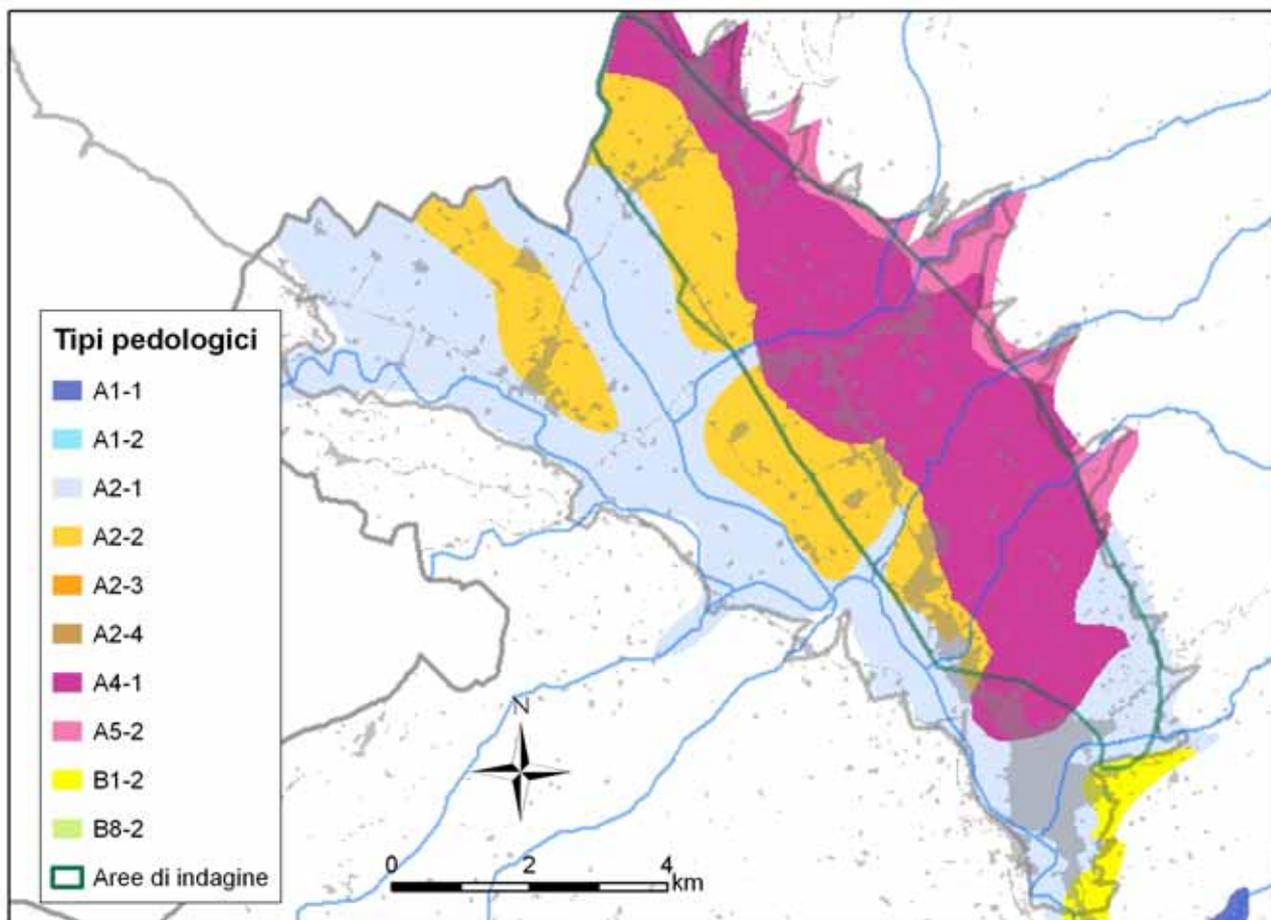
Tav.10 - Settore orientale dell'Alta Valle del Tevere: Inquadramento area critica per il tenore in nitrati nelle acque sotterranee



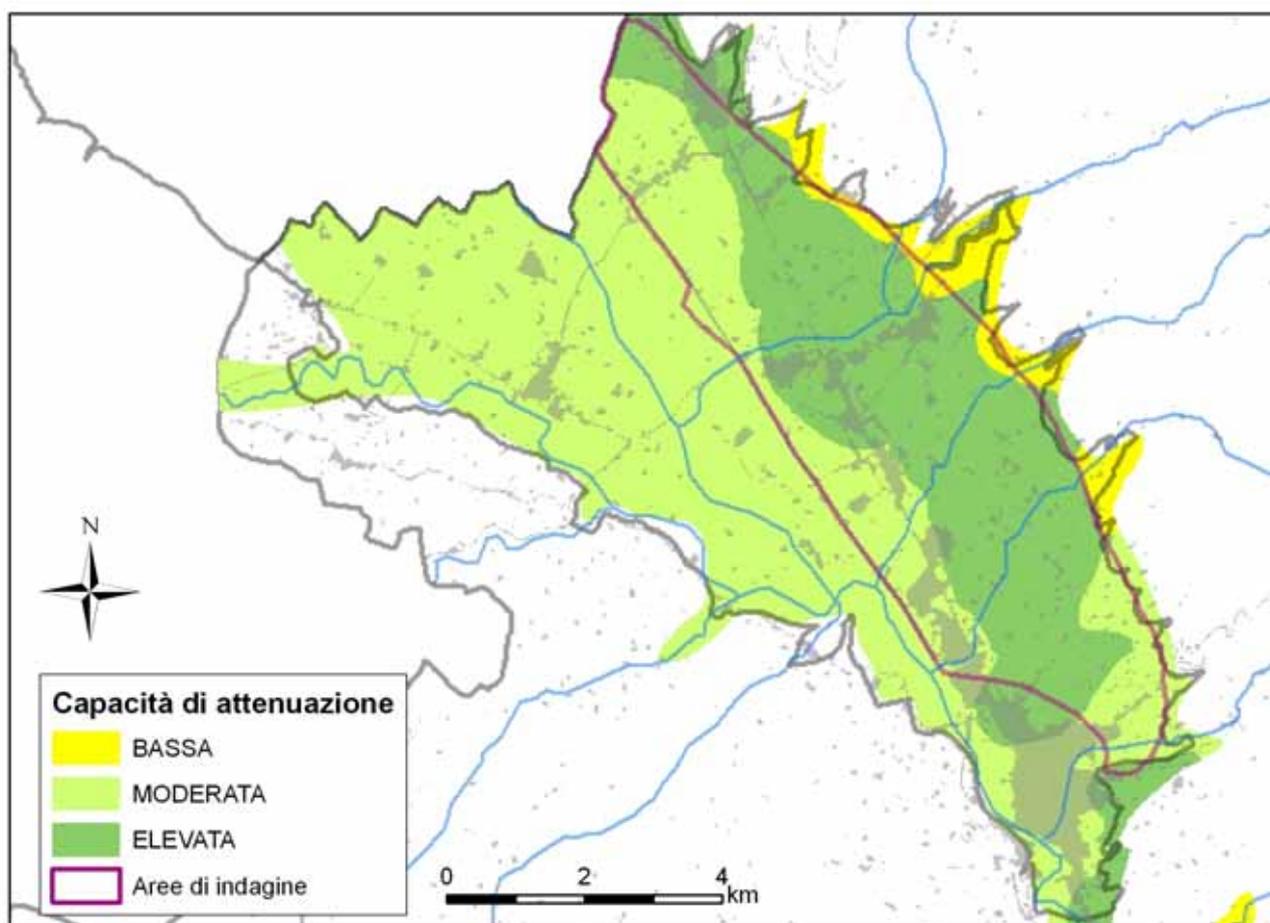
Tav.11 - Settore orientale dell'Alta Valle del Tevere: Soggiacenza dell'acquifero giugno 2004



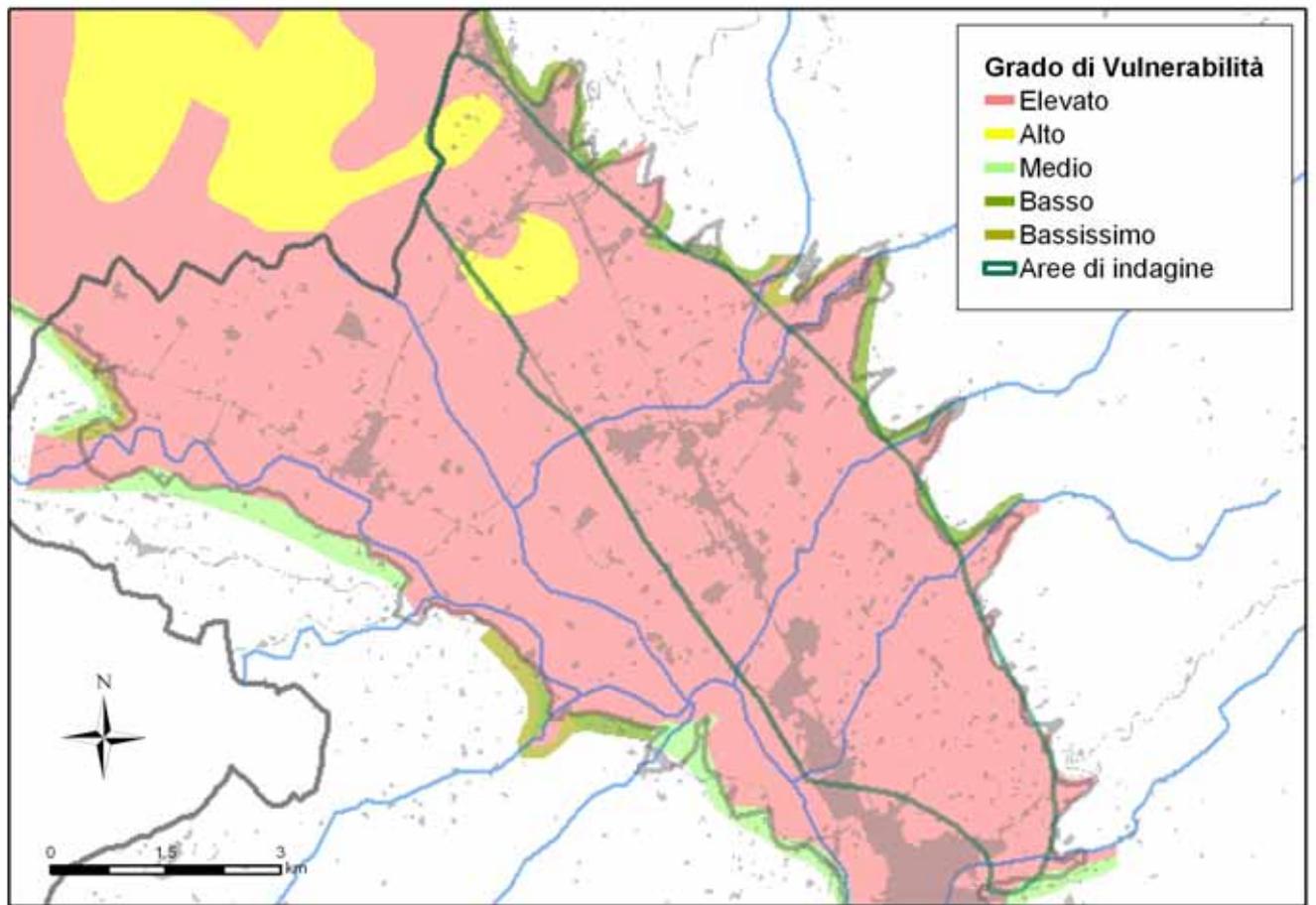
Tav.12 - Settore orientale dell'Alta Valle del Tevere: Piezometria giugno 2004



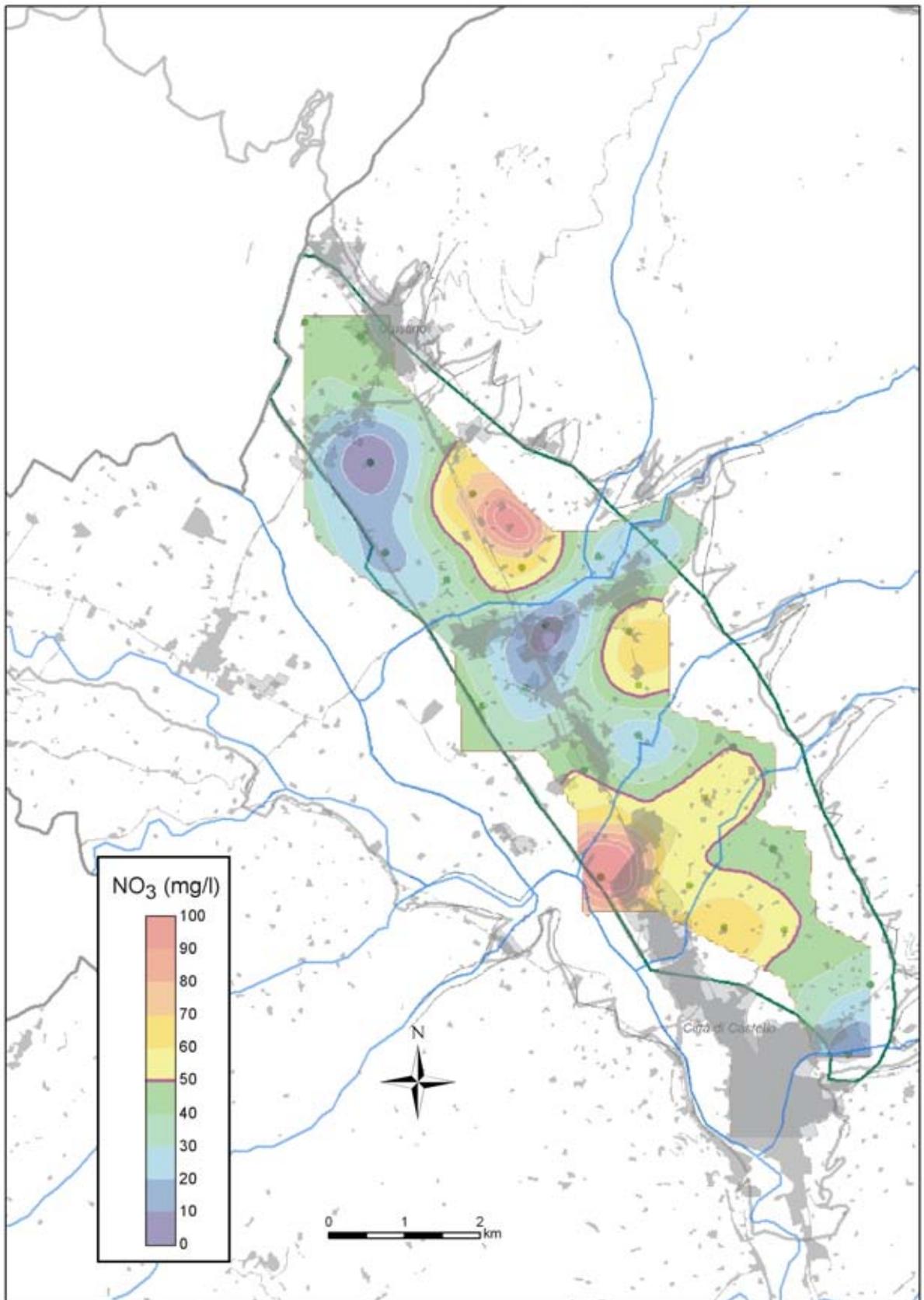
Tav.13 - Settore orientale dell'Alta Valle del Tevere: Carta dei suoli



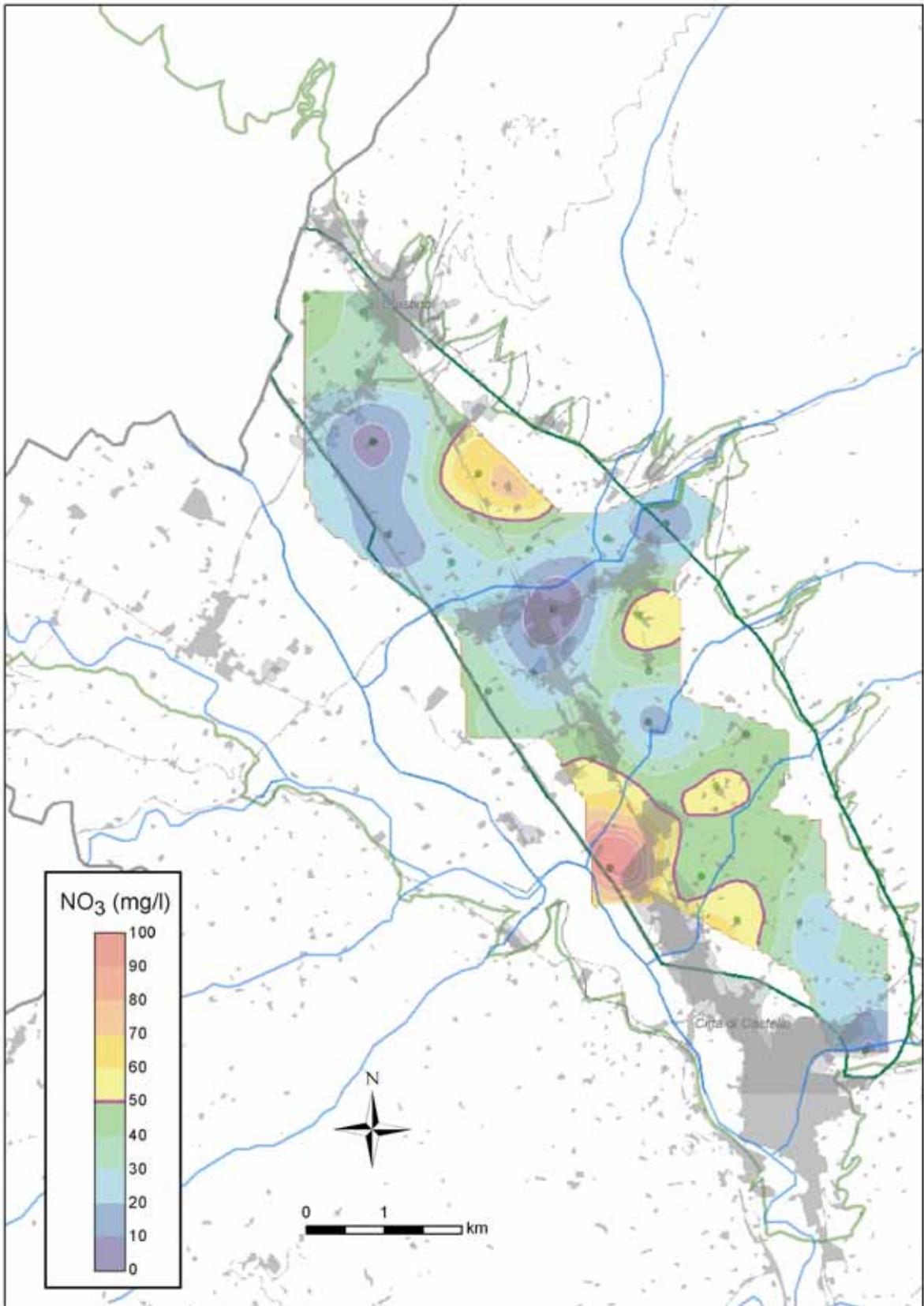
Tav.14 - Settore orientale dell'Alta Valle del Tevere: Capacità di attenuazione dei suoli



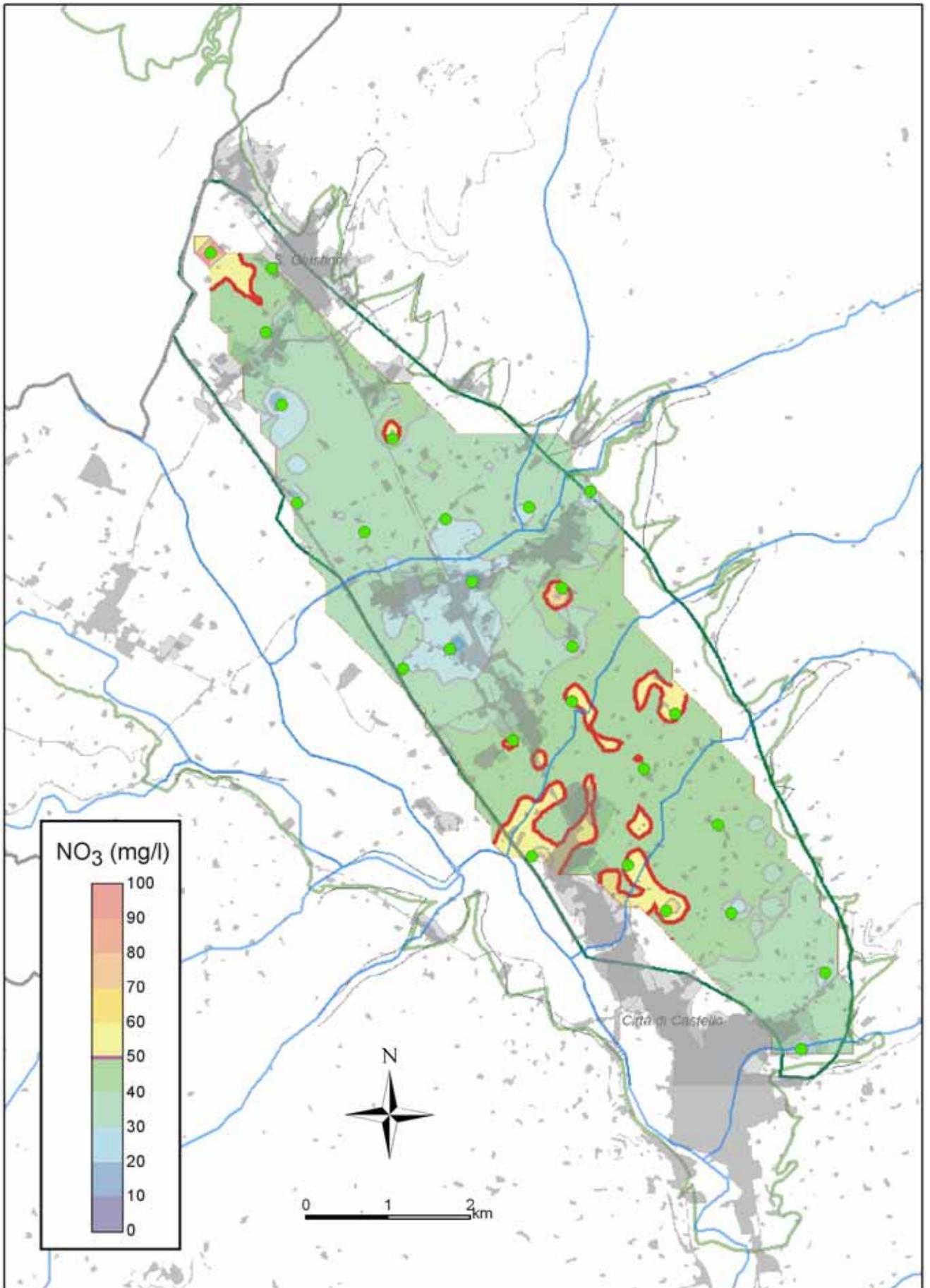
Tav.15 - Settore orientale dell'Alta Valle del Tevere: Carta di Vulnerabilità degli Acquiferi agli Inquinamenti



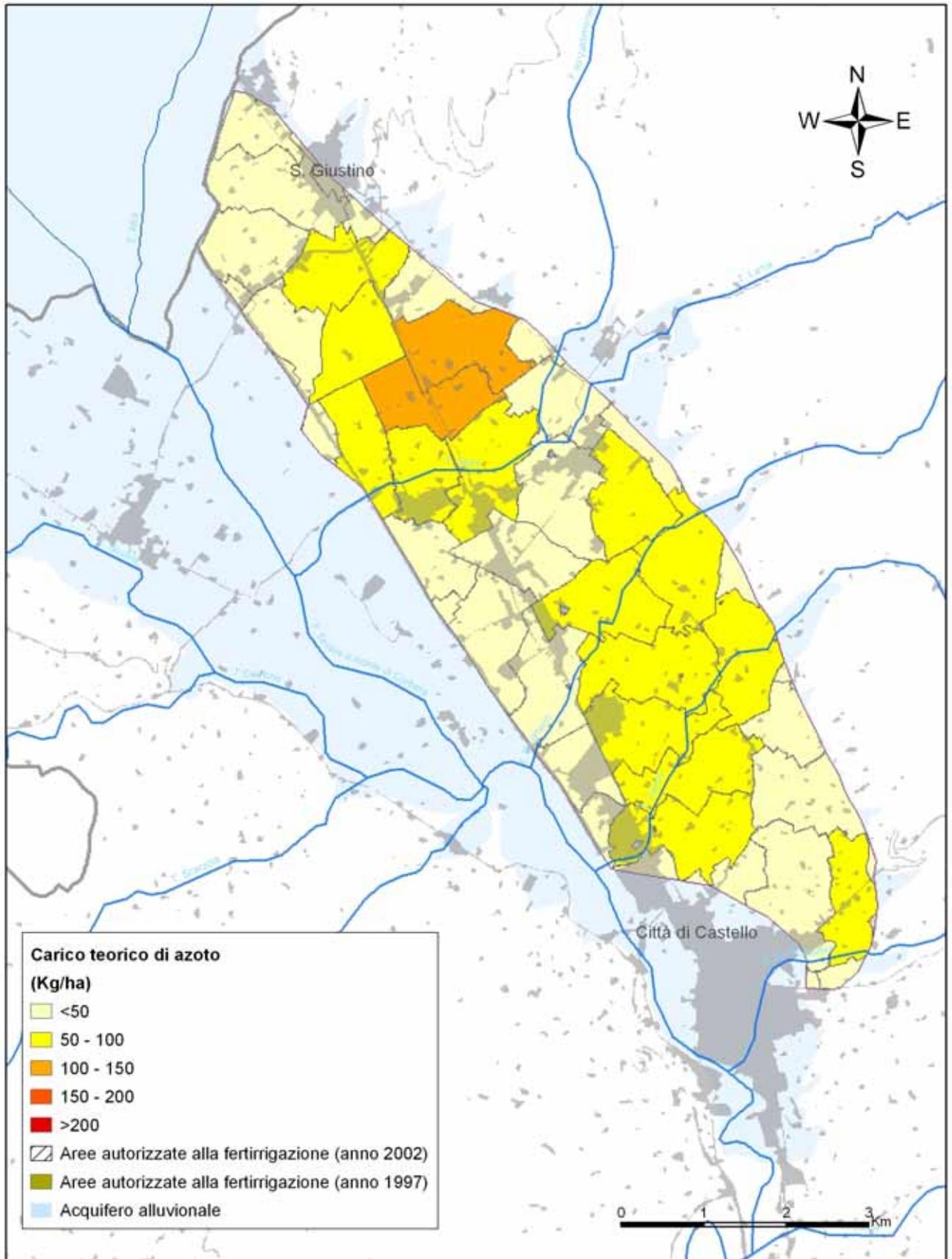
Tav.16 - Settore orientale dell'Alta Valle del Tevere: Distribuzione dei nitrati (luglio 2003)



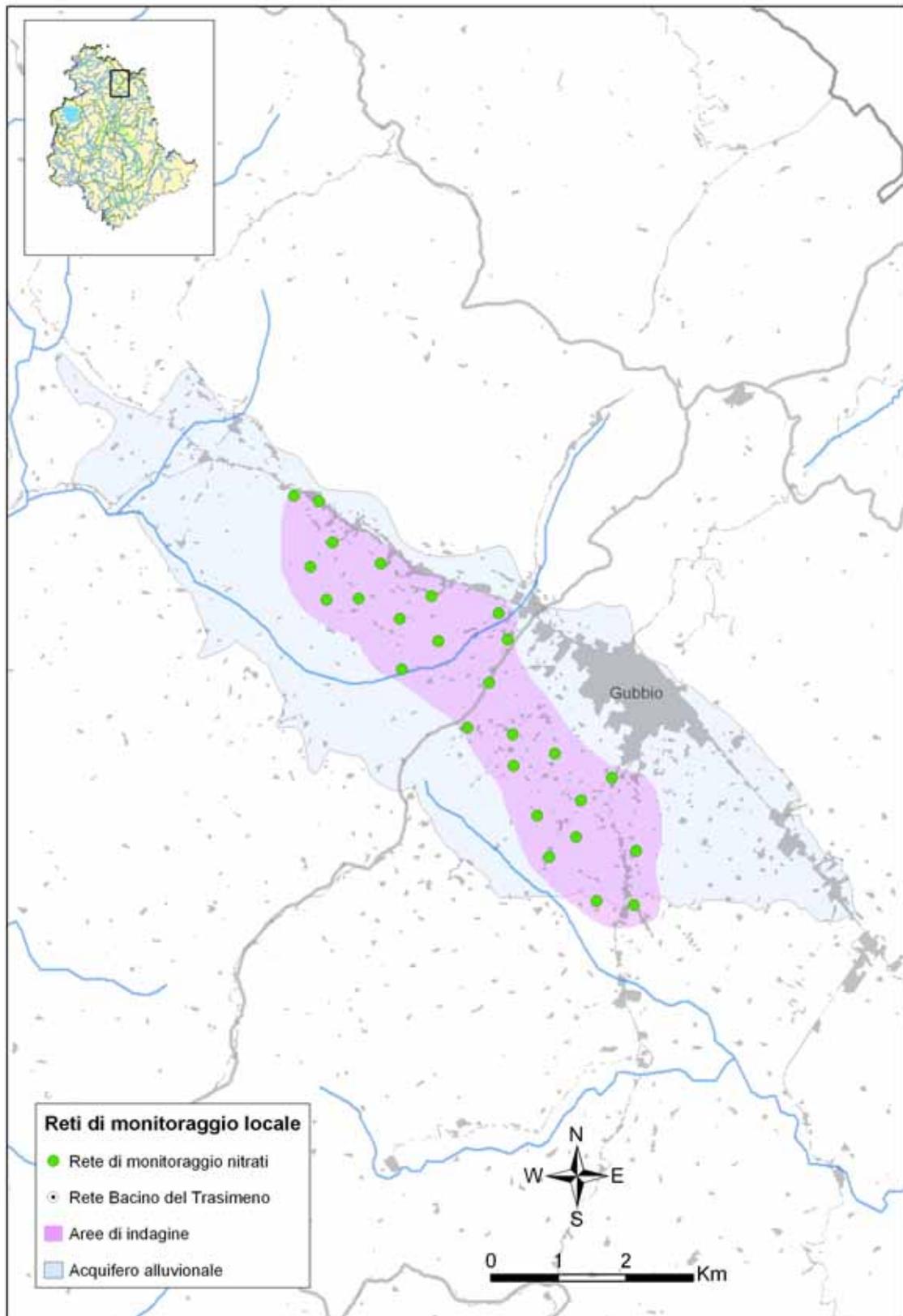
Tav.17 - Settore orientale dell'Alta Valle del Tevere: Distribuzione dei nitrati (settembre 2003)



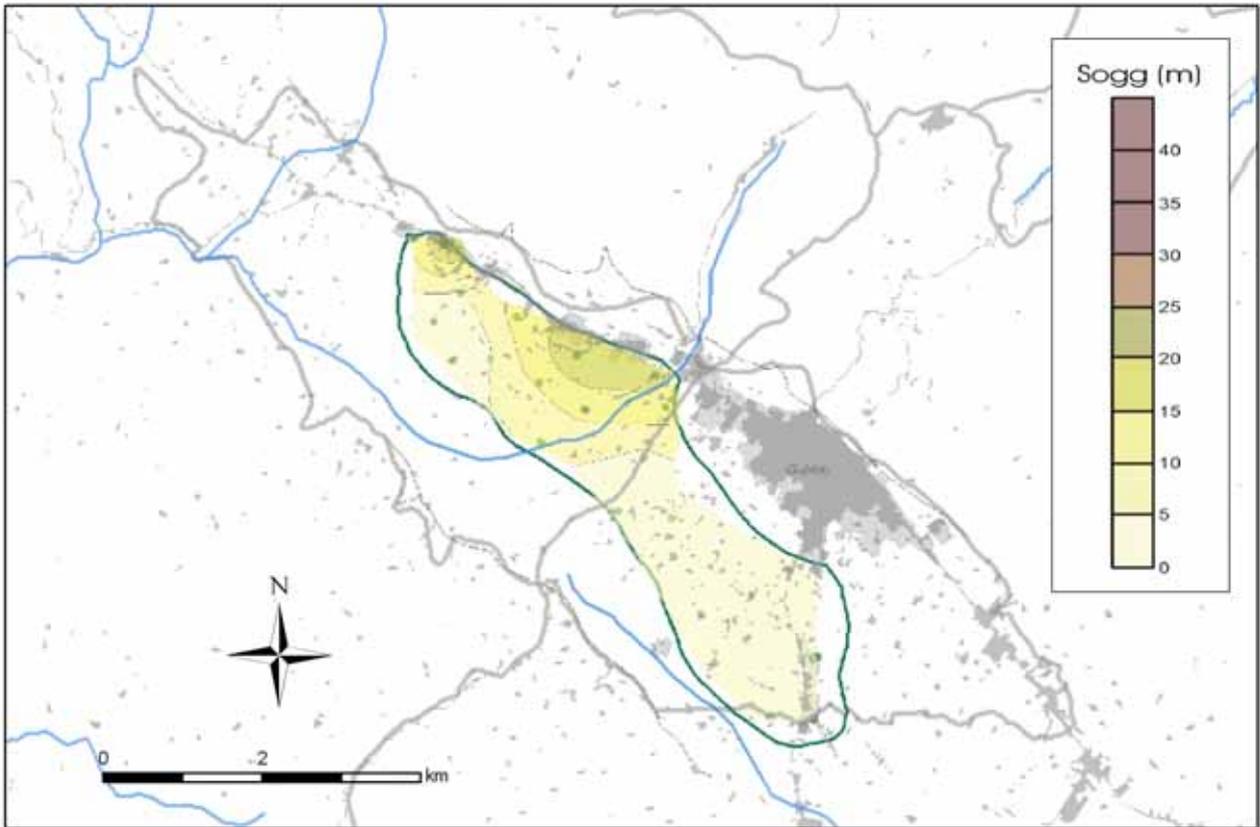
Tav.18 - Settore orientale dell'Alta Valle del Tevere: Distribuzione dei nitrati (giugno 2004)



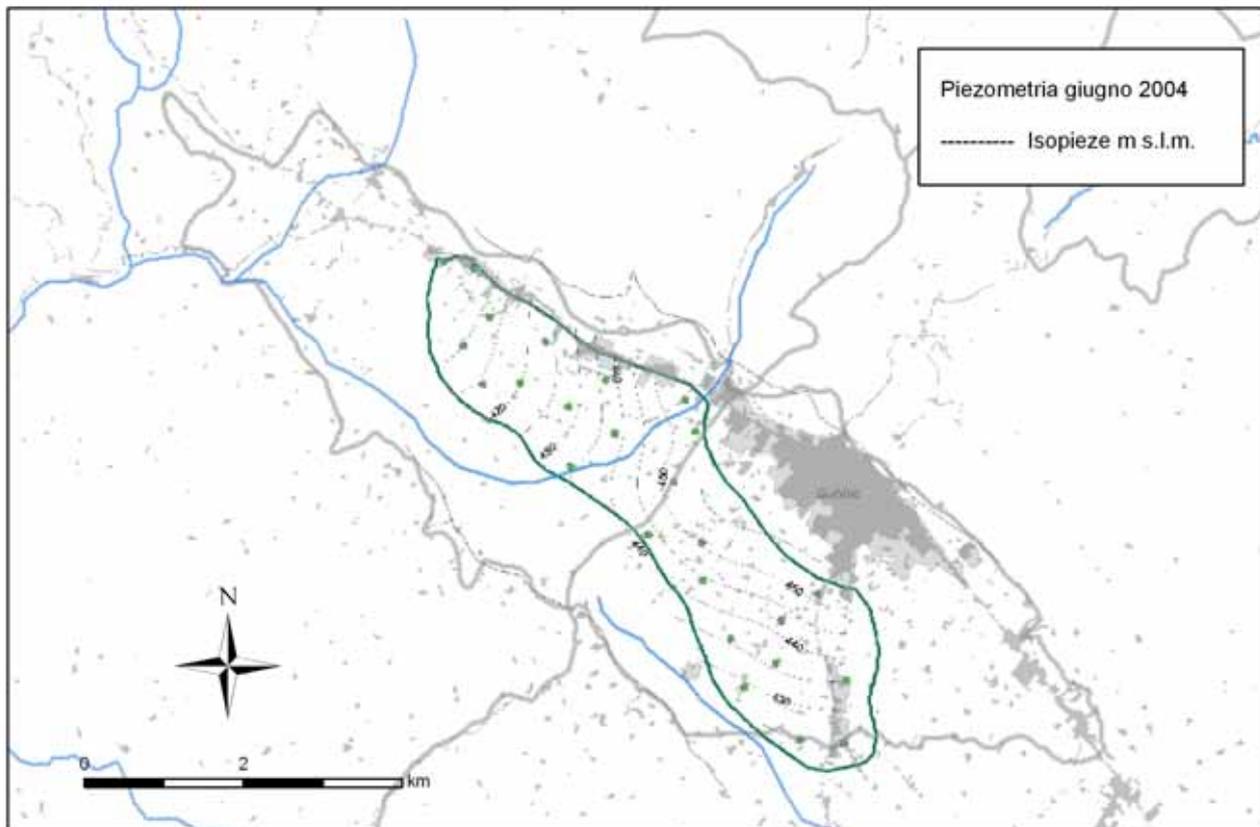
Tav.19 - Settore orientale dell'Alta Valle del Tevere: Distribuzione del carico di azoto di origine agricola



