



ARPAT

Agenzia Regionale
per la protezione
ambientale
della Toscana

Dipartimento
provinciale di Lucca
Servizio locale
della Versilia

QUALITA' BIOLOGICA DELLE ACQUE SUPERFICIALI DELLA VERSILIA

II - Il reticolo idrografico dei fossi di bonifica 1994-1997



ARPAT

Dipartimento Provinciale di Lucca
Servizio Locale della Versilia

Qualità biologica delle acque superficiali della Versilia. II – Il reticolo idrografico dei fossi di bonifica

a cura di
G.N. Baldaccini

hanno collaborato
P. Ercolini e M. Giannecchini

PRESENTAZIONE

Nel vasto e composito panorama delle azioni di tutela ambientale intraprese dall'Agenzia, quelle dirette alla salvaguardia della risorsa idrica assumono un significato strategico di grande rilievo. La risorsa idrica, infatti, rappresenta "la linfa vitale" che consente il dispiegarsi di tutte le attività, antropiche e non, che sono al centro della vita del nostro pianeta.

E, non essendo essa – specialmente nelle zone meridionali dell'Europa, come in altre, – una risorsa infinita ed inesauribile, il suo uso corretto, responsabile e consapevole e, di conseguenza, le azioni che ne garantiscono un elevato livello di protezione rivestono, nei fatti, un'importanza fondamentale. Nell'ambito delle strategie da porre in essere per un uso corretto dell'acqua dovrebbero collocarsi, al primo posto, quelle di protezione e di salvaguardia degli "ecosistemi", dai quali l'acqua viene costantemente rigenerata.

Tra questi, rivestono un ruolo primario i corpi idrici superficiali, sia che appartengano ai reticoli naturali, che a quelli ideati dall'ingegno dell'uomo, per il drenaggio delle aree umide, per scopi irrigui o per altre finalità.

I corsi d'acqua superficiali sono, infatti, solo una delle molteplici forme con cui la risorsa idrica si presenta sul pianeta; essi sono, peraltro, quelli che maggiormente vengono a contatto con il territorio e con le attività ivi svolte dall'uomo, e sono anche quelli che hanno la maggiore capacità di rinnovare la propria qualità, quando si mantengono integre le caratteristiche dell'ecosistema in cui sono inseriti.

La normativa italiana di settore, a tutt'oggi in vigore, tuttavia, non è sufficiente a fornire tutti gli strumenti necessari ed adeguati a conseguire gli obiettivi di salvaguardia degli ecosistemi acquatici. Essa prescrive, infatti, senza distinzione alcuna, il rigido ed uniforme rispetto di limiti tabellari per tutti i reflui idrici, qualunque sia il corpo idrico ricettore, senza conoscerne la capacità autodepurativa, l'ecosistema circostante e, in definitiva, senza tener conto di tutte "le condizioni al contorno".

Tuttavia, anche la normativa italiana, per effetto delle numerose Direttive Comunitarie che, in questi ultimi anni, hanno contribuito sostanzialmente e positivamente ad aumentare la sensibilità degli operatori del settore, sta cambiando e, presto, sarà approvato il nuovo Testo Unico delle Acque, che potrà sostituire le attuali norme con altre sicuramente più appropriate e moderne.

Ciò potrà costituire, come è logico, un incentivo "per tutti gli addetti ai lavori" a proseguire sempre con maggior lena le indagini, gli studi ed le ricerche, con tecniche innovative e moderne, utili a completare la conoscenza del "reale stato di salute degli ambienti acquatici".

Pur restando, quindi, un punto fermo per l'Agenzia gli obblighi istituzionali del controllo degli scarichi idrici, è indispensabile che essa si ponga, nei confronti della risorsa idrica, con un'ottica principalmente rivolta a tutelarne le fonti di rinnovamento, coerentemente con le proposte avanzate a livello comunitario sul tema della protezione e il miglioramento degli ecosistemi acquatici.

Nel presente lavoro è stata effettuata un' analisi complessiva del reticolo di canali che attraversa le terre bonificate della Versilia privilegiando strumenti di conoscenza basati sullo studio delle comunità di macroinvertebrati che vivono stabilmente nei corsi d'acqua, proprio con l'intento di attuare un approccio ecologico al tema.

La metodica, universalmente riconosciuta per la sua affidabilità e utilizzata dalle strutture preposte alla sorveglianza ambientale delle agenzie italiane, ma anche europee, fornisce un prezioso strumento di valutazione utilizzabile anche dai non addetti ai lavori.

