



PROVINCIA DI LATINA  
SETTORE ECOLOGIA E AMBIENTE



PROGETTO MONITORAGGIO ACQUE SUPERFICIALI  
INTERNE E COSTIERE

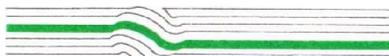
*RELAZIONE GENERALE*



SCALA 1:20.000

DATA: NOVEMBRE 2006

TECNOSTUDI AMBIENTE S.r.l.



Via Buonarroti, 39 - 00185

Tel. e Fax 06 44360696; e-mail: tecnostudiambiente@libero.it

## Indice

<b>Premessa</b> .....	<b>1</b>
Elenco degli elaborati.....	3
<b>1 Aspetti generali del problema</b> .....	<b>4</b>
<b>2 La rete idraulica della Provincia di Latina</b> .....	<b>6</b>
2.1 Le fonti dati.....	8
2.1.1 Il progetto di verifica della rete idraulica.....	9
2.2 Bacini e sottobacini tracciati in scala 1:10.000.....	9
<b>3 Caratterizzazione climatica dei bacini</b> .....	<b>12</b>
3.1 Acquisizione e archiviazione dei dati termopluviometrici .....	12
3.2 Spazializzazione delle precipitazioni e delle temperature .....	16
3.3 Evapotraspirazione reale e deficit idrico.....	20
<b>4 Caratterizzazione del regime dei deflussi</b> .....	<b>24</b>
4.1 Stima del ruscellamento .....	25
<b>5 Campagne di misura</b> .....	<b>29</b>
5.1 Misure piezometriche.....	29
5.2 Misure in alveo.....	30
5.3 Analisi chimico-fisiche .....	31
5.4 Archiviazione dei dati raccolti .....	35
5.5 Prime indicazioni sulla caratterizzazione qualitativa delle acque sotterranee .....	45
<b>6 Le fonti dei carichi inquinanti</b> .....	<b>47</b>
6.1 Il Catasto scarichi del settore Ecologia e Ambiente .....	48
6.2 Il Progetto censimento scarichi SPS del settore Ecologia e Ambiente.....	49
6.3 Rete di depurazione, la Banca Dati dell'ATO4 .....	49
<b>7 Fonti dati utilizzate per la quantificazione dei carichi civili</b> .....	<b>52</b>
7.1 Procedura utilizzata per la spazializzazione dei dati relativi alla popolazione residente...52	
7.2 Procedura utilizzata per la spazializzazione dei dati relativi alla popolazione fluttuante..53	
<b>8 Fonti dati utilizzate per la quantificazione dei carichi industriali</b> .....	<b>58</b>
<b>9 Procedure utilizzate per la stima dei carichi, idroesigenza e volumi di reflui prodotti dalle varie fonti puntuali e diffuse</b> .....	<b>59</b>
9.1 Valutazione dei carichi civili ed industriali .....	59
9.2 Valutazione dei carichi agricoli .....	60
9.2.1 Stima del quantitativo di azoto lisciviato dai terreni agricoli .....	63
9.3 Valutazione dei carichi zootecnici .....	70
<b>10 La banca dati dei Bacini idrologici</b> .....	<b>74</b>
<b>11 Conclusioni</b> .....	<b>86</b>
11.1 Attività necessarie al completamento del quadro conoscitivo di base.....	92
<b>12 Bibliografia essenziale</b> .....	<b>94</b>

## **Premessa**

Il presente studio è stato svolto nel periodo compreso tra l'estate 2003 e l'estate 2004, su incarico della Provincia di Latina (Area Politiche Ambientali e Territoriali – Settore Ecologia e Ambiente - prot. 3784 del 16-06-03).

Le attività svolte si inquadrano nel “Progetto Monitoraggio acque superficiali Interne e Costiere”, approvato con determinazione dirigenziale n° 2108 del 02-04-03, con il quale la Provincia di Latina ha pianificato le azioni necessarie per rispondere alle competenze attribuitegli dall'art. 106 della L.R. 14/99.

L'articolo 106 lettera l) ed m) della L.R. 14/99 attribuisce, infatti, alla Provincia la funzione di monitorare la produzione, l'impiego, la diffusione, la persistenza nell'ambiente e nell'effetto sulla salute umana delle sostanze ammesse alla preparazione di preparati per lavare, ed il monitoraggio sullo stato di eutrofizzazione delle acque interne e costiere, ed in particolare il riesame dello stato eutrofico causato da azoto delle acque dolci superficiali, delle acque di transizione e delle acque marine costiere.

Il monitoraggio costituisce il primo passo indispensabile per la definizione delle priorità e la programmazione degli interventi volti al risanamento delle acque superficiali e sotterranee. Del resto le scelte e le strategie da adottare per il monitoraggio devono derivare da una conoscenza dettagliata sia dei processi che determinano la produzione dei carichi inquinanti, sia delle caratteristiche dei bacini idrografici e dei corpi idrici ricettori, per lo meno in termini di:

- sviluppo e continuità del reticolo idrografico;
- estensione e caratteristiche fisiche e di uso del territorio dei bacini idrografici;
- caratteristiche del deflusso naturale e/o artificiale nei corsi d'acqua;
- bilancio idrico;
- modalità di produzione e diffusione dei carichi inquinanti sul territorio.

Il monitoraggio, in quanto tale non deve essere realizzato al solo scopo di sopperire alle carenze conoscitive, ma può essere ritenuto funzionale solo nel momento in cui fornisce dati inquadrabili e interpretabili in un modello dell'ambiente sufficientemente noto.

In quest'ottica si inquadrano le attività svolte nel presente studio a supporto del Progetto Monitoraggio della Provincia di Latina, mirate a fornire le conoscenze di base per la pianificazione del monitoraggio, sia attraverso campagne di misure sperimentali in sito, sia mediante

l'integrazione dei dati disponibili per la stima diretta e/o indiretta della distribuzione delle fonti di produzione dei carichi inquinanti e dei rilasci nell'ambiente idrico.

I lavori sono stati svolti sotto il coordinamento del responsabile del Settore Ecologia e Ambiente e in stretta collaborazione con il personale dell'Ufficio di Piano della Provincia di Latina. I dati raccolti e la documentazione prodotta vengono, infatti, sistematicamente integrati nel SIT (Sistema Informativo Territoriale) della Provincia di Latina. Si tenga conto che molte delle basi cartografiche e delle banche dati inedite utilizzate derivano dal SIT provinciale.

Le varie fasi dello studio hanno visto il coinvolgimento dei seguenti professionisti e tecnici interni alla Provincia di Latina ed esterni della Tecnostudi Ambiente S.r.l.:

- Coordinamento: Provincia dott. Geol. Carlo Perotto, dott. Biol. Nicoletta Valle, dott. Ing. Angelica Vagnozzi, dott. Geol. Paolo Sarandrea;
- Trattamento e analisi dei dati: Provincia dott. Biol. Nicoletta Valle, dott. Geol. Paolo Sarandrea; Tecnostudi Per. Inf. Guglielmo Abbruzzese, dott. Geol. Carlo Gazzetti, dott. Antonio Loy, dott. Geol. Silvia Rossi;
- Elaborazioni GIS: Provincia dott. Geol. Paolo Sarandrea; Tecnostudi dott. Geol. Silvia Rossi;
- Rilevamenti in sito: Provincia dott. Geol. Paolo Sarandrea; Tecnostudi dott. Geol. Benedetto Pennacchia; Dott. Luca Tarquini; dott. Geol. Giovanni Terzi; dott. Massimiliano Ticconi; dott. Geol. Carlo Gazzetti; dott. Antonio Loy; dott. Geol. Silvia Rossi; dott. Ing. Emanuele Marinucci.
- Raccolta dati: Provincia, geom. Enrico Sorabella, dott. Geol. Paolo Sarandrea; Tecnostudi dott. Ing. Emanuele Marinucci
- archiviazione dati: Provincia dott. Geol. Paolo Sarandrea, Cristina Battisti, Rita Calabresi, geom. Angela Calisi, Per. El. Roberta De Benedetto; Gaetano Greco; Tecnostudi dott. Ing. Emanuele Marinucci;
- Analisi geostatistica dei dati termo pluviometrici: prof. Giuseppe Raspa.

Si ringraziano i professionisti che hanno messo a disposizione i dati presenti nei loro archivi e tutto il personale dell'Ufficio di Piano della Provincia di Latina per la preziosa collaborazione.

## **Elenco degli elaborati**

Per maggiore chiarezza si riporta di seguito l'elenco e una sintetica descrizione dei contenuti e dei formati degli elaborati realizzati:

### **1. Banca dati in ambiente MS-ACCESS delle Misure idrologiche e delle misure sperimentali**

L'elaborato consiste in una banca dati georiferita dei punti di misura sperimentali con associate le informazioni di campagna (livelli piezometrici, portate, note ecc.) e i dati risultanti dalle analisi chimico-fisiche di base effettuate sui campioni prelevati

### **2. Banca dati in ambiente MS-ACCESS della caratterizzazione dei bacini idrologici**

L'elaborato contiene in forma aggregata a scala di bacino e sottobacino tutte le informazioni attinenti la popolazione residente, fluttuante, gli scarichi puntuali industriali e civili, le caratteristiche fisiche e idrogeologiche dei bacini, i dati inerenti l'uso del territorio e i valori stimati e calcolati dei carichi associabili ai fenomeni di eutrofizzazione delle acque.

### **3. Relazione generale**

La relazione generale è costituita dal presente elaborato. In essa vengono descritte le metodologie utilizzate e alcune considerazioni sui risultati ottenuti.

### **4. Tavola 1 – Campagne di Misure Idrometriche e Piezometriche**

Nella Tavola 1 viene riportata l'ubicazione delle sezioni d'alveo e dei pozzi misurati. La tavola ha valore puramente indicativo, in quanto tutti i punti sono georeferenziati in coordinate metriche UTM 33, con risoluzione non inferiore alla scala 1:10.000 nella banca dati relazionale di cui al punto 1.

### **5. Tavola 2 – Caratterizzazione climatica e dei deflussi dei bacini**

Nella Tavola 2 vengono riportate le mappe dei valori medi annui delle precipitazioni, delle temperature medie, dell'evapotraspirazione reale e del ruscellamento relative al periodo 1983-1995. Anche in questo caso le mappe hanno un valore indicativo, in quanto, ai fini della modellazione dei bacini vengono utilizzate le mappe calcolate a scala mensile, fornite in formato ASCII su supporto digitale.

### **6. Tavola 3 – Stima volumi reflui e fabbisogno idrico popolazione residente**

La tavola 3 sintetizza i risultati ottenuti mediante spazializzazione dei dati ISTAT (censimento dell'anno 2001) sulla carta dell'Uso del suolo sc. 1:10.000.

### **7. Tavola 4 - Stima volumi reflui e fabbisogno idrico popolazione fluttuante**

La tavola 4 sintetizza i risultati ottenuti mediante spazializzazione dei dati APT (anno 2000) sulla carta dell'Uso del suolo sc. 1:10.000.

### **8. Tavola 5 – Distribuzione delle fonti di inquinamento puntuali e diffuse**

La Tavola 5 sintetizza i dati noti e/o stimati relativi alle fonti di inquinamento connesse con le attività residenziali (civili), industriali ed agricole.

#### 9. Tavola 6 – Carico agricolo stimato

La tavola 6 sintetizza i risultati della stima dei carichi di azoto totale e fosforo totale derivanti dalle attività agricole.

#### 10. Tavola 7 – Carico annuo di azoto e fosforo nei sottobacini

La tavola 7 rappresenta i sottobacini idrografici della Provincia di Latina, distinti per carico totale di composti azotati e fosforo.

#### 11. Allegato 1 – Dati termo-pluviometrici

L'allegato contiene le tabelle con le caratteristiche delle stazioni termo-pluviometriche di interesse per il territorio provinciale e le tabelle con i dati mensili registrati. Tutte le informazioni sono disponibili anche in formato digitale.

#### 12. Allegato 2 – Campagne di misure piezometriche

L'allegato è costituito dai report delle misure e delle caratteristiche dei punti di misura e campionamento delle falde sotterranee contenuti nella Banca dati MS-ACCESS di cui al punto 1.

#### 13. Allegato 3 – Campagne di misure idrometriche

L'allegato è costituito dai report delle misure e delle caratteristiche delle sezioni di misura e campionamento sui corsi d'acqua contenute nella Banca dati MS-ACCESS di cui al punto 1.

#### 14. Allegato 4 – Schede di sintesi dei Bacini Idrologici

Nell'allegato 4, per facilitare la lettura e l'interpretazione dei dati derivanti dallo studio, viene riportata una descrizione sintetica delle caratteristiche dei bacini principali e un'analisi delle problematiche relative al regime dei deflussi superficiali in relazione ai carichi inquinanti misurati e calcolati. Per ciascun bacino vengono, inoltre, fornite le indicazioni per il monitoraggio delle sostanze eutrofizzanti.

## **1 Aspetti generali del problema**

L'origine dell'inquinamento da nitrati deve essere ricercata nell'attività antropica: in alcune delle situazioni più gravi il tenore elevato di azoto nel terreno e nelle acque superficiali è tale da causare l'inquinamento delle falde profonde. Interessante è la correlazione abbastanza macroscopica fra il fenomeno e la conformazione del territorio interessato: i nitrati si trovano prevalentemente nelle falde che raccolgono l'acqua da terreni pianeggianti o basso collinari dove l'attività antropica concorre all'accumulo di sostanze azotate.

Le attività che determinano il maggiore apporto di azoto all'ambiente sono:

- la produzione agricola intensiva, (granturco, colture a filari, ortaggi, ecc.)
- la produzione di effluenti zootecnici dove anche uno stoccaggio non conforme di liquami può creare impatti ambientali di notevole entità;
- la produzione di liquami urbani: nelle zone rurali non esiste in genere sistema fognario ed il liquame civile prodotto è trattato con il metodo della subirrigazione (si ricorda che per 100 cl di feci derivano 30 cl di ammoniaca libera)
- l'industria in generale.

## 2 La rete idraulica della Provincia di Latina

Partendo da NW, lo spartiacque dei corsi d'acqua che interessano il territorio provinciale passa per il recinto esterno dell'apparato centrale dei Colli Albani, il recinto Tuscolano-Artemisio. In quest'area lo spartiacque non coincide con i limiti amministrativi, definiti dai comuni di Aprilia e Cisterna di Latina.

Dai Colli Albani, sul versante meridionale dell'apparato Tuscolano-Artemisio, nasce una rete di corsi d'acqua (fosso delle Cannucce, Leschione, Ficocchia, Spaccasassi, del Campo, della Crocetta, del Carano, Pane e Vino) che confluiscono, attraverso il canale allacciante Astura, verso le canalizzazioni della pianura Pontina drenando un bacino di circa 385 Km<sup>2</sup>.

Il fiume Astura propriamente detto, il cui bacino risulta "decapitato" dal canale allacciante omonimo, presenta oggi una lunghezza ridotta a circa 17 km.

Segue una serie di corsi d'acqua a carattere torrentizio, che si alimentano dai Lepini, tra i quali il fosso Cisterna, il fosso Teppia nel cui bacino ricade il lago Giulianello, il fiume Ninfa e il f. di Val Carella che confluisce nel canale allacciante delle Acque Alte, fino a sfociare nel M. Tirreno.

L'idrografia superficiale dell'agro pontino (circa 1700 Km<sup>2</sup>) dalle sue condizioni pressoché naturali prima dell'ultima bonifica idraulica, ha subito una notevole trasformazione.

Il Canale delle Acque Alte a Ovest di Latina taglia da Nord a Sud la piana intercettando le acque della parte occidentale alta della pianura e dei rilievi, che salgono verso i Colli Albani ed il valico con il bacino del Sacco, nonché le acque montane fino a Sermoneta.

Il fiume Sisto, raccolte le acque delle sorgenti del Ninfa, funziona da canale di raccolta di acque alte per la duna quaternaria.

I bacini che alimentano le canalizzazioni della pianura Pontina proseguono poi con il fiume Ufente, il Cirione e quindi con l'ampio bacino del fiume Amaseno nel quale confluiscono, tra gli altri, i fossi delle Mole, del Monte Acuto, Fossato, Campo del Tesoro e Rio Pisciareello. Il canale allacciante Javone-Amaseno ha la funzione di intercettare e scaricare, attraverso il fiume Amaseno, le acque dei torrenti Javone e Ceriara.

Il fiume Ufente, trasformato in collettore delle acque alte in conseguenza del mancato completamento dell'allacciante verso Amaseno, raccoglie le acque del torrente Brivolco e le Acque Alte Setine e costituisce il ricettore di gran parte delle idrovore.

I fiumi Ufente ed Amaseno sono arginati lungo gli ultimi chilometri dell'asta principale e confluiscono entrambi nel fiume Portatore, nei pressi del canale Linea Pio, in cui subito a valle di tale confluenza, si immette anche il canale della Botte parallelo al canale Linea Pio.

Il canale Pedicata ed il canale delle Acque Alte di Terracina completano il sistema idraulico nella parte Sud-orientale raccogliendo, il primo, le acque delle pendici orientali a valle del vallone Vidimini e proteggendo, il secondo, la conca di Terracina dai torrenti sovrastanti, le cui acque vengono convogliate in mare mediante una galleria sotto il monte Anxur.

La pianura è servita, inoltre, da una rete idraulica interna che ha il compito di provvedere allo scarico diretto in mare mediante una serie di canali delle acque medie :

- Canale Acque Medie di Latina;
- Fosso Rio Martino;
- Canale della Botte;
- Canale Linea Pio - Diversivo Linea Pio.

Nelle aree più depresse del territorio, infine, le acque raccolte dalla rete di bonifica vengono sollevate mediante impianti idrovori e scaricate nei collettori delle acque alte o direttamente in mare.

I Monti Ausoni (M. delle Fate, m 1090 s.l.m.) monte Leano (676 m.s.l.), monte Giusto m 676 s.l.m. monte Romano (863 m s.l.m.) monte Calvo (565 m s.l.m.) monte Cavallo (509 m s.l.m.) separano la Pianura Pontina dalla piana di Fondi, allungandosi verso Sud fino a Terracina. Essi sono separati dai Lepini dalla valle dell'Amaseno e sono caratterizzati in genere da versanti molti acclivi.

Da questi rilievi si alimentano i corsi d'acqua tributari delle canalizzazioni di bonifica della piana di Fondi (Canale Acqua Chiara); l'intero bacino, nel quale si trovano il Lago di Fondi ed i piccoli laghi di San Puoto e Lungo.

L'ultima parte del territorio si estende da Sperlonga a Minturno, nella zona delineata dai Monti Aurunci (Monte Petrella 1535 m tra cui il bacino del Rio di Itri, che ha la foce tra Gaeta e Formia. Altri corsi d'acqua minori hanno la foce fra Formia e Minturno: fosso del Tuono, torrente Acquatraversa, Rio S. Croce, Rio Capo D'Acqua) fino al limite col F. Garigliano.

Lungo la costa dell'Agro Pontino si estendono in successione quattro bacini lacustri mediamente poco profondi e di dimensioni variabili, conosciuti come lago di Fogliano (4 Km<sup>2</sup>), Monaci (0,9 km<sup>2</sup>), Caprolace (2,3 km<sup>2</sup>) e Sabaudia (3,9 km<sup>2</sup>) integrati nel Parco Nazionale del Circeo.

In prossimità della costa della Piana di Fondi sono ubicati, da NW verso SE, i laghi di Fondi (3,9 kmq) e Lungo (0,5 kmq), poco distante dal lago di San Puoto (0,3 kmq) che vi versa le sue acque, attraverso un canale artificiale.

Il reticolo fluviale naturale e di bonifica, influente nei laghi costieri, per la limitata superficie dei bacini di dominio, per la morfologia pianeggiante dell'area costiera, per l'uso intensivo del suolo con attività agricole e per la discreta permeabilità dei terreni in affioramento, presenta un regime dei deflussi, piuttosto regolare; incrementi nei valori di portata anche repentini e notevoli si hanno limitatamente ad eventi meteorici di particolare entità ed intensità.

I livelli dei laghi subiscono oscillazioni in relazione alla variabilità degli apporti e delle perdite, ma sono interessati anche da accumuli forzati di notevoli volumi d'acqua marina nel lago in condizioni meteomarine caratterizzate da mare agitato che possono far assumere livelli anormali alla superficie libera, con valori massimi di circa 40 cm al di sopra della quota minima.

Se si esclude il lago di Fondi, gli altri stagni ricevono limitati contributi dai corsi d'acqua naturali e di bonifica. Attualmente i corsi d'acqua influenti ed i canali di marea sono regimati da paratoie idrauliche mobili.

## **2.1 Le fonti dati**

Per gli scopi del presente studio assume fondamentale importanza l'esatta conoscenza della rete scolante e la relativa suddivisione del territorio in bacini e sottobacini. Esistono attualmente diverse fonti di riferimento per il reticolo idrografico del territorio provinciale o di porzioni di esso.

Il reticolo idrografico attualmente preso a riferimento dall'Uff. di Piano della Provincia di Latina deriva direttamente dal reticolo del Sistema Informativo Regionale Ambientale (SIRA). Tale reticolo è stato realizzato originariamente mediante vettorializzazione automatica dalla Carta Tecnica Regionale e contiene un certo numero di informazioni associate a ciascun elemento (ordine gerarchico, tipologia, nome asta, ecc..). Un'analisi accurata di questo prodotto ha però evidenziato una significativa presenza di errori sia nell'aspetto grafico che in quello alfa-numerico e sono attualmente in corso attività di correzione del reticolo attraverso fotointerpretazione, sopralluoghi e confronto con ulteriori base dati. Il reticolo utilizzato nel presente studio risulta quindi già parzialmente modificato rispetto all'originale del SIRA.

Altra fonte ufficiale è il Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale che ha pubblicato (riferimento bibliografico CD) i bacini e sottobacini in scala 1:25.000 tracciati sulla base cartografica costituita dalle tavolette dell'IGMI.

Un ulteriore importante fonte dati è costituita dai Consorzi di Bonifica che si sono dotati di cartografie a diversa scala della rete scolante di competenza.

### **2.1.1 Il progetto di verifica della rete idraulica**

Ravvisata l'importanza di questo tematismo nelle proprie attività istituzionali la Provincia di Latina ha provveduto a stipulare, già nel mese di marzo 2003, un primo protocollo d'intesa con l'Autorità dei Bacini Regionali del Lazio per correggere e validare il dato del SIRA con la stessa metodologia sperimentata dall'Autorità dei Bacini regionali nel proprio territorio a nord del Tevere. Tale metodologia prevede la verifica sistematica e l'integrazione del reticolo idrografico SIRA, sia dal punto di vista grafico che dei dati alfanumerici ad esso associati, inserito all'interno di una specifica banca dati interattiva.

Successivamente la Regione, con propria determina, ha avviato un'attività specifica con il Consorzio di Bonifica dell'Agro Pontino e la Provincia di Latina per la "realizzazione di una Banca Dati interattiva per la catalogazione e classificazione del reticolo idrografico del comprensorio di competenza del Consorzio di Bonifica dell'Agro Pontino" da realizzarsi con la medesima metodologia.

La sinergia e la continuità tra le diverse iniziative permetterà entro il 2005 di ottenere un reticolo idrografico validato e, molto importante in aree di bonifica, l'individuazione degli elementi della bonifica quali chiuse, idrovore, bacini di espansione, sifonamenti, briglie, e delle relative manovre effettuate sugli stessi, fattori che influenzano in modo determinante il deflusso delle acque e di conseguenza dei carichi inquinanti in esse contenuti.

## **2.2 Bacini e sottobacini tracciati in scala 1:10.000**

Per gli scopi del presente studio si è proceduto, classificandoli sulla base della nomenclatura adottata dal SIMN, a tracciare i limiti dei bacini e sottobacini interessanti la provincia di Latina, quindi anche al di fuori del limite provinciale, alla scala 1:10.000 sulla base di riferimento costituita dalla Carta Tecnica Regionale.

Il lavoro si è svolto con l'ausilio delle diverse basi topografiche e tematismi disponibili quali:

1. Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 aggiornamento del 1990
2. Tavole I.G.M. in scala 1:25.000 aggiornamento anni '50
3. foto aeree in coppie stereoscopiche in scala nominale 1:13.000 volo 1978

4. Ortofoto IT2000 a colori anno 1999 scala nominale 1:10.000
5. rete scolante e bacini del Consorzio di Bonifica dell'Agro Pontino
6. rete scolante del Consorzio di Bonifica della Piana di Fondi
7. reticolo idrografico del S.I.R.A. in scala 1:10.000
8. modello digitale del terreno (DEM) di passo 20x20 metri.
9. bacini idrografici del SIMN alla scala 1:25.000

I sottobacini sono stati tracciati per quanto possibile suddividendo il territorio, provinciale e non, sulla base di criteri di omogeneità morfologica e di uso del territorio. Un altro fattore di cui si è tenuto conto è stato l'ubicazione delle sezioni di misura di portata effettuate poste, quando possibile, alla chiusura dei sottobacini.

L'attività svolta ha portato a definire 69 bacini con foce a mare o, come nel caso degli affluenti del Canale Portatore, con sbocco in un altro importante corso d'acqua o lago, e 225 sottobacini.

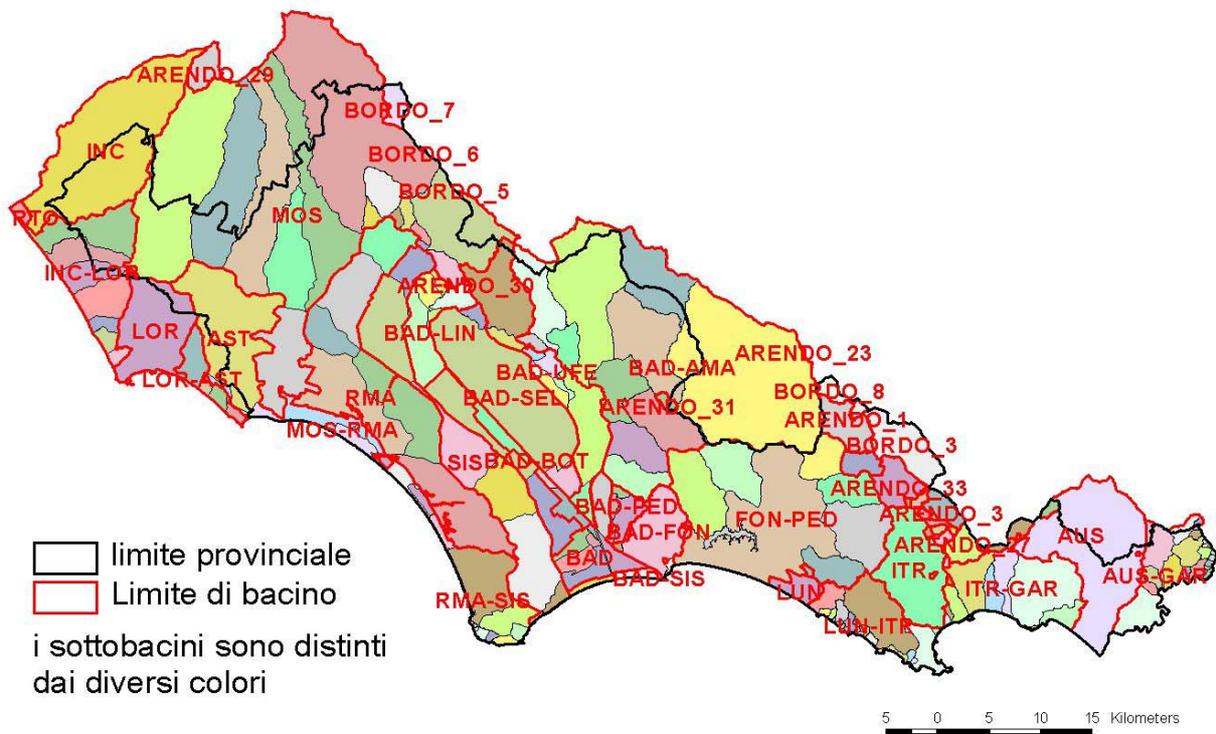


Fig. 2.2a – Bacini e sottobacini di interesse per la provincia di Latina.