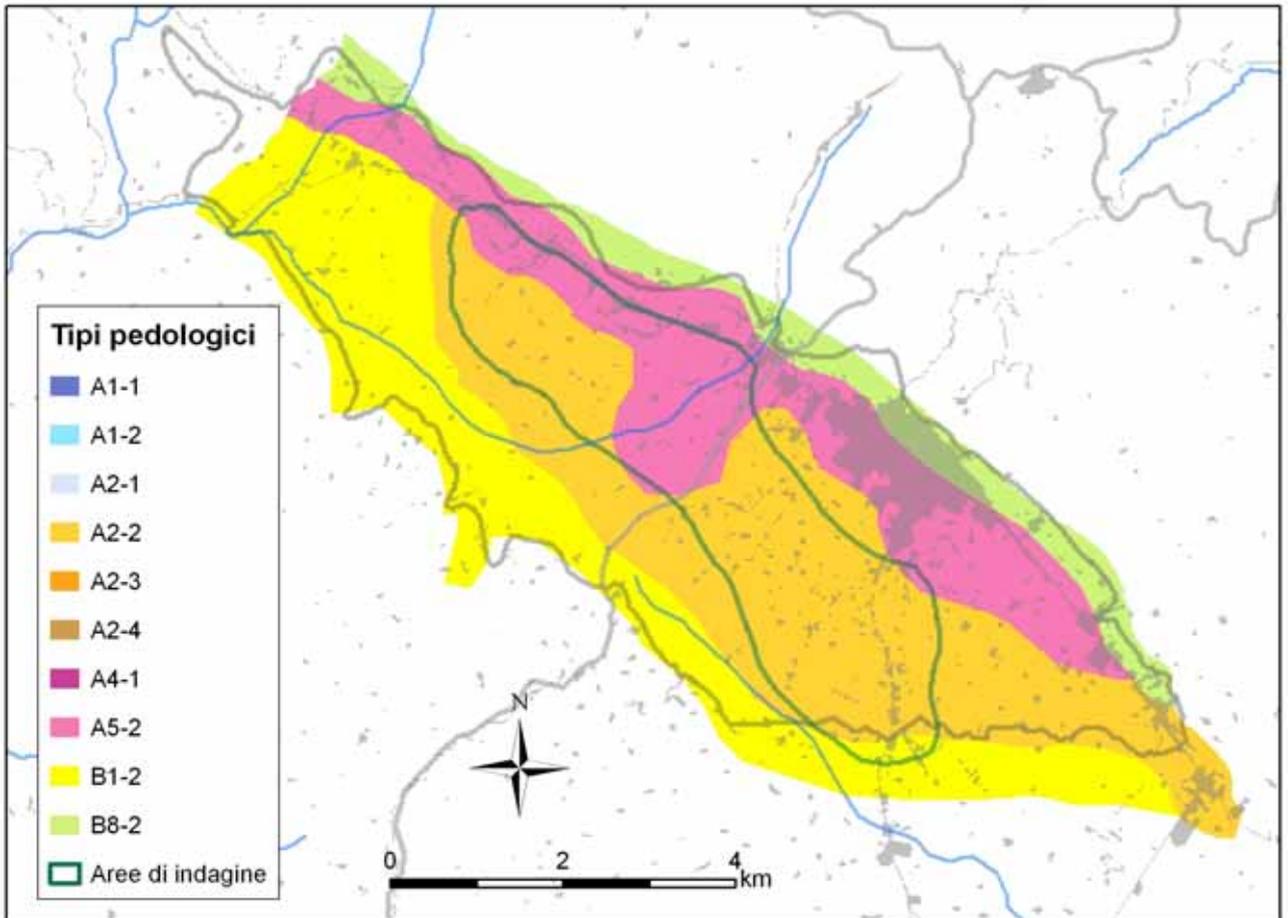
Tav.20 - Settore della Conca Eugubina prossimo a Gubbio: Inquadramento area critica per il tenore in nitrati nelle acque sotterranee



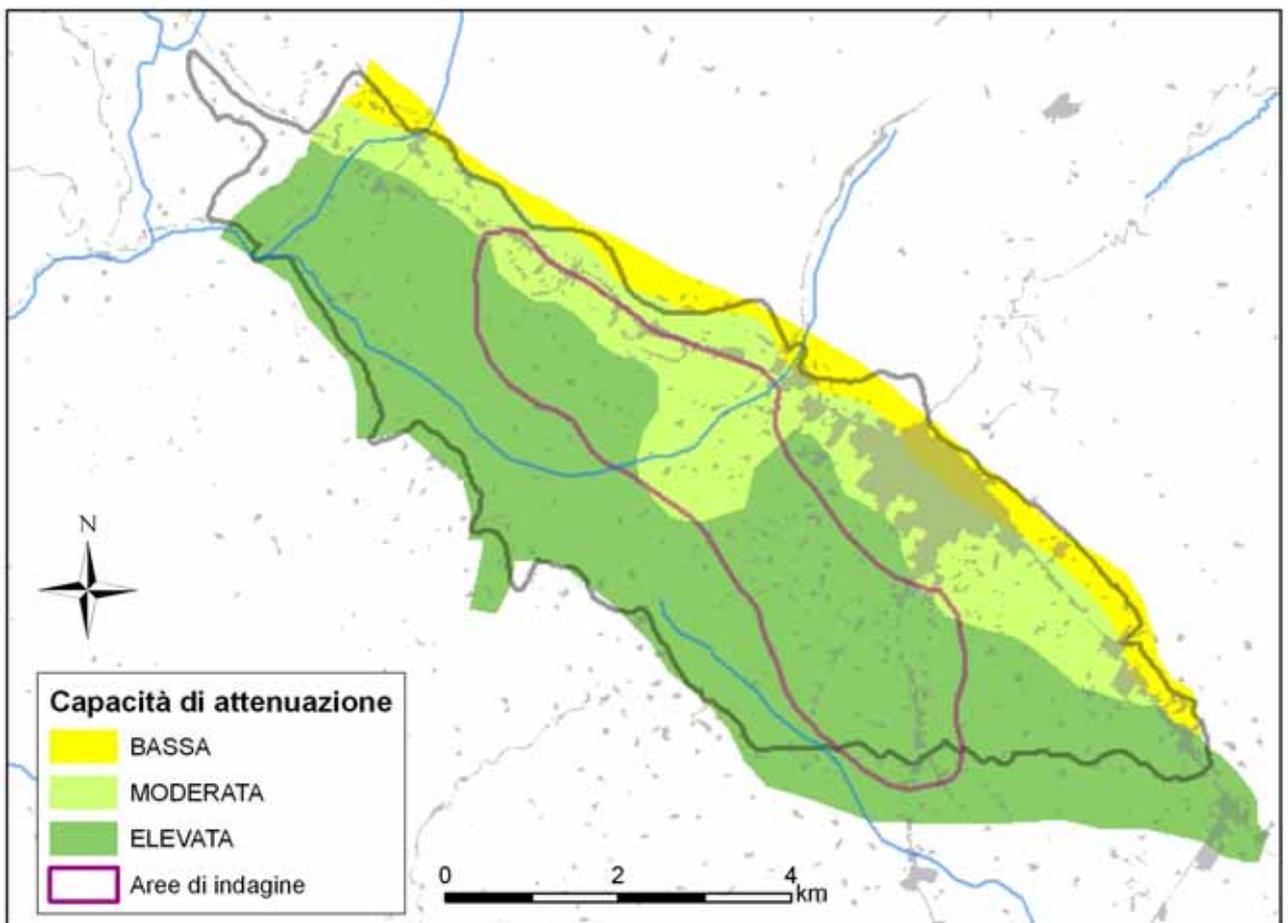
Tav.21 - Settore della Conca Eugubina prossimo a Gubbio: Soggiacenza dell'acquifero



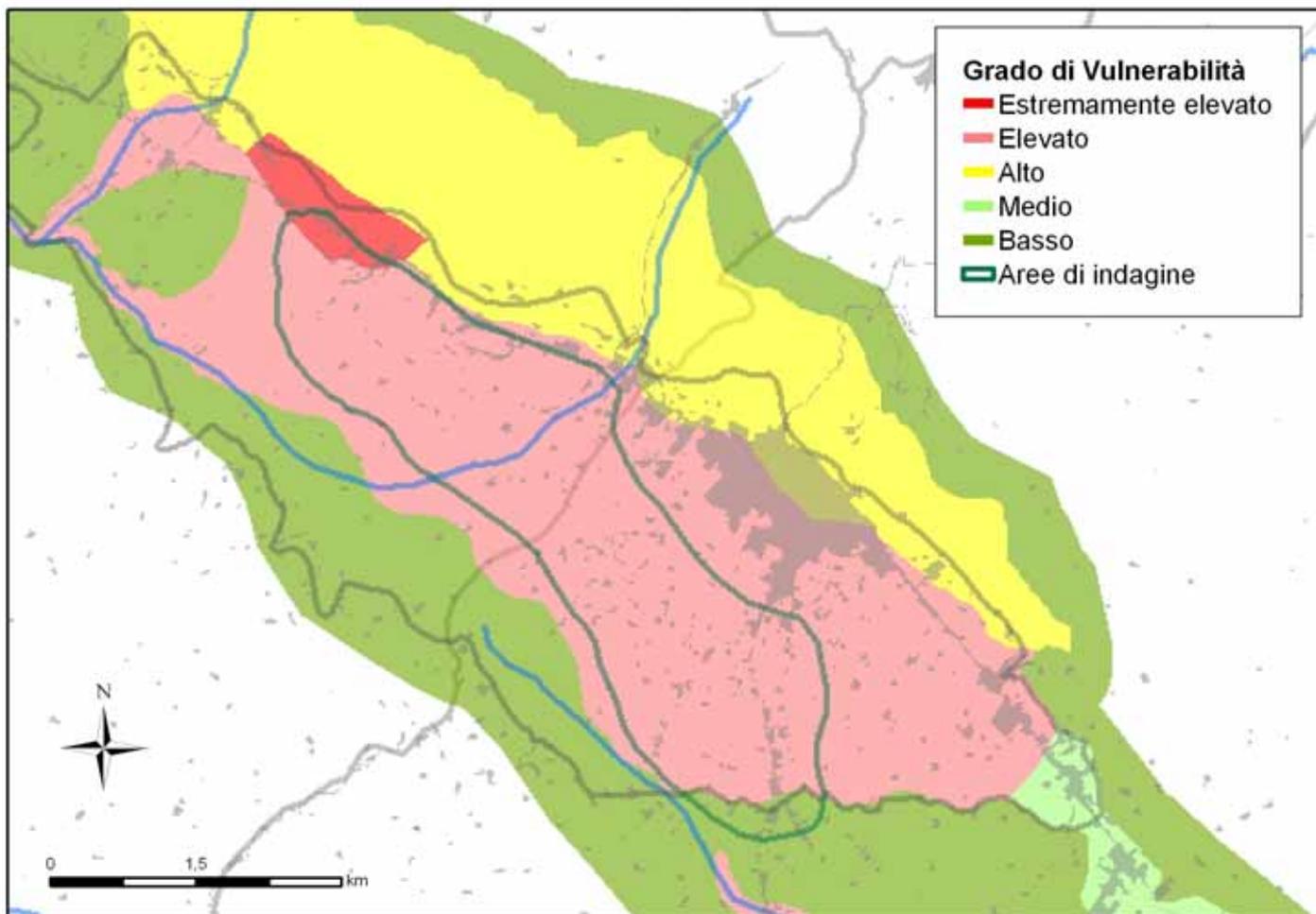
Tav.22 - Settore della Conca Eugubina prossimo a Gubbio: Piezometria giugno 2004



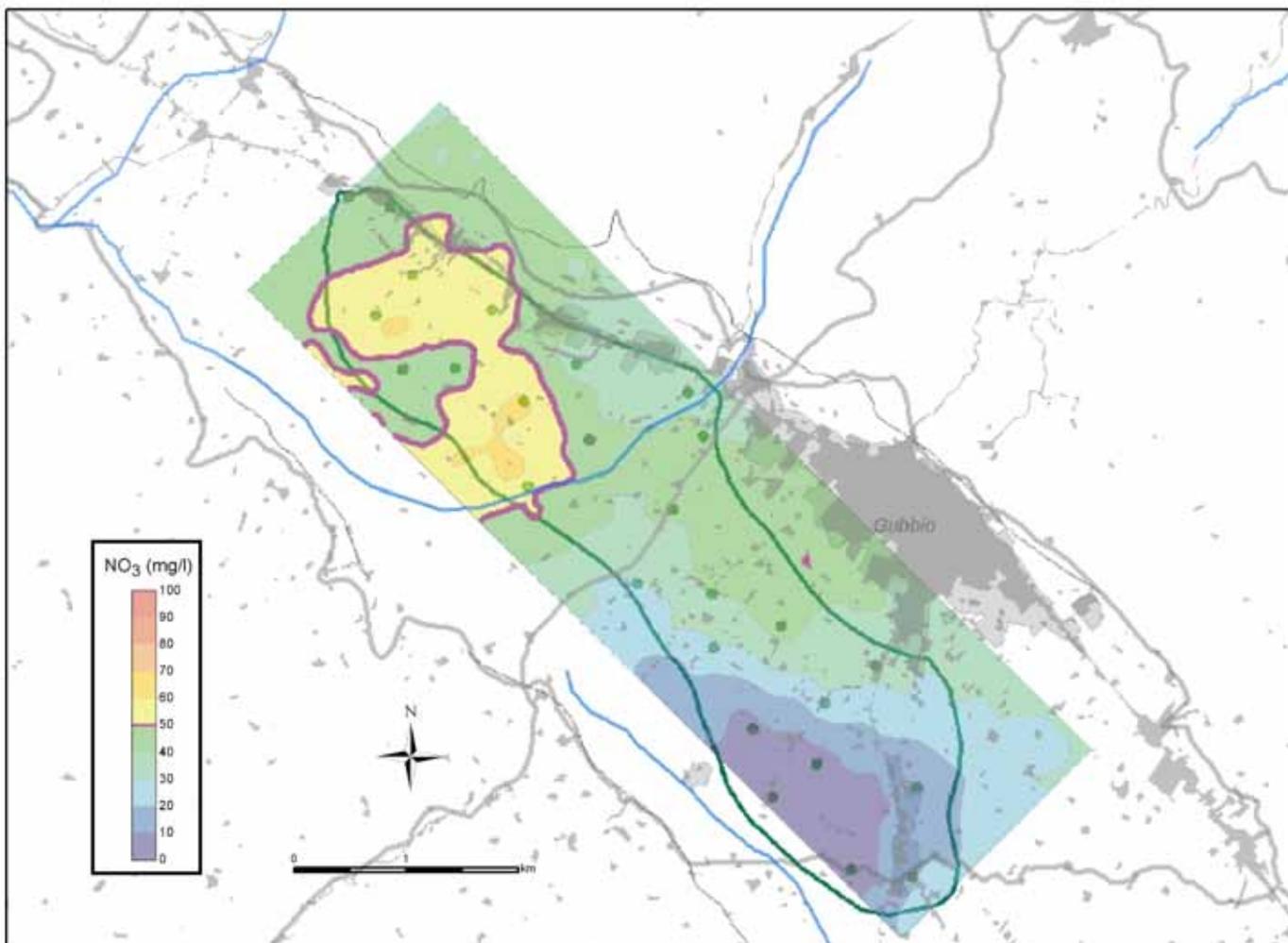
Tav.23 - Settore della Conca Eugubina prossimo a Gubbio: Carta dei suoli



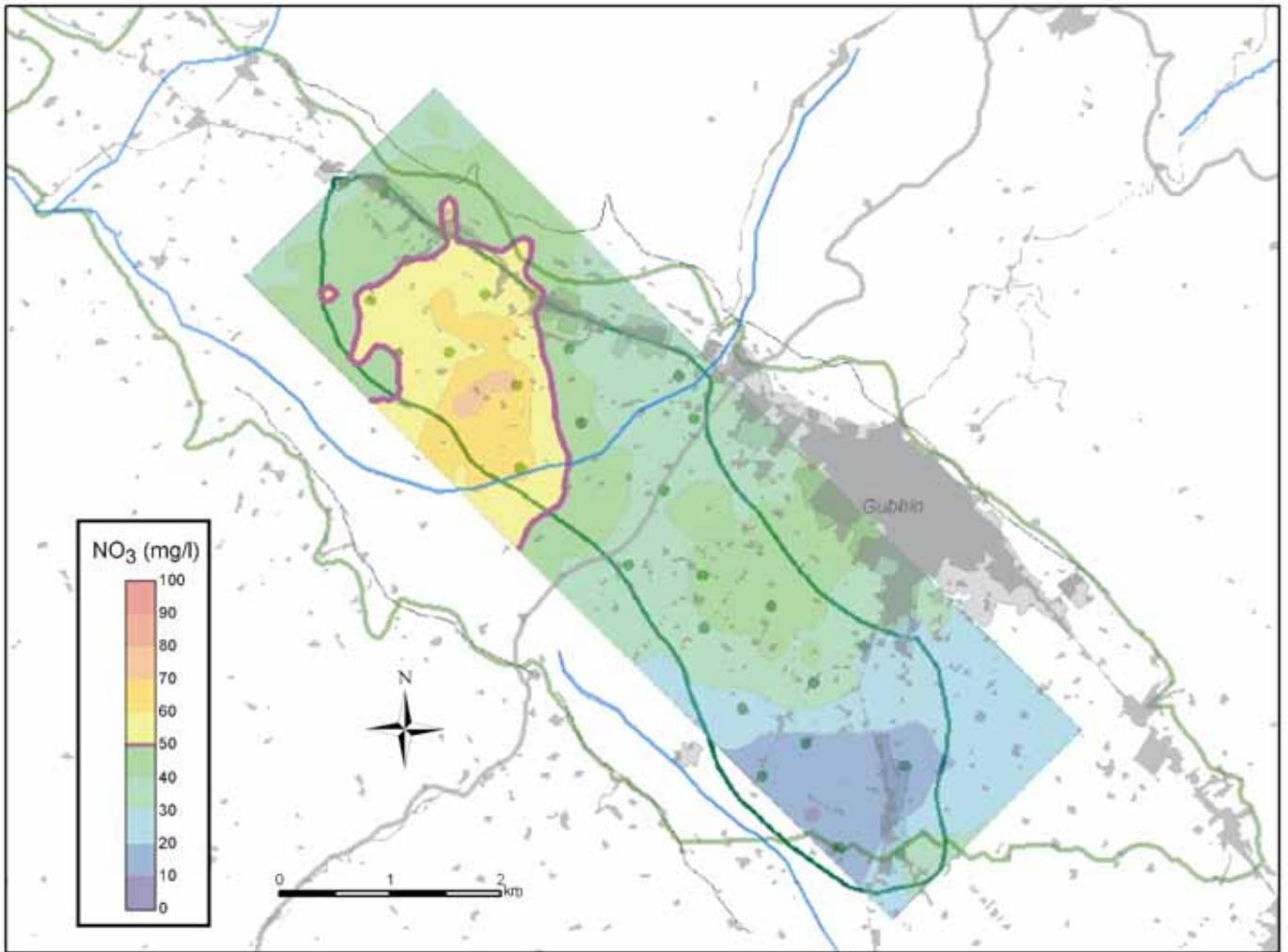
Tav.24 - Settore della Conca Eugubina prossimo a Gubbio: Capacità di attenuazione dei Suoli



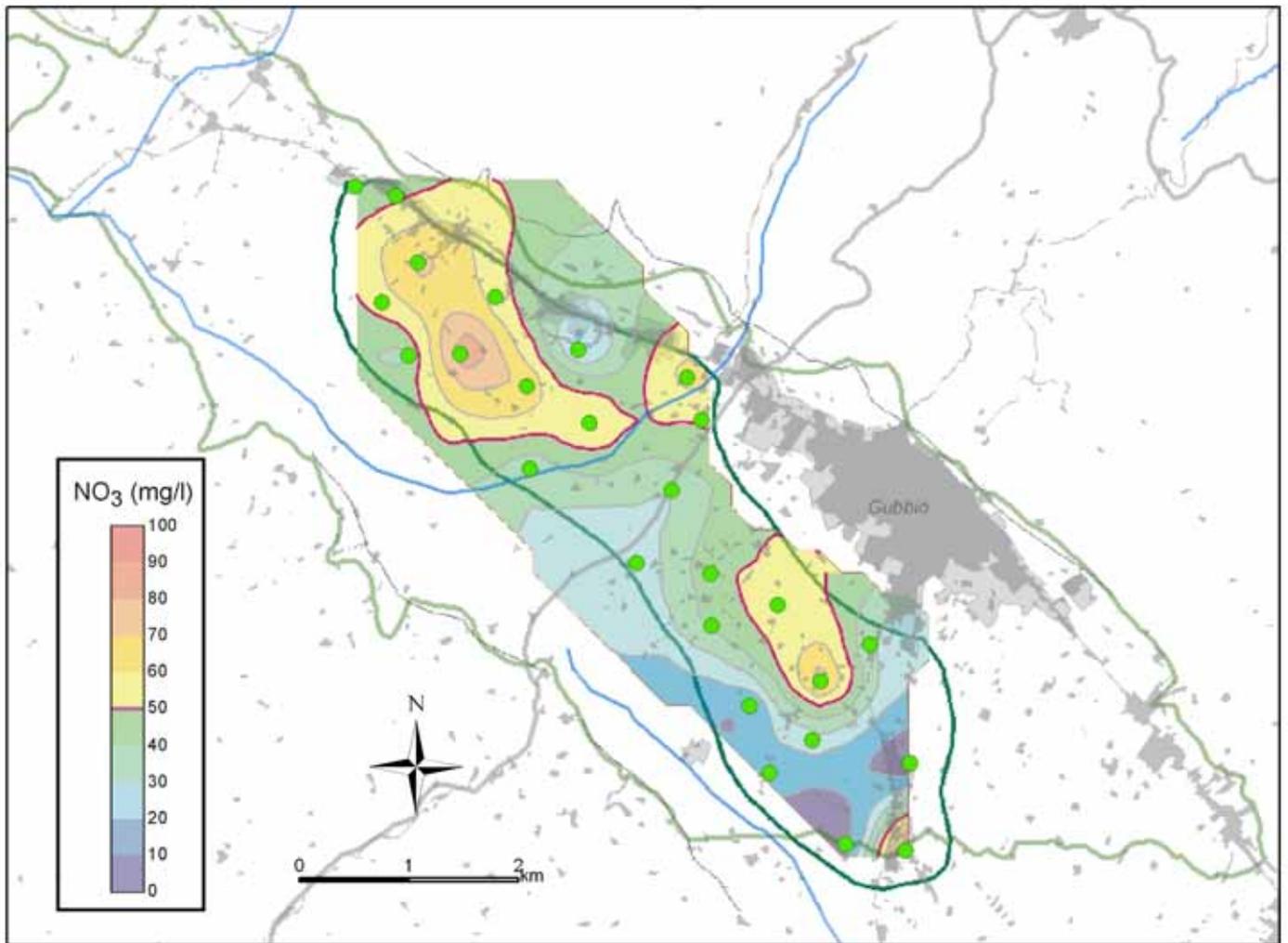
Tav.25 - Settore della Conca Eugubina prossimo a Gubbio: Carta di Vulnerabilità degli Acquiferi agli Inquinamenti



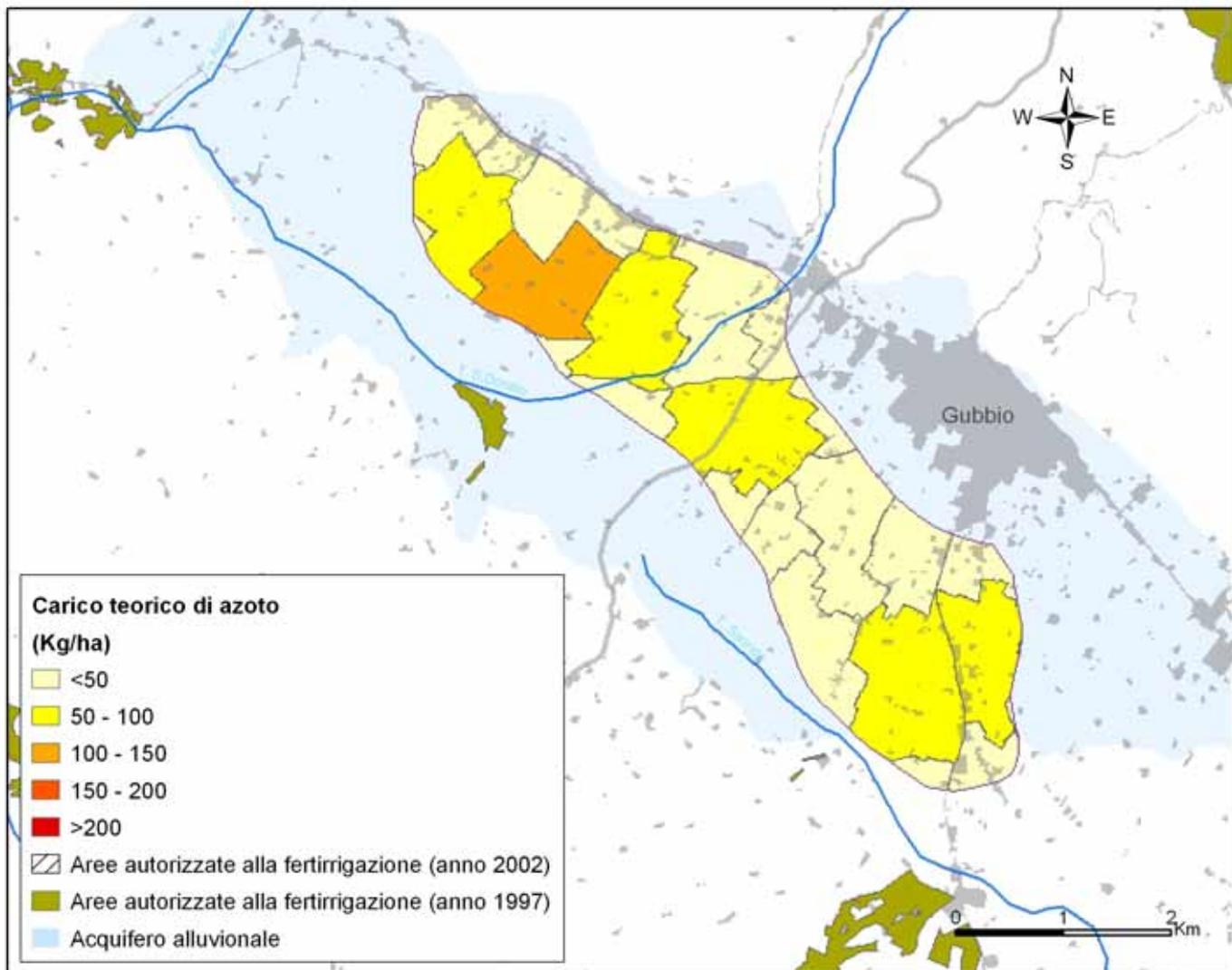
Tav.26 - Settore della Conca Eugubina prossimo a Gubbio: Distribuzione dei nitrati (luglio 2003)



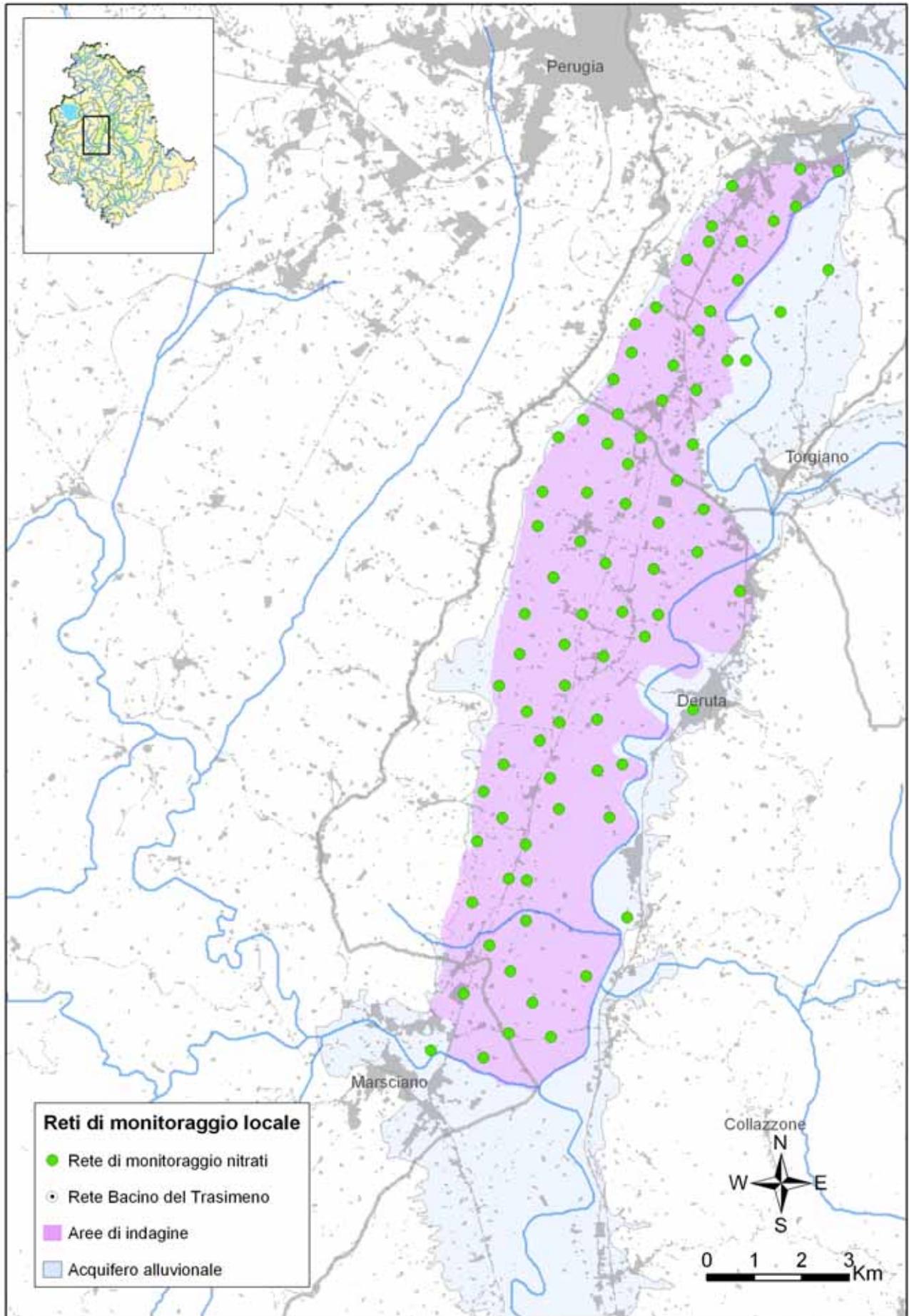
Tav.27 - Settore della Conca Eugubina prossimo a Gubbio: Distribuzione dei nitrati (settembre 2003)



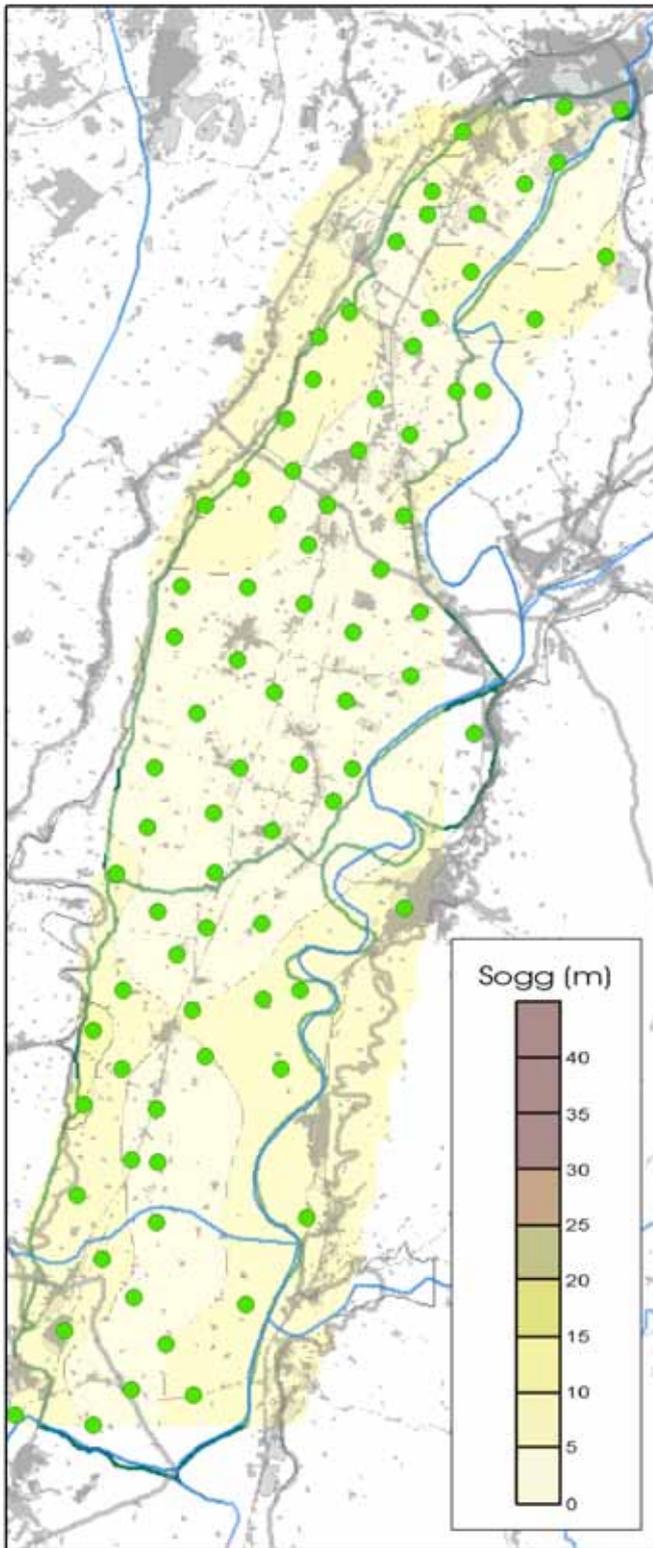
Tav.28 - Settore della Conca Eugubina prossimo a Gubbio: Distribuzione dei nitrati (giugno 2004)



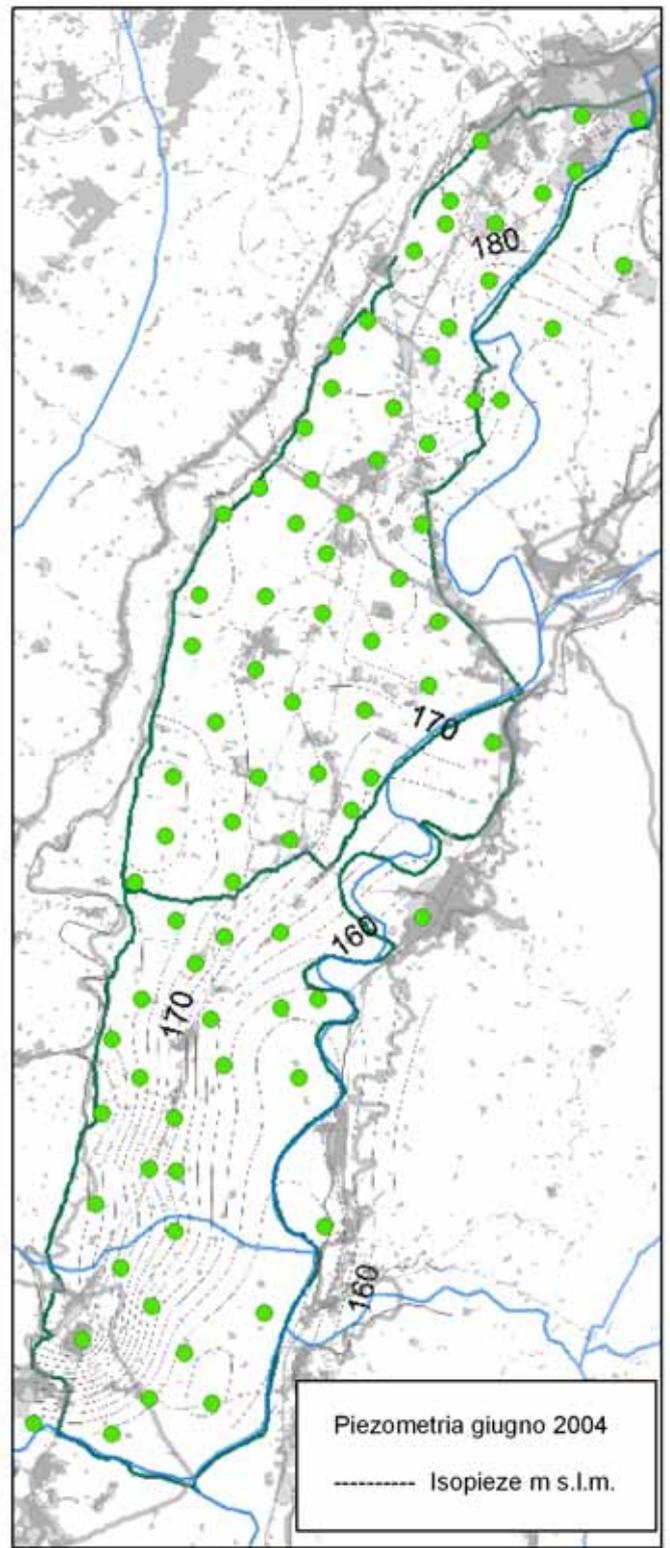
Tav.29 - Settore della Conca Eugubina prossimo a Gubbio: Distribuzione del carico di azoto di origine agricola



Tav.30 - Settore della Media Valle del Tevere tra Ponte S.Giovanni e Marsciano: Inquadramento area critica per il tenore in nitrati nelle acque sotterranee