L'azione di tutela degli ecosistemi acquatici rientra nelle priorità dell'Agenzia ma anche di tutti gli Enti e le Amministrazioni preposte alla gestione del territorio.

Troppo spesso il livello d'attenzione è destato dalle situazioni d'emergenza, quando sono già in atto gravi effetti ambientali, mentre si tralascia una seria politica di prevenzione.

I risultati di questa indagine vengono resi disponibili attraverso questa pubblicazione soprattutto con lo scopo di fornire uno stimolo per una progettazione comune, nella convinzione che solo con un tenace lavoro collettivo è possibile dare avvio ai processi di recupero e salvaguardia degli ambienti acquatici.

Alessandro Lippi
Direttore generale dell'ARPAT

Indice

Introduzione	pag.	1
Area di studio	pag.	1
Metodi di studio	pag.	2
Diagnosi di qualità delle acque	pag.	4
Bonifica Porta nord e sud	pag.	4
Bonifica Baccatoio	pag.	5
Bonifica di Ponente	pag.	7
Bonifica Massarosa	pag.	10
Bonifica Portovecchio	pag.	11
Bonifica Quiesa	pag.	12
Bonifica Massaciuccoli	pag.	14
Bonifica di Levante	pag.	14
Considerazioni finali	pag.	16
Bibliografia	pag.	19
Appendice 1 Rinaturalizzazione dei fossi	pag.	I
Appendice 2 Le cave del Brentino: ipotesi di recupero	pag.	III
Appendice 3 Impianti di depurazione	pag.	VI
Appendice 4 Elenco delle Unità Sistematiche	pag.	VII
Appendice 5 Carte della qualità biologica	pag.	X

Introduzione

Il reticolo idrografico di un bacino rappresenta il sistema circolatorio drenante nel quale si può leggere lo stato di salute del territorio a cui esso appartiene. In genere salvo le modifiche apportate dall'uomo nel corso dei secoli, un reticolo può essere considerato naturale, in quanto formatosi in seguito all'orogenesi stessa del territorio. Vi sono però reticoli del tutto artificiali che l'uomo ha ideato e realizzato per bonificare le aree umide preesistenti e sostituirle con terreni utilizzabili per i vari usi e prevalentemente per l'agricoltura.

L'azione delle bonifiche, oggi in contrasto con i principi universalmente accettati con cui si rivaluta l'importanza delle zone umide (cfr. Convenzione di RAMSAR, 1973), è sotto gli occhi di tutti anche nel territorio versiliese. La rete di fossi e canali che ne risulta, nonostante presenti evidenti connotazioni di artificialità, è soggetta alla ricolonizzazione da parte delle comunità acquatiche, vegetali ed animali, in un processo tendente alla "rinaturalizzazione" degli ambienti. Ciò avviene tuttavia in costante conflitto tra uomo e natura, a causa dei periodici interventi di manutenzione, oggi concepiti come una semplice azione di ripulitura dell'alveo da ciò che ostruisce il passaggio delle acque, e del fatto che su questi ambienti grava il carico delle fonti di inquinamento diffuse connesse con le numerose attività (agricole, artigianali, industriali e urbane) che si svolgono sul territorio.

La pianura versiliese si è evoluta in questa direzione e la presente indagine ha lo scopo di fornire un quadro complessivo dello stato della qualità biologica delle acque, riferita cioè allo stato di salute della vita acquatica. L'indagine è complementare alle precedenti campagne di monitoraggio, effettuate prevalentemente sui reticoli di acque correnti della Versilia (BALDACCINI e BIANUCCI, 1993), e vuol fornire un contributo per la migliore conoscenza degli ecosistemi umidi del comprensorio.

Area di studio

L'area presa in esame è delimitata a nord dal Fiume Versilia ad ovest dalla duna costiera, a est dai contrafforti collinari delle Alpi Apuane e confina a sud con altre zone bonificate che ricadono sotto il Comune di Vecchiano (PI).

La pianura alluvionale così identificata ha subito nel tempo profondi mutamenti per effetto di una poderosa opera di bonifica meccanica completatasi nei primi decenni del secolo (PEDRESCHI, 1956; MELIS, 1969). Le zone che si sono sottratte all'azione della bonifica mantengono ancora evidenti le peculiarità tipiche delle zone umide palustri

(TOMEI e BARTELLETTI, 1977; BALDACCINI e PAPASOGLI, 1988; TOMEI et al., 1994) che anticamente si estendevano per quasi tutta la fascia costiera (MAZZANTI, 1983).