Tra i bacini sono state individuate 34 aree endoreiche (indicate dal prefisso ARENDO), di diversa ampiezza; quest'ultime, di superficie complessiva pari a 88 kmq, hanno determinato una significativa differenza con i bacini del SIMN nelle quali non erano segnalate.

Nelle aree interessate significativamente dalle opere di bonifica, in attesa della conclusione delle attività di validazione del reticolo precedentemente descritte, sono stati implementati i bacini e sottobacini dei relativi Consorzi modificati solo in qualche sporadico caso.

### **3 Caratterizzazione climatica dei bacini**

La caratterizzazione climatica del territorio provinciale ha l'obiettivo di fornire i dati necessari per definire il regime degli afflussi meteorici e dei deflussi superficiali (ruscellamento). Ciò richiede la disponibilità di informazioni complesse che riguardano sia gli aspetti meteorologici (precipitazioni, temperature e altri parametri quali l'umidità relativa, la radiazione solare e la velocità del vento), sia gli aspetti ambientali, legati alla copertura vegetale, ai suoli e agli usi del territorio.

Per quanto riguarda gli aspetti ambientali, si fa riferimento ai seguenti elaborati realizzati dall'Ufficio di Piano della Provincia di Latina, per la cui descrizione si rimanda alla documentazione specifica:

1. Carta dei Suoli della Provincia di Latina
2. Carta della Copertura del Suolo della Provincia di Latina
3. DEM (Modello Digitale del Terreno) con passo 250 m

L'acquisizione, l'analisi e l'elaborazione dei dati termo-pluviometrici costituiscono attività specifiche del presente studio, per cui sono state sviluppate le seguenti attività:

1. raccolta e archiviazione dei dati meteo-climatici e idrologici disponibili rilevati da stazioni di misura ubicate nel territorio provinciale e nelle aree adiacenti;
2. spazializzazione delle misure puntuali, per la ricostruzione della distribuzione delle precipitazioni e delle temperature;
3. calcolo distribuito a scala mensile dell'evapotraspirazione reale e delle piogge efficaci caratteristiche dei diversi bacini

#### **3.1 Acquisizione e archiviazione dei dati termopluviometrici**

La principale fonte di dati per il territorio provinciale è costituita dalle misure rilevate dalle stazioni termometriche e pluviometriche del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (SIMN), gestite dal SIMN Ufficio di Roma, per l'area compresa tra i Colli Albani e la Piana di Fondi, e dal SIMN Ufficio di Napoli, per il settore a Sud della Piana di Fondi. Attualmente, le competenze degli Uffici Idrografici sono in corso di trasferimento alle rispettive Regioni.

Per quanto riguarda la rilevazione sperimentale della velocità del vento, dell'umidità relativa e della radiazione solare, si evidenzia che nel territorio provinciale sono disponibili, presso il Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (SIMN) Ufficio di Roma, solamente i dati di radiazione solare registrati dalla stazione di Sabaudia.

Per le finalità dello studio, sono stati acquisiti ed informatizzati i dati termometrici e pluviometrici delle seguenti stazioni, relativamente al periodo 1983-1995 in cui i dati disponibili presentano una discreta continuità temporale.

Nella tabella che segue si riportano l'elenco e le principali caratteristiche delle stazioni termopluviometriche di interesse per la Provincia di Latina.

Nome stazione	Codice	Tipo	UTM x (m)	UTM y (m)	Quota (m s.l.m)
MACCARESE (IDROVORA)	R260	P-T	269021	4633365	4
ISOLA SACRA	R270	P	270015	4627652	4
CASTEL GIUBILEO	R1620	P-T	293476	4651655	63
CASTELMADAMA	R1750	P	323263	4650209	453
TIVOLI	R1760	P-T	317571	4648255	238
ZAGAROLO	R1770	P	320127	4633492	318
PANTANO BORGHESE	R1790	P	310388	4638578	52
LUNGHEZZA	R1798	P	306678	4644542	23
SALONE	R1800	P-T	303505	4642796	23
FRASCATI	R1830	P-T	306602	4631499	322
ROMA BUFALOTTA	R1835	P	296596	4647899	64
PONTE SALARIO	R1838	P	293528	4646250	12
ROMA FLAMINIO (S.M.M.E.P.)	R1840	P	290172	4644968	15
ROMA FLAMINIO	R1841	P	289249	4652682	85
ROMA NORD	R1843	P	292813	4648564	18
ROMA OTTAVIA	R1847	P	285418	4647857	134
ROMA CAPANNACCE	R1849	P	305407	4645738	68
ROMA ACQUA ACETOSA	R1851	P	292041	4645808	21
ROMA EST	R1853	P	298668	4643765	28
ROMA CASSIODORO	R1857	P	290320	4642154	35
ROMA MACAO (UFF.IDROGRAFICO)	R1860	P-T	293374	4642311	55
ROMA M. MARIO	R1865	P	288748	4644361	130
ROMA ELENIANO	R1866	P	293962	4640504	76
ROMA AURELIO	R1867	P	289758	4638774	86
ROMA REGILLO	R1868	P	312566	4637520	82
ROMA COLLEGIO ROMANO(U.C.E.A.)	R1870	P-T	290904	4641778	51
ROMA OSTIENSE	R1876	P	290681	4638747	27
ROMA CASILINO	R1878	P	296223	4638895	38
ROMA ROSOLINO PILO	R1887	P	289308	4639930	74
ROMA TORMARANCIA	R1889	P	292491	4636719	31
ROMA EUR(ABBZIA TRE FONTANE)	R1890	P-T	291210	4634780	24
ROMA EUR	R1891	P	291911	4633463	53
ROMA SUD	R1894	P	285635	4632105	10
ROMA MONTE MARIO(V.MILLEROSE)	R1900	P-T	287564	4645632	110
PONTE GALERIA	R1905	P	279241	4632980	64
CASTEL DI LEVA	R1910	P	297698	4625826	102
FIUMICINO	R1925	P	271229	4629465	10
MASSIMINA	R1926	P-T	280356	4639976	33
FALCOGNANA	R1927	P	297229	4625593	108
OSTIA(IDROVORE)	R1930	P	277047	4625343	4
OSTIA	R1931	P	274497	4623186	9
ARDEA	R1950	P-T	295199	4609435	47
ANZIO	R1960	P	302214	4591447	10
VELLETRI	R1970	P	315077	4617578	332
CAMPOLEONE	R1980	P	304350	4615517	56

Tab. 3.1a – Caratteristiche delle stazioni termo-pluviometriche di interesse per il territorio provinciale di Latina. P = precipitazioni; T = Temperature. 1/2

Nome stazione	Codice	Tipo	UTM x (m)	UTM y (m)	Quota (m s.l.m)
BORGO MONTELLO	R1990	P	314759	4598204	27
CISTERNA DI LATINA	R2000	P	319178	4606904	100
CORI	R2010	P-T	326348	4612204	397
NORMA	R2020	P-T	331139	4605826	472
VALLECORSA	R2030	P	366583	4589642	350
OSTERIA DI CASTRO	R2040	P	365060	4595606	155
GIULIANO DI ROMA	R2060	P-T	356456	4600339	363
PRIVERNO	R2070	P	348487	4592881	150
CERASELLA DI SABAUDIA	R2080	P	336850	4579791	34
SABAUDIA	R2085	P-T	335002	4574001	2
LATINA	R2100	P-T	325280	4593004	21
PONTE FERRAIOLI	R2120	P	341248	4591894	2
FORO APPIO (BORGO FAITI)	R2130	P	332785	4592693	7
PONTINIA	R2140	P	337028	4586929	6
CECCACCIO	R2150	P	351889	4572919	1
TERRACINA	R2160	P-T	354145	4572278	2
LENOLA	R2170	P-T	371535	4585400	470
MONTE SAN BIAGIO	R2180	P	362238	4579540	120
FONDI	R2190	P-T	368521	4579284	5
ACQUACHIARA	R2200	P	364714	4577102	2
ITRI	N30	P-T	377184	4572201	165
GAETA (Istituto Nautico)	N40	P-T	379246	4564248	45
ISOLA LIRI SUPERIORE	N280	P	381317	4615347	225
S.FRANCESCA DI VEROLI	N340	P	371202	4619919	492
PALIANO	N390	P	338628	4630276	477
COLLEFERRO	N403	P-T	331461	4623831	
CARPINETO ROMANO	N410	P	340560	4607397	604
FERENTINO	N450	P	355073	4617449	411
SGURGOLA	N460	P	346023	4615069	386
CANTERNO (Enel)	N500	P-T	354854	4623101	541
S.GIOVANNI INCARICO (Enel)	N540	P-T	379582	4595038	200
ESPERIA INFERIORE	N680	P-T	390353	4582696	272
CERVARO	N4856	P	408895	4592239	257
SESSA AURUNCA	N4859	P	409895	4573343	305
SANTI COSMA E DAMIANO	N4860	P	400791	4572143	206
Segni	NA420	P-T	335786	4617844	666

Tab. 3.1a – Caratteristiche delle stazioni termo-pluviometriche di interesse per il territorio provinciale di Latina. P = precipitazioni; T = Temperature. 2/2.

I valori medi mensili delle precipitazioni e delle temperature, derivati dalla media delle misure giornaliere, sono stati informatizzati e archiviati in un'apposita banca dati in formato MS Excel di cui si riportano i *report* nell'Allegato 1.

Nel complesso la rete di misure meteo-climatiche del territorio provinciale e delle aree adiacenti di interesse, risulta relativamente omogenea con alcune significative lacune:

1. Nel territorio provinciale, caratterizzato per circa il 20 % da quote superiori a 500 m, solo due stazioni sono poste ad una quota superiore ai 450 m s.l.m.: Norma (472 m s.l.m) e Lenola (470 m s.l.m.).

2. Manca una rete di sensori per la misura della radiazione solare, della velocità del vento e dell'umidità relativa.
3. I dati rilevati non sono quasi mai disponibili in tempo reale. Pertanto, allo stato attuale, non è possibile effettuare in tempi utili la necessaria correlazione tra misure qualitative effettuate sui corsi d'acqua e regime degli afflussi. Il problema può essere superato mediante:
  - un opportuno accordo tra l'amministrazione provinciale e gli uffici idrografici competenti;
  - l'integrazione della rete di stazioni meteo-climatiche del SIMN con opportune stazioni gestite dalla Provincia.

### **3.2 Spazializzazione delle precipitazioni e delle temperature**

I dati meteo-climatici registrati dalle stazioni di misura distribuite sul territorio forniscono informazioni puntuali. La spazializzazione delle misure costituisce il processo mediante il quale le informazioni sperimentali (dati) vengono correlati ed interpolati in modo da ottenere mappe rappresentative dell'andamento del fenomeno studiato sull'area di interesse.

Nel presente studio la ricostruzione spaziale della distribuzione delle precipitazioni e delle temperature massime, minime e medie mensili è stata effettuata mediante approccio geostatistico. La procedura di seguito brevemente descritta è stata sviluppata (Raspa G., 2004 – in stampa) e testata nell'ambito degli studi per la realizzazione del Piano dell'Uso Compatibile della risorsa idrica negli acquiferi vulcanici peritirrenici laziali (Autorità dei Bacini Regionali del Lazio, 2004) e consente di ottenere mappe con un elevato grado di attendibilità, anche in condizione di dati carenti.

La metodologia applicata per la spazializzazione delle precipitazioni utilizza il *kriging in FAI-k* (Matheron e Delfiner 1977, Wakernagel 1995, Bruno e Raspa 1994, Chilès e Delfiner 2000), che ha validità in condizioni non stazionarie (che sono quelle più generali) e si presta bene ad essere resa automatica. Per quanto riguarda le temperature, generalmente correlate in maniera inversa alla quota del terreno, la procedura integra alle misure sperimentali, il DEM (che diventa così una variabile ausiliaria) nella operazione di stima che può, nella misura in cui tale correlazione si esplica, apportare un miglioramento alla accuratezza dei risultati. La corrispondente versione del metodo è nota in letteratura come *kriging in FAI-k con deriva esterna*.

Nel seguito si riporta il formalismo dello stimatore e del sistema di equazioni che ne consente il calcolo.

Sia  $x_0$  il punto a terra (un nodo della griglia) in cui si deve effettuare la stima della variabile di studio  $Z$  e si indichino con  $z(x_0)$  e  $z(x_\alpha)$  ( $\alpha=1, n$ ) i valori di essa in  $x_0$  e negli  $n$  punti di misura (stazioni meteo). Siano inoltre  $s(x_0)$  e  $s(x_\alpha)$  i valori in  $x_0$  e  $x_\alpha$  della variabile ausiliaria  $S$ .

Il *kriging* di  $z(x_0)$ , indicato con  $z^*(x_0)$ , è uno stimatore consistente in una combinazione lineare dei valori misurati:

$$z^*(x_0) = \sum_{\alpha=0}^N \lambda_\alpha z(x_\alpha) .$$

Nella precedente  $\lambda_\alpha$  sono i ponderatori da attribuire alle  $n$  misure e si ricavano risolvendo il seguente sistema di equazioni lineari:

$$\sum_{\beta=1}^n \lambda_\beta K(x_\alpha - x_\beta) + \sum_{l=0}^{L_k} \mu_l f^l(x_\alpha) + \mu_s s(x_\alpha) = K(x_\alpha - x_0) \quad \forall \alpha = 1, n$$

$$\sum_{\alpha=1}^n \lambda_\alpha f^l(x_\alpha) = f^l(x_0) \quad \forall l = 0, L_k$$

$$\sum_{\alpha=1}^n \lambda_\alpha s(x_\alpha) = s(x_0)$$

Nel sistema  $f^l$  sono i monomi, di grado da 0 a  $k$ , delle coordinate dei punti coinvolti nella stima. Il loro numero è  $L_k+1$  e, per un problema bidimensionale come il presente,  $L_k=0$  per  $k=0$ ;  $L_k=2$  per  $k=1$  e  $L_k=5$  per  $k=2$ . Indicando con  $u$  e  $w$  le due coordinate del sistema di riferimento, per es. per  $k=2$  i 6 monomi sono:  $f^0=1$ ;  $f^1=u$ ;  $f^2=w$ ;  $f^3=u^2$ ;  $f^4=w^2$ ;  $f^5=uw$ .

Le incognite  $\mu$  rappresentano i parametri di Lagrange, introdotti affinché i coefficienti  $\lambda$  (incognite del problema) soddisfino le condizioni che garantiscono che l'errore di stima  $z^*(x_0)-z(x_0)$  sia una combinazione lineare autorizzata di ordine  $k$ , vale a dire:

$$\sum_{\alpha=1}^n \lambda_\alpha s_i(x_\alpha) = s_i(x_0) \quad \forall i = 0, L_k$$

$$\sum_{\alpha=1}^n \lambda_\alpha f^i(x_\alpha) = f^i(x_0) \quad \forall i = 1, nd$$

$K(h)$  è la covarianza generalizzata normalmente modellizzata con la forma polinomiale:  $\sum_{p=0}^k (-1)^{p+1} b_p |h|^{2p+1}$  di coefficienti  $b_p$ . Quest'ultimi vengono determinati a mezzo di una regressione.

L'accuratezza della stima è misurata dalla *varianza di stima* data dalla seguente espressione:

$$\sigma_k^2 = K(0) - \sum_{\alpha=1}^N \lambda_{\alpha} K(x_{\alpha} - x_0) - \sum_{l=0}^{L_k} \mu_l f^l(x_0) - \mu_s s(x_0)$$

Se invece l'obiettivo della stima non è più il valore della variabile  $Z$  in un punto

ma, come nel presente caso, il valore medio della variabile all'interno di una cella di area  $A$ , la forma dello stimatore è la stessa ed i ponderatori si ricavano dalla risoluzione di un sistema che differisce da quello precedente nei termini noti che saranno:

$$\frac{1}{A} \int_A K(x_{\alpha} - x) dx \quad \forall \alpha = 1, n$$

$$\frac{1}{A} \int_A f^l(x_{\alpha} - x) dx \quad \forall l = 0, L_k$$

$$\frac{1}{A} \int_A S(x_{\alpha} - x) dx$$

La corrispondente varianza di stima diventa:

$$\sigma_k^2 = \frac{1}{A^2} \int_A \int_A K(x - x') dx dx' - \sum_{\alpha=1}^N \lambda_{\alpha} \frac{1}{A} \int_A K(x_{\alpha} - x) dx - \sum_{l=0}^{L_k} \mu_l \frac{1}{A} \int_A f^l(x) dx - \mu_s \frac{1}{A} \int_A s(x) dx$$

Ai fini del presente lavoro il metodo del *kriging in FAI-k con deriva esterna* è stato implementato in maniera da rendere automatica la ricostruzione delle mappe con una procedura che consta delle seguenti operazioni.

Interpolazione con il criterio dei minimi quadrati dei polinomi di grado 0, 1 e 2, che filtrano anche la deriva esterna quando presente, su opportuni domini interni dell'area di lavoro e calcolo dei residui corrispondenti.

Calcolo, per ognuno dei tre casi, dei ranghi medi su tutti i residui e individuazione del grado corrispondente ai ranghi medi più piccoli. Il grado trovato costituisce l'ordine  $k$  della FAI.

Identificazione, mediante regressione sui coefficienti, di tutte le Covarianze Generalizzate (CG) polinomiali, arricchite di una componente nugget e di una componente spline, compatibili con il grado della FAI ottenuto.

Ripetizione delle tre operazioni precedenti per domini costituiti da un numero di punti campionati da 6 a 32.

Cross-validazione con tutte le funzioni di CG ottenute e individuazione della CG con cui si ottengono i migliori risultati, valutati in base ad un parametro che tiene contestualmente conto della varianza degli errori di cross-validazione, della varianza degli errori di cross-validazione standardizzati; del coefficiente di correlazione tra valori misurati e valori stimati.

Kriging con la CG individuata del parametro corrente su tutte le celle del campo.

Mediante la procedura descritta sono state realizzate 624 mappe dei valori mensili distribuiti di precipitazione, temperatura massime, media e minima, del periodo 1983-1995.

Le mappe sono state realizzate su una griglia a maglia quadrata che discretizza il territorio in elementi di 250 m di lato (celle della griglia di calcolo).

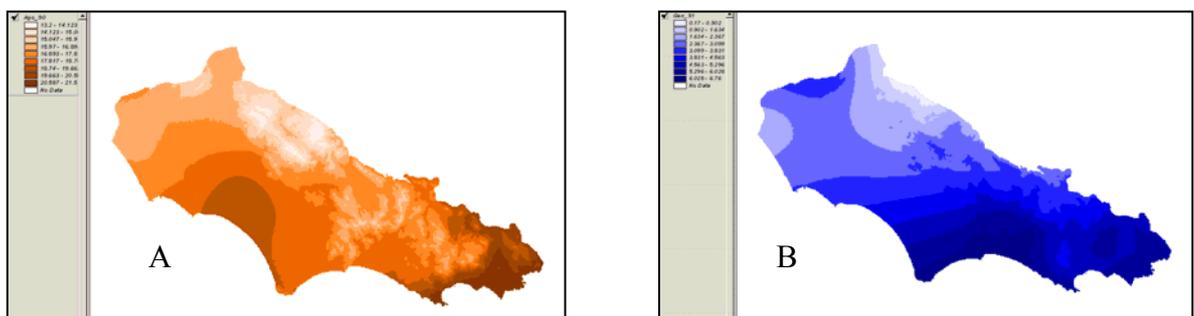


Fig. 3.2a – Distribuzione delle temperature minime- (A) mese di agosto 1990; (B) mese di gennaio 1991.

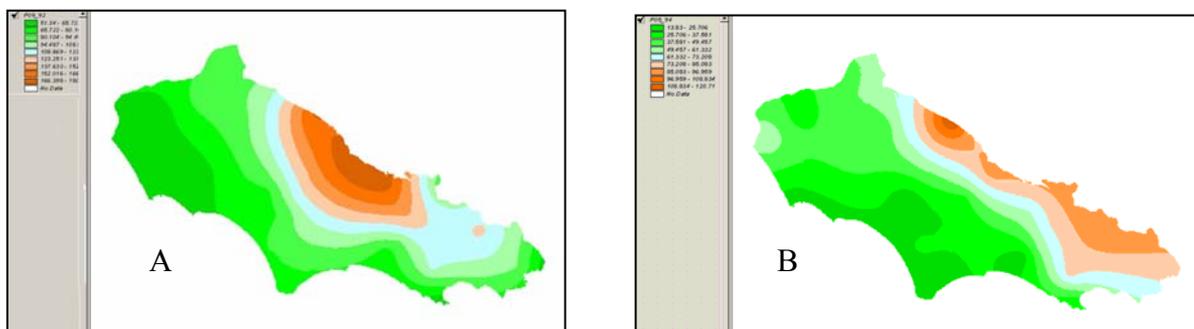


Fig. 3.2b – Distribuzione delle precipitazioni – (A) mese di novembre 1992; (B) mese di maggio 1994.

### 3.3 Evapotraspirazione reale e deficit idrico

L'evapotraspirazione viene calcolata come il risultato del bilancio tra afflusso meteorico, acqua potenzialmente evapotraspirata dalle piante (evapotraspirazione colturale) e disponibilità reale di acqua nel suolo secondo il seguente schema concettuale:

$$\begin{array}{ll} \text{EVr} = \text{ETr} & \text{se } P + U_i \geq \text{ETr} \\ \text{EVr} = P + U_i & \text{se } P + U_i \leq \text{ETr} \end{array}$$

Dove:

EVr = Evapotraspirazione reale del periodo

ETr = Evapotraspirazione colturale, equivalente al fabbisogno idrico della coltura nel periodo

U<sub>i</sub> = Volume di acqua utilizzabile dalle piante (frazione di AWC) contenuto nel suolo all'inizio del periodo

L'Evapotraspirazione colturale o fabbisogno idrico della coltura, viene determinata moltiplicando l'evapotraspirazione potenziale (ETP) per i coefficienti colturali (K<sub>C</sub>):

$$\text{ETr (Evapotraspirazione colturale)} = \text{ETP} * K_C$$

dove:

ETr = Evapotraspirazione Colturale che è assimilabile all'Evapotraspirazione reale di una data area se non superiore all'acqua disponibile data dalle precipitazioni e dal quantitativo ricavabile dal suolo (frazione di AWC)

ETP = Evapotraspirazione potenziale che rappresenta l'acqua evaporata in un certo periodo di tempo da un terreno vasto, coperto da una vegetazione fitta, bassa, omogenea, in piena attività di sviluppo, ottimamente rifornita di acqua e che ombreggi completamente il terreno (esempio: Festuca Arundinacea);

K<sub>c</sub> = Coefficiente colturale che esprime la proporzionalità tra l'evapotraspirazione della coltura di riferimento (Festuca Arundinacea) rispetto a quella della coltura presente.

L'AWC (Available Water Capacity) esprime il volume di acqua che può essere trattenuto nel suolo tra -30 e -1500 kPa e corrispondente al volume d'acqua potenzialmente utilizzabile dalle piante. Tale parametro è stato ricavato direttamente dalle indicazioni associate alla "Carta Pedologica della Provincia di Latina" disponibile presso l'Ufficio di Piano.

Il coefficiente colturale (K<sub>c</sub>) esprime la proporzionalità tra l'evapotraspirazione della coltura di riferimento (Festuca Arundinacea) rispetto a quella della coltura considerata..

Per i territori agricoli, i coefficienti colturali sono stati ricavati dal lavoro di Doorenbos J. e Pruitt W.A.O. pubblicato sul quaderno FAO n° 24 del 1977 (*Guidelines for prediction Crop water requirements*). I coefficienti colturali non forniti dalle tabelle FAO sono stati ottenuti da altre pubblicazioni scientifiche (Minati G; 1993; Lauciani E. et alii, 1999) e/o attraverso medie in funzione della “somiglianza colturale” delle specie vegetali considerate.

I coefficienti Kc per le specie vegetali in ambienti naturali sono stati elaborati partendo dall’assunto che la vegetazione naturale sfrutta l’acqua che ha a disposizione non necessitando di irrigazione. Si ipotizza che il fabbisogno idrico della vegetazione naturale sia uguale o minore alla quantità di acqua precipitata e trattenuta nel suolo.

Il calcolo dell’evapotraspirazione potenziale è stato effettuato disponendo di serie di misure meteo-climatiche che possono essere ritenute adeguate solamente per le temperature massime e minime e per le precipitazioni. Per tale motivo, è stato applicato il modello di Hargreaves - Samai (1982).

La scelta della formula di Hargreaves - Samai:

$$ETP = 0.0023 (T_{media} + 17.8) (T_{max} - T_{min})^{0.5} RA$$

è stata effettuata tenendo conto del fatto che, in condizioni di dati carenti e/o limitati alle sole temperature, tale modello di stima sembra fornire dati sufficientemente affidabili e in prima approssimazione confrontabili con quelli ottenuti mediante l’applicazione di modelli più complessi (FAO,1992; Droogers P. & Allen R.G., 2002).

Il calcolo dell’evapotraspirazione reale viene effettuato tenendo conto, per ciascuna cella (porzione di territorio di 250 m di lato), di:

- afflussi;
- uso reale del suolo (coefficienti colturali associati alla carta delle UTI e delle sue
- caratteristiche idrauliche (AWC).

L’evapotraspirazione reale così calcolata non tiene conto dell’evapotraspirazione dell’acqua di irrigazione che deve essere computata come prelievo diretto dai corpi idrici.

Dal grafico che segue (Fig 3.3a) in cui vengono confrontati i valori mensili delle Piogge, dell’Evapotraspirazione reale (EVR) e del ruscellamento (R) calcolati per l’intero territorio provinciale nel periodo 1983-1995, è possibile ricavare alcune significative considerazioni:

- le precipitazioni presentano: valori massimi (oltre 400 mm/mese) tra Ottobre e Novembre, valori medi (200-300 mm/mese) tra Dicembre e Aprile; valori minimi (inferiori a 100 mm/mese) tra Luglio e Agosto;
- tra Maggio e agosto, l'evapotraspirazione naturale eguaglia e/o supera i valori di precipitazione;
- il volumi di ruscellamento, ad esclusione di eventi piovosi concentrati di forte intensità, sono quasi trascurabili nel periodo compreso tra Maggio e Agosto.

