# TECNOLOGIE GIS PER LO STUDIO DELLA EVOLUZIONE DELLA PRESSIONE ANTROPICA NEI BACINI IDROGRAFICI

Attilio Colagrossi, Lorenzo Felli, Elisa Paganini

APAT – Dipartimento per la tutela delle acque interne e marine. Via Curtatone 3, 00185 Roma attilio.colagrossi@apat.it

### Sommario

Ai fini della valutazione della pressione antropica ambientale in una determinata porzione di territorio, è necessario acquisire ed elaborare informazioni riguardo l'urbanizzazione e la presenza di attività industriali e agricole.

In caso di indagine su territori circoscritti amministrativamente (comune, provincia), una stima molto affidabile può essere prodotta utilizzando direttamente i dati ISTAT.

Qualora si voglia invece indagare un territorio ricompreso parzialmente in limiti amministrativi, quale ad esempio un bacino idrografico, è necessario ricorrere a metodologie ed informazioni ulteriori che consentano di giungere a stime affidabili dell'impatto antropico.

In questo lavoro si propone una metodologia che consente di pervenire alla valutazione dell'impatto antropico su di un bacino idrografico. I bacini idrografici raccolgono, per loro natura, tutte le acque che affluiscono nel loro territorio. Per tale motivo essi costituiscono, come è evidente, porzioni di territorio particolarmente significative sotto il profilo della tutela delle acque dall'inquinamento e, pertanto, l'attività di indagine dell'impatto antropico in un bacino idrografico viene spesso richiesta. La metodologia proposta fa uso di 1)cartografia digitalizzata (a scala di bacino); 2)del Corine Land Cover per l'uso del suolo; 3)dei dati Istat riguardo l'urbanizzazione, l'industrializzazione, l'attività agricola e quella del terziario; 4)della metodologia messa a punto dall'IRSA-CNR per il calcolo degli abitanti equivalenti.

A conclusione del lavoro viene presentata l'applicazione della metodologia ad un bacino idrografico di piccole dimensioni in cui ricadono più provincie e più comuni. La metodologia è stata applicata considerando dapprima dati del 1990 e successivamente i dati del 2000. Dal confronto fra i due risultati si è evidenziato come il fenomeno della de-industrializzazione sia alla base della diminuzione della pressione antropica sul bacino idrografico in esame.

### 1. Introduzione

La pressione antropica può essere definita come complesso delle interferenze prodotte sull'ambiente, alle diverse scale, da opere, presenze e attività umane. La valutazione della pressione antropica può essere effettuata utilizzando metodi indiretti, basati su dati di tipo statistico, o metodi diretti, basati su sperimentazione su campo. Generalmente l'utilizzo di una metodologia indiretta fornisce risultati accettabili in tempi assai ridotti ed a costi irrisori rispetto al'utilizzo di metodologie basate sull'analisi diretta. Nell'analisi indiretta ci si avvale, principalmente, dell'utilizzo degli *indicatori* che forniscono una rappresentazione approssimata della realtà ambientale attraverso un valore o un parametro.

Questo lavoro presenta una metodologia per la valutazione indiretta dell'inquinamento delle acque all'interno di un bacino idrografico in termini di carichi potenziali di tipo organico. Il bacino idrografico rappresenta infatti l'unità di riferimento di base per la valutazione sullo stato di inquinamento delle acque in un dato territorio: tutte le attività che si svolgono all'interno di un bacino idrografico finiscono e si ripercuotono, inevitabilmente, in superficie, sulle acque dei fiumi e infine in mare.

La metodologia proposta fa uso di vari indicatori e strumenti, tra i quali: i dati ISTAT relativi ai censimenti, le tabelle IRSA-CNR di conversione in abitabti equivalenti, l'uso del suolo Corine Land Cover.