Il territorio bonificato, attraversato da una fitta rete di canali ad azione drenante, viene costantemente prosciugato con l'ausilio di impianti idrovori. L'acqua pompata dai collettori principali, viene immessa nei canali di "acque alte", che hanno il compito di superare le quote altimetriche della duna costiera e veicolare le acque fino al mare. Laddove non sono presenti le conoidi dei principali corsi d'acqua (Fiume Versilia, Torrente Baccatoio e Fiume di Camaiore a nord, e Fiume Serchio a sud) il piano di campagna, nel corso degli anni, si è assestato su quote sempre più basse rispetto al livello medio marino, per la costante azione della subsidenza (AUTERIO et al., 1978), contrastando l'azione delle bonifiche.

La pianura versiliese oggi è destinata ad usi molteplici, che in molti casi non coincidono più con le finalità che ci si erano preposte con l'attuazione delle opere di bonifica. Ciò ha contribuito a modificare radicalmente l'aspetto paesaggistico, in particolare dove l'agricoltura tradizionale è stata sostituita dal floro-vivaismo, se non da un'urbanizzazione di tipo residenziale e produttivo o dall'attività estrattiva (Vedere Appendice 1). Trasformazioni che tendono a diversificare l'impatto sull'ambiente, con evidenti ricadute sulla qualità dei corpi idrici. La fisiografia di questo territorio sta quindi mutando nel tempo e il paesaggio rurale che caratterizzava tutta l'area, apparterrà sempre più alla storia di questi luoghi.

Metodi di studio

A partire dalla primavera del 1994 sono stati individuati e sottoposti a monitoraggio i principali canali drenanti, quelli di "acque alte" e piccoli corsi d'acqua corrente, che in genere non interagiscono con il sistema idraulico delle bonifiche.

Il reticolo esaminato appartiene alle bonifiche del Porta, del Baccatoio, alla bonifica di Ponente, di Levante, di Massarosa, di Portovecchio, di Quiesa e di Massaciuccoli che si estendono per complessivamente oltre 8000 ettari.

La qualità delle acque è stata valutata con l'Indice Biotico Esteso (I.B.E.) (GHETTI, 1995), metodo basato sullo studio delle comunità di macroinvertebrati, che ha ormai raggiunto nel territorio nazionale una larga diffusione (GHETTI, 1993). Tale metodo è stato ideato principalmente per lo studio delle acque correnti (GHETTI e BONAZZI, 1984), vi sono state tuttavia positive esperienze (GHETTI et al., 1984; PANTALEONI et al., 1988A; 1988B; TURIN et al., 1994; TURIN et al., 1996; MATASSI et al., 1990) che hanno dimostrato la sua validità anche in acque a lento decorso, come i fossi di pianura.

L'indagine sulla qualità biologica delle acque della bonifica, ha richiesto una attenta valutazione dei molteplici fattori che potevano rendere difficoltose sia le fasi di attuazione del lavoro, che quelle di interpretazione dei dati, una volta terminati i campionamenti. Si è quindi dovuto tenere conto del deflusso delle acque che, influenzato dalla posizione delle idrovore rispetto al reticolo drenante, presenta un andamento multidirezionale, diverso da quello tipico dei fiumi. La dislocazione delle stazioni, nel rispetto dei criteri generali dettati dal metodo, ha richiesto una serie di osservazioni e di sopralluoghi per definire quale fosse la dinamica complessiva di tale deflusso (nelle carte, in Appendice 4, la direzione viene indicata con una freccia).

Il metodo di campionamento utilizzato, è stato di volta in volta adattato in relazione alla tipologia dei vari ambienti esaminati. Ad esclusione dei ruscelli collinari, inclusi per integrare il quadro generale, la tipologia prevalente è quella caratterizzata infatti da alvei con morfologia regolare, geometricamente sagomata, sponde ripide e substrato prevalentemente fangoso; la velocità della corrente, in condizioni normali, non raggiunge quasi mai livelli tali da consentire la raccolta degli organismi per deriva.

Il campionamento è stato effettuato utilizzando un retino (maglie di 600 μ), provvisto di prolunga e con il telaio inclinato di 45°, al fine di facilitare la raccolta del materiale da esaminare, che veniva effettuata filtrando l'acqua dal basso verso l'alto. La frazione a granulometria fine del materiale raccolto, costituita da detrito fangoso, veniva sottoposta ad un'ulteriore vagliatura su setaccio con maglie della stessa misura del retino.