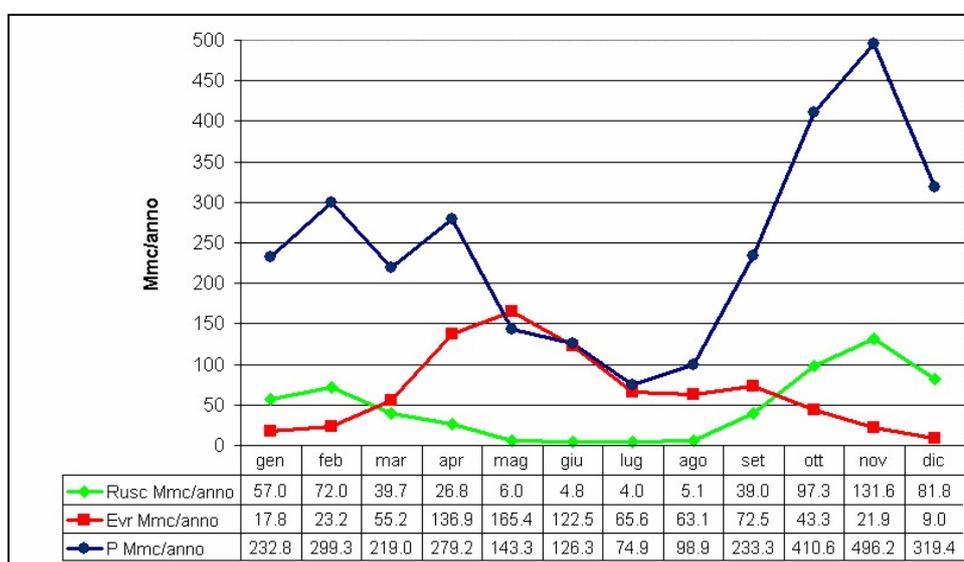


Fig. 3.3a – Confronto tra Precipitazioni (P), Evapotraspirazione reale naturale (Evr) Ruscellamento (Rusc) – I valori riportati sono le medie dei valori calcolati sulle singole celle nell'intero territorio provinciale.

Le valutazioni dei dati riportati in Fig. 3.3a devono comunque tenere conto del fatto che questa si riferisce alla media complessiva dei valori dell'intero territorio e che quindi comprende sia le aree montane che quelle costiere. Pertanto, risulta evidente che a scala globale, le maggiori precipitazioni riscontrabili sulle dorsali compensano il deficit di afflussi caratteristico delle aree costiere.

Nella figura che segue vengono, più correttamente evidenziati i dati relativi ai singoli bacini.

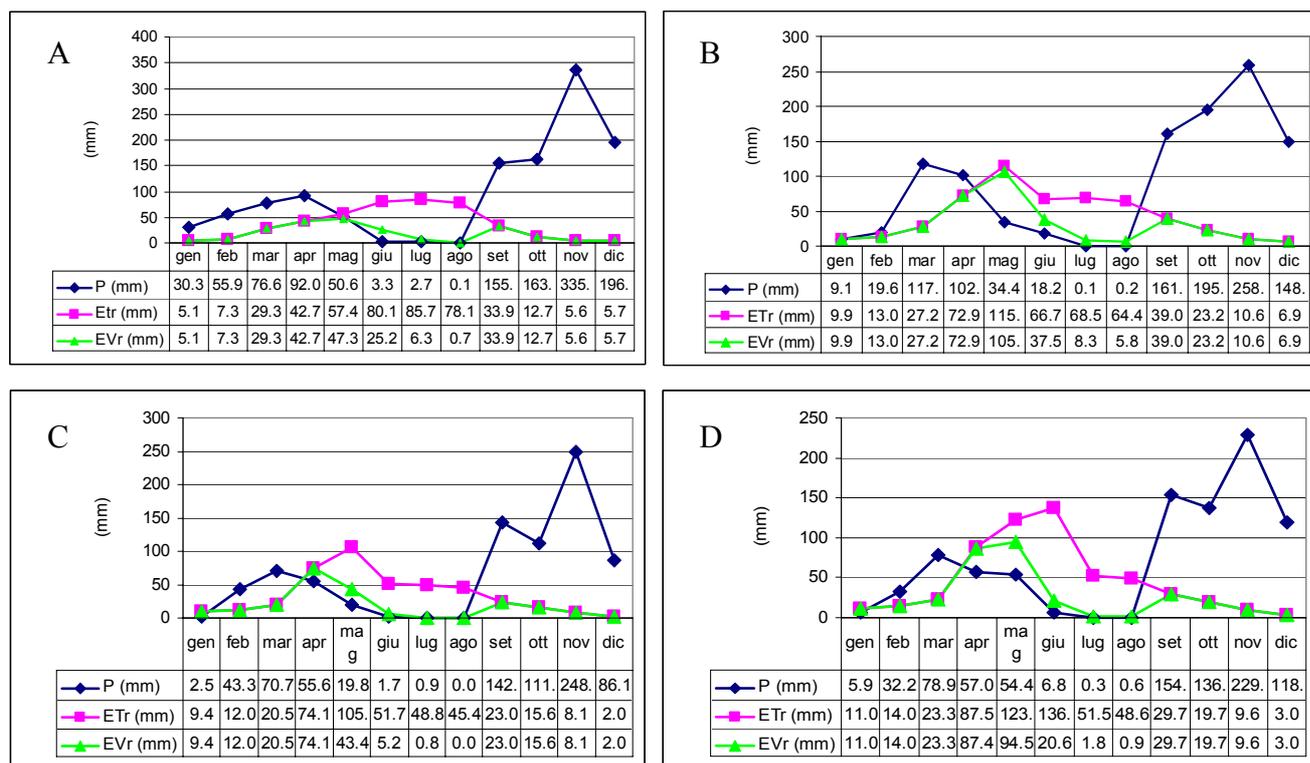


Fig. 3.3b - Confronto dei valori mensili di Precipitazione (P), Evapotraspirazione Culturale (ETr) e Evapotraspirazione Reale (EVR) nei mesi dell'anno 1993, per alcuni bacini – A) Rio d'Itri; B) F. Astura; C) F. Sisto (bacini sulla duna antica); D) Canale Selcella.

Si osserva che nell'anno di riferimento, i bacini sono coaratterizzati da un lungo periodo di deficit idrico. Le condizioni di deficit vengono evidenziate dallo scarto esistente tra la linea dell'Evapotraspirazione colturale (ETr - domanda idrica teorica ottimale della vegetazione naturale e coltivata nelle condizioni di meteo-climatiche locali) e la linea dell'Evapotraspirazione reale (EVR) i cui valori sono condizionati dalla effettiva disponibilità idrica (precipitazioni + acqua contenuta nel suolo).

Nella figura si osservano condizioni di deficit:

- tra Maggio e Settembre, per il bacino del Rio d'Itri, poco coltivato e esteso su aree montane, e per il bacino del F. Astura, caratterizzato dalla presenza di suoli spessi;
- tra Aprile e Settembre per i bacini dal Selcella e del F. Sisto, ricadenti nella Pianura Pontina e caratterizzati da agricoltura intensiva.

La differenza tra EVr e ETr deve essere interpretata in maniera differente a seconda che si considerino le aree coltivate irrigate o le aree con vegetazione non irrigata. Nel primo caso, il deficit idrico è indicativo dei fabbisogni irrigui, nel secondo caso, il deficit rappresenta un valore teorico che può essere indicativo di condizioni di sofferenza della vegetazione (appassimento delle specie vegetali) o della presenza di associazioni vegetali naturali con idroesigenze significativamente inferiori a quella di riferimento.

#### 4 Caratterizzazione del regime dei deflussi

Sui corsi d'acqua della provincia, data l'assenza di stazioni di rilevamento, non sono disponibili informazioni sistematiche circa il regime idrologico. L'unica eccezione è costituita dalla stazione del SIMN sul F. Amaseno a Fossanova (bacino sotteso di superficie pari a 398 kmq), che ha funzionato in maniera discontinua nei periodi 1934 ÷ 1940; 1951 ÷ 1953; 1964 ÷ 1970, dalle cui registrazioni si possono ricavare valori della portata media massima di circa 139 mc/s (evento del 10/10/1936), pari ad un contributo specifico medio di 350 l/s kmq, ed una portata minima media tra settembre e ottobre compresa tra 0,75 e 2,5 mc/s.

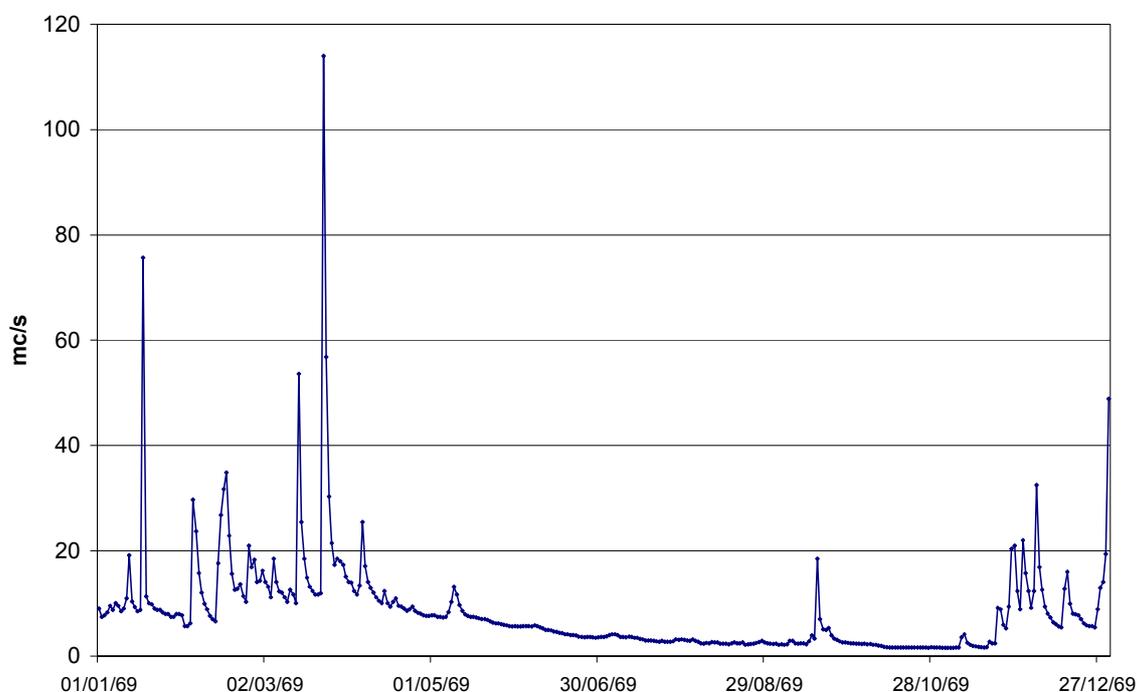


Fig.4a – Portate giornaliere misurate sul F. Amaseno nell'anno 1969

I dati disponibili sono comunque aggiornati ad oltre 30 anni fa e non consentono di ricavare significative indicazioni circa gli attuali regimi di deflusso. Si consideri che attualmente, nel periodo estivo, il notevole incremento dei prelievi determina a valle dello sbarramento artificiale del F. Amaseno, sito in Loc. Capocroce (comune di Sonnino), portate praticamente nulle (vedi campagna di misure in alveo Agosto 2003).

La mancanza di stazioni di misura delle portate in alveo costituisce la principale lacuna della rete di monitoraggio qualitativo e quantitativo delle acque superficiali e sotterranee della Provincia

di Latina. E' evidente, infatti, che il campionamento delle acque e l'interpretazione dei dati analitici non possono prescindere dalle condizioni di deflusso presenti nel corso d'acqua al fine di poter tenere in debita considerazione i seguenti fattori:

- il grado di diluizione degli scarichi, per cui la qualità delle acque, a parità di volumi di inquinanti immessi, varia in funzione della portata naturale del corso d'acqua;
- le condizioni di deflusso, per cui i carichi inquinanti presenti nelle acque possono derivare dalle acque dilavanti connesse con i fenomeni di ruscellamento in concomitanza di eventi piovosi intensi, e/o da immissioni localizzate lungo il corso d'acqua, in condizioni di deflusso normale.

Per ovviare a tali carenze conoscitive, nel presente studio sono state effettuate le seguenti attività:

- due campagne di misura di portata in 154 sezioni ubicate nei principali corsi d'acqua del territorio provinciale;
- la stima dei volumi mensili di ruscellamento dei bacini e dei sotto bacini idrografici, mediante l'applicazione di tecniche di bilancio distribuito.

I risultati delle attività svolte sono organizzati ed archiviati a scala di sottobacino nella Banca Dati relazionale allegata (vedi Capitolo 10).

Le modalità di svolgimento delle campagne di misura sono descritte nel capitolo 5.

In mancanza di serie storiche di riferimento, in prima approssimazione, ai fini della progettazione della rete di monitoraggio, le misure effettuate nella campagna Agosto 2003 possono essere ritenute indicative dei valori minimi del deflusso di base dei corsi d'acqua. L'estate 2003 è stata caratterizzata, infatti, da condizioni particolarmente siccitose.

Per quanto riguarda la definizione dei deflussi connessi con i fenomeni di ruscellamento, nel successivo paragrafo viene descritta la metodologia utilizzata.

Un'analisi più approfondita del regime dei deflussi nei diversi bacini idrografici viene riportata nell'allegato 4 (Schede di sintesi dei Bacini Idrografici).

#### **4.1 Stima del ruscellamento**

La stima del ruscellamento rappresenta uno dei problemi più complessi dell'analisi idrologica. Il fenomeno presenta un'elevata variabilità, funzione dell'intensità delle precipitazioni, della natura e dello stato di saturazione del suolo, degli aspetti morfologici del territorio, delle litologie dei substrati, ecc..

I dati attualmente disponibili nel territorio provinciale, in termini di quantità, dettaglio e continuità delle serie di misure idrometriche e pluviometriche non rendono proficuo l'approccio alla stima del ruscellamento, con metodi in grado di fornire le valutazioni a scala di evento.

Per tali ragioni, è stato ritenuto opportuno l'utilizzo di metodologie meno raffinate, ma più efficacemente applicabili rispetto ai dati disponibili.

Per la stima del ruscellamento è stato utilizzato il metodo sviluppato da Kennessey (1930) che, data la relativa semplicità di implementazione e il diffuso utilizzo, può essere applicato con una certa attendibilità e confidenza con il valore dei risultati.

Il metodo calcola, per una definita porzione di territorio, il coefficiente di deflusso.

Tale coefficiente deriva dalla somma di tre componenti dovute: all'acclività dei versanti; alla permeabilità dei terreni affioranti; alla copertura vegetale.

A ciascuna cella viene attribuito il valore del coefficiente di ruscellamento (CK) secondo le indicazioni della tabella che segue (tab. 4.1a).

FATTORI COMPONENTI DELL'INDICE DI KENNESSEY	Indice di aridità < 25	Indice di aridità tra 25 e 40	Indice di aridità > 40
<b>PERMEABILITA'</b>			
Molto scarsa	0,21	0,26	0,30
Scarsa	0,16	0,21	0,25
Mediocre	0,12	0,16	0,20
Buona	0,06	0,08	0,10
Elevata	0,03	0,04	0,05
<b>ACCLIVITA'</b>			
> 35%	0,22	0,26	0,30
10% < A < 35%	0,12	0,16	0,20
3,5% < A < 10%	0,01	0,03	0,05
< 3,5%	0,00	0,01	0,03
<b>COPERTURA VEGETALE</b>			
Assente (roccia nuda)	0,26	0,28	0,30
Pascoli	0,17	0,21	0,25
Colture - arbusti	0,07	0,11	0,15
Bosco d'alto fusto	0,03	0,04	0,05

Tab. 4.1a – Coefficienti parziali di ruscellamento (Kennessey, 1930)

Per la scelta del valore, oltre alle caratteristiche fisiche del territorio si fa riferimento (Tardi & Vittoriani, 1977) all'indice di aridità (Ia):

$$Ia = [P/(T + 10) + 12p/t] / 2$$

Dove:

P = precipitazione media annua

T = Temperatura media annua

p = precipitazione del mese più arido

t = temperatura del mese più arido

Prendendo a riferimento i valori medi del periodo 1983-1995, registrati dalle stazioni pluviometriche del SIMN si ottiene  $\lambda < 25$ . I valori utilizzati sono pertanto quelli riferiti alla prima colonna della tabella 4.1a.

Per l'attribuzione ad ogni cella di discretizzazione del territorio dei valori dei componenti del coefficiente di ruscellamento sono stati utilizzate le basi cartografiche prodotte dall'Ufficio di Piano: Carta della Permeabilità (Fattore permeabilità); Carta dell'Uso del Suolo (Fattore copertura vegetale); Carta delle pendenze ricavata dal DEM (Fattore acclività).

Il ruscellamento (R) è calcolato a scala annuale come sommatoria dei contributi mensili, mediante la seguente relazione:

$$R_{\text{anno}} = \sum (P_{\text{mese}} - EV_{r_{\text{mese}}}) * CK$$

Dove

R = ruscellamento (mm);  
 $P_{\text{mese}}$  = precipitazioni mensili;  
 $EV_{r_{\text{mese}}}$  = evapotraspirazione mensile;  
CK = coefficiente di Kennessey.

Nel calcolo del ruscellamento non si tiene conto del bilancio mensile del suolo in quanto le verifiche effettuate mediante confronto con i dati sperimentali di ruscellamento (Capelli et alii, in stampa) hanno evidenziato che i valori dei coefficienti di Kennessey (CK) sono statisticamente dimensionati rispetto alle piogge efficaci.

Nel modello di calcolo, il ruscellamento calcolato sulle celle dei versanti interni delle aree endoreiche viene cumulato e computato come afflusso distribuito sulle celle delle aree depresse che, in condizioni di permeabilità favorevoli, divengono aree di infiltrazione concentrata.

Considerando l'intera estensione territoriale analizzata (2250 kmq), il valore medio del ruscellamento del periodo 1983-1995 è pari a circa 256,7 mm/anno, circa il 25 % dell'afflusso meteorico.

Il riferimento al valore medio è comunque poco indicativo, il ruscellamento, infatti, varia sensibilmente sia in termini spaziali che temporali. Nell'area di studio il ruscellamento può sia eguagliare le precipitazioni (aree impermeabilizzate) che costituirne una frazione trascurabile (aree endoreiche).

Nel grafico che segue (Fig. 4.1a) viene evidenziata la distribuzione delle classi dei valori del ruscellamento medio annuo del periodo considerato.

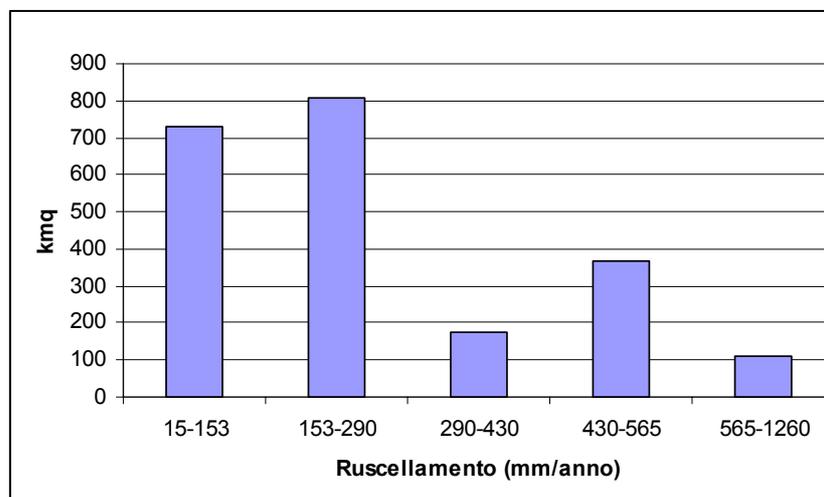


Fig.4.1a - Distribuzione delle classi del valore medio del ruscellamento calcolato in maniera distribuita sul territorio della Provincia di Latina (periodo 1983-1995)

I valori della classe più elevata (565-1260 mm/anno) sono prevalentemente connessi con la presenza delle aree urbanizzate che, come si può osservare in Fig. 4.1a, determinano nell'area un significativo incremento dei deflussi per ruscellamento.

Nel territorio provinciale, purtroppo, non sono presenti stazioni sperimentali di misura delle portate in continuo e pertanto non risulta possibile una verifica diretta della taratura della procedura utilizzata. Si evidenzia comunque che, verifiche effettuate nell'area degli acquiferi vulcanici laziali (Autorità dei Bacini Regionali del Lazio, 2003 e Capelli et alii, in stampa) indicano un errore di stima a scala annua nell'ordine del 5-6 % della precipitazione complessiva.

Si fa osservare che il coefficiente di ruscellamento (CK) di Kennessey ha validità a scala annuale. Tuttavia i valori del ruscellamento mensili, seppur meno significativi, risultano essere di maggiore utilità per la caratterizzazione dei bacini a supporto della definizione delle reti di monitoraggio.

## **5 Campagne di misura**

Come previsto dal capitolato sono state effettuate due campagne di misura, sia in alveo che piezometriche, per una prima caratterizzazione quantitativa e qualitativa dei deflussi in alveo e delle falde sotterranee. Le campagne sono state pianificate con la redazione di un piano di lavoro, sottoposto all'approvazione della committenza, che ha costituito la consegna della prima fase. Rispetto alla iniziale pianificazione è stato necessario apportare alcune modifiche soprattutto in relazione all'accessibilità e convenienza dell'ubicazione rispetto alle finalità del lavoro in relazione a nuove informazioni acquisite.

Tutti i pozzi e le sezioni misurati sono stati ubicati mediante rilievo GPS e le informazioni relative registrate in un data base relazionale realizzato in ambiente MS Access dalla Tecnostudi Ambiente S.r.l. e dal Laboratorio di Idrogeologia della III Università di Roma. Tale data base è stato realizzato in occasione degli studi idrogeologici effettuati per l'Autorità dei Bacini Regionali del Lazio e l'Autorità di Bacino del F. Tevere sugli acquiferi vulcanici peritirrenici del Lazio e costituisce ad oggi uno standard adottato dalle Autorità di Bacino citate e dalla Regione Lazio.

L'aver adottato per l'archiviazione dei dati provinciali, in accordo con la committenza, lo stesso standard dei principali enti competenti in materia di acque ha permesso, e permetterà nel futuro, un agevole scambio di dati tra i vari enti. Il data base è descritto in dettaglio nel capitolo 5.4.

### **5.1 Misure piezometriche.**

La scelta dei pozzi su cui effettuare i rilievi è stata pianificata in base al criterio della maggiore uniformità possibile di distribuzione areale dei punti di misura.

La configurazione adottata ha previsto una densità di riferimento dei punti di misura calibrata sulla base delle caratteristiche idrogeologiche del territorio, tenendo conto delle campagne di acquisizione dati in alveo e dell'impatto antropico sul territorio. La determinazione dei punti di misura è stata effettuata durante la prima campagna sulla base della presenza di pozzi e confidando sulla disponibilità di accesso da parte dei proprietari.

A seguito di difficoltà operative emerse durante la prima campagna di misura, causate proprio dalla scarsa disponibilità di accesso da parte dei proprietari, si è proceduto, in accordo con la committenza, con la selezione di 267 pozzi denunciati in conformità alla Legge 275/93, ed ai

proprietari sono state inviate lettere informative sul progetto da parte della Provincia di Latina con la richiesta di rendere accessibile il pozzo ai rilevatori. Grazie a questa attività le difficoltà di accesso sono state superate ma il tutto ha comportato ritardi nell'esecuzione delle campagne piezometriche rispetto ai tempi previsti, di conseguenza le due campagne di misura previste sono state eseguite, quasi senza soluzione di continuità, dal maggio 2003 al luglio 2004.

Sono stati quindi misurati 145 pozzi per campagna e prelevati 66 campioni su cui sono state effettuate analisi relative a concentrazione in nitrati, fosforo, durezza, conducibilità, pH e temperatura.

Per la misura del livello statico sono stati utilizzati freatimetri elettrici, composti da un conduttore elettrico con impressa una scala metrica, ancorato da un lato ad sistema di avvolgimento incorporante un alimentatore elettrico (pacco batterie) ed un circuito segnalatore acustico/luminoso di passaggio di corrente. Il terminale libero del cavo è collegato invece ad un sensore strutturato un una coppia di elettrodi isolati. Una volta calato nel pozzo e raggiunta l'acqua, questa chiude il circuito elettrico tra gli elettrodi ed il segnalatore acustico avverte l'operatore dell'avvenuto contatto. La profondità della misura, riferita al piano di campagna, viene letta sulla scala metrica della fettuccia. Ai fini di ottenere un dato attendibile del livello statico, la misura richiede la stabilizzazione del livello statico con pompa disattivata.

L'ubicazione dei pozzi misurati nelle due campagne è riportata nella Tav. 1 allegata.

Oltre alle misure di campagna sono stati inseriti nella banca dati anche una serie di misure di fonte bibliografica recuperate negli archivi della Tecnostudi Ambiente S.r.l., dell'Autorità di Bacino Regionali, del Settore Ecologia e Ambiente della Provincia di Latina e di alcuni professionisti locali resisi disponibili. Nella banca dati sono così stati inseriti ulteriori 464 record con misure freatimetriche eseguite dal 1911 al 2003.

## **5.2 Misure in alveo**

Nell'ambito delle attività di rilevamento idrologico sono state effettuate, nei periodi agosto 2003 e aprile-maggio 2004, misure di portata in alveo su torrenti, fossi e canali. Le sezioni di misura, complessivamente in numero di 154, sono state posizionate, lungo i corsi d'acqua allo scopo di individuare l'entità del flusso di base, i tratti di alveo drenanti e l'entità ed i percorsi degli inquinanti. Per ridurre l'influenza del ruscellamento sulla portata misurata le misure sono state eseguite ad almeno 5 giorni dall'ultimo evento piovoso significativo.

Le misure sono state eseguite con mulinello idrometrico SIAP mod. 4001, con elica di 12 cm di diametro, e contatore SIAP mod. CE6015; dove le caratteristiche della sezione o l'esigua portata non permettevano l'uso del mulinello le portate sono state stimate con il metodo del galleggiante. Per la restituzione del valore della portata è stato applicato il metodo delle "aree parziali".

Per le misure sugli stramazzi sono state utilizzate le relazioni matematiche idrauliche di uso comune.

Contemporaneamente alle misure di portata delle acque transitanti negli alvei dei corsi d'acqua sono state misurate le temperature (acqua ed aria), il Ph e la conducibilità elettrica specifica tramite strumenti elettronici portatili di precisione. Si è provveduto, inoltre al prelievo di 171 campioni d'acqua per analisi idrochimiche, al fine di individuare il carico inquinante ed eventuali immissioni di acque reflue. Su tali campioni sono state eseguite analisi relative alla concentrazione in nitrati, fosforo, ossigeno disciolto e pH.

L'ubicazione delle misure effettuate, acquisita tramite rilievo GPS, è riportata nella Tav. 1.