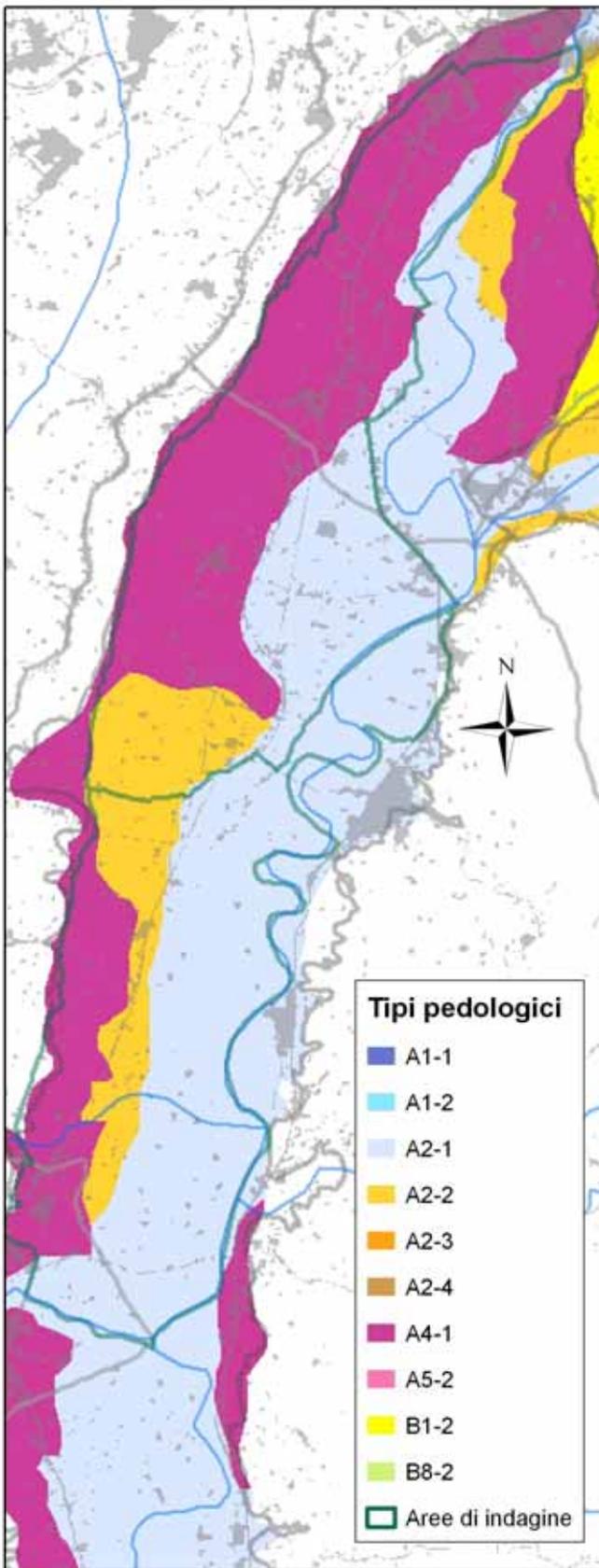


Tav.31 - Settore della Media Valle del Tevere tra Ponte S.Giovanni e Marsciano: Soggiacenza Dell'acquifero giugno 2004

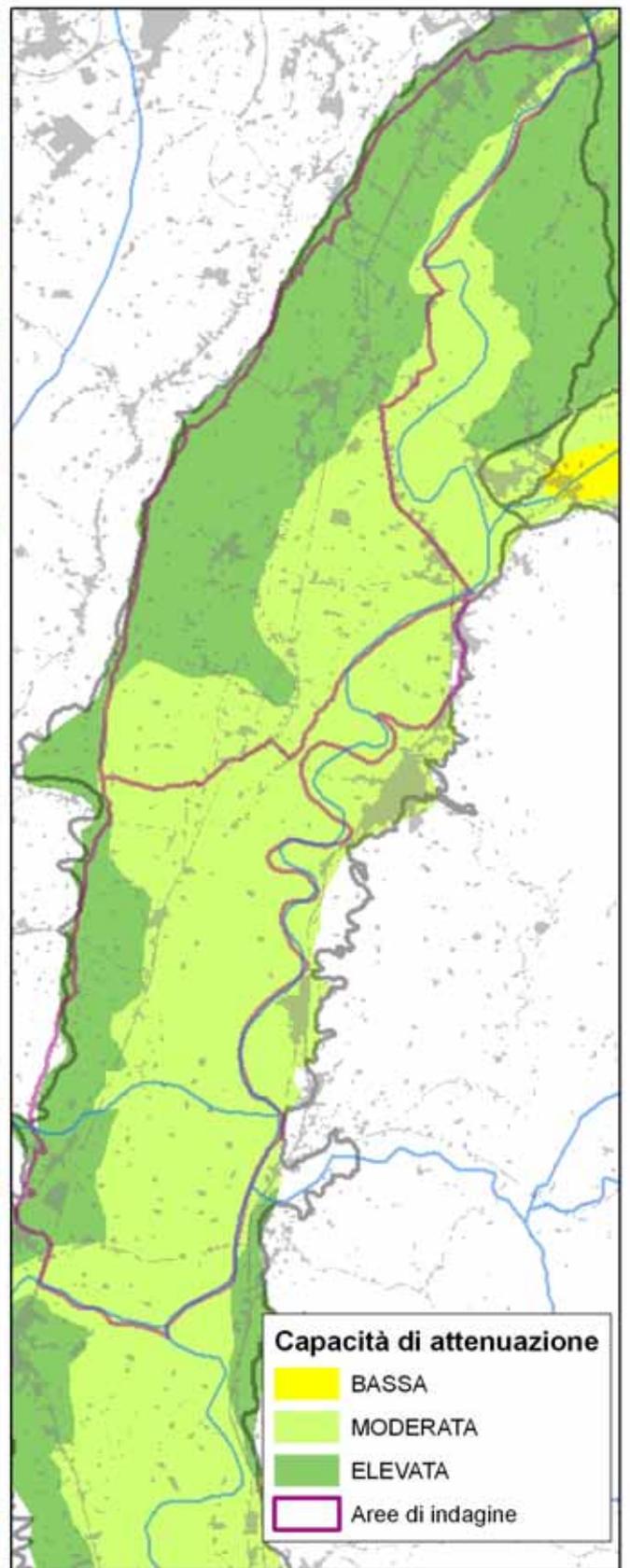


Tav.32 - Settore della Media Valle del Tevere tra Ponte S.Giovanni e Marsciano: Piezometria giugno 2004



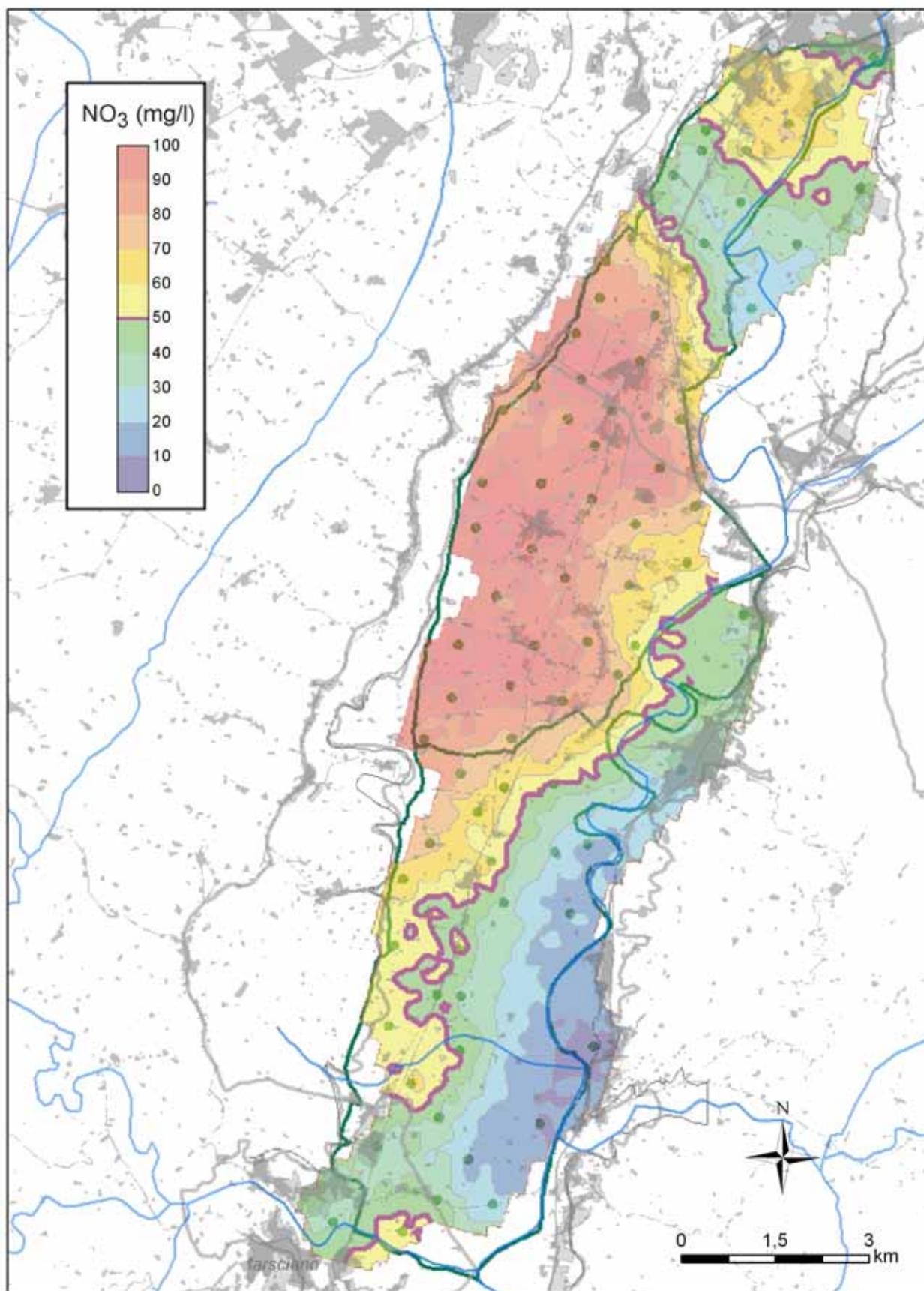


0 2 km

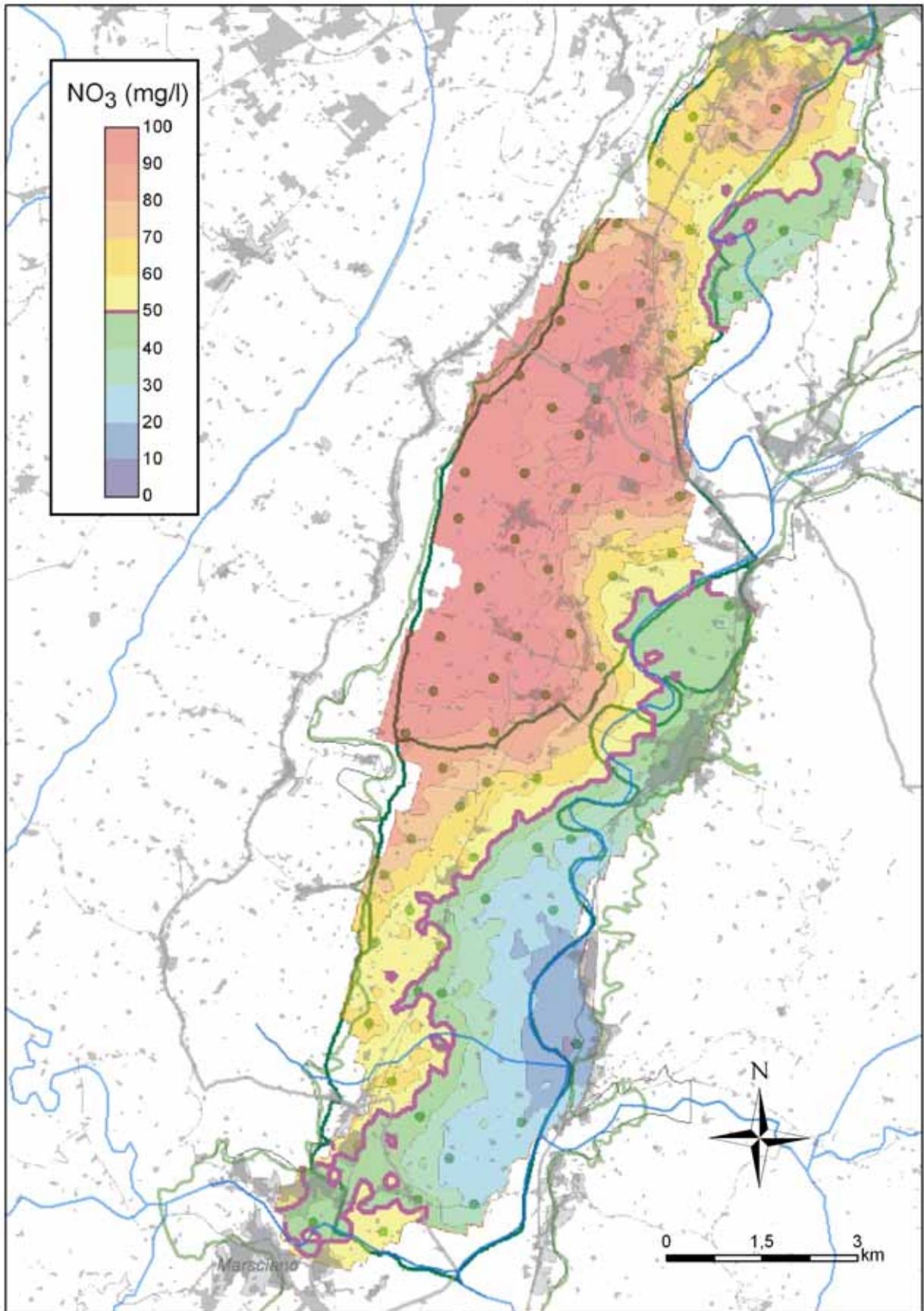


TTav.33 - Settore della Media Valle del Tevere tra Ponte S.Giovanni e Marsciano: Carta dei suoli

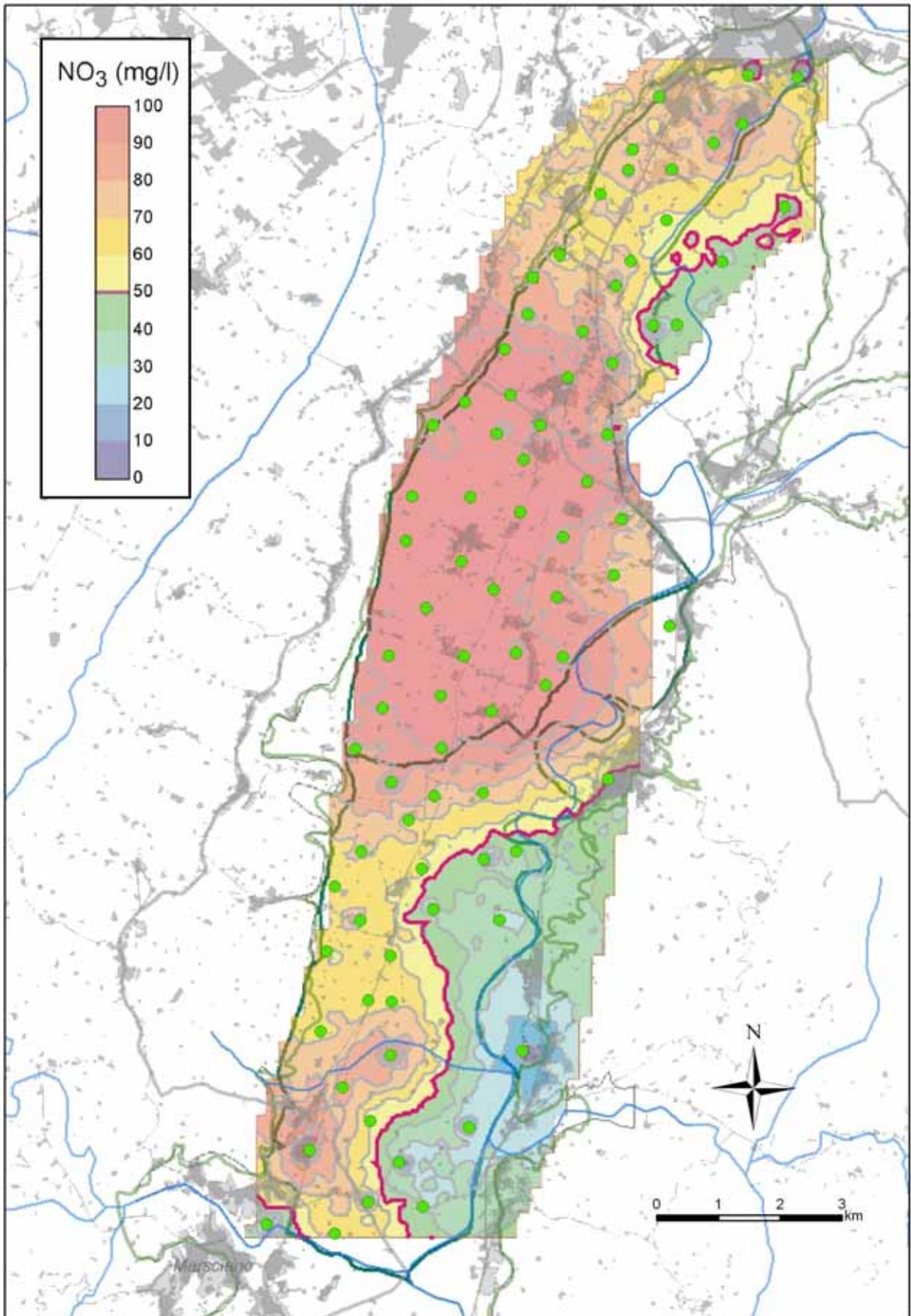
Tav.34 - Settore della Media Valle del Tevere tra Ponte S.Giovanni e Marsciano: Capacità di attenuazione dei suoli



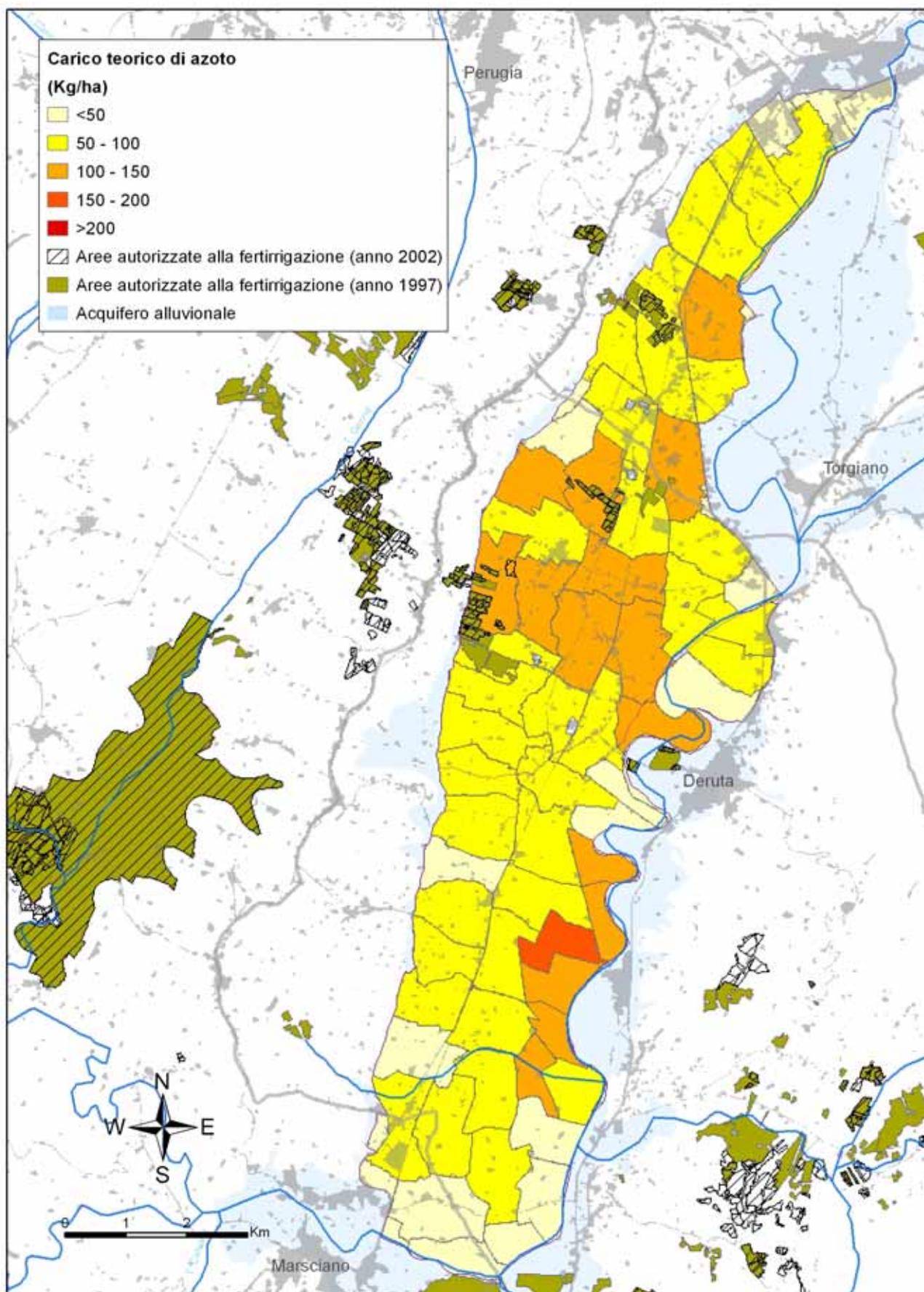
Tav.35 - Settore della Media Valle del Tevere tra Ponte S.Giovanni e Marsciano: Distribuzione dei nitrati (luglio 2003)



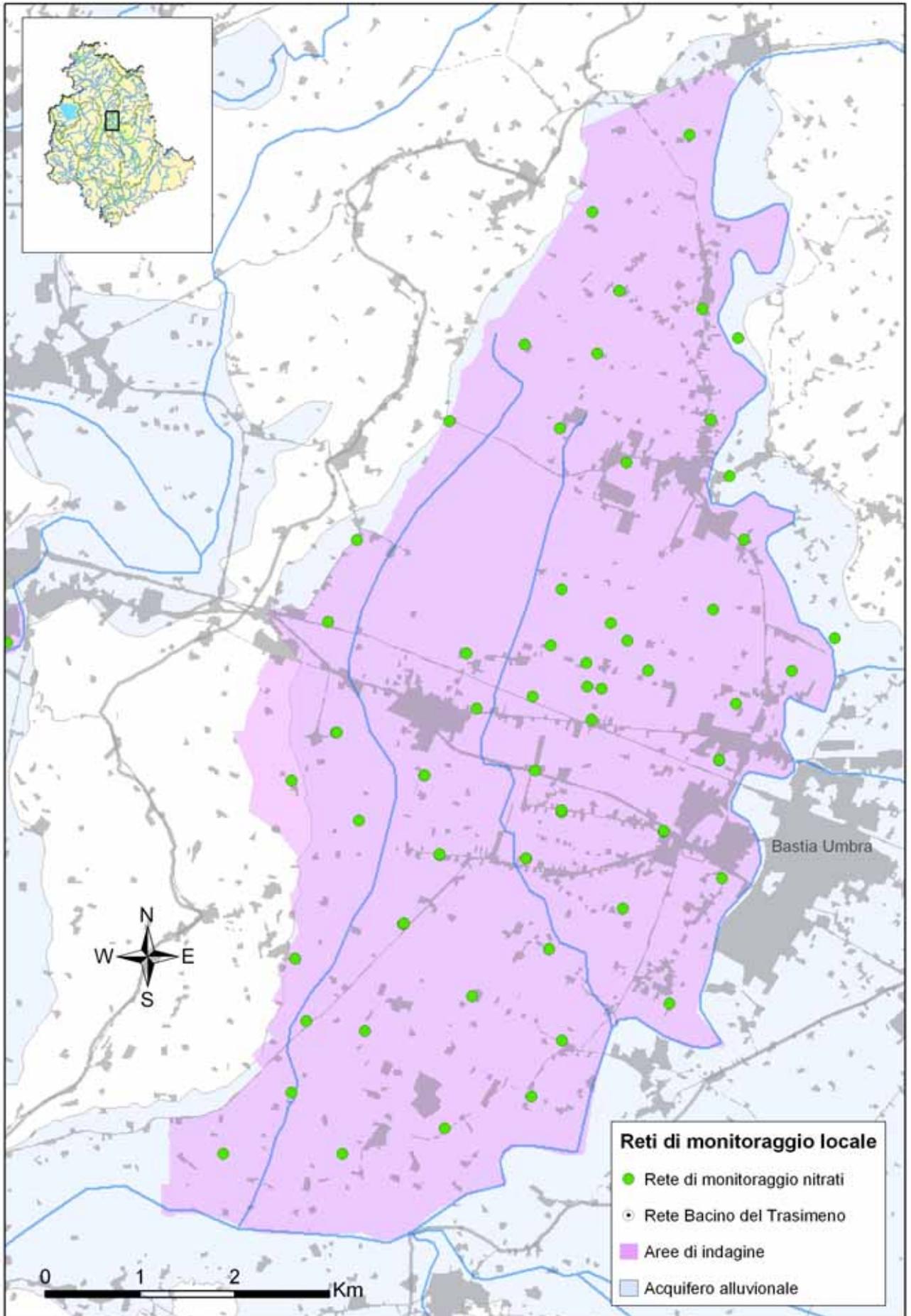
Tav.36 - Settore della Media Valle del Tevere tra Ponte S.Giovanni e Marsciano:
Distribuzione dei nitrati (settembre 2003)



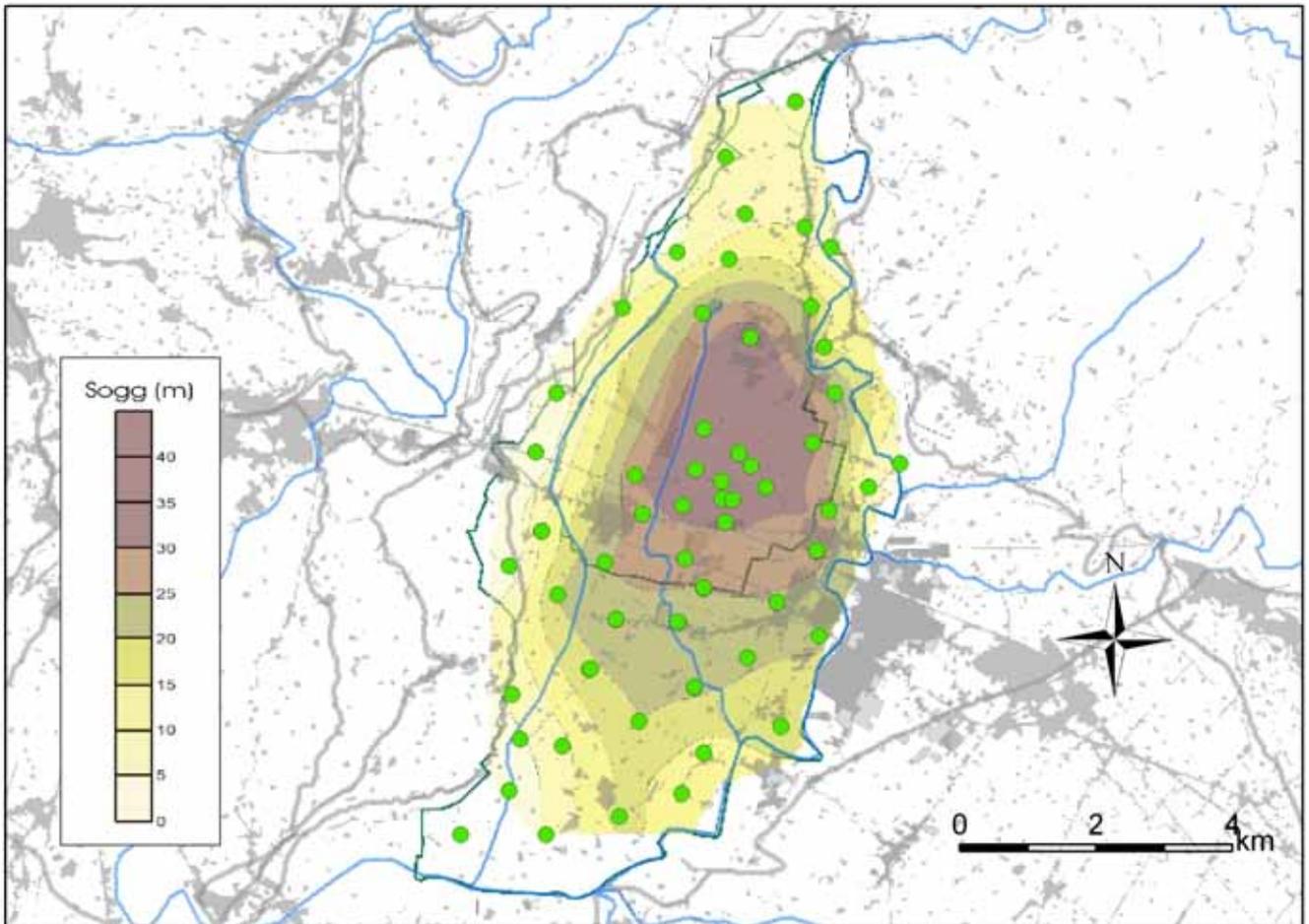
Tav.37 - Settore della Media Valle del Tevere tra Ponte S.Giovanni e Marsciano: Distribuzione dei nitrati (giugno 2004)



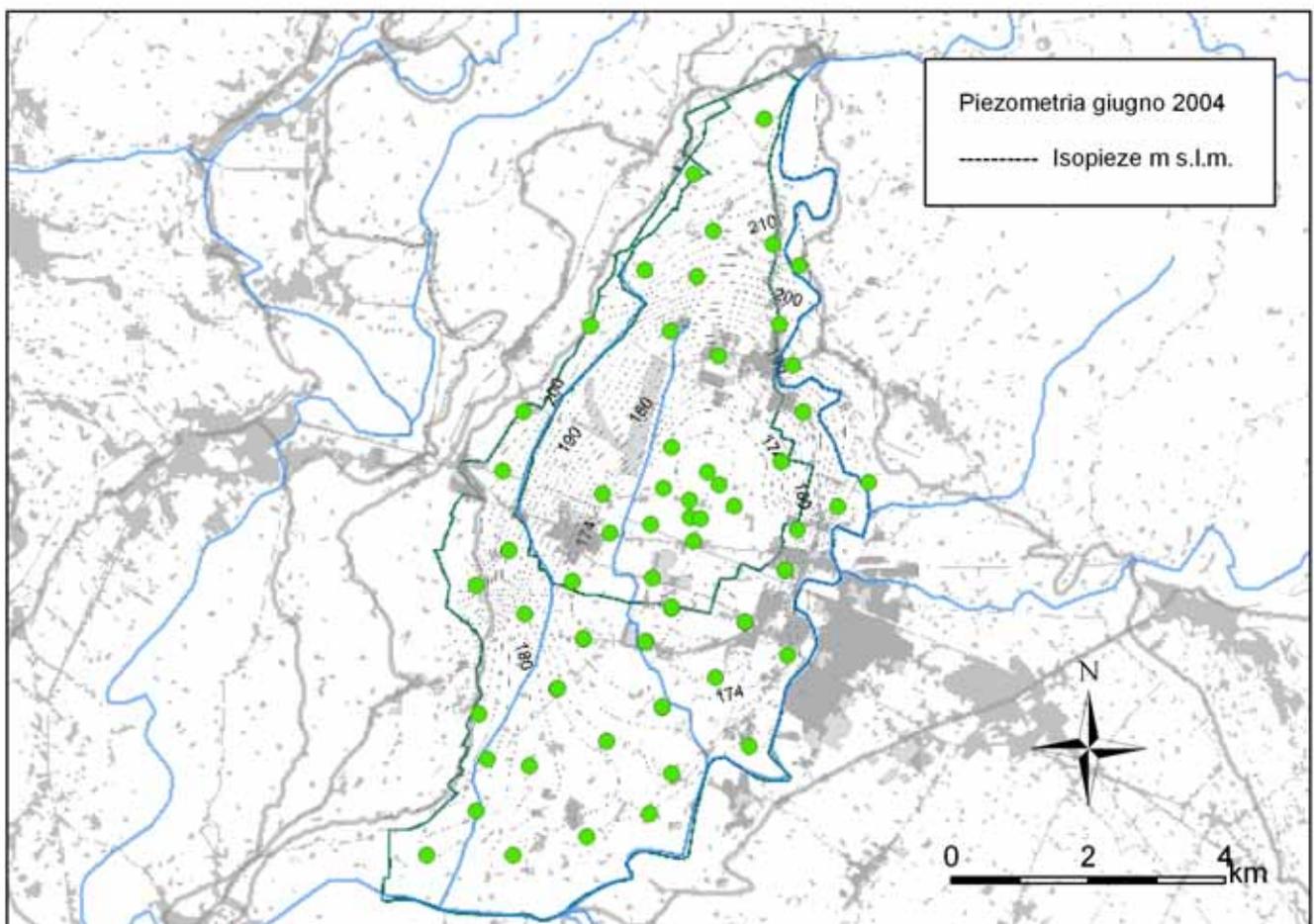
Tav.38 - Settore della Media Valle del Tevere tra Ponte S.Giovanni e Marsciano: Distribuzione del carico di azoto di origine agricola



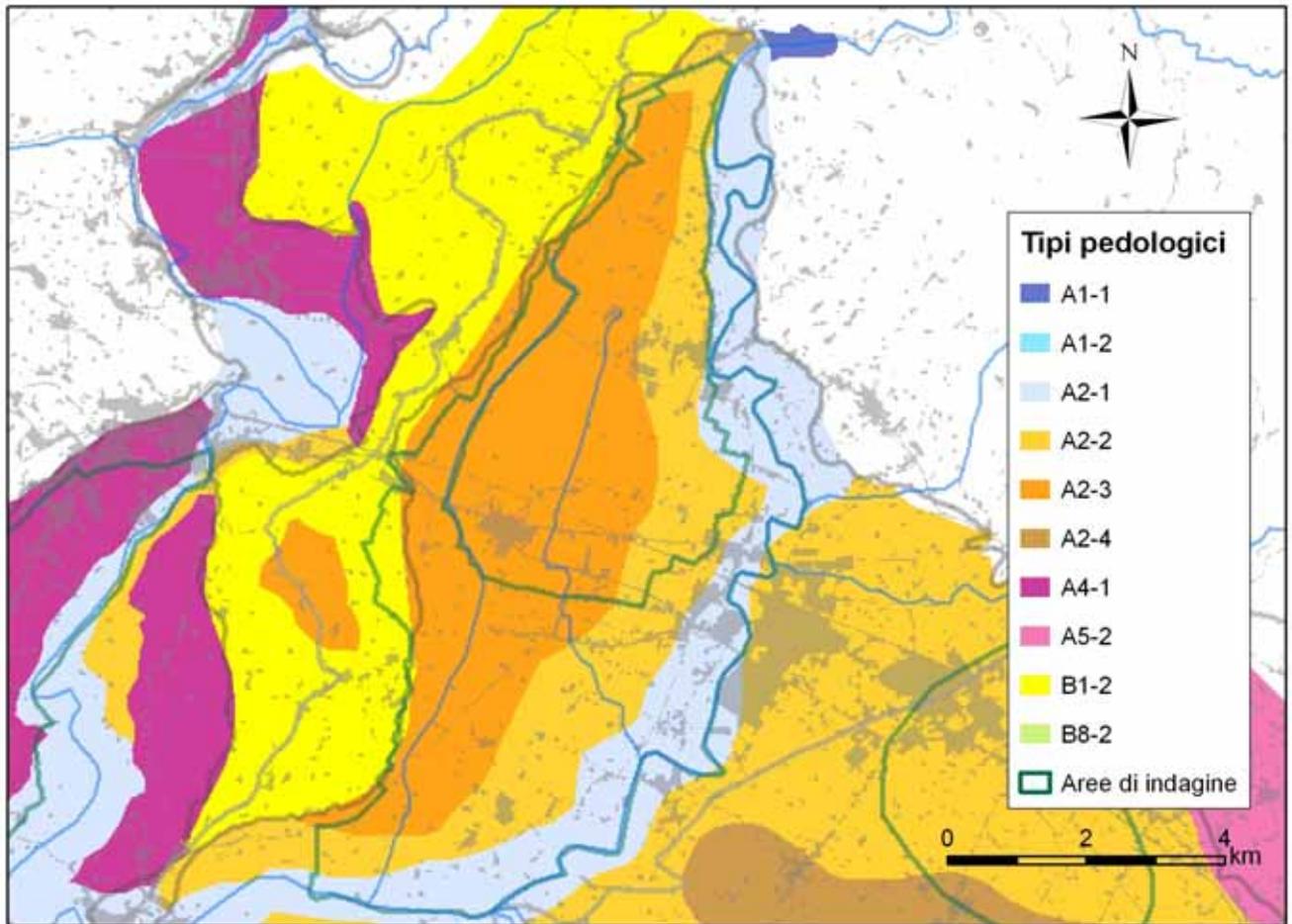
Tav.39 - Acquifero in destra del F.Chiasco: Inquadramento area critica per il tenore in nitrati nelle acque sotterranee



