

*Caratterizzazione dei sedimenti dei corpi idrici artificiali  
del territorio della Provincia di Bologna*



CONVENZIONE TRA LA REGIONE EMILIA ROMAGNA ED ARPA SEZIONE  
PROVINCIALE DI BOLOGNA PER LA REALIZZAZIONE DELLO STUDIO  
*"CARATTERIZZAZIONE DEI SEDIMENTI NEI CORPI IDRICI ARTIFICIALI DEL  
TERRITORIO PROVINCIALE DI BOLOGNA E PRIME VALUTAZIONI SULLE  
INTERAZIONI CON LA QUALITA' DELLE ACQUE"*

Redazione a cura di:  
Dr.ssa Anna Maria Zapparoli

Responsabile di Progetto:

Dott.ssa Anna Maria Zapparoli Servizio Sistemi Ambientali Arpa Sezione di Bologna

Hanno collaborato:

per Arpa Sezione Provinciale di Bologna Servizio Sistemi Ambientali  
Dott.ssa Samantha Arda

per Arpa Sezione Provinciale di Bologna Dipartimento Tecnico  
Dott.ssa Emanuela Fabbrizi  
Dott.ssa Cristina Lea Barbieri  
Rino Calori  
Cristina Bonora

per Distart dell'Università degli Studi di Bologna:

Ing Marco Maglionico  
Ing Andrea Casadio  
Ing Andrea Bolognesi

Per il Consorzio della Bonifica Reno-Palata:

Dott.ssa Carla Zampighi  
Ing. Enrico T. Alessandra

1. INTRODUZIONE	1
2. LA LEGISLAZIONE	3
2.1. LA LEGISLAZIONE NAZIONALE	3
2.1.1. DM 471/99	3
2.1.2. D Lgs 22/97 e nota N.UL/2000/10103	3
2.2. LA LEGISLAZIONE DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA	4
2.2.1. Delibera Regionale n. 1204 del 27 giugno 2001	4
2.2.2. Protocollo di intesa 28 agosto 2003	6
2.3. DECRETO LEGISLATIVO 3 aprile 2006, n.152 Norme in materia ambientale.	7
2.3.1. Decreto Ministero dell'Ambiente 2 maggio 2006 (Articolo 186, comma 3 Dlgs 3 aprile 2006, n. 152 - Criteri, procedure e modalità per il campionamento e l'analisi delle terre e rocce da scavo)	8
3. LA PIANIFICAZIONE DEI CASI STUDIO	17
3.1. Definizione delle Finalità da Conseguire	17
3.2. Acquisizione e Valutazione dei Dati Esistenti (sopralluogo preliminare, raccolta dati anni precedenti)	18
3.2.1. Cartografia di Utilizzo del Suolo	18
3.2.2. Cartografia dei Litotipi	20
3.2.3. Cenni Geomorfologici e Idromorfologici dei Territori Comunali	22
3.2.4. Dati Acquisiti da Studi Precedenti	23
3.3. PROGRAMMAZIONE DELLE INDAGINI	29
4. LO STUDIO DEL CASO IN OGGETTO	29
4.1. LA CARTOGRAFIA	29
4.2. IL CAMPIONAMENTO	32
4.2.1. Considerazioni generali	32
4.2.2. Le modalità di campionamento	32
4.2.3. La procedura di raccolta e conservazione del campione	33
4.3. LE ANALISI DI LABORATORIO	33
5. ELABORAZIONI MODELLISTICHE	39
5.1. INTRODUZIONE	39
5.2. APPROCCIO PROBABILISTICO	39
5.2.1. Il teorema di Bayes	40
5.2.2. Le reti bayesiane	41
5.3. DESCRIZIONE DEL SOFTWARE SVILUPPATO	42
5.4. LA STRUTTURA DEL MODELLO	43
5.5. APPLICAZIONE AL CASO DI STUDIO	51
5.5.1. Il Canale Collettore Acque Basse Bagnetto	52
5.5.2. Lo Scolo Mascellaro	56
5.5.3. Lo Scolo Sacerno	56
5.6. CONCLUSIONI	59
5.7. SVILUPPI FUTURI	60
6. BIBLIOGRAFIA	61

## **1. INTRODUZIONE**

Il decreto legislativo 11 maggio 1999 n°152 definisce la disciplina generale per la tutela delle acque, perseguendo gli obiettivi di prevenire e ridurre l'inquinamento, risanare e migliorare lo stato delle acque, proteggere le acque destinate ad usi particolari, garantire gli usi sostenibili delle risorse e conservare la capacità naturale di autodepurazione dei corpi idrici, necessaria a sostenere comunità animali e vegetali ampie e ben diversificate.

Il raggiungimento di questi obiettivi è affidato ad una molteplicità di strumenti e tra questi: gli obiettivi di qualità ambientale e i piani di tutela. Il decreto prevede precise scadenze temporali sia per il conseguimento degli obiettivi di qualità, sia per l'elaborazione e la realizzazione dei piani di tutela e risanamento necessari per conseguire tali obiettivi

Il decreto definisce gli obiettivi di qualità ambientale per tutte le tipologie di corpi idrici superficiali e sotterranei considerati (corsi d'acqua, laghi, acque di transizione, corpi idrici artificiali, acque marine costiere e acque sotterranee). Tutti i corpi idrici significativi devono raggiungere uno stato di qualità ambientale sufficiente entro il 2008 e buono entro il 2016. I piani di tutela richiedono l'elaborazione e la realizzazione di programmi per la conoscenza dello stato qualitativo e quantitativo dei corpi idrici e all'acquisizione delle informazioni sulle caratteristiche fisiche, naturali e socio-economiche dei bacini per valutare le pressioni e gli impatti antropici da essi subiti. Questo insieme di attività conoscitive e pianificatorie, che devono essere realizzate a partire da un primo programma di censimento, caratterizzazione, monitoraggio e classificazione dei corpi idrici, attraverso l'analisi della componente acqua, del biota e dei sedimenti

.I sedimenti vengono analizzati per valutare la presenza, l'abbondanza e la distribuzione di costituenti chimici in acque superficiali. La caratterizzazione chimica dei sedimenti costituisce un elemento importante negli studi di monitoraggio condotti con molteplici finalità: monitoraggio di sorveglianza, stima dei carichi che interessano un corpo idrico, valutazione dell'efficacia di interventi di risanamento, verifica della presenza o assenza di contaminanti.

I sedimenti si possono definire come un agglomerato di materiale vivente e non vivente, di natura organica ed inorganica, avente composizione fisica, chimica e biologica variabile, che viene trasportato da acqua, ghiaccio e vento e quindi si deposita nei sistemi acquatici.

Nel territorio regionale sono presenti circa 20.000 Km di canali gestiti dai Consorzi di bonifica i quali hanno tra i propri compiti, tra l'altro, la regolamentazione del deflusso delle acque meteoriche e degli scarichi dei depuratori, la risagomatura e la manutenzione degli alvei con movimentazione di fanghi.

L'obiettivo previsto nel Piano di Tutela Ambientale (PTA) di raggiungere una qualità dei corsi d'acqua pari a uno stato ambientale sufficiente nel 2008 e buono nel 2016, impone una conoscenza dettagliata di questi sistemi idrici comprese le caratteristiche dei sedimenti presenti sul fondo dell'alveo e dei meccanismi di scambio degli inquinanti con le acque sovrastanti. Una caratterizzazione dei fanghi di dragaggio diventa essenziale nell'ambito del raggiungimento dei sopracitati livelli di qualità.

I Consorzi di Bonifica durante l'attività di manutenzione ordinaria dei canali necessaria per mantenere l'officiosità idraulica dei canali, svolgono interventi di pulizia, risezionamento delle sponde e dragaggio dei fondali. Lo smaltimento del sedimento e del terreno asportato storicamente è avvenuto mediante spandimento nelle aree consortili limitrofe, spesso lungo l'argine del canale stesso, previo naturale essiccamento.

In base alle indicazioni in materia provenienti dalla normativa europea (Water Framework Directive, 60/2000/CE) e al loro recepimento sia a livello nazionale (D.Lgs 152/06, D.M. 471/99) sia regionale (Delibera 1204/2001), vengono individuati limiti sempre più restrittivi alla pratica dello spandimento e al riutilizzo dei fanghi provenienti dall'espurgo dei canali, nei terreni ad uso agricolo.

Con la Delibera della Giunta della Regione Emilia Romagna, n° 1204 del 2001, sono state precisate nel dettaglio le procedure da osservare durante le operazioni di dragaggio, espurgo e risezionamento dei canali di bonifica. Le conseguenze pratiche che accompagnano tali atti implicano che l'eventuale presenza di inquinanti nei sedimenti prelevati, oltre i limiti di accettabilità previsti dal DM 471/99, comporterebbe la necessità di smaltimento opportuno degli stessi in discarica autorizzata, previo eventuale trattamento.

Il conferimento in discarica rappresenta da un lato una soluzione economicamente non praticabile per i Consorzi, e dall'altro un problema sostanziale, in quanto le discariche attualmente esistenti sul territorio nazionale non sono sufficienti al contenimento dei materiali dragati.

Questo determina spesso la materiale impossibilità di effettuare lo smaltimento ai sensi di legge.

Nasce così l'esigenza di creare uno strumento che sia di supporto al gestore del reticolo dei canali, nella definizione della scala di priorità degli interventi di ripristino.

Fino ad ora il criterio che stava dietro gli interventi di dragaggio, è stato puramente idraulico: mantenere l'efficienza idraulica dei canali. Ci si propone di affiancare a questo concetto un criterio qualitativo, che aiuti il gestore a definire la scala di priorità degli interventi non solo su base idraulica ma anche legato al rischio di accumulo di sedimenti contaminati oltre i limiti di legge.

Nasce così l'esigenza di caratterizzare i sedimenti asportati dai canali, mediante analisi chimico-fisiche e di valutare le dinamiche morfologiche dei canali. Nota la composizione del sedimento e le modalità di deposizione e trasporto, è possibile individuare i tratti maggiormente soggetti alla sedimentazione, nonché le possibilità di smaltimento in situ o gli eventuali trattamenti specifici necessari per il riutilizzo dei materiali dragati.

Oltre ad una modellazione idrologica, che tiene conto dei processi di deposizione del sedimento sul bacino e di successivo lavaggio, con conseguente ingresso in alveo; ad una modellazione idraulica e morfologica dell'alveo, che tiene conto dei processi di erosione, trasporto e sedimentazione, occorre tenere in considerazione anche tutti i processi di scambio e trasformazione di tipo chimico- biologico che avvengono nell'ambiente acquatico, nel fango e all'interfaccia.

## **2. LA LEGISLAZIONE**

### **2.1. LA LEGISLAZIONE NAZIONALE**

Le terre da scavo sono da tempo oggetto di un dibattito molto intenso con due orientamenti antitetici che, rispettivamente, ritengono tali materiali soggetti o meno alla disciplina dei rifiuti

Il testo di legge di riferimento per tale materia è il Decreto Legislativo del 5 Febbraio 1997, n.22 detto Decreto Ronchi, redatto sulla base dei principi e delle linee di intervento fissate dalle direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/698/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CEE sugli imballaggi e rifiuti di imballaggio. Altro testo di riferimento per la disciplina è il Decreto Ministeriale 471/99 che stabilisce i criteri, le procedure e le modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati, ai sensi dell'articolo 17, del D.Lgs. 22/97.

#### **2.1.1. DM 471/99**

Dal punto di vista formale, il DM 471/99 è composto da 18 articoli e da 5 allegati tecnici, i particolari si citano:

Allegato 1: riporta i valori di concentrazione limite accettabili nel suolo, nel sottosuolo e nelle acque sotterranee in relazione alla specifica destinazione d'uso dei siti.

Allegato 2: contiene le procedure di riferimento per il prelievo e le analisi dei campioni.

#### **2.1.2. D Lgs 22/97 e nota N.UL/2000/10103**

Con la nota N. UL/2000/10103 del 28 luglio 2000 il Ministero dell'Ambiente è intervenuto per chiarire che le terre da scavo indicate alla lettera b) del comma 3 dell'art. 7 del D.lgs 22/97 devono essere considerate pericolose quando presentano concentrazioni di inquinanti superiori ai limiti accettabili stabiliti dal D.M. 471/99 per i siti con destinazione verde privato, pubblico e residenziale. In tal caso, infatti, si pone l'evidente esigenza di controllare l'utilizzo delle terre e rocce da scavo al fine di prevenire il trasferimento di inquinanti e determinare l'inquinamento di altri siti con conseguente obbligo di bonifica dei siti medesimi. Quando, sempre secondo la nota, le concentrazioni di inquinanti sono inferiori ai limiti di accettabilità stabiliti dal D.M. 471/99 per i siti ad uso residenziale, verde privato e pubblico, e le terre da scavo sono destinate al normale ciclo di utilizzo quali, ad esempio, sottofondi e rilevati stradali, rimodellamenti morfologici, usi agricoli, riempimenti ecc., non devono essere qualificate rifiuto e, di conseguenza, non rientrano nell'applicazione del D.lgs 22/97. Le terre da scavo, sempre secondo la nota del Ministero, possono essere riutilizzate direttamente nel sito dove sono state prodotte a prescindere dalla loro classificazione giuridica. In tale caso, infatti, non si determina alcun rischio di trasferimento di inquinanti in altri siti e quindi non sussistono le esigenze di controllo a fini di tutela ambientale proprie del regime dei rifiuti.

Ovviamente, resta salvo l'obbligo di provvedere alla bonifica del terreno e del sito quando ne ricorrano le condizioni ed i presupposti ai sensi dell'art. 17, D.lgs. 22/97 e del DM 471/99.

Tali conclusioni, indica la nota, poggiano sulla considerazione che il D.lgs. 22/97 definisce rifiuto "qualsiasi sostanza od oggetto che rientra nelle categorie riportate nell'allegato A e di cui il detentore si disfi o abbia deciso o abbia l'obbligo di disfarsi".

Per qualificare giuridicamente una sostanza od un oggetto come rifiuto risulta, pertanto, determinante il fatto, la volontà, l'obbligo del produttore/detentore di "disfarsi", cioè di sottoporre o destinare una sostanza od un oggetto alle operazioni di recupero o smaltimento individuate negli allegati B e C al D.lgs. 22/97. In tal senso deve essere letta la disposizione di cui al punto 3 della

nota introduttiva al CER (allegato A2 al D.lgs. 22/97) secondo cui "... un materiale figurante nel catalogo non è in tutte le circostanze un rifiuto, ma solo quando esso soddisfa la definizione di rifiuto". Questo processo logico deve essere utilizzato anche per stabilire se e quando le terre da scavo debbano essere considerate rifiuto. In altri termini, non basta il riferimento oggettivo al CER (allegato A2 al D.lgs. 22/97), ma si rende altresì necessario verificare caso per caso quando per le terre da scavo individuate alla voce 170501 ricorre:

- a) il fatto del disfarsi;
- b) la decisione;
- c) l'obbligo di disfarsi.

Secondo il Ministero appare ragionevole ritenere che il legislatore con la disposizione citata all'art. 7, comma 3 del D.lgs. 22/97 abbia inteso affermare un concetto sostanziale di pericolosità, legato alle concentrazioni di inquinanti che in base all'ordinamento vigente rappresentano un rischio per la tutela della salute e dell'ambiente e quindi determinano un'esigenza di controllo sulla destinazione finale di tali materiali e delle fonti inquinanti in essi presenti. Le terre e rocce da scavo, pur non essendo incluse nel catasto dei rifiuti pericolosi, quando presentano concentrazioni di inquinanti superiori ai limiti di accettabilità stabiliti dal DM 471/99 per i siti a destinazione d'uso residenziale, verde privato e pubblico, sono pericolose e obbligano il detentore a disfarsene. In tale circostanza, dunque, le terre da scavo hanno i requisiti per essere assoggettate al regime dei rifiuti. Non sono rifiuti quando, invece, le terre e rocce da scavo presentano concentrazioni di inquinanti che non superano i limiti indicati dal D.M. 471/99 e vengono sottoposte o destinate al normale ciclo di utilizzo della terra. Infatti, nel caso specifico viene meno il requisito essenziale per qualificare un materiale o un oggetto come rifiuto perché lo stesso non viene destinato né ad operazioni di recupero né di smaltimento. E' da notare che nella nota il Ministero ribadisce che per qualificare rifiuto le terre da scavo individuate alla voce 170501 risulta determinante il fatto, la volontà, l'obbligo del produttore/detentore di "disfarsi" di dette sostanze. In base a tale ragionamento è logico dedurre, anche se l'infelice formulazione dell'art. 7, comma 3, lettera b) del D.lgs. 22/97 può creare equivoci, che esistono anche i "rifiuti non pericolosi" derivati dalle attività di scavo.

## ***2.2. LA LEGISLAZIONE DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA***

In seguito a quanto detto la regione Emilia-Romagna ha emanato la Delibera n. 1204 del 27 giugno 2001 per disciplinare, più in specifico, la gestione dei materiali derivanti da operazioni di dragaggio, espurgo e risezionamento di canali di Bonifica

### ***2.2.1. Delibera Regionale n. 1204 del 27 giugno 2001***

Secondo tale delibera i suddetti materiali possono essere utilizzati secondo le seguenti modalità:

- 1). se i materiali non superano i limiti di accettabilità previsti dal D.M. 471/99 possono essere distesi sui terreni limitrofi, anche ad uso agricolo, al di fuori del campo di applicazione della normativa in materia di rifiuti, rispettando le regole generali più avanti specificate; Il distendimento dei materiali sui terreni limitrofi, anche ad uso agricolo, è ammesso a condizione che essi siano costituiti da particelle di terreno dilavato dalle aree circostanti il canale; eventuali rifiuti di altra natura devono essere rimossi e destinati a smaltimento separato.

- 2). se i materiali superano i limiti di accettabilità previsti dal D.M. 471/99 debbono essere gestiti nel rispetto della vigente normativa in materia di rifiuti con le seguenti modalità:



- Avvio a recupero in procedura semplificata di cui agli articoli 31 e 33 del Decreto Legislativo 5 febbraio 1997, n.22, nel rispetto delle specifiche norme tecniche stabilite al punto 12.2, suballegato 1, allegato 1 del Decreto Ministeriale 5 febbraio 1998;

- Avvio a recupero o smaltimento in impianti autorizzati ai sensi del D.Lgs. 22/97.

Riguardo alla verifica del superamento o meno dei limiti di accettabilità previsti dal D.M. 471/99 la delibera fornisce i seguenti indirizzi.

Ogni Consorzio presenta alla Provincia territorialmente competente il programma generale, annuale o poliennale, degli interventi di dragaggio, espurgo e risezionamento dei canali del comprensorio di competenza.

Tale programma deve essere corredato da adeguata documentazione cartografica tesa ad individuare puntualmente i tratti di canale interessati ed i bacini serviti; eventuali variazioni di programma in corso d'opera devono essere comunicate tempestivamente alla Provincia competente. La Provincia, sulla base del catasto degli scarichi, delle conoscenze acquisite attraverso il controllo degli stessi, del monitoraggio della qualità dei corpi idrici e di eventuali altre informazioni in proprio possesso, classifica i tratti di canale interessati secondo il seguente schema:

a). Tratti non interessati da scarichi di acque reflue industriali, né da scarichi di acque reflue domestiche e/o urbane di entità tale da determinare un potenziale rischio di inquinamento dei materiali.

In tale caso il Consorzio può provvedere all'utilizzo dei materiali, anche in assenza di analisi chimiche dei materiali stessi, nel rispetto delle condizioni operative indicate in tabelle successive.

b). Tratti interessati da scarichi di acque reflue industriali e/o da scarichi di acque reflue domestiche e/o urbane di entità tale da determinare un potenziale rischio di inquinamento dei materiali.

In tale caso la Provincia dispone che il Consorzio proceda alle analisi chimiche dei materiali per i parametri indicati nella tabella 1, colonna A, Allegato 1 del D.M. 471/99, indicando le modalità di campionamento da seguire e il numero e la tipologia dei parametri da misurare.

In relazione alle caratteristiche analitiche dei materiali si possono configurare le seguenti situazioni:  
1. il campione analizzato rispetta tutti i limiti di concentrazione individuati nella predetta tabella per i parametri indicati dalla Provincia.

In tale caso il Consorzio può procedere al distendimento dei materiali.

2. il campione analizzato non rispetta i limiti di concentrazione individuati nella citata tabella per uno o più parametri indicati dalla Provincia.

In tale caso il Consorzio non può effettuare il distendimento dei materiali e deve procedere alla gestione degli stessi, in ottemperanza alla vigente normativa in materia di rifiuti.

Il distendimento dei materiali sui terreni ad uso agricolo è soggetto alle seguenti regole generali, oltre ad eventuali specifiche prescrizioni indicate dalla Provincia territorialmente competente in sede di presentazione del programma generale degli interventi di dragaggio, risezionamento ed espurgo presentato dal Consorzio:

- i materiali, prima dell'impiego, devono essere depositati sulle adiacenti sponde del canale per un periodo non inferiore a 60 giorni;

- il distendimento dei materiali deve avvenire sui terreni immediatamente adiacenti al canale; nel caso in cui i materiali non possano essere distesi sui terreni adiacenti al canale dove sono stati prodotti, i Consorzi possono utilizzarli per miglioramenti fondiari su terreni posti all'interno del comprensorio consortile. In entrambi i casi il distendimento deve essere effettuato p previo assenso del proprietario o del conduttore del terreno interessato; di tale assenso si deve fare garante il Consorzio.

- il distendimento dei materiali sui terreni agricoli è effettuato nel rispetto delle condizioni operative previste e non può essere ripetuto nello stesso sito prima che siano trascorsi 10 anni dall'ultima utilizzazione;

- è vietato il distendimento dei materiali nelle zone di rispetto dei punti di captazione delle acque destinate al consumo umano, ai sensi del D.P.R. 236/88 e successive modifiche ed integrazioni e nelle zone previste dal D.Lgs. 99/92 e della L.R. 50/94;
- il Consorzio deve comunicare alla Provincia territorialmente competente, con 15 giorni di anticipo, la data di inizio delle operazioni di dragaggio, espurgo e risezionamento del canale; il Consorzio deve tenere presso la propria sede un registro delle operazioni effettuate in cui devono essere riportati, per ogni tratto di canale, i seguenti dati:
- data d'inizio delle operazioni di dragaggio, espurgo e risezionamento del canale;
- quantità di materiali escavati;
- quantità di materiali distesi e luogo interessato.

### ***2.2.2. Protocollo di intesa 28 agosto 2003***

In seguito alla delibera regionale sopra riportata si è aperto un protocollo di intesa, tra la Provincia di Bologna (Ass.ti Ambiente ed Agricoltura), i Consorzi di Bonifica, le Associazioni Agricole, Arpa e Ausl per la gestione dei materiali derivanti da operazioni di dragaggio, espurgo e risezionamento dei canali di bonifica.