### 5.3 Analisi chimico-fisiche

Le analisi chimico-fisiche, effettuate su campioni d'acqua prelevati dai pozzi e dai corsi d'acqua, hanno riguardato la determinazione quantitativa dei seguenti elementi chimici e parametri fisici:

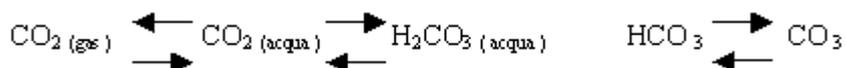
1. **Fosforo totale**: il fosforo ha una origine inorganica derivante dalla solubilizzazione delle apatiti, e un'origine organica derivante dalla decomposizione della materia organica, il suo ciclo è tipicamente sedimentario (si realizza cioè nel terreno). A questo si aggiunge il fosforo derivante dai fertilizzanti chimici dilavati dai suoli coltivati per effetto delle piogge, dagli scarichi civili (di origine metabolica e dai detersivi), dagli scarichi industriali. La tossicità del fosforo nelle acque, è data dalla sua presenza nella forma elementare. Il D.Lgs. 152/99 - Allegato 2 - per il fosforo totale ( P.Tot. ) definisce una concentrazione massima di 0.07 mg/l per le acque salmonicole e 0.14 mg/l per le acque ciprinicole. Negli scarichi diretti in acque superficiali, secondo lo stesso D.Lgs. 152/99 - Allegato 5 - la sua concentrazione non deve essere superiore a 10 mg/l
2. **Durezza totale**: la durezza di un'acqua viene normalmente rappresentata dagli ioni  $Ca^{++}$  e  $Mg^{++}$ ; la durezza totale può, quindi, essere espressa come somma delle

concentrazioni calciche e magnesiache. Il tenore di sali di calcio e magnesio dipende molto dalla natura dei terreni e dalla composizione delle rocce (calcaree o sedimentarie) attraversate dalle acque di deflusso (sia sotterraneo che superficiale). Un aumento della presenza di acidi deboli come conseguenza dell'ossidazione di materiale organico, agisce sull'equilibrio carbonato/bicarbonato aumentando la solubilità del carbonato nell'acqua e quindi il valore della durezza totale. La durezza totale è espressa come mg/l di CaCO<sub>3</sub>

3. **Nitrati**: l'azoto insieme al carbonio è un costituente fondamentale della biomassa degli organismi animali e vegetali. Le sostanze azotate, assieme al fosforo, costituiscono all'interno di un corso d'acqua i nutrienti delle alghe, che sono alla base di tutta la catena alimentare; un'eccessiva concentrazione di queste sostanze, può causare fenomeni di eutrofizzazione. Le sostanze azotate derivano generalmente dai residui vegetali e animali, dai concimi ed i fertilizzanti, dagli scarichi industriali e civili. La forma nitrica dell'azoto esprime la sua massima tossicità quando si riduce nella forma nitrosa. Una sensibile presenza di nitrati (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) nelle acque potrebbe indicare un inquinamento organico prolungato nel tempo. Il limite di concentrazione secondo il D.Lgs. 152/99 -Allegato 5- dell'azoto nitrico presente negli scarichi recapitanti in acque superficiali è di 20 mg/l
4. **Ossigeno disciolto** (solo per i campioni prelevati in alveo): la quantità di ossigeno disciolto presente nell'acqua è il risultato dell'equilibrio fra ossigeno fotosintetico prodotto e ossigeno consumato dalla fauna e dalla flora acquatica per la vita. La concentrazione di questo è regolata inoltre dagli equilibri di diffusione fra aria e acqua, influenzati dalla pressione atmosferica, dalla profondità del corso d'acqua e dalla sua turbolenza, dagli apporti degli affluenti e degli scarichi, dall'altitudine e dalla salinità. Inoltre la diffusione di ossigeno dall'aria, diminuisce con l'aumentare della temperatura. L'ossigeno è il fattore essenziale per la vita di un corso d'acqua, infatti una concentrazione insufficiente provoca condizioni di anossia con ambiente molto riducente, e quindi processi di decomposizione anaerobica delle sostanze organiche, sviluppo di gas maleodoranti e moria di pesci. Il D.Lgs. 152/99 - Allegato 2 - indica valori minimi di 9 mg/l per le acque salmonicole e 7 mg/l per le acque ciprinicole.
5. **Temperatura acqua e aria**: ogni organismo presenta un intervallo di tolleranza termica all'interno del quale avvengono tutti i processi vitali. La variazione di temperatura all'interno di un corpo idrico, come conseguenza dell'inquinamento

termico (ad es. da scarichi di acque di raffreddamento di un ciclo industriale), provoca una minore resistenza nei vari organismi con diminuzione della capacità di sopravvivenza e di riproduzione. L'aumento di temperatura ha anche l'effetto di diminuire la solubilità nell'acqua dell'ossigeno e potenziare gli effetti di eventuali sostanze tossiche presenti. Una sensibile differenza negativa tra temperatura dell'aria e quella dell'acqua può inoltre essere indice di apporti sensibili dalle falde sotterranee.

6. **Conducibilità**: la conducibilità elettrica fornisce una misura globale della concentrazione di tutte le specie ioniche presenti in un corso d'acqua ( compresi grado salino e durezza ). La conducibilità elettrica specifica si definisce come l'inverso della resistenza (in ohm) misurata tra le facce opposte di un cubo della soluzione acquosa in esame, avente il lato di 1 cm. Questa misura, mediante compensazione diretta dello strumento di misura, è normalizzata alla temperatura standard di 20 °C ed espressa in  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . La conducibilità elettrica costituisce un buon indicatore del grado di mineralizzazione di un'acqua, la cui origine può essere naturale, in particolari condizioni idrogeologiche, o antropica.
7. **pH**: la misura del pH rappresenta la valutazione dell' attività degli ioni idrogeno e quindi il grado di acidità all'interno di un ecosistema. Nelle acque superficiali il pH è regolato dall'equilibrio tra i vari sistemi tampone presenti, fra cui il più importante è il tampone carbonatico:



I valori di pH aumentano con l'attività fotosintetica, mentre si riducono in presenza di sostanze riducenti; fattori influenzanti il pH sono costituiti da scarichi industriali e forti attività microbiche. Le varie specie presenti nei corsi d'acqua presentano diversi intervalli ottimali dei valori di pH, ma compresi comunque in un intervallo da 6.6 a 9 unità. I valori limite di emissione in acque superficiali e in fognatura secondo il D. Lgs. 152/1999 devono essere compresi tra 5,5-9,5. Un repentino abbassamento del pH innesca un meccanismo indiretto che porta ad un aumento della tossicità nell'ambiente fluviale, dovuto alla solubilizzazione dei metalli pesanti, alla riduzione delle basi deboli e allo spostamento degli equilibri presenti verso la formazioni di acidi.

La strumentazione utilizzata per la determinazione dei primi quattro parametri consiste in un fotometro multiparametro della Hanna Instruments mod. C 200. Il principio di funzionamento di un

fotometro si basa sulla misura dell'assorbimento selettivo di radiazioni elettromagnetiche da parte delle sostanze da analizzare. L'assorbimento, funzione della struttura molecolare del campione e del percorso ottico, segue la legge di Lambert – Beer:

$$A = \log. I^{\circ}/I = \epsilon_{\lambda} c d$$

Dove:

a = assorbanza;

$I^{\circ}$  = intensità della radiazione incidente;

I = intensità della radiazione uscente del campione;

$\epsilon_{\lambda}$  = coefficiente di estinzione molare, caratteristica della sostanza la luce di una data lunghezza d'onda  $\lambda$ ;

c = concentrazione molare della soluzione;

d = cammino ottico della radiazione all'interno della sostanza.

L'analisi chimica fotometrica si basa sulla possibilità di formare un composto assorbente mediante specifiche reazioni chimiche tra il campione e reagenti specifici.

La misura della temperatura è stata effettuata utilizzando termometri a mercurio con 0,1°C di precisione. Per i pozzi la misura della temperatura è stata effettuata dopo la misurazione del livello statico su acqua prelevata dal pozzo dopo un periodo di pompaggio sufficientemente lungo a garantirne il ricambio completo dell'acqua nello stesso. Questa misura è accompagnata dalla misura della temperatura dell'aria.

La misura del pH è stata effettuata mediante pHmetro portatile, mod HI991001 della Hanna Instruments con misura contemporanea di pH e temperatura.

Analogamente la conducibilità è stata misurata in sito con l'uso di conduttimetro portatile.

## 5.4 Archiviazione dei dati raccolti

Di seguito viene descritta la banca dati utilizzata per l'archiviazione dei dati raccolti nelle campagne di misura effettuate e negli archivi citati nei paragrafi precedenti. La descrizione è tratta dalla "Guida all'uso della Banca Dati dei punti di osservazione" redatta a seguito degli "Studi idrogeologici per la definizione degli strumenti necessari alla redazione dei piani stralcio relativi agli acquiferi vulcanici del territorio della Regione Lazio". Rispetto alla banca dati originaria sono state apportate soltanto alcune modifiche nelle sottomaschere relative alle misure per poter permettere l'archiviazione dei dati qualitativi originariamente non previsti.

La banca dati è costituita da un data base relazionale realizzato con il software di larga diffusione "Access" della Microsoft. La banca dati viene fornita nella versione ACCESS 2000.

Di seguito vengono presentate le maschere di inserimento dei dati e delle brevi note illustrative sul contenuto e le modalità di inserimento dei dati meno intuitivi.

All'apertura della banca dati viene aperta automaticamente la maschera "Menù principale" dalla quale è possibile accedere alle varie maschere di inserimento divise per tipologia di punti censibili cliccando sul pulsante corrispondente.



Importante!: Per evitare possibili problemi con i campi che presentano decimali è opportuno seguire le istruzioni riportate nel pulsante "Impostazioni di Windows".

Banca dati PUC - [Bibliografia]

File Modifica Visualizza Inserisci Formato Record Strumenti Finestra ?

Codice fonte: data compilazione: 29/07/02 Torna al menù principale

Titolo

Autore

Editore Anno pubblicazione

Collocazione

cartografia allegata: scala:

Note

### SCHEDA BIBLIOGRAFIA

Questa maschera contiene le fonti di riferimento bibliografiche a cui fanno eventualmente riferimento i punti censiti, va quindi compilata per prima ed ogni qual volta si immettono dati di una nuova fonte bibliografica.

## SCHEDA PERFORAZIONI

Questa scheda è costituita da 4 sezioni:

### Localizzazione

The screenshot shows a software window titled "Banca dati PUC - [Perforazioni]". The interface includes a menu bar with options like "File", "Modifica", "Visualizza", "Inserisci", "Formato", "Record", "Strumenti", and "Finestra". Below the menu is a toolbar with various icons. The main area is a form with several sections:

- Codice:** 10192
- data compilazione:** 07/01/2004
- Torna al menù principale:** button
- Localizzazione:** active tab, with sub-tabs for "Caratteristiche", "prove di portata", "Stratigrafia", and "Misure".
- Provincia:** LATINA (dropdown)
- Comune:** FONDI (dropdown)
- Municipi Comune di Roma:** (dropdown)
- Località:** (text input)
- Longitudine m UTM F33:** 360043
- Latitudine m UTM F33:** 4575330
- coord. interpretate:** checkbox (unchecked)
- CTR:** 414080
- Indirizzo:** VIA SUGARELLE, 4
- Proprietario:** DI GIROLAMO FRANCO
- Tel.:** (text input)
- autodenuncia:** 10192
- concessione:** (text input)
- Concessione:** checkbox (unchecked)
- Tipo pozzo:** (dropdown)
- Unità idrogeologica:** (text input)
- foglio:** (text input)
- particella:** (text input)
- C:\PUC\Schemi\** (text input)
- Nome immagine schema:** 10192-UB.jpg

Selezionando prima la provincia dal relativo elenco vengono visualizzati nell'elenco "comune" solo i comuni di quella provincia, nel caso del comune di Roma può essere indicato anche il municipio (ex circoscrizioni).

Il campo [autodenuncia] si riferisce al numero di protocollo delle autodenunce relative alla L.275/93.

Il campo [concessione] si riferisce al numero di protocollo di eventuali domande di concessione.

E' possibile inserire un'immagine (tiff, bitmap o jpeg) con lo schema di accesso al pozzo (risulta utile per le successive misure) copiando il file nel percorso specificato in alto e inserendo nel campo [Nome immagine schema] il nome del file raster comprensivo di estensione (ad es. M453P.bmp).

Volendo conservare i file raster in un percorso diverso è necessario cambiare il modulo della maschera corrispondente.

## Caratteristiche

Il campo [Fonte bibliografica] si riferisce alla fonte di riferimento per la perforazione e “pesca” dai dati inseriti nella scheda [Bibliografia], nel campo [Cod orig fonte] va inserito il codice con cui viene indicata la perforazione nella fonte bibliografica di riferimento. La sezione [altre fonti] contiene eventuali fonti bibliografiche che riguardano la perforazione.

A parte il campo [quota m slm] tutti i campi relativi alla quota assoluta s.l.m. vengono calcolati automaticamente.

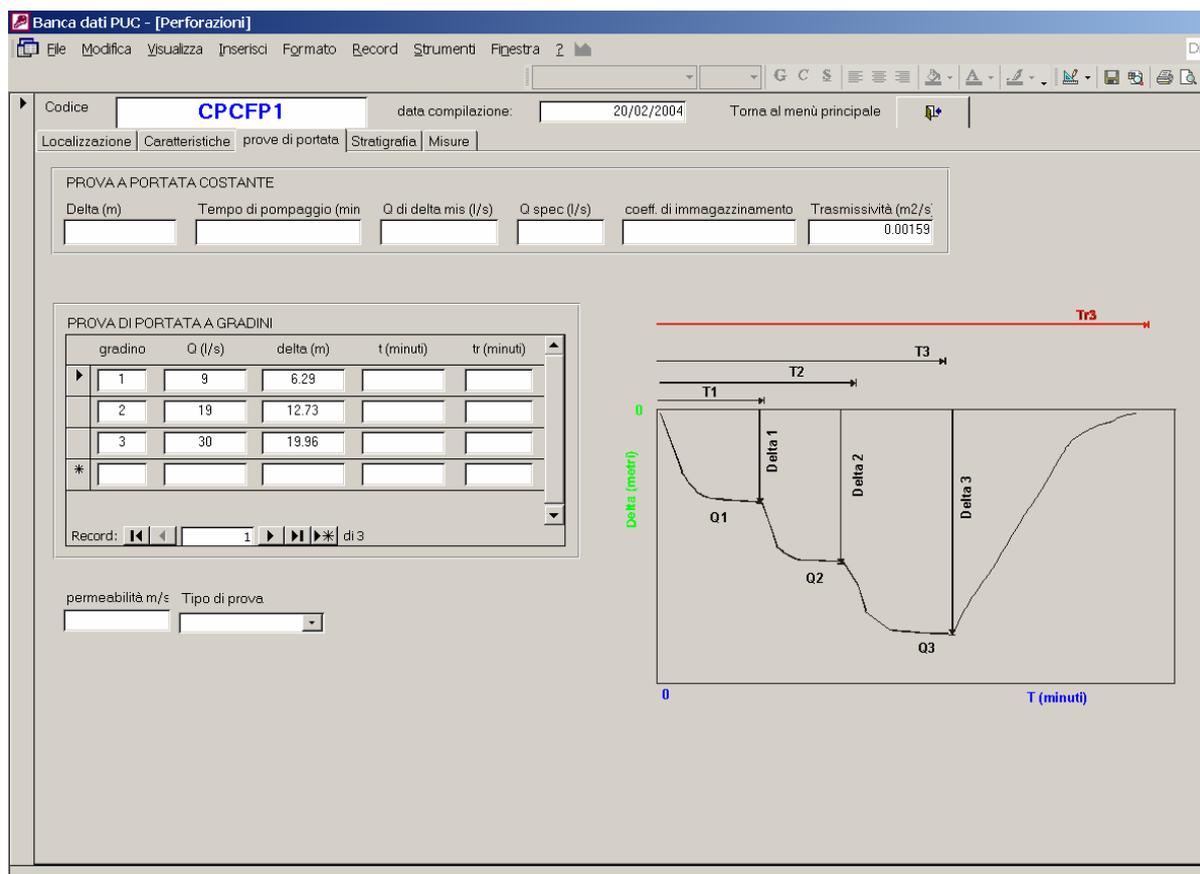
Nel campo [rivestimento] va inserito il tipo di rivestimento (es. ferro, pvc, assente, ecc.)

Il campo [Recupero livello] contiene eventuali informazioni sulle condizioni di recupero, mentre il campo [Condizioni di staticità della misura] si riferisce ad eventuali interferenze sulle condizioni statiche del livello (es. pompa in funzione, pompa spenta da 1h, pozzi in funzione in prossimità ecc)

Nelle sezioni [falde riscontrate] e [filtri] va sempre inserito nel primo campo il numero progressivo delle falde o dei filtri dal piano campagna verso il basso.

La casella [Stratigrafia] va spuntata quando sono presenti dati stratigrafici memorizzati nella relativa sottomaschera, in tal modo è possibile selezionare facilmente tutte le perforazioni fornite di queste informazioni.

## Prove di portata



Nella parte superiore della sottomaschera è possibile archiviare i dati relativi a prove di emungimento a portata costante ed i principali parametri caratteristici dell'acquifero e del pozzo.

Nella parte inferiore possono essere archiviati i dati relativi ad una prova a gradini (non c'è limite al numero di gradini). Lo schema sulla destra è esplicativo del significato del contenuto dei campi.

Infine è possibile archiviare dati sulla permeabilità dei terreni calcolati con le più comuni prove.

## Stratigrafia

Codice **B156** data compilazione: 22/06/2003

Localizzazione | Caratteristiche | prove di portata | **Stratigrafia** | Misure

	prof. dal p.c.		quota s.l.m.		Spessore m	descrizione
strato	da m	a m	da m slm	a m slm		
1	0	2	1.50	-0.50	2.00	Terreno vegetale
2	2	5	-0.50	-3.50	3.00	Travertino
3	5	20	-3.50	-18.50	15.00	Argilla
4	20	23	-18.50	-21.50	3.00	Torba
5	23	41	-21.50	-39.50	18.00	Argilla
6	41	42	-39.50	-40.50	1.00	Sabbia acquifera
*						

Record: 1 di 6

Il campo [strato] deve essere riempito dall'operatore e contiene il numero progressivo delle litologie individuate dal piano campagna verso il basso.

Il campo [spessore] e quelli relativi alla quota assoluta vengono calcolati automaticamente

## Misure

Banca dati PUC - [Perforazioni]

File Modifica Visualizza Inserisci Formato Record Strumenti Finestra ?

Codice: **CPCFP1** data compilazione: 20/02/2004 Torna al menù principale

Localizzazione Caratteristiche prove di portata Stratigrafia **Misure**

	data	liv stat m pc	liv din m pc	liv stat m slm	liv din m slm	Q emun. l/s	T °C	conducibilità	pH	Nitrati	Fosforo	Durezza	Fonte
▶	01/08/1995	22.24		4.76									130
*													

Record: 1 di 1

I campi di questa scheda sono analoghi a quelli già descritti

## SCHEDA SORGENTI

Questa scheda è costituita da 3 sezioni:

### Localizzazione

The screenshot shows a software window titled "Banca dati PUC - [Sorgenti]". The interface includes a menu bar with options like "File", "Modifica", "Visualizza", "Inserisci", "Formato", "Record", "Strumenti", and "Finestra". Below the menu is a toolbar with various icons. The main content area is titled "Localizzazione" and contains several input fields and dropdown menus. At the top, there is a "Codice" field and a "data compilazione:" field with the value "12/08/2004". A button labeled "Torna al menù principale" is also present. The "Localizzazione" section is divided into three tabs: "Localizzazione", "Caratteristiche", and "Misure". The "Localizzazione" tab is active and contains the following fields:

- Provincia: dropdown menu
- Comune: dropdown menu
- Municipi Comune di Roma: dropdown menu
- Località: text input field
- nome sorgente: text input field
- Utilizzatore: text input field
- concessione: text input field
- concessione: checkbox
- Longitudine m UTM F33: text input field
- Latitudine m UTM F33: text input field
- Riferimento coordinate: dropdown menu
- CTR: text input field
- coord. interpretate: checkbox
- Unità idrogeologica: text input field
- Bacino: text input field
- Sottobacino: text input field
- Corso d'acqua: text input field
- da toponomastica della CTR o "sn" se non disponibile: text input field
- foglio: text input field
- particella: text input field
- C:\PUC\Schemi\
- Nome immagine schema: text input field

## Caratteristiche

Nel campo [emanazione gassosa associata] va eventualmente inserito il codice della relativa scheda “Emissioni”.

## Misure

Le schede:

SCHEDA SEZIONI DI MISURA IN ALVEO

SCHEDA DERIVAZIONI

SCHEDA RILASCI

SCHEDA EMISSIONI

sono analoghe a quelle precedentemente descritte.

## 5.5 Prime indicazioni sulla caratterizzazione qualitativa delle acque sotterranee

Nell'ambito delle attività finalizzate alla definizione delle caratteristiche e del regime delle portate dei corsi d'acqua superficiali, si è ritenuto opportuno sviluppare una specifica attività di rilevamento dei livelli piezometrici e delle caratteristiche chimico-fisiche di base delle falde superficiali ospitate nei depositi vulcanici, costieri ed alluvionali.

Nel complesso sono stati rilevati i livelli statici e seguite analisi su campioni d'acqua in circa 10 pozzi distribuiti in maniera omogenea sul territorio provinciale, ad esclusione degli acquiferi carbonatici.

La bassa densità dei punti di osservazione e campionamento non consente, ovviamente, di generalizzare su rigorose basi quantitative le osservazioni sull'assetto piezometrico e il chimismo delle acque sotterranee. Tale obiettivo trascende comunque le risorse disponibili per il presente studio. Tuttavia il confronto dei dati rilevati nelle falde superficiali e l'interpolazione mediante *kriging* delle informazioni raccolte a scala di schema rappresentativo (vedi figure che seguono) forniscono alcune informazioni significative.

Innanzitutto si rileva che il contenuto di nitrati rilevato nelle falde superficiali è in genere superiore di circa un ordine di grandezza rispetto a quello rilevato nei corsi d'acqua. Ciò evidenzia:

- la tendenza all'accumulo progressivo delle sostanze inquinanti nella falda, dotata di minore capacità di ricambio e autodepurazione rispetto alle acque superficiali;
- la persistenza delle fonti di inquinamento diffuso;
- il fatto che i composti azotati sono presenti nei corsi d'acqua prevalentemente sotto altre forme quali ammoniaca o altri componenti organici.

Fenomeni analoghi si riscontrano rispetto ai composti del fosforo.

Rispetto alla distribuzione sul territorio il carico di fosforo e nitrati appare elevato sulla duna quaternaria, nell'area costiera della Piana di Fondi, sui versanti meridionali orientali dei Colli Albani (aree di Giulianello, Cisterna di Latina e Aprilia) e nell'area di Formia.

Anomala appare l'elevata concentrazione di fosforo rilevata nel settore pedemontano della Pianura Pontina, tra le sorgenti dei Grilli e la S.S. Appia. In quest'area, caratterizzata dalla presenza della falda dei calcari in pressione, i valori elevati di fosforo non sono associati a valori elevati del contenuto di nitrati. Ciò lascerebbe supporre una possibile origine naturale del fosforo che comunque deve essere approfondita.

Le mappe schematiche della distribuzione delle temperature, del pH e della conducibilità elettrica specifica devono essere interpretate tenendo conto della scarsa significatività del campione statistico disponibile.

Nella Pianura Pontina pedemontana, dove sono disponibili un maggior numero di informazioni, la distribuzione dei valori elevati di conducibilità, indica il settore in cui i pozzi intercettano i circuiti caratterizzati da elevata mineralizzazione nell'acquifero carsico sepolto.

## 6 Le fonti dei carichi inquinanti

Come già accennato le fonti di potenziale produzione di carichi inquinanti possono essere suddivise in:

- attività agricole;
- attività zootecniche e ittiogeniche;
- scarichi civili;
- scarichi industriali;

Le fonti possono essere inoltre di tipo puntuale (scarichi veri e propri) o diffuse (ad es. di origine agricola per lisciviazione dei terreni).

Per la conoscenza dell'ubicazione ed entità degli scarichi puntuali civili ed industriali sono disponibili diverse banche dati gestite, per le loro attività istituzionali, sia dalla Provincia di Latina che da altri enti (ad esempio gli ATO). Tali banche dati non costituiscono però fonti esaustive in quanto in esse non sono archiviati gli scarichi non denunciati e possono inoltre non essere sufficientemente aggiornate.

La determinazione dei carichi diffusi passa obbligatoriamente attraverso modelli di stima tanto più affidabili quanto più precisa è la conoscenza delle variabili che utilizzano.

Per questi motivi si è scelto di operare la determinazione dei carichi inquinanti attraverso due strade parallele

1. Il calcolo analitico attraverso i dati puntuali contenuti nelle banche dati disponibili
2. La stima dei carichi potenziali attraverso modelli che utilizzano dati indiretti quali la popolazione residente e fluttuante o le caratteristiche pedologiche dei terreni influenzanti il rilascio di azoto di derivazione agricola

E' stato inoltre effettuato il confronto, dove possibile, dei risultati analoghi ottenuti attraverso le due metodologie, sia per tarare i risultati dei modelli sia per evidenziare eventuali carenze conoscitive nelle banche dati esistenti.

Altro fattore determinante nel calcolo dei carichi inquinanti è la loro posizione geografica (georeferenziazione) ad una scala tale da permettere, in fase di analisi, la successiva riagggregazione dei dati per ambiti significativi (sottobacini). Infatti la spazializzazione del dato per ambiti territoriali estesi o con limiti non compatibili con quelli fisici delle aree di studio (ad esempio il

carico zootecnico complessivo per comune) non permette l'analisi di dettaglio necessaria alla definizione di interventi efficaci.

Di seguito vengono descritte le banche dati utilizzate nello studio.

## 6.1 Il Catasto scarichi del settore Ecologia e Ambiente

Una sicura fonte di riferimento per la conoscenza degli scarichi puntuali di reflui immessi nella rete scolante provinciale è costituita dalla banca dati Catasto Scarichi realizzata dal Settore Ecologia e Ambiente in ottemperanza al D.G.R 13/10/93 n° 7615.