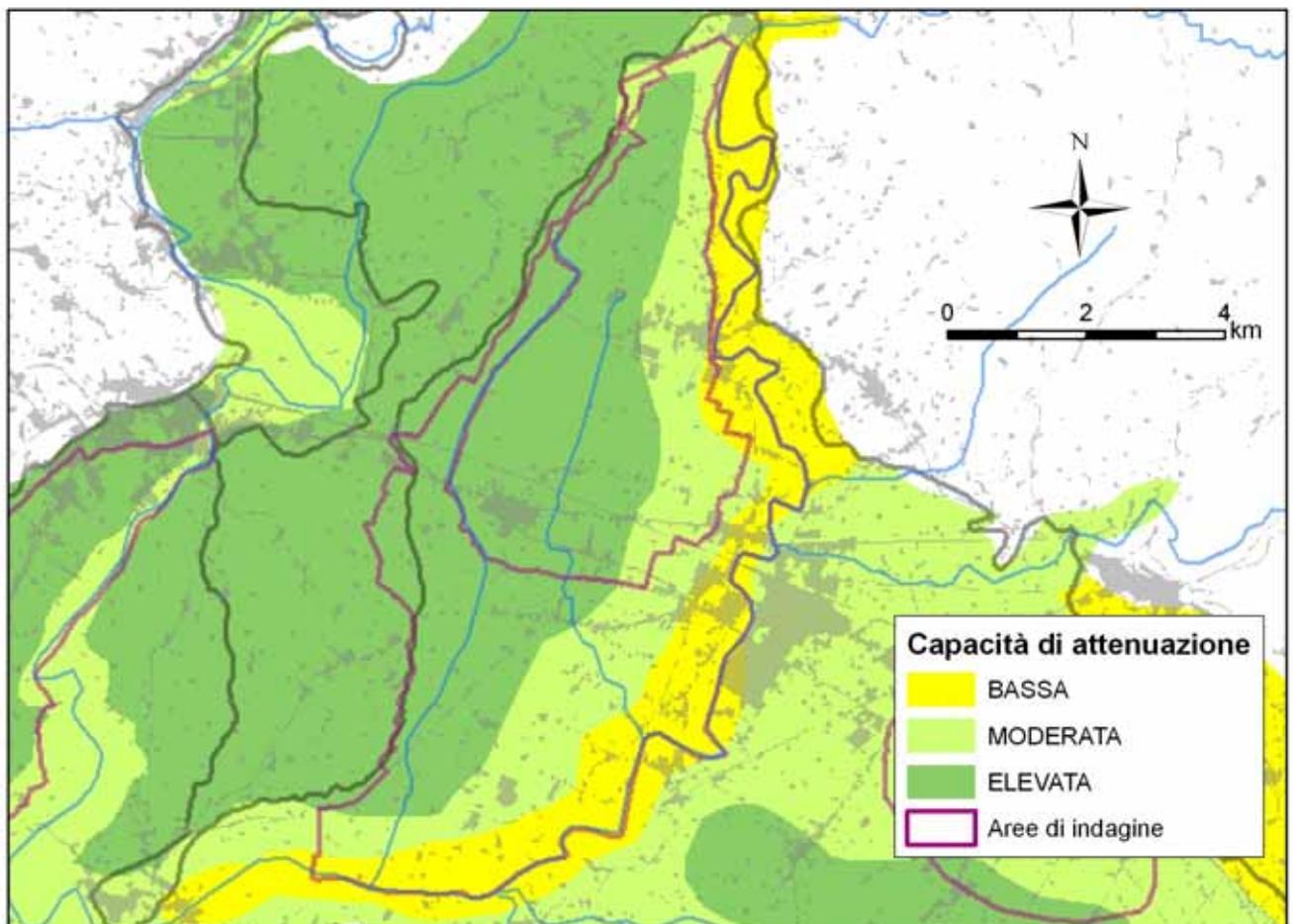
Tav.40 - Acquifero in destra del F.Chiascio: Soggiacenza dell'acquifero giugno 2004



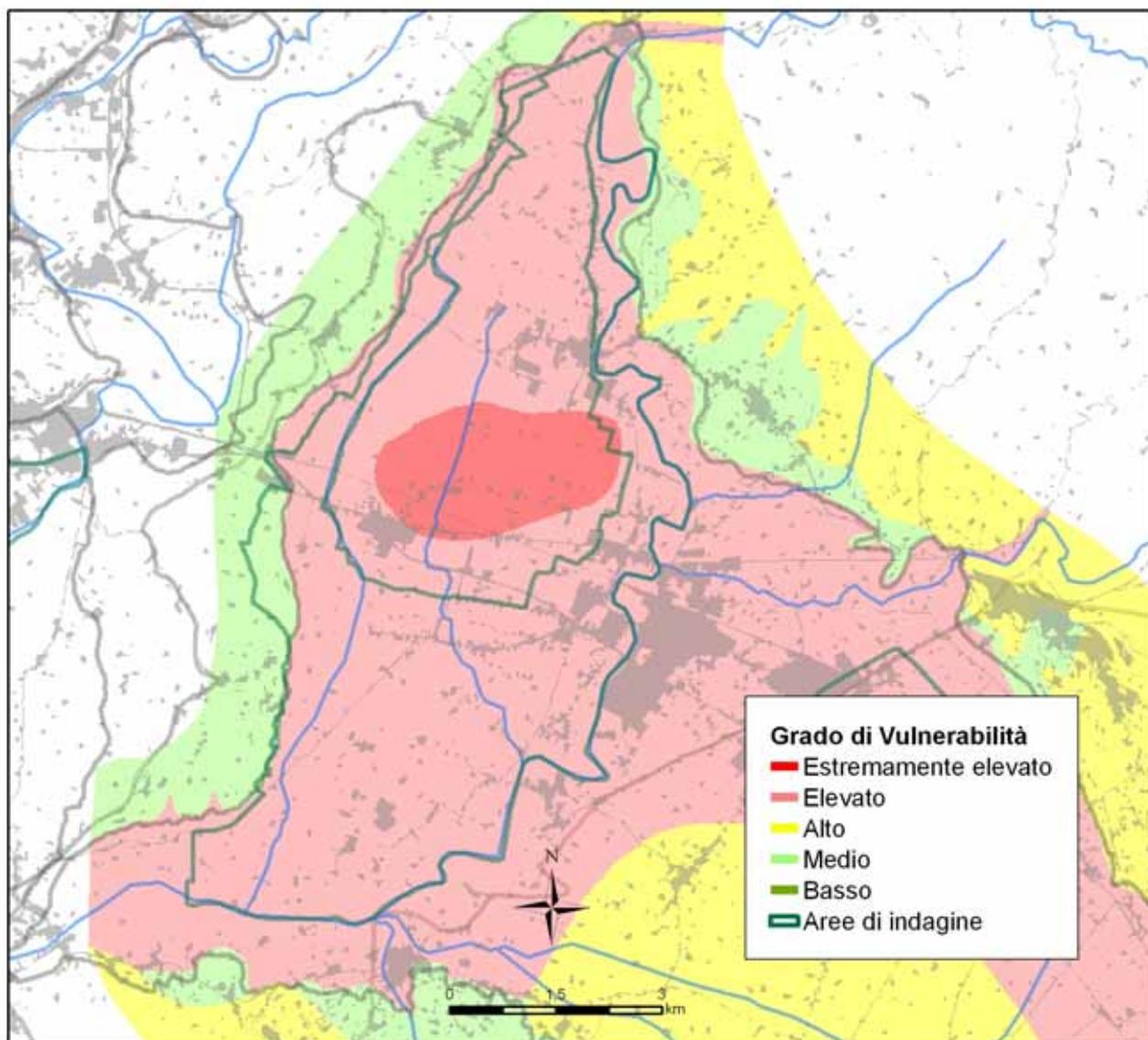
Tav.41 - Acquifero in destra del F.Chiascio: Piezometria giugno 2004



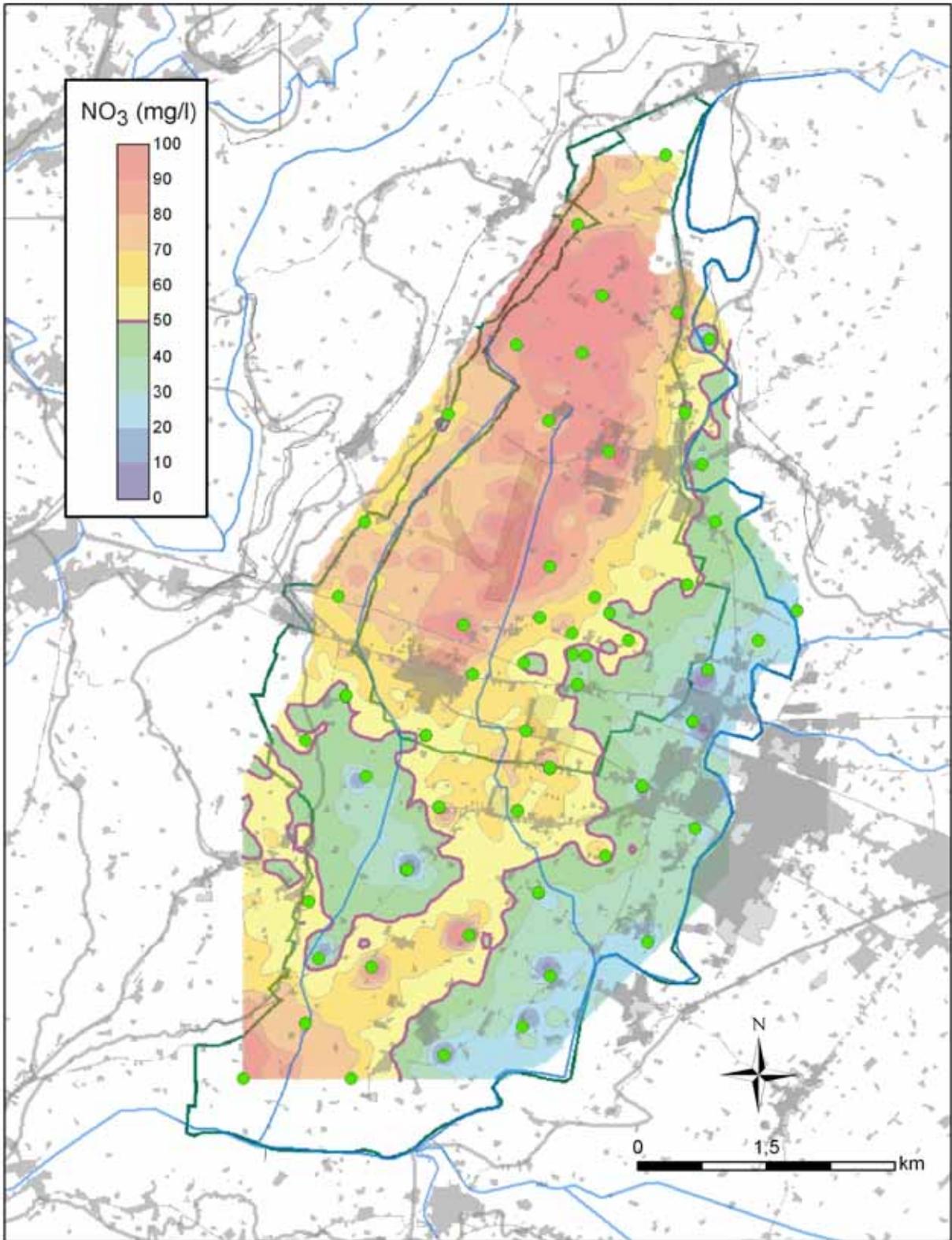
Tav.42 - Acquifero in destra del F.Chiascio: Carta dei suoli



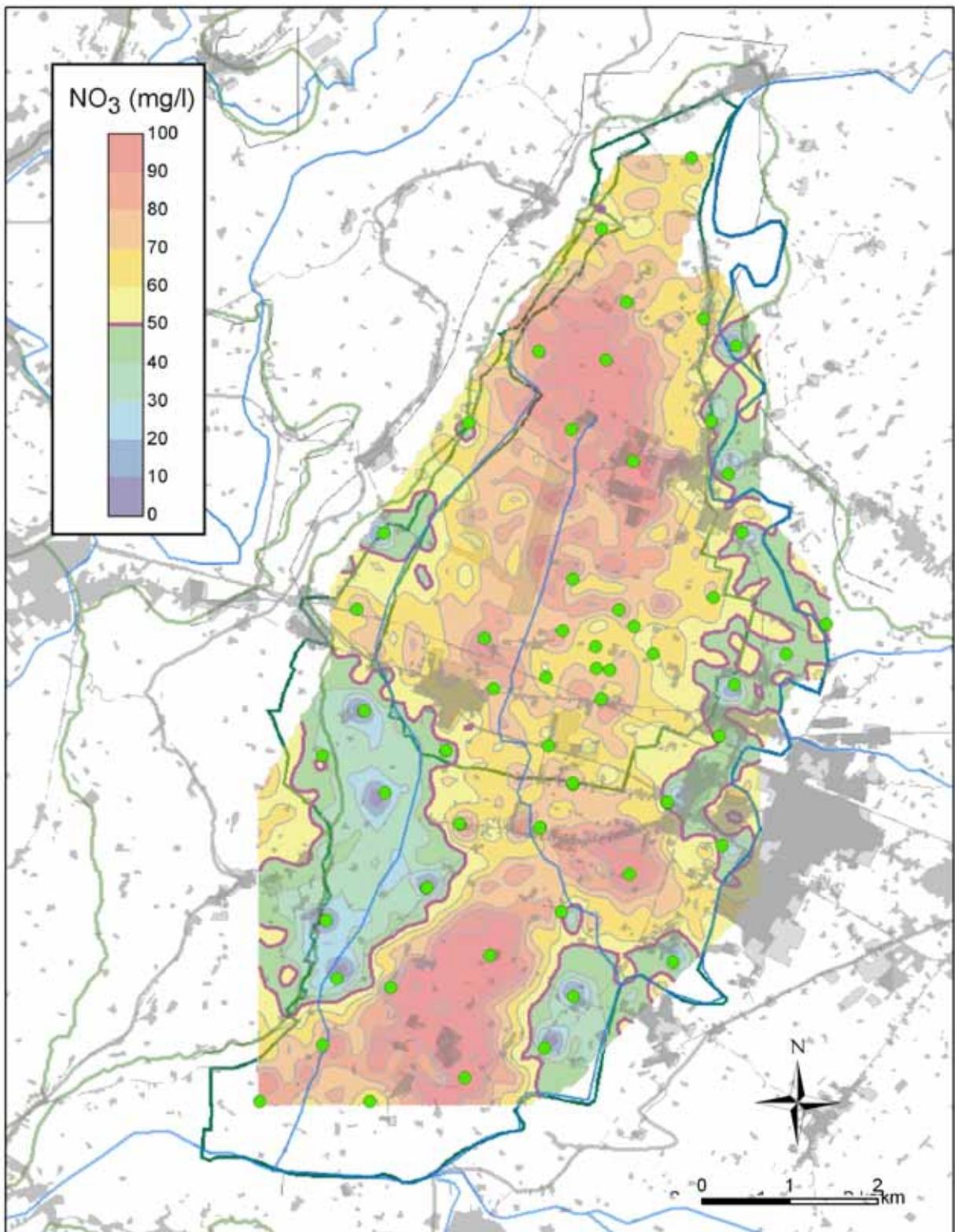
Tav.43 - Acquifero in destra del F.Chiascio: Capacità di attenuazione dei Suoli



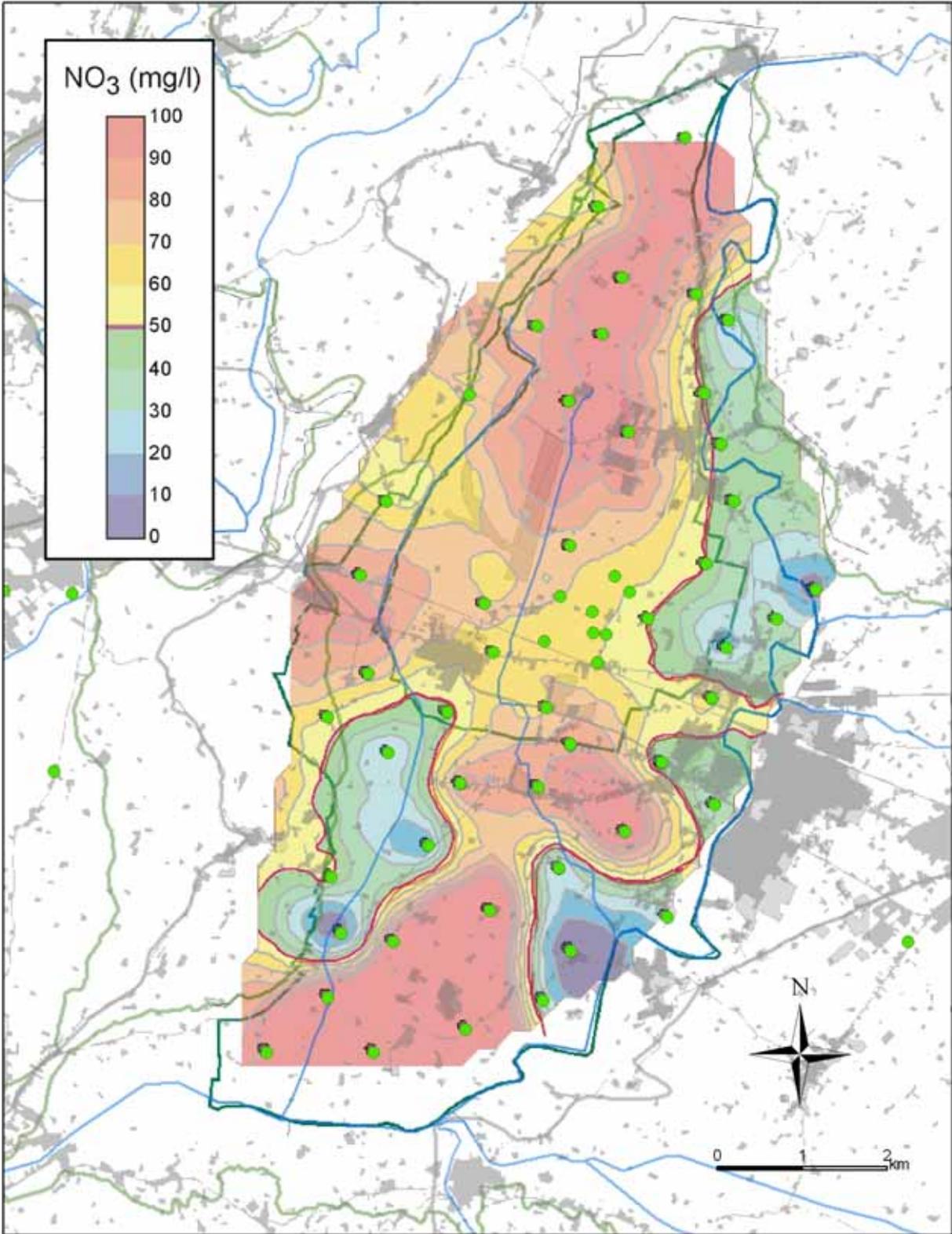
Tav.44 - Acquifero in destra del F.Chiascio: Carta di Vulnerabilità degli Acquiferi agli Inquinamenti



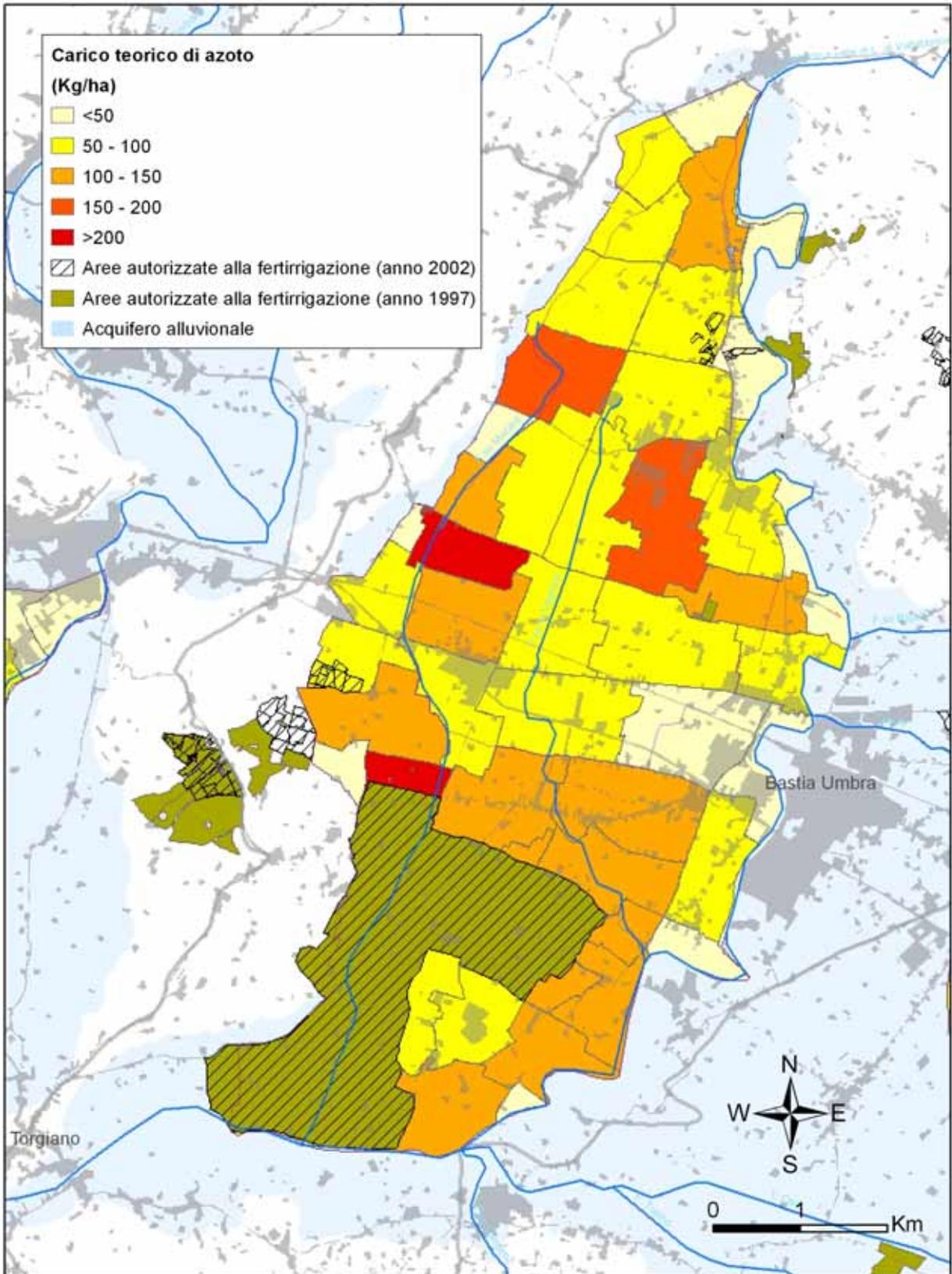
Tav.45 - Acquifero in destra del F.Chiascio: Distribuzione dei nitrati (luglio 2003)



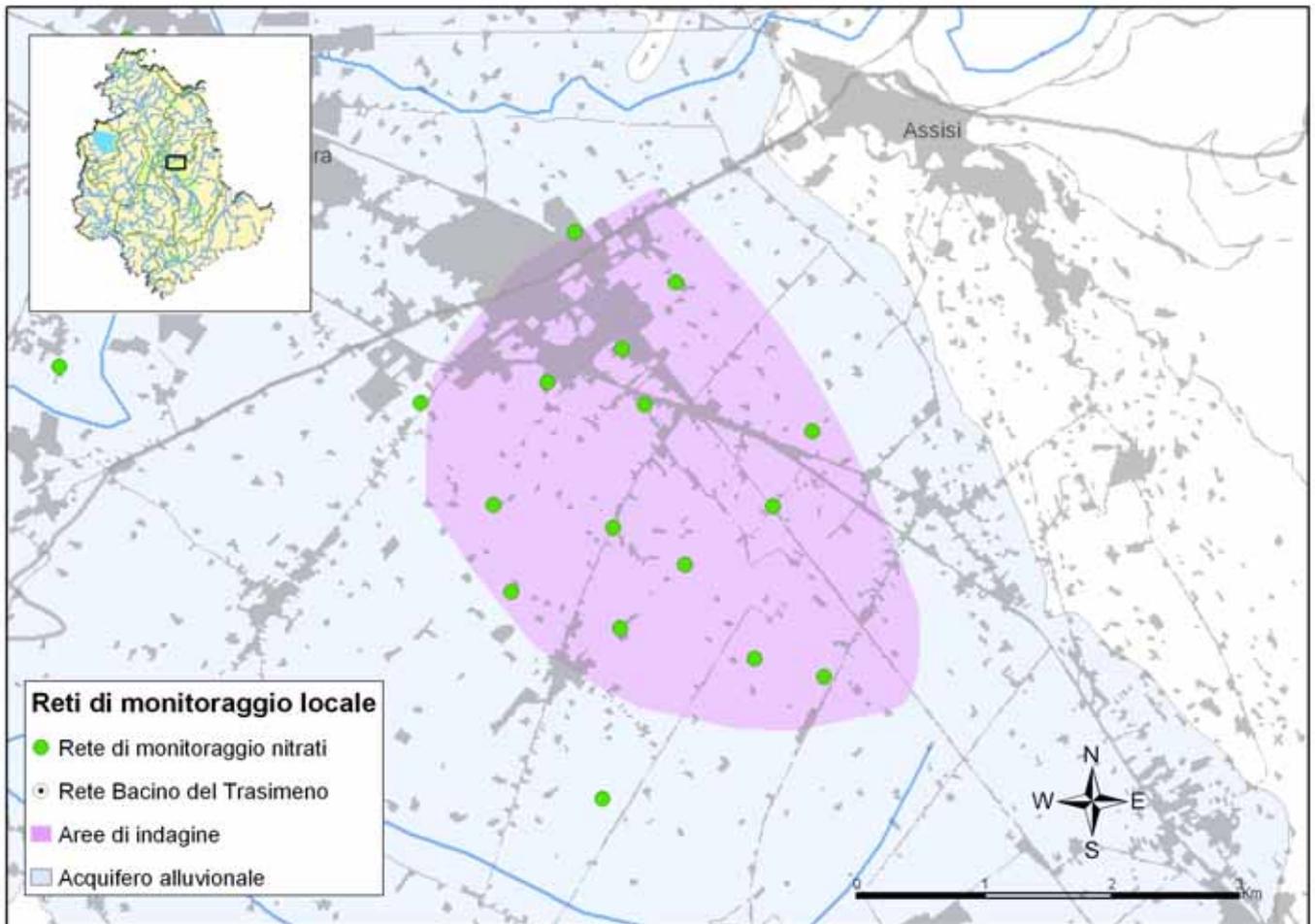
Tav.46 - Acquifero in destra del F.Chiascio: Distribuzione dei nitrati (settembre 2003)



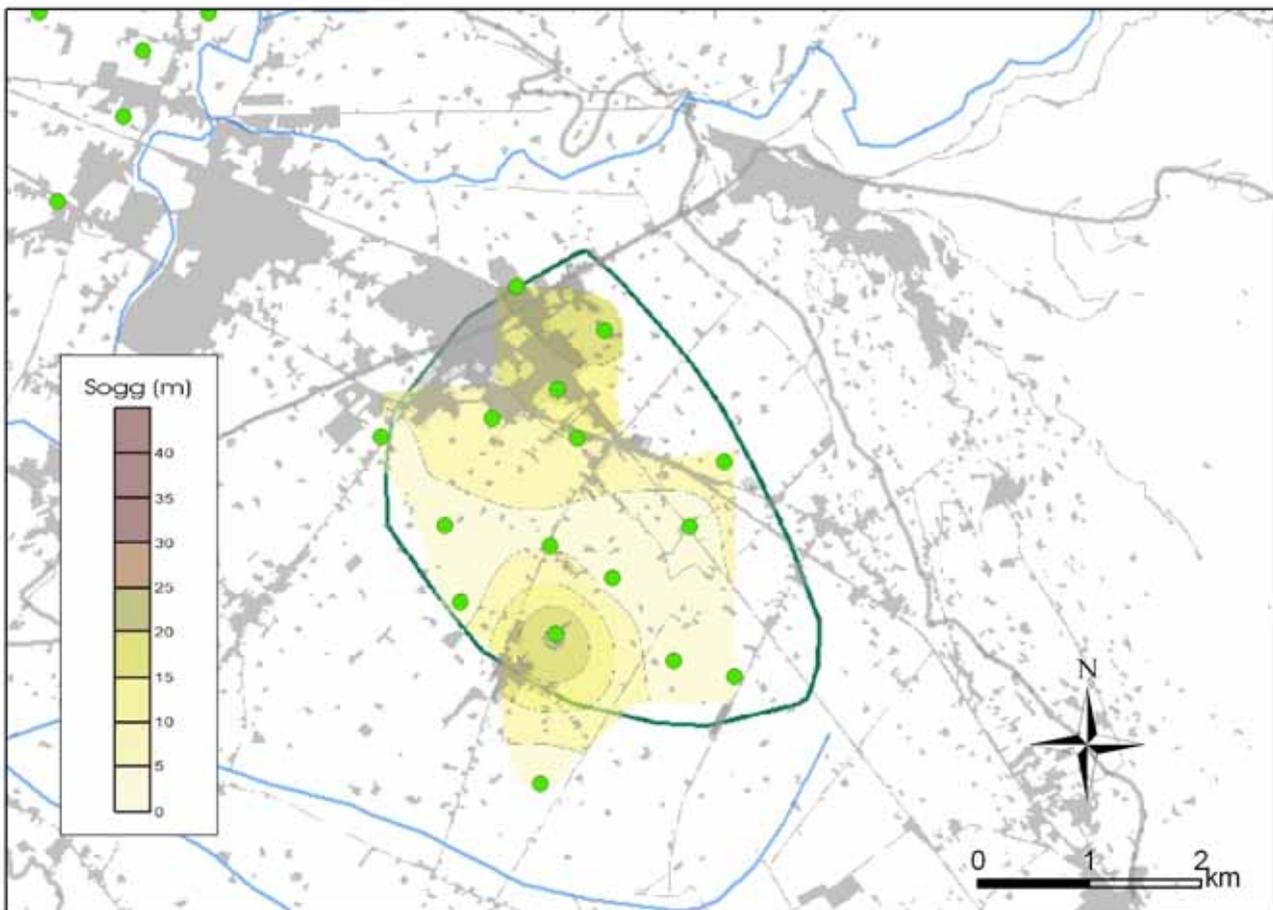
Tav.47 - Acquifero in destra del F.Chiascio: Distribuzione dei nitrati (giugno 2004)



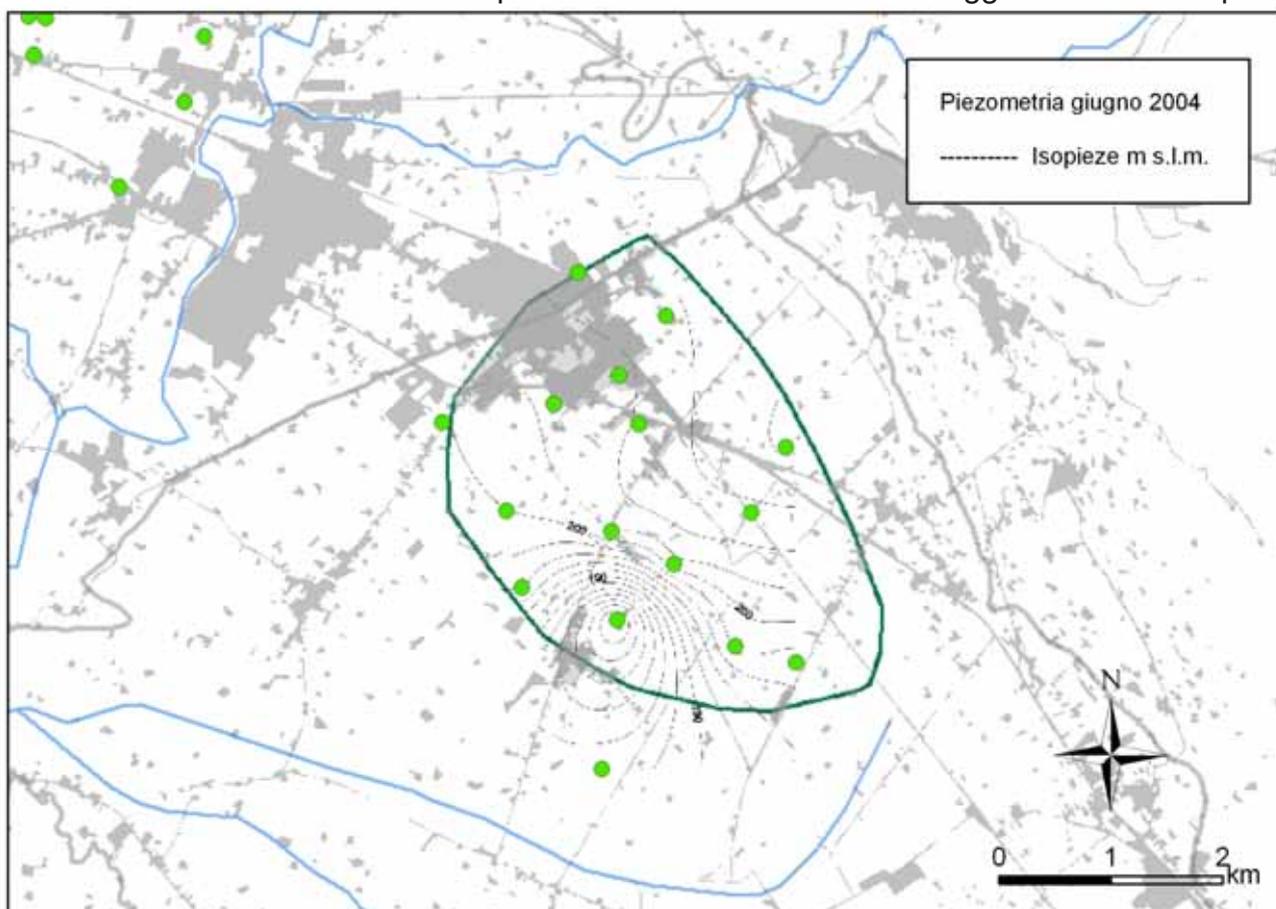
Tav.48 - Acquifero in destra del F.Chiascio: Distribuzione del carico di azoto di origine agricola



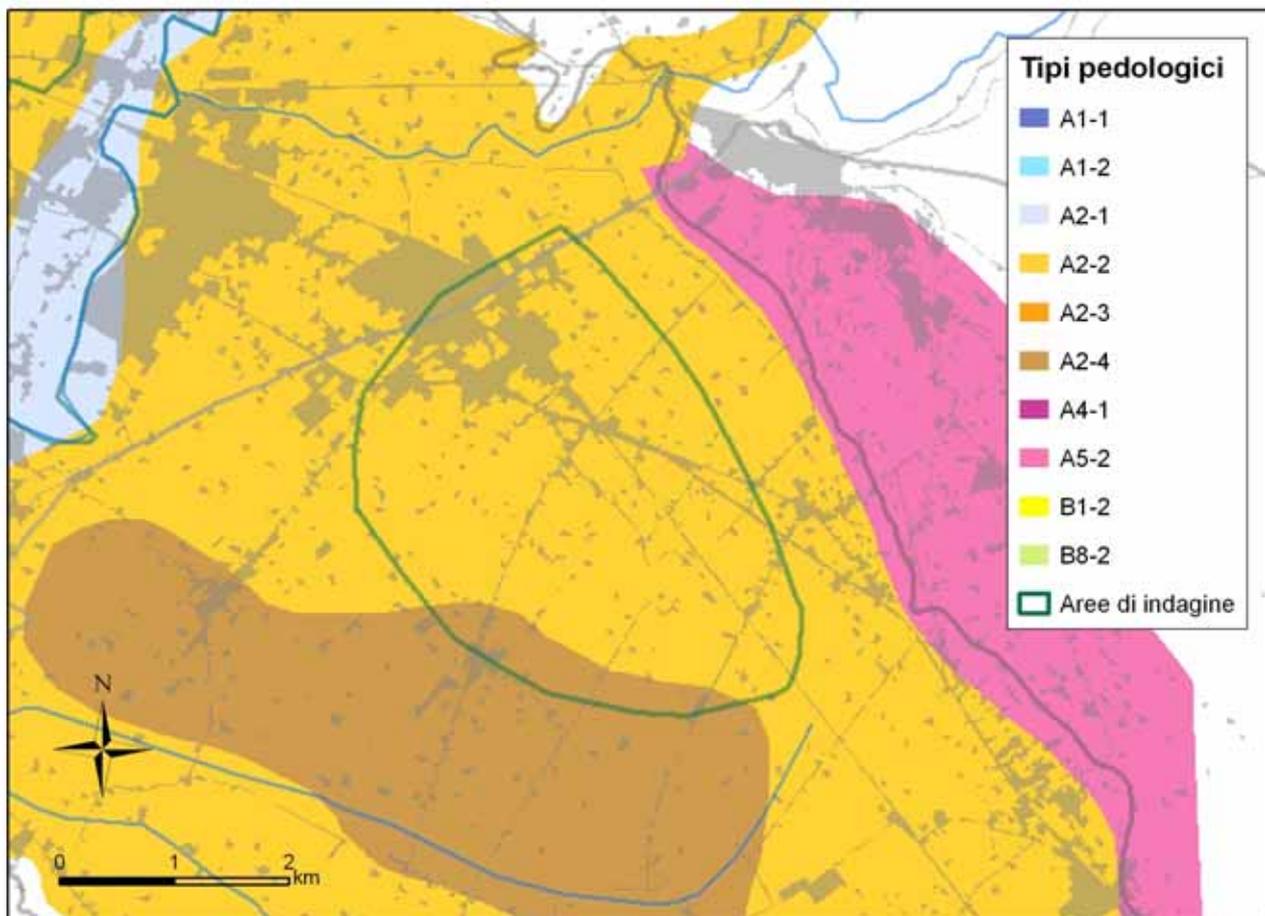
Tav.49 - Settore della Valle Umbra prossimo all'abitato di Assisi: Inquadramento area critica per il tenore in nitrati nelle acque sotterranee