La metodologia è stata infine applicata su di un piccolo bacino idrografico il cui territorio ricade sotto la competenza amministrativa di più comuni e province. A tal fine sono stati utilizzati i dati ISTAT dei Censimenti Generali popolazione del 1991 e del 2001, Censimenti generali agricoltura del 1990 e del 2000 e Censimenti generali industrie e servizi del 1991 e del 2001. Le elaborazioni sono state effettuate mediante l'impiego di un prodotto GIS.

# 2. La metodologia

La metodologia mira a valutare i carichi inquinanti potenziali provenienti da i seguenti settori:

- ✓ settore civile (abitanti residenti);
- ✓ settore industriale (equivalenti industriali);
- ✓ settore agricolo (equivalenti zootecnici).

Per la valutazione dei carichi organici ci si è avvalsi di un indice costituito dal cosiddetto *Abitante Equivalente* (AE) che è definito come la quantità di carico inquinante corrispondente a quella prodotta da un individuo nell'arco di 24 ore per un anno; tale carico equivale a 54g di B.O.D.5 (Domanda biochimica di Ossigeno in 5 gg., misurata in g. di O<sub>2</sub>).

Atrraverso l'uso delle tabelle proposte dal CNR-IRSA si può quantificare in Abitanti Equivalenti il potenziale carico di sostanze inquinanti di tipo organico derivanti dalla pressione esercitata dagli abitanti residenti (AR), dagli allevamenti (AZ), e dalle pratiche industriali (AI). La somma dell'inquinamento prodotto dagli abitanti residenti (il singolo abitante residente rappresenta una unità di abitante equivalente), dagli allevamenti (misurato come carico organico prodotto da ciascun capo) e dalle varie attività industriali (misurato come carico organico prodotto da ciascun addetto alle diverse attività industriali) esprime l'inquinamento (indicato con AA) organico prodotto dalle attività antropiche: AA = AR+AZ+AI.

Come si è detto, il carico organico prodotto da ogni abitante residente corrisponde ad un AE.

Per la valutazione dell'inquinamento organico di origine industriale ad ogni settore industriale corrisponde un coefficiente IRSA-CNR che esprime in termini di Abitanti Equivalenti l'inquinamento organico prodotto da ogni unità dimensionale che nel caso in questione è rappresentata dal singolo addetto alle varie attività. Il carico inquinante teorico espresso in Abitanti Equivalenti prodotto da ciascun settore industriale è stato perciò calcolato moltiplicando il coefficiente del settore preso in esame per il numero degli addetti impiegati in tale settore a livello comunale desunto dai dati ISTAT dei Censimenti industrie e servizi.

Per l'attività zootecnica è stata definita ed applicata una procedura analoga, che ha considerato i capi di bestiame allevati quale parametro di riferimento ed i dati ISTAT estratti dai Censimenti agricoltura.

La stima quantitativa degli Abitanti Equivalenti totali per ciascun settore (industriali e zootecnico) per ciascun Comune non è significativa del carico inquinante sul bacino idrografico. Infatti, molti comuni hanno solo una porzione di territorio all'interno del bacino idrografico. Ciò provoca senz'altro una sopravvalutazione del carico inquinante. Per migliorare l'approssimazione della stima è necessario considerare soltanto le attività antropiche che si svolgono nelle porzioni di territorio comunale presenti all'interno della linea spartiacque del bacino idrografico. Per questo ci si avvale della Carta di Copertura del Suolo dal progetto *Corine Land cover* (CLC90 e CLC2000), che consnete di individuare le aree urbane, agricole ed industriali in una qualsiasi porzione di territorio e, quindi, anche all'interno di un bacino idrografico.