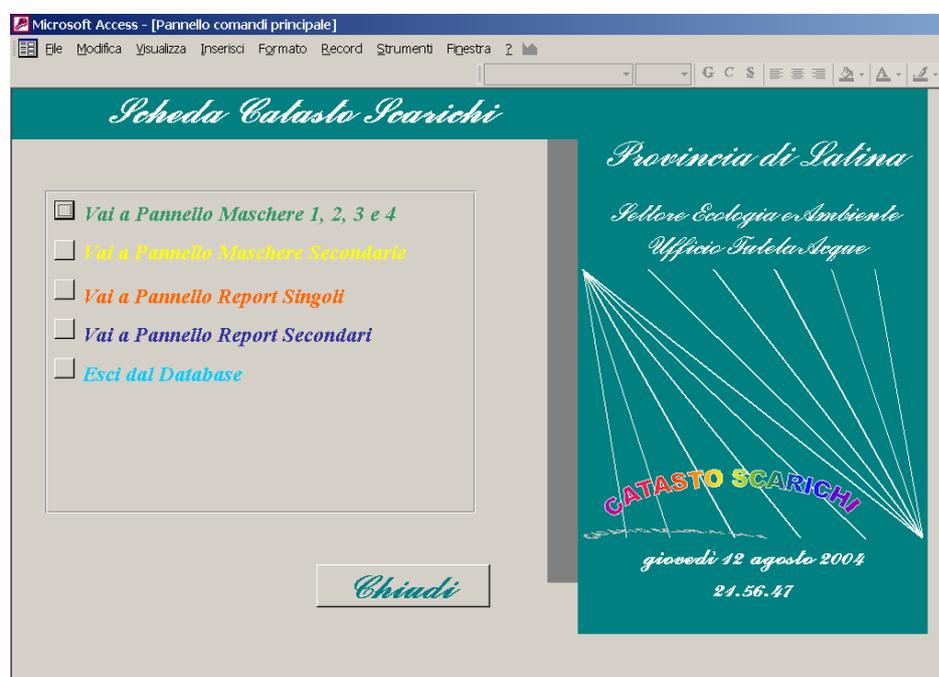


Fig. 6.1a – Banca dati Catasto Scarichi, pannello iniziale

Tra i vari dati presenti nel catasto sono stati utilizzati in particolare quelli relativi alla tipologia dello scarico (civile o produttivo), quantitativi immessi, regime stagionale di rilascio, categoria produttiva, corpo idrico recettore ed ubicazione dello scarico. Per quest'ultimo dato è stato necessaria un'attività specifica di conversione e validazione delle coordinate dichiarate nella scheda censimento. Infatti nella scheda le coordinate vengono richieste nel sistema Gauss Boaga mentre il sistema adottato dal SIT provinciale, in coerenza con quello regionale, è l'UTM fuso 33 ED50. Dopo la conversione il dato è stato validato verificando il comune in cui ricadeva rispetto a quello

dichiarato nella scheda. Tutti gli scarichi che non hanno superato la validazione o che risultavano privi di coordinate sono stati georeferenziati attraverso gli estremi catastali o la conoscenza diretta dei tecnici del Settore. L'attività è in fase di completamento, attualmente su 475 record presenti nella banca dati ne restano da georeferenziare 43.

## **6.2 Il Progetto censimento scarichi SPS del settore Ecologia e Ambiente**

Un'altra banca dati in possesso del Settore Ecologia e Ambiente è costituita dal "Catasto degli scarichi nei corpi idrici superficiali" realizzato con il *Progetto di Occupazione giovanile aggiuntiva per la realizzazione di interventi di salvaguardia ambientale* nel 1995. In tale progetto sono stati archiviate 1578 schede scarichi all'interno di una banca dati dedicata realizzata mediante uno specifico software. La conversione dei dati dal software originario allo standard attualmente utilizzato dalla provincia (MS Access) ha richiesto un'attività specifica così come la validazione e georeferenziazione degli scarichi in cui si è dovuto procedere con l'informatizzazione a video delle cartografie disponibili su supporto cartaceo. Attraverso tale attività, a causa del non ottimale stato di conservazione del materiale cartaceo, è stato possibile georeferenziare solamente una parte delle schede e precisamente 820 impianti e 529 scarichi. A causa della non completezza e dell'"età" del dato le informazioni contenute in questa banca dati sono state utilizzate solamente come "notizia" della presenza di uno scarico da confrontare con il più aggiornato Catasto Scarichi Provinciale.

## **6.3 Rete di depurazione, la Banca Dati dell'ATO4**

Per la definizione dello stato di depurazione della provincia si è fatto riferimento alla "Ricognizione delle opere e delle gestioni" effettuato dall'Autorità d'Ambito Territoriale n°4 Lazio Meridionale – Latina nel 1999.

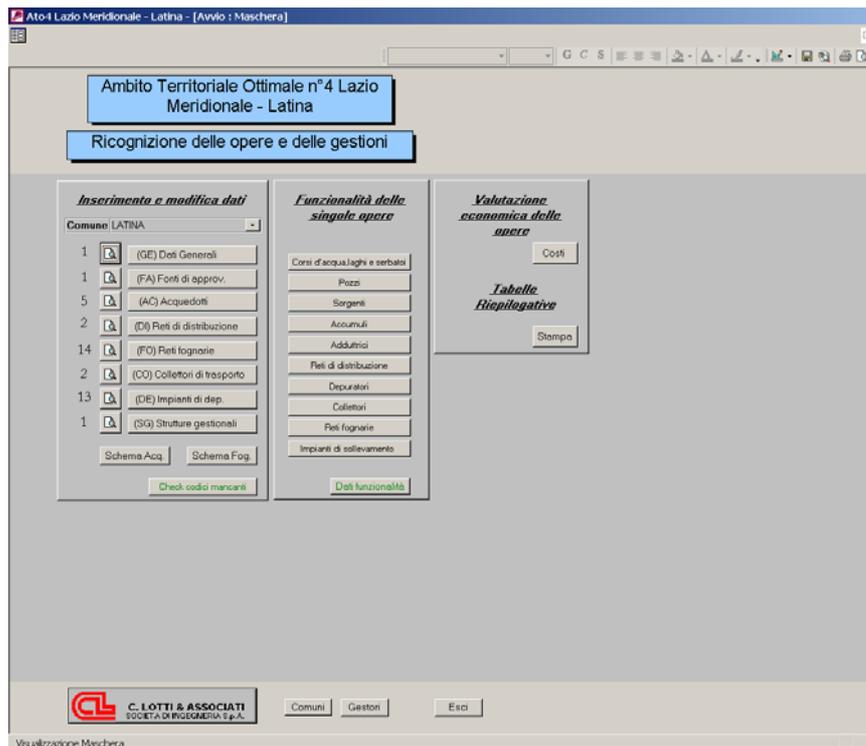


Fig. 6.3a – Banca dati ATO4, pannello iniziale

Di questa banca dati, realizzata in MS Access, sono stati utilizzati i dati relativi agli Impianti di depurazione, alle Reti fognarie e Collettori di trasporto. Le ubicazioni ed i tracciati sono stati tratti dalla cartografia vettoriale in formato dwg allegata.

In particolare i dati utilizzati relativi agli impianti di depurazione sono: capacità (in ab. equivalenti), stato (in esercizio o meno), rete locale servita, volume medio di reflui prodotti (in l/s), corpo idrico recettore.

Nell'analisi di questi dati si sono rilevate diverse carenze, soprattutto per quanto riguarda il volume di reflui che non sempre è riportato e l'aggiornamento delle reti fognarie esistenti.

Ato4 Lazio Meridionale - Latina - [DE]

File Modifica Visualizza Inserisci Egrmato Record Strumenti Pagina 2

**IMPIANTO DI DEPURAZIONE** Comune **LATINA** Codice **4 014**

**IDENTIFICAZIONE**

Denominazione impianto (località):

Codice impianto:  Codice Gs:

Coord. UTM dell'opera: Fuso:  Nord:  Est:

Comune di ubicazione dell'opera:  Codice Comune:

Reti/località servite:

Stato di realizzazione:

**DATI TECNICI**

Volume medio trattato(m<sup>3</sup>\*1000)/anno:  Anno di riferimento:

Potenzialità massima impianto di temp asciutto (Uo):

Abitanti equivalenti serviti:

Tipologia: Residenti  Equivalenti industriali  Fluttuanti

Capacità nominale (abit. equiv.):

Tipologia acqua trattata: Nera civile (%)  Mista civile (%)

Nera industriale (%)  Mista industriale (%)

Presenza scolmatore:

**Tipologia di trattamento - Linea liquami:**

Sollevamento     Griglia manuale     Griglia automatica     Titratore  
 Dissabiatore     Disoleatore     Vasca Imhoff     Sedimentatore primario  
 Bacino di pioggia o vasca di equalizzazione     Letti percolatori     Biodischi  
 Fanghi attivi     Fanghi attivi ossidazione totale     Chiarificatore  
 Sedimentatore secondario     Unità di disinfezione con:      Digestore Anaerobico  
 Nitrificazione     Denitrificazione     Rimozione fosforo     Filtrazione

**Tipologia di trattamento - Linea fanghi:**

Digestore anaerob

Fig. 6.3b – banca dati ATO4, maschera relativa agli impianti di depurazione

## 7 Fonti dati utilizzate per la quantificazione dei carichi civili

I carichi civili puntuali sono stati calcolati in base ai dati archiviati nella banca dati del Catasto scarichi del Settore Ecologia e Ambiente descritto precedentemente.

Per la stima dei carichi civili diffusi si è operato secondo i seguenti step:

1. spazializzazione dei dati ISTAT relativi a popolazione residente sulla base della Carta dell'Uso del Suolo
2. spazializzazione dei dati APT relativi al flusso turistico per la stima della popolazione fluttuante
3. individuazione delle aree residenziali servite da pubblica fognatura allacciata a depuratore e quindi, specularmente, delle aree residenziali non allacciate a impianti di depurazione.

### 7.1 Procedura utilizzata per la spazializzazione dei dati relativi alla popolazione residente

I dati disponibili per la spazializzazione della popolazione alla data del 01/06/2004 sono i seguenti:

- a) Sezioni censimento ISTAT 1991 con i dati relativi alla popolazione residente e le abitazioni occupate e non occupate
- b) Censimento ISTAT anno 2000 della sola popolazione aggregato per Comune
- c) Carta dell'Uso del Suolo redatta dall'Ufficio di Piano della Provincia in scala 1:10.000 relativamente alle seguenti classi:

Cod Corine	Descrizione
1.1.1	Insedimento Continuo - Centri Abitati
1.1.2	Insedimento Discontinuo
1.1.2.1	Case sparse
1.1.2.3	Edifici Rurali e annessi agricoli

Per la spazializzazione dei dati di popolazione relativi alle sezioni ISTAT sulla Carta dell'Uso del Suolo si è proceduto nel seguente modo:

1. Aggiornamento del valore di popolazione residente sulla base del trend 1991-2000 ricavato a scala comunale (campo [pop\_2001])
2. intersezione in ambiente GIS tra Uso suolo e Sezioni censimento ISTAT
3. calcolo dell'area relativa a ciascun poligono individuato (campo [area])
4. calcolo dell'area "corretta" relativa a ciascun poligono individuato (campo [area\_c]) applicando i seguenti fattori correttivi:
  - a. peso 3 al 1.1.1
  - b. peso 2 al 1.1.2.
  - c. peso 1 al 1.1.2.1
  - d. peso 0,5 al 1.1.2.3
5. calcolo dell'area c urbanizzata presente in ciascuna sezione (campo [area-urb])
6. calcolo del valore percentuale dell'area di ciascun poligono rispetto al totale dell'area corretta urbanizzata presente in ciascuna sezione di censimento in cui ricade (campo [per\_sup\_se])

I dati relativi alla popolazione sono stati quindi spazializzati mediante l'applicazione dell'indice di densità ricavato per ciascuna sezione di censimento (campi [sp\_01] e [sp\_91]).

## **7.2 Procedura utilizzata per la spazializzazione dei dati relativi alla popolazione fluttuante**

Per gli abitanti fluttuanti sono stati usati i dati ISTAT relativi alle case non occupate per vacanza (campo [ab\_vac] fonte ISTAT) per sezione di censimento e i dati relativi al flusso turistico 2001 dell'APT Latina, disponibile come numero di presenze aggregate per comune o gruppi di comuni e suddivisi per categorie ricettive (alberghi, campeggi, ecc.).

Tabella 7.2a/b/c - Dati sul flusso turistico nella Provincia di Latina, fonte: *Il turismo nella provincia di Latina 2001, APT Latina - Luglio 2002*

**a) esercizi alberghieri**

località	italiani		stranieri	
	arrivi	presenze	arrivi	presenze
Latina	47369	175944	13913	70860
Gaeta	40144	130468	15209	61026
Sabaudia	29261	120815	6367	39730
Sperlonga	21466	117118	6351	38185
Terracina	25143	76546	11243	45964
Formia	37667	86668	6378	24727
San Felice Circeo	19415	79358	4791	23028
Ponza	13838	61779	1217	6060
Castelforte	4004	39019	919	2919
Ventotene	5436	27012	228	992
Fondi	2696	18065	1471	7435
Aprilia-Pontinia	4853	24793	711	3288
Minturno-Scauri	4993	14703	1292	2185
Cisterna di Latina	3653	7368	292	750
Località collinari	10521	33971	2690	9778
<b>TOTALI</b>	<b>270459</b>	<b>1013627</b>	<b>73072</b>	<b>336927</b>

**Località collinari:** Bassiano, Cori, Itri, Maenza, Monte San Biagio, Norma, Priverno, Prossedi, SS. Cosma e Damiano, Sermoneta, Sezze, Sonnino.

**b) campeggi e villaggi turistici**

località	italiani		stranieri	
	arrivi	presenze	arrivi	presenze
Fondi	119860	768710	3018	27931
Latina	32911	329970	850	5931
Terracina	21405	197490	3028	20825
Sperlonga	17567	112662	3078	30313
Sabaudia	9269	71731	619	4823
Formia	1780	27646	536	5086
Minturno-Scauri	1521	20643	489	2501
Gaeta	3647	11370	208	607
<b>TOTALI</b>	<b>207960</b>	<b>1540222</b>	<b>11826</b>	<b>98017</b>

### c) alloggi privati (valori stimati)

località	italiani	
	arrivi	presenze
Latina	47000	726500
Fondi Lido	53000	805000
Formia	53000	812000
Gaeta	72600	1143000
Sperlonga	39500	599500
Minturno	73000	1157000
Ponza	20000	260000
Sabaudia	55000	810000
San Felice Circeo	90800	1405000
Terracina	188000	3150000
Ventotene	8900	77000
Altri Comuni	132000	2145000
<b>TOTALI</b>	<b>832800</b>	<b>13090000</b>

L'attribuzione delle presenze agli esercizi alberghieri si è realizzata mediante un indice di densità per comune relativo al tessuto urbano continuo presente entro 1,5 km dalla costa, nell'assunto che le strutture recettive si trovino tutti entro questa fascia.

I dati relativi ai campeggi sono stati assegnati alla relativa classe di uso del suolo, 1.4.2.2 "Campeggi, strutture turistiche ricettive a bungalows o simili", mediante la definizione di un indice di densità calcolato a livello comunale.

Per le presenze in abitazioni si è proceduto nel seguente modo:

è stato trovato il numero di presenze per "abitazione vacanza" per ciascuno comune che si è poi moltiplicato per il numero di ab-vac di ciascuna sezione per avere le presenze in ogni sezione.

Si è poi calcolato l'indice di densità a mq rispetto alle aree urbanizzate presenti nella singola sezione [ind-pre-ab] che moltiplicato per l'area dei singoli poligoni "urbani" ha dato il numero di presenze Campo [pop-vac].

Il campo [tot-vac] fornisce il totale presenze alberghi + presenze case vacanze.

Per ottenere il numero di abitanti equivalenti dalla popolazione fluttuante si è diviso il numero di presenze complessive per 150 gg, cioè si è considerato un periodo turistico di 5 mesi da maggio a settembre con presenze egualmente distribuite.

Dal grafico seguente si apprezza come l'errore derivante da tale assunto sia compatibile con la scala del lavoro.

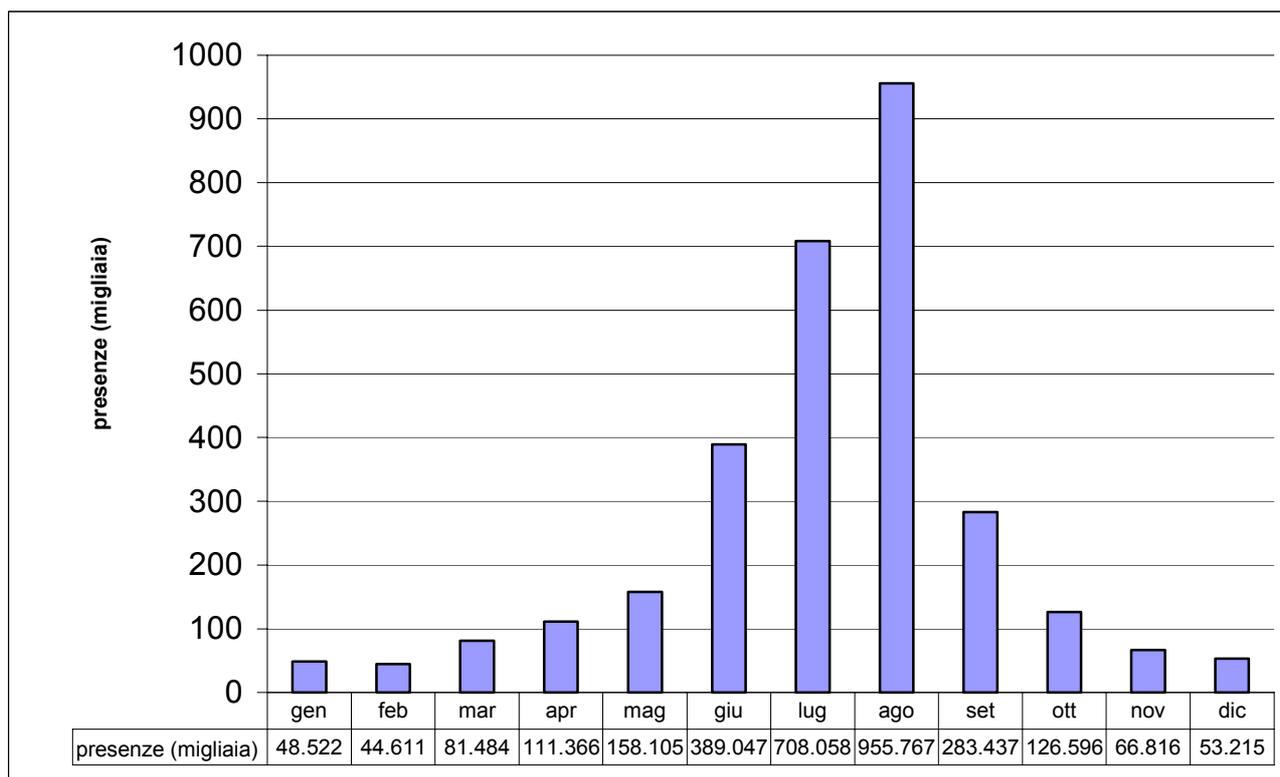


Fig. 7.2a – Grafico delle presenze turistiche mensili nella provincia di Latina nell’anno 2002; fonte Sistar maggio 2003

La spazializzazione eseguita per la popolazione fluttuante presenta ampi margini di miglioramento. Infatti i dati dell’APT sono disponibili in una forma di aggregazione di difficile utilizzo e, mentre sono molto precisi per tutte le categorie ricettive che schedano i propri ospiti, risultano poco attendibili rispetto alle presenze in case vacanze.

Sulla stima del numero delle presenze fluttuanti è già in corso l’implementazione di un modello che basi la stima delle presenze attraverso il quantitativo dei rifiuti conferiti mensilmente dai singoli comuni alla discarica di Borgo Montello. La prima fase, ad oggi conclusa, ha riguardato l’informatizzazione del dato disponibile in cartaceo presso il Settore Ecologia e Ambiente, effettuata da personale dello stesso settore. Nella figura 7.2b seguente è riportato a titolo di esempio il dato relativo alla produzione di rifiuti del comune di Sabaudia dal gennaio 1990 al dicembre 2003

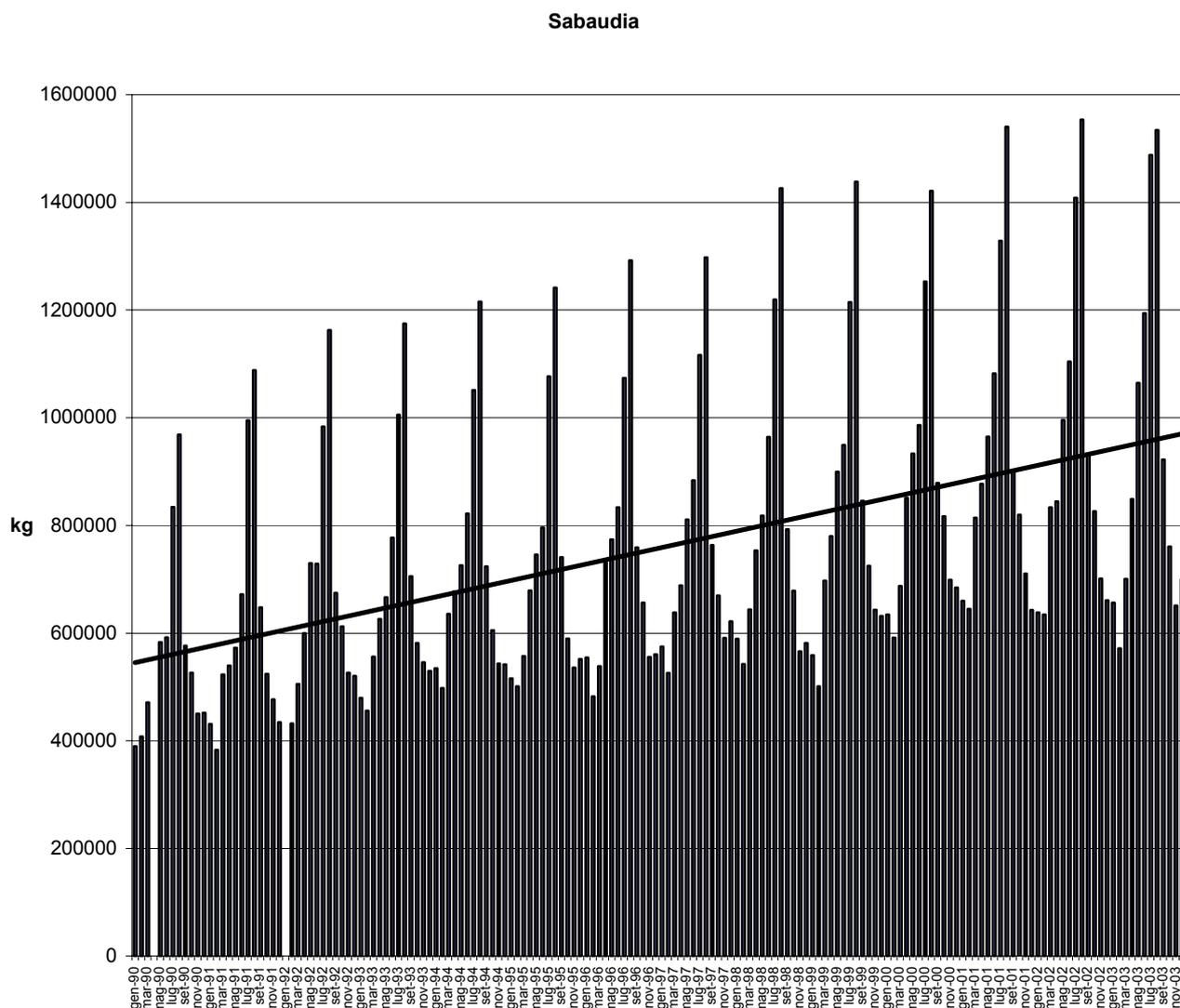


Fig. 7.2b – RSU conferiti alla discarica di Borgo Montello dal Comune di Sabaudia

Sono evidenti le fluttuazioni dei mesi estivi legate al flusso turistico ed il generale trend di crescita della popolazione.

Una migliore spazializzazione del dato relativo all'ubicazione presenze in alberghi potrebbe essere effettuata utilizzando le categorie economiche ISTAT presenti nelle sezioni di censimento quando saranno disponibili i dati aggiornati al 2000.

## **8 Fonti dati utilizzate per la quantificazione dei carichi industriali**

I carichi industriali sono stati calcolati in base ai dati archiviati nella banca dati del Catasto scarichi del Settore Ecologia e Ambiente descritto precedentemente nel capitolo 6.1.

## 9 Procedure utilizzate per la stima dei carichi, idroesigenza e volumi di reflui prodotti dalle varie fonti puntuali e diffuse

### 9.1 Valutazione dei carichi civili ed industriali

Per il calcolo dei carichi inquinanti di origine civile (singoli insediamenti e depuratori) ed industriale di fonte puntuale sono stati applicati, alla portata rilasciata dichiarata, le concentrazioni limite previste dalla tab. 3 della L.152/2000, riportati nella tabella seguente

<b>Parametri limite Tab3 (valori in mg/l)</b>						
<b>Solidi sospesi</b>	<b>BOD5</b>	<b>COD</b>	<b>Ptot</b>	<b>NH4</b>	<b>N nitroso</b>	<b>N nitrico</b>
80	40	160	10	15	0.6	20

Per quanto riguarda gli scarichi di acque reflue urbane sono stati applicati i valori limite indicati nella tab. 1 della stessa normativa.

<b>Parametri Tab1</b>					
<b>Potenzialità impianto in Ab. Eq. 2.000-10.000</b>			<b>Potenzialità impianto in Ab. Eq. &gt;10.000</b>		
<b>BOD5</b>	<b>COD</b>	<b>Solidi-sospesi</b>	<b>BOD5</b>	<b>COD</b>	<b>Solidi sospesi</b>
25	125	35	25	125	35

E' stata inoltre prevista nella banca dati la possibilità di utilizzare i parametri previsti nella Tab. 2 per gli scarichi di acque reflue urbane recapitanti in aree sensibili, la cui perimetrazione è stata da poco individuata dalla Regione Lazio.

Per determinare l'entità dei carichi diffusi di origine civile è necessario conoscere le aree residenziali allacciate ai sistemi di pubblica depurazione. Mancando tale dato si sono considerate allacciate ad impianto di depurazione tutte le aree residenziali che si trovano entro 600 metri dalle reti fognarie fornite dall'ATO4. Il valore determinato è stato confrontato con la capacità dichiarata di depurazione del relativo impianto in abitanti equivalenti, individuando così eventuali deficit di depurazione.

Per il calcolo dei carichi inquinanti di origine civile di fonte diffusa sono stati applicati i valori riportati nella tabella seguente alla sola aliquota di popolazione, residente e fluttuante, risultata non allacciata in base al modello descritto precedentemente, ovvero a tutte le aree residenziali poste oltre i 600 metri dalle reti fognarie conosciute.

BOD5	60 g/giorno per ab. eq.
COD	108 g/giorno per ab. eq.
Azoto totale	12 g/giorno per ab. eq.
Fosforo totale	2,5 g/giorno per ab. eq.

Per la stima dell'idroesigenza è stato applicato il valore di 240 l/g abitante in base a quanto previsto dal Piano Regolatore Generale degli Acquedotti.

Infine per la stima dei reflui immessi sono stati considerati 200 l/g per abitante equivalente.

## 9.2 Valutazione dei carichi agricoli

Il settore agricolo rappresenta tradizionalmente, nella provincia di Latina, un importante comparto economico e si caratterizza per la diffusa presenza di colture intensive ad elevato impatto.