La bozza finora prodotta ha lo scopo di fornire elementi di chiarimento per la pratica di attuazione della deliberazione:

1. La deliberazione va intesa applicata al materiale depositato sul fondo dei canali fango/melma di fondo avente le caratteristiche di colore scuro proprie di tale materiale) dei tratti sensibili (tratti interessati da scarichi di acque reflue tali da determinare un potenziale rischio di inquinamento dei materiali) soggetti ad operazioni di dragaggio, espurgo e risezionamento. Pertanto, si intende escluso dall'applicazione della deliberazione regionale il terreno delle scarpate e il terreno del fondo dei tratti di canale non sensibili, per i quali può essere previsto il loro diretto utilizzo nell'ambito della normale pratica agricola previo stazionamento dei fanghi in adiacenza alle sponde dei canali per il tempo necessario alloro essiccamento prima dell'utilizzo.
2. I Consorzi di Bonifica presentano annualmente alla Provincia il programma generale, col relativo calendario, degli interventi di dragaggio, espurgo e risezionamento dei canali di bonifica in cui siano individuati cartograficamente i tratti dei canali interessati dagli interventi con la proposta di classificazione in tratti interessati o non interessati da scarichi di acque reflue tali da determinare un potenziale rischio di inquinamento. Il programma dovrà essere corredato una proposta di piano di monitoraggio sui tratti individuati a potenziale rischio di inquinamento, contenente numero e tempi di campionamento e parametri da analizzare. Il programma generale di cui sopra dovrà altresì essere comprensivo del piano di riutilizzo del materiale derivante dalla attività di dragaggio, espurgo e risezionamento.[...]
3. Operativamente, si presentano diversi casi:
  - A) Tratti di canale non interessati da scarichi di acque reflue tali da determinare un potenziale rischio di inquinamento dei materiali.[...]
  - B) Tratti di canale interessati da scarichi di acque reflue tali da determinare un potenziale rischio di inquinamento dei materiali.[...]Se ricorrono le condizioni di cui al punto A), il materiale derivante dalle azioni di risagomatura e dragaggio può essere depositato lungo le sponde del canale.  
Se ricorrono le condizioni di cui al punto B), il materiale deve essere sottoposto a verifica analitica e le considerazioni che seguono sono riassumibili nella seguente tabella.

<b>Arpa</b> EMILIA-ROMAGNA <b>Sezione Provinciale di Bologna</b>	Servizio Sistemi Ambientali	Revisione 1 del 05.03.2007 Pagina 7 di 61
---	-----------------------------	---

Risultato analitico	Azione necessaria
Inferiori ai valori della tabella 1 colonna A del D.M. 471/99	Decade l'esigenza di tenere il materiale separato in funzione del Lotto di provenienza e si procede alla messa a dimora definitiva nell'area di cava.
Valori compresi tra quelli di colonna A e quelli di colonna B del D.M. 471/99	Il materiale viene rimosso da parte dell'appaltatore/conferitore che ha l'onere di smaltirlo presso discariche 2A o 2B. Tale materiale può essere utilizzato per la copertura in esercizio di discariche, ripristini ambientali in zone industriali/commerciali.
Valori oltre la colonna B	Il materiale viene rimosso da parte dell'appaltatore/conferitore che ha l'onere di trasportarlo ad idoneo sito per lo smaltimento o recupero attivando le procedure previste dal D.Lgs 22/97 e succ. modif. (Discariche 2B o recuperi/ripristini ambientali ai Sensi del DM 5/02/1998)

Seguono ulteriori delucidazioni sulla destinazione d'uso delle terre in funzione del risultato analitico

Nel caso che i risultati delle analisi, ancorché indicare che il materiale supera i limiti di accettabilità previsti dalla Tab. 1, colonna A, allegata al D.M. n. 471/99, non supera, però, i limiti della colonna B della stessa tabella e rispetta i limiti del test di cessione di cui all'allegato 3 del D.M. 05.02.98, il materiale, se avente le caratteristiche prestazionali necessarie, potrà, essere utilizzato come materiale esclusivamente per interventi connessi con l'opera idraulica su cui si sta intervenendo (quali gli argini esterni, la capezzagna di servizio, ecc.).

Nel caso di superamento dei limiti della Tab.1 colonna A del D.M. n. 471/99 sul tratto di canale interessato, è facoltà del Consorzio suddividere ulteriormente in lotti il canale e di effettuare ulteriori analisi di approfondimento sui parametri per la più puntuale caratterizzazione del fango di dragaggio.

### ***2.3 DECRETO LEGISLATIVO 3 aprile 2006, n.152 Norme in materia ambientale.***

Il Dlgs 3 aprile 2006, n. 152 sostituisce a partire dal 29 aprile 2006 (data della sua entrata in vigore) la maggior parte delle preesistenti norme in materia ambientale, mediante la loro espressa abrogazione. Le materie interessate sono:

- valutazione di impatto ambientale e valutazione ambientale strategica;
- difesa del suolo e tutela delle acque;
- gestione dei rifiuti e bonifica dei siti inquinati;
- tutela dell'aria e riduzione delle emissioni in atmosfera;
- risarcimento del danno ambientale.

Nella *Parte quarta* :*Norme in materia di gestione dei rifiuti e di bonifica dei siti inquinati al Titolo I Gestione dei rifiuti ,Capo I Disposizioni generali , all 'Articolo 186: Terre e rocce da scavo*

Al comma 1. **Le terre e rocce da scavo**, anche di gallerie, ed i residui della lavorazione della pietra destinate all'effettivo utilizzo per reinterri, riempimenti, rilevati e macinati non costituiscono rifiuti e sono, perciò, esclusi dall'ambito di applicazione della parte quarta del presente decreto solo nel caso in cui, anche quando contaminati, durante il ciclo produttivo, da sostanze inquinanti derivanti dalle attività di escavazione, perforazione e costruzione siano utilizzati, senza trasformazioni preliminari, secondo le modalità previste nel progetto sottoposto a valutazione di impatto ambientale ovvero, qualora il progetto non sia sottoposto a valutazione di impatto ambientale, secondo le modalità previste nel progetto approvato dall'autorità amministrativa competente, ove ciò sia espressamente previsto, previo parere delle Agenzie regionali e delle Province autonome per la protezione dell'ambiente, sempreché la composizione media dell'intera massa non presenti una concentrazione di inquinanti superiore ai limiti massimi previsti dalle norme vigenti e dal decreto di cui al comma 3.

2. (omissis...).

3. Il rispetto dei limiti di cui al comma 1 può essere verificato, in alternativa agli accertamenti sul sito di produzione, anche mediante accertamenti sui siti di deposito, in caso di impossibilità di immediato utilizzo. **I limiti massimi accettabili nonché le modalità di analisi dei materiali ai fini della loro caratterizzazione, da eseguire secondo i criteri di cui all'allegato 2 del titolo V della parte quarta del presente decreto, sono determinati con decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio da emanarsi entro novanta giorni dall'entrata in vigore della parte quarta del presente decreto, salvo limiti inferiori previsti da disposizioni speciali.**

Sino all'emanazione del predetto decreto continuano ad applicarsi i valori di concentrazione limite accettabili di cui all'allegato 1, tabella 1, colonna B, del decreto del Ministro dell'ambiente 25 ottobre 1999, n. 471.

### ***2.3.1 Decreto Ministero dell'Ambiente 2 maggio 2006 (Articolo 186, comma 3 Dlgs 3 aprile 2006, n. 152 - Criteri, procedure e modalità per il campionamento e l'analisi delle terre e rocce da scavo)***

Il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio

Visto il decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, ed in particolare l'articolo 186, comma 3, secondo cui con decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio sono determinati i limiti massimi accettabili nonché le modalità di analisi dei materiali ai fini della loro caratterizzazione, salvo limiti inferiori previsti da disposizioni speciali;

Decreta:

#### **Articolo 1: Ambito di applicazione**

1. Il presente decreto stabilisce, ai sensi dell'articolo 186, comma 3, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, i criteri, le procedure e le modalità per il campionamento e l'analisi delle terre e rocce da scavo.

#### **Articolo 2: Campionamento**

1. Il campionamento delle terre e rocce da scavo è effettuato sul materiale tal quale, in modo tale da ottenere un campione rappresentativo, secondo la norma Uni 10802 "Rifiuti liquidi, granulari, pastosi e fanghi - Campionamento manuale e preparazione ed analisi degli eluati".

#### **Articolo 3: Preparazione dei campioni**

1. La preparazione dei campioni delle terre e rocce da scavo, ai fini della loro caratterizzazione chimico-fisica, è effettuata secondo i principi generali della norma Uni 10802 e secondo le ulteriori indicazioni di cui ai seguenti commi.

2. Dai campioni ottenuti ai sensi dell'articolo 2 dovrà essere scartata in campo la frazione maggiore di 2 cm. Qualora i campioni ottenuti ai sensi dell'articolo 2 siano costituiti da materiale in breccia nel quale l'aliquota di granulometria inferiore a 2 cm sia presente in quantità inferiore all'1% in peso, non sarà necessario procedere all'analisi dei campioni.

3. Le determinazioni analitiche in laboratorio dovranno essere condotte sull'aliquota di granulometria inferiore a 2 mm; qualora l'aliquota di granulometria inferiore a 2 mm sia inferiore al 10% in peso, il campione di cui al comma 2 dovrà essere sottoposto ad una riduzione granulometrica tale da assicurare che l'aliquota di granulometria inferiore a 2 mm sia almeno pari al 10% in peso. La concentrazione del campione dovrà essere determinata riferendosi alla totalità dei materiali secchi, comprensiva anche dello scheletro.

4. Quanto riportato nell'appendice A "Prove di eluizione (prova di conformità) per rifiuti granulari e monolitici di forma regolare e irregolare" della norma Uni 10802 non si applica alle terre e rocce da scavo.

#### **Articolo 4: Determinazioni analitiche**

1. Le analisi di laboratorio sui campioni ottenuti ai sensi dell'articolo 3, sono effettuate secondo metodiche standardizzate o riconosciute valide a livello nazionale, comunitario o internazionale, tali da garantire l'ottenimento di valori 10 volte inferiori rispetto ai valori di concentrazione limite.

2. Quanto riportato nell'appendice B "Procedimento per la determinazione di analiti negli eluati" della norma Uni 10802 non si applica alle terre e rocce da scavo.

#### **Articolo 5: Limiti massimi accettabili**

1. **La composizione media dell'intera massa campionata ai sensi dell'articolo 2 non dovrà presentare una concentrazione di inquinanti superiore ai limiti previsti dalla tabella 1, colonna B (siti ad uso commerciale e industriale), dell'allegato 5 del Titolo V della parte quarta del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.**

2. Qualora le terre e rocce da scavo di cui all'articolo 1 siano destinate a reinterri o riempimenti di siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale, ovvero alla realizzazione di rilevati in tali siti, e la composizione media dell'intera massa campionata ai sensi dell'articolo 2 presenti una concentrazione di inquinanti superiore ai limiti previsti dalla tabella 1, colonna A, dell'allegato 5 del Titolo V della parte quarta del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, l'utilizzo delle terre e rocce da scavo nei siti di cui sopra potrà essere consentita, a condizione che venga effettuata un'analisi di rischio sito-specifica secondo i criteri di cui all'allegato 1 del Titolo V della parte quarta del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, e che gli esiti di tale analisi dimostrino che la concentrazione dei contaminanti presenti nelle terre e rocce da scavo sia inferiore alla concentrazione soglia di rischio del sito al quale esse siano destinate. Copia del documento di analisi di rischio sito-specifica è allegata alla richiesta di riutilizzo di cui all'articolo 186, comma 7, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.

3. Sino all'emanazione del regolamento di cui all'articolo 241 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, per le terre e rocce da scavo di cui all'articolo 1 destinate a reinterri o riempimenti di aree destinate alla produzione agricola e all'allevamento, ovvero alla realizzazione di rilevati in tali aree, si applica quanto previsto dal comma 1.

#### **Articolo 6: Periodicità delle analisi**

1. Le attività di cui agli articoli 2, 3 e 4 sono effettuate, a cura ed onere del soggetto che esegue i lavori dai quali hanno origine le terre e le rocce di cui all'articolo 1, o del committente, almeno in occasione della prima produzione di tali materiali e, successivamente, ogni qual volta si verificano variazioni del processo di produzione o della natura degli stessi.

#### **Articolo 7: Significato delle "Trasformazioni preliminari" di cui all'articolo 186, comma 1, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152**

1. Le parole "trasformazioni preliminari" di cui all'articolo 186, comma 1, del decreto legislativo 3

aprile 2006, n. 152, si interpretano nel senso di "qualsiasi comportamento unicamente finalizzato ad alterare il contenuto medio degli inquinanti di un ammasso di terre e rocce da scavo".

2. A tal fine l'attività di vagliatura delle terre e rocce da scavo, nel caso in cui sia unicamente finalizzata ad ottenere da un unico ammasso originario, due ammassi aventi percentuali di inquinanti diverse rispetto a quelle dell'ammasso originario, è da considerarsi una trasformazione preliminare ai sensi e per gli effetti dell'articolo 186, comma 1, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.

3. Nella fattispecie di terre e rocce da scavo entrate in contatto con l'acqua, l'attività di essiccazione mediante stendimento al suolo ed evaporazione, non è invece da considerarsi una trasformazione preliminare ai sensi e per gli effetti dell'articolo 186, comma 1, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.

4. Quanto stabilito nel precedente comma del presente articolo si applica anche nel caso di terre e rocce da scavo che per essere riutilizzate necessitano, per esigenze tecniche e strutturali, di un procedimento di stabilizzazione mediante trattamento a calce.

5. Non sono altresì considerate trasformazioni preliminari, ai sensi e per gli effetti dell'articolo 186, comma 1, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, l'attività di macinatura delle terre e rocce da scavo, nonché anche l'attività di vagliatura a condizione, per quest'ultima, che la medesima non sia finalizzata a modificare la percentuale di inquinanti.

#### **Articolo 8**

##### **Norma finale**

1. Il presente decreto è inviato per la pubblicazione nella Gazzetta ufficiale della Repubblica italiana e sul sito istituzionale [www.comdel.it](http://www.comdel.it)

**ALLEGATO 5**

**Concentrazione soglia di contaminazione nel suolo, nel sottosuolo e nelle acque sotterranee in relazione alla specifica destinazione d'uso dei siti**

Tabella 1: Concentrazione soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo riferiti alla specifica destinazione d'uso dei siti da bonificare

	A	B
	Siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale (mg kg <sup>-1</sup> espressi come ss)	Siti ad uso Commerciale e Industriale (mg kg <sup>-1</sup> espressi come ss)
Composti inorganici		
1 Antimonio	10	30
2 Arsenico	20	50
3 Berillio	2	10
4 Cadmio	2	15
5 Cobalto	20	250
6 Cromo totale	150	800
7 Cromo VI	2	15
8 Mercurio	1	5
9 Nichel	120	500
10 Piombo	100	1000
11 Rame	120	600
12 Selenio	3	15

13	Stagno	1	350
14	Tallio	1	10
15	Vanadio	90	250
16	Zinco	150	1500
17	Cianuri (liberi)	1	100
18	Fluoruri	100	2000
	Aromatici		
19	Benzene	0.1	2
20	Etilbenzene	0.5	50
21	Stirene	0.5	50
22	Toluene	0.5	50
23	Xilene	0.5	50
24	Sommatoria organici aromatici (da 20 a 23)	1	100
	Aromatici policiclici (1)		
25	Benzo(a)antracene	0.5	10
26	Benzo(a)pirene	0.1	10
27	Benzo(b)fluorantene	0.5	10
28	Benzo(k, ) fluorantene	0.5	10
29	Benzo(g, h, i,)perilene	0.1	10
30	Crisene	5	50
31	Dibenzo(a, e)pirene	0.1	10



32	Dibenzo (a, l)pirene	0.1	10
33	Dibenzo (a, i)pirene	0.1	10
34	Dibenzo (a, h)pirene.	0.1	10
35	Dibenzo (a, h)antracene	0.1	10
36	Indenopirene	0.1	5
37	Pirene	5	50
38	Sommatoria policiclici aromatici (da 25 a 34)	10	100
	Alifatici clorurati cancerogeni (1)		
39	Clorometano	0.1	5
40	Diclorometano	0.1	5
41	Triclorometano	0.1	5
42	Cloruro di Vinile	0.01	0.1
43	1,2-Dicloroetano	0.2	5
44	1,1 Dicloroetilene	0.1	1
45	Tricloroetilene	1	10
46	Tetracloroetilene (PCE)	0.5	20
	Alifatici clorurati non cancerogeni (1)		
47	1,1-Dicloroetano	0.5	30
48	1,2-Dicloroetilene	0.3	15

49	1,1,1-Tricloroetano	0.5	50
50	1,2-Dicloropropano	0.3	5
51	1,1,2-Tricloroetano	0.5	15
52	1,2,3-Tricloropropano	1	10
53	1,1,2,2-Tetracloroetano	0.5	10
	Alifatici alogenati Cancerogeni (1)		
54	Tribromometano (bromoformio)	0.5	10
55	1,2-Dibromoetano	0.01	0.1
56	Dibromoclorometano	0.5	10
57	Bromodiclorometano	0.5	10
	Nitrobenzeni		
58	Nitrobenzene	0.5	30
59	1,2-Dinitrobenzene	0.1	25
60	1,3-Dinitrobenzene	0.1	25
61	Cloronitrobenzeni	0.1	10
	Clorobenzeni (1)		
62	Monoclorobenzene	0.5	50
63	Diclorobenzeni non cancerogeni (1,2-diclorobenzene)	1	50
64	Diclorobenzeni cancerogeni (1,4 - diclorobenzene)	0.1	10

65	1,2,4 -triclorobenzene	1	50
66	1,2,4,5-tetracloro- benzene	1	25
67	Pentaclorobenzene	0.1	50
68	Esaclorobenzene	0.05	5
69	Fenoli non clorurati (1)		
70	Metilfenolo (o-, m-, p-)	0.1	25
71	Fenolo	1	60
	Fenoli clorurati (1)		
72	2-clorofenolo	0.5	25
73	2,4-diclorofenolo	0.5	50
74	2,4,6 - triclorofenolo	0.01	5
75	Pentaclorofenolo	0.01	5
	Ammine Aromatiche (1)		
76	Anilina	0.05	5
77	o-Anisidina	0.1	10
78	m,p-Anisidina	0.1	10
79	Difenilamina	0.1	10
80	p-Toluidina	0.1	5
81	Sommatoria Ammine Aromatiche (da 73 a 77)	0.5	25

	<b>Fitofarmaci</b>		
82	Alaclor	0.01	1
83	Aldrin	0.01	0.1
84	Atrazina	0.01	1
85	$\alpha$ -esacloroesano	0.01	0.1
86	$\beta$ -esacloroesano	0.01	0.5
87	$\gamma$ -esacloroesano (Lindano)	0.01	0.5
88	Clordano	0.01	0.1
89	DDD, DDT, DDE	0.01	0.1
90	Dieldrin	0.01	0.1
91	Endrin	0.01	2
	<b>Diossine e furani</b>		
92	Sommatoria PCDD, PCDF (conversione T.E.)	$1 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-4}$
93	PCB	0.06	5
	<b>Idrocarburi</b>		
94	Idrocarburi Leggeri C inferiore o uguale a 12	10	250
95	Idrocarburi pesanti C superiore a 12	50	750
	<b>Altre sostanze</b>		
96	Amianto	1000 (*)	1000 (*)

97	Esteri dell'acido ftalico (ognuno)	10	60
----	---------------------------------------	----	----

**(I)** In Tabella sono selezionate, per ogni categoria chimica, alcune sostanze frequentemente rilevate nei siti contaminati. Per le sostanze non esplicitamente indicate in Tabella i valori di concentrazione limite accettabili sono ricavati adottando quelli indicati per la sostanza tossicologicamente più affine.

**(\*)** Corrisponde al limite di rilevabilità della tecnica analitica (diffrazione a raggi X oppure I.R.- Trasformata di Fourier)

**Attenzione:** il comunicato MinAmbiente 26 giugno 2006 reca un avviso relativo alla segnalazione di inefficacia del Dm 2 maggio 2006.

Secondo il comunicato in questione, non essendo stato il Dm a suo tempo inviato alla Corte dei Conti per essere sottoposto al suo preventivo e necessario controllo ai sensi dell'articolo 3, primo comma, della legge 14 gennaio 1994, n. 20, non è stato registrato dal predetto organo e, pertanto, non può considerarsi giuridicamente produttivo di effetti.

### **3. LA PIANIFICAZIONE DEI CASI STUDIO**

Al fine di approfondire le problematiche inerenti i fanghi di dragaggio si è deciso di focalizzare le attività di studio ed indagine su alcuni tratti di canali gestiti dal Consorzio di Bonifica Reno-Palata tra cui si è scelto di esaminare un tratto di canale di bonifica, classificato come sensibile, lo Scolo Sacerno, che si colloca nella pianura della provincia bolognese, nella zona ovest del comune di Sala Bolognese, nei pressi del torrente Lavino Tale canale, fa parte della rete di scolo delle acque basse che convogliano nel Canale Collettore acque basse e scaricano nel fiume Reno mediante un impianto di pompe idrovore, ed un tratto del Canale Collettore acque basse. Tali canali sono già stati oggetto di indagini preliminari da parte del consorzio, ed i dati ottenuti andranno ad implementare l'oggetto dell'indagine in corso.

L'approccio utilizzato per l'inquadramento del problema è stato strutturato sviluppando i seguenti punti:

1. Definizione delle finalità da conseguire
2. Acquisizione e valutazione dei dati esistenti (sopralluogo preliminare, raccolta dati anni precedenti, ecc)
3. Programmazione delle indagini (attività di campo e di laboratorio)

#### **3.1 Definizione delle Finalità da Conseguire**

Lo scopo delle indagini che si andranno a svolgere consiste nella caratterizzazione dei sedimenti finalizzata alla definizione della destinazione d'uso dei fanghi di risulta del processo di espurgo. Tale processo consiste nella rimozione dei sedimenti che si accumulano sul fondo del canale alterando la geometria della sezione dello stesso.

Il procedimento viene generalmente condotto attraverso l'utilizzo di una benna escavatrice e riguarda i primi 50/60 cm di sedimento, con un maggior accumulo di materiale sui lati, in prossimità delle sponde della sezione trapezia. Tale rimozione avviene ogni 3-4 anni.

### ***3.2 Acquisizione e Valutazione dei Dati Esistenti (sopralluogo preliminare, raccolta dati anni precedenti)***

Si è effettuato un primo sopralluogo e si sono raccolte tutte le informazioni utili relative a:

- 1) Cartografia di utilizzo del suolo
- 2) Cartografia dei litotipi dell'area circostante
- 3) Cenni geomorfologici e idromorfologici del territorio
- 4) Dati acquisiti da studi precedenti

#### ***3.2.1. Cartografia di Utilizzo del Suolo***

La Regione Emilia-Romagna fornisce la cartografia di caratterizzazione del territorio in base all'utilizzo.