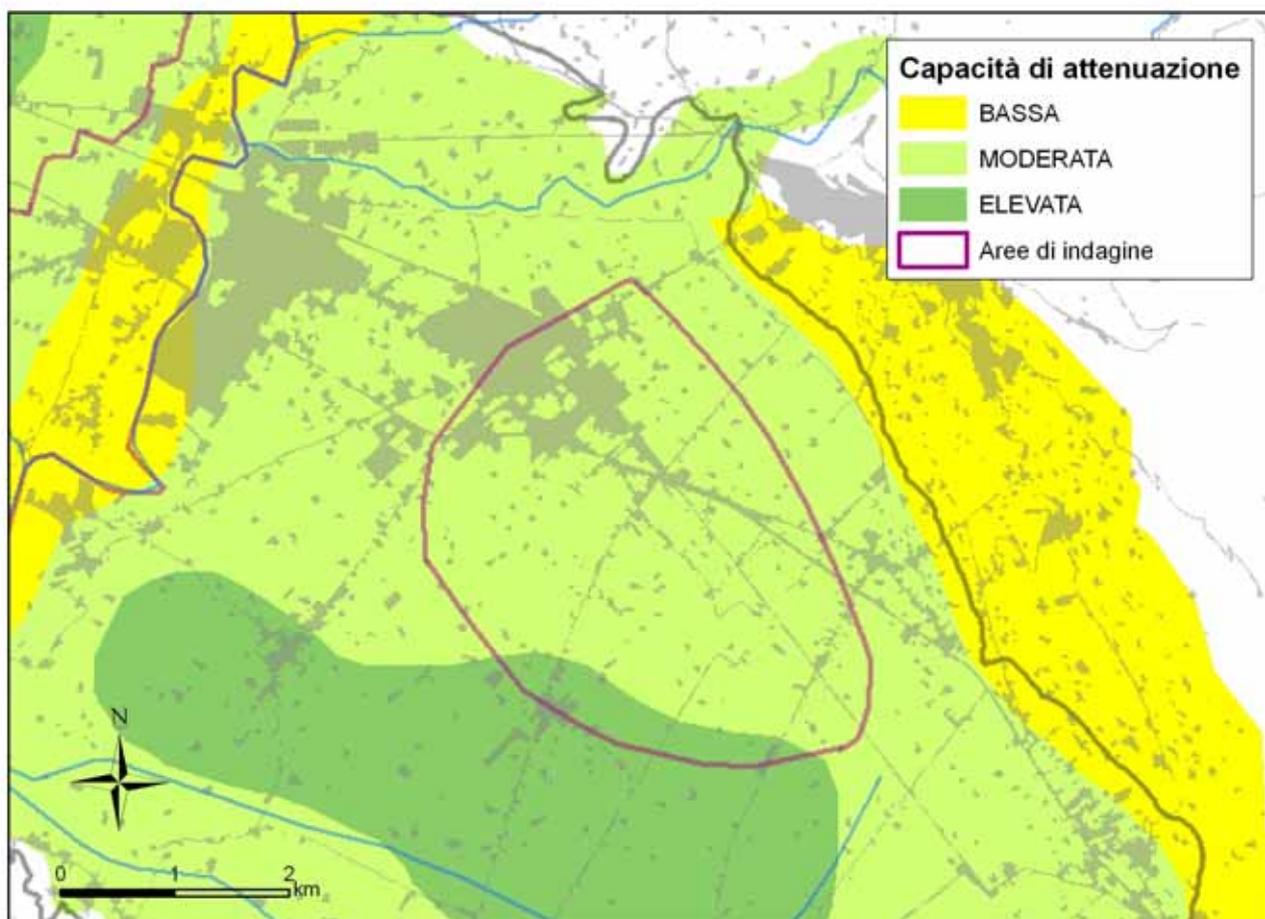
Tav.50 - Settore della Valle Umbra prossimo all'abitato di Assisi: Soggiacenza dell'acquifero



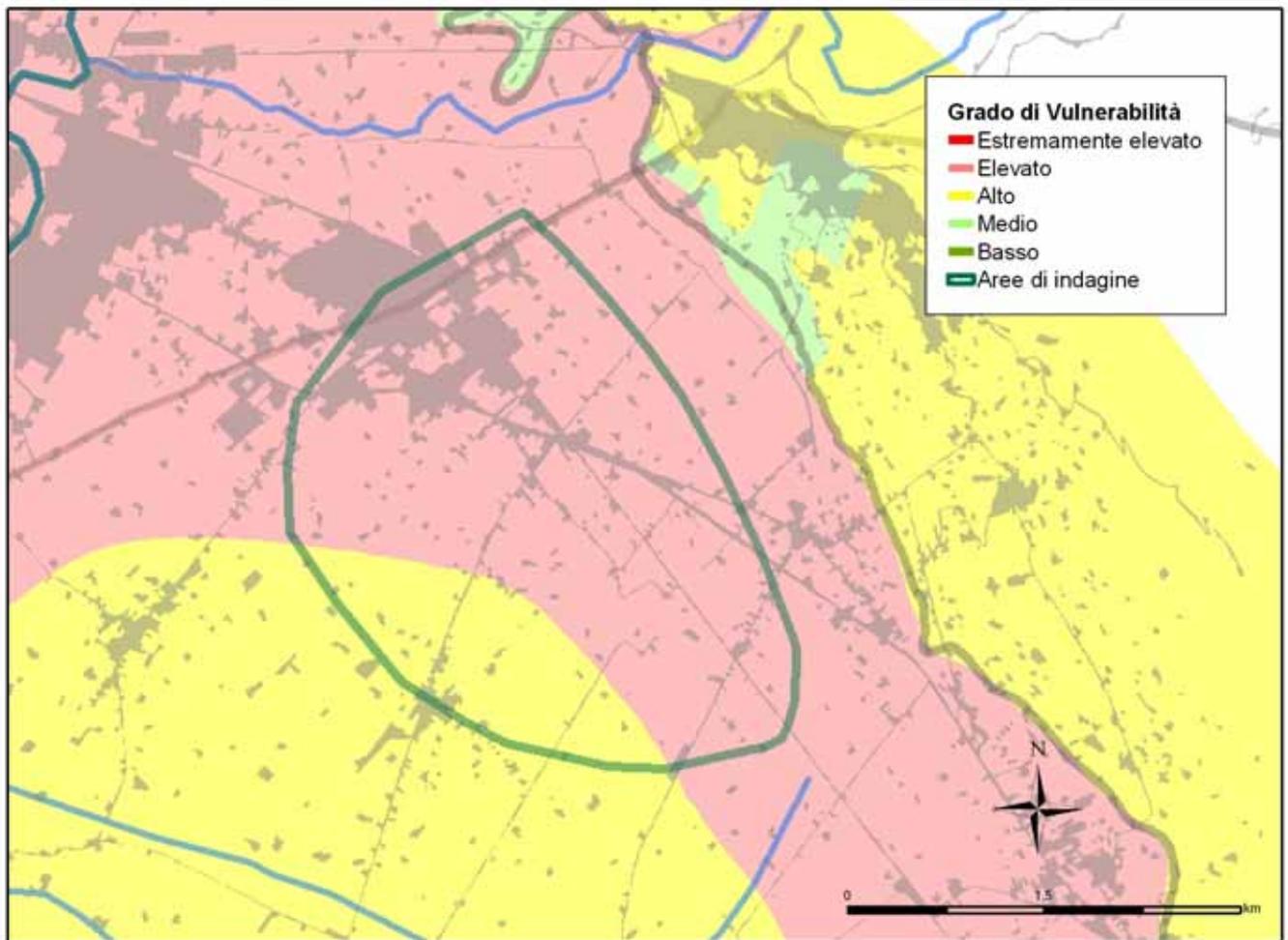
Tav.51 - Settore della Valle Umbra prossimo all'abitato di Assisi: Piezometria giugno 2004



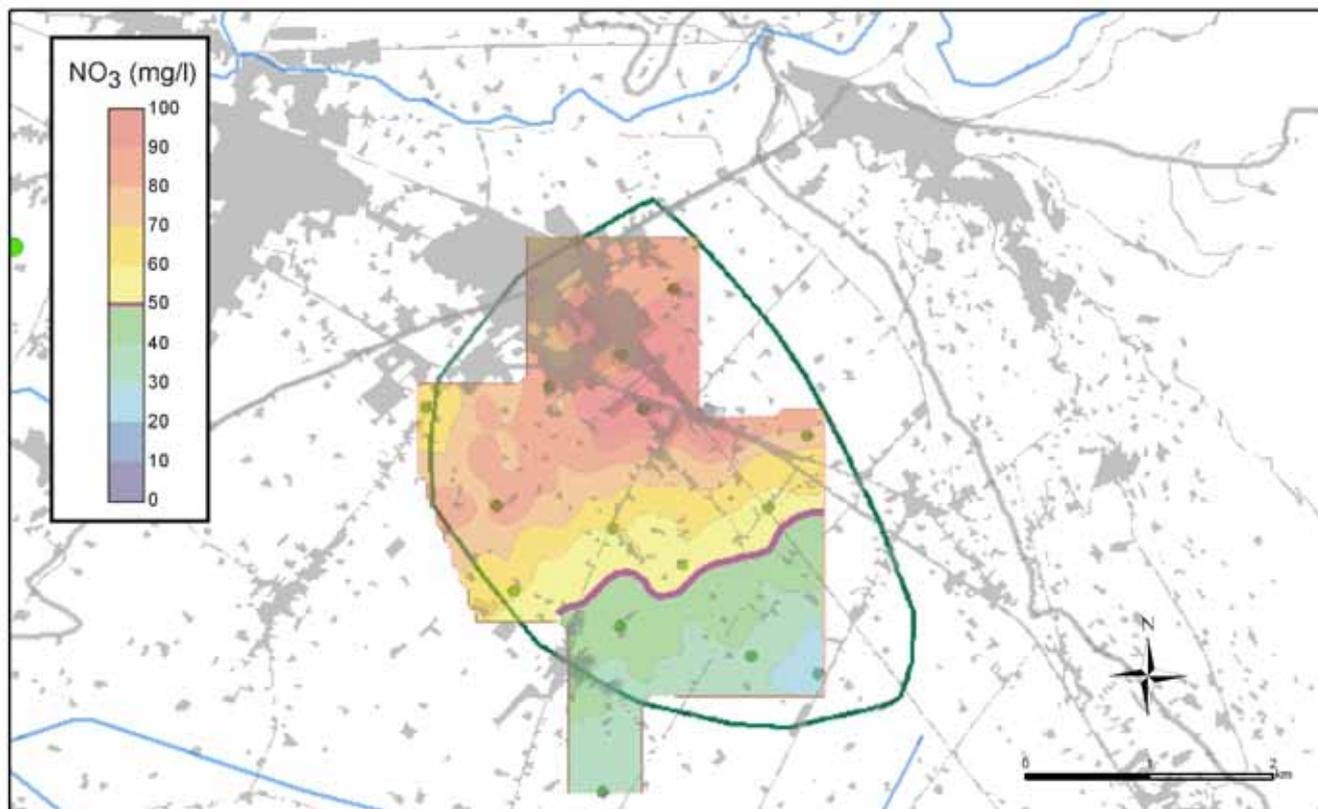
Tav.52 - Settore della Valle Umbra prossimo all'abitato di Assisi: Carta dei suoli



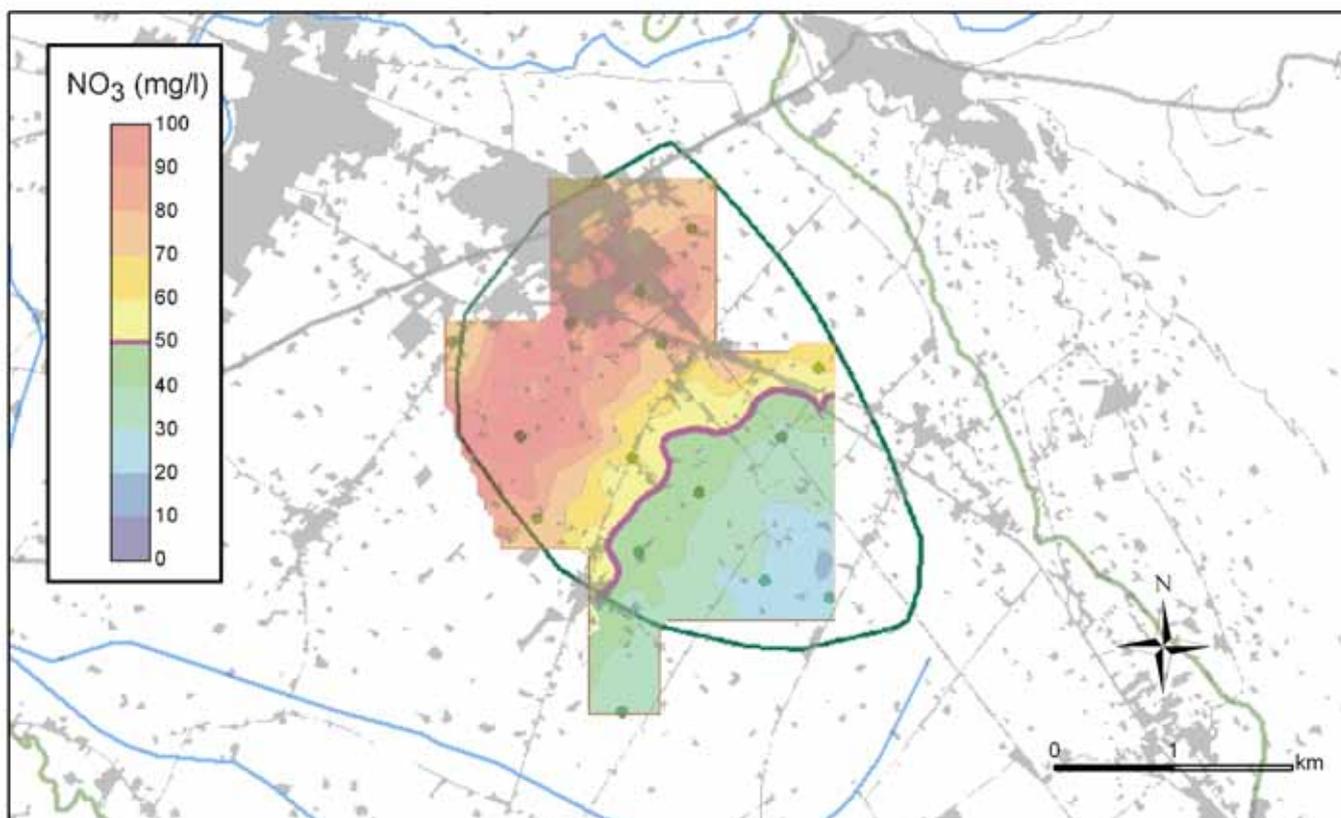
Tav.53 - Settore della Valle Umbra prossimo all'abitato di Assisi: Capacità di attenuazione dei Suoli



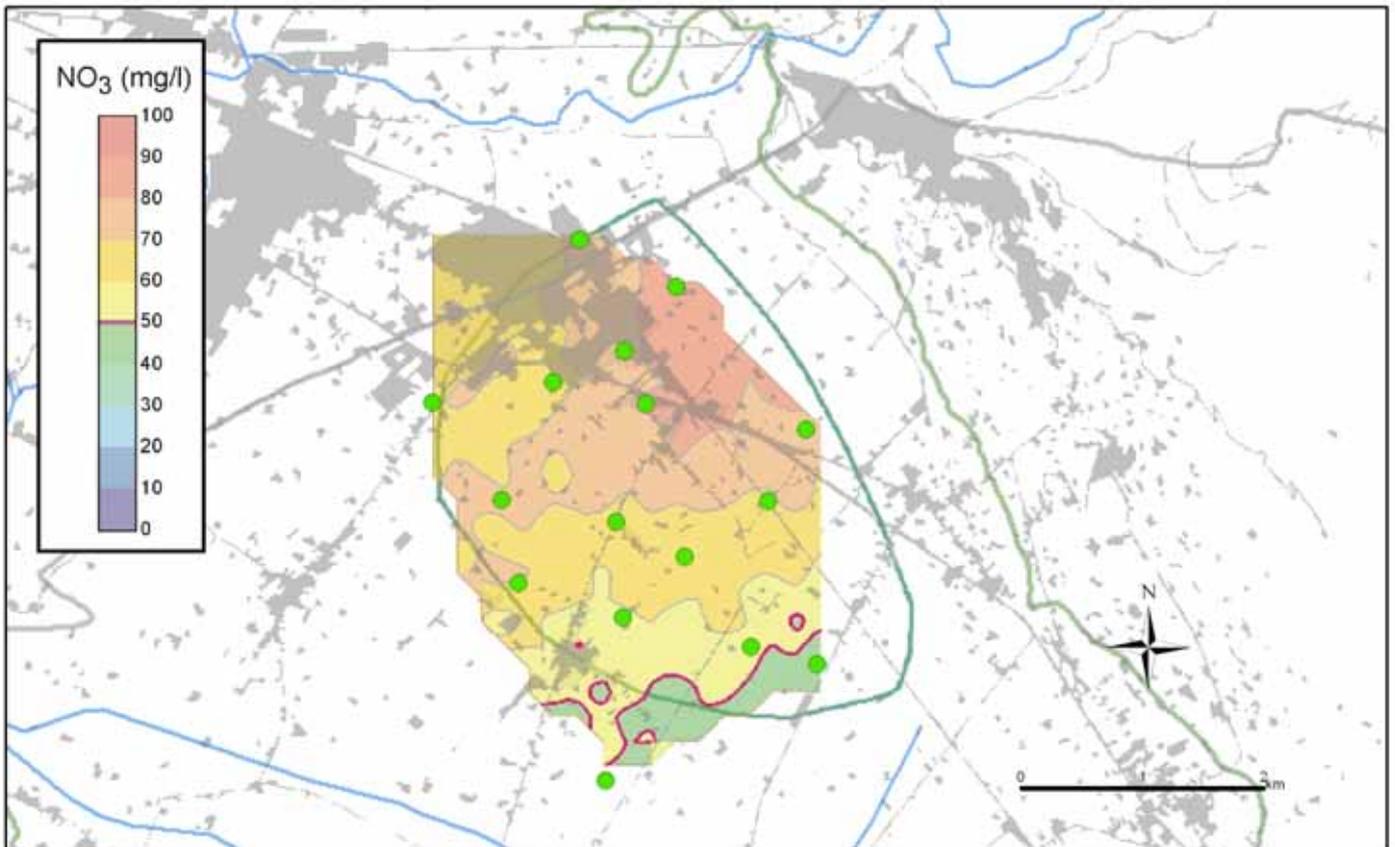
Tav.54 - Settore della Valle Umbra prossimo all'abitato di Assisi: Carta di Vulnerabilità degli Acquiferi agli Inquinamenti



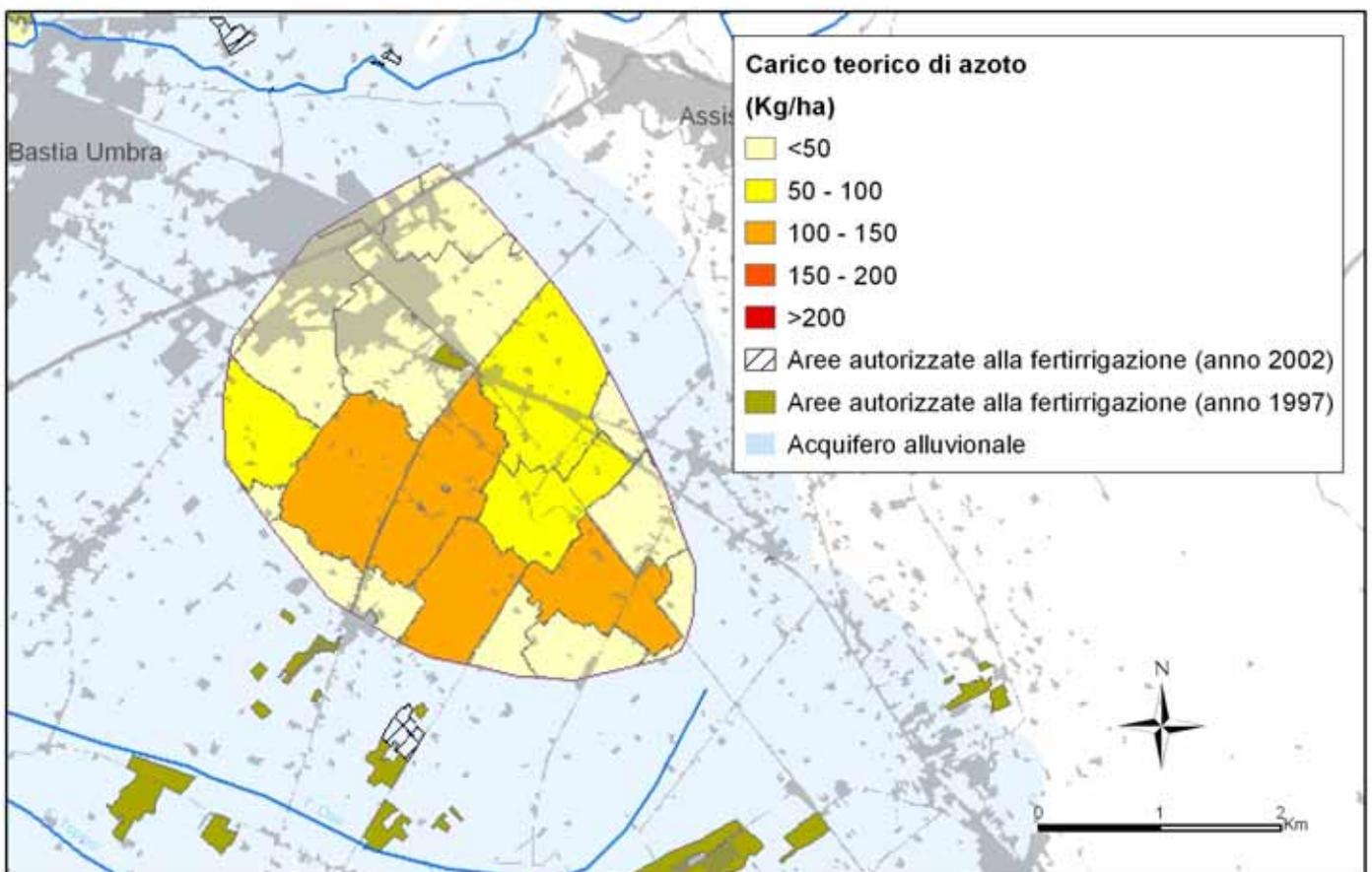
Tav.55 - Settore della Valle Umbra prossimo all'abitato di Assisi: Distribuzione dei nitrati (luglio 2003)



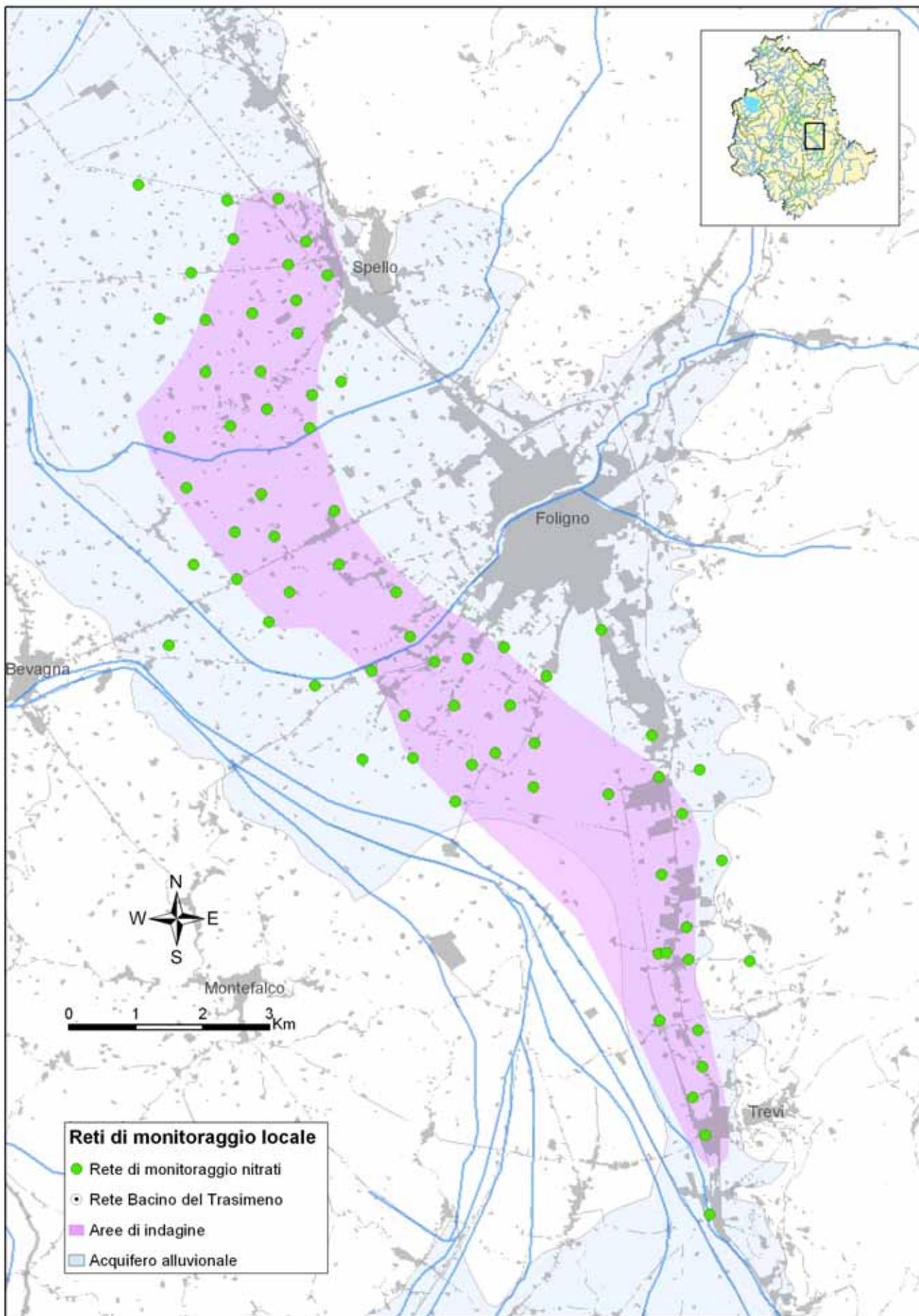
Tav.56 - ASettore della Valle Umbra prossimo all'abitato di Assisi: Distribuzione dei nitrati (settembre 2003)



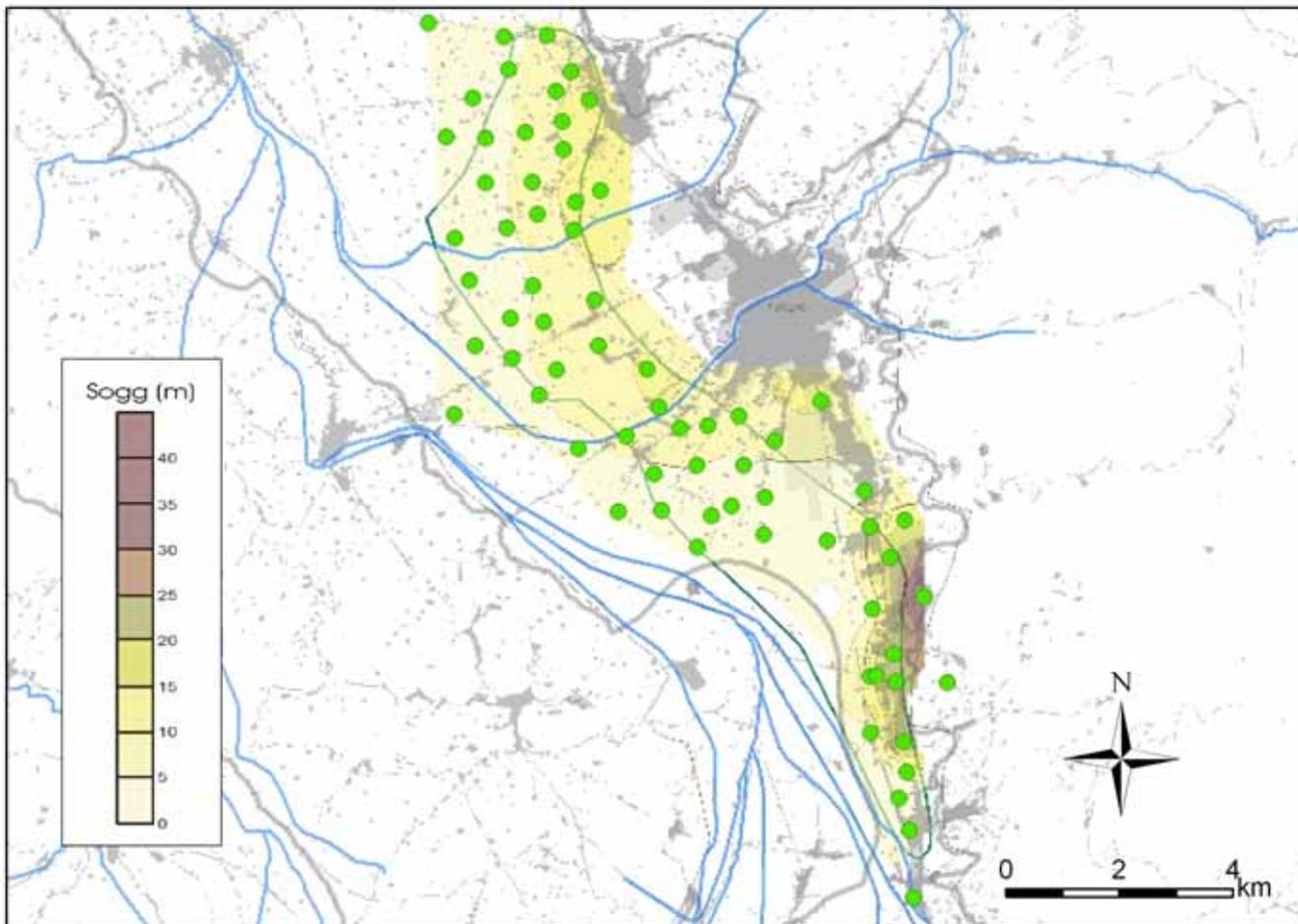
Tav.57 - Settore della Valle Umbra prossimo all'abitato di Assisi: Distribuzione dei nitrati (giugno 2004)



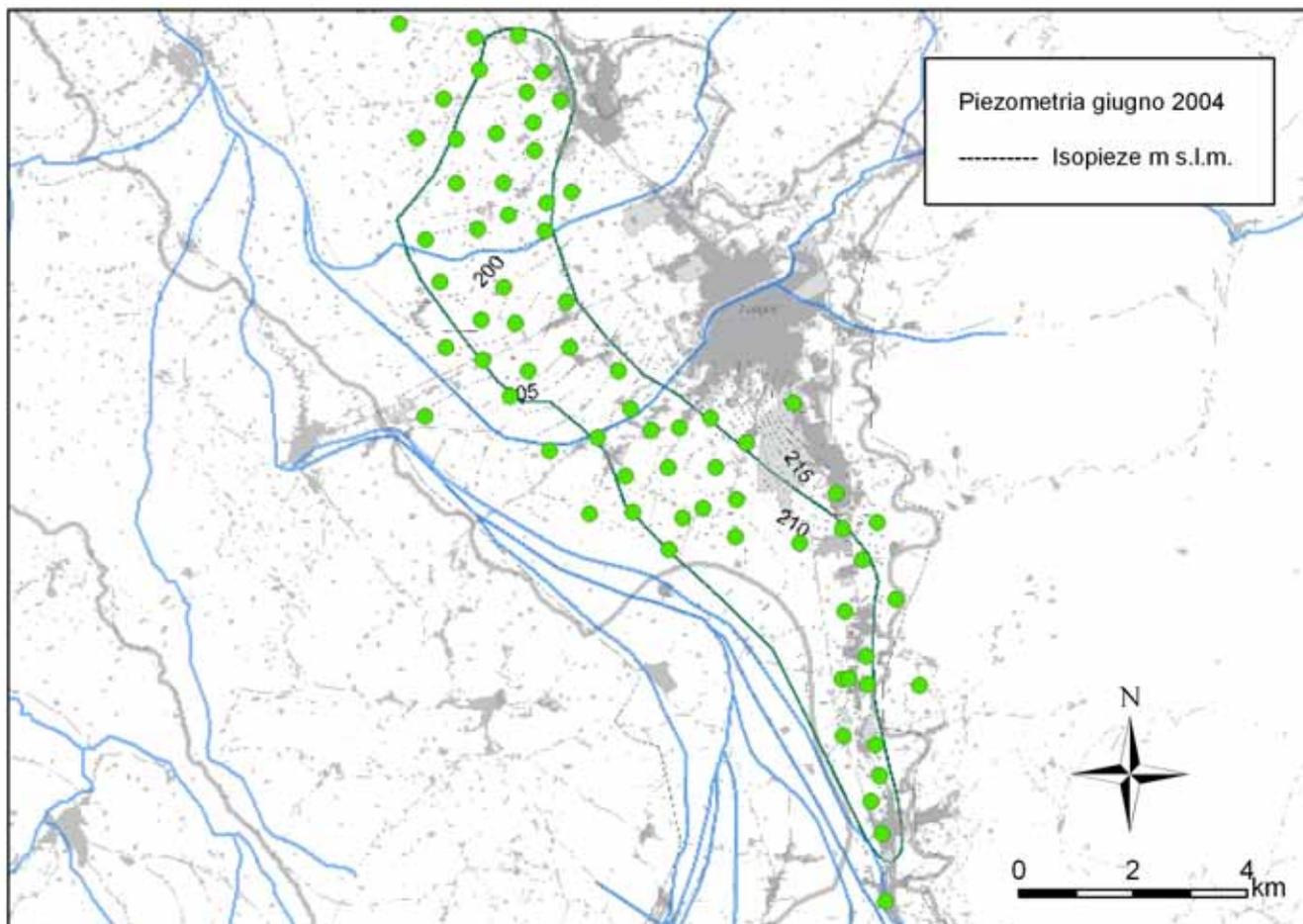
Tav.58 - A Settore della Valle Umbra prossimo all'abitato di Assisi: Distribuzione del carico di azoto di origine agricola



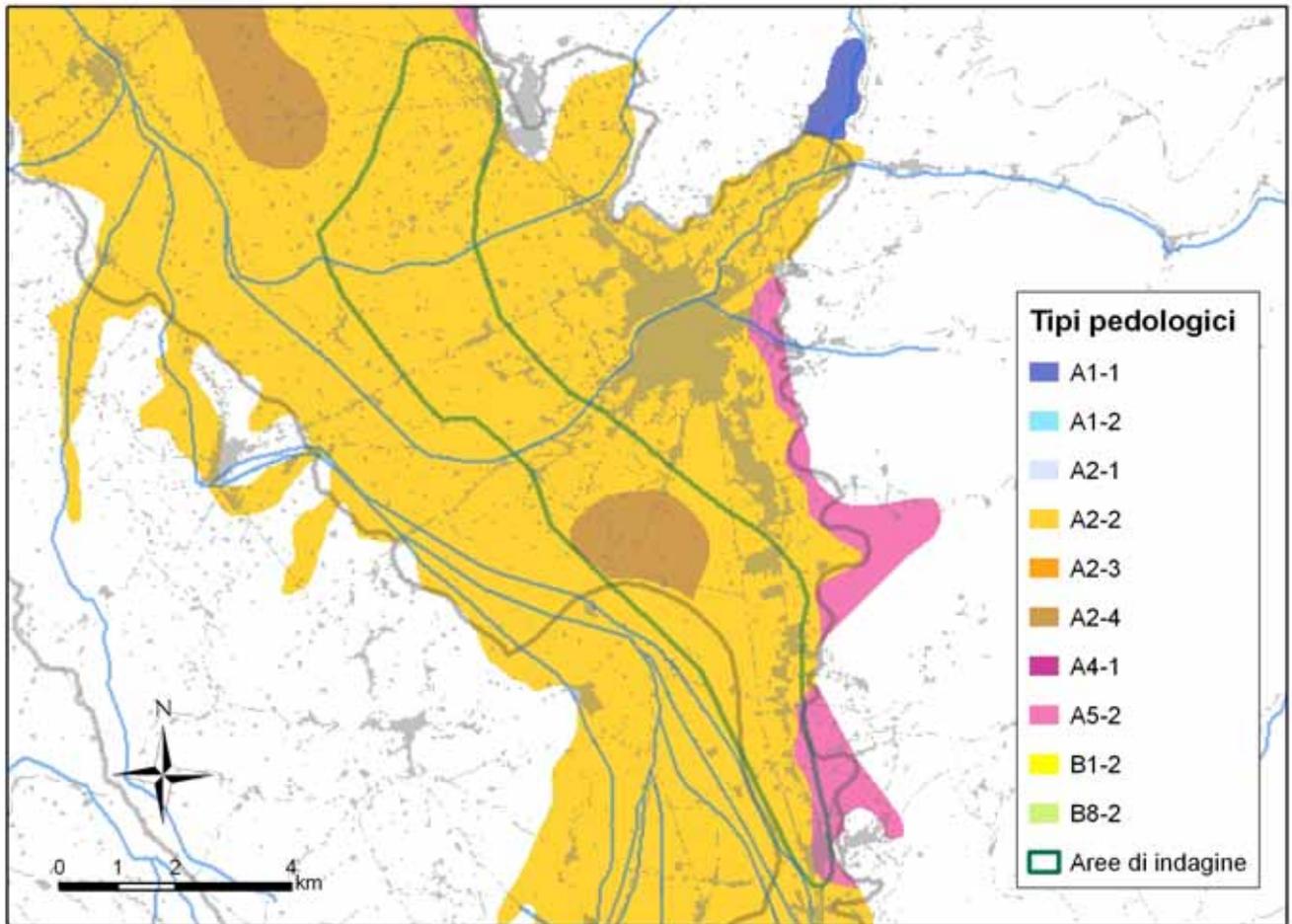
Tav.59 - Settore della Valle Umbra tra Spello e Trevi: Inquadramento area critica per il tenore in nitrati nelle acque sotterranee