La produzione agricola provinciale si esprime soprattutto nei seguenti comparti culturali principali:

### cerealicolo

Costituito prevalentemente da coltivazioni di erba medica, mais e varie graminacee che supportano il settore zootecnico e in particolare l'allevamento di bestiame bovino e bufalino da latte concentrato nelle zone centro-meridionali della piana pontina e nella valle dell'Amaseno.

### orticolo

Grande sviluppo ha avuto negli ultimi anni il comparto delle colture orticole in pieno campo ed in serra.

Le colture orticole a pieno campo sono diffuse soprattutto nella fascia centrale e litorale pontina e nel settore pedemontano sottostante a Sezze.

Le colture orticole in serra si concentrano invece nei settori tra Terracina, San Felice Circeo e Sabaudia, nella piana di Fondi, e , più in generale, in tutto il settore litoraneo dove le più miti temperature permettono anche due cicli di raccolta l'anno.

#### colture legnose

Dagli anni '70, soprattutto nel settore di Cisterna di Latina e nella porzione nord del comune di Latina, la coltivazione della vite è stata progressivamente sostituita dalla coltura dell'actinidia (kiwi) che costituisce attualmente uno dei comparti più importanti dell'economia agricola pontina.

Molto diffusa è inoltre la coltivazione dell'olivo nei settori collinari e montani dei versanti carbonatici mentre varie colture da frutto sono diffuse nella piana di Fondi e a sud di Gaeta.

Vengono di seguito riportati i dati su consumi e tipologie di prodotti fertilizzanti utilizzati in agricoltura nella provincia di Latina tratti dalla relazione redatta all'inizio del 2004 dalla Commissione per i Problemi Ambientali, Turstici e le Attivita' di Pesca e Acquacoltura incaricata dall'Amministrazione provinciale di Latina per la comprensione dei fenomeni di inquinamento della fascia costiera.

	INORGANICI		ALODERIVATI		FOSFORGANICI		NITRO COMPOSTI	
	Anno 1986 *	anno 2002 **						
ex LT1 - Aprilia	47.465	2.066	106	298	38	2.812	235	324
ex LT2 - Cisterna	19	548	31	624	290	3.721	129	189
ex LT3 - Latina	9	36.952	350	2.792	363	7.538	457	637
ex LT4 - Priverno	21	92.398	366	2.302	88	11.711	271	2.748
ex LT5 - Terracina	0	250.766	152	504	416	5.414	454	1.280
ex LT6 - Formia	0	1.771	133	38	80	3.429	47	164
<b>Totale</b>	<b>47.514</b>	<b>384.501</b>	<b>1.138</b>	<b>6.557</b>	<b>1.275</b>	<b>34.626</b>	<b>1.593</b>	<b>5.342</b>

\* Dati Ministero della Sanità - Sistema Informativo Sanitario

\*\* Dati ASL Latina

	CIANO COMPOSTI		DER. DELL'UREA		CARBAMMATI		AMMIDI		AZOTORGANICI	
	Anno 1986 *	anno 2002 **								
ex LT1 - Aprilia	6	1	102	155	9	13	129	565	376	218
ex LT2 - Cisterna		0	143	51	70	37	141	439	117	756
ex LT3 - Latina	1	7.301	125	1.185	2.395	450	621	2.905	349	1.236
ex LT4 - Priverno		1	49	1.551	73	1.472	223	5.750	355	4.636
ex LT5 - Terracina		1	312	6.315	452	68	215	2.703	1.598	1.626
ex LT6 - Formia	1	0	16	720	12	37	30	154	207	191
<b>Totale</b>	<b>8</b>	<b>7.302</b>	<b>747</b>	<b>9.977</b>	<b>3.011</b>	<b>2.078</b>	<b>1.359</b>	<b>12.516</b>	<b>3.002</b>	<b>8.662</b>

	ALTRI		Totale	
	Anno 1986 *	anno 2002 **	Anno 1986 *	anno 2002 **
ex LT1 - Aprilia	0	13	48.466	6.465
ex LT2 - Cisterna	0	8	940	6.374
ex LT3 - Latina	0	16	4.670	61.013
ex LT4 - Priverno	0	128	1.446	122.697
ex LT5 - Terracina	0	20	3.599	268.695
ex LT6 - Formia	0	5	526	6.508
<b>Totale</b>	<b>0</b>	<b>190</b>	<b>59.647</b>	<b>471.752</b>

I dati riportati riguardano gli anni 1986 (dati Ministero della Sanità-Sistema Informativo Sanitario) e 2002 (dati ASL Latina). Sono riassunte tutte le categorie di prodotti chimici organici ed inorganici impiegati, è evidente un notevole aumento dell'uso di questi prodotti.

### 9.2.1 Stima del quantitativo di azoto lisciviato dai terreni agricoli

Le ricerche sulle concimazioni azotate condotte in Italia hanno riguardato per lo più la valutazione degli effetti produttivi sulle colture, piuttosto che le perdite di nitrati nelle acque di percolazione o ruscellamento. Solo recentemente, dietro lo stimolo della cosiddetta Direttiva “nitrati” della Comunità Europea riguardante il potenziale inquinamento azotato e al Decreto legislativo di recepimento (152/99), si è avuto un incremento di studi ed esperimenti. La Direttiva Europea (91/676/CEE) per prevenire e monitorare l’inquinamento delle acque stabilisce che le zone vulnerabili devono essere definite in base alla concentrazione, attuale o prevista, di azoto nelle acque superficiali e sotterranee e in base alle caratteristiche fisiche e chimiche delle acque e dei terreni, oltrechè alla comprensione del comportamento dei composti azotati nell’ambiente.

Gli studi sulla lisciviazione dei composti azotati hanno portato a risultati a volte in contrasto tra loro e che necessitano senza dubbio di ulteriori approfondimenti. Gli esperimenti eseguiti sono inoltre tutti piuttosto specifici tanto da permettere con difficoltà una generalizzazione dei risultati su territori differenti da quelli studiati; inoltre, per previsioni esatte sulla lisciviazione dell’azoto sono necessarie dettagliate analisi dei suoli e una rilevante mole di dati su colture praticate e quantità di concimi azotati rilasciate ai terreni coltivati.

Tali informazioni sono attualmente disponibili solo in forma frammentaria sul territorio provinciale, per cui, in questo lavoro, per la valutazione quantitativa dell’azoto lisciviato dai suoli, si è scelto di seguire un metodo generale, derivato da quello utilizzato dal “Piano di utilizzazione agronomica dei liquami zootecnici” della Regione Campania (PUA).

Il metodo originario applicato nel PUA ha la finalità di indicare i valori limite di liquami zootecnici utilizzabili come fertilizzanti azotati per le differenti colture. Tale quantitativo di azoto dipende da 4 fattori:

- A. Fabbisogni di azoto della coltura
- B. Apporti per fertilità del suolo
- C. Lisciviazione
- D. Immobilizzazione e dispersione

ovvero

$$\text{Azoto da distribuire come fertilizzante} = A - B + C + D$$

Appare chiaro che conoscendo il quantitativo di azoto distribuito come concime alle diverse colture e avendo a disposizione delle dettagliate analisi dei suoli coltivati si potrebbe risalire facilmente alla quantità di azoto lisciviato (A). Infatti i fabbisogni di azoto delle colture sono noti dalla letteratura:

**TABELLA 9.2.1a**

<b>Coltura</b>	<b>Fabbisogno di azoto</b>	<b>Espressi in</b>	<b>Coltura</b>	<b>Fabbisogno di azoto</b>	<b>Espressi in</b>
actinidia	0,65	kg/q	limone	0,25	kg/q
aglio	1,10	kg/q	loiessa	1,60	kg/q
albicocco	0,46	kg/q	mais granella	2,10	kg/q
anemone	0,0040	kg/pianta	mais insilato	0,20	kg/q
anguria	0,20	kg/q	mandarino	0,28	kg/q
anturio	0,0133	kg/pianta	mandorlo	0,45	kg/q
arancio	0,28	kg/q	melanzana	0,62	kg/q
asparago	1,52	kg/q	melo	0,28	kg/q
avena	1,60	kg/q	melone	0,53	kg/q
barbabietola	0,37	kg/q	nettarine	0,74	kg/q
bietola	0,60	kg/q	nocciolo (frutti secchi)	3,10	kg/q
broccoletto di rapa	0,40	kg/q	noce (frutti secchi)	1,50	kg/q
calla	0,0112	kg/pianta	olivo (olive)	1,00	kg/q
carciofo	0,80	kg/q	orzo	2,10	kg/q
carota	0,50	kg/q	patata	0,45	kg/q
cavolfiore	0,40	kg/q	peperone	0,37	kg/q
cavolo broccolo	0,40	kg/q	pero	0,28	kg/q
cavolo cappuccio	0,60	kg/q	pesco	0,70	kg/q
cavolo verza	0,60	kg/q	pisello	0,61	kg/q
Cetriolo	0,20	kg/q	pomodoro da industria e da	0,24	kg/q

			mensa		
Ciliegio	0,67	kg/q	prati prato graminacee	2,20	kg/q s.s.
Cipolla	0,30	kg/q	prati prato pascolo	2,50	kg/q s.s.
Clementine	0,28	kg/q	prati prato polifita	2,75	kg/q s.s.
Colza	6,17	kg/q	prati prato stabile	1,60	kg/q s.s.
Crisantemo	0,0020	kg/pianta	prezzemolo	0,22	kg/q
erba medica (fieno)	0,30	kg/q	ranuncolo	0,004	kg/pianta
fagiolino	0,75	kg/q	ravanello	0,50	kg/q
fagiolo / fava	0,73	kg/q	rosa 1° anno	0,00172	kg/pianta
festuca arundinacea	2,05	kg/q	rosa 2° anno	0,00431	kg/pianta
fico	1,20	kg/q	rosa 3° anno	0,00705	kg/pianta
finocchio	0,71	kg/q	rosa 4° anno	0,00557	kg/pianta
fragola	0,50	kg/q	rosa 5° anno	0,00474	kg/pianta
fresia	0,0026	kg/pianta	sedano	0,60	kg/q
garofano	0,00132	kg/pianta	soia	5,00	kg/q
gerbera	0,00375	kg/pianta	sorgo foraggio (um.80%)	0,25	kg/q
girasole	5,00	kg/q	sorgo pianta intera	2,59	kg/q
gladiolo	0,00066	kg/pianta	spinacio	0,67	kg/q
grano duro	2,72	kg/q	susino	0,56	kg/q
grano tenero	2,45	kg/q	tabacco secco sciolto	3,43	kg/q
kaki	0,60	kg/q	tulipano	0,005	kg/pianta
indivia	0,50	kg/q	vite uva(vigneti di pianura)	0,69	kg/ q

lattuga	0,35	kg/q	vite uva (vigneti di collina e montagna)	0,62	kg/q
lilium	0,0003	kg/pianta	zucca/zucchino	0,50	kg/q

**(B)** L'apporto di azoto derivante dalla fertilità del terreno si può calcolare come somma dell'azoto derivante dalla mineralizzazione della sostanza organica (B1) con la dotazione iniziale di azoto assimilabile (B2).

**(B1)** l'azoto che deriva dalla mineralizzazione della sostanza organica (s.o.) può essere calcolato come segue:

(B1.1) per un rapporto C/N compreso tra 9 e 12:

Per i suoli tendenzialmente sabbiosi:  $B1 = 36 \times (\% \text{ s.o.})$

Per i suoli franchi:  $B1 = 24 \times (\% \text{ s.o.})$

Per i suoli tendenzialmente argillosi:  $B1 = 12 \times (\% \text{ s.o.})$

(B1.2) per un rapporto C/N inferiore a 9:

Per i suoli tendenzialmente sabbiosi:  $B1 = 42 \times (\% \text{ s.o.})$

Per i suoli franchi:  $B1 = 26 \times (\% \text{ s.o.})$

Per i suoli tendenzialmente argillosi:  $B1 = 18 \times (\% \text{ s.o.})$

(B1.3) per un rapporto C/N superiore a 12

Per i suoli tendenzialmente sabbiosi:  $B1 = 24 \times (\% \text{ s.o.})$

Per i suoli franchi:  $B1 = 20 \times (\% \text{ s.o.})$

Per i suoli tendenzialmente argillosi:  $B1 = 6 \times (\% \text{ s.o.})$

Il valore di B1 così calcolato è riferito alla disponibilità di azoto derivante dalla mineralizzazione della sostanza organica nel corso di un anno. Qualora la coltura occupi il suolo per un periodo inferiore ad un anno, B1 andrà moltiplicato per il rapporto tra il periodo di coltivazione e l'anno (RB1): ad esempio, se il ciclo colturale è pari a 4 mesi, ( $RB1 = 4 / 12$ )

**(B2)** l'azoto che deriva dalla dotazione iniziale di azoto assimilabile (che corrisponde a circa l'1% dell'azoto totale), va quantificato come segue:

Per i suoli tendenzialmente sabbiosi:  $B2 = 28,4 \times (\% \text{ Ntot.})$

Per i suoli franchi:  $B2 = 26 \times (\% \text{ Ntot.})$

Per i suoli tendenzialmente argillosi:  $B2 = 24,3 \times (\% \text{ Ntot.})$

Gli apporti di azoto derivanti dalla fertilità del terreno (B) saranno quindi determinati dalla somma di B1 e B2.

(C) Le perdite di azoto nel terreno per lisciviazione vanno calcolate secondo quanto riportato nella tabella seguente, tenendo conto della facilità di drenaggio e della tessitura del terreno. Quantità di azoto perso per lisciviazione (kg/ha anno):

**TABELLA 9.2.1b**

DRENAGGIO	TERRENO		
	Tendenzialmente sabbioso	Franco	Tendenzialmente argilloso
Lento o impedito	50*	40*	50*
Normale	40	30	20
Rapido	50	40	30

(\*) questi valori tengono conto anche dell'effetto negativo che la mancanza di ossigeno causa sui processi di mineralizzazione della sostanza organica.

(D) Le quantità di azoto che vengono immobilizzate per processi di adsorbimento chimico-fisico e dalla biomassa, per processi di volatilizzazione e denitrificazione vanno calcolate come percentuali degli apporti provenienti dalla fertilità del suolo (B1 e B2) utilizzando la formula che introduce i fattori di correzione (Fc) riportati nella tabella che segue:

$$D = (B1 + B2) \times Fc$$

**TABELLA 9.2.1c**

DRENAGGIO	TERRENO		
	Tendenzialmente sabbioso	Franco	Tendenzialmente argilloso
Lento o impedito	0,30	0,35	0,40
Normale	0,20	0,25	0,30
Rapido	0,15	0,20	0,25

Per il calcolo dei fabbisogni di azoto per le colture arboree, le unità calcolate secondo l'equazione precedentemente indicata, dovranno essere moltiplicate per un fattore di correzione (FcE) che tiene conto dell'età dell'impianto

**TABELLA 9.2.1d**

Coltura	1° anno	2° anno	3° anno	4° anno	5° anno e successivi
Actinidia	0,6	0,4	0,8	1	1
Vite	0,5	0,4	0,6	0,7	0,85
Pero	0,55	0,4	0,7	0,85	1
Melo	0,6	0,4	0,8	1	1
Ciliegio	0,5	0,4	0,6	0,7	0,85
Kaki	0,55	0,4	0,7	0,85	1
Pesco	0,75	0,5	1	1	1
Albicocco	0,6	0,4	0,8	1	1
Susino	0,6	0,4	0,8	1	1
Olivo	0,6	0,4	0,8	1	1
Nocciolo	0,6	0,4	0,8	1	1
Limone	0,6	0,4	0,8	1	1

Da quanto esposto si può affermare che la liscivazione dei nitrati dai terreni potrebbe essere calcolata con ottima approssimazione applicando la formula :

Azoto da distribuire come fertilizzante = A -B +C +D e risolvendo rispetto a C.

Per poter applicare tale formula è però necessario avere informazioni sui fertilizzanti distribuiti e dettagliate analisi dei suoli. La variante applicata a tale metodo nel presente studio, poichè attualmente tutti i dati necessari non sono a disponibili, prevede quindi un rilascio di sostanze azotate indipendente dall'entità delle precipitazioni e dai concimi riversati sul terreno, partendo dal presupposto che nei campi vengano applicate le raccomandazioni previste dal Codice

di Buona Pratica Agricola (approvato con Decreto Ministeriale del 19/04/1994) e che quindi il quantitativo di azoto fornito alla pianta non ecceda quello sufficiente al suo fabbisogno.

In base a tale assunto si può fare riferimento alla sola tabella 9.2.1b che correlando la tessitura e il drenaggio del terreno restituisce valori (stimati) di azoto lisciviato, a prescindere dalle colture presenti, dall'entità delle precipitazioni e dall'azoto distribuito come fertilizzante.

Le quantità di azoto lisciviato stimate con tale metodo si sono dimostrate in accordo con la maggior parte dei valori ottenuti in via sperimentale descritti in bibliografia e possono quindi essere ritenute valide alla scala del presente studio.

Una maggiore disponibilità dei dati precedentemente citati, soprattutto rispetto alla loro distribuzione spaziale e temporale sul territorio, potrebbe migliorare sicuramente i valori stimati permettendo anche l'utilizzo di metodologie di stima più sofisticate.

Importanti indicazioni si sono ottenute da una specifica campagna di misure supplementare effettuata in corrispondenza di un periodo di piena sul canale Selcella e sul fiume Sisto.

Nel grafico successivo è evidente il notevole aumento della concentrazione di nitrati nelle acque dei due corsi d'acqua in corrispondenza dell'evento di piena, quando cioè il dilavamento dei terreni ad opera delle acque di ruscellamento è massimo. Il confronto tra i carichi trasportati nelle due situazioni di magra e di piena non è possibile mancando la misura di portata di piena, definibile solo in presenza di una stazione idrometrica, è evidente però che il divario tra i valori del carico totale di azoto nelle due situazioni di deflusso risulterebbe ancora più esasperato.

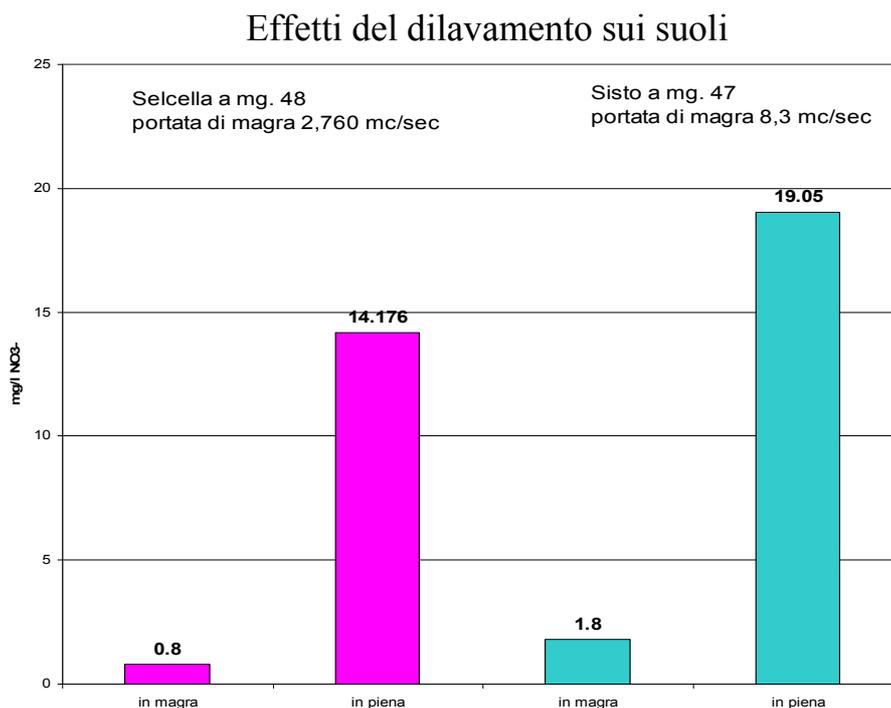


Fig. 9.2.1a – Confronto tra le concentrazioni di nitrati misurate in due corsi d'acqua in corrispondenza di periodi di magra e di piena.

### 9.3 Valutazione dei carichi zootecnici

Il carico di azoto derivante da allevamenti zootecnici può assumere valori significativi nella provincia di Latina, dove questa attività risulta per lo più concentrata in settori ben definiti del territorio. Normalmente lo smaltimento dei liquami avviene mediante spandimento al suolo che segue un iter autorizzativo gestito dalla Provincia attraverso il Settore Ecologia e Ambiente.

Le fonti disponibili sull'entità e tipologia degli allevamenti e sulle modalità di smaltimento dei liquami zootecnici sono le seguenti:

- dati aggregati a scala di comune del Censimento dell'Agricoltura 2000 dell'ISTAT
- banca dati pratiche autorizzate dal Settore Ecologia e Ambiente della Provincia.

Altre possibili fonti dati possono essere costituite dall'AGEA e dai servizi veterinari delle ASL.

Attualmente si è appena ultimata una specifica attività di completamento della banca dati provinciale, realizzata in formato MSAccess, con l'inserimento degli estremi catastali dei terreni soggetti a spandimento dei liquami. Tale attività permetterà a breve termine la georeferenziazione di tali terreni e l'associazione agli stessi dei dati relativi al carico zootecnico smaltito, senza la quale non è possibile la valutazione del peso di questa fonte di inquinante a livello di sottobacini.

Di seguito vengono riportati i dati del Censimento ISTAT 2000, aggregati a scala di comune, con la stima dei carichi da essi derivati sia come apporti di azoto e fosforo sia rapportati ad abitanti equivalenti (vedi tabelle seguenti).

Quest'ultimo dato, confrontato in fig. 9.3a in forma grafica con la popolazione residente nel relativo comune, ben rende il peso che tale fonte può assumere nel bilancio totale degli apporti di azoto e fosforo.

Allevamenti nella Provincia di Latina censimento ISTAT 2000

COMUNI	Ovini			Caprini			Bovini			Bufalini			Suini			totale
	Aziende	Capi	Ab. Eq.*	Aziende	Capi	Ab. Eq.	Aziende	Capi	Ab. Eq.	Aziende	Capi	Ab. Eq.	Aziende	Capi	Ab. Eq.	Ab. Eq.
Aprilia	47	9515	16'937	7	157	279	38	2592	21'151	1	1	8	16	773	1'507	39'882
Cisterna di Latina	7	113	201	3	13	23	42	2967	24'211	1	500	4'080	27	47	92	28'607
Latina	28	2463	4'384	20	698	1'242	253	8446	68'919	7	829	6'765	92	159	310	81'621
Pontinia	58	1447	2'576	18	74	132	338	1466	11'963	84	817	6'667	121	1048	2'044	23'380
Priverno	18	633	1'127	6	101	180	25	246	2'007	18	1421	11'595	12	26	51	14'960
Sabaudia	4	247	440	1	30	53	129	5601	45'704	9	631	5'149	3	103	201	51'547
San Felice Circeo	1	400	712	2	59	105	3	105	857	-	-	-	1	10	20	1'693
Sermoneta	8	2053	3'654	5	24	43	38	3046	24'855	2	467	3'811	12	17	33	32'396
Terracina	5	565	1'006	2	40	71	217	7229	58'989	12	520	4'243	2	4	8	64'317

**totale provinciale 338'403**

COMUNI	Ovini			Caprini			Bovini			Bufalini			Suini			totale	
	Capi	N kg/g	P kg/g	Capi	N kg/g	P kg/g	Capi	N kg/g	P kg/g	Capi	N kg/g	P kg/g	Capi	N kg/g	P kg/g	N kg/g	P kg/g
Aprilia	9515	6.470	1.047	157	0.107	0.017	2592	19.466	2.618	1	0.008	0.001	773	1.206	0.402	27.26	4.08
Cisterna di Latina	113	0.077	0.012	13	0.009	0.001	2967	22.282	2.997	500	3.755	0.505	47	0.073	0.024	26.20	3.54
Latina	2463	1.675	0.271	698	0.475	0.077	8446	63.429	8.530	829	6.226	0.837	159	0.248	0.083	72.05	9.80
Pontinia	1447	0.984	0.159	74	0.050	0.008	1466	11.010	1.481	817	6.136	0.825	1048	1.635	0.545	19.81	3.02
Priverno	633	0.430	0.070	101	0.069	0.011	246	1.847	0.248	1421	10.672	1.435	26	0.041	0.014	13.06	1.78
Sabaudia	247	0.168	0.027	30	0.020	0.003	5601	42.064	5.657	631	4.739	0.637	103	0.161	0.054	47.15	6.38
San Felice Circeo	400	0.272	0.044	59	0.040	0.006	105	0.789	0.106	-	-	-	10	0.016	0.005	1.12	0.16
Sermoneta	2053	1.396	0.226	24	0.016	0.003	3046	22.875	3.076	467	3.507	0.472	17	0.027	0.009	27.82	3.79
Terracina	565	0.384	0.062	40	0.027	0.004	7229	54.290	7.301	520	3.905	0.525	4	0.006	0.002	58.61	7.90

**totale provinciale 293.08 40.44**

coefficienti di conversione utilizzati  
(Pagnotta & Barbiero, 2003)

tipo di capo	Ab. Eq.	N mg/g	P mg/g
bovini e bufalini	8.16	7510	1010
suini	1.95	1560	520
ovini e caprini	1.78	680	110

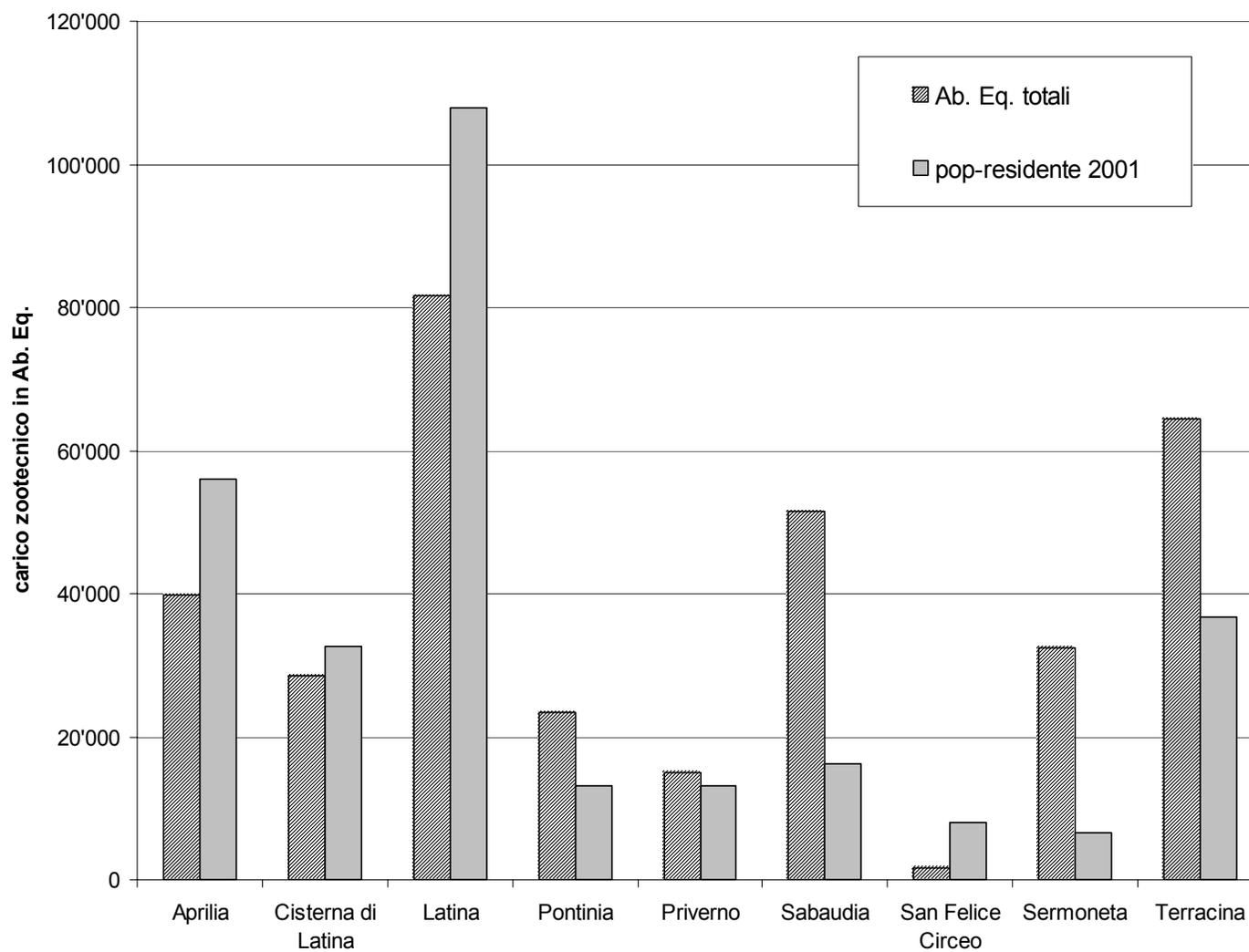


Fig. 9.3a - Carico zootecnico complessivo per comune espresso in abitanti equivalenti (censimento ISTAT 2000) confrontato con la popolazione residente (censimento ISTAT 2001)

## 10 La banca dati dei Bacini idrologici

Per quanto già detto precedentemente la gestione dell'enorme mole di dati descritti, finalizzata all'analisi dello stato e delle cause dell'inquinamento dei corsi idrici, risulta un problema di non poco conto in grado di vanificare, se non ben approcciato, tutti gli sforzi fin qui effettuati.