In questa fase è necessario l'impiego di un prodotto GIS per l'elaborazione di dati cartografici. E' opportuno a questo fine disporre dei dati cartografici in formato vettoriale dei limiti di bacino a scala 1:250.000 e dei confini comunali aggiornati. La Carta di copertura del Suolo (*Corine Land Cover*), opportunamente tagliata prima sui limiti comunali e poi su quelli di bacino idrografico,

permette di quantificare le superfici di *territorio urbano*, *agricolo* ed *industriale* dei singoli Comuni nella loro interezza e delle porzioni dei singoli Comuni ricadenti all'interno del bacino idrografico. Ciò rende possibile, tramite un rapporto di proporzione tra le due aree, la valutazione (approssimata) degli Abitanti Equivalenti di ciascun comune all'interno del bacino idrografico. L'approssimazione dipende in massima parte dal considerare gli abitanti equivalenti equidistribuiti sul singolo tematismo (territorio urbano = AR; zone industriali = AI; territorio agricolo = AZ) ed avendo come dato certo gli AE per ciascun Comune.

Una prima fase del lavoro comporta il taglio del CLC 90 e CLC2000 su ciascun limite di Comune e poi quello di ciascun Comune all'interno del bacino idrografico. Successivamente, per ciascun Comune e per ciascun Comune all'interno del bacino, si è preso in considerazione il Livello 1 del Corine Land Cover (per i territori agricoli) ed il Livello 2 (per l'urbanizzato e l'industriale) dei tre tematismi considerati (urbano, industriale ed agricolo si considerano affini alle categorie AR, AI, AZ). In questo modo si possono creare dei singoli layers di altrettanti tematismi. Dopo aver creato uniformità nel dato procedendo all'unione per ciascun nuovo layer, si procede al calcolo delle aree di ogni singolo Comune e delle porzioni di Comune all'interno del bacino.

La stima complessiva della pressione antropica sul bacino può pertanto essere valutata secondo il seguente schema riassuntivo.

Siano:

- $A.c._i$  = dato calcolato superficie del "tematismo" dell'intero Comune (in Kmq).
- $A.E._{i}$  = dato calcolato Abitanti Equivalenti del "tematismo" dell'intero Comune.
- $A.c.b._i$  = dato calcolato superficie del "tematismo" del Comune all'interno del bacino idrografico (in Kmq).

# Dove "î" assume valori da 1 a 3 e rappresenta i singoli "tematismi":

- 1 = Area urbana
- 2 = Terreno agricolo
- 3 = Area industriale

Sussiste la seguente proporzione:

$$A.c._{i}: A.E._{i} = A.c.b._{i}: A.E.b._{i}$$

Da cui si può calcolare **A.E.b.**<sub>i</sub> = Abitanti Equivalenti del "tematismo" del Comune all'interno del bacino idrografico (in kmq).

$$A.E.b._i = A.E._i \times A.c.b._i / A.c._i$$

Dal confronto con il Corine land Cover si assumano:

- Area urbana (CLC, Liv.2) = 100% territorio urbanizzato = AR (abitanti residenti);
- Terreno agricolo (CLC, Liv.1) = 100% terreno agricolo = AZ (equivalenti zootecnici);
- Area industriale (CLC, Liv.3) = 100% area industriale = AI (equivalenti industriali).

Infine, si considerino i dati ISTAT uniformemente distribuiti sulle relative superfici considerate.

### 3. Studio di un caso

La metodologia proposta è stata applicata allo studio di un caso: la determinazione della variazione di pressione antropica determinatasi nel 2000 rispetto al 1990 nel bacino del Fosso dell'Incastro. Il *Bacino del Fosso dell'Incastro* è situato a **S** di Roma. E' delimitato a **N** dall'apparato vulcanico dei Colli Albani e a **S** dal Mar Tirreno dove sfociano le sue acque.

La lunghezza dell'asta principale del bacino (Fosso dell'Incastro o Fosso Grande) è di circa 23,5 km e la sua pendenza media è dell'1,6 %. Il bacino presenta un' altitudine media del rilievo di 104 m s.l.m., una larghezza massima di circa 10 km e una superficie totale pari a 154,65  $km^2$ .

Il Bacino del Fosso dell'Incastro presenta una linea spartiacque abbastanza articolata (Fig. 1). Al suo interno si possono distinguere tre sottobacini.

- il sottobacino di Nemi (bacino imbrifero comprendente la superficie del lago) la cui estensione è di  $10,44 \text{ km}^2$ ;
- il sottobacino di Valle Ariccia, con estensione pari a 11,23 km<sup>2</sup>;
- il Fosso dell'Incastro (o Fosso Grande) propriamente detto, dall'emissario della Valle Ariccia alla foce. Esso occupa una superficie di 132,98 km.

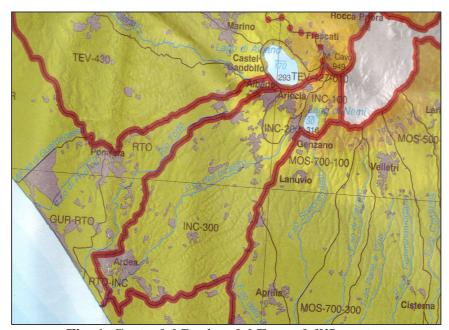


Fig. 1. Carta del Bacino del Fosso dell'Incastro

La sua superficie si estende amministrativamente su 11 territori comunali, non tutti interamente compresi all'interno della linea spartiacque (a volte infatti solo piccole porzioni di Comune ricadono al suo interno) e sono illustrati nella Fig. 2.

Come dati vettoriali si sono utilizzati il Corine Land Cover 1990 e 2000 (CLC90, CLC2000) a scala 1:100.000, i limiti di bacino idrografico alla scala 1:250.000 e i limiti comunali aggiornati al 1998. Per quanto riguarda i dati Istat, dal Censimento della popolazione (1991 e 2001) è stata selezionata esclusivamente la voce "residenti", dal Censimento agricoltura (1990 e 2000) il numero dei capi di allevamento (bovini e ovini, caprini, suini, allevamenti avicoli), mentre dal Censimento industria e servizi (1991 e 2001), attraverso opportuni "filtri", dopo aver selezionato le *sottoclassi di attività economica* per ciascun Comune, è stato ottenuto il numero degli *addetti* per ciascuna sottoclasse.

Le attività economiche risultano essere codificate con il *Codice di attività economica (Ateco)* secondo la classificazione delle Attività economiche *Ateco* '91 dell'Istat.

Nel calcolo per la conversione in Abitanti Equivalenti sono state prese in considerazione esclusivamente le attività codificate dall'Istat dalla 10 alla 41 (cioè: C Estrazione di minerali; D Attivita' manifatturiere; E Produzione e distribuzione di energia elettrica, gas e acqua) in quanto Cnr-Irsa propone coefficienti di conversione solo per tali attività considerandole, tra tutto il settore industriale, le più potenzialmente contaminanti nella valutazione di un inquinamento di natura organica delle acque.

L'applicazione della metodologia, ove si è considerata la *pressione antropica* nella sola componente di inquinamento delle acque da carichi di origine organica (calcolata in Abitanti Equivalenti; AE = AR+AZ+AI), ha prodotto i seguenti risultati:

### **Situazione al 1990-1991:**

- AE bacino/Kmq bacino = 1591,94
- AE totali bacino = 246003,18 dove:

AR = 59999,33

AZ = 49176,35

AI = 136827,5

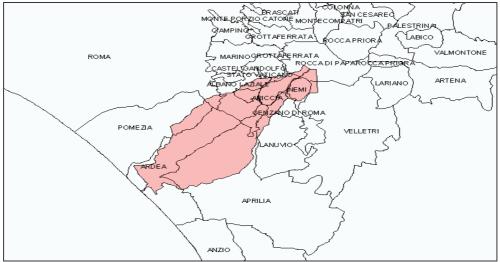


Fig. 2. Limiti amministrativi dei comuni nel Bacino del Fosso dell'INcastro

#### **Situazione al 2000-2001:**

- AE bacino/Kmq bacino = 1352,71
- AE totali bacino = 209034,44 dove:

AR = 63733,74

AZ = 34224,16

AI = 111076,54

Analizzando i dati ottenuti si può affermare che la pressione da carichi organici all'interno del bacino idrografico sia diminuita di circa il 15% nell'arco dei 10 anni considerati, passando da una densità pari a 1591,94 AE/Kmq (1990-1991) ad una di 1352,71 AE/Kmq negli anni 2000-2001.

Considerando le singole componenti che prendono parte al calcolo degli Abitanti Equivalenti totali (AR, AZ, AI) si può notare come gli Abitanti Residenti (AR) siano aumentati (+6,2%), passando da circa 59999,3 a 63733,7, al contrario degli Equivalenti Zootecnici (AZ) e degli Equivalenti Industriali (AI) passando rispettivamente da 49176,35 a 34224,16 (-33,5%) e da 136827,5 a 111076,54 (-18,8%). Nelle Figg. 3 e 4 i dati ottenuti sono rappresentati in forma di istogramma.

Una prima considerazione riguarda il carico totale degli inquinanti di tipo organico (AE totali bacino): esso è diminuito nel corso degli anni andando a migliorare la situazione della pressione antropica determinata dagli stessi, che è sensibilmente diminuita.

Analizzando poi le singole componenti che prendono parte al calcolo degli Abitanti Equivalenti totali (AR, AZ, AI) si osserva che gli Abitanti Residenti (AR) sono aumentati, al contrario degli Equivalenti Zootecnici (AZ) e degli Equivalenti Industriali (AI) che sono, per contro, diminuiti.

Le cause di tali cambiamenti possono essere ricondotte al più generale fenomeno della deindustrializzazione.

La diminuzione della quota dell'industria nell'economia deve essere vista in un contesto di trasformazione strutturale nel lungo periodo. Essa riflette un processo di ridistribuzione delle risorse verso i servizi.

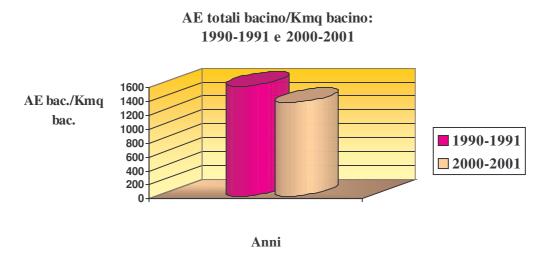


Fig. 3 Densità in AE/Kmq del bacino idrografico: confronto 1990-2000

I risultati ottentui attraverso l'applicazione della metodologia confermano anche alla scala di piccolo bacino idrografico il quadro che si è andato a delineare a partire dalla fine degli anni cinquanta in Italia, riflettondo a pieno lo "spaccato" dell'Italia che ha mutato la propria economia ed il proprio stile di vita.

Variazioni del carico inquinante di tipo organico espresso di termini di Abitanti Equivalenti (AE) per le singole componenti (AR, AZ, AI):

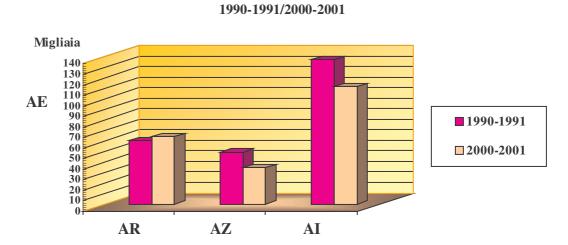


Fig. 4. Variazioni 1990-2000 delle singole componenti AR, AZ, AI.

## Ringraziamenti

Si desidera ringraziare il Dott. Mario Aversa per le utilissime ed essenziali informazioni prodotte sul Bacino del Fosso dell'Incastro.