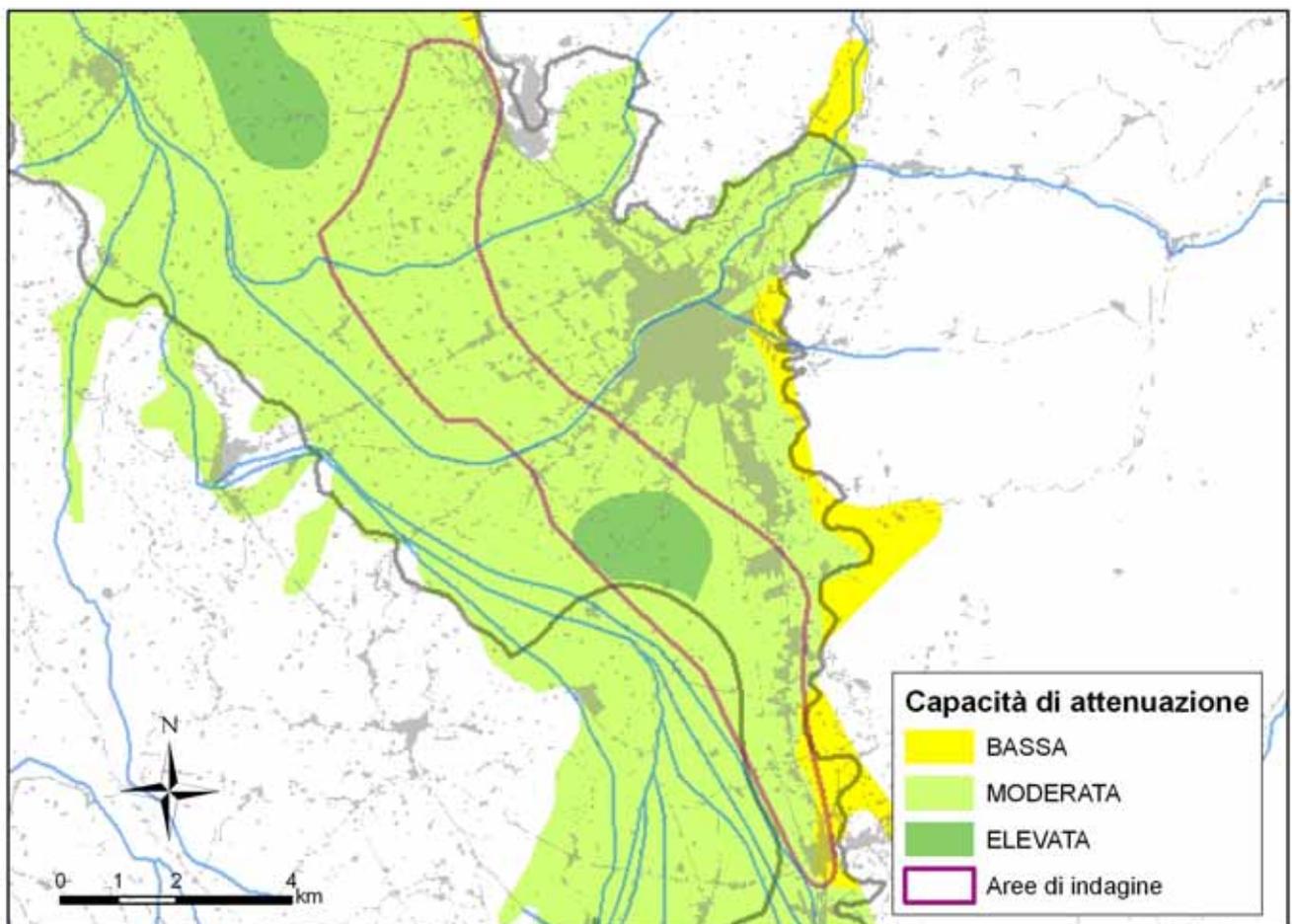
Tav.60 - Settore della Valle Umbra tra Spello e Trevi: Soggiacenza dell'acquifero giugno 2004



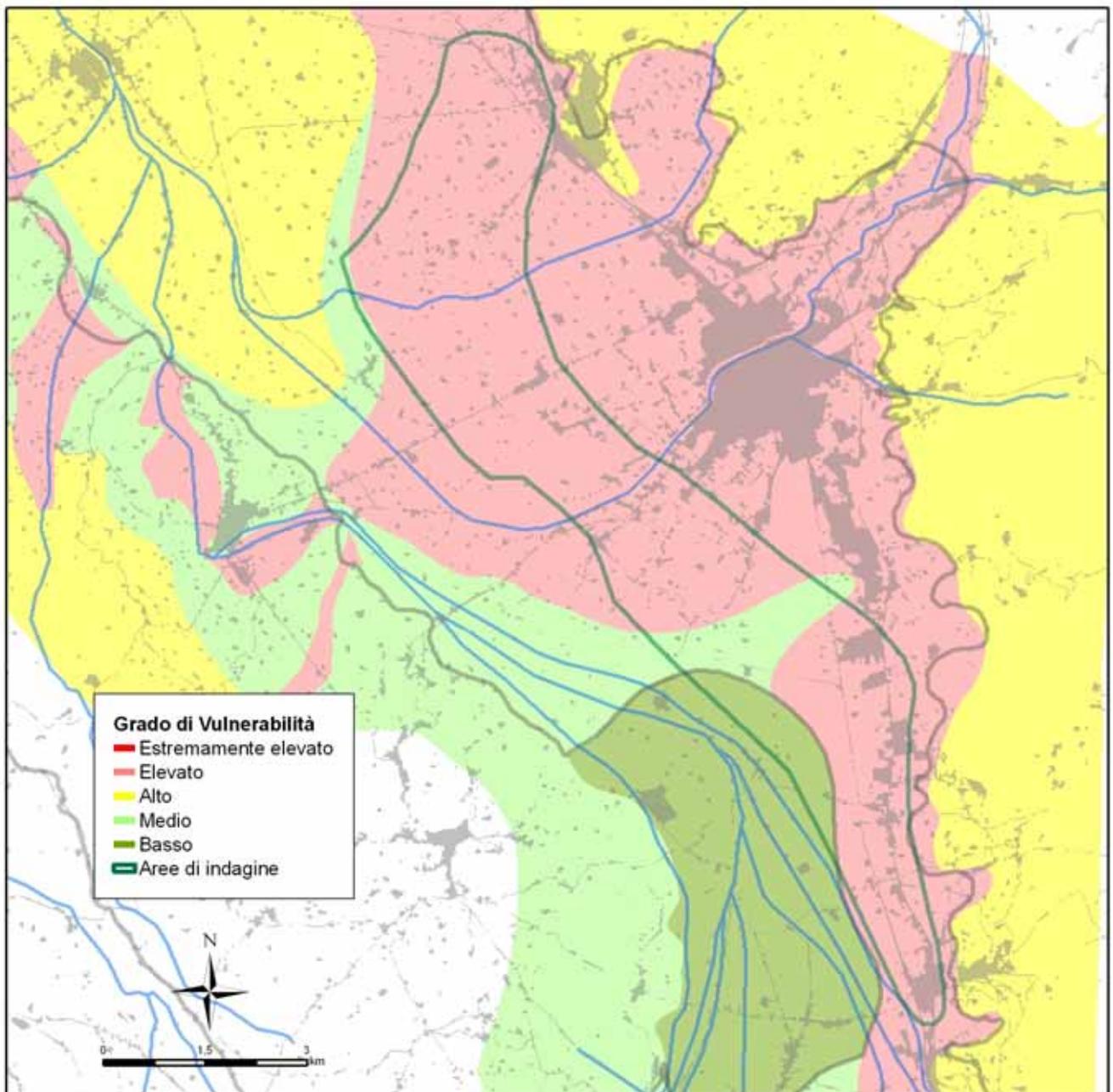
Tav.61 - Settore della Valle Umbra tra Spello e Trevi: Piezometria giugno 2004



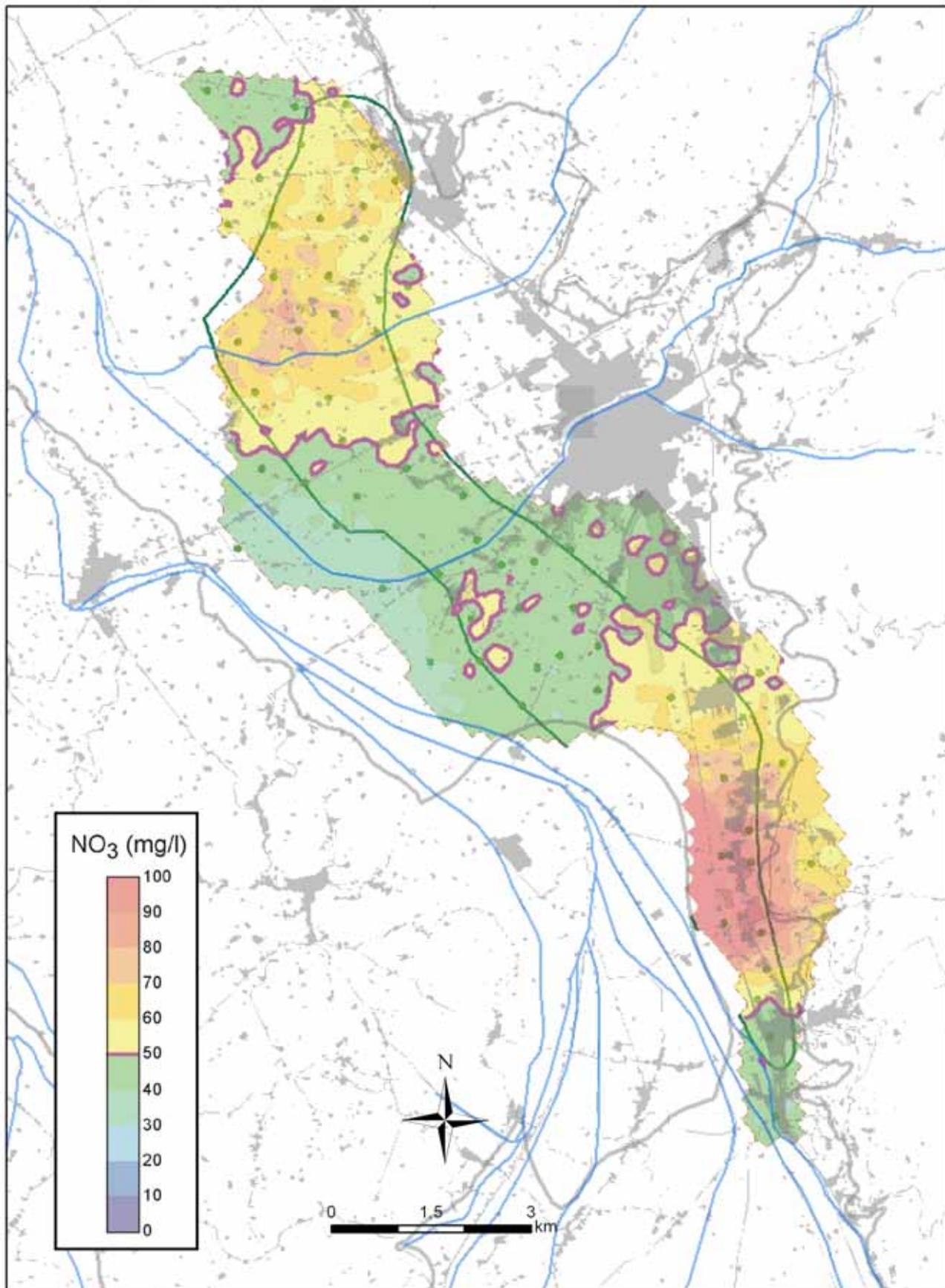
Tav.62 - Settore della Valle Umbra tra Spello e Trevi: Carta dei suoli



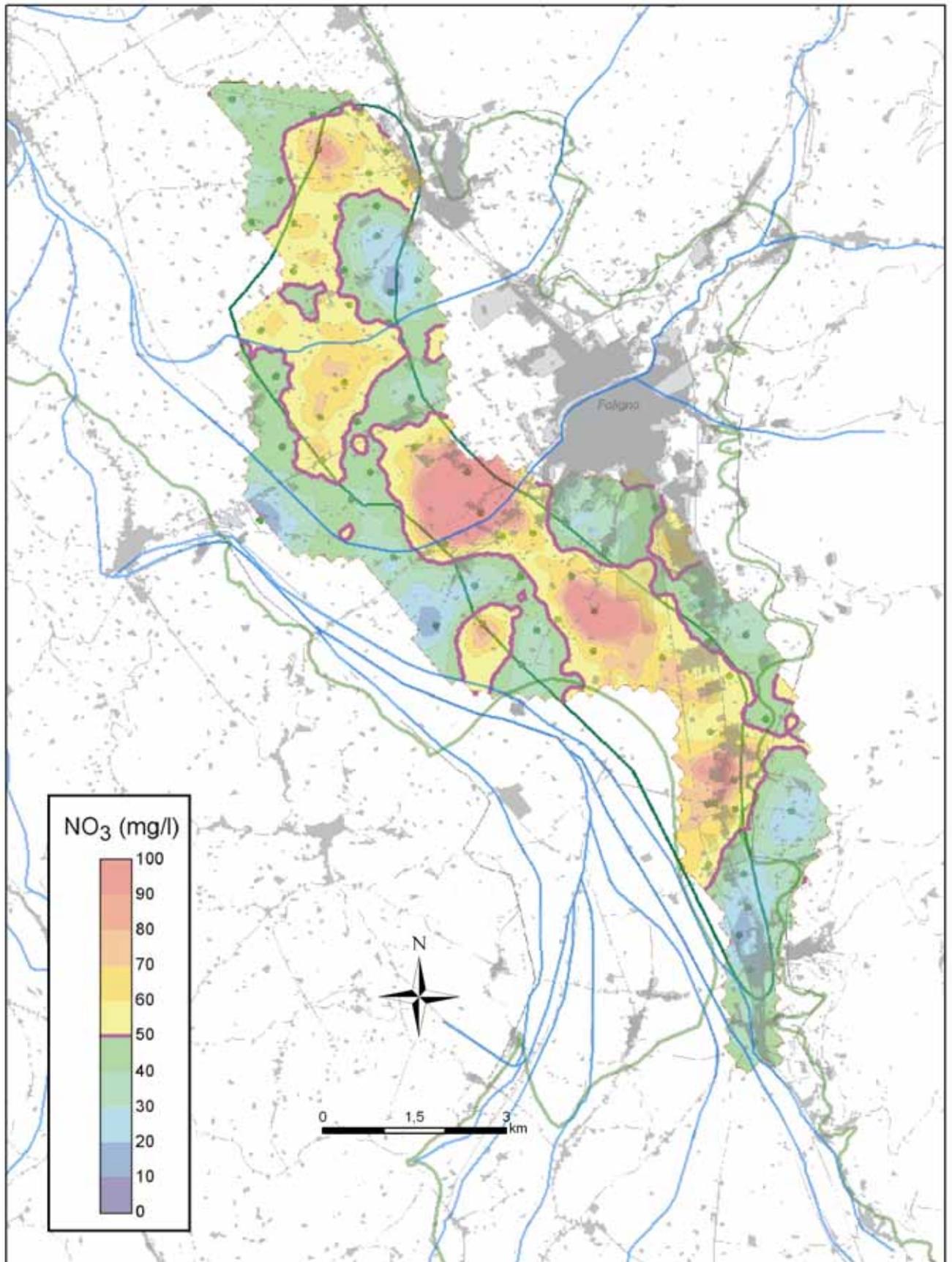
Tav.63 - Settore della Valle Umbra tra Spello e Trevi: Capacità di attenuazione dei Suoli



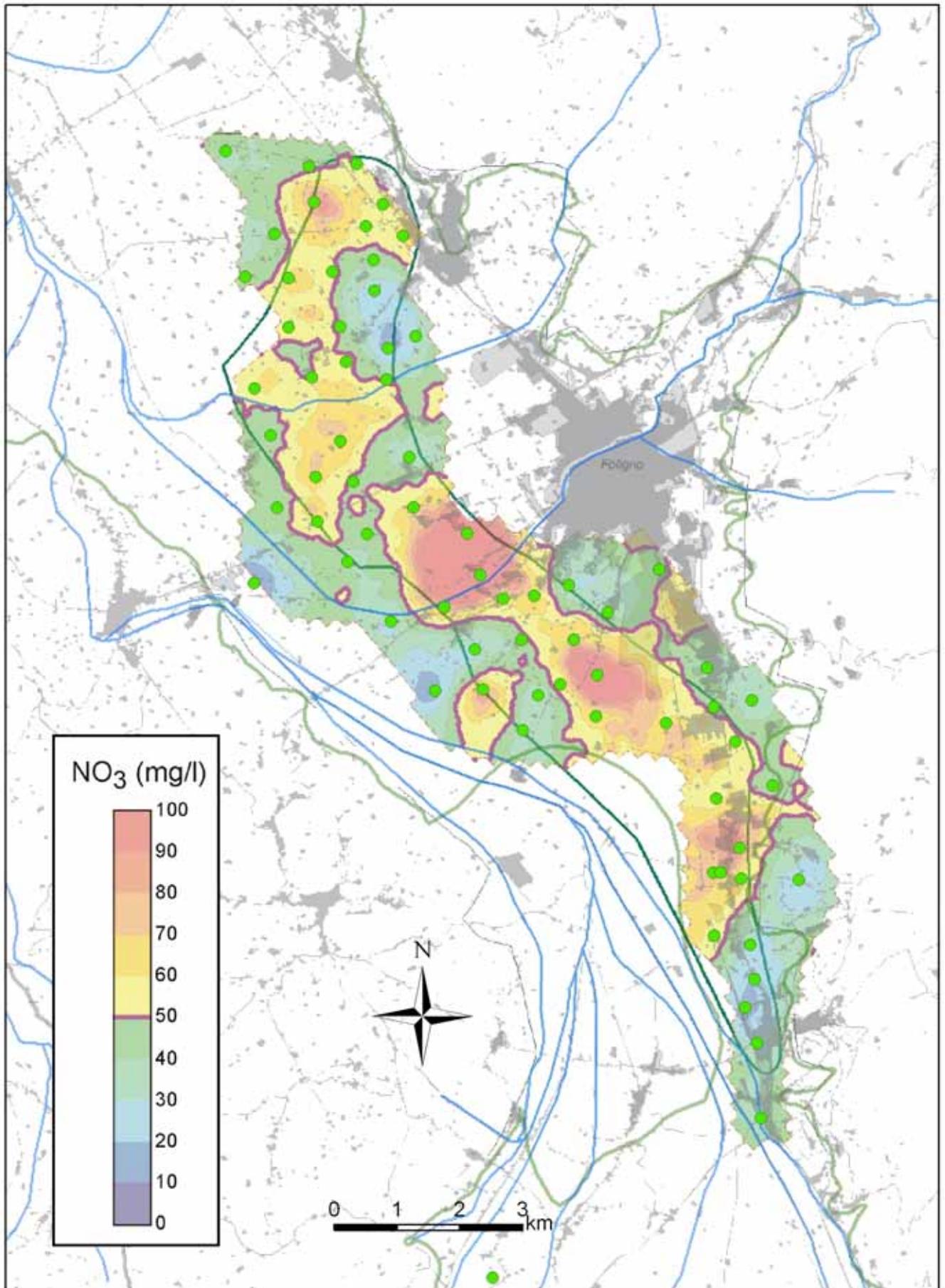
Tav.64 - Settore della Valle Umbra tra Spello e Trevi: Carta di Vulnerabilità degli Acquiferi agli Inquinamenti



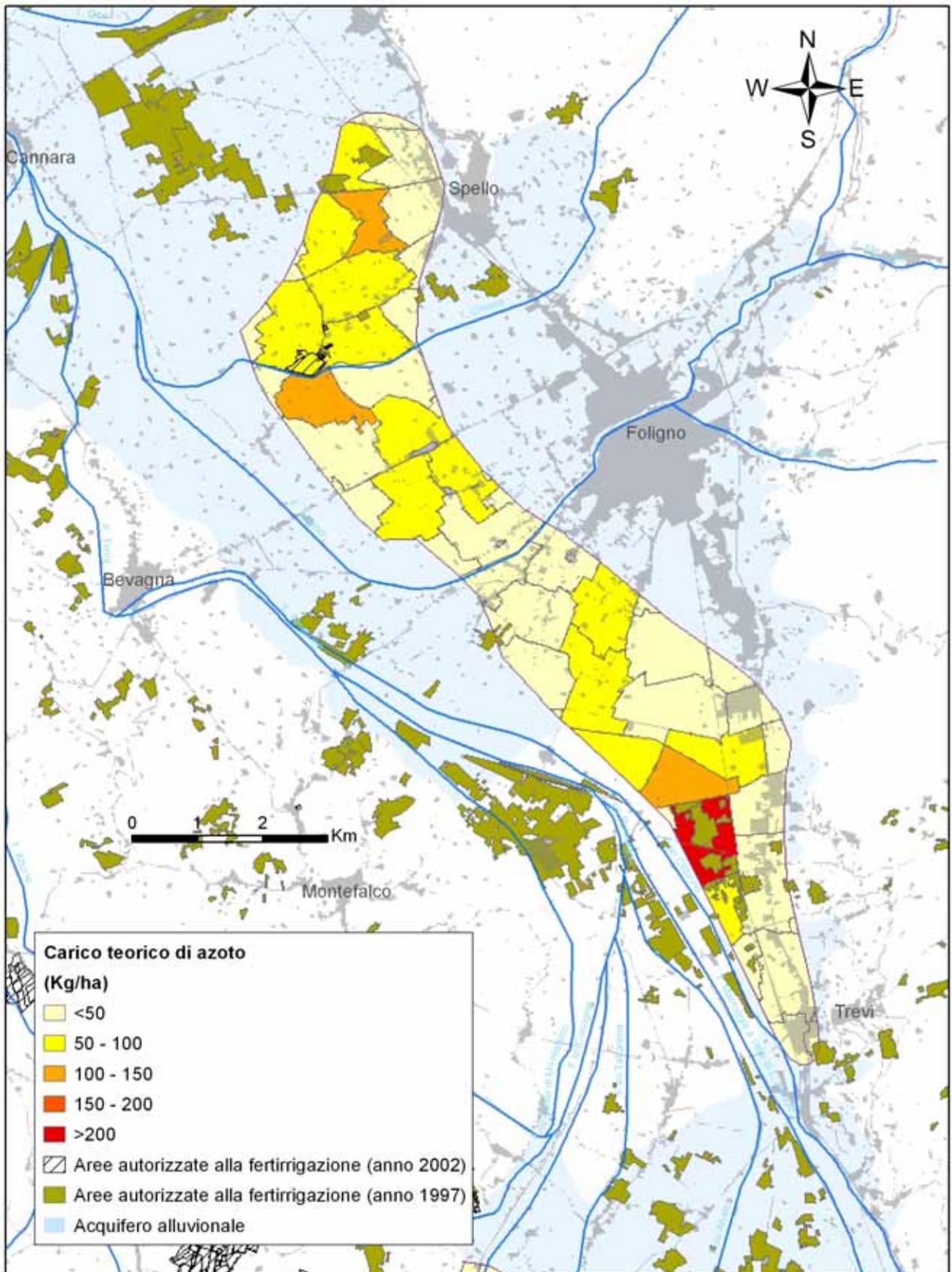
Tav.65 - Settore della Valle Umbra tra Spello e Trevi: Distribuzione dei nitrati (luglio 2003)



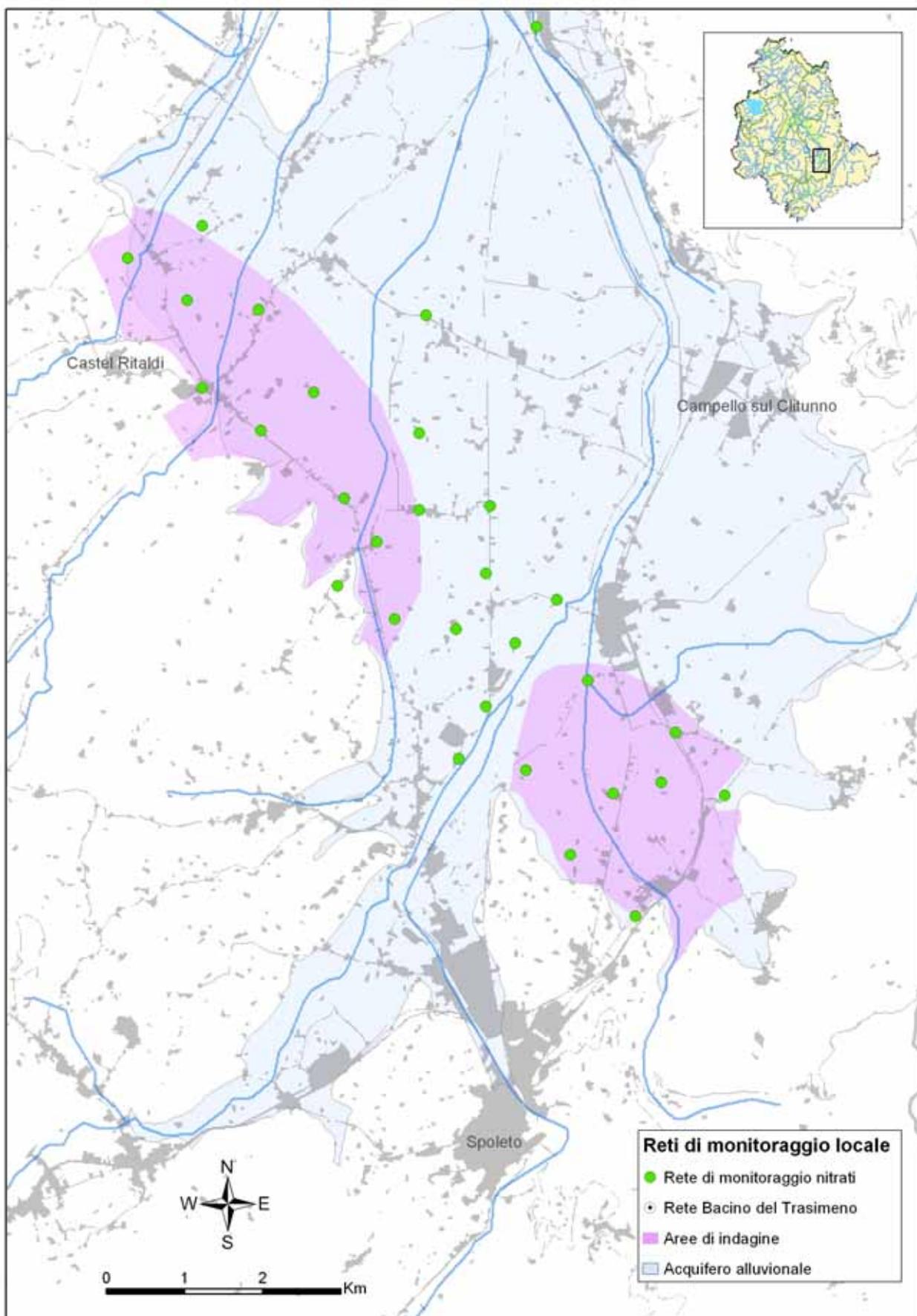
Tav.66 - Settore della Valle Umbra tra Spello e Trevi: Distribuzione dei nitrati (settembre 2003)



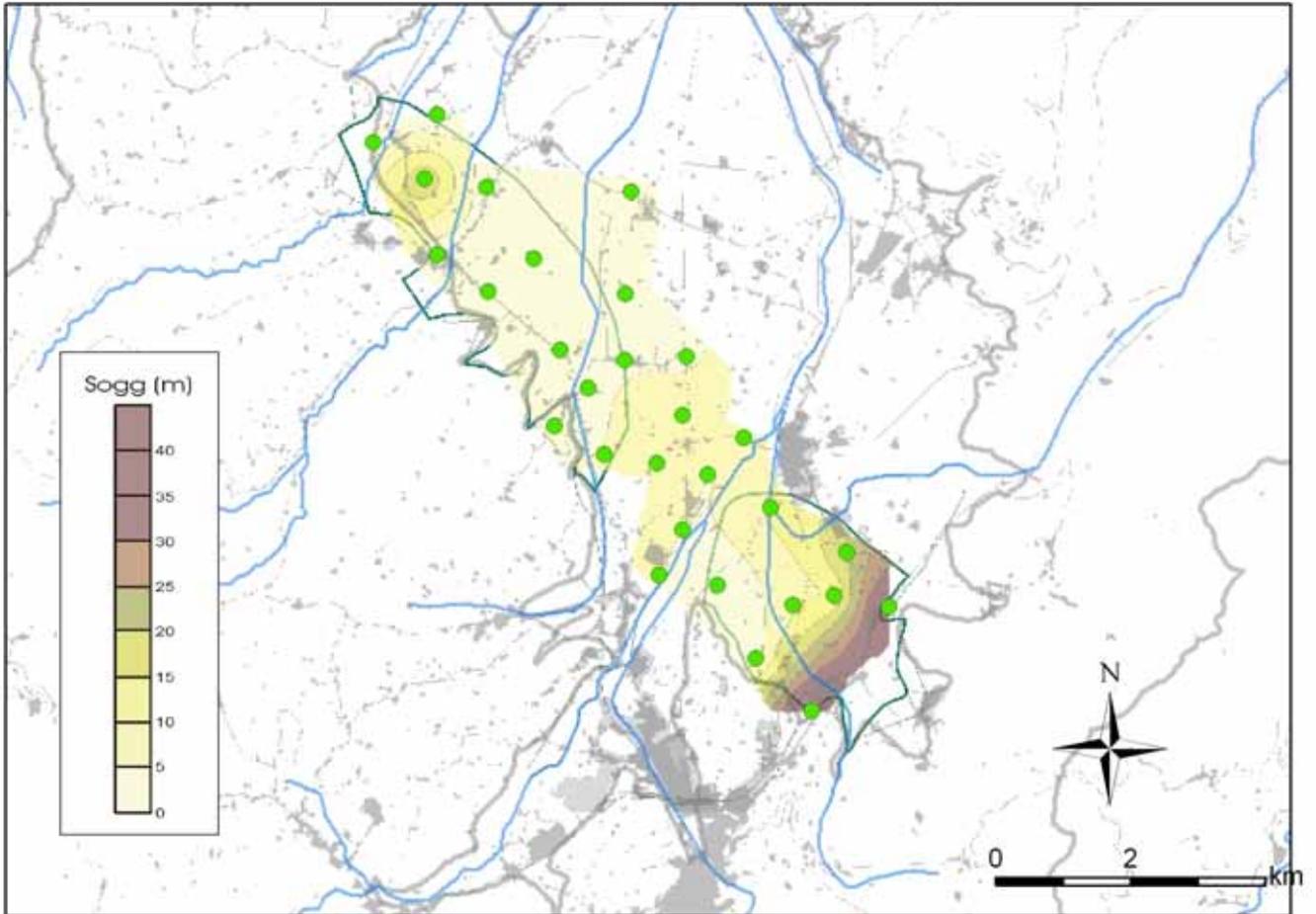
Tav.67 - Settore della Valle Umbra tra Spello e Trevi: Distribuzione dei nitrati (giugno 2004)



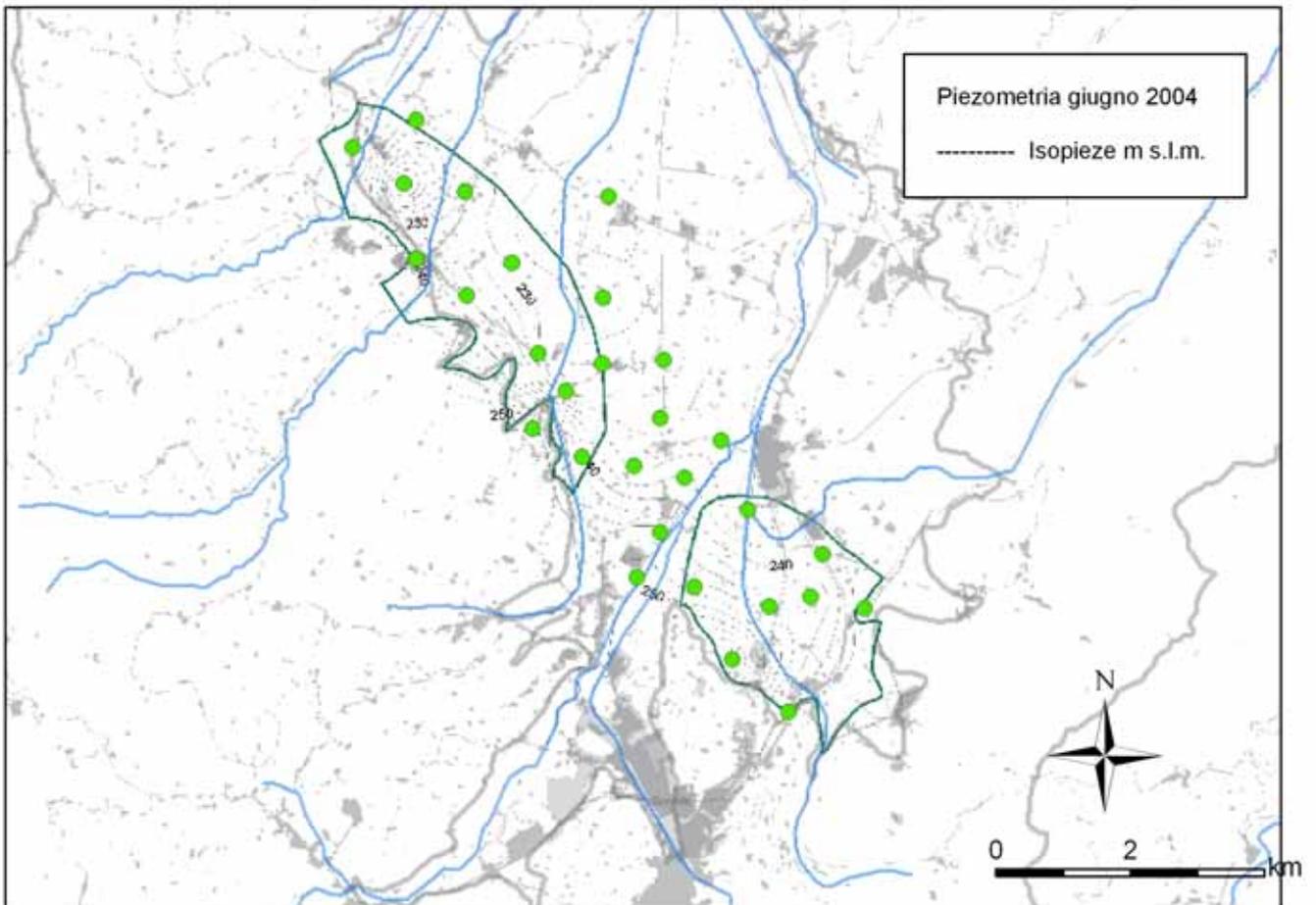
Tav.68 - A Settore della Valle Umbra tra Spello e Trevi: Distribuzione del carico di azoto di origine agricola



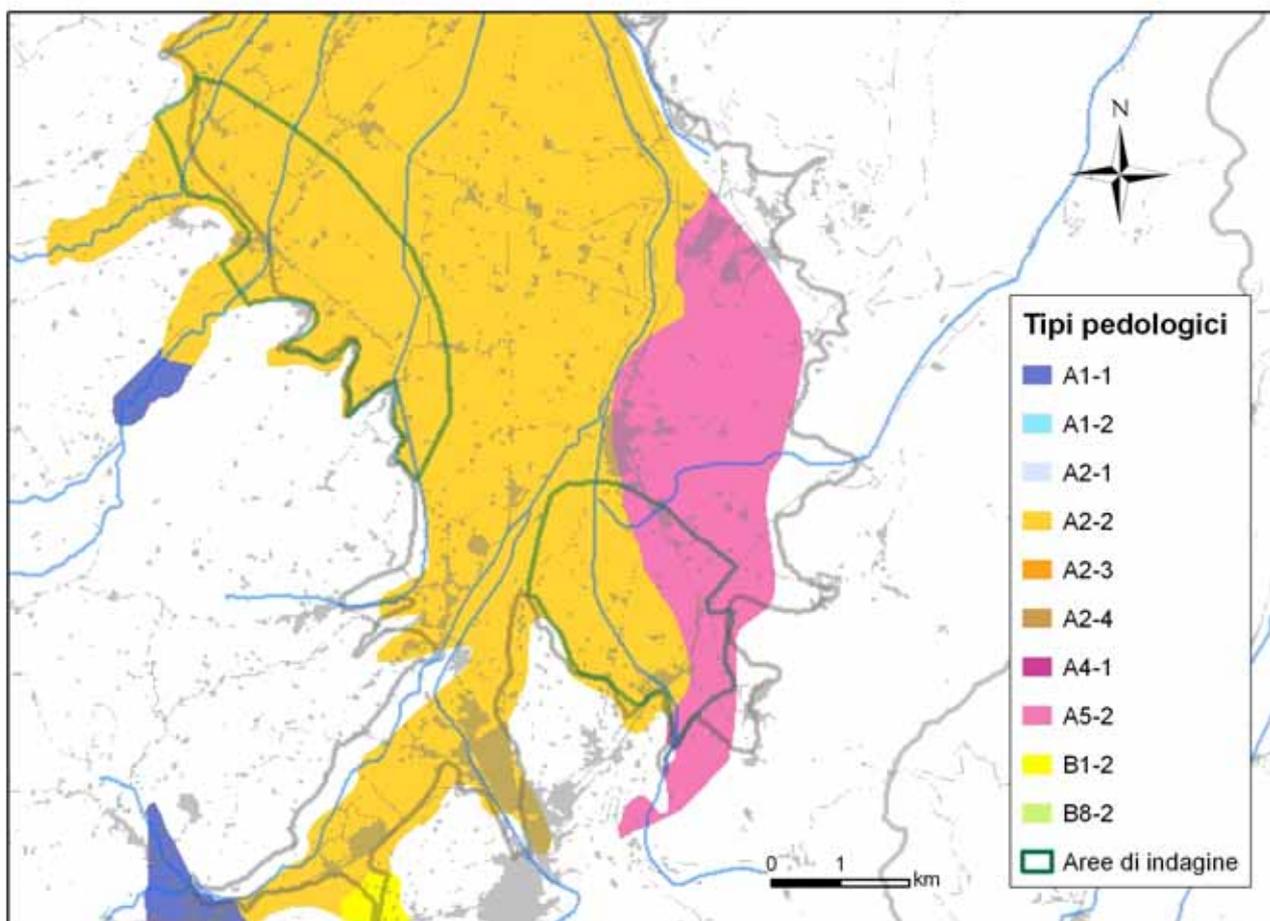
Tav.69 - Settore della Valle Umbra a nord di Spoleto: Inquadramento area critica per il tenore in nitrati nelle acque sotterranee



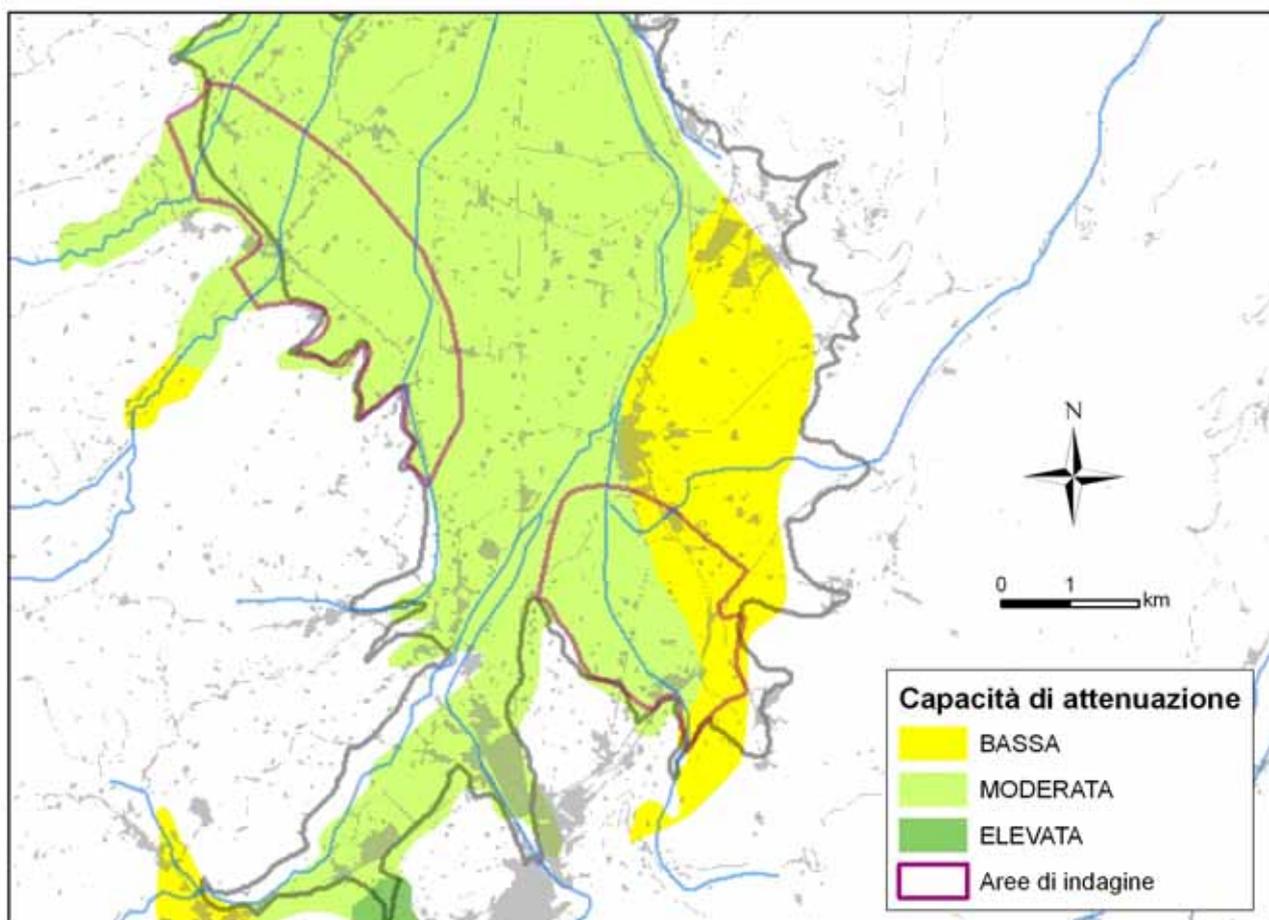
Tav.70 - Settore della Valle Umbra a nord di Spoleto: Soggiacenza dell'acquifero giugno 2004



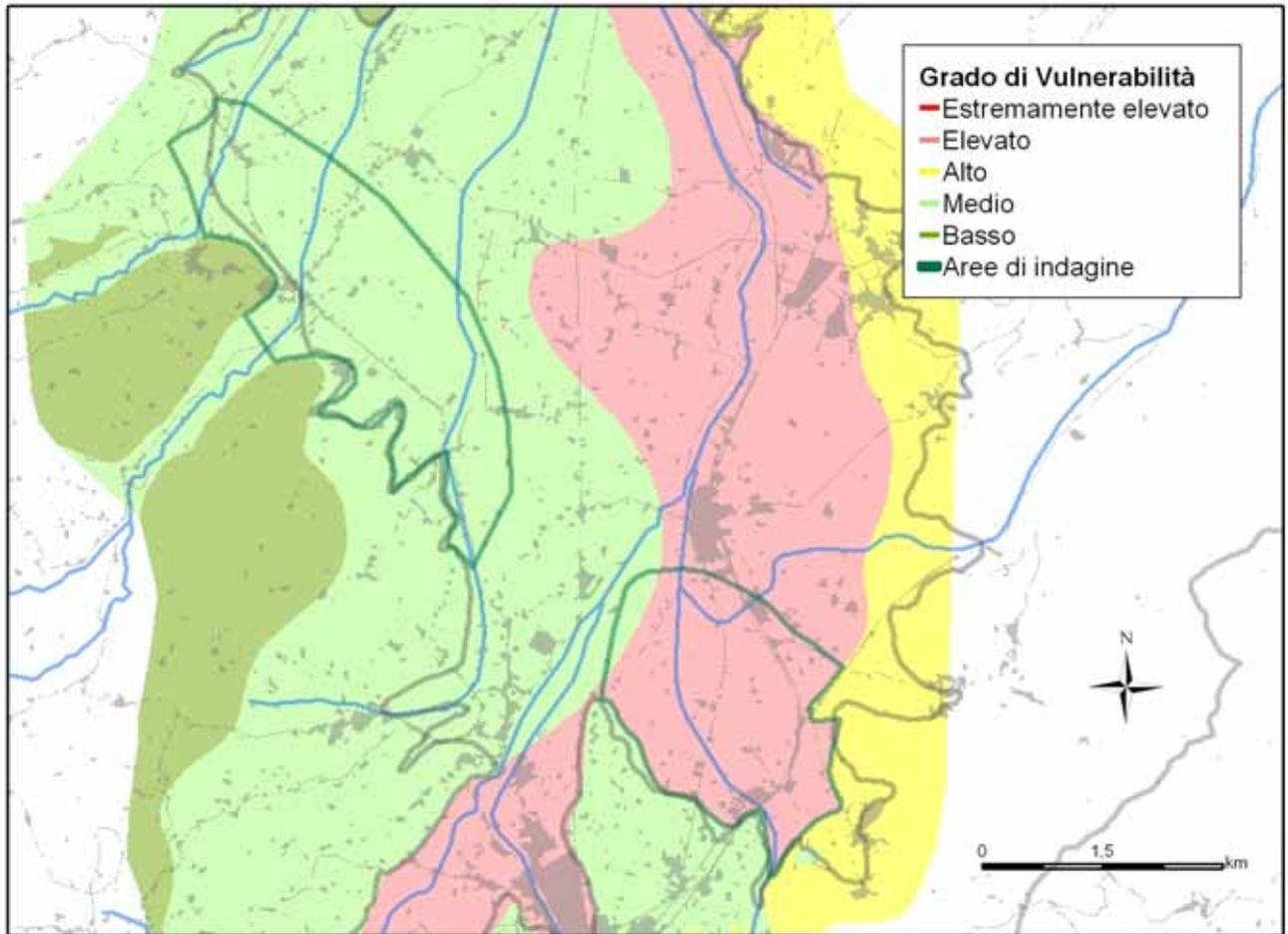
Tav.71 - Settore della Valle Umbra a nord di Spoleto: Piezometria giugno 2004



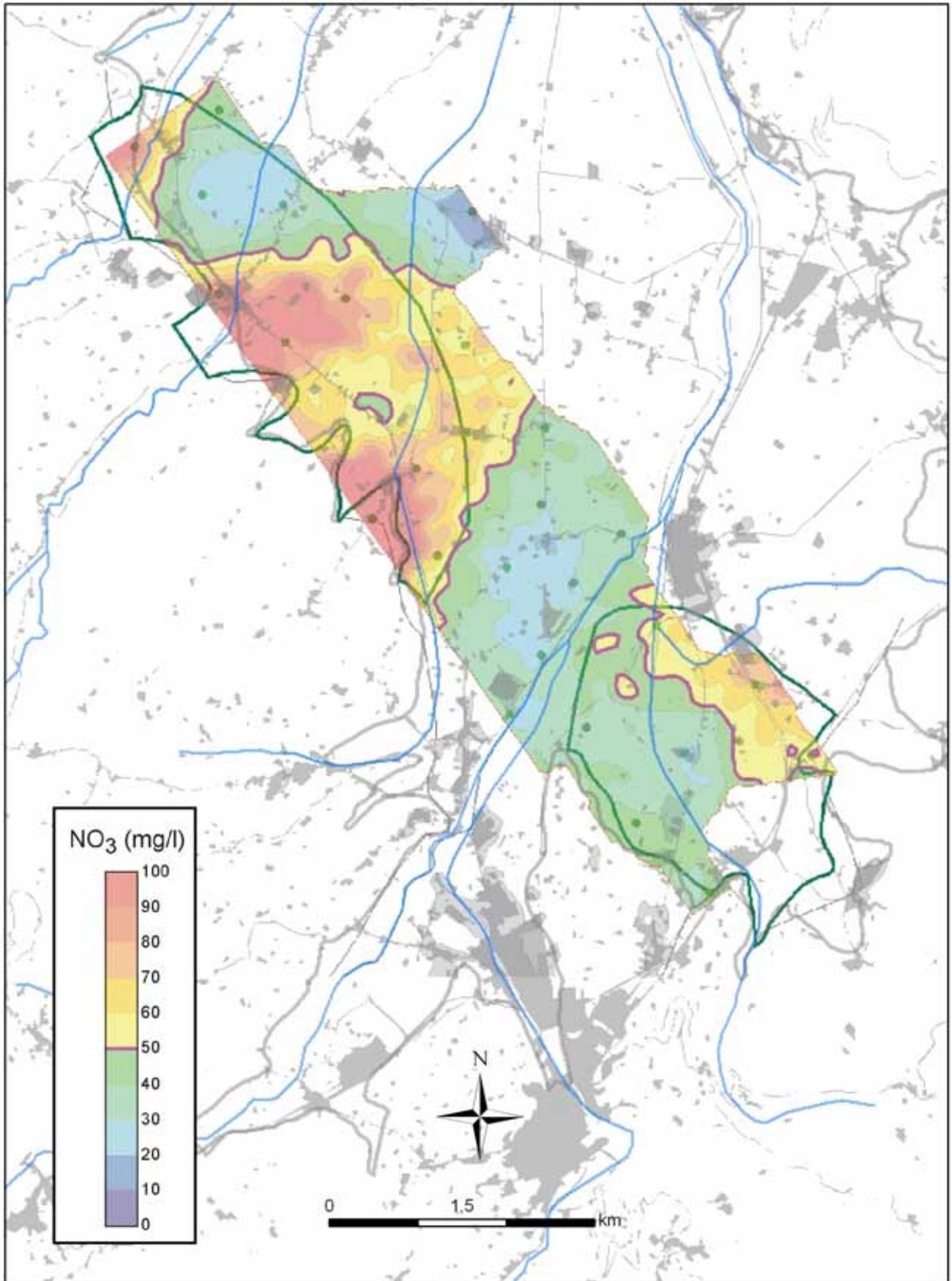
Tav.72 - Settore della Valle Umbra a nord di Spoleto: Carta dei suoli



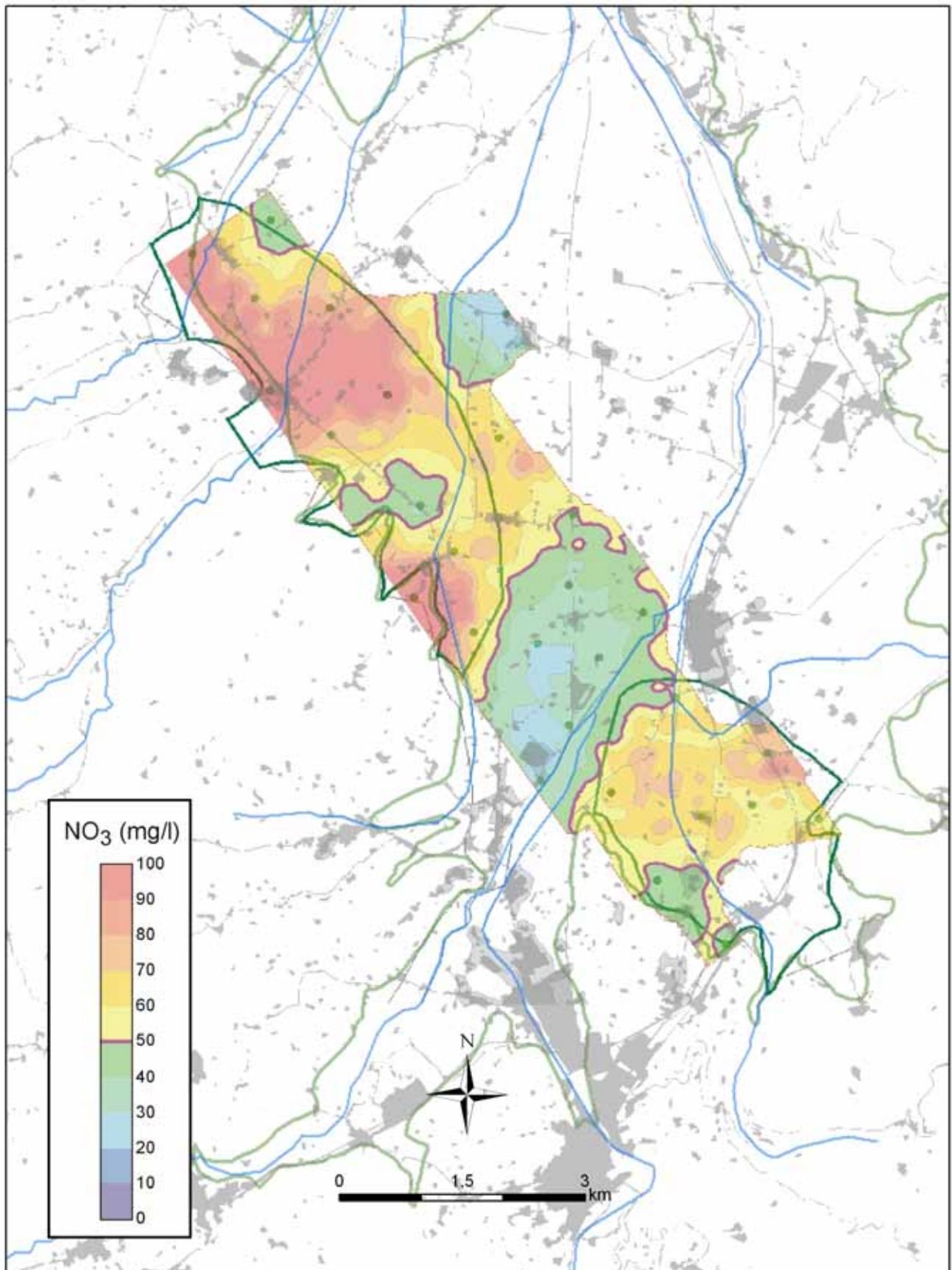
Tav.73 - Settore della Valle Umbra a nord di Spoleto: Capacità di attenuazione dei Suoli



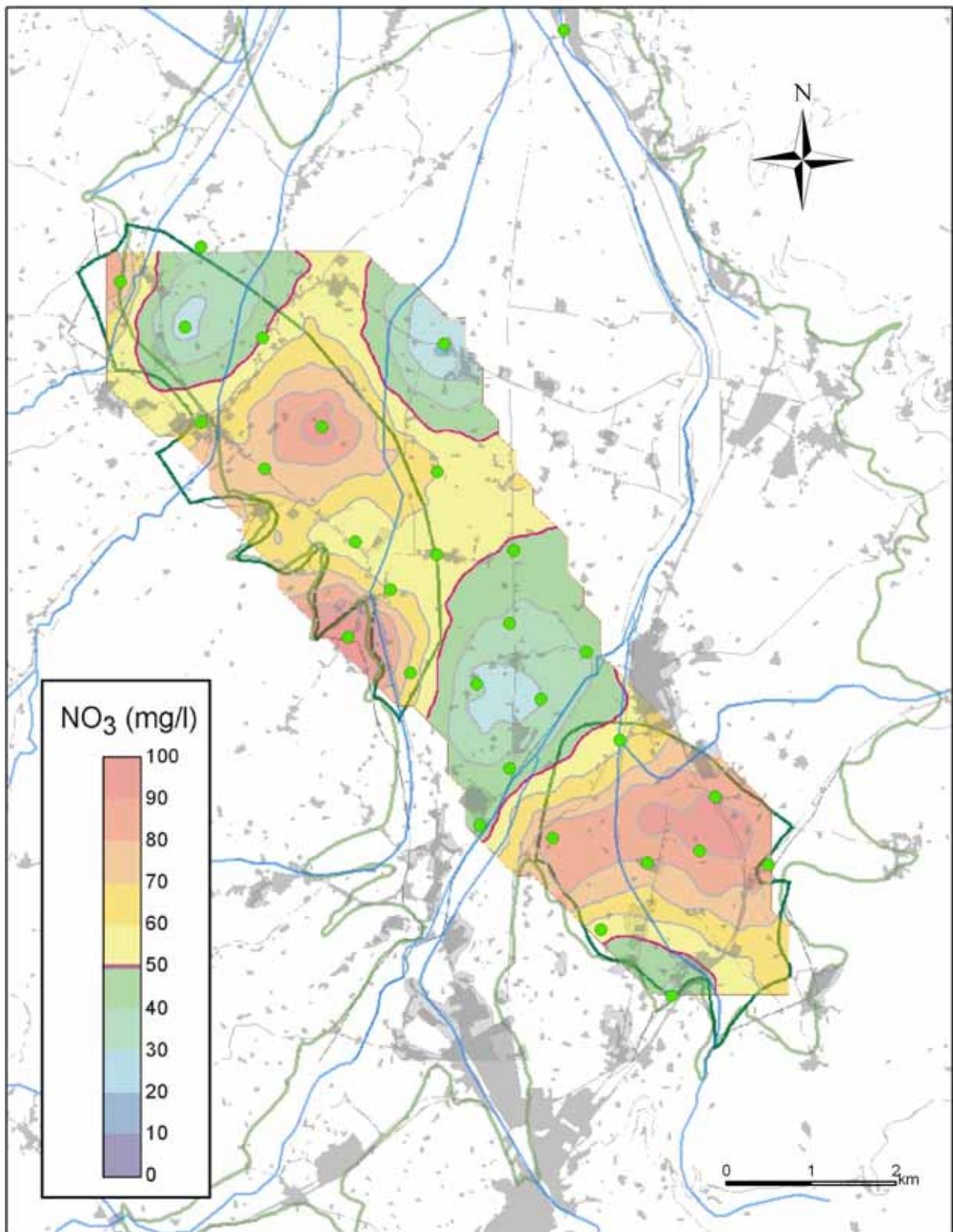
Tav.74 - Settore della Valle Umbra a nord di Spoleto: Carta di Vulnerabilità degli Acquiferi agli Inquinamenti



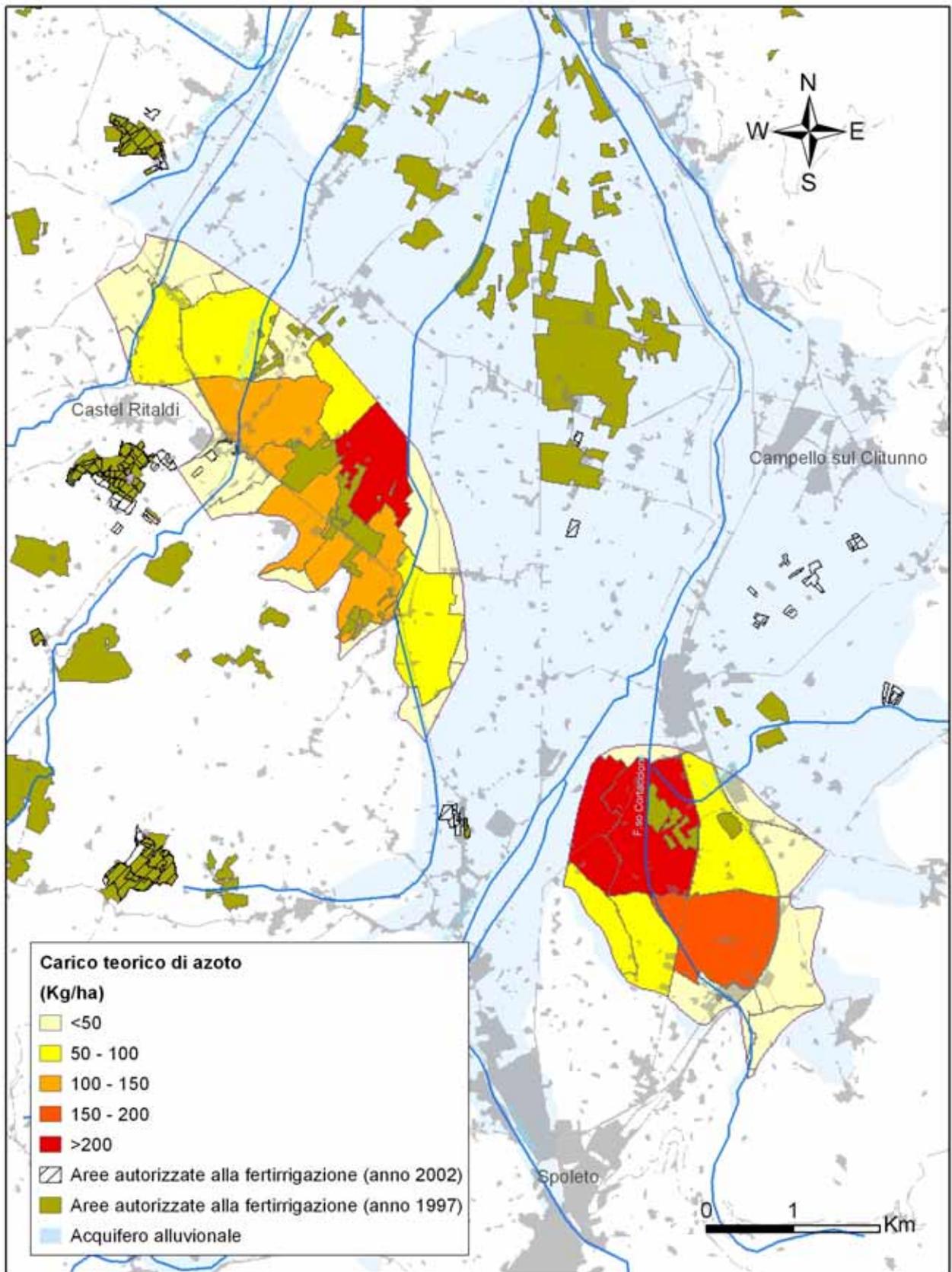
Tav.75 - Settore della Valle Umbra a nord di Spoleto: Distribuzione dei nitrati (luglio 2003)



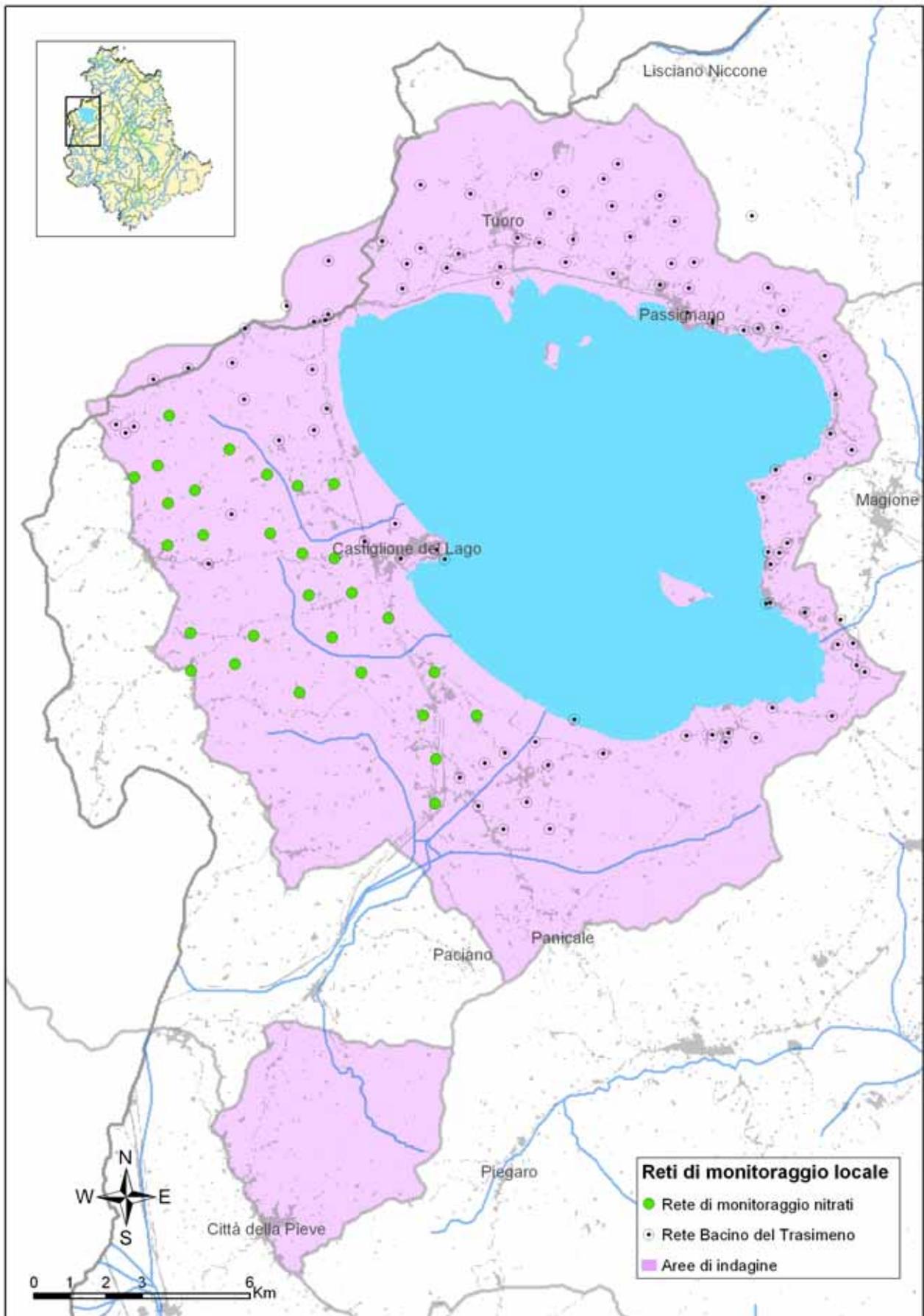
Tav.76 - Settore della Valle Umbra a nord di Spoleto: Distribuzione dei nitrati (settembre 2003)



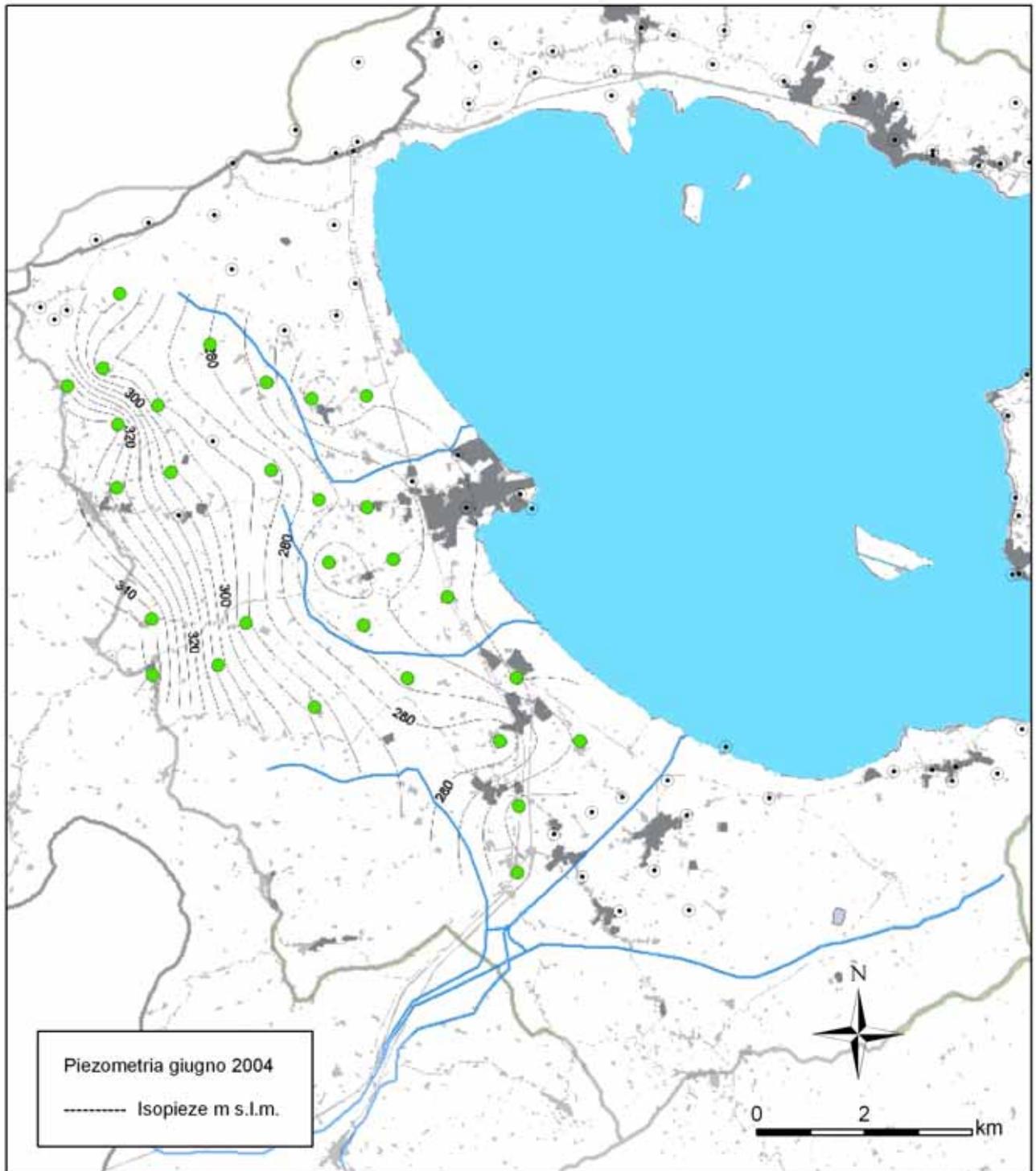
Tav.77 - Settore della Valle Umbra a nord di Spoleto: Distribuzione dei nitrati (giugno 2004)



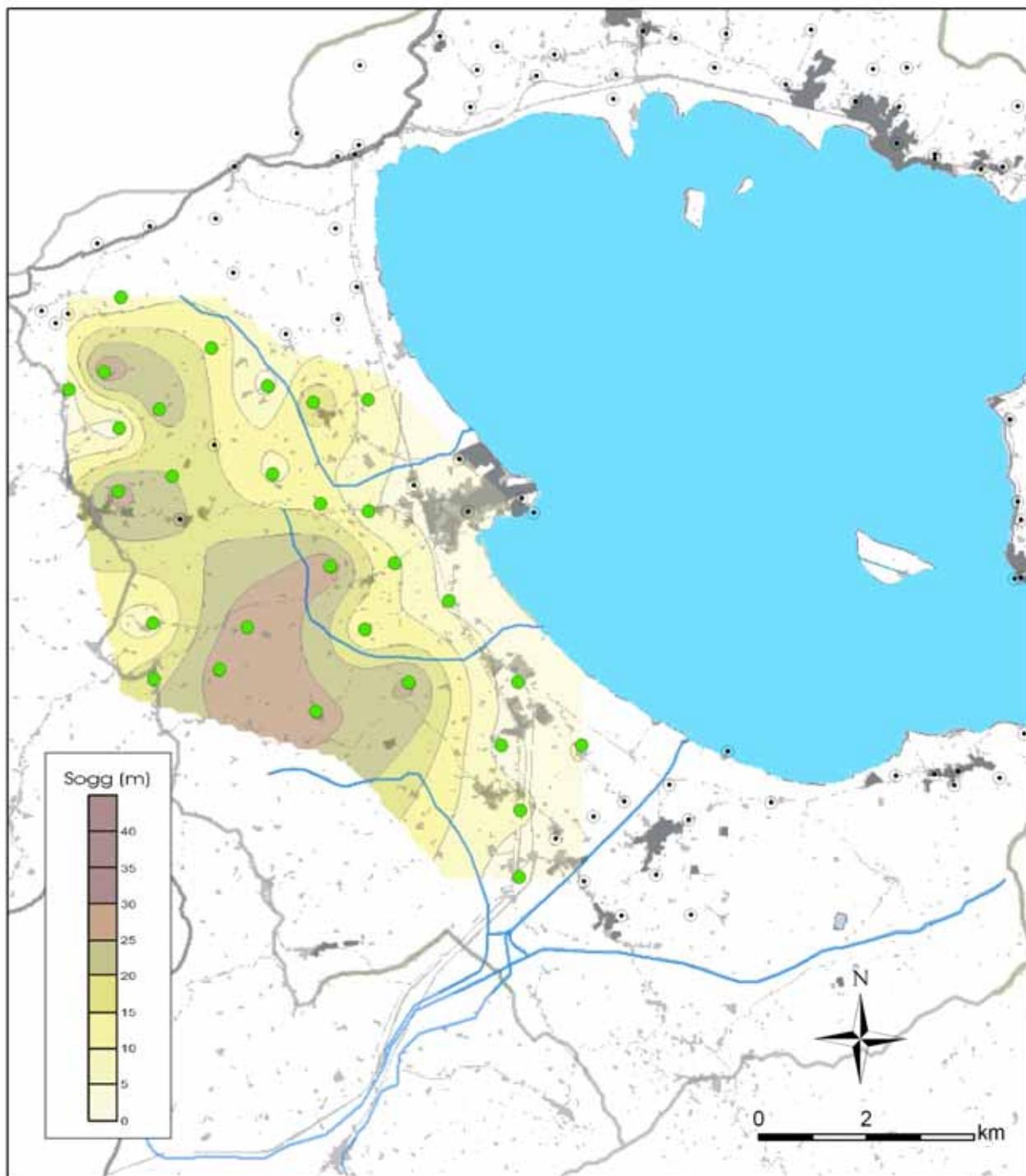
Tav.78 - ASettore della Valle Umbra a nord di Spoleto: Distribuzione del carico di azoto di origine agricola



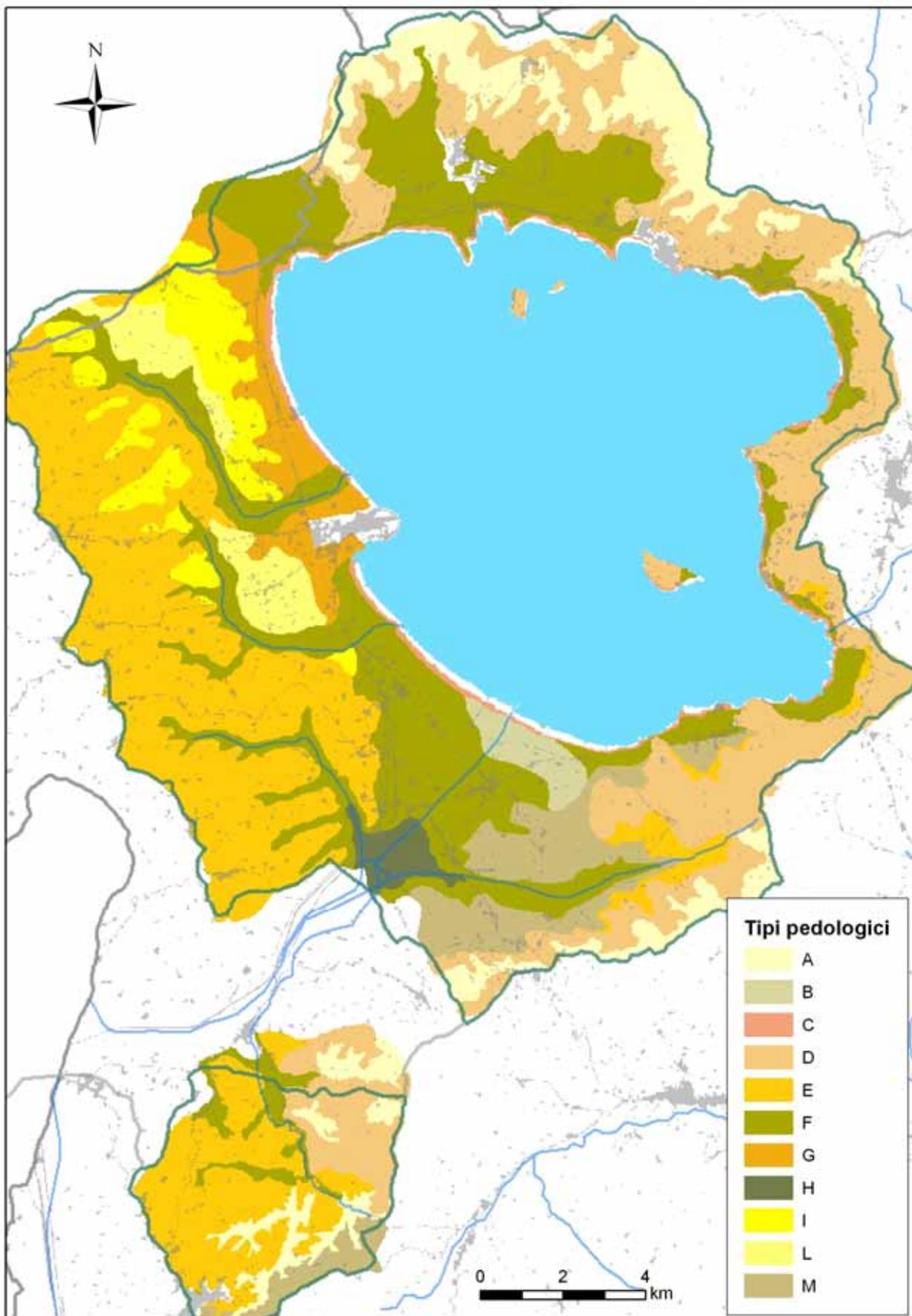
Tav.79 - Bacino del Trasimeno: Inquadramento area critica per il tenore in nitrati nelle acque sotterranee



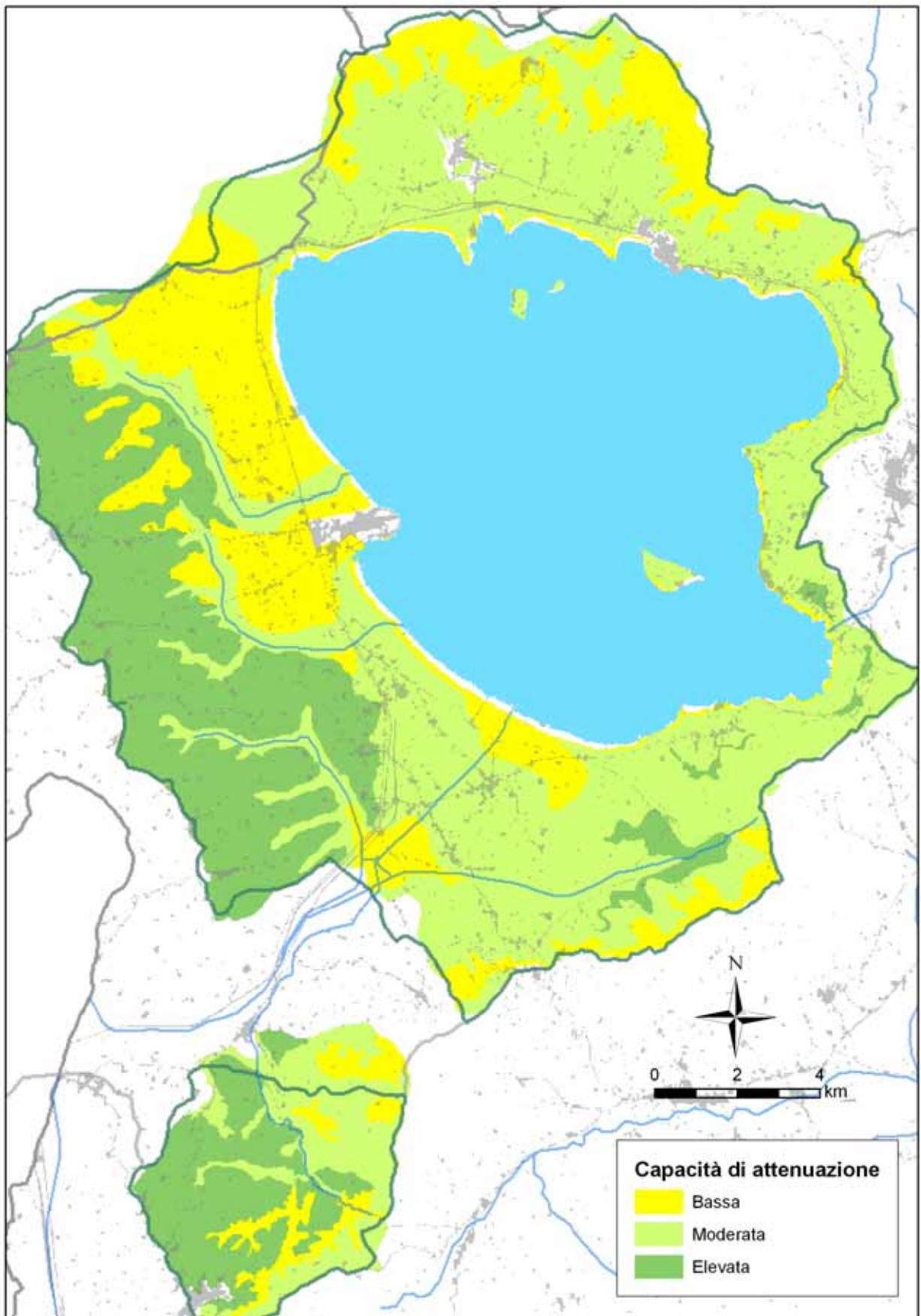
Tav.80 - Bacino del Trasimeno: Piezometria giugno 2004



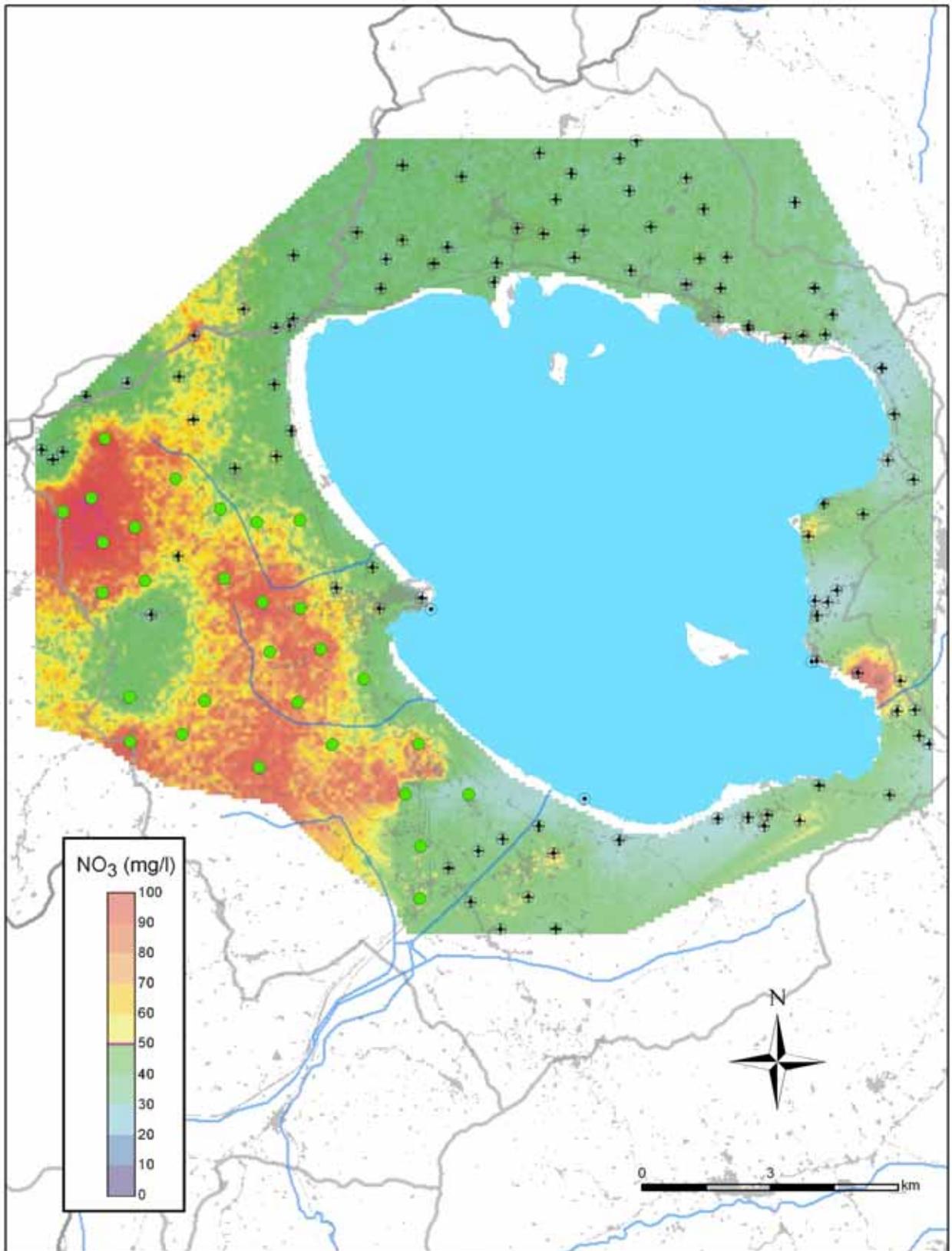
Tav.81 - Bacino del Trasimeno: Soggiacenza dell'acquifero giugno 2004



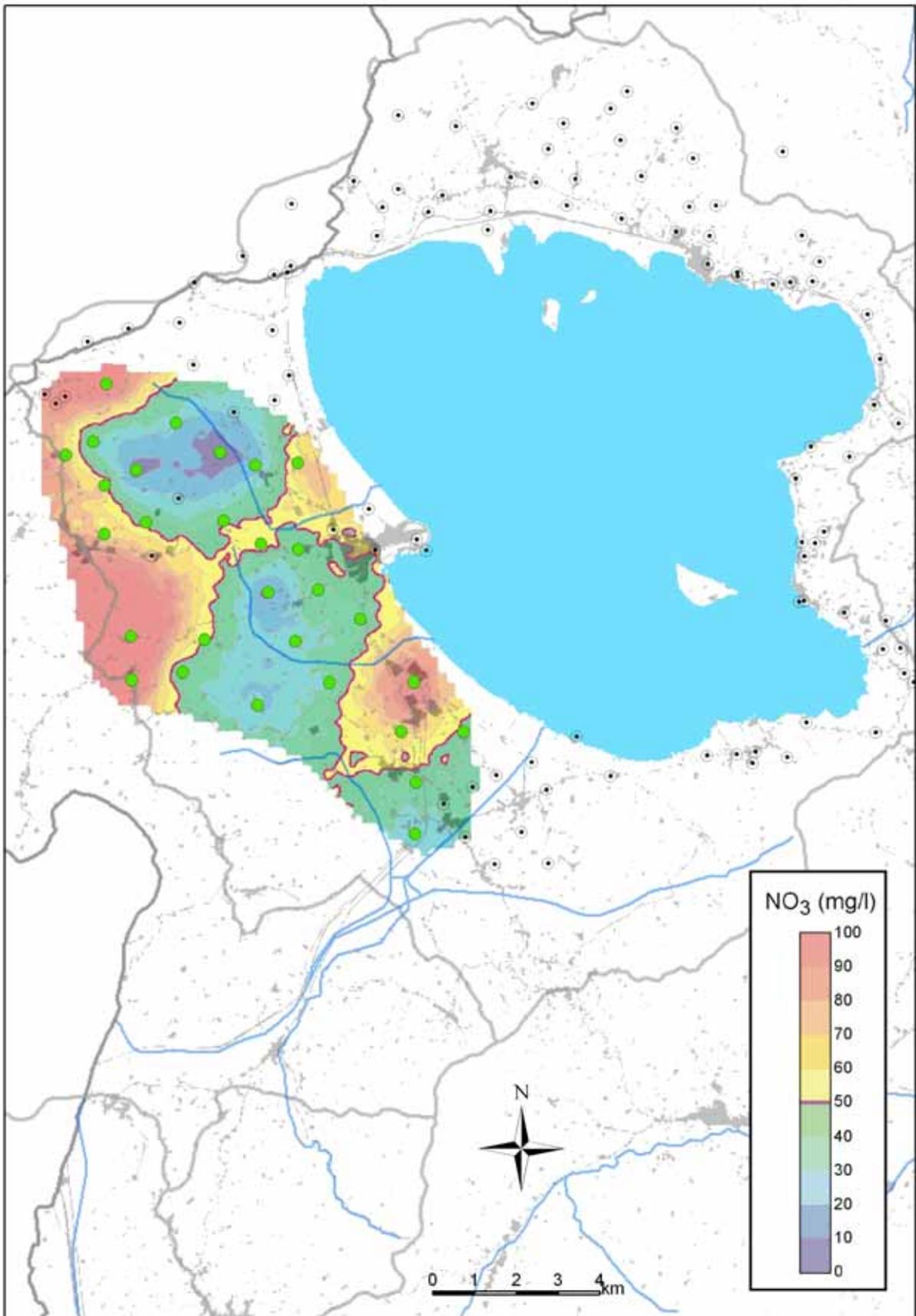
Tav.82 - Bacino del Trasimeno: Carta dei suoli



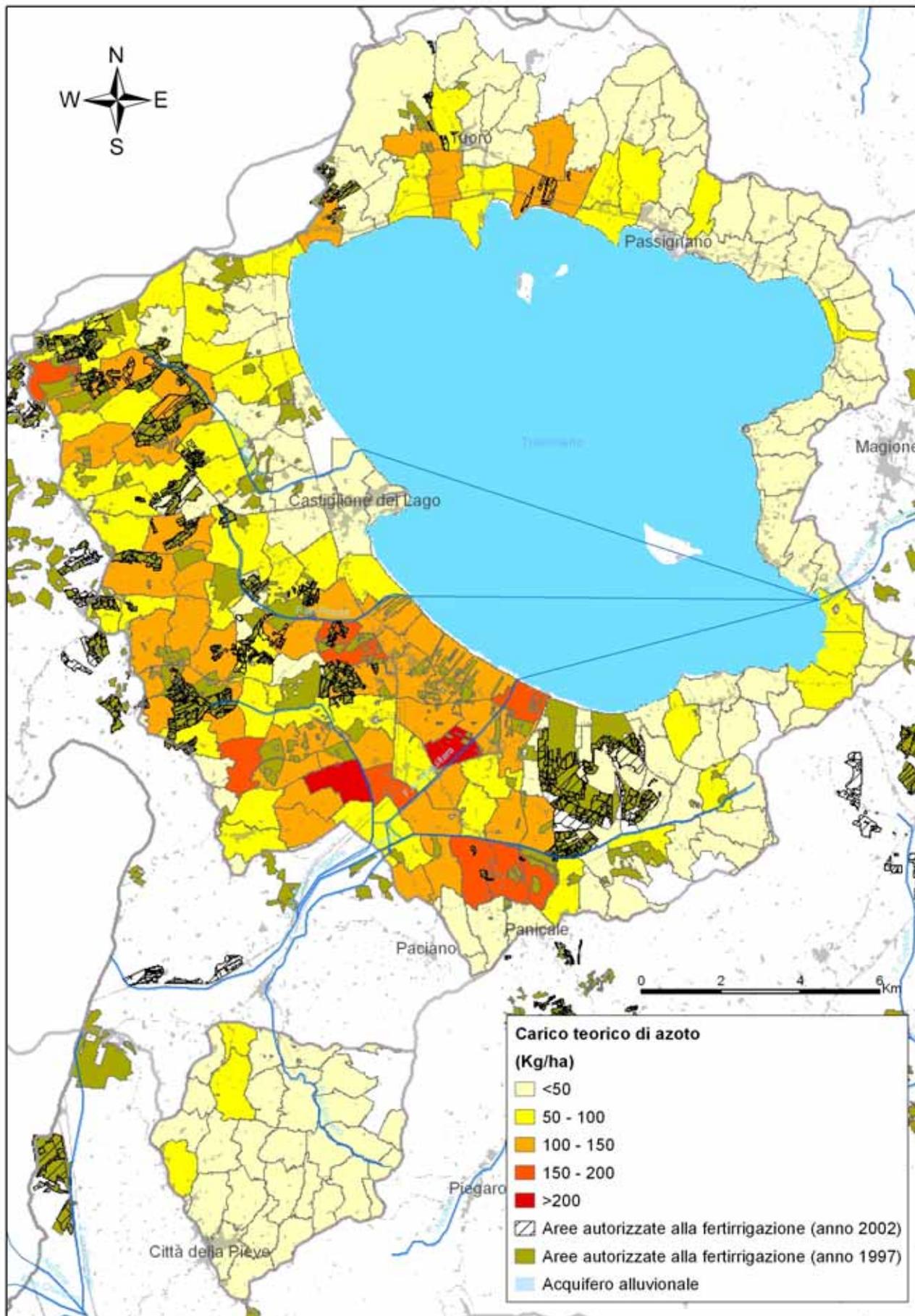
Tav.83 - Bacino del Trasimeno: Capacità di attenuazione dei Suoli



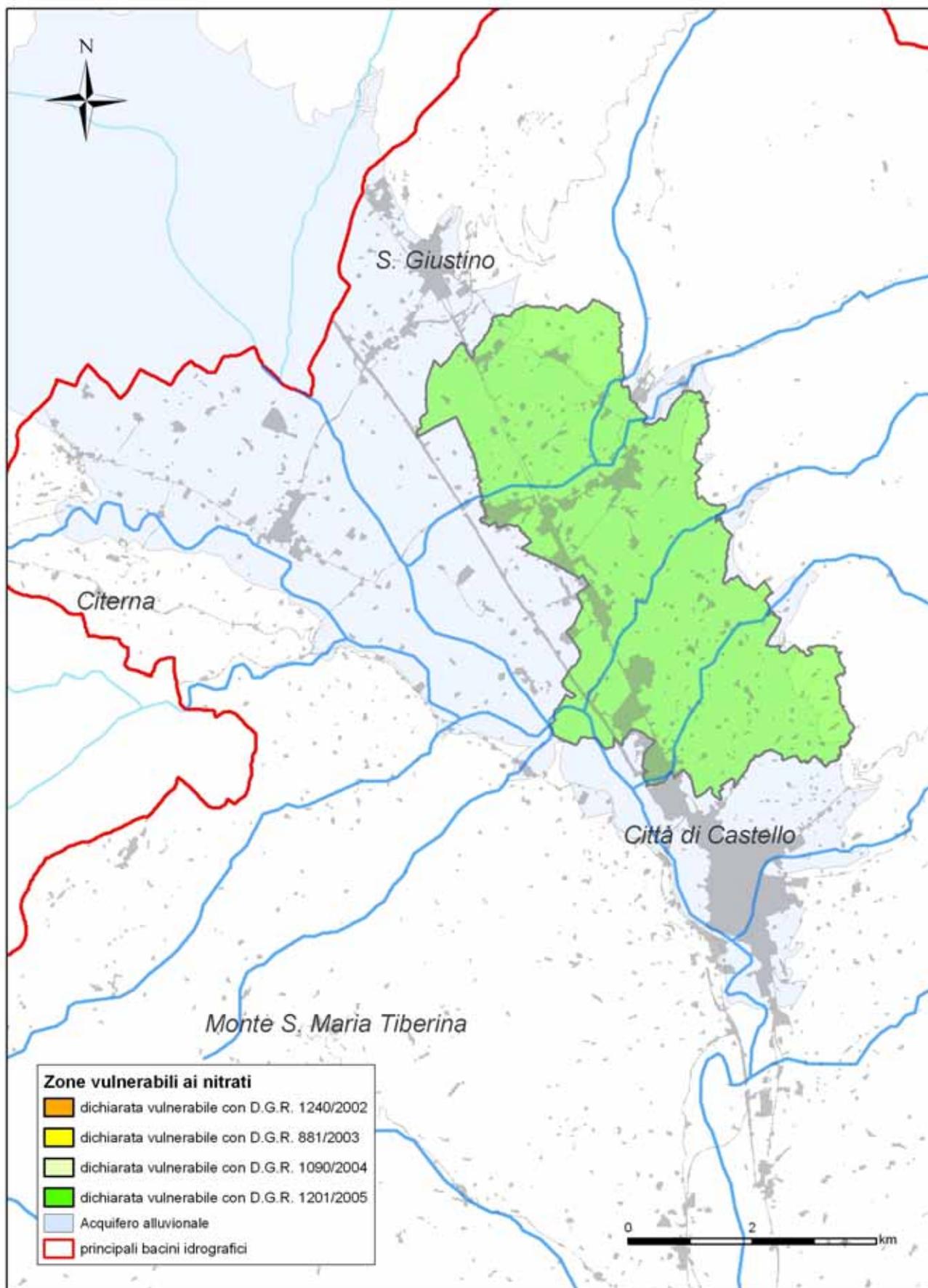
Tav.84 - Bacino del Trasimeno: Distribuzione dei nitrati (autunno 2003)



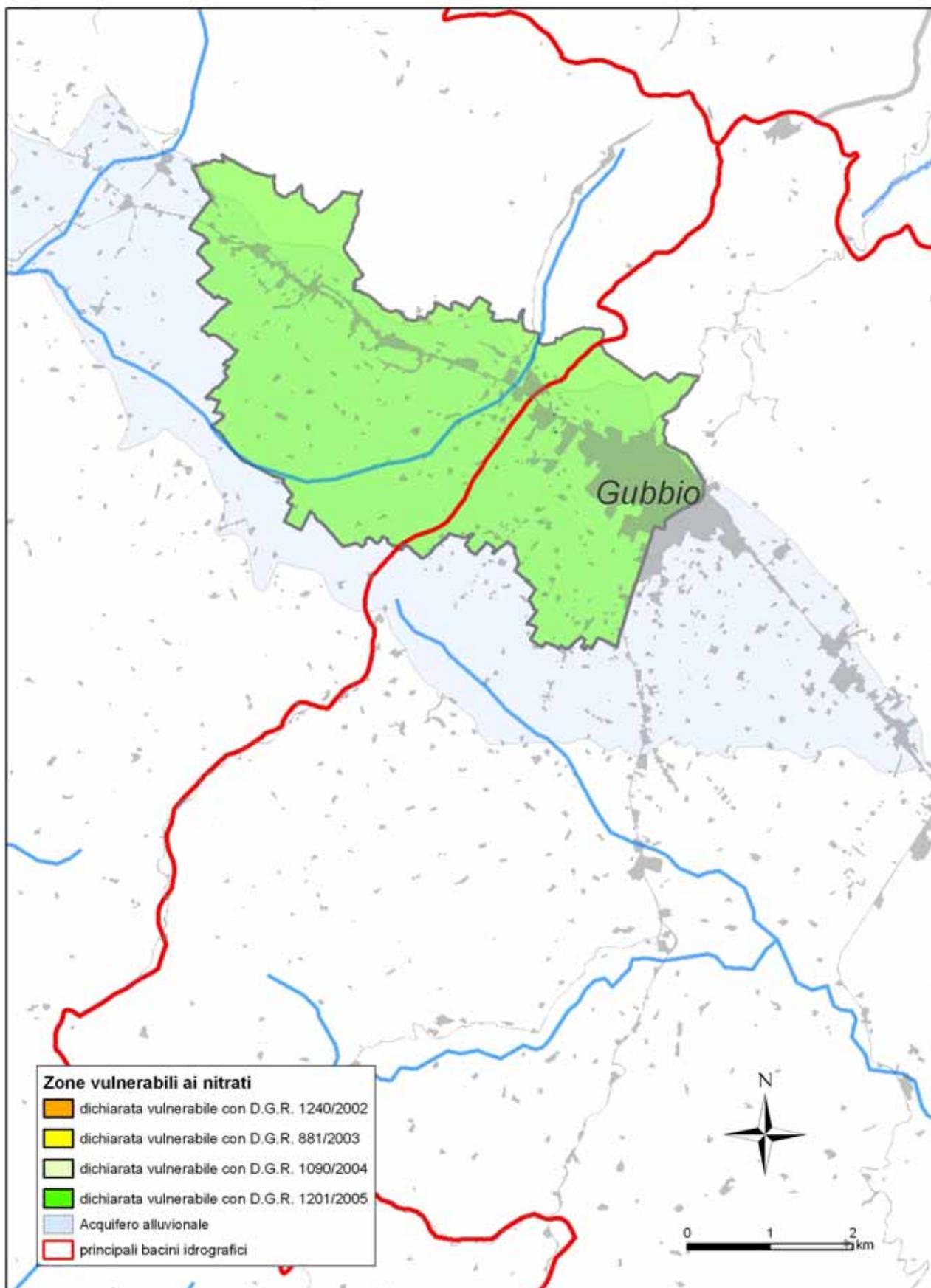
Tav.85 - Bacino del Trasimeno: Distribuzione dei nitrati (giugno 2004)



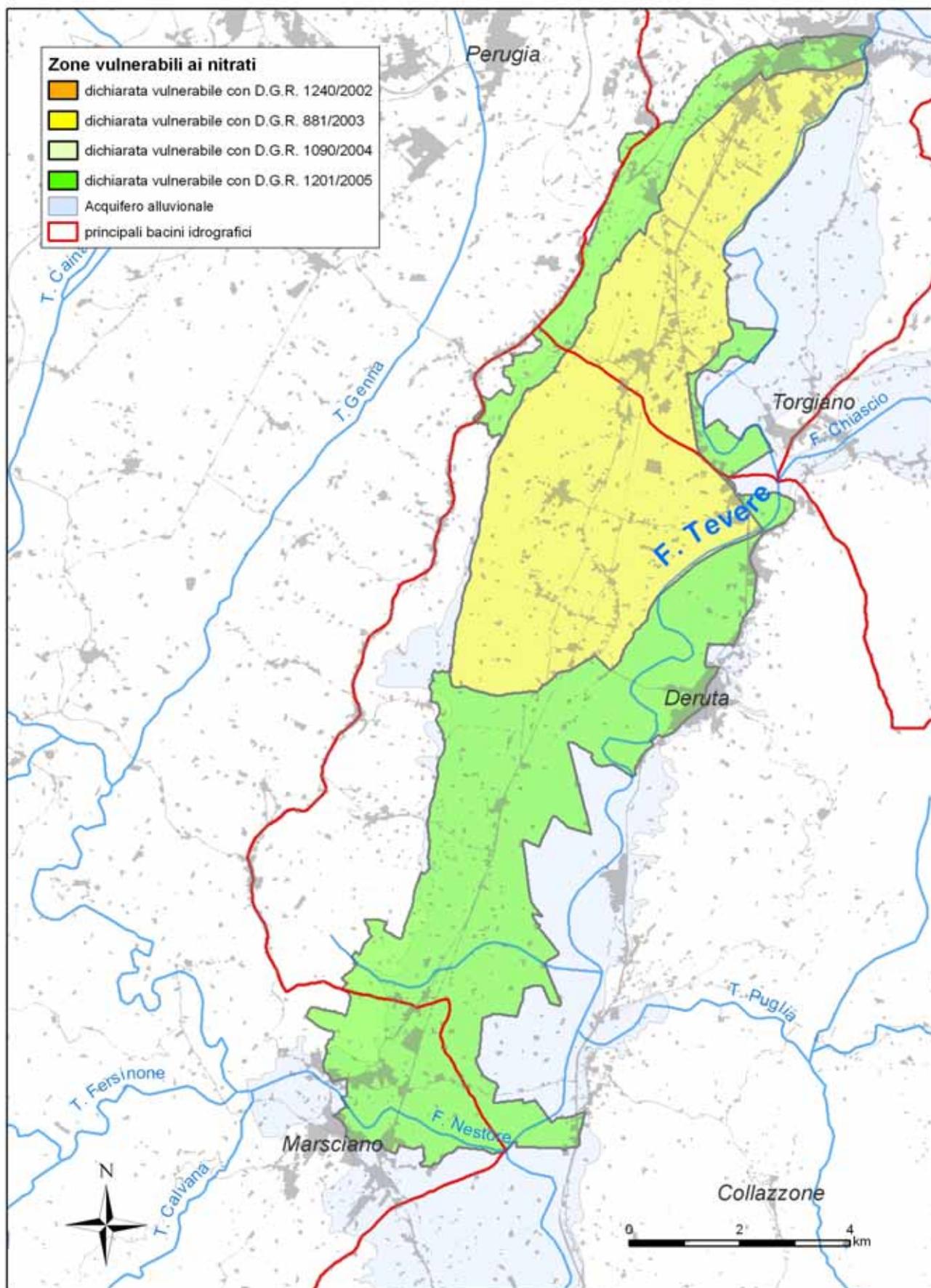
Tav.86 - Bacino del Trasimeno: Distribuzione del carico di azoto di origine agricola



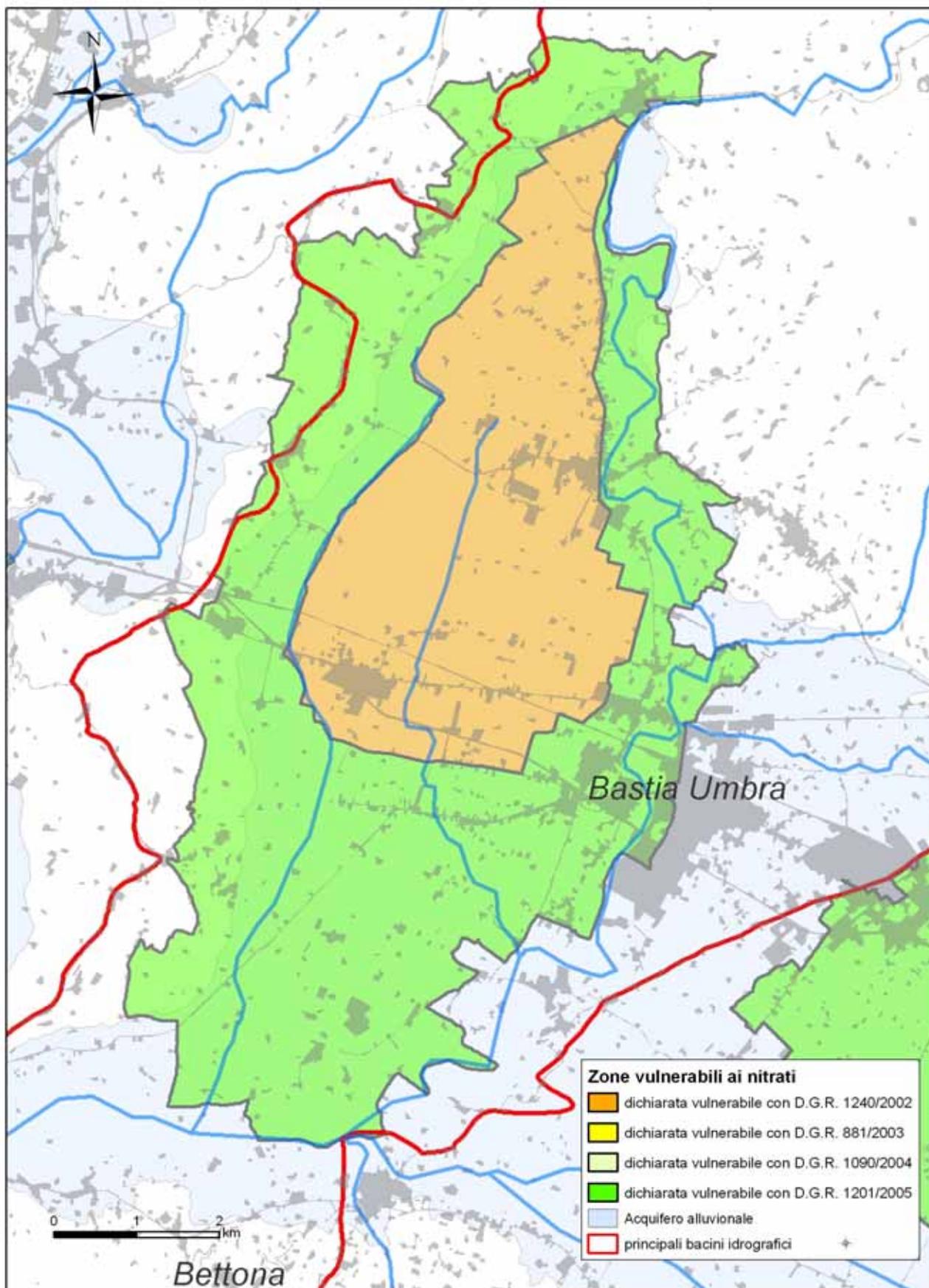
Tav.87 - Zona Vulnerabile ai nitrati di origine agricola: Settore orientale dell'Ata Valle del Tevere



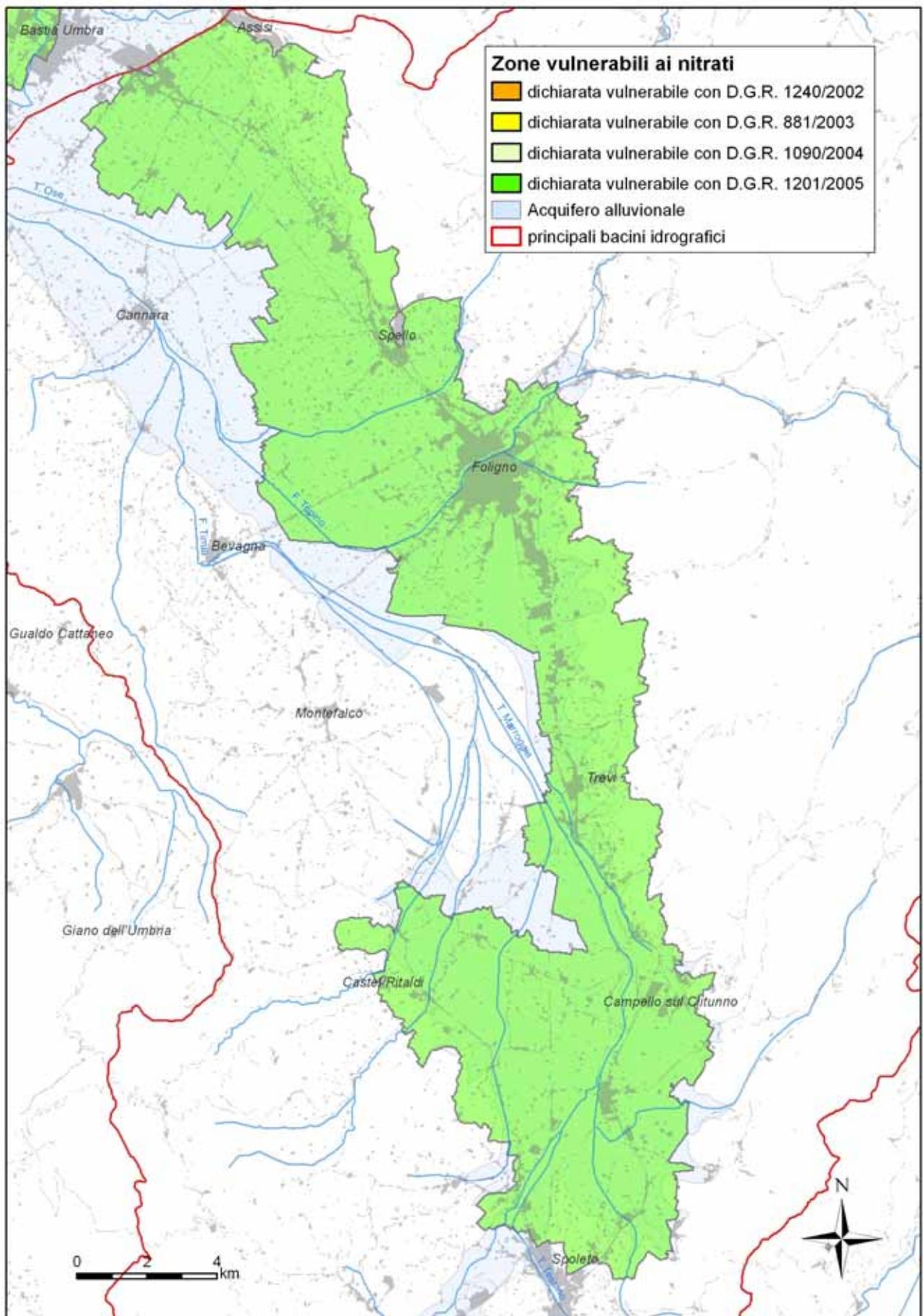
Tav.88 - Zona Vulnerabile ai nitrati di origine agricola: Gubbio



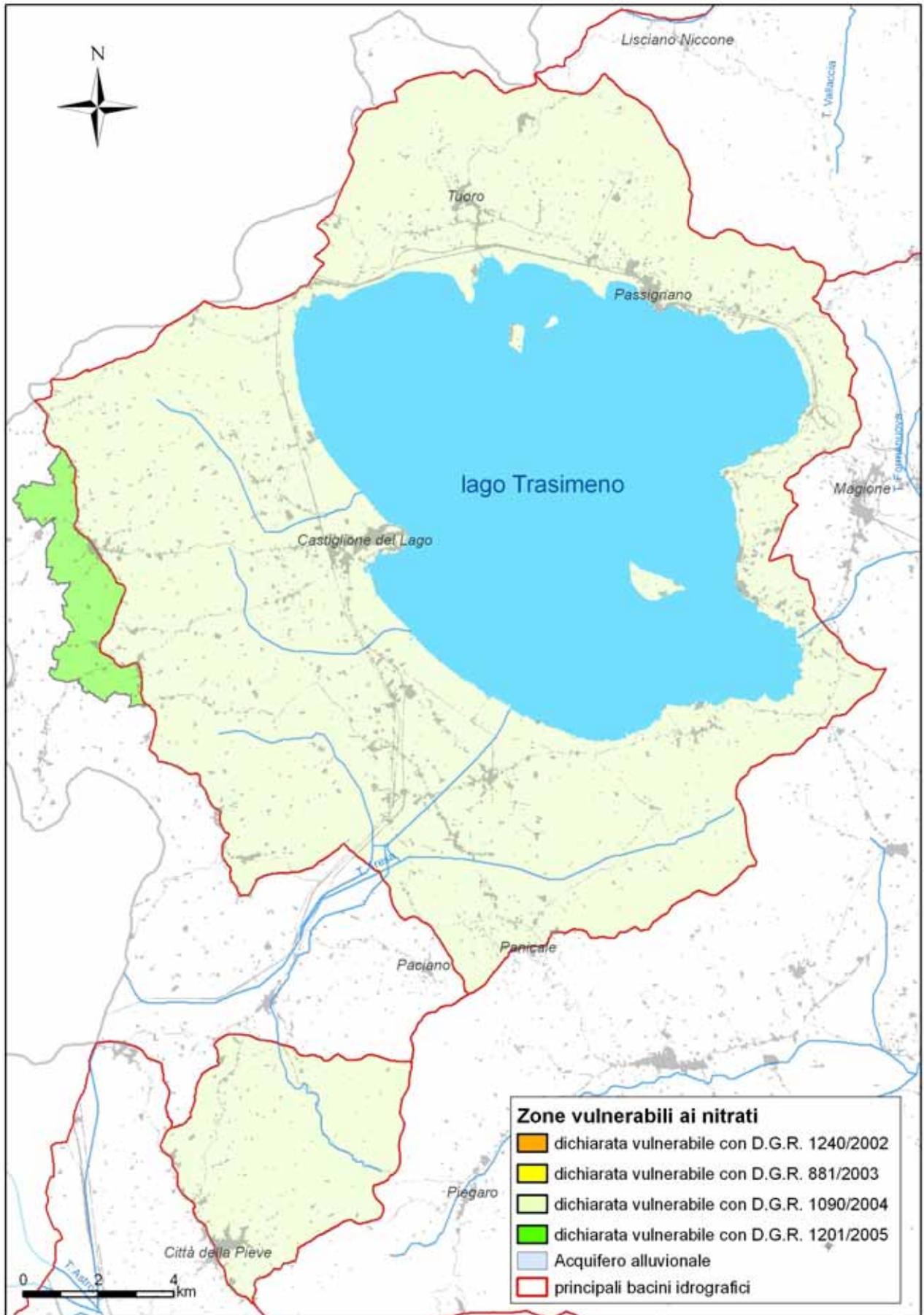
Tav.89 - Zona Vulnerabile ai nitrati di origine agricola: S.Martino in Campo



Tav.90 - Zona Vulnerabile ai nitrati di origine agricola: Petignano di Assisi



Tav.91 - Zona Vulnerabile ai nitrati di origine agricola: Valle Umbra a sud del fiume Chiascio



Tav.87 - Zona Vulnerabile ai nitrati di origine agricola: Lago Trasimeno