La natura stessa del monitoraggio prevede inoltre aggiornamenti continui e una indispensabile flessibilità degli strumenti operativi che devono seguire il progredire delle conoscenze ed i nuovi indirizzi e strategie che ne conseguono.

L'utilizzo del GIS per l'analisi territoriale rappresenta sicuramente un potente strumento di analisi ed interrogazione degli elementi indagati; questi, infatti, possono però essere corredate da una tale mole di dati da rendere difficoltosa la loro gestione mediante le semplici tabelle attributi generalmente correlate al tema vettoriale. Infine è necessario tenere conto delle strette e numerose relazioni che intercorrono tra i vari fattori analizzati che comportano immediate, o procrastinate nel tempo, ripercussioni (relazioni causa-effetto) senza la conoscenza delle quali non è possibile individuare le strategie di intervento più opportune ed efficaci.

Per tutti i motivi fin qui descritti si è scelto di adottare un sistema misto di analisi dei dati vettoriali ed alfanumerici attraverso l'integrazione del sistema GIS, realizzato in Arcview, con una banca dati relazionale, realizzata in MSAccess, collegata alle varie banche dati gestionali presenti presso il settore Ecologia e Ambiente e basata sull'unità minima di riferimento rappresentata dai sottobacini idrologici.

In sintesi il sistema adottato permette:

1. di effettuare un rapido aggiornamento dei dati di censimento (praticamente in tempo reale) attraverso il quotidiano lavoro svolto dai vari uffici del Settore Ecologia e Ambiente
2. di effettuare in qualsiasi momento l'aggiornamento dei dati territoriali derivati dal GIS sia come dati di base (ad es. un aggiornamento della Carta dell'uso del suolo della Provincia) sia come dati derivati dall'applicazione di modelli (ad es. l'applicazione di un più sofisticato modello di stima di azoto lisciviato dai terreni agricoli)
3. una efficace riorganizzazione e sintesi dei dati a scala di sottobacino
4. una riaggregazione, mediante l'uso di operazioni automatizzate, dei dati del punto 3 a scala di bacino (cioè come apporti alla foce)

5. l'individuazione delle priorità di intervento mediante il confronto tra i vari settori del territorio, a scala di bacino e sottobacino
6. l'individuazione ed ottimizzazione delle più opportune modalità di intervento per ciascun settore di territorio mediante l'analisi del peso delle varie fonti di inquinamento insistenti su di esso.

Il sistema si articola secondo lo schema riportato nel diagramma seguente:

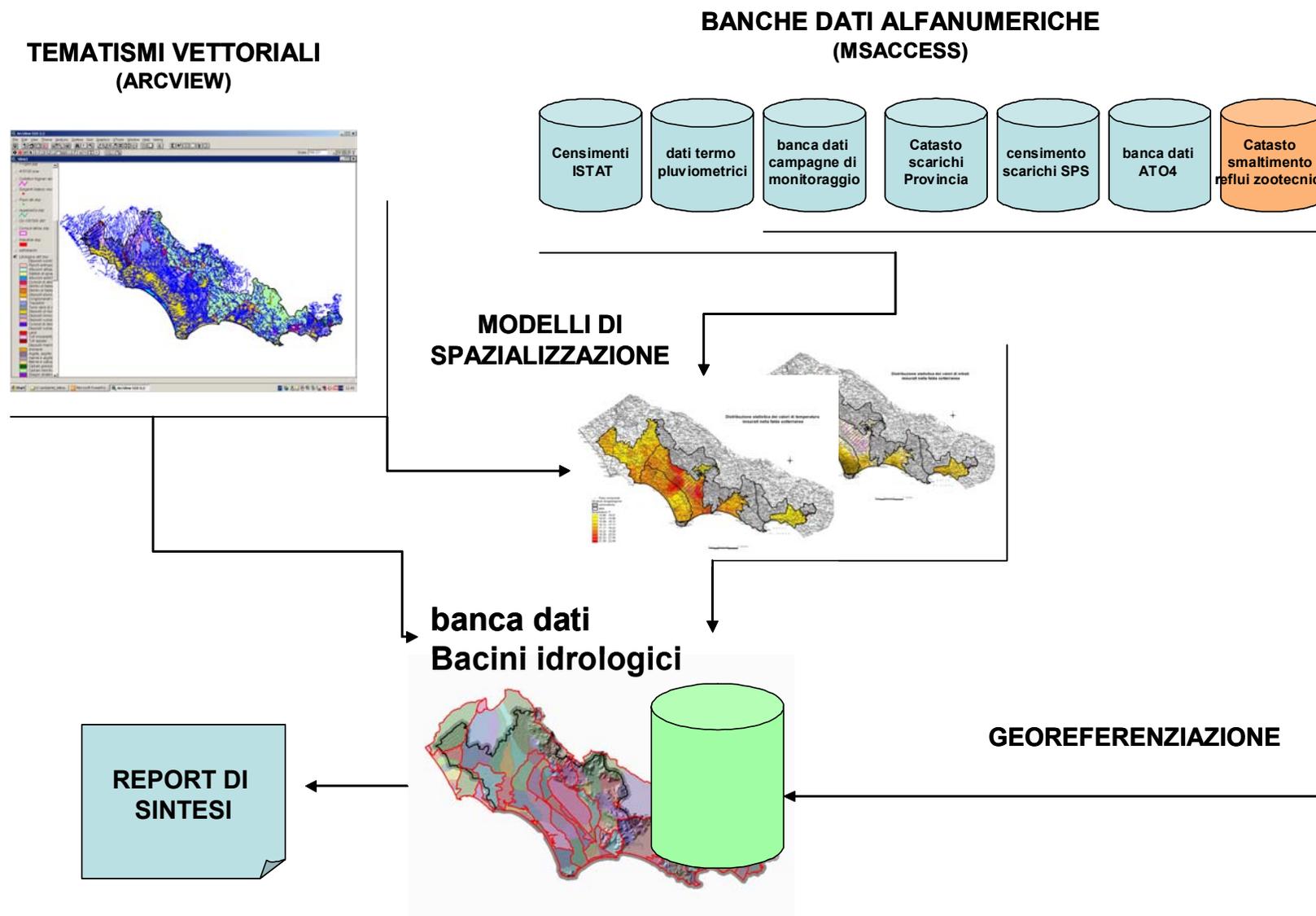


Fig. 10a – diagramma rappresentativo della struttura di flusso delle informazioni nella banca dati Bacini Idrologici

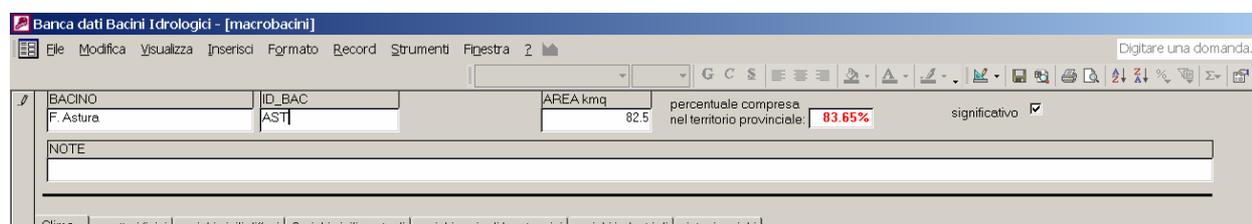
La banca dati dei Bacini Idrologici si presenta all'apertura con il seguente pannello iniziale.



Il primo pulsante in alto permette l'accesso alle maschere descrittive delle caratteristiche territoriali e della stima dei carichi aggregati a scala di bacino.

Il secondo pulsante, analogamente al primo, permette l'accesso alle maschere descrittive alla scala dei singoli sottobacini.

Di seguito vengono descritte le varie maschere e sottomaschere relative all'aggregazione per bacini; tale descrizione è del tutto analoga a quella per sottobacini con la sola eccezione dell'aggiunta del campo identificativo del sottobacino.

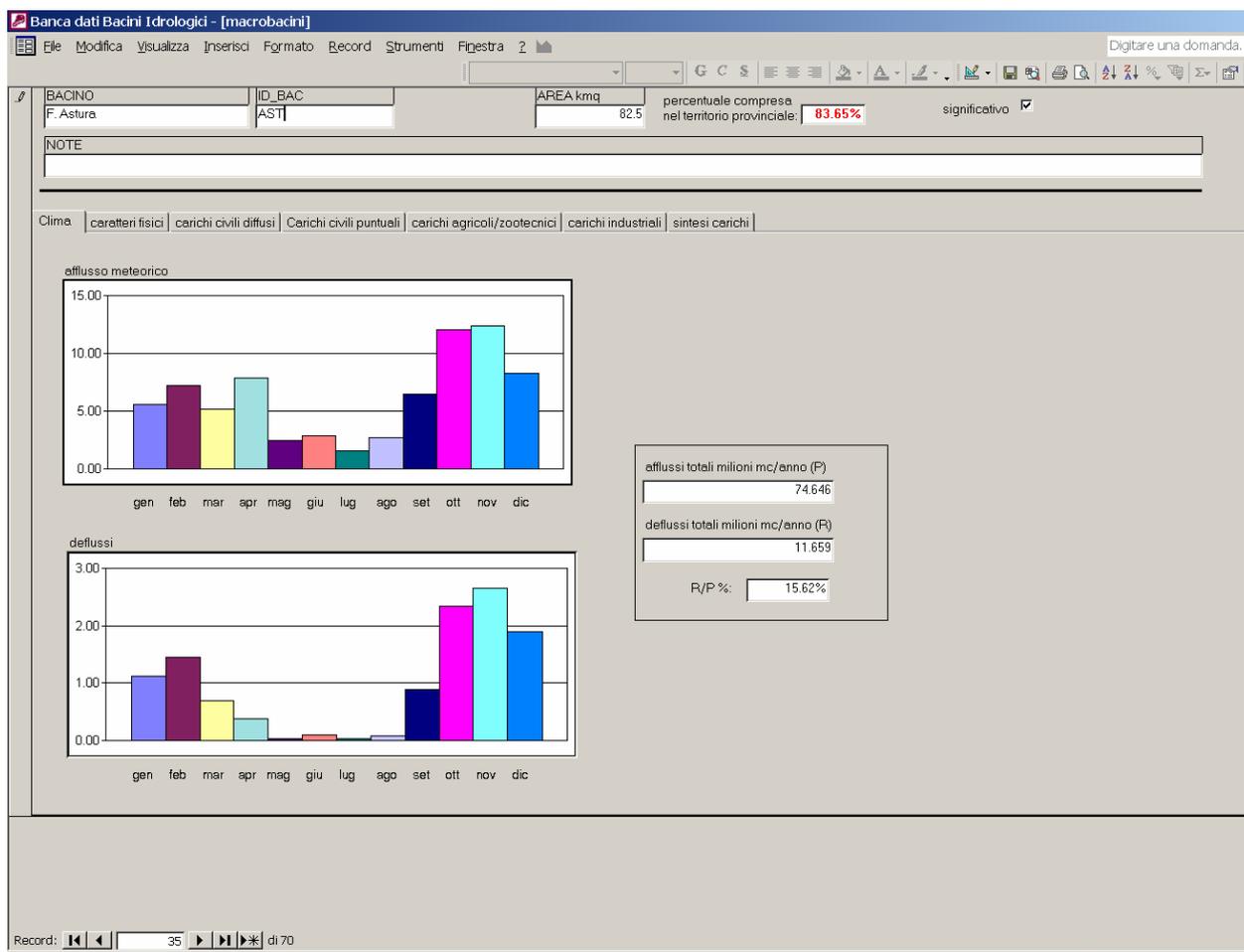


Nella porzione superiore della maschera sono riportati il nome dell'asta principale del bacino (quando individuata), il codice identificativo univoco [ID\_BAC], la sua estensione in kmq, la percentuale di superficie del bacino compresa nel territorio provinciale. La conoscenza di

quest'ultimo dato è di notevole importanza perché tutti i dati, censiti o stimati, che vengono presentati nel seguito sono relativi al solo territorio della provincia di Latina, un valore minore del 100%, evidenziato automaticamente in rosso, indica, quindi, una stima dei carichi parziale.

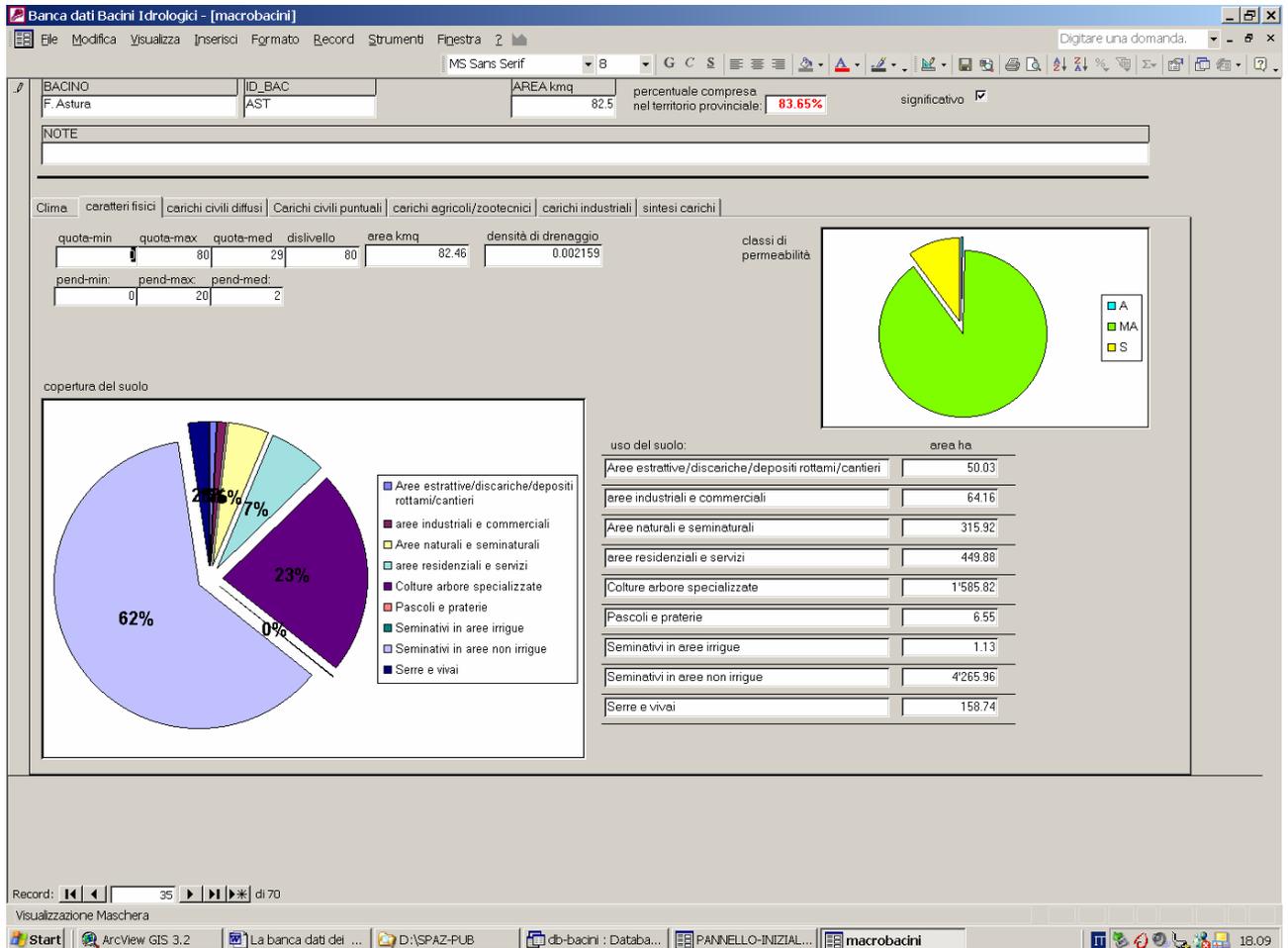
Infine viene indicata la significatività del bacino, rispetto al totale dei bacini interessanti la provincia di Latina, per gli scopi del presente studio. Tali bacini sono oggetto delle schede e delle descrizioni di sintesi riportate nell'allegato 4.

### La prima sottomaschera è dedicata ai dati climatici



sono riportati i due grafici della distribuzione mensile di piogge e ruscellamento relative al periodo 1983-95 (vedi capitolo 3.2), i relativi valori totali annui ed il rapporto percentuale tra i due

La seconda sottomaschera presenta i principali caratteri fisici del bacino, compresa la distribuzione in classi di permeabilità della superficie e l'uso del suolo suddiviso in base ad una riclassificazione semplificata della carta redatta dall'Ufficio di Piano in scala 1:10.000.



Nella terza sottomaschera (carichi civili diffusi) è riportata la popolazione residente e fluttuante spazializzata con le metodologie descritte nei capitoli 7.1 e 7.2 e qui riaggregata a scala di bacino.

Sono inoltre indicate le aliquote non allacciate ed i relativi carichi calcolati (vedi capitolo 9.1).

Banca dati Bacini Idrologici - [macrobacini]

File Modifica Visualizza Inserisci Formato Record Strumenti Finestra ?

Digitare una domanda.

BACINO: F\_Astura ID\_BAC: AST AREA kmq: 82.5 percentuale compresa nel territorio provinciale: 83.65% significativo:

NOTE

Clima | caratteri fisici | carichi civili diffusi | Carichi civili puntuali | carichi agricoli/zootecnici | carichi industriali | sintesi carichi

popolazione residente

CARICHI STIMATI POPOLAZIONE NON ALLACCIATA A FOGNATURA						
popolazione residente	allacciata:	non allacciata:	BOD kg/anno	COD kg/anno	Ntot kg/anno	Ptot kg/anno
6348.8	1327.2	5021.6	21994608	39590294.4	21994608	4582.21

Record: 1 di 1

fluttuanti (maggio-settembre)

CARICHI STIMATI POPOLAZIONE NON ALLACCIATA A FOGNATURA						
popolazione fluttuante:	allacciata:	non allacciata:	BOD kg/anno	COD kg/anno	Ntot kg/anno	Ptot kg/anno
1387	39	1348	5904240	10627632	5904.24	1230.05

Record: 35 di 70

Visualizzazione Maschera

Start ArcView GIS 3.2 La banca dati del ... D:\SPAZ-PUB db-bacini : Databa... PANNELLO-INIZIAL... macrobacini 18:13

La quarta sottomaschera evidenzia i carichi civili puntuali riportati dalle due fonti principali:

- il catasto degli scarichi del Settore Ecologia e Ambiente (scarichi civili)
- i dati sui depuratori della banca dati dell'ATO4 (depuratori ATO4 scarichi)

Su quest'ultimi viene riportata la popolazione residente e fluttuante allacciata, calcolata in base alla procedura descritta nel capitolo 9.1, ed il relativo eventuale deficit depurativo (evidenziato automaticamente in rosso).

Le informazioni contenute in questa sottomaschera derivano direttamente dalle tabelle memorizzate nelle banche dati originali presenti nel DB Bacini come tabelle collegate. Questa accortezza permette l'aggiornamento automatico della banca dati, e dei relativi campi calcolati, ogni qual volta vengono apportate modifiche o aggiornamenti alle altre banche dati dagli uffici gestori.

La quinta sottomaschera riguarda la valutazione dei carichi agricoli e zootecnici.

BANCA DATI BACINI IDROLOGICI - [macrobacini]

File Modifica Visualizza Inserisci Formato Record Strumenti Finestra ?

MS Sans Serif 8 G C S

BACINO ID\_BAC AREA kmq percentuale compresa nel territorio provinciale: significativo

F. Astura AST 82.5 83.65%

NOTE

Clima caratteri fisici carichi civili diffusi Carichi civili puntuali carichi agricoli/zootecnici carichi industriali sintesi carichi

azoto stimato

N totale 21336.6

P totale 480.1

spandimento su suoli dei carichi zootecnici

Record: 35 di 70

Visualizzazione Maschera

Start ArcView GIS 3.2 La banca dati dei ... D:\SPAZ-PUB db-bacini : Databa... PANNELLO-INIZIAL... macrobacini 18.27

Attualmente è riportato il solo carico agricolo stimato con la procedura descritta nel capitolo 9.2.1

Non appena disponibili verranno inseriti i dati relativi allo spandimento su suoli dei carichi zootecnici (vedi capitolo 9.3).

La sesta sottomaschera riguarda i carichi puntuali di tipo industriale.

Banca dati Bacini Idrologici - [macrobacini]

File Modifica Visualizza Inserisci Formato Record Strumenti Finestra ?

MS Sans Serif 8 G C \$

BACINO: F. Astura ID\_BAC: AST AREA kmq: 82.5 percentuale compresa nel territorio provinciale: **83.65%** significativo

NOTE

Clima | caratteri fisici | carichi civili diffusi | Carichi civili puntuali | carichi agricoli/zootecnici | carichi industriali | sintesi carichi

scarichi industriali

ragionesociale: **KIKLOS S.r.l.** comune sede: APRILIA IDscheda: 01010171

indirisede: VIA FERRIERE, KM 15 cat: FABBRICAZIONE CONCIMI

tipo: mat: POTATURE E SFALCI VEGETALI. RE cicli: FORAZIONE DI BIOMASSE, ME

specie	zootecnico	numcap1	descr	tipsca	quantsca	modsca
	<input checked="" type="checkbox"/>	0		Produttivo	1	1

lhsca	ggsca	onlymm	gen	feb	mar	mag	apr	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	voltatsca	l/sscamed
24	7	SI	No	750	0.07											

bod5A	codA	florurA	fosf totA	ammon totA	azoto nitrosoA	azoto nitricoA
38	140	0	9.5	14	0.5	18

Record: 1 di 7

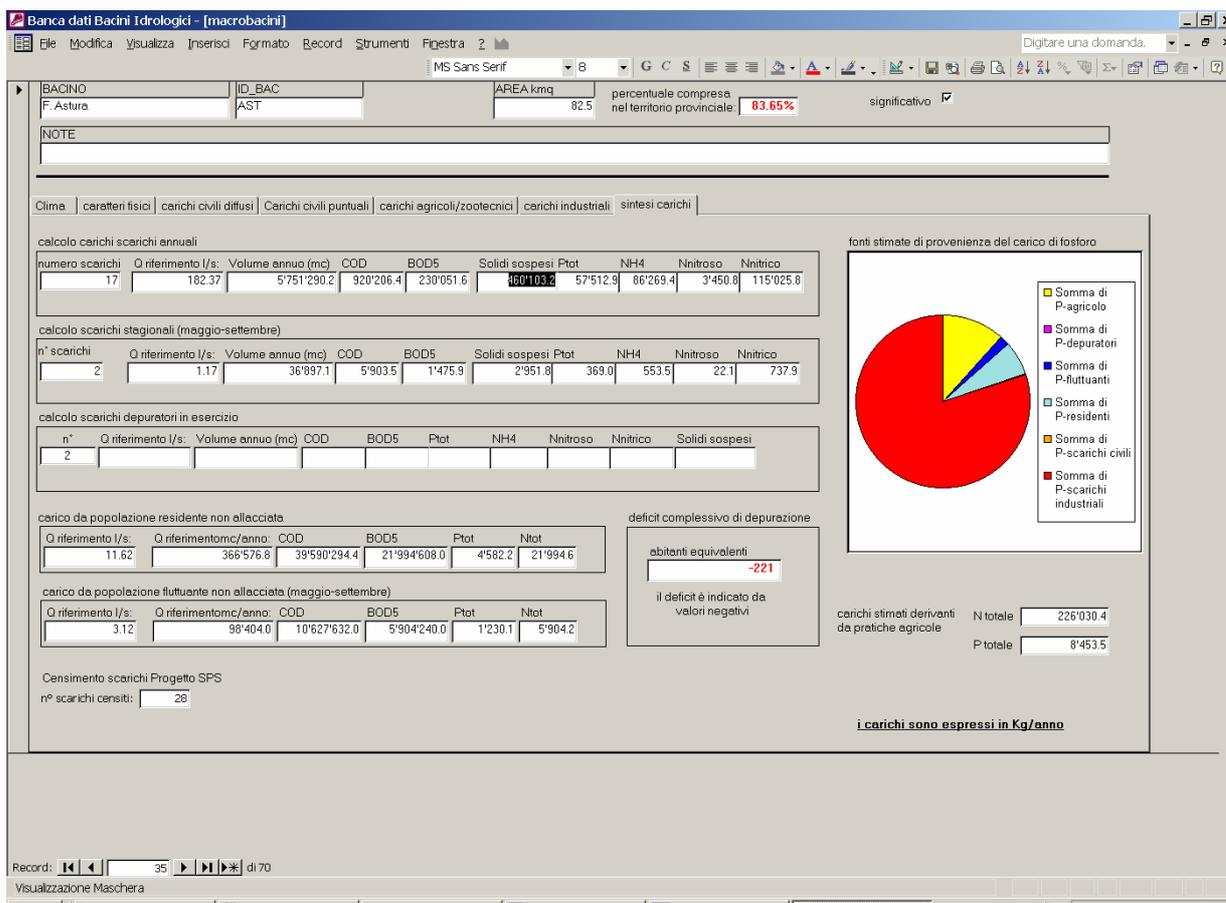
Record: 35 di 70

Visualizzazione Maschera

Start ArcView GIS 3.2 La banca dati dei ... D:\SPAZ-PUB db-bacini : Databa... PANNELLO-INIZIAL... macrobacini 18.29

Anche questa sottomaschera “pesca” dal Catasto Scarichi del Settore Ecologia e Ambiente con le medesime modalità della sottomaschera relativa ai carichi civili puntuali.