Il periodo di indagine, per quanto possibile, si è svolto durante la stagione primaverile, più idonea ai campionamenti (PANTALEONI et al., 1987 b), anche in relazione ai cicli stagionali dei macroinvertebrati. Si sono evitati comunque quei periodi caratterizzati da forti precipitazioni e da conseguenti portate straordinarie. Il regime idrologico può presentare in questi casi una elevata variabilità, per il verificarsi di improvvisi mutamenti della velocità delle acque e delle portate. La turbolenza che ne deriva può pertanto determinare nella comunità condizioni di stress dovute principalmente all'eccessiva presenza di solidi sospesi e ad una forma di drift catastrofico.

Nel valutare il numero minimo di presenze, per la definizione delle Unità Sistematiche accettabili per il calcolo dell'indice, considerato che l'azione del drift si verifica solo in casi eccezionali e che il campionamento non viene effettuato in controcorrente, si sono accettati i valori limite più bassi suggeriti dal metodo.

Si è infine rinviato il campionamento quando si sono riscontrati lavori di manutenzione in atto, quali la ripulitura degli argini, l'escavazione, la ricalibratura dell'alveo e lo sfalcio della vegetazione acquatica.

L'indagine biologica è stata supportata da alcuni rilievi di tipo chimico-fisico (temperatura, pH, conducibilità, cloruri, ecc.) ritenuti indispensabili considerato il contesto in cui si andava ad operare, riportati nelle apposite tabelle.

Diagnosi di qualità delle acque

Per ogni area di bonifica viene fornita una breve introduzione descrittiva, la diagnosi di qualità di ciascuna stazione esaminata e due tabelle riassuntive relative alle condizioni chimico fisiche e ai principali caratteri ambientali. In Appendice 4 le relative carte di qualità.

Legenda delle tabelle: A = acque alte (defluiscono per pendenza) ; B = acque basse (il cui deflusso è garantito dalle idrovore).

Bonifica Porta Nord e Sud

Comprende un'area che si estende per circa 2200 ettari dal fiume Versilia alla via del Tonfano. Rispetto ad altre zone tipicamente umide, si caratterizzava già in passato per essere interessata dal conoide del fiume Versilia che, in tempi ormai storici, ha visto deviare il proprio corso varie volte. Per tale motivo l'area è posta a quote altimetriche sufficientemente alte da favorire il naturale deflusso delle acque ed è attraversata da un numero limitato di canali artificiali, in parte alimentati dalle risorgive presenti nella zona.

L'area è stata sottoposta negli anni ad un'intensa urbanizzazione che ha portato alla modifica del percorso e della fisionomia di molti di questi canali, condizionandone anche la qualità delle acque.

Le stazioni sono state individuate su un tributario del F. Versilia (staz. 1) e sul Fosso Tonfano (Staz. 2 e 3).

Codice Stazione	Data	Bacino recettore	t° acqua	pH	Conducibilità (µS/18°)	Cloruri (mg/l)	O.D. % sat.
1	19.03.1996	F. Versilia	14.6	7.1	771	133.3	64.8
2	16.02.1996	Fo. Fiumetto	13	7.2	725.5	54.27	-
3	15.02.1996	Fo. Fiumetto	12.5	7.3	938.1	97.43	-

Codice Stazione	Deflusso acque	Subst. prev.	Macrofite %	Torbidità	Tot. U.S.	U.S. entrata	I.B.E.	C.Q.
1	A	limo	3	evidente	16	Asellidae	7/6	III
2	A	limo	90	assente	18	Asellidae	6	III
3	A	limo	0	assente	5	Asellidae	3	V

Stazione n. 1 - individuata nell'area del Porta Nord, nel tratto terminale del fosso "Fossetto" che si immette nella foce del F. Versilia, la valutazione è quella di una III^a C.Q.: ambiente inquinato.

Stazione n. 2 - individuata nella bonifica di Porta Sud, dislocata sul fosso delle "Polle" a valle dello svincolo autostradale A12; il corso d'acqua, tributario del Tonfano, presenta acque limpide e ricchezza di vegetazione acquatica, tuttavia la comunità, caratterizzata da

una netta dominanza degli asellidi che segnano anche l'ingresso in tabella, corrisponde ad una III^a C.Q.: ambiente inquinato.

Stazione n. 3 - è anch'essa situata nella bonifica di Porta Sud, sul fosso "Tonfano" nei pressi di via Pisanica. L'ambiente presenta evidenti segni di turbativa rilevabili in una comunità che vede ridotto sia il numero che il grado di diversità degli organismi. La qualità delle acque scende ad una V^a C.Q. corrispondente ad un ambiente ad alto grado di inquinamento.

Bonifica