Il contesto entro cui si collocano i canali è di tipo prevalentemente agricolo con zone abitative di modeste dimensioni ed attività legate alla lavorazione dei prodotti agricoli.

Dei circa 17000 ettari di superficie, 13760 sono ad uso agricolo con una forte preponderanza (12900 ettari) di seminativo, i restanti 2200 ettari sono ad uso abitativo/naturale.

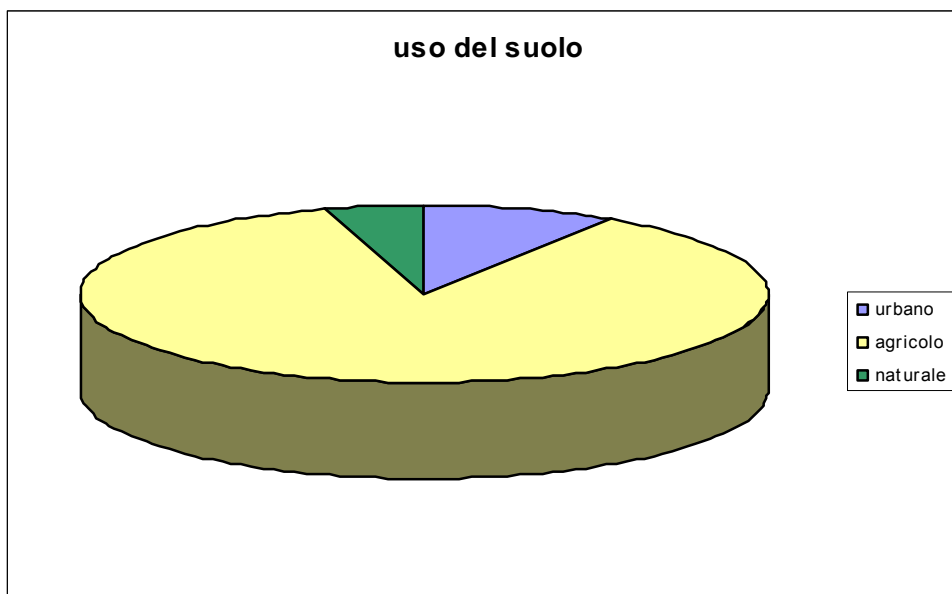
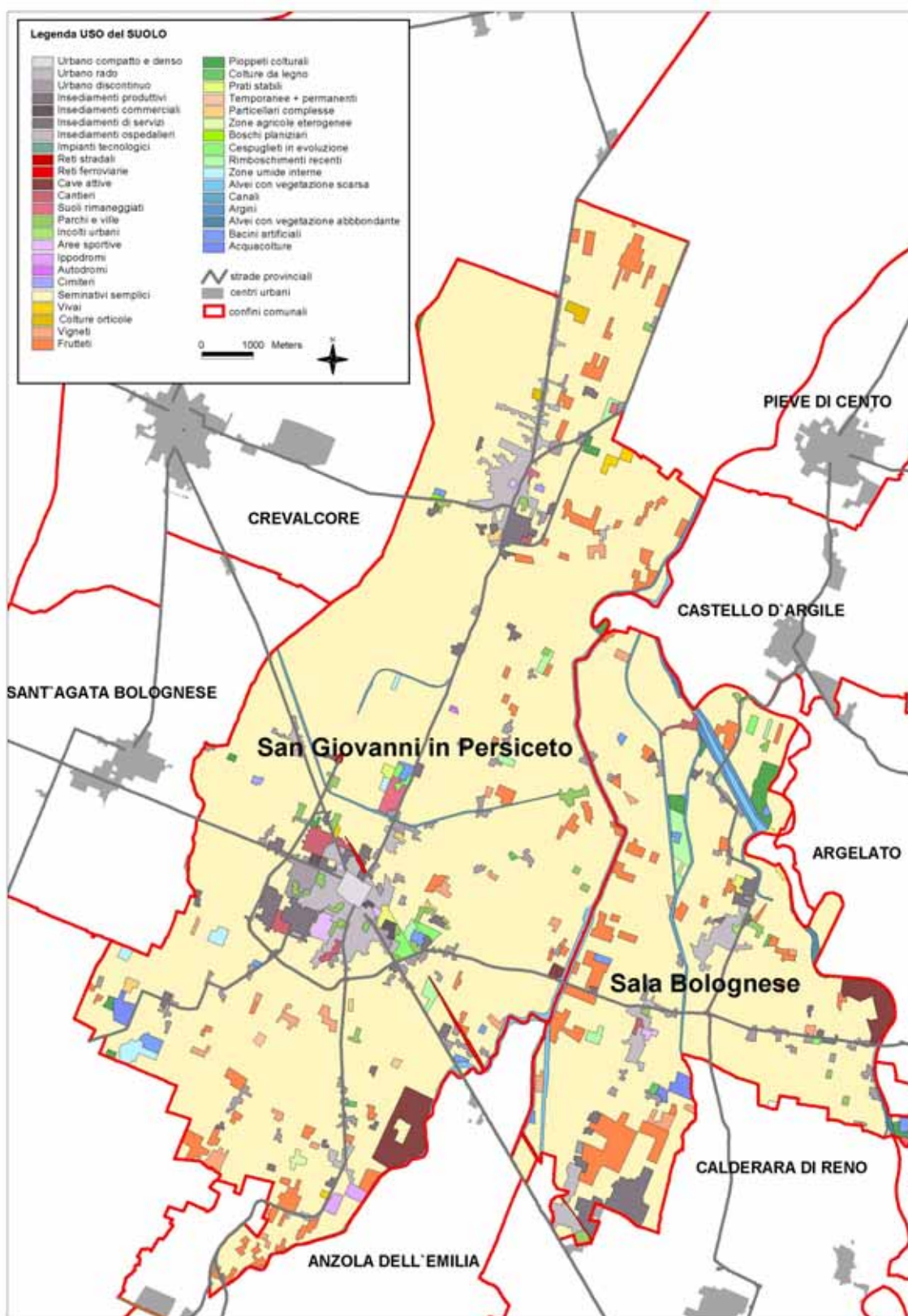


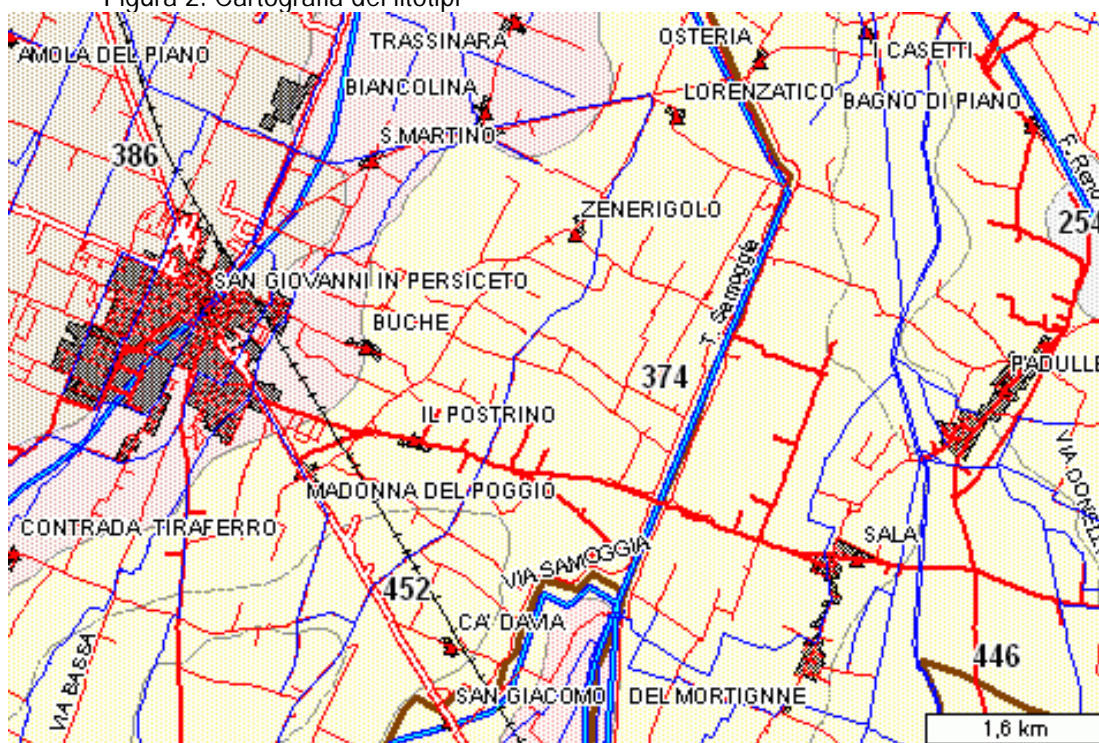
Figura 1: Cartografia di utilizzo del suolo



### 3.2.2 Cartografia dei Litotipi

La Regione Emilia-Romagna fornisce la cartografia dei litotipi presenti sul territorio, in particolare si osserva la presenza di tre differenti tipologie di terreno sui comuni di Sala Bolognese, e San Giovanni in Persiceto con caratteristiche riportate a seguire:

Figura 2: Cartografia dei litotipi



#### Delineazione n. 374/452

La delineazione si trova nella piana a copertura alluvionale in ambiente di argine naturale prossimale; in essa sono presenti:

i suoli **SECCHIA franca** che hanno distribuzione omogenea sono molto profondi, molto calcarei; moderatamente alcalini.. Si ritrovano in dossi fluviali debolmente rilevati della pianura alluvionale. Opere atte a regolare il deflusso delle acque sono necessarie saltuariamente e solo a livello aziendale (scoline poco profonde, baulature).

#### Determinazioni analitiche relative al profilo di riferimento

Prof. Min. cm	Prof. Max. cm	Sabbia %	Limo %	Argilla %	Materia org. %	pH in H2O	Calcare totale %	Calcare attivo %	CSC meq/100g	Cond. el. 1:5 (dS/m)	ESP
0	60	9,0	55,0	36,0	2,7	7,8	1,0		26,5		0,4
60	80	8,0	63,0	29,0	1,1	8,3	17,0	9,0	15,3		0,8
80	120	17,0	49,0	34,0	1,0	8,2	2,0	1,0	20,0		1,2



i suoli **SANT'OMOBONO franca limosa** sono molto frequenti ed hanno distribuzione omogenea sono molto profondi, molto calcarei, moderatamente alcalini. Si trovano nella pianura alluvionale in ambiente di argine naturale. Il substrato è costituito da alluvioni a tessitura media.

#### Determinazioni analitiche relative al profilo di riferimento

Prof. Min. cm	Prof. Max. cm	Sabbia %	Limo %	Argilla %	Materia org. %	pH in H <sub>2</sub> O	Calcarea totale %	Calcarea attivo %	CSC meq/100g	Cond. el. 1:5 (dS/m)	ESP
0	25	18,0	57,0	25,0	2,2	8,0	11,0	5,0	17,0		0,5
25	50	13,0	62,0	25,0	1,2	8,2	17,0	8,0	16,8		0,8
50	90	14,0	67,0	19,0	0,6	8,3	25,0	8,0	13,2		1,9
90	110	17,0	62,0	21,0	0,7	8,3	24,0	8,0	13,7		2,0
110	130	11,0	69,0	20,0	0,6	8,4	26,0	8,0	11,6		2,2
130	170	7,0	63,0	30,0	0,8	8,4	22,0	11,0	16,7		1,0
170	190	14,0	62,0	24,0	0,6	8,3	22,3	8,0	12,1		1,3

i suoli **SANT'OMOBONO franca argillosa limosa** sono poco frequenti e si rinvengono di preferenza nelle porzioni piu' distali. Sono molto profondi, molto calcarei, moderatamente alcalini, a tessitura franca argillosa limosa nella parte superiore e franca limosa o franca argillosa limosa in quella inferiore.

#### Determinazioni analitiche relative al profilo di riferimento

Prof. Min. cm	Prof. Max. cm	Sabbia %	Limo %	Argilla %	Materia org. %	pH in H <sub>2</sub> O	Calcarea totale %	Calcarea attivo %	CSC meq/100g	Cond. el. 1:5 (dS/m)	ESP
0	20	15,0	56,0	29,0	2,0	8,3	17,0	5,0			
20	70	15,0	56,0	29,0	1,3	8,2	17,0	5,0			
70	110	3,0	64,0	33,0	1,3	8,2	19,0	9,0			
110	120	6,0	65,0	29,0	1,0	8,3	23,0	10,0			

#### **Delineazione n. 446**

La delineazione si trova nella piana a copertura alluvionale in ambiente di bacino interfluviale. L'uso del suolo è prevalentemente a seminativo avvicendato

#### **Suoli presenti**

Nella delineazione sono presenti:

i suoli **RISAIA DEL DUCA argillosa limosa** ( molto frequenti si rinvengono tipicamente nella parte centrale dei bacini interfluviali) Sono molto profondi, a tessitura argillosa limosa, molto calcarei e moderatamente alcalini; da non salini a leggermente salini nella parte superiore e da leggermente a molto salini in quella inferiore. Sono nella piana alluvionale, in ambiente di bacino interfluviale, fino al

più recente passato, per buona parte, occupato da acque palustri, prosciugate con opere di bonifica idraulica nel corso dei vari secoli. Il substrato è costituito da alluvioni a tessitura fine Scoline profonde delimitano appezzamenti di forma solitamente stretta ed allungata, con baulatura marcata; sono frequenti impianti di drenaggio profondo delle acque.

#### Determinazioni analitiche relative al profilo di riferimento

Prof. Min. cm	Prof. Max. cm	Sabbia %	Limo %	Argilla %	Materia org. %	pH in H <sub>2</sub> O	Calcare totale %	Calcare attivo %	CSC meq/100g	Cond. el. 1:5 (dS/m)	ESP
0	60	4,0	36,0	60,0	2,7	8,0	13,0	9,0	25,1	0,2	1,4
60	110	4,0	48,0	48,0	1,4	8,0	15,0	10,0	24,8	0,2	1,5
110	160	3,0	38,0	59,0	1,3	7,7	13,0	9,0	23,5	1,0	5,7

i suoli **LA BOARIA argillosa limosa** ( poco frequenti si rinvencono ai margini esterni dei bacini ) Sono molto profondi, molto calcarei, moderatamente alcalini ed a tessitura argillosa limosa o, subordinatamente, franca argillosa limosa. Si trovano nella pianura alluvionale, in ambiente di argine naturale distale o di bacino interfluviale, nelle aree più depresse o in quelle ribassate, intercluse tra gli argini fluviali.

#### Determinazioni analitiche relative al profilo di riferimento

Prof. Min. cm	Prof. Max. cm	Sabbia %	Limo %	Argilla %	Materia org. %	pH in H <sub>2</sub> O	Calcare totale %	Calcare attivo %	CSC meq/100g	Cond. el. 1:5 (dS/m)	ESP
0	60	6,0	50,0	44,0	2,5	8,0	16,0	12,0		0,3	
70	90	4,0	50,0	46,0	1,0	8,3	19,0	13,0		0,2	
120	150	3,0	44,0	53,0	1,0	8,3	15,0	12,0		0,2	
150	170	3,0	53,0	44,0	0,9	8,3	20,0	13,0		0,2	
170	200	5,0	76,0	19,0	0,8	8,3	20,0	10,0			

### 3.2.3. Cenni Geomorfologici e Idromorfologici dei Territori Comunali

Il territorio dei Comune di Sala Bolognese e di San Giovanni in Persiceto si colloca nella fascia medio-bassa di pianura. I terreni che ne caratterizzano il primo sottosuolo sono rappresentati da sedimenti di deposizione fluviale, connessi all'andamento dei vari corsi d'acqua quali il fiume Reno, il torrente Samoggia, il torrente Lavino; sono presenti inoltre numerosi sistemi drenanti superficiali. La stratigrafia è caratterizzata da una notevole eterogeneità che vede l'alternanza di strati limosi, argillosi e sabbiosi. Per quanto concerne le condizioni idrogeologiche il livello dell'acqua risulta estremamente variabile e compreso fra pochi decimetri , fino ad un massimo di 2./2.50 m. Inoltre la

variabilità si associa un diverso grado di infiltrabilità. ed è anche fortemente influenzata dalle precipitazioni meteoriche, quindi dalla stagionalità.

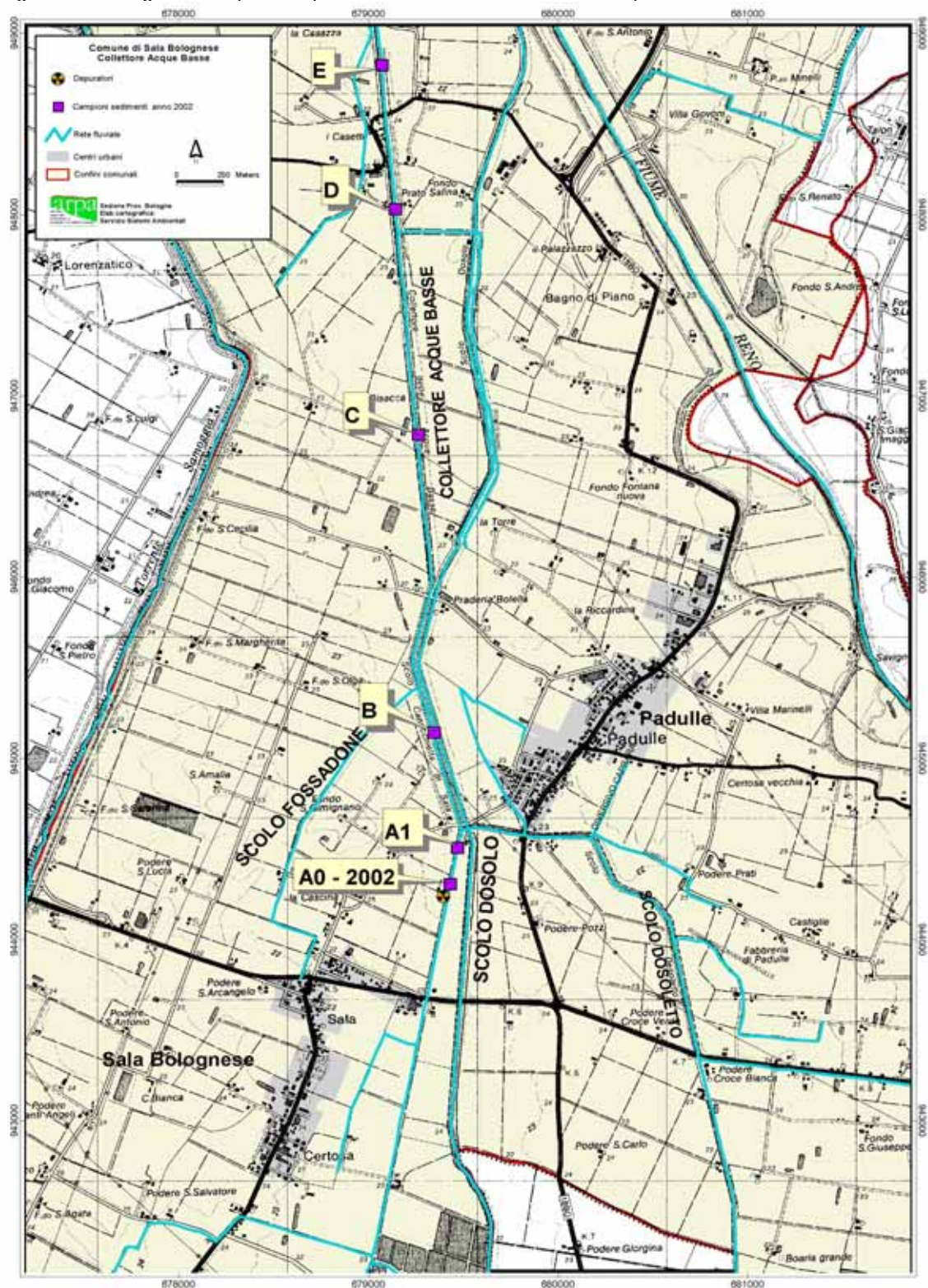
I torrenti e fiumi sono caratterizzati in molti tratti da alvei pensili, ed in particolar modo nelle aree indagate, le cui arginature tendono a conferire ai terreni circostanti, soprattutto nelle zone di confluenza (es. Reno - Samoggia), la fisionomia di valli chiuse (a catino), che tendono di conseguenza a fungere da impluvi per le acque superficiali.

All'interno di queste aree per la maggior parte sottoposte ad opere di bonifica, il deflusso è regolato unicamente dai vari scoli e fossi presenti nel territorio. Inoltre il carattere francamente argilloso dei terreni costituenti il primo sottosuolo e la presenza della falda in prossimità della superficie, non consente un facile drenaggio, sia delle acque meteoriche, sia di quelle provenienti da eventuali esondazioni.

#### ***3.2.4 Dati Acquisiti da Studi Precedenti***

Negli anni 2002/2003 il Consorzio Reno-Palata ha fatto eseguire una serie di indagini sui canali oggetto di questo studio. A seguire le carte con i punti di prelievo ed i risultati di tali analisi.

Figura 3: Cartografia dei punti di prelievo sul Canale Collettore Acque Basse nell'anno 2002



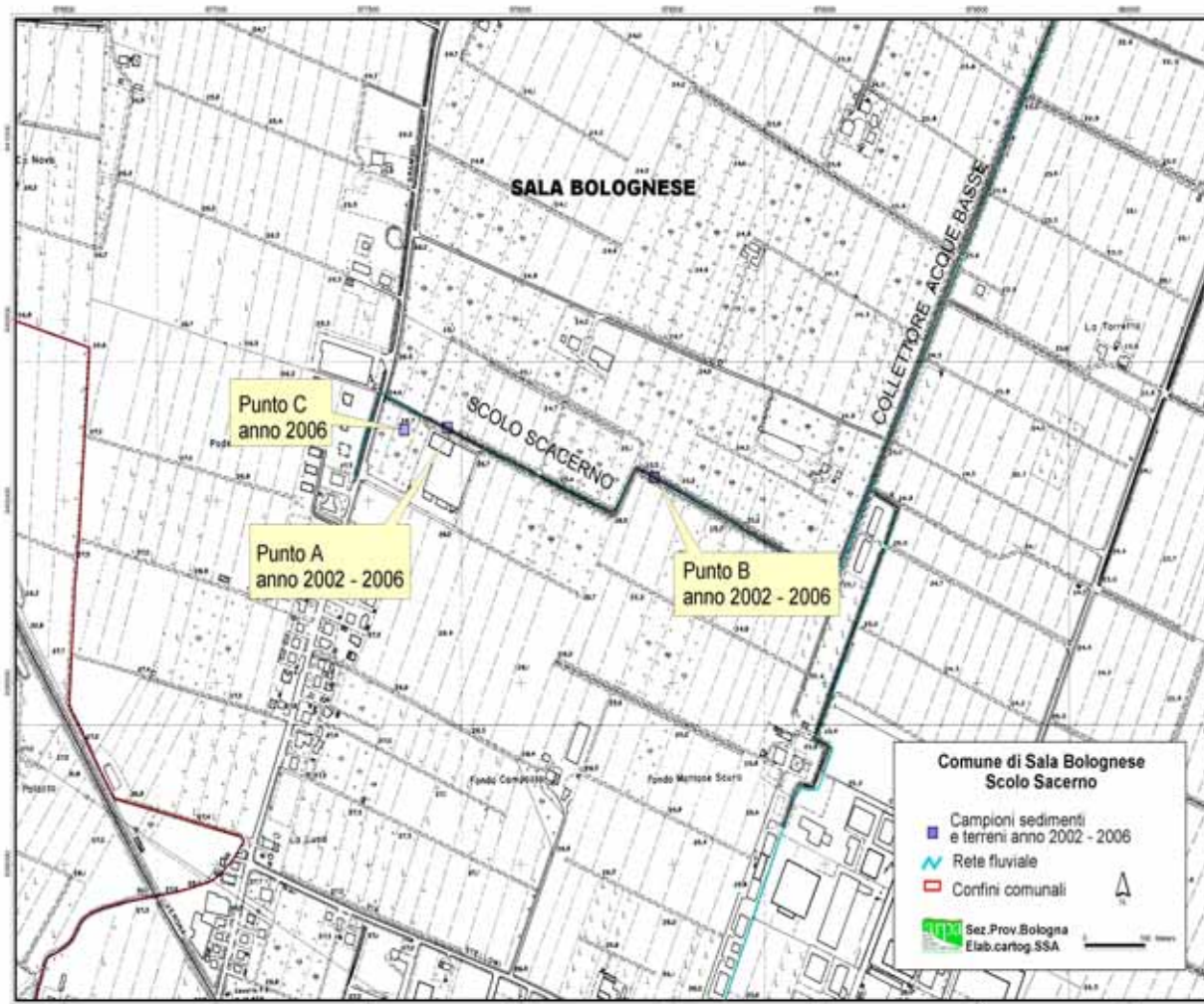
Il tratto del Canale Collettore Acque Basse che è stato oggetto d'indagine nell'anno 2002 è di circa 5 Km a valle del depuratore di Sala Bolognese. Il punto A0 e A1 sono localizzati a 50 e a 250 metri da tale depuratore. Il punto B è a valle dell'immissione dello Scolo Dosoletto ed il campione è derivato dal rimescolamento di Ba prelevato alla sez. 29 e Bb prelevato alla sez. 31. Il tratto C è lungo 2 Km ed il campione che lo definisce è costituito dal rimescolamento di quattro prelievi effettuati in 4 diverse sezioni. Il tratto D è lungo 1 Km ed il suo campione di riferimento è costituito dal rimescolamento di campioni prelevati in 2 diverse sezioni. Il tratto E è lungo 400 metri ed è stato caratterizzato attraverso un unico campione.

Tutti i prelievi sono stati effettuati ad una profondità di 30 cm dalla superficie.

CANALE COLLETTORE ACQUE BASSE BAGNETTO																				
valori limite del D.M.471/99 Tabella A		%	%	20 Mg/Kg ss	2 Mg/Kg ss	150 Mg/Kg ss	100 Mg/Kg ss	120 Mg/Kg ss	120 Mg/Kg ss	150 Mg/Kg ss	1 Mg/Kg ss	- Mg/Kg ss	2 Mg/Kg ss	10 Mg/Kg ss	50 Mg/Kg ss	- Mg/Kg ss	- Mg/Kg ss	5 Mg/Kg ss	5 Mg/Kg ss	0,001 Mg/Kg ss
campione	data prelievo	U	RS	As	Cd	Cr Tot	Pb	Cu	Ni	Zn	Hg	Cr III	Cr VI	ldr Legg	ldr. Pes.	ldr. Tot	IPA Acenaft	IPA Crisene	IPA Pirene	PCB
A0	18/10/02	67,3	32,7	<1,0	<1,0	60	23	126	35	410	<0,5	60	<1,0	3,1	45,8	48,9	<0,01	<0,01	<0,01	0,170
A1	18/10/02	57,8	42,2	<1,0	<1,0	81	12	63	36	141	<0,5	81	<1,0	2,5	21,3	23,8	<0,01	<0,01	<0,01	0,061
B	18/10/02	51,2	48,8	<1,0	<1,0	188	20	74	37	171	<0,5	194	<1,0	1,4	18,3	19,7	<0,01	<0,01	<0,01	0,063
B/30	27/5/03	28,7	71,3	<1,0	<1,0	40	<1,0	34	32	60	<0,5	40	<1,0	<1,0	21,4	21,4	<0,01	<0,01	<0,01	<0,001
C	18/10/02	61,8	38,2	<1,0	<1,0	93	15	75	33	144	<0,5	93	<1,0	8,4	39,6	48	<0,01	<0,01	<0,01	0,096
C/39a*	27/5/03	30,4	69,6	<1,0	<1,0	45	<1,0	31	32	55	<0,5	45	<1,0	<1,0	12,2	12,2	<0,01	<0,01	<0,01	0,023
C/39b**	27/5/03	30,8	69,2	<1,0	<1,0	39	<1,0	30	31	61	<0,5	39	<1,0	<1,0	16,3	16,3	<0,01	<0,01	<0,01	<0,001
D	18/10/02	62,1	37,9	<1,0	<1,0	64	9	50	30	107	<0,5	64	<1,0	4,9	18,2	23,1	<0,01	<0,01	<0,01	0,020
E	18/10/02	57,9	42,1	<1,0	<1,0	96	10	46	31	107	<0,5	96	<1,0	2,4	29,2	31,6	<0,01	<0,01	<0,01	0,027
B1	28/7/03	53,6	46,4	<1,0	<1,0	310				195										
B2	28/7/03	39,8	60,2			102				69										
B3	28/7/03	56,0	44,0			260				192										
B4	28/7/03	55,9	44,1			740				256										

Analizzando i dati ottenuti dai campionamenti effettuati nell'anno 2002, si evidenziarono delle criticità sia sul livello dei PCB che su alcuni metalli. Una ulteriore e più approfondita analisi si operò nell'anno successivo andando ad indagare i punti B30 e C39 ad una profondità di 1 metro ed 1,60 metri. Il tratto B che evidenziava superamenti anche nella concentrazione di alcuni metalli (Cromo e Zinco) è stato in un secondo tempo suddiviso nelle sue sezioni e quella con le maggiori problematiche era quella subito a valle dell'immissione dello scolo Fossatone, proveniente da Sala Bolognese.

Figura 4: Cartografia dei punti di prelievo sullo Scolo Sacerno negli anni 2002/2006



SCOLO SACERNO																				
valori limite del D.M.471/99 Tabella A		%	%	20 Mg/Kg ss	2 Mg/Kg g ss	150 Mg/Kg ss	100 Mg/Kg ss	120 Mg/Kg ss	120 Mg/Kg ss	150 Mg/Kg ss	1 Mg/Kg g ss	- Mg/Kg ss	2 Mg/Kg ss	10 Mg/Kg ss	50 Mg/Kg ss	- Mg/Kg ss	- Mg/Kg ss	5 Mg/Kg ss	5 Mg/Kg ss	0,001 Mg/Kg ss
campione	data prelievo	U	RS	As	Cd	Cr Tot	Pb	Cu	Ni	Zn	Hg	Cr III	Cr VI	Idr Legg	Idr. Pes.	Idr. Tot	IPA Acenaf tene	IPA Crisen e	IPA Pirene	PCB
A	23/7/02	55,6	44,0	<1,0	<1,0	36	84	252	17	615	<0,1	36	<1,0	<1,0	38,8	38,8	<0,01	0,07	1,13	0,130
B	23/7/02	69,0	31,0	<1,0	<1,0	40	66	254	16	768	0,8	40	<1,0	<1,0	47,0	47,0	<0,01	0,09	0,15	<0,001

Lo Scolo Sacerno origina da un contesto urbano (via Gramsci nel Comune di Sala Bolognese) e confluisce nel Canale Collettore Acque Basse, il canale costeggia i campi ed il contesto è prevalentemente agricolo con una coltura a frutteto e con il relativo magazzino di stoccaggio annesso. Il tratto di canale oggetto di indagine è stato di una lunghezza di circa 800 metri. Il campione globale identificato come A derivava dal mescolamento del campione Aa, prelevato 50 metri a valle di via Gramsci, e del campione Ab prelevato 150 metri a valle di via Gramsci.

Il campione globale identificato come B originava dal mescolamento del campione Ba, prelevato 400 metri a valle di via Gramsci, e del campione Bb prelevato 600 metri a valle di via Gramsci. I campioni sono stati prelevati ad una profondità di 30 cm. Le problematiche rilevate erano a carico dei metalli Rame e Zinco su entrambi i campioni e dei PCB solo sul campione identificato come A.

Lo Scolo Mascellaro confluisce nel Canale Collettore Acque Alte e nell'anno 2001 doveva essere rizezionato, in quella occasione sono stati eseguiti alcuni prelievi ed alcune indagini. Si campionò il terreno in campagna a 1,5 metri di profondità, si campionarono le sponde ed il fondo del canale. I risultati di tali indagini sono illustrati nella seguente tabella.

SCOLO MASCELLARO													
valori limite del D.M.471/99 Tabella A e del DM 5/02/98 per il test di cessione		%	5 µg/l	50 µg/l	50 µg/l	0,05 mg/l	10 µg/l	3 mg/l	30 - Mg/Kg ss	- Mg/Kg ss	5 Mg/Kg ss	5 Mg/Kg ss	0,001 Mg/Kg ss
campione	data prelievo	U	Cd	Cr Tot	Pb	Cu	Ni	Zn	ldr. Tot	IPA Acenafte ne	IPA Crisene	IPA Pirene	PCB
1	13/2/01	23,9							4,7	0,02	0,01	0,02	<0,001
2*****	13/2/01	23,3	< 0,1	43,5	7,8	0,135	38	0,62	17,3	<0,01	0,01	0,06	<0,001
3	13/2/01	36,8							35,6	0,01	0,03	0,04	<0,001

\*\*\*\*\* test di cessione

Il campione 1 corrisponde al terreno prelevato a 1,5 metri di profondità, il campione 2 deriva dal mescolamento di 3 prelievi diversi effettuati sulla sponda, ed il campione 3 deriva dal mescolamento di 3 prelievi diversi effettuati sul fondo del canale. Sul campione 2 è stato eseguito il test di cessione che ha evidenziato alte concentrazioni di rame e nichel. Il campione 3 presentava una abnorme concentrazione di idrocarburi totali.

Si sono acquisiti inoltre i dati storici relativi alla analisi eseguite sulle acque in uscita dal depuratore di Sala Bolognese. La serie dei dati copre un arco di tempo di cinque anni e non ha mai rilevato problematiche.

ANALISI ACQUE del DEPURATORE COMUNALE DI SALA BOLOGNESE								
Via Gramsci punto di prelievo: pozzetto prima dell'immissione in acque superficiali								
Parametro	UdM	Limiti D.L.185 /2003	Limiti Dlgs 152/99 All.5 Tab.3 scarico in acque sup	data				
				9/4/01	13/5/02	6/6/03	12/7/04	3/3/06
pH		6- 9.5	5,5- 9.5	7,70	7,70	7,80	7,80	7,70
COD	mg/l	100	≤ 160	41,00	23,00	25,00	18,50	27,40
BOD5	mg/l	20	≤ 40					14,00
Mat. In sosp.	mg/l	10	≤ 80					
Azoto Ammoniacale, NH4	mg/l		≤ 15	0,16	8,00	31,40	0,30	3,10
Azoto Nitroso, N	mg/l		≤ 0,6	0,04	0,08	0,04	0,02	0,44
Azoto Nitrico, N	mg/l		≤ 20	8,60	2,60	2,80	8,80	4,90
Fosforo totale, P	mg/l	2	≤ 10	1,10	2,00	0,38	1,00	0,57
Solfati So4	mg/l		≤ 1000		184,00	136,00	183,00	219,00
Cloruri	mg/l		≤ 1200				104,00	74,00
Oli min. Idroc. e Der.	mg/l	0,05	≤ 10			< 2,0		< 2,0
Oli e Grassi animali/vegetali	mg/l	10	≤ 20			< 2,0		
Piombo, Pb	mg/l	0,1	≤ 0,2					
Cadmio, Cd	mg/l	0,005	≤ 0,02					
Rame, Cu	mg/l	1	≤ 0,1					
Zinco, Zn	mg/l	0,5	≤ 0,5		0,09	0,10	0,05	
Mercurio, Hg	mg/l	0,001	≤ 0,005					
Arsenico, As	mg/l	0,02	≤ 0,5					
Cromo tot	mg/l	0,1	≤ 2		<0,005	0,02	< 0,002	
Cromo VI	mg/l	0,005	≤ 0,2			< 0,05	<0,005	
Tensioattivi totali	mg/l		≤ 40	0,10	0,20	0,19	<0,10	
Escherichia coli	UFC/100ml	100						
Salmonelle	/1000ml	Assente						
Ossigeno Disciolto	mg/l	/						
Temperatura	°C							
Portata	m³/sec							

Il Consorzio di Bonifica Reno-Palata negli anni 2004 e 2005 ha fatto eseguire una serie di indagini sulle acque del Canale Dosolo ai fini dell'uso irriguo di tali acque; i risultati di tali analisi hanno rilevato che i problemi erano a carico del quantitativo dei materiali sospesi e della concentrazione dell'Escherichia Coli, tali risultati sono illustrati nella tabella a seguire.



ANALISI ACQUE SCOLO DOSOLO			punto di prelievo: ponte su via Calanchi				
Parametro	UdM	Limiti D.L.185/2003	data				
			28/05/2004	21/07/2004	29/06/2005	21/07/2005	25/08/2005
pH		6- 9,5	8	7,8	8,3	7,7	8,9
COD	mg/l	100	49	41	78	49,7	64
BOD5	mg/l	20	14	18,3	28,5	16	21
Mat. In sosp.	mg/l	10	22	30	43	9	41
Azoto totale, N	mg/l	15	6	10,9	5,4	6,4	4,8
Fosforo totale, P	mg/l	2	1,1	1,1	1,6	0,9	0,92
Cloro residuo totale, HOCl	mg/l	0,2	0,08	(-)	0,17	0,2	0,08
Oli min. Idroc. e Der.	mg/l	0,05	<0,003	<0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Oli e Grassi animali/vegetali	mg/l	10	<2,0	<2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Piombo, Pb	mg/l	0,1	<0,003	0,003	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Cadmio, Cd	mg/l	0,005	<0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Rame, Cu	mg/l	1	0,005	0,0058	0,007	0,006	< 0,005
Cloruri, Cl-	mg/l	250	131	137	93	138	39
Zinco, Zn	mg/l	0,5	0,054	0,064	0,09	0,14	0,045
Mercurio, Hg	mg/l	0,001	<0,0005	<0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Arsenico, As	mg/l	0,02			< 0,005	< 0,005	< 0,005
Cromo tot	mg/l	0,1			< 0,005	< 0,005	< 0,005
Cromo VI	mg/l	0,005			< 0,005	< 0,005	< 0,005
Conducibilità	µS/cm	3000	1168	1144	808	995	460
Escherichia coli	UFC/100ml	100	420	86000	35545	1750	636
Salmonelle	/1000ml	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
Ossigeno Disciolto	mg/l	/			14,5	4,3	16,3
Temperatura	°C				27	23	22
Portata	m³/sec				invasato		

### 3.3 PROGRAMMAZIONE DELLE INDAGINI

Sulla base delle indagini precedentemente eseguite si è deciso di effettuare, nello studio odierno, lo stesso tipo di analisi sui medesimi punti al fine di poter predisporre un confronto a distanza di alcuni anni.

### 4. LO STUDIO DEL CASO IN OGGETTO

D'accordo con il Consorzio Reno-Palata, dopo aver valutato le condizioni idrologiche dei canali ed effettuato un sopralluogo, si è deciso di iniziare le attività di campionamento dei sedimenti ed, ove possibile delle acque, sul Canale Collettore Acque Basse, a valle del depuratore di Sala Bolognese, ripercorrendo lo stesso tratto di circa 3000 metri che era stato oggetto di indagine nel 2002.

#### 4.1.LA CARTOGRAFIA

A seguire le mappe delle zone di campionamento.

Figura 5: Cartografia dei punti di prelievo sul Canale Collettore Acque Basse nell'anno 2006

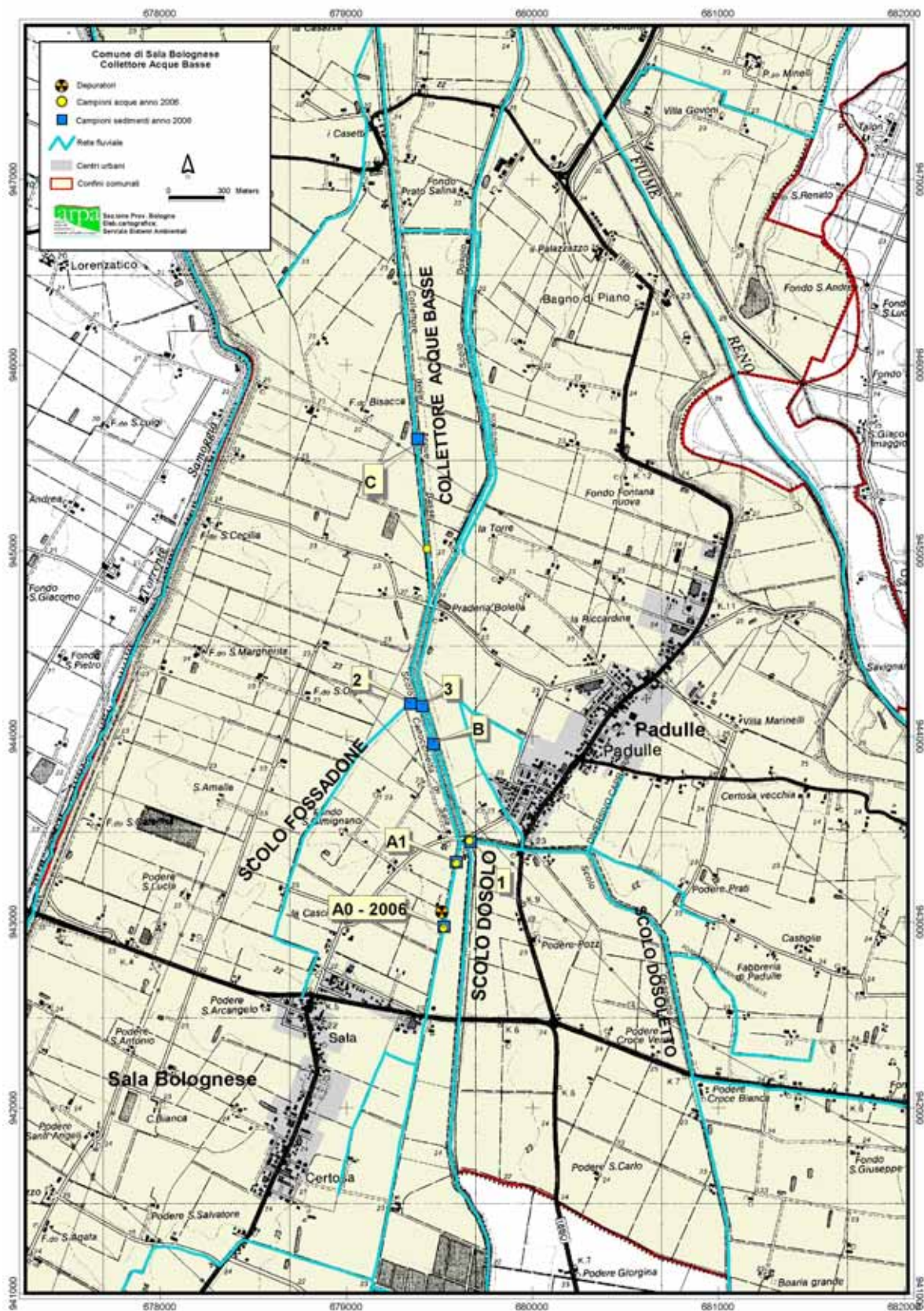
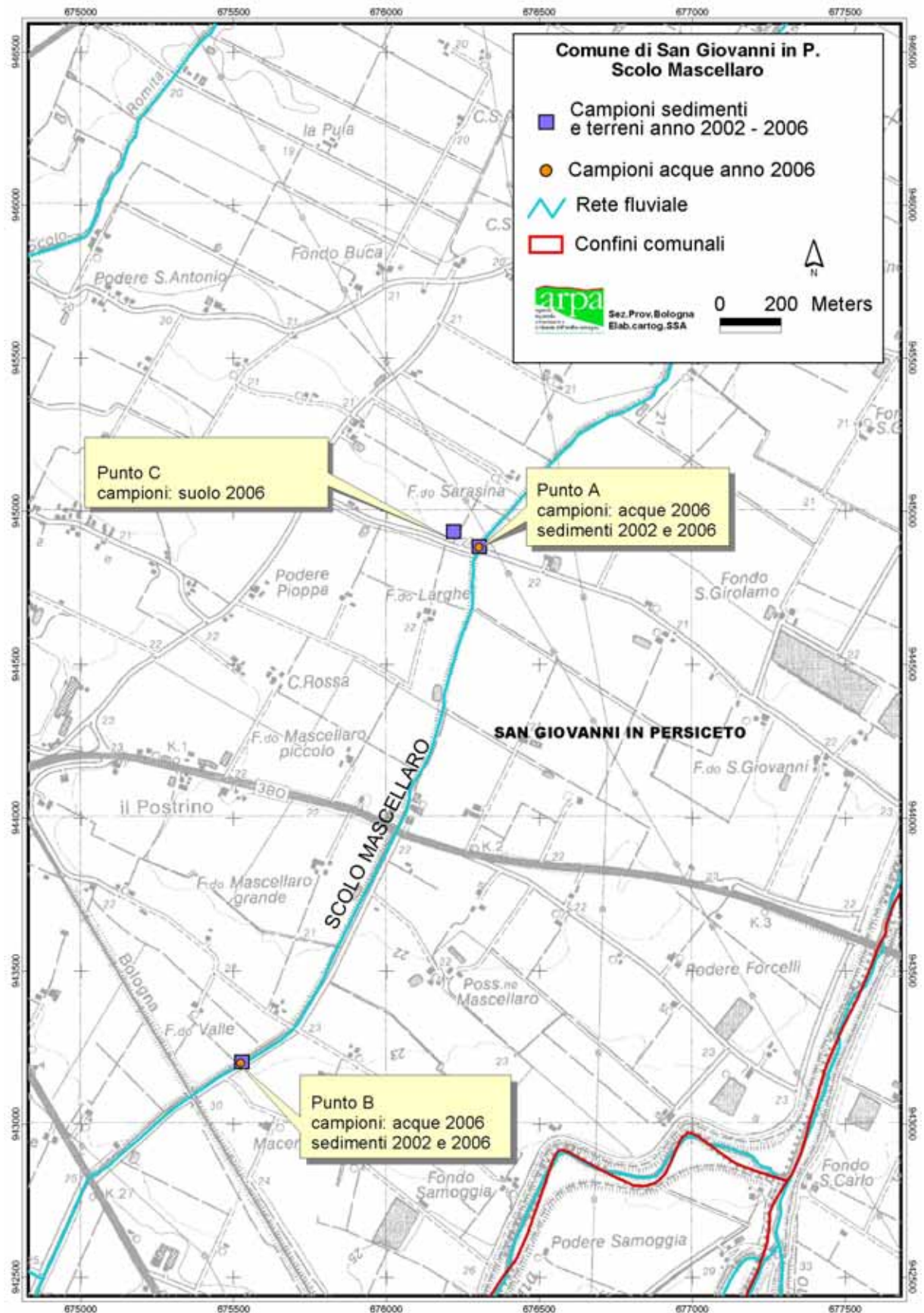


Figura 6: Cartografia dei punti di prelievo sullo Scolo Mascellaro negli anni 2002/2006



## 4.2. IL CAMPIONAMENTO

### 4.2.1. Considerazioni generali

Il problema più critico per la raccolta di campioni rappresentativi è costituito dalla variabilità spaziale dei sedimenti che alternano zone di deposizione preferenziale a zone di attiva erosione ed inoltre, molti degli apporti inquinanti provengono da scarichi urbani o industriali.

I sedimenti presentano anche una significativa variabilità verticale. Gli strati superficiali (fino a parecchi centimetri nei sedimenti fluviali) sono infatti generalmente più attivi dal punto di vista geochimico e biologico rispetto ai sedimenti sottostanti., il prelievo degli strati superficiali sarà dunque sempre da preferire nell'ambito di studi per la valutazione del sedimento . Una delle maggiori difficoltà da affrontare durante il processo di campionamento consiste proprio nel mantenere il più possibile inalterata l'eterogeneità verticale del sedimento stesso. A questo scopo, la scelta del dispositivo di campionamento da impiegare riveste estrema importanza.

Un aspetto legato alla variabilità spaziale dei sedimenti consiste nella scelta del tipo di campionamento da adottare: puntuale o integrato. Rispetto ad una sorgente di inquinamento puntiforme, un campione puntuale consiste in un unico prelievo effettuato in una zona di deposizione a valle della sorgente. Il campionamento può essere effettuato manualmente dall'argine ed il prelievo puntuale associa ad una relativa facilità d'esecuzione un impiego di risorse modesto. D'altra parte solo il campionamento integrato, che consiste in una serie di prelievi effettuati su un transetto longitudinale del corso d'acqua, permetterà di formulare un giudizio di qualità sufficientemente rappresentativo per una data sezione del corso d'acqua mentre i corsi d'acqua di piccole dimensioni e i canali possono essere efficacemente campionati dalle rive.

### 4.2.2. Le modalità di campionamento

Le modalità con cui si sono effettuati i campionamenti sono riferite alla metodologia operativa elaborata da IRSA-CNR, descritta nel "Progetto Nazionale di Monitoraggio delle Acque". Tale metodologia è stata inizialmente formulata tenendo conto delle problematiche connesse ad un corso d'acqua di tipo fluviale; nello studio in oggetto, trattandosi di canali, si è reso necessario apportare alcune modifiche, non sostanziali, in funzione delle esigenze specifiche legate alle caratteristiche fisiche dei canali e alla tipologia dei sedimenti da prelevare.

Secondo tale metodologia per il campionamento manuale dei sedimenti sarebbe preferibile il ricorso ad un dispositivo meccanico appropriato in modo da minimizzare l'influenza dell'operatore sulla qualità del prelievo. I dispositivi per il campionamento dei sedimenti possono essere distinti in due grandi tipologie: carotatori e benne. L'impiego dei carotatori è più adatto alle acque lacustri in quanto essi penetrano in profondità nel sedimento, mentre nelle acque correnti dove i depositi sedimentari sono meno cospicui e più instabili, si preferisce l'uso di campionatori a benna. In ogni caso, l'efficacia di un dato dispositivo varia in funzione della tipologia di sedimento da campionare , degli obiettivi dello studio, dall'importanza della conservazione della struttura del campione durante il prelievo e dalla facilità di utilizzo del dispositivo stesso.

I campioni di sedimento devono essere prelevati successivamente alla raccolta dei campioni acquosi. Per permettere il confronto tra i campioni raccolti in periodi diversi ed in siti diversi è necessario che il sedimento sia raccolto con la stessa procedura.

Siccome molti analiti d'interesse sono adsorbiti al materiale fine, è necessario raccogliere il materiale fine deposto recentemente ed evitare di raccogliere argille indurite, depositi ripari, ghiaia e aree perturbate o di riporto.

Spesso i sedimenti presentano sufficiente consistenza da permettere di individuarne la stratificazione. In genere essi mostrano uno strato di argilla marrone chiaro in superficie, una zona aerobica grigia subito sotto e uno strato anaerobio nero sul fondo. Poiché lo spessore di questi strati è variabile è impossibile definire lo spessore di sedimento da campionare costituito dai depositi recenti. È opportuno, ai fini del nostro studio, raccogliere gli strati superficiali fino a circa 30 cm dalla superficie ed effettuare almeno 3 calate e riunirle per preparare un campione composito.

#### ***4.2.3 La procedura di raccolta e conservazione del campione***

Dopo aver scelto il sito appropriato per il campionamento sarebbe opportuno seguire la seguente procedura:

- Calare lo strumento per il campionamento recuperarlo lentamente, se è presente l'acqua sovrastante, lasciarla decantare dolcemente fino alla sua completa eliminazione.
- esaminare il sedimento e registrarne il colore, lo spessore dello strato aerobio e la tessitura;
- nel caso in cui non si possa utilizzare la benna, raccogliere il campione a mano usando una paletta di plastica pulita.

Prima di trasferire il sedimento negli appositi contenitori, è necessario effettuare le seguenti azioni:

- etichettare i contenitori prima del campionamento con la località, la data e il tipo di campione;
- svuotare il campionatore su una superficie pulita.
- riunire il sedimento di almeno 3 calate. Raccogliere il sedimento direttamente nei contenitori
- mettere i campioni in contenitori di vetro con sottotappo di Teflon. Riempire completamente i contenitori e non lasciare spazio in alto. Conservarli al buio e al fresco (<4°C);
- se vengono determinati sia composti organici, sia metalli e parametri convenzionali, raccogliere 500 g di sedimento per ognuno di questi gruppi di parametri. Separare le aliquote per ogni gruppo di composti;

È necessario inoltre registrare il punto di prelievo e farne una descrizione.

Per quanto riguarda la conservazione sarebbe opportuno conservare i sedimenti a 4°C e al buio e svolgere le analisi chimiche nel più breve tempo possibile. La liofilizzazione del campione è consigliata per le analisi delle concentrazioni totali dei metalli.

#### ***4.3. LE ANALISI DI LABORATORIO***

Le analisi di laboratorio sono state eseguite seguendo le metodologie ufficiali APAT-IRSA-CNR 2003. I parametri ricercati per ciascun campione sono sia composti volatili che metalli.

A seguire le tabelle con i risultati delle analisi dei sedimenti e delle acque relative ai campionamenti eseguiti nei mesi di aprile e luglio 2006 sul Canale Collettore Acque Basse e la descrizione dei punti di prelievo.

**CAMPIONI DI SEDIMENTI DEL CANALE COLLETTORE ACQUE BASSE BAGNETTO**

valori limite del D.M.471/99 Tabella A		PH	%	%	2 Mg/Kg ss	150 Mg/Kg ss	100 Mg/Kg ss	120 Mg/Kg ss	120 Mg/Kg ss	150 Mg/Kg ss	2 Mg/Kg ss	10 Mg/Kg ss	50 Mg/Kg ss	- Mg/Kg ss	0,001 Mg/Kg ss
valori limite della tabella 1, colonna B (siti ad uso commerciale e industriale), dell'allegato 5 del Titolo V della parte quarta del Dlgs n. 152 del 3 aprile 2006		PH	%	%	15 Mg/Kg ss	800 Mg/Kg ss	1000 Mg/Kg ss	600 Mg/Kg ss	500 Mg/Kg ss	1500 Mg/Kg ss	15 Mg/Kg ss	250 Mg/Kg ss	750 Mg/Kg ss	- Mg/Kg ss	0,06 Mg/Kg ss
campione	data prelievo	PH	U	RS	Cd	Cr Tot	Pb	Cu	Ni	Zn	Cr VI	ldr Legg	ldr. Pes.	ldr. Tot	PCB
A0	4/4/06	7,7	53,6	40,4	< 0,5	108,4	13,5	81,3	94,8	135,5	< 0,5	< 1,0	2,5	2,5	<
A1	4/4/06	7,6	65,0	28,4	< 0,5	99,6	16,6	166,0	116,2	332,0	< 0,5	< 1,0	< 1,0	< 1,0	0,0013
B	4/4/06	7,6	61,8	30,5	< 0,5	583,2	45,0	179,5	104,7	448,6	< 0,5	< 1,0	7,1	7,1	0,0116
C	4/4/06	7,9	49,0	42,8	< 0,5	460,3	35,4	118,0	94,5	236,0	< 0,5	< 1,0	14,5	14,5	0,0027
1	5/7/06	7,7	45,4		< 0,5	68,5	34,5	57,5	69,0	172,0	< 0,5				
2	5/7/06	7,8	43,4		< 0,5	71,5	35,8	44,8	72,0	134,0	< 0,5				
3	5/7/06	7,6	55,6		< 0,5	156,2	39,0	65,0	91,0	260,0	< 0,5				

**PUNTI DI PRELIEVO DEI SEDIMENTI SUL CANALE COLLETTORE ACQUE BASSE BAGNETTO**

campione	data prelievo	localizzazione del punto prelievo dei sedimenti
A0	4/4/06	50 metri <b>a monte</b> del depuratore di Sala Bolognese; alla profondità di 30 cm
A1	4/4/06	250 metri <b>a valle</b> del depuratore di Sala Bolognese alla profondità di 30 cm
B	4/4/06	Il campione è dato dal rimescolamento di Ba prelevato alla sez. 29 e Bb prelevato alla sez. 31 alla profondità di 30 cm
C	4/4/06	Il campione è dato dal rimescolamento di Ca prelevato alla sez. 33, Cb prelevato alla sez. 37, Cc prelevato alla sez. 39, Cd prelevato alla sez. 40, Ce prelevato alla sez. 42 alla profondità di 30 cm
1	5/7/06	Scolo DOSOLETTO al ponte di via Pace prima dell'immissione nel CCAB alla profondità di 30 cm
2	5/7/06	Scolo FOSSADONE prima dell'immissione nel CCAB alla profondità di 30 cm
3	5/7/06	Nel CCAB alla sez. 31 alla profondità di 60 cm

**CAMPIONI DI ACQUE DEL CANALE COLLETTORE ACQUE BASSE BAGNETTO)**

Limiti D.L. 185/2003		6-9.5	100 µg/l	1000 µg/l	5 µg/l	200 µg/l	100 µg/l	5 µg/l	500 µg/l	20 µg/l	50 µg/l	1 µg/l					10 µg/l
campione	data prelievo	pH	Piombino	Rame	Cadmio	Nichel	Cr tot	Cr VI	Zinco	Arsenico	Idrocarburi totali	benzene	toluene	etilbenzene	xileni	PCB totali	IPA
A0	4/4/06	8,1	< 5	< 5	< 0,5	< 5	< 5	< 5	< 10	< 5	< 1	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,002	< 0,003
A1	4/4/06	7,8	< 5	< 5	< 0,5	< 5	< 5	< 5	12	< 5	< 1	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,002	< 0,003
C	4/4/06	8,2	< 5	< 5	< 0,5	< 5	< 5	< 5	< 10	< 5	< 1	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,002	< 0,003
1****	5/7/06		30	40	1	20	100	5	470								

\*\*\*\*campione ad alta torbidità sottoposto a mineralizzazione dei solidi sospesi

**PUNTI DI PRELIEVO DELLE ACQUE SUPERFICIALI SULCANALE COLLETTORE ACQUE BASSE**

campione	data prelievo	localizzazione del punto prelievo
A0	4/4/06	Il campione di acqua è stato prelevato in corrispondenza del punto di prelievo del sedimento A0
A1	4/4/06	Il campione di acqua è stato prelevato in corrispondenza del punto di prelievo del sedimento A1
C	4/4/06	Il campione di acqua è stato prelevato in corrispondenza del punto di mezzo del tratto C in corrispondenza della sezione 39
1	5/7/06	Il campione di acqua è stato prelevato nello Scolo DOSOLETTO al ponte di via Pace prima dell'immissione nel CCAB

Nel mese di aprile sono stati campionati i sedimenti, alla profondità di 30 cm, ripercorrendo lo stesso tratto di circa 3000 metri che era stato oggetto di indagine nel 2002. e sono stati effettuati i campionamenti delle acque, sia a monte che a valle del depuratore di Sala Bolognese. Dai prelievi effettuati sui sedimenti, alcuni parametri monitorati erano presenti in concentrazioni maggiori rispetto ai limiti di riferimento riportati in Tab. 1 col A del D.M. n°471 del 25/10/99, in relazione ai siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale. Tra i metalli che presentavano le concentrazioni superiori ai limiti, quello con i valori più alterati era il Cromo totale. Questo tipo di problema era già stato individuato nello studio precedente ed una indagine più approfondita aveva evidenziato in specifico la sezione del canale che mostrava la concentrazione più alta.

I risultati ottenuti dalle analisi sulle acque non hanno rilevato alcun problema.

Per cercare di evidenziare quali fossero gli impatti più significativi sono stati eseguiti ulteriori campionamenti dei sedimenti e delle acque sui due scoli, il Dosoletto ed il Fossatone che si immettono nel Canale Collettore Acque Basse a monte del tratto del canale che presentava la problematicità più alta.

Al momento del prelievo erano in atto lavori di manutenzione da parte del personale del Consorzio per cui, avendo a disposizione una benna escavatrice si è potuto effettuare nel tratto interessato un campionamento di sedimento alla profondità di 60/70 cm.

I risultati ottenuti hanno evidenziato che non esistevano problemi né sulle acque, né sui sedimenti dei due scoli che si immettevano nel Canale Collettore Acque Basse e che il campione di sedimento prelevato sulla stessa sezione alla profondità di 60 cm presentava una concentrazione di cromo totale molto inferiore (circa 1/3) del campione effettuato a 30 cm dalla superficie. Per completare lo studio si è proceduto al campionamento dell'acqua e dei sedimenti anche sugli altri due canali, il Mascellaro ed il Sacerno. Su entrambi erano già state effettuate analisi negli anni 2001 e 2002 da parte del Consorzio di Bonifica. I prelievi sono stati effettuati negli stessi punti. Il canale Sacerno è mediamente largo 1 metro, a sezione trapezia, prosegue rettilineo per 900 m, con due curve ad angolo retto. A monte si trova un tratto tombato, lungo circa 2000 m che raccoglie scarichi di tipo urbano (acque nere e di pioggia) derivanti da attività ed abitazioni circostanti. Al termine di tale tratto uno scaricatore di piena convoglia le acque nere al depuratore e le eccedenze al canale di bonifica Sacerno. Una seconda immissione si trova a circa 400 m dall'inizio del canale, tra un angolo retto e l'altro, sul tratto corto. Si suppone che lo scarico convogli scoli e residui dei processi irrigui dei campi. Il canale costeggia campi ed un capannone industriale di incassamento frutta. Il contesto è di tipo prevalentemente agricolo in cui si inserisce qualche centro abitato di modeste dimensioni. Non vi sono attività prossime sede di processi industriali che potrebbero dar luogo a scarichi inquinanti di tipo chimico. Il tratto campionato è lungo 800 m circa, i prelievi sono stati effettuati ad un intervallo di circa 500 m l'uno dall'altro e rispetto alla sezione del canale si è scelto di prelevare i campioni centralmente. Nel canale non era presente acqua, ma si è potuto effettuare un campionamento di terreno a circa 50 metri di distanza dalla riva, ad una profondità di 50 cm.

CAMPIONI DI SEDIMENTI DELLO SCOLO SACERNO															
valori limite del D.M.471/99 Tabella A		PH	%	%	2 Mg/Kg ss	150 Mg/Kg ss	100 Mg/Kg ss	120 Mg/Kg ss	120 Mg/Kg ss	150 Mg/Kg ss	2 Mg/Kg ss	10 Mg/Kg ss	50 Mg/Kg ss	- Mg/Kg ss	0,001 Mg/Kg ss
valori limite della tabella 1, colonna B (siti ad uso commerciale e industriale), dell'allegato 5 del Titolo V della parte quarta del Dlgs n. 152 del 3 aprile 2006		PH	%	%	15 Mg/Kg ss	800 Mg/Kg ss	1000 Mg/Kg ss	600 Mg/Kg ss	500 Mg/Kg ss	1500 Mg/Kg ss	15 Mg/Kg ss	250 Mg/Kg ss	750 Mg/Kg ss	- Mg/Kg ss	0,06 Mg/Kg ss
campione	data prelievo		U	RS	Cd	Cr Tot	Pb	Cu	Ni	Zn	Cr VI	Idr Leg g	Idr. Pes.	Idr. Tot	PCB
A	3/10/06	8,0	40,8	53,3	< 0,5	25,6	68,0	196,0	51,0	170,3	< 0,5	< 1,0	< 1,0	< 1,0	<0,02
B	3/10/06	8,1	62,7	30,9	< 0,5	29	43,6	174,3	58,0	581,0	< 0,5	< 1,0	87,7	87,7	<0,02
C	3/10/06	8,1	16,4	20,5	< 0,5	72,9	19,9	39,8	66,3	99,4	< 0,5	< 1,0	11	11	<0,02



PUNTI DI PRELIEVO DI SEDIMENTI SULLO SCOLO SACERNO		
campione	data prelievo	localizzazione del punto prelievo
A	3/10/06	Il campione di sedimento è stato prelevato 50 metri a valle di Via Gramsci alla profondità di 30 cm
B	3/10/06	Il campione di sedimento è stato prelevato 400 metri a valle di Via Gramsci alla profondità di 30 cm
C	3/10/06	Il campione di terreno è stato prelevato a 50 metri dal punto Sacerno A alla profondità di 50 cm

Il confronto tra i dati ottenuti dal campionamento effettuato in ottobre 2006 con quelli del luglio 2002 fatto dal Consorzio di Bonifica, evidenzia un notevole miglioramento di tutti i parametri del punto A, e permane alta la concentrazione dello zinco sul punto B. Il campione di terreno prelevato a 50 metri dallo scolo non ha presentato parametri fuori range.

Per completare il confronto con le indagini precedenti sono stati effettuati campioni di acqua e sedimenti anche sullo Scolo Mascellaro, sullo stesso tratto che era stato campionato nel 2001.

CAMPIONI DI SEDIMENTI DELLO SCOLO MASCELLARO															
valori limite del D.M.471/99 Tabella A		PH	%	%	2 Mg/Kg ss	150 Mg/Kg ss	100 Mg/Kg ss	120 Mg/Kg ss	120 Mg/Kg ss	150 Mg/Kg ss	2 Mg/Kg ss	10 Mg/Kg ss	50 Mg/Kg ss	- Mg/Kg ss	0,001 Mg/Kg ss
valori limite della tabella 1, colonna B (siti ad uso commerciale e industriale), dell'allegato 5 del Titolo V della parte quarta del Dlgs n. 152 del 3 aprile 2006		PH	%	%	15 Mg/Kg ss	800 Mg/Kg ss	1000 Mg/Kg ss	600 Mg/Kg ss	500 Mg/Kg ss	1500 Mg/Kg ss	15 Mg/Kg ss	250 Mg/Kg ss	750 Mg/Kg ss	- Mg/Kg ss	0,06 Mg/Kg ss
campione	data prelievo		U	RS	Cd	Cr Tot	Pb	Cu	Ni	Zn	Cr VI	Idr Legg	Idr. Pes.	Idr. Tot	PCB
A	3/10/06	8,3	29,7	66,7	< 0,5	37,4	22,4	45,0	74,8	112,2	< 0,5	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 0,02
B	3/10/06	8,2	38,9	57,3	< 0,5	50,4	21,8	64,0	64,8	144,0	< 0,5	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 0,02
C	3/10/06	8,0	15,3	78,9	< 0,5	36,8	24,5	55,2	73,6	153,3	< 0,5	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 0,02

CAMPIONI DI ACQUE DELLO SCOLO MASCELLARO															
Limiti D.L. 185/2003		6-9.5	100 µg/l	1000 µg/l	5 µg/l	200 µg/l	100 µg/l	5 µg/l	500 µg/l	50 µg/l	1 µg/l				
campione	data prelievo	pH	Piombo	Rame	Cadmio	Nichel	Cr tot	Cr VI	Zinco	Idrocarburi totali	benzene	toluene	etilbenzene	xileni	PCB totali
A	3/10/06	7,7	< 5	10	< 0,5	6	< 5	< 5	28	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,005
B	3/10/06	7,7	< 5	< 5	< 0,5	5	< 5	< 5	30	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,005

PUNTI DI PRELIEVO DEI SEDIMENTI SULLO SCOLO MASCELLARO		
campione	data prelievo	localizzazione del punto prelievo
A	3/10/06	Il campione di sedimento è stato prelevato a valle di via Sarasina alla profondità di 30 cm
B	3/10/06	Il campione di sedimento è stato prelevato a valle della ferrovia alla profondità di 30 cm
C	3/10/06	Il campione di terreno è stato prelevato a 50 metri dal punto Mascellaro A alla profondità di 50 cm

PUNTI DI PRELIEVO DELLE ACQUE SUPERFICIALI SULLO SCOLO MASCELLARO		
campione	data prelievo	localizzazione del punto prelievo
A	3/10/06	Il campione di acqua è stato prelevato in corrispondenza del punto di prelievo del sedimento A
B	3/10/06	Il campione di acqua è stato prelevato in corrispondenza del punto di prelievo del sedimento B

I parametri indagati sui sedimenti, sulle acque e sul suolo non hanno presentato nessuna problematicità.

## **5. ELABORAZIONI MODELLISTICHE**

### **5.1. INTRODUZIONE**

I sistemi ambientali in genere, e nel caso specifico i fiumi e i corsi d'acqua, naturali o artificiali che siano, sono caratterizzati da una elevata complessità, derivante dalla natura complessa dei diversi processi interagenti fra loro e costituenti il sistema stesso.

Per poter valutare l'evoluzione di tali sistemi occorrono gli strumenti di analisi adeguati; lo strumento modellistico, che ha conosciuto negli anni recenti una grande evoluzione, di pari passo con il progresso degli strumenti informatici, trova oggi un largo impiego nello studio dei sistemi fluviali, alla luce in particolare dell'ottica di gestione integrata a scala di bacino con cui la 2000/60/CE (Water Framework Directive, in Italia recepita dal D.Lgs 152/99) richiede di affrontare il problema.

L'uso dello strumento modellistico non solo permette di risolvere un problema di elevata complessità, ma anche di testare soluzioni alternative, individuare punti critici, implementare strategie di gestione, pianificare campagne di misura e di intervento.

I modelli di qualità fluviale sono degli ambienti di calcolo nei quali, accanto al modello idraulico, è presente anche un modello in grado di calcolare le varie cinetiche di biodegradazione e di bioaccumulo

Le trasformazioni nella qualità dell'acqua nei fiumi sono dovute a processi di trasporto fisico, a processi di scambio e a processi di conversione. Nella modellazione occorre considerare sia le sostanze conservative, che seguono le leggi di trasporto; sia le sostanze reattive che vanno descritte indipendentemente dalla descrizione idrodinamica, benchè una descrizione del moto dell'acqua sia richiesta come dato di input.

Un aspetto centrale quando si tratta di modellazione qualitativa di un tratto fluviale, è il ruolo dei sedimenti. Da un punto di vista strettamente matematico i sedimenti sono un altro comparto cui l'equazione di trasporto deve essere applicata. I processi di conversione descrivono i cambiamenti nella concentrazione dei componenti del modello in seguito a processi biologici, biochimici e fisici.

Dalla formulazione dei primi modelli matematici di azoto idrogenato e ossigeno l'evoluzione è stata costante e ha visto un graduale incremento nella complessità dei modelli.

Realizzare un modello deterministico di questo tipo comporta una difficoltà notevole, sia perché avendo un numero molto elevato di parametri richiede una mole considerevole di dati in ingresso, sia perché la calibrazione e la validazione del modello risultano laboriose e delicate.

### **5.2. APPROCCIO PROBABILISTICO**

Il limite nella costruzione di un modello previsionale di tipo deterministico è duplice: da un lato al crescere del grado di dettaglio dello strumento, cresce anche il numero dei parametri richiesti per una corretta calibrazione e validazione; dall'altro un modello con pochi gradi di libertà finisce per essere sito-specifico e quindi non adatto ad essere esteso ad altri casi.

La richiesta di una mole consistente di dati per la calibrazione del modello si traduce nella necessità di pianificare una campagna di misura e di prelievi lunga e costosa, considerate anche le analisi chimiche, fisiche e tossicologiche da condurre sui campioni.

Non bisogna inoltre dimenticare la natura complessa del problema: data la forte suscettibilità dei parametri, la modellazione dei meccanismi di trasporto, delle cinetiche di trasformazione, la stima delle variabili in gioco e dei volumi, richiedono una fase di calibrazione molto attenta e laboriosa.

Un'alternativa ai complessi e delicati modelli deterministici di previsione della qualità fluviale, è rappresentata dai modelli stocastici.

I metodi analitici di decisione quantificano il concetto di incertezza con quello di probabilità. Ci sono tre fondamentali modi di vedere la probabilità.

- Interpretazione frequentista: la probabilità di un evento è vista come la frequenza limite di accadimento, dopo un elevato numero di ripetizioni dell'evento stesso, tendente all'infinito.
- Interpretazione della tendenza di probabilità: la probabilità in questo caso è legata alle proprietà fisiche e oggettive degli elementi che partecipano all'evento.
- Interpretazione soggettivista: in contrasto con le due visioni precedenti, note anche come oggettiviste, dal momento che legano il concetto di probabilità alle proprietà oggettive degli elementi che prendono parte all'evento. La visione soggettivista o di Bayes invece lega la probabilità di accadimento dell'evento alla conoscenza soggettiva che noi abbiamo dell'evento, a quello che sappiamo in proposito.

Le prime due interpretazioni sono pressoché impraticabili per molti problemi del mondo reale. La visione frequentista è spesso non applicabile perché non tutti i processi in natura possono essere ripetuti indefinitamente e sotto il nostro controllo; anche l'interpretazione della tendenza di probabilità ha delle serie limitazioni, poiché non è facile trovare l'esatto legame fisico con certi processi complessi. La visione soggettivista è quella che meglio si adatta alla maggior parte dei casi reali, e che è stata utilizzata nei problemi di supporto alle decisioni.

La visione soggettivista interpreta la probabilità come una misura della conoscenza personale, soggettiva del processo. Insieme a questa definizione che potrebbe apparire troppo poco rigorosa, esiste una regola di aggiornamento della probabilità alla luce di nuove informazioni, nota come "*regola di Bayes*". Ci sono teoremi che dimostrano come la regola di Bayes porti a convergenza la probabilità; la conoscenza delle probabilità a priori comunque porta a raggiungere tale convergenza in tempi molto più brevi.

Nella visione soggettivista è dunque naturale combinare distribuzioni di frequenza e i giudizi di un esperto.

### **5.2.1 Il teorema di Bayes**

Il teorema di Bayes deve il suo nome al Rev Thomas Bayes (1702- 1761) che per primo ne diede una formalizzazione. Nonostante il successo iniziale, grazie anche al lavoro di Laplace, tale teorema non trovò per decenni una reale applicazione, perché ancora poco si sapeva a proposito delle probabilità a priori. Nella prima metà del XX secolo si affermò l'approccio frequentista, concettualmente molto diverso, mentre l'approccio bayesiano continuava ad essere di difficile applicazione. Solo sul finire del secolo si ebbe la reale esplosione dell'interesse nei metodi di inferenza di tipo bayesiano, grazie al largo sviluppo di computer potenti e l'affermarsi di nuovi metodi di calcolo.

Le ipotesi scientifiche generalmente sono espresse attraverso distribuzioni di probabilità per i dati osservabili. Tali distribuzioni dipendono, come noto, da parametri che sono incogniti, e che vengono esplicitati grazie all'osservazione dei dati. Nella visione alla Bayes, ciò che si conosce sui parametri del modello è espressa attraverso una distribuzione di probabilità sui parametri stessi, detta "probabilità a priori",  $P(A)$ .

Quando sono disponibili nuovi dati B, l'informazione che essi contengono sui parametri del modello è espressa nella "verosimiglianza", funzione che è proporzionale alla distribuzione dei dati osservati, dati i parametri del modello. E' la  $P(B|A)$ .

Questa nuova informazione è quindi combinata con quella a priori per produrre una distribuzione di probabilità aggiornata, detta "distribuzione a posteriori" e sulla quale si basa l'inferenza bayesiana. Il teorema di Bayes fornisce dunque un metodo per modificare il livello di confidenza di una data ipotesi, alla luce di nuove informazioni.

Considerati due eventi stocastici A e B, il teorema di Bayes dice che:

$$P(A|B) = \frac{P(B|A) \cdot P(A)}{P(B)}$$

Dove,

$P(A|B)$  è la probabilità a posteriori di A, condizionata su B, ossia alla luce dell'informazione contenuta in B;

$P(A)$  è la probabilità a priori o marginale della variabile A, nel senso che non tiene in considerazione alcuna informazione riguardante B;

$P(B|A)$  è la funzione di verosimiglianza, una funzione di probabilità condizionata. In un certo senso se dall'informazione su B possiamo fare deduzioni su A, attraverso la  $P(A|B)$ ; allo stesso modo possiamo ragionare su B, partendo da informazioni note su A, tramite la funzione di verosimiglianza. La formalizzazione di questo è appunto il teorema di Bayes.

Essendo  $P(B)$  solo un fattore moltiplicatore, anche il fattore  $\frac{P(B|A)}{P(B)}$  è una funzione di verosimiglianza. Tale fattore di scala può essere interpretato come una misura dell'impatto che l'osservazione della variabile B ha sul grado di confidenza del ricercatore sul valore della variabile A, rappresentato a sua volta dalla sua probabilità a priori,  $P(A)$ .

In definitiva quindi il teorema di Bayes lega la probabilità a posteriori a quella a priori passando per la funzione di verosimiglianza, ossia combina le conoscenze che il ricercatore ha a priori con quelle derivanti dall'osservazione del dato empirico.

$$P(A|B) \propto L(B|A) \cdot P(A)$$

con  $L(B|A) = \frac{P(B|A)}{P(B)}$ , funzione di verosimiglianza normalizzata.

### 5.2.2 Le reti bayesiane

Matematicamente sono grafici non ciclici orientati i cui elementi fondamentali sono nodi e frecce. I nodi rappresentano le variabili del modello; gli archi rappresentano le relazioni di dipendenza statistica tra le variabili. Una rete bayesiana rappresenta la distribuzione della probabilità congiunta di un insieme di variabili.

La struttura di una rete bayesiana è un'illustrazione schematica e qualitativa delle relazioni che intercorrono all'interno del set di variabili che viene modellato. La struttura della rete bayesiana può ricalcare la struttura causale dei rapporti fra le variabili, sebbene ciò non sia strettamente necessario. Una rete bayesiana rappresenta anche le relazioni quantitative fra le variabili. Numericamente rappresenta la distribuzione di probabilità che c'è tra le variabili. Ciascun nodo è descritto con la

distribuzione di probabilità condizionata sui suoi predecessori diretti. I nodi che non hanno predecessori sono descritti solo con la loro distribuzione di probabilità a priori.

Sia la struttura, sia i parametri numerici di una rete Bayesiana devono essere definiti da un esperto; diversamente possono essere estrapolati dalle basi di dati a disposizione.

Fondamentalmente la struttura e il valore dei parametri all'interno di una rete Bayesiana sono dati da un mix fra la conoscenza che l'utente ha del problema e dalle informazioni derivante da misure.

Il nome "bayesiane" deriva dal tipo di approccio: la distribuzione delle probabilità delle connessioni fra i nodi in una rete bayesiana è soggettiva e la distribuzione della probabilità soggettiva può essere aggiornata alla luce di nuove informazioni, sulla base del teorema di Bayes.

Il nodo da cui l'arco parte è il nodo genitore mentre il nodo in cui l'arco termina è il nodo figlio. Ogni variabile è caratterizzata da un'insieme di stati che la variabile stessa può assumere.

In una rete bayesiana ciascuna dipendenza fra variabili, indicata da una freccia rappresenta la distribuzione della probabilità condizionata che descrive la "verosimiglianza" relativa di ciascun valore del nodo "figlio", e calcolata su tutte le possibili combinazioni dei valori delle variabili "genitore". Le probabilità condizionate mettono in relazione lo stato dei genitori e quello della variabile figlio, possono essere stimate sulla base della conoscenza del fenomeno, secondo pareri di esperti, oppure sulla base di una grande mole di dati che permette di dedurle attraverso degli opportuni algoritmi.

L'uso di una rete grafica permette di lavorare con la descrizione probabilistica di sistemi complessi in maniera assai più semplice e ha portato ad un largo uso di tali strumenti. Come conseguenza la modellazione basata sull'approccio bayesiano ha trovato applicazione in analisi di incertezza, diagnosi di sistemi, pianificazione di campagne sperimentali, sistemi di apprendimento automatici.

### **5.3. DESCRIZIONE DEL SOFTWARE SVILUPPATO**

L'idea che sta alla base del presente lavoro è di costruire un sistema di supporto alle decisioni che possa individuare i tratti maggiormente soggetti al rischio di sedimentazione, valutando anche il rischio che tali depositi siano contaminati, e che possa fornire una scala di priorità degli interventi in programmazione. Si è visto come un modello di tipo deterministico sia di difficile realizzazione per l'elevato numero di processi coinvolti e comunque di difficile calibrazione, dato l'alto numero di parametri necessari. Il modello proposto è basato quindi sulla logica delle reti bayesiane poco sopra descritte.

Il sistema si compone fondamentalmente di due parti: il cuore vero e proprio, in cui la rete è descritta, costituito dal software statistico GeNle 2.0 della Pittsburg University, e una maschera di inserimento dati, scritta in Visual Basic, unico elemento in mano all'utente finale.

GeNle, sviluppato dal dipartimento di Sistemi di Decisione dell'Università di Pittsburg, è un ambiente in cui è possibile sviluppare soluzioni grafiche per modelli a supporto delle decisioni.

GeNle è l'interfaccia grafica del vero motore, SMILE, acronimo di Structural Modeling, Inference, and Learning Engine, una piattaforma indipendente di funzioni che implementano modelli probabilistici grafici, in particolare le Reti Bayesiane e i diagrammi di influenza. Attraverso le sue funzioni è possibile creare e gestire modelli grafici per affrontare problemi decisionali operando in condizioni di incertezza.

SMILE è implementato in C++, quindi accessibile praticamente da tutti i linguaggi di programmazione o da tutti i sistemi operativi; GeNle invece è solo un'applicazione grafica, un guscio esterno di SMILE, ed è stato concepito per lavorare solo in ambiente Windows.

GeNle è uno strumento in grado di fornire strumenti di supporto alle decisioni. E' possibile strutturare problemi di decisione, quantificare incertezza e preferenze, individuare i fattori preponderanti e calcolare il valore delle informazioni che riducono l'incertezza.

Relativamente alle reti bayesiane in GeNle è possibile schematizzare graficamente il problema attraverso nodi e frecce. I nodi, generalmente di tipo "chance", rappresentano variabili random, caratterizzate da distribuzioni di probabilità condizionate ai nodi "genitori" ovvero a priori, in caso contrario.

Definita la struttura della rete e i rapporti probabilistici fra le variabili, tali distribuzioni soggettive di probabilità possono essere aggiornate alla luce di nuove osservazioni, secondo i dettami del teorema da Bayes.

SMILE e GeNle implementano diversi algoritmi di inferenza per reti bayesiane: tra queste il "clustering" e diversi altri basati su tecniche stocastiche di campionamento (metodo Monte Carlo). Il clustering, di default in GeNle, è l'unico algoritmo di aggiornamento esatto; gli altri, che operano per approssimazioni successive, talvolta si rendono necessari, principalmente per ragioni di tempi di calcolo.

#### **5.4. LA STRUTTURA DEL MODELLO**

I passi fondamentali nella costruzione di una rete di tipo bayesiano sono la definizione della struttura dei legami fra le variabili e, in seguito, la definizione delle probabilità condizionate fra i nodi.

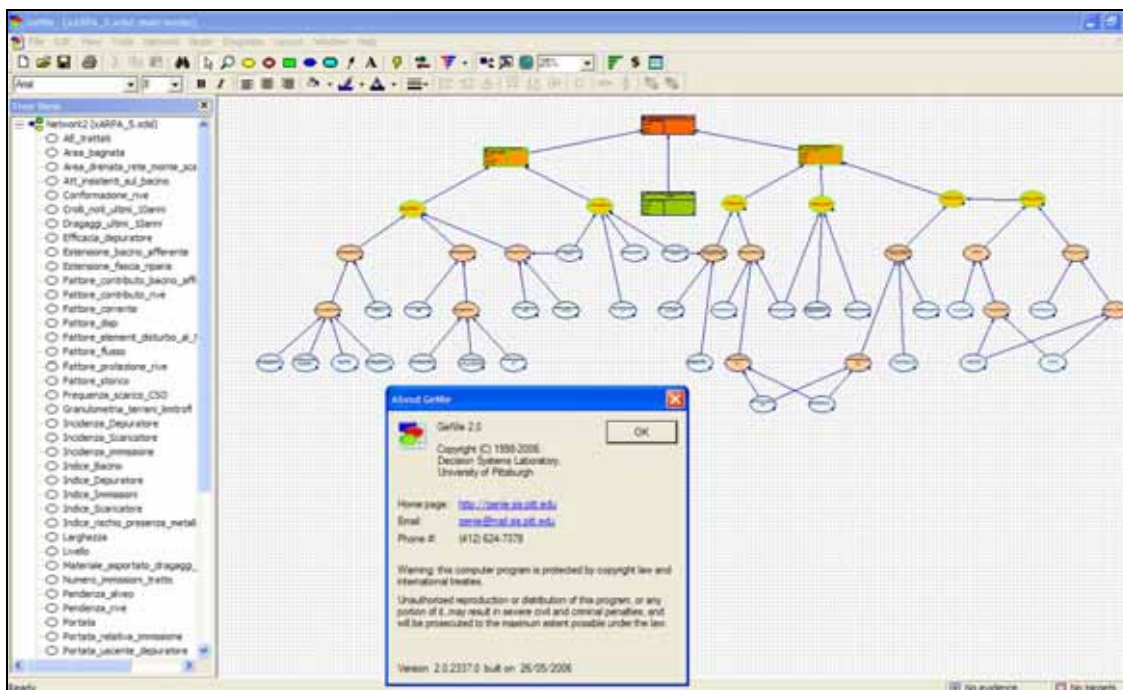
Il modello considera il rischio di presenza di sedimenti inquinati come il prodotto di diversi fattori. Da un lato il modello calcola il rischio di avere sedimentazione, basandosi principalmente su fattori legati alla disponibilità di materiale e alle caratteristiche del flusso e dell'alveo. Dall'altro si cerca di quantificare il rischio che tali sedimenti possano essere contaminati da inquinanti, in particolare da metalli. E' indubbio infatti che i metalli e gli inquinanti in genere manifestino una particolare attitudine a rimanere adesi al sedimento.

Tutte le variabili del modello sono caratterizzate da una distribuzione di probabilità relativa sui possibili stati. Tale distribuzione può essere definita a priori, qualora la variabile in oggetto non abbia genitori; diversamente viene definita come probabilità condizionate.

Le variabili non dipendenti sono quelle che appariranno nella maschera di Visual Basic, le altre sono interne a GeNle, e non visibili all'utente.

Il modello così costruito è composto da 53 nodi, collegati da 59 archi, per un totale di 215 stati e 5129 parametri.

Fig.7 Schermata tipo di GeNle 2.0 con la struttura del modello



Quindi a determinare il Rischio di presenza di sedimenti inquinati concorrono tre fattori:

- Rischio presenza sedimenti
- Rischio presenza metalli
- Rischio presenza sedimenti inquinati, dell'eventuale immissione

I primi due fattori vengono combinati, mentre il terzo funge da maggiorante, nel caso ci sia un apporto consistente di un canale che si immette in quello studiato, e che già abbia un proprio indice di rischio.

Al fattore "Rischio presenza sedimenti" concorrono tre fattori:

- Fattore Disponibilità
- Fattore Flusso
- Fattore Storico

Occorre in primo luogo quantificare la disponibilità di materiale che possa finire in alveo. Dall'esperienza e comunque dal riscontro delle analisi fatte su fanghi del CCAB e dei terreni limitrofi, così come dello Scolo Sacerno e del Mascellaro, si è potuto evincere come la fonte principale di materiale siano le sponde e i terreni limitrofi. Per questo motivo si sono considerati due fattori per la formazione del "fattore disponibilità": il contributo del bacino afferente al canale in esame, e il contributo diretto delle sponde.

Ad influenzare il fattore bacino sono le seguenti variabili:

- Estensione del bacino
- Tipologia del territorio
- Granulometria dei terreni limitrofi



In questa parte l'attenzione è posta sulla quantificazione di materiale potenzialmente erodibile che possa finire in alveo: supponendo un tasso di accumulo di tempo secco costante, appare chiaro come l'estensione del bacino giochi un ruolo fondamentale in questo senso. E' possibile legare la presenza di sedimenti anche alla natura e all'uso del territorio. Un territorio agricolo con terreni periodicamente smossi costituisce una fonte potenziale di materiale erodibile più probabile di un territorio fortemente urbanizzato. La granulometria dei depositi incide poiché il materiale fine è più facilmente erodibile di quello grossolano.

Per quel che concerne le rive l'elemento fondamentale relativamente alla disponibilità di materiale è la stabilità. Sponde solide non sono soggette a crolli e cedimenti, mentre sponde instabili e potenzialmente soggette a crolli sono la fonte principale di materiale che finisce in alveo, e che poi deposita al fondo o mosso dalla corrente.

Gli elementi che concorrono alla stabilità spondale tenuti in considerazione sono:

- Pendenza rive
- Conformazione rive
- Estensione della fascia riparia
- Crolli noti degli ultimi dieci anni

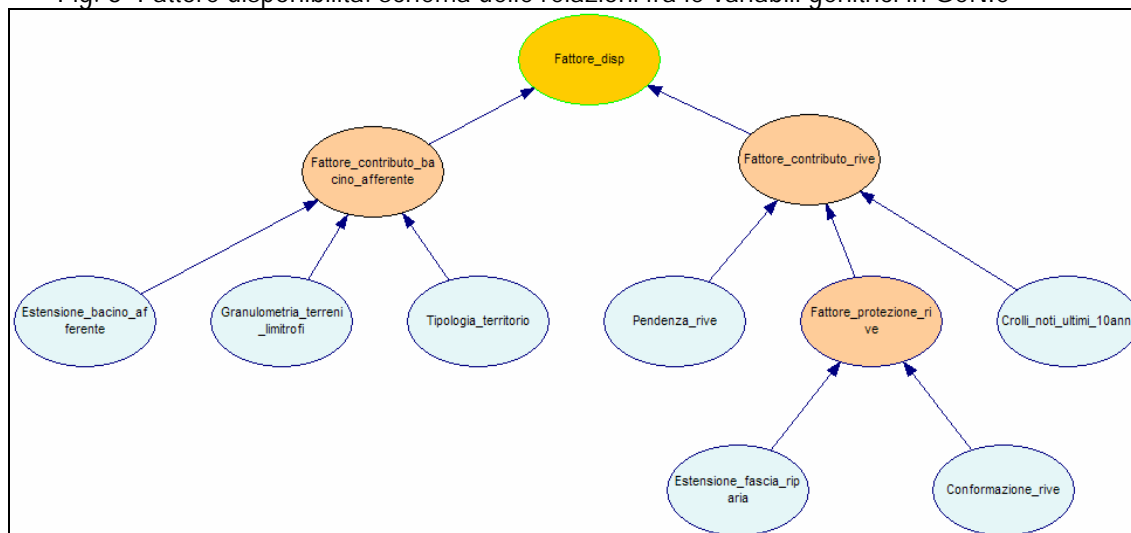
Il fattore "conformazione rive" e "estensione della fascia riparia" derivano entrambi nella loro definizione dall'Indice di Funzionalità Fluviale (IFF) e vanno a quantificare il fattore "protezione rive". Essi considerano la tipologia vegetazionale con cui sono coperte le rive, e l'estensione di tale fascia. Un'ampia fascia arborea costituisce una forte protezione al crollo delle rive, mentre il fattore protezione di sponde in terra battuta è praticamente nullo.

Per la quantificazione del rischio di avere crolli fondamentale è l'informazione sui crolli avvenuti in passato. Se l'evento si è già verificato le probabilità che si possa ripresentare sono alte.

Le variabili su cui l'utente è chiamato a fare una scelta sono:

- Estensione del bacino
- Tipologia del territorio
- Granulometria dei terreni limitrofi
- Pendenza rive
- Conformazione rive
- Estensione fascia riparia
- Crolli noti negli ultimi dieci anni

Fig. 8 Fattore disponibilità: schema delle relazioni fra le variabili genitrici in GeNle



Definito il "fattore disponibilità", il "fattore flusso" definisce la tendenza della corrente a creare depositi sedimentari. Il fattore risulta elevato quando i valori delle variabili portano ad uno stato favorevole alla sedimentazione del materiale eventualmente presente in alveo.

Uno stato di informazione non sufficiente viene occupato quando le variabili genitrici non forniscono abbastanza elementi per definire se la corrente sia in grado o meno di rimuovere il materiale.

Il "fattore flusso" ha come variabili genitrici due fattori:

- Fattore Corrente;
- Fattore Elementi di disturbo.

Il "fattore corrente" semplicemente tiene conto di tutti i fattori idraulici legati alle caratteristiche dell'alveo e della portata transitante. Le variabili genitrici, a diversi livelli, sono:

- velocità dell'acqua
- area bagnata
- portata
- raggio idraulico
- pendenza alveo
- larghezza
- livello

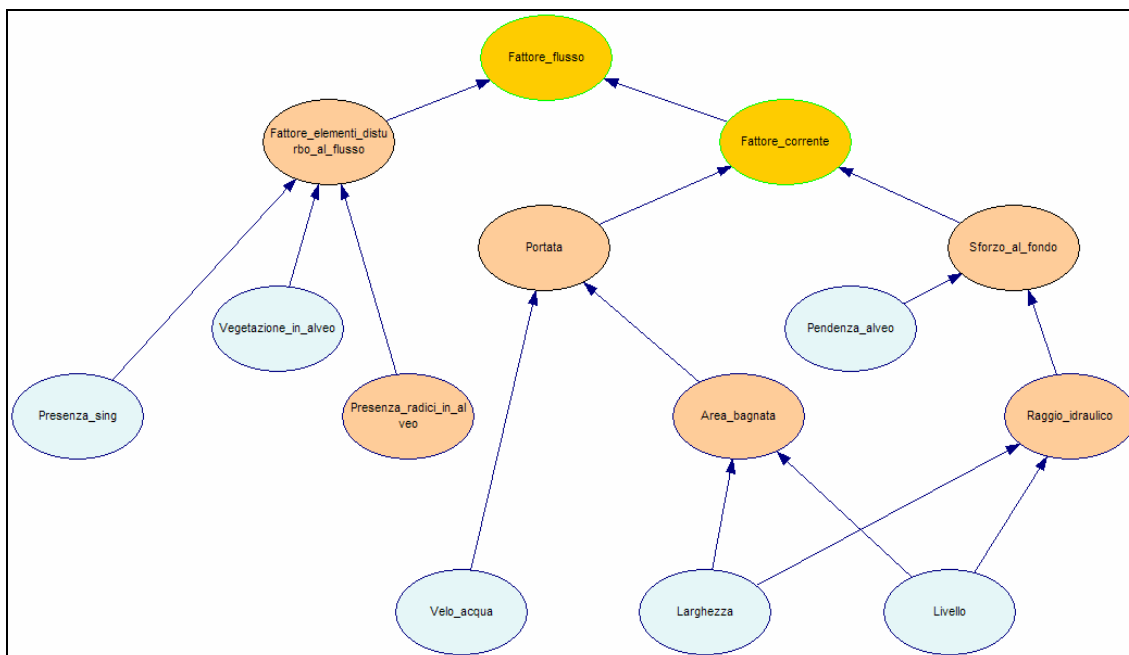
Il fattore si intende favorevole nei confronti della formazione di depositi sedimentari; lo stato "no info" corrisponde ad un livello di informazione dagli stati precedenti troppo basso. Piccole portate e sforzi al fondo ridotti, ad esempio, portano ad un fattore elevato, quindi favorevole.

Il "fattore elementi di disturbo al flusso" tiene conto di eventuali impedimenti al normale deflusso delle acque, sia di origine naturale, sia antropica. Tale fattore funge da maggiorante o minorante al "fattore corrente". Tre elementi concorrono alla formazione del fattore di disturbo:

- Presenza singolarità
- Presenza vegetazione in alveo
- Presenza di radici

Quest'ultima variabile è legata alla tipologia vegetazionale che copre le sponde, e all'estensione di tale fascia riparia. La presenza di vegetazione arborea, ad esempio, se da un lato ha un indubbio vantaggio sulla stabilità spondale, dall'altro comporta un rischio molto elevato che vi siano radici in alveo.

Fig. 9: Fattore flusso: schema delle relazioni fra le variabili genitrici in GeNle



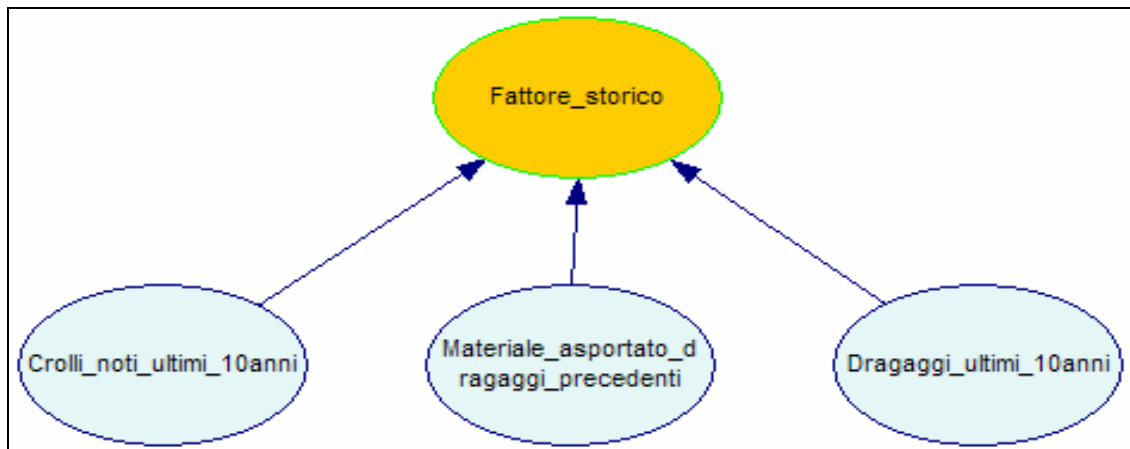
Il "fattore storico" tiene conto dell'esperienza maturata sul tratto in esame. I dragaggi sono normalmente programmati con cadenza decennale: si ritiene nella norma quindi un intervento di dragaggio e risezionamento ogni dieci anni circa. Interventi più frequenti portano a considerare il tratto come particolarmente soggetto a sedimentazione, come frequenze minori portano a pensare ad un tratto che non presenta problemi di questa natura. Insieme all'informazione relativa alla frequenza degli interventi sono importanti anche le informazioni relative al quantitativo di materiale dragato, e alla stabilità spondale, riflessa dal dato sui crolli registrati.

Un intervento anche ritenuto di manutenzione ordinaria, ma in cui il quantitativo di materiale dragato è notevole (superiore ai 60 cm per metro lineare) può far pensare ad un tratto senza problemi particolari, ma con una certa propensione alla formazione di depositi. L'informazione relativa ai crolli è molto importante poiché rappresenta la principale fonte di materiale, che poi sedimenta. Spesso si hanno crolli in tratti in cui le condizioni di flusso non sono tali da garantire il dilavamento del materiale sciolto in alveo, con conseguente sensibile modifica delle condizioni locali di pendenza e di flusso che possono anche portare all'innesto di un meccanismo di deposito che si estende oltre la locale zona di crollo.

Le variabili genitrici del "fattore storico", su cui l'utente può intervenire sono:

- Crolli noti negli ultimi dieci anni
- Dragaggi noti negli ultimi dieci anni
- Materiale asportato

Fig. 10: Fattore storico: schema delle relazioni fra le variabili genitrici in GeNle



Definito il "rischio di presenza di sedimenti" all'utente viene chiesto, attraverso la medesima interfaccia grafica, di specificare alcuni elementi che andranno a quantificare la probabilità che ai sedimenti si trovino adesi dei metalli.

Il software considera due possibili fonti di metalli. Una di origine diffusa che riguarda la natura stessa del bacino afferente il canale; l'altra di tipo puntuale, legata alla presenza e alla tipologia degli scarichi che si immettono nel tratto.

A definire l'"indice bacino" concorrono quattro elementi:

- Utilizzo del canale
- Estensione del bacino
- Tipologia del territorio drenato
- Attività insistenti sul bacino

La definizione della tipologia del territorio drenato è diversa rispetto alla variabile definita precedentemente poiché allora si valutavano i quantitativi di materiale potenzialmente erodibili, mentre ora l'attenzione è posta alla produzione di metalli. L'impatto di un territorio ad uso industriale sulla produzione di sedimenti è minore, rispetto ad un terreno agricolo, con terreni costantemente smossi, ma è fortemente maggiore l'impatto che può avere sul quantitativo di metalli prodotti.

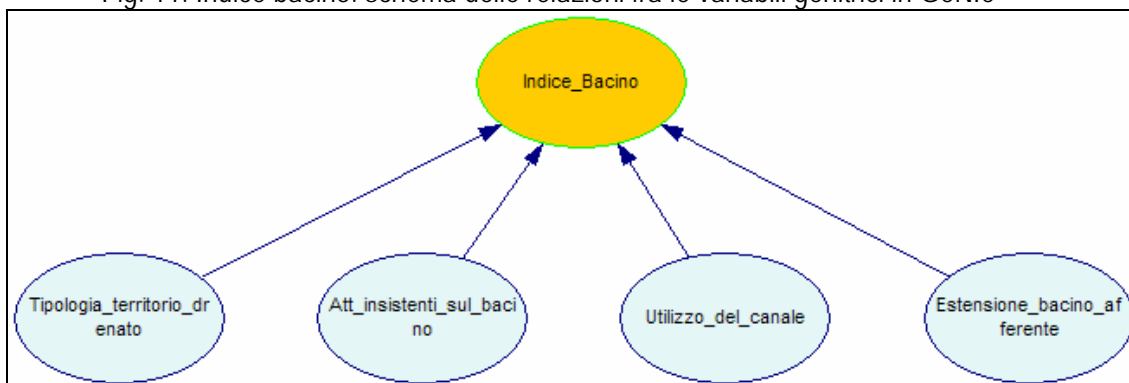
In questa versione del software è richiesto all'utente un'informazione di massima sulle attività che insistono sul bacino (artigianali, seminative, produttive), mentre sviluppi successivi potranno tener conto di particolari concentrazioni di attività produttive, o la localizzazione delle stesse, rispetto al canale. Con la versione attuale non è possibile ad esempio specificare la presenza del magazzino frutta nelle immediate vicinanze dello Scolo Sacerno.

L'"indice bacino" definisce la tipologia del bacino in cui il canale scorre. I possibili stati definiti per la variabile sono:

- Agricolo- naturale
- Civile
- Industriale

Il livello di non sufficiente informazione è sempre presente e diviene attivo quando anche le variabili a monte sono caratterizzate da un tale stato di incertezza.

Fig. 11: Indice bacino: schema delle relazioni fra le variabili genitrici in GeNle



Definita la natura del bacino in cui è localizzato il canale in esame, vengono prese in considerazione le eventuali immissioni. Vengono considerate tre possibili immissioni:

- immissione generica
- immissione da impianto di depurazione
- immissione da scaricatore di piena

Per immissione generica si considera qualunque ingresso nel canale diverso da quelli specificati. Di tale immissione viene richiesto di specificare sostanzialmente l'impatto che può avere sul tratto in esame. Quindi si richiede la portata relativa, il numero di tali scarichi nel tratto e la tipologia del territorio circostante, variabile già definita nell'indice di bacino. Se l'immissione è di dimensioni considerevoli, allora è presumibile sia già considerata come un tratto a parte, e sia stata valutata separatamente.

In questo caso è richiesto di immettere direttamente l'indice di rischio calcolato dal software, bypassando tutto il sistema. Tale informazione viene utilizzata anche come informazione di prossimità.

Maggiore interesse rivestono, ai fini delle considerazioni sulla presenza di metalli, le eventuali immissioni dall'impianto di depurazione e quelle dagli scaricatori di piena della rete fognaria.

Vengono definiti un "fattore di incidenza depuratore" e un "fattore di incidenza scaricatore". Alla formazione di entrambi gli indici concorrono due fattori: uno racchiude le caratteristiche dello scarico, l'altro un'informazione sull'entità dell'immissione.

Relativamente allo scarico di depurazione viene chiesto all'utente di specificare i seguenti fattori:

- Presenza depuratore
- Tipologia della rete a monte del depuratore
- Abitanti Equivalenti trattati
- Efficacia della depurazione
- Portata uscente dall'impianto

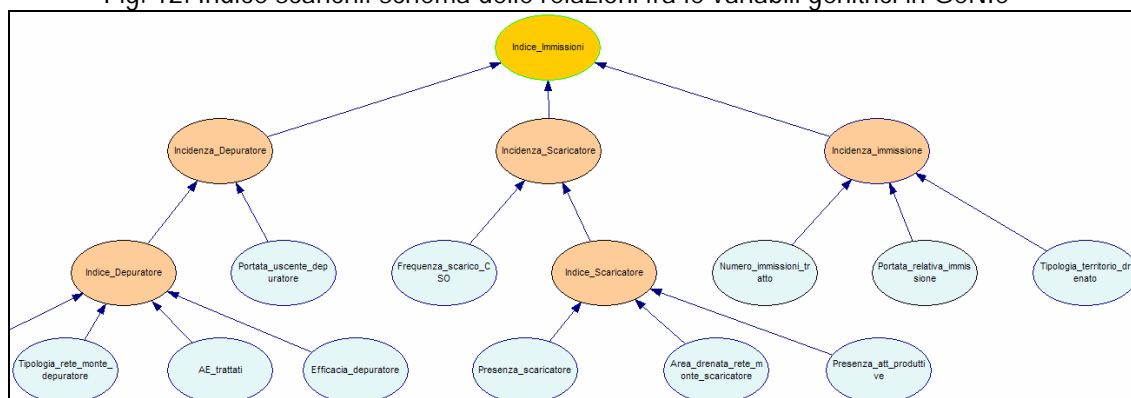
In questo modo è possibile quantificare l'impatto che lo scarico può avere sul ricettore in esame. Teoricamente l'impatto dello scarico di un impianto di depurazione non dovrebbe comportare problemi per il ricettore, dovendo rispettare i limiti di legge. Al più si prevedono picchi nel carico organico, ma non relativamente ai metalli. Per questo motivo si utilizza la variabile relativa all'efficienza della depurazione. Problemi noti nel processo depurativo si riflettono in una scarsa efficacia, fattore a cui è stato un peso relativo elevato, proprio perché tiene conto di malfunzionamenti, pertanto eccezionali.

Lo scarico dello scolmatore di piena ha un impatto maggiore sull'apporto di metalli al canale in fase di studio, poiché convoglia acque inquinate, benchè diluite. Durante i fenomeni pluviometrici l'acqua dopo aver dilavato la superficie defluisce in fognatura determinando portate che vengono scolmate dal dispositivo. I parametri fondamentali che influenzano l'incidenza dello scaricatore sono:

- Presenza dello scaricatore
- Frequenza di scarico
- Area drenata a monte
- Presenza di attività produttive

La frequenza di scarico è relativa alle normali condizioni di funzionamento della soglia. Per definire questa variabile è necessario conoscere i parametri costruttivi del manufatto, per definirne le condizioni di attivazione. Lo scaricatore si trova come dispositivo di sicurezza a protezione della rete fognaria, quindi non è necessario chiedersi quali siano le caratteristiche della rete a monte, se non l'estensione della stessa, dal momento che si tratta certamente di un'area urbanizzata, civile o industriale. E' importante invece definire, ove possibile, la percentuale delle attività produttive presenti nell'area drenata e che recapitano in fognatura. Queste sono infatti le uniche, a parte i depositi a conseguenza del traffico veicolare, che hanno interesse nelle dinamiche di produzione e accumulo dei metalli (distributori di carburante, officine di trasformazione, colorifici, autocarrozzerie, ecc).

Fig. 12: Indice scarichi: schema delle relazioni fra le variabili genitrici in GeNle



Il modello implementato in GeNle fornisce come output finale il fattore "rischio presenza sedimenti inquinati" dato come probabilità di occupare uno dei seguenti stati:

- Dati Insufficienti,
- Rischio Basso
- Rischio Medio
- Rischio Elevato

Tale fattore è dato dalla combinazione del "fattore rischio presenza sedimenti", "fattore rischio presenza metalli" e dello stesso fattore, ma relativo agli eventuali affluenti, nel caso in cui per questi sia già stato quantificato. Quest'ultimo funge da maggiorante o minorante, considerando sia il suo apporto diretto, con un proprio carico di sedimenti inquinati, sia il concetto di prossimità, secondo cui ci sono buone probabilità che i due canali si somiglino.

Tutta la struttura sopra descritta è in ambiente GeNle e non è visibile all'utente. Il sistema infatti è interfacciato attraverso la maschera di figura 13: l'utente, sulla base delle informazioni in suo possesso, deve compilare i campi, scorrendo i menù a tendina. Ogni scelta non effettuata viene

interpretata come “no info” e viene comunque tenuta in considerazione dal software statistico nel calcolo della probabilità condizionata.

Nella maschera sono presenti due pulsanti; compilati i campi vanno premuti in sequenza: prima “Scrivi file” e poi “Leggi file”. In questo modo è possibile leggere nelle quattro caselle sottostanti il valore calcolato da GeNle.

In definitiva la maschera che l’utente deve riempire con i dati di cui è in possesso è riportata nella figura sottostante.

Fig. 13: Schermata di immissione dati

The screenshot shows a software window titled "Prosp" with a grid of input fields. Each field has a label on the left and a dropdown menu on the right. The fields include parameters like "Larghezza alveo", "Livello acqua", "Pendenza alveo", "Velocità acqua", "Conformazione riva", "Estensione fascia vegetazionale riparia", "Vegetazione in alveo", "Presenza sgrigliata", "Tipologia territorio bacino effluente", "Estensione fascia effluente", "Granulometria terreni insostrati", "Pendenza riva", "Crolli nei ultimi 10anni", "Dragaggi ultimi 10anni", and "Materiale esportato dragaggi precedenti". There are also buttons for "Leggi ed esegui file" and "Scrivi file". At the bottom, there are four text boxes labeled "DATI INSUFFICIENTI", "RISCHIO ELEVATO", "RISCHIO MEDIO", and "RISCHIO BASSO".

### 5.5. APPLICAZIONE AL CASO DI STUDIO

Per poter applicare il sistema di supporto alle decisioni occorre in primo luogo individuare sul canale in esame tratti che siano omogenei per caratteristiche geometriche, pedologiche, vegetazionali, morfologiche del territorio servito e per l’uso del territorio servito.

La procedura deve essere applicata a ciascuno dei tratti individuati. Il sistema si basa sull’aggiornamento della probabilità in funzione delle conoscenze che l’utente ha del tratto. Quindi i risultati saranno tanto più vicini alle reale situazione quanti maggiori sono i dati a disposizione, ossia quanto più dettagliata è la conoscenza dell’intero sistema. Occorre quindi condurre preventivamente delle indagini al fine di rendere quanto più completo possibile il quadro delle informazioni.

Negli esempi che seguono sono stati esaminati i tre canali su cui sono stati fatti i campionamenti:

- Il Canale Collettore Acque Basse Bagnetto,
- Lo Scolo Mascellaro
- Lo Scolo Sacerno

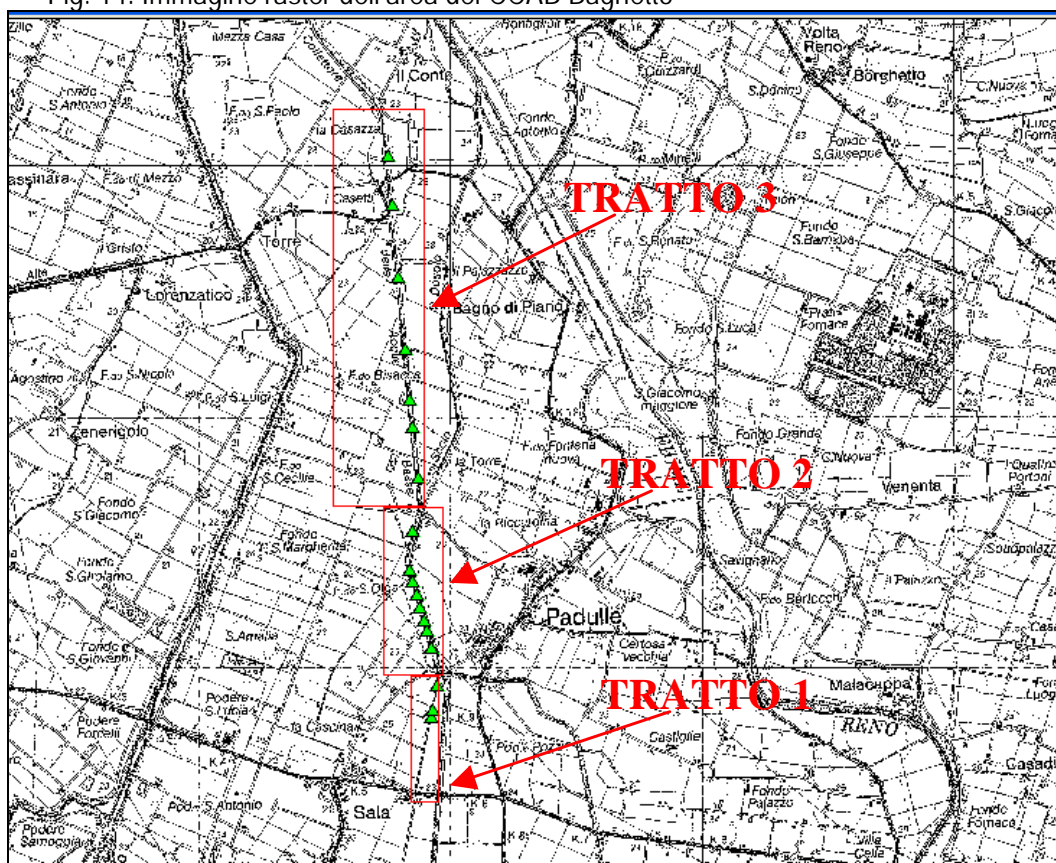
### 5.5.1. Il Canale Collettore Acque Basse Bagnetto

Il CCAB Bagnetto fa parte del comprensorio di bonifica destra Lavino- sinistra Reno. Il CCAB termina all'altezza della confluenza Reno- Samoggia dove è localizzato l'impianto di sollevamento di Bagnetto. Il comprensorio in esame ha un'estensione di 5080 ettari ed è costituito da terreni fini, a tessitura prevalentemente argillosa- limosa.

L'urbanizzazione copre una parte relativamente marginale della superficie del comprensorio, che è ancora prevalentemente agricolo con colture di tipo intensivo (mais, bietole, orzo, mais).

Il tratto che è stato interessato dai campionamenti di sedimento di fondo è quello compreso tra gli abitati di Sala Bolognese e Padulle, in comune di Sala Bolognese. La lunghezza complessiva del CCAB è di 12456 metri, mentre il tratto oggetto di studio si estende per circa 5354 metri.

Fig. 14: Immagine raster dell'area del CCAB Bagnetto



Il Bagnetto viene diviso in tre tratti omogenei

1. Dal ponte della Trasversale di pianura, al ponte di via della Pace
2. Dal ponte di via della Pace fino al ponte di via Zaccarelli
3. Dal ponte di via Zaccarelli fino alla sezione 53, in località "il Conte"

#### **TRATTO 1**

Si considera il primo tratto di canale delimitato dai ponti della Trasversale di pianura e di via Pace, nei pressi dell'abitato di Padulle. Il tratto termina alla confluenza con il canale Dosoletto di Longara,



che si immette nel CCAB a valle del ponte di via della Pace tramite un sifone a botte che permette il passaggio al di sotto dello Scolo Dosolo.

Alla confluenza vi è anche un manufatto in cls che costituisce lo scolmatore del Dosoletto quando l'eccessivo carico idraulico porterebbe ad un cattivo funzionamento del sifone. In questo caso l'immissione del Dosoletto nel CCAB avviene prima del ponte menzionato. Circa cinquanta metri a monte di tale confluenza vi è una paratoia che permette di invasare l'acqua nel tratto a monte del CCAB, avendo questo prettamente una funzione di canale irriguo. Il tratto complessivamente è lungo circa 950 metri.

La paratoia, in funzione per gran parte dell'anno, porta ad un innalzamento del livello idrico nel tratto.

Fig. 14: Paratoia sul CCAB, prima del ponte di via della Pace



Il tratto di canale si presenta omogeneo, di larghezza modesta, inferiore certamente ai 5 metri, ma con un livello idrico discreto, presumibilmente superiore al metro. La velocità è pressochè nulla, dovuta alla pendenza bassa, dell'ordine del 0,18 per mille, e alla presenza della paratoia.

Le rive non presentano vegetazione, eccezion fatta per il sottile strato erboso che le ricopre, mentre si possono notare diversi tipi di piante acquatiche e fioriture algali, ben visibili anche da foto aeree. Come detto il tratto termina con una forte singolarità, costituita dalla paratoia, spesso in funzione. Quando questa non è attiva si può comunque considerare un elemento di disturbo, poiché il tratto termina con il ponte di via Pace.

Non è possibile stabilire con certezza l'estensione del territorio drenato dal solo tratto in esame. L'unico dato a disposizione è l'estensione del territorio afferente all'intero Canale Collettore, 5080 ettari. Si può quindi considerare, senza commettere errori, un'area drenata superiore ai 100 ettari.

Il territorio drenato è di tipo agricolo, nonostante la vicinanza con l'abitato di Sala Bolognese, completamente servito da fognatura. I terreni circostanti, come in tutto il comprensorio, sono prettamente fini, argillosi e limosi.

Le rive sono in terra, non sono presenti argini e la pendenza è molto bassa. Nonostante questo, forse a seguito delle oscillazioni del livello in seguito alle operazioni della paratoia, o agli emungimenti per l'irrigazione le rive sono soggette a frequenti crolli che portano sovente alla necessità di manutenzione.

Il territorio è prettamente agricolo, con qualche casa sparsa. Non si registrano attività che possano essere possibile sorgente di metalli. I terreni limitrofi sono coltivati a seminativo.

Si notano alcune immissioni laterali di poca entità, ascrivibili alla categoria "fossi". L'unica immissione degna di nota è lo scarico del depuratore di Padulle, circa 300 metri prima della chiusura del tratto. Il depuratore, caratterizzato da un sistema a fanghi attivi, è in fase di ampliamento dalla capacità di 4500 abitanti equivalenti a quella di circa 8000. Attualmente è comunque pienamente in grado di trattare tutto il carico che giunge dalla rete a monte. E' funzionante e non presenta problemi nelle fasi del trattamento.

Con queste condizioni questo è l'output fornito dal software.

DATI INSUFFICIENTI: 3%

RISCHIO ELEVATO: 31%

MEDIO: 38%

BASSO: 28%

## **TRATTO 2**

Il secondo tratto in cui è stato suddiviso il CCAB è il tratto compreso fra il suddetto ponte di Via della Pace e il ponte di Via Zaccarelli, ubicato tra le sezioni di rilievo numero 34 e 35. Tale tratto è lungo circa 1760 metri. Presenta differenze con il tratto precedente tali da costituire un tratto a sé.

Fig. 15 Vista del secondo tratto del CCAB Bagnetto



L'alveo è di forma composita con una cunetta centrale e banche laterali. La pendenza delle sponde e quella interna delle banche è di 2/3. Le rive sono in terra e sono prive di vegetazione. L'alveo si presenta più largo (circa 2,20 metri) e scavato, ma il livello idrico è più basso rispetto al tratto precedente. La pendenza dell'alveo è attorno allo 0,2 per mille, con una velocità conseguente piuttosto bassa.

L'alveo si presenta piuttosto pulito, sebbene si possa notare un po' di vegetazione in alveo. Nulla al confronto con quanto riscontrato nel tratto a monte.

Non vi sono singolarità significative, eccezion fatta per una dolce curva sulla destra.

La tipologia del bacino afferente è agricola, sebbene si l'abitato di Sala Bolognese è nelle immediate vicinanze e non si possa escludere la presenza di qualche attività recapitante nello scolo.

Per l'estensione del bacino valgono le stesse considerazioni fatte a proposito del tratto precedente. Anche i terreni limitrofi sono della stessa tipologia. Le sponde sono più pendenti, ma non si hanno notizie di crolli. E' in corso un intervento di risagomatura, ma non si hanno a disposizione elementi sulla frequenza degli interventi manutentivi.

Per ciò che riguarda le immissioni la principale e più importante è il Dosoletto di Longara, che si immette nel CCAB presso il ponte di Via Pace.

Questo drena un ampio comprensorio in parte agricolo e urbanizzato e si può dedurre che la portata convogliata sia confrontabile con quella del CCAB.

Quest'ultimo riceve le acque anche dal Fossadone in sinistra idraulica ed è collegato da una saracinesca con l'adiacente Dosolo, sempre nei pressi della sezione 33.

Seguono i risultati dell'elaborazione:

DATI INSUFFICIENTI: 9%

RISCHIO ELEVATO: 22%

MEDIO: 37%

BASSO: 32%

### **TRATTO 3**

Il terzo tratto in cui abbiamo diviso il Canale Collettore inizia dal ponte di via Zaccarelli e termina alla sezione 53 del rilievo cui si riferiscono i prelievi e le successive analisi del 2002. Il tratto è lungo circa 2650 metri. Dopo tale sezione la fisionomia del canale è in evoluzione: un progetto in corso prevede un nuovo tracciato del canale, con la costruzione di un nuovo impianto idrovoro per il sollevamento delle acque a Reno.

Le caratteristiche morfologiche del tratto non sono diverse da quelle dei tratti precedenti, quindi una larghezza del fondo media, tra uno e cinque metri, un livello sotto il metro e mezzo e una pendenza, costante, inferiore allo 0,2 per mille. Le velocità conseguenti sono medio basse.

Le rive, poco pendenti, sono ricoperte da uno strato erboso che si estende per alcuni metri ai lati del canale. Non sono presenti singolarità a ridurre la sezione idrica, nè vegetazione in alveo, a ridurre le velocità.

Il bacino afferente è prettamente agricolo, coltivato a seminativi. Si notano solo alcune case sparse.

Non si hanno informazioni su eventuali crolli. Relativamente ai dragaggi ve ne è uno in corso, ma non si hanno informazioni sulla frequenza degli interventi, né sul quantitativo del materiale dragato. Il territorio drenato ha carattere totalmente agricolo, con attività seminative. L'estensione del bacino è superiore ai 100 ettari, per le considerazioni fatte in precedenza. Non vi sono immissioni.

I risultati forniti dal programma sono i seguenti:

DATI INSUFFICIENTI: 10%  
RISCHIO ELEVATO: 20%  
MEDIO: 35%  
BASSO: 35%

### *5.5.2. Lo Scolo Mascellaro*

Lo Scolo Mascellaro fa parte del comprensorio delle Acque Alte in sinistra Samoggia ed è gestito del Consorzio di Bonifica Reno- Palata. Lo Scolo Mascellaro nasce a valle della Ferrovia Bologna-Milano nei pressi della località Borgata Città in comune di San Giovanni in Persiceto. Il comprensorio di scolo di cui fa parte si estende da quota 70 m s.l.m a quota 19 m s.l.m. con una quota media di bacino alla chiusura del CCAA alla Strada Statale 255 di Cento di circa 30 m s.l.m.

Il Mascellaro è un canale di circa 11 km che drena un bacino di circa 1716 ettari.

Lo Scolo Mascellaro allo stato attuale è un canale a forma trapezia con larghezza alla base variabile fra 1,5 e 2,0 metri e profondità massima fra 1,5 e 1,8 metri. La pendenza attuale è inferiore allo 0,2 per mille.

Per lo studio attuale il tratto considerato è morfologicamente omogeneo va dal ponte della ferrovia fino all'incrocio con via Sarasina. Tale tratto è lungo circa 2000 metri.

In base ai dati rinvenuti passiamo a compilare la maschera di Visual Basic. La larghezza è tra 1 e 5 metri, la pendenza scarsa, inferiore allo 0,2 per mille, il livello molto basso, inferiore ai 50 cm, la velocità bassa. Le rive sono leggermente pendenti, intorno al 30%, sono rivestite da erbe e arbusti e si evince dalla documentazione fornita dal Consorzio che sono soggette a costante manutenzione, circa due interventi di sfalcio all'anno. Da ciò si può dedurre che anche l'alveo sia curato e che quindi non vi sia vegetazione.

Non si hanno informazioni su crolli o dragaggi.

La funzione del canale è di scolo e irrigua, dal momento che il canale si trova in un territorio completamente immerso nella campagna, in cui si notano solo case sparse. E' lontano da qualunque agglomerato urbano. Non si hanno informazioni dettagliate sulle colture praticate, ma si tratta essenzialmente di seminativo. Non ci sono immissioni laterali, di alcun genere.

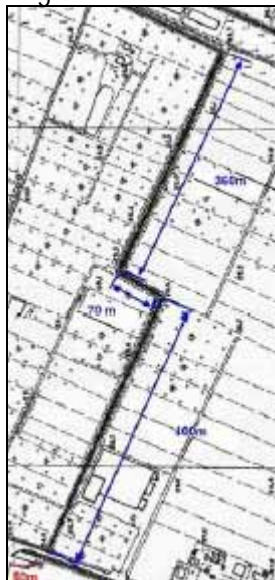
Si riportano di seguito i risultati del software.

DATI INSUFFICIENTI: 10%  
RISCHIO ELEVATO: 20%  
MEDIO: 35%  
BASSO: 35%

### *5.5.3. Lo Scolo Sacerno*

Lo Scolo Sacerno fa parte del comprensorio delle Acque Basse, ha una lunghezza complessiva di 2621 metri e convoglia le sue acque nel CCAB Bagnetto.

Fig.16: Scolo Sacerno



Il tratto di canale considerato nella presente analisi è mediamente largo 1 metro, a sezione trapezia con profondità massima di 1,4 metri e prosegue rettilineo con due curve ad angolo retto per circa 900 metri. A monte si trova un tratto tombato lungo 2045 metri che raccoglie scarichi di tipo urbano derivanti da attività ed abitazioni circostanti.

Al termine del tratto tombato uno scaricatore di piena convoglia le acque della fognatura mista alla depurazione e le eccedenze al Sacerno. Una seconda immissione si trova a circa 400 metri dall'inizio del tratto a cielo aperto del canale, tra le due curve ad angolo retto. Lo scarico, di modesta entità, convoglia le acque dai campi, e quelle derivanti da un magazzino frutta, compreso tra questo fosso e lo Scolo Sacerno.

Le sponde del canale sono caratterizzate da una pendenza di circa 45 gradi e coperte di erba e arbusti. Da un sopralluogo si è potuto riscontrare un forte presenza di vegetazione in alveo.

A livello di stabilità spondale possiamo definire il bacino agricolo, sebbene i campi circostanti siano tutti a frutteto, pertanto non si tratti di campi frequentemente smossi. Il bacino afferente all'intero scolo è di 287 ettari. Quello afferente al solo ramo in esame di 40 ha.

Non abbiamo dati riguardanti crolli, ma è difficile immaginarne, vista la natura delle sponde, piuttosto basse e protette.

La granulometria dei terreni limitrofi è argillosa, come in tutto il territorio. In fase di prelievo dei campioni dal fondo del canale si è potuto notare come la granulometria fosse più simile alla sabbia; particolare compatibile con il fatto che a monte si trova uno scolmatore di acque di fognatura.



*Fig. 12 Sacerno: uscita dal tratto tombato*

Dovendo caratterizzare gli eventuali accumuli al fondo del canale risulta preponderante il fatto che il Sacerno è inserito in un contesto urbano, sebbene in un territorio rurale. Riceve acque dalla rete fognaria, è prossimo ad un grande magazzino frigorifero per lo stoccaggio della frutta e quindi la natura del territorio drenato è urbana, con attività di tipo artigianale.

Lo Scolo Sacerno ha una immissione laterale e, all'inizio del tratto sotto studio, l'immissione dello scaricatore di piena della rete di drenaggio urbano.

Si riportano i risultati delle elaborazioni:

DATI INSUFFICIENTI: 7%

RISCHIO ELEVATO: 34%

MEDIO: 36%

BASSO: 23%

Nella tabella che segue sono riportati i valori adottati per ciascuna delle cinque prove

	CCAB 1	CCAB 2	CCAB 3	MASCELLARO	SACERNO
Larghezza	Tra 1 e 5 metri	Tra 1 e 5 metri	Tra 1 e 5 metri	Tra 1 e 5 metri	<1
Livello	Tra 50 e 150 cm	< 50 cm	< 50 cm	< 50 cm	< 50 cm
Pendenza alveo	< 0,05 per mille	< 0,05 per mille	< 0,05 per mille	< 0,05 per mille	< 0,05 per mille
Velocità acqua	Tra 20 e 50 cm/s	Tra 20 e 50 cm/s	Tra 20 e 50 cm/s	Tra 20 e 50 cm/s	< 20 cm/s
Conformazione rive	Erbe- arbusti	Rive nude	Erbe- arbusti	Erbe- arbusti	Erbe- arbusti
Estensione fascia vegetazionale riparia	< 5metri	< 5metri	< 5metri	< 5metri	< 5metri
Vegetazione in alveo	Presente	Non presente	Non presente	Non presente	Presente
Presenza singolarità	Paratoia	Curva	No	No	Curva
Tipologia territorio bacino afferente	Agricolo	Agricolo	Agricolo	Agricolo	Urbano
Estensione bacino afferente	> 100 ha	> 100 ha	> 100 ha	> 100 ha	Tra 10 e 100 ha
Granulometria terreni limitrofi	Argilla	Argilla	Argilla	Argilla	
Pendenza rive	30°	60°	30°	30°	45°
Crolli noti ultimi 10 anni	Frequenti				
Dragaggi ultimi 10 anni		Uno	Uno		
Materiale asportato dragaggi precedenti		> 60 cm			
Tipologia territorio drenato	Agricolo	Agricolo	Agricolo	Agricolo	Urbano
Utilizzo del canale	Irriguo	Scolante	Irriguo	Irriguo	Scolante
Attività insistenti sul bacino	Seminative	Seminative	Seminative	Seminative	Artigianali
Portata relativa immissione laterale	Nulla	Minore	nulla	nulla	Confrontabile
Numero immissioni laterali tratto	Nessuna	Maggiore di uno	Nessuna	Nessuna	Una
Presenza depuratore	SI	NO	NO	NO	NO
Tipologia rete a monte depuratore	Mista				
Portata uscente depuratore					
AE trattati	< 10000				
Efficacia depuratore	Eccellente				
Presenza scaricatore	NO	NO	NO	NO	SI
Frequenza scarico scaricatore					Alta
Presenza attività produttive					Tra il 30 e il 60%
Area drenata rete a monte scaricatore					
Rischio presenza sed inq. Immissione	NO IMMISSIONE	DATI INSUFFICIENTI			DATI INSUFFICIENTI

## 5.6. CONCLUSIONI

Nel presente contributo si è costruito un sistema di supporto alle decisioni per individuare una scala di priorità degli interventi in programmazione per lo spurgo e la ricalibratura dei canali di bonifica. Il software sviluppato si basa sulla logica delle reti bayesiane e calcola la probabilità che un certo tratto di canale possa essere soggetto a deposizione del materiale trasportato dalla corrente combinata alla probabilità che tale deposito possa essere contaminato con inquinanti. In particolare l'attenzione è stata posta sul rischio di presenza di inquinanti metallici. Questa versione del software è stata applicata ai casi di studio in esame: il CCAB Bagnetto, lo Scolo Mascellaro e lo Scolo Sacerno. Il software di tipo bayesiano richiede di certo meno dati in ingresso sia rispetto ad altri modelli stocastici, sia rispetto ai complessi e articolati modelli deterministici: in ogni modo anche un sistema come quello sviluppato necessita di una fase di taratura, che porta necessariamente ad una migliore distribuzione dei pesi e delle distribuzioni di probabilità a priori. I casi esaminati hanno dunque il solo scopo di mostrare la procedura di funzionamento e non possono ancora essere considerati frutto di elaborazione di un modello tarato. Nonostante questo il software ha dato risposte discrete, in linea con le conoscenze acquisite sui canali in oggetto. Lo Scolo Sacerno si è confermato come quello con caratteristiche qualitative più critiche, con un indice "medio- alto", mentre il tratto del Mascellaro studiato, appare come quello meno preoccupante. Un discorso a parte deve essere fatto per il CCAB Bagnetto. Viste le dimensioni dell'area in oggetto tale canale è stato diviso, per le nostre elaborazioni, in tre tratti che hanno mostrato comportamenti differenti. L'ultimo tratto è molto simile al Mascellaro, con valori piuttosto buoni e un livello di rischio livellato sul "medio- basso". Il primo e il secondo tratto presentano la stessa probabilità di avere un rischio "medio" ma probabilità opposte sul rischio "elevato" e "basso". In sostanza il primo tratto si configura come "rischio medio- alto" e il secondo come "rischio medio- basso". Il software non è in grado di spiegare i risultati delle analisi sui prelievi di fango relativi al secondo tratto, si tratta di una vera anomalia. I valori fuori limiti del secondo tratto non sono prevedibili, non derivando da nessuna delle combinazioni delle variabili presenti nel modello. Probabilmente il quadro conoscitivo su questo tratto di canale non è completo.

### ***5.7 SVILUPPI FUTURI***

Un ulteriore passo in avanti di questa metodologia prevede:

- aumento delle variabili e degli stati del modello: un maggiore dettaglio permette di distinguere in maniera più netta i diversi casi in esame;
- calibrazione del modello: un modello meglio calibrato porta a previsioni più precise. Occorrono casi reali;
- ampliamento degli obiettivi: in questa versione si è considerato il problema dei metalli nel suo complesso. Sarà possibile distinguere i diversi metalli o raggruppamenti di essi, o puntare l'attenzione su altri inquinanti (carico organico, nutrienti, ecc).



## 6. BIBLIOGRAFIA

- Gazzetta Ufficiale 15/2/97, S.O. N.33, Decreto Legislativo 5/2/97, n.22 Ministero dell'ambiente, DM 25/10/99, n.471 (S.O. N.128/L G.U.15/12/99)
- Consorzio di Bonifica Reno-Palata 1999, "La cassa di espansione del Dosolo", a cura del Comune di Sala Bolognese.
- Quaderno IRSA-CNR, 64, Metodi analitici per i fanghi, Vol.3 Parametri chimico-fisici (1985)
- Gazzetta Ufficiale Comunità Europea, 16/1/2003, 2003/33/CE
- Gazzetta Ufficiale Comunità Europea, 16/7/1999, 99/31/CE
- Gazzetta Ufficiale n. 59 del 12/3/2003, S.O. n. 40, D.Lgs. 13/1/2003, n. 36
- Deliberazione del Consiglio Regionale n. 385 del 21/12/1999, «Legge regionale n.385 del 21/12/1998, art. 9, comma I "Piano regionale di gestione dei, secondo stralcio relativo ai rifiuti speciali anche pericolosi", pubblicato sul Bollettino Ufficiale della Regione Toscana Supplemento Straordinario n.9 del 1/4/2000.
- Ministero dell'Ambiente, DM 25/10/99, n. 471 (S.O. N.128/L G.U. 15/12/99)
- Delibera di Giunta Regionale- N. 2001/1204 - del 27/6/2001 avente per oggetto gli indirizzi e le linee guida per la gestione dei materiali derivanti da operazioni di dragaggio, espurgo e risezionamento dei canali di Bonifica
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n.152 Norme in materia ambientale G.U n° . 88 del 14 Aprile 2006
- Decreto Ministero dell'Ambiente 2 maggio 2006 G.U n. 107 del 10 maggio 2006
- Progetto Nazionale di Monitoraggio Acque Superficiali " *Caratterizzazione dei sedimenti*" IRSA CNR Firenze 26 -27 Aprile 2005
- Sgallari Serena, " *Caratterizzazione dei fanghi di espurgo di un canale di bonifica mediante metodi geostatistici con riferimento alla delibera regionale n 1204 del 17/06/2001*". Tesi di Laurea, Università degli studi di Bologna, A.A. 2002- 2003
- *Caratterizzazione dei sedimenti di canali di bonifica: studi e ricerche*, a cura di Consorzio di Bonifica Bentivoglio Enza, Consorzio di Bonifica Agro Mantovano e Reggiano, Università degli Studi di Trieste, Arpa Reggio Emilia
- *GeNle 2.0 Reference Manual*
- *Piano d'Ambito di prima attivazione Servizio Idrico Integrato, allegati capitolo 4.2, a cura di ATO 5.*
- *Realizzazione dell'impianto idrovoro "Bagnetto 2", progetto preliminare, relazione idrologica. Idraulica, a cura di Consorzio di Bonifica Reno Palata.*
- *Risezionamento dei canali collettori e realizzazione dell'impianto idrovoro "Bagnetto 2" 1° lotto funzionale, relazione idraulica, a cura di Consorzio di Bonifica Reno Palata.*