L'ultima sottomaschera riassume tutti dati visualizzati nelle precedenti in chiave di carichi inquinanti prodotti dalle diverse attività (fonti) presenti sul bacino.



La suddivisione degli scarichi puntuali è qui suddivisa e riassunta, in base al periodo di emissione dichiarato nelle schede censimento, in carichi annuali e stagionali (periodo maggio-ottobre).

Per i volumi rilasciati da depuratori e scarichi puntuali, quando disponibili, viene calcolato il carico relativo in base ai parametri descritti nel capitolo 9.1.

Per i depuratori viene indicato anche il deficit complessivo di depurazione. Sono inoltre visualizzati di nuovo i dati relativi al carico prodotto dalla popolazione non allacciata e dalle pratiche agricole.

In basso a sinistra è riportato il numero di scarichi individuati dal censimento scarichi descritto nel capitolo 6.2. A destra è visualizzata in forma di grafico a torta la distribuzione percentuale della provenienza del carico di fosforo totale, tale grafico permette il riconoscimento immediato del peso che le diverse fonti possibili hanno nel determinare il carico inquinante complessivo del bacino.



Tornando al pannello iniziale il terzo pulsante permette di accedere alla maschera relativa ai coefficienti dei parametri utilizzati per la stima dei carichi diffusi relativi alla popolazione spazializzata non allacciata.

Banca dati Bacini Idrologici - [Diz\_parametri\_popolazione]

File Modifica Visualizza Inserisci Formato Record Strumenti Finestra

MS Sa

Valori di riferimento per il calcolo del carico inquinante per abitante equivalente

parametro	mg/l per ab. equivalente
BOD5	100000
BOD5	60000
P	2500
N	12000

Variando il valore dei singoli parametri vengono automaticamente aggiornati tutti i valori calcolati dei carichi relativi. E' possibile quindi simulare e testare rapidamente vari scenari di carico inquinante utilizzando, ogni qual volta lo si ritenga necessario, i valori più aggiornati forniti dalla letteratura scientifica.

## 11 Conclusioni

Le indagini e le analisi effettuate permettono una prima definizione delle caratteristiche quali-quantitative dei corpi idrici della Provincia di Latina e delle probabili fonti di inquinamento responsabili.

Attraverso l'analisi dei dati riportati nella Banca Dati dei Bacini Idrologici sono state realizzate delle sintesi commentate dello stato quali-quantitativo di 26 bacini maggiori di interesse per la provincia di Latina.



Fig. 11a - Principali bacini di interesse per la provincia di Latina

<b>Codice</b>	<b>Nome</b>
MOS	Canale Moscarello
INC	F.so Grande o dell'Incastro;
INC-LOR	Bacini costieri tra la foce del F.so dell'Incastro e Anzio
LOR	F.so Loricino
AST	F. Astura
MOS-RMA	Bacini costieri tra Torre di Foce Verde e Torre di Fogliano
RMA	Rio Martino
SIS	Fiume Sisto
RMA-SIS	Bacini costieri tra Rio Martino e Foce Sisto
BAD-LIN	Canale Linea Pio
BAD-BOT	Canale Botte
BAD-SEL	Canale Selcella
BAD-UFE	Fiume Ufente
BAD-AMA	Fiume Amaseno
BAD	Fiume Portatore (F. Badino)
BAD-SIS	Bacino costiero tra Terracina e foce del Sisto
BAD-PED	F.so Pedicata
BAD-FON	Canale Lungolinea Pio
FON-PED	Reticolo drenante della Piana di Fondi
LUN	Reticolo drenante Lago Lungo e Lago di S. Puoto
LUN-ITR	Bacini costieri con foce sulla costa tra Sperlonga e la foce del Rio d'Itri
ITR	Rio d'Itri
ITR-GAR	Bacini costieri tra la foce del Rio d'Itri e la Marina di Minturno
AUS	Torrente Ausente
AUS-GAR	Affluenti minori in riva destra del F. Garigliano
AREDO	Aree endoreiche

Tab. 11a – Bacini oggetto delle schede di sintesi riportate nell'Allegato 4

Queste sintesi sono raccolte nell'Allegato 4 in forma di schede con tutte le informazioni necessarie ad una lettura e interpretazione dei dati disgiunta dal supporto del sistema informativo. I bacini vengono descritti nelle seguenti sezioni:

dati fisici: in cui sono riportati l'inquadramento geografico, l'estensione, l'eventuale suddivisione in sottobacini

afflussi e deflussi: in cui è riportata la caratterizzazione climatica e dei deflussi calcolati

analisi dei carichi inquinanti: in questa sezione vengono descritte le fonti note e potenziali di produzione di carichi inquinanti, suddivise in carico agricolo, industriale e civile.

riscontri nelle misure di campagna: in questa sezione vengono descritti i risultati ottenuti dalle campagne di misura effettuate, confrontati con gli altri dati disponibili

indicazioni per il monitoraggio: in quest'ultima sezione vengono indicate le azioni ritenute più opportune per un'efficace attività di monitoraggio e per la migliore definizione delle informazioni provenienti dalle misure di campagna e dai modelli di stima dei carichi inquinanti.

Di seguito viene descritto sinteticamente il quadro conoscitivo attualmente raggiunto per la provincia di Latina; il dettaglio delle informazioni descritte è presente nelle Schede di sintesi e nella Banca dati dei bacini idrologici alle quali si rimanda per gli approfondimenti del caso.

Innanzitutto è utile, per la definizione delle priorità di intervento, un confronto tra le condizioni dei vari bacini. Tale confronto può essere effettuato in base ad uno o più parametri di riferimento quali quelli riportati nella Tav. 7 - Carico annuo di azoto e fosforo nei sottobacini - nella quale sono riportati i valori annui di azoto e fosforo prodotti da fonti puntuali (scarichi censiti) e diffuse (popolazione non allacciata a impianti di depurazione e attività agricola) calcolate con le metodologie precedentemente descritte.

Nel grafico seguente è visualizzato il valore di carico di fosforo totale, prodotto annualmente da tutte le varie fonti considerate, nei principali bacini di interesse per la Provincia di Latina.

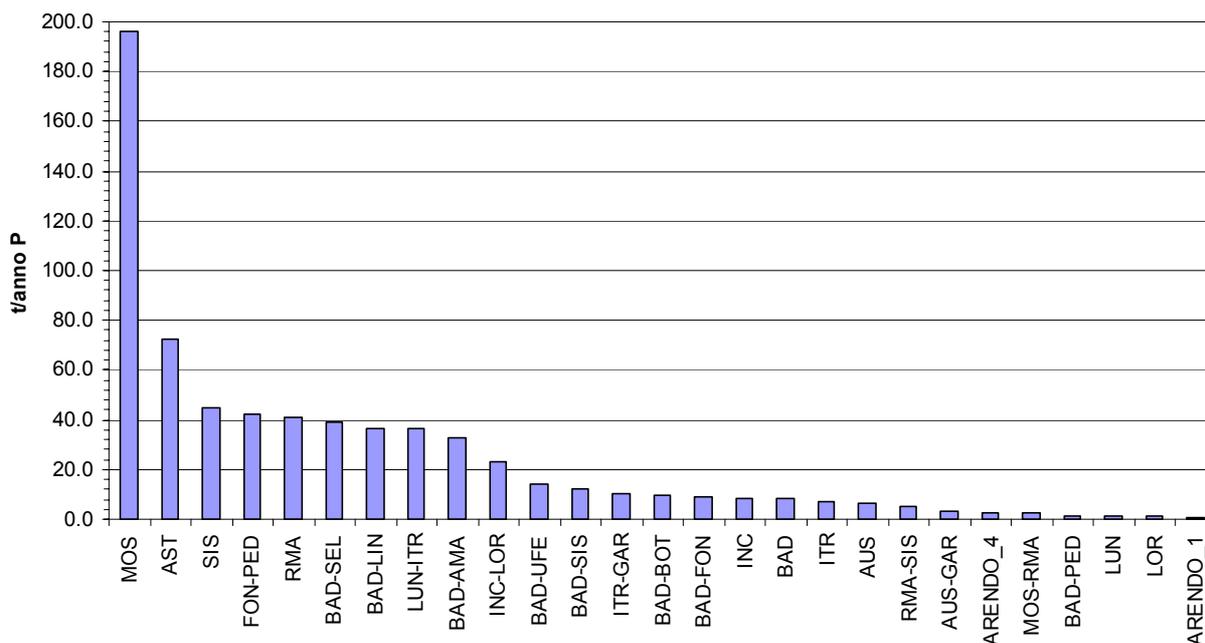


Fig. 11b - Carichi annui di fosforo totale nei principali bacini di interesse per la provincia di Latina

Il grafico evidenzia una situazione altamente critica per il bacino del F.so Moscarello (MOS), tanto più se si considera che, essendo il bacino compreso solo in parte nella provincia di Latina (60% dell'estensione totale), i dati disponibili sono parziali e quindi il valore del carico ottenuto è da ritenersi decisamente sottostimato. Tale stato è dovuto sia alla diffusa presenza di aree residenziali, con più di 23.000 abitanti privi di allaccio a pubblica fognatura su 93.000 residenti circa, ma soprattutto ad una rilevante presenza di attività industriali che da sole rappresentano il 50% degli apporti stimati. Nei casi più estremi, sez. 49 Canale Spaccasassi a sud-est di Aprilia, il flusso misurato durante le campagne di misure (portata da 60 a 200 l/s) è risultato essere costituito da soli reflui. La tavola 7 evidenzia una preponderanza dei carichi puntuali rispetto a quelli diffusi nel sottobacino MOS\_15 (settore della foce) dovuta alla presenza di un impianto di piscicoltura, si ricorda però che i dati disponibili sono parziali e relativi alla sola provincia di Latina.

Altra situazione critica è costituita dal bacino del F. Astura (AST), determinata dalla presenza di un'importante industria farmaceutica che rilascia circa 180 l/s nel F. Astura. Sono, inoltre, presenti due depuratori (Borgo Montello e Le Ferriere) con rilascio non noto e la discarica provinciale di RSU Borgo Montello. La criticità è amplificata dalla ridotta estensione del bacino e dal fatto che esso risulta alimentato quasi esclusivamente dal deflusso sotterraneo della falda di base dei Colli Albani. Il fiume Astura si comporta, infatti, in questo settore da vera e propria "sorgente

lineare” drenando un’acqua di buona qualità con un deflusso, stimabile nel 2004 a circa 15,5 Mmc/anno, che negli ultimi anni ha visto una significativa diminuzione rispetto alle portate storiche in accordo con il trend dell’intera Struttura Idrogeologica dei Colli Albani.

Dalla lettura del grafico di fig. 11.b si possono individuare altri otto bacini con significativi livelli di criticità:

Il bacino SIS (bacino del F. Sisto, esteso per 134 kmq) è uno dei più importanti corsi d’acqua della pianura Pontina che la attraversa completamente da nord a sud. Il carico trasportato è dovuto in eguali proporzioni ai tre comparti agricolo, civile ed industriale. Negli ultimi anni, sia causa di abbassamenti della falda sotterranea che per la realizzazione di opere di derivazione, ha visto ridurre notevolmente il suo deflusso di base e quindi la sua capacità di diluire i notevoli scarichi che vi si riversano. Nel mese di agosto 2003 alla sezione 15 posta poco a sud di Pontinia, è stata rilevato un importante episodio anossico dovuto probabilmente ad una massiccia immissione di sostanze organiche nel corso d’acqua. Tale episodio, da notizie raccolte localmente, sembra ripetersi stagionalmente probabilmente in relazione a qualche ciclo di lavorazione industriale.

Il bacino FON-PED è costituito dalla piana di Fondi e tutti i bacini ad essa tributari. Malgrado l’evidente vocazione agricola della piana la criticità del bacino sembra da ricercarsi soprattutto negli scarichi civili, sia diffusi che puntuali (rilasci dei depuratori), accentuati nel periodo estivo dal massiccio flusso turistico. Fondamentale per la definizione di una efficace rete di monitoraggio e di un piano di interventi è l’esatta conoscenza del funzionamento delle strutture della bonifica (canali, idrovore, paratie, ecc.) che nella piana risultano molto complesse con frequenti sifonamenti e inversioni dei flussi in relazione alle maree. Si segnalano inoltre significative concentrazioni di nitrati e fenomeni di intrusione salina riscontrate nelle acque di falda.

Il bacino RMA (bacino del Rio Martino esteso per 195 kmq) presenta un inquinamento diffuso prevalentemente di origine agricola e subordinatamente civile, ed un inquinamento puntuale prevalentemente di fonte industriale (quest’ultimo dato è però carente dei volumi rilasciati dai sette depuratori presenti nel bacino). La popolazione non allacciata a impianti di depurazione è stimata in circa 11.000 abitanti su di una popolazione residente totale pari a 88.000 unità. In considerazione della non completezza riscontrata nelle banche dati utilizzate per la stima dei carichi si può ritenere che i valori indicati, anche se molto elevati, siano comunque sottostimati rispetto alla realtà. Le misure effettuate sul canale Cicerchi (sez. 4) e sul canale della Nocchia (sez. 6) hanno sempre restituito valori indicativi di intrusione salina.

Il bacino BAD-SEL (canale Selcella) presenta un drenaggio quasi totalmente meccanico (idrovara di Mazzocchio). Il carico inquinante di tipo diffuso è di origine prevalentemente agricola

e subordinatamente civile, il carico di tipo puntuale si presenta di origine industriale. Quasi tutta la popolazione residente è priva di allaccio a impianti di depurazione (circa 6.000 unità su 8.300), tale situazione è dovuta anche alla notevole dispersione delle abitazioni in una zona a vocazione agricola, priva di agglomerati urbani significativi ad eccezione di Sezze Scalo. Si ritiene di fondamentale importanza ai fini del monitoraggio la conoscenza dei regimi operativi e delle portate drenate dall'idrovora di Mazzocchio.

Nel bacino BAD-LIN (Canale Linea-Pio) i carichi inquinanti risultano prevalentemente da fonte industriale. Il bacino è alimentato da un deflusso permanente di circa 2 mc/s costituito dalle portate delle sorgenti pedemontane dei M.ti Lepini che alimentano i fiumi Cavata, Cavatella e Coperto. Tale portata viene completamente derivata, nel periodo estivo, per usi irrigui tra Borgo Faiti e Mesa, dove le acque sono risultate ferme nelle campagne di misura effettuate. Anche per questo bacino risulta necessaria la conoscenza dei regimi operativi delle idrovore, del piano di gestione delle chiuse, delle paratie e dei regimi dei prelievi effettuati dal Consorzio di Bonifica per gli usi irrigui.

Il bacino LUN-ITR è costituito dall'insieme dei bacini costieri con foce sulla costa tra Sperlonga e la foce del Rio d'Itri. La criticità rilevata è imputabile essenzialmente all'entità del carico civile puntuale (depuratori) del sottobacino LUN-ITR\_19 costituente il promontorio di Gaeta. La popolazione residente (23.944 abitanti) praticamente raddoppia nel periodo estivo con 23.000 ulteriori unità; il periodo più critico è, quindi, quello estivo, in cui essenziale è l'efficienza dei depuratori di Gaeta e Sperlonga (quest'ultimo scarica in mare mediante una condotta sottomarina di circa 1200 metri).

Il bacino BAD-AMA (F. Amaseno fino alla confluenza con il canale Portatore) si estende per 437 kmq di cui solo il 55% ricadenti nel territorio della Provincia di Latina; i carichi stimati sono da considerarsi, quindi, sottostimati. Le principali fonti di inquinamento sono costituite dai carichi civili, puntuali e diffusi, e da quelli agricoli. A causa delle numerose traverse di derivazione presenti lungo il corso dell'Amaseno, l'analisi delle misure di portata effettuate risulta difficoltosa; sembra comunque probabile che gran parte dei volumi di reflui prodotti nei sottobacini si infiltri velocemente o viaggi in subalveo. Tra i sottobacini che risultano maggiormente impattanti si segnalano il BAD-AMA\_2 (settore di Priverno) ed il BAD-AMA\_6 (da Madonna del Ponte a Priverno).

Il bacino INC-LOR (costituito dai bacini costieri tra la foce del F.so dell'Incastro e Anzio) pur ricadendo solo parzialmente nel territorio provinciale (34%) presenta significativi carichi di inquinanti. La sua importanza per la Provincia di Latina deriva dalla posizione delle foci che non

escludono una influenza sul litorale provinciale. Per tale bacino risulta necessario il completamento dei dati necessari al di fuori del territorio provinciale.

### **11.1 Attività necessarie al completamento del quadro conoscitivo di base**

Sulla base delle informazioni e delle considerazioni descritte nei capitoli precedenti è possibile elencare le attività più urgenti che si ritengono necessarie al completamento del quadro conoscitivo delle potenziali fonti di inquinanti e dei carichi ad esse associate, nonché del sistema fisico.

1. Estensione dell'acquisizione dei dati utilizzati nella procedura all'esterno del territorio provinciale nei bacini idrologici di interesse (vedi capitolo 10).
2. Affinamento della caratterizzazione degli usi agricoli nella carta dell'uso del suolo.
3. Estensione delle campagne di rilevamento in alveo ai periodi di deflusso di piena
4. Analisi statistica dei dati contenuti nel Catasto Scarichi del Settore Ecologia e Ambiente per individuare ed utilizzare parametri differenziati di stima dei carichi per le diverse categorie produttive e/o i singoli scarichi.
5. Aggiornamento, validazione e completamento dei dati relativi ai depuratori e alle aree urbane allacciate a pubblica fognatura (vedi capitolo 6.3)
6. Validazione e correzione dei sottobacini individuati in aree di bonifica anche sulla base del previsto progetto di validazione del reticolo idrografico provinciale (vedi capitolo 2.1.1).
7. Acquisizione di ulteriori dati termo-pluviometrici per migliorare la spazializzazione e aumentare il periodo di analisi (ideale l'installazione di alcune stazioni in continuo – vedi capitolo 3.1).
8. Installazione di stazioni di misura idrometrica per la taratura della procedura di calcolo del ruscellamento, l'ottimizzazione dello svolgimento delle campagne di misura in alveo e la misura delle portate di deflusso di piena (vedi capitolo 4.1).
9. Passaggio alla spazializzazione a scala giornaliera dei dati idrologici.

10. Georeferenziazione dei terreni oggetto di spandimento dei reflui zootecnici e della localizzazione delle relative attività produttive con verifica della completezza del dato disponibile mediante confronto con altre banche dati (vedi capitolo 9.3).

## 12 Bibliografia essenziale

AA.VV. – Atti del convegno “La conoscenza dei consumi per una migliore gestione delle infrastrutture acquedottistiche” (1990)

AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI SIENA – Il piano acquedottistico della Provincia di Siena (1992-1994)

ARSIA LIVORNO: "Progetto vulnerabilità da nitrati". La vulnerabilità da nitrati della pianura costiera. Provincia di Livorno – settore 10 -“difesa del suolo”

ARSIA LIVORNO: "Progetto vulnerabilità da nitrati". Studio degli apporti azotati derivanti da attività agricola che danno luogo a lisciviazione nel territorio di Vada-S.Pietro in Palazzi

BENEDINI M – Esigenze dell’agricoltura e competizione con le industrie e gli insediamenti civili. (Agricoltura e Innovazione, N° 26/27, 1993)

BENVENUTI L, BODO G, CINGOLANI L, PROIETTI L: Attività di Arpa Umbria per la gestione e l'utilizzazione agronomica dei reflui

Boni C., Bono P. Capelli G. (1986) “Schema idrogeologico dell’Italia centrale. A - Carta idrogeologica; B - Carta idrologica; C - Carta dei bilanci idrogeologici”.

Boni C., Bono P., Capelli G. (1988) “Carta idrogeologica del territorio della Regione Lazio” Scala 1:250.000.

Brunamonte F., Cosentino D., D’Amico L., Prestininzi A., Romagnoli C. (1987) “Carta dei sistemi idrogeologici del territorio della regione Lazio” Scala 1:200.000.

Capelli G., Gazzetti C., Merloni G., Mazza R., Sarandrea P. & Ventura G. (in stampa) – “Uso Compatibile della Risorsa idrica degli acquiferi vulcanici del Lazio”. Quaderni della Ricerca Scientifica. Ed. Pitagora. Bologna

Cassa per il Mezzogiorno (1983) – “Progetti speciali per gli schemi idrici del nel Mezzogiorno – Idrogeologia dell’Italia Centro-meridionale” Quaderni della Cassa del Mezzogiorno, Roma, 1983.

Celico P., Civita M. Macchi A., Nicotera P. (1977) – “Il sistema idrogeologico dei Monti calcareo dolomitici di Salerno. Idrodinamica, riserve globali e loro degradazione a seguito dello scavo della galleria ferroviaria S. Lucia. Mem. e Note Ist. Geol. Appl. Napoli, 13, 40 pp..

CHIAUDANI G, GERLETTI M, MARCHETTI R, PROVINI A, VIGHI M (1978): Il problema dell'eutrofizzazione in Italia. Quaderni Irsa 42

CODICE DI BUONA PRATICA AGRICOLA: Approvato con Decreto Ministeriale del 19/04/1994

De Riso R. & Ducci D. (1992) – “Scema idrogeologico dell’alto Sarno”. *Geologia Tecnica & Ambientale*, n. 3/1992.

FAO - “Report on the Expert Consultation on procedures for revision of FAO: Guidelines for prediction of crop water requirements”. FAO Roma 28-31 maggio 1990. Smith M.

FRANCAVIGLIA R, DONATELLI M, STÖCKLE C, MARCHETTI A: Applicazione del sistema Arcview-Cropsyst nella valutazione della percolazione di acqua e della lisciviazione di nitrati

G.Raspa, R.Bruno “Integration between Geostatistical Methodologies and GIS Environment Geo-data: the External Drift”. *Conference Proceedings of Fourth European and Exhibition on Geographical Information Systems*, Genova, 1993, pp. 1067 -1075.

G.Raspa, R.Bruno e M.Tucci. “Reconstruction of rainfall field by combining ground rain gauges data with radar maps using external drift method”. *Geostatics Wollongong '96*, Kluwer Academic Publisher, 1997.

G.Raspa. "Il ruolo della Geostatistica nella modellizzazione ambientale". In *Aspetti Applicativi delle tecniche geostatistiche alle acque sotterranee*, Quad.Ist.Ric.Acque, 114 Roma (Pubblicazione n.2035 del Gndci-Cnr).

Gazzetti C. & Ismail Hoxha. (2000) – “Un approccio per la gestione delle risorse idriche sotterranee”. *Atti del convegno: La Gestione delle risorse Territoriali: il Supporto allo Sviluppo e le Interazioni con l’Ambiente*. Tirana 17-18 ottobre 2000.

GIARDINI L (1982): *Agronomia generale*, Patron Ed., Bologna,

IRSA – *L’impiego dell’acqua nell’industria* (Quaderni IRSA, 1973)

IRSA (1977): *Indagine sulla qualità delle acque del Fiume Po*, Milano

IRSA: *Vulnerabilità naturale e rischio di inquinamento delle acque sotterranee nella Pianura Padana*

IRSA-CNR – *Un futuro per l’acqua in Italia* (Supplemento Quaderni IRSA, 1999)

ISTITUTO SUPERIORE PER LA NUTRIZIONE DELLE PIANTE *Studi di Nutrizione Azotata e Microbiologia del Terreno*, ISNP-ROMA Coordinatore: Dott.ssa Anna Benedetti

ISTITUTO SUPERIORE PER LA NUTRIZIONE DELLE PIANTE: *L'Importanza strategica del suolo negli equilibri ambientali*, ISNP-ROMA Coordinatore: Dott.ssa Anna Benedetti

J.P.Chilès and P.Delfiner. “Geostatistics: modelling of spatial uncertainty”, *Wiley series in Probability and Statistics*, 1999, 695 pp.

MARCHETTI GIANCARLO: *Studi sulla vulnerabilità degli acquiferi 10* Pubblicazione GNDICI-CNR n° 1068, Pitagora Ed

PAGNOTTA R., BARBERIO G. IRSA (2003): *Stima dei carichi inquinanti nell’ambiente marino-costiero*, *Ann. Ist. Sup. Sanità* n° 39

PECOL E: La carta del carico di azoto, ERSA, Friuli Venezia Giulia

PIANO DI UTILIZZAZIONE AGRONOMICA DEI LIQUAMI ZOOTECNICI (approvato con DGR-Campania n. 2382 del 25/7/03 in attuazione della DGR-Campania n. del 610 del 14 febbraio 2003)

R. Bruno e G.Raspa. “La Pratica della Geostatistica non Lineare-II Trattamento dei Dati Spaziali”. Ed. Guerini, 1994. 170 pagine

Regione Lazio - Assessorato Opere e Reti di Servizi e Mobilità (1997) “Studi e progettazioni per l’aggiornamento del P.R.G.A. del Lazio meridionale - Carta idrografica”. Scala 1:100.000.

Regione Lazio – Autorità dei Bacini Regionali (2001): “Compatibilità dei regimi di captazione delle fonti di approvvigionamento idropotabile previsti al 2015 con i bilanci idrogeologici degli acquiferi”.

Regione Lazio (1992). “Relazioni monografiche delle unità idrogeologiche del Lazio meridionale. (Consorzio Acque)”.

REGIONE LAZIO-ASSESSORATO OPERE E RETI DI SERVIZI MOBILITÀ – Studi e progettazioni per l’aggiornamento del P.R.G.A. del Lazio settentrionale. Attività di prima fase. Domanda Industriale. Relazione (1998)

REGIONE LAZIO-ASSESSORATO OPERE E RETI DI SERVIZI MOBILITÀ – Studi e progettazioni per l’aggiornamento del P.R.G.A. del Lazio settentrionale. Attività di prima fase. Studio sulla domanda Civile. Relazione (1997)

SPALLACCI P (1986) - Concimazione azotata del terreno e rilascio di nitrati nelle acque di percolazione e ruscellamento. Rassegna degli esperimenti italiani- Le Acque a cura di Zavatti A, Vol 1, Pitagora Ed.

Ventura et alii (1998) –

Ventura et alii. (2000) - La valutazione dei prelievi nel bilancio idrogeologico per la gestione dello sfruttamento degli acquiferi. ICID CID Giornata mondiale delle acque – ROMA 22/03/2000

Wackernagel H. 1995. Multivariate Geostatics. Springer: 256 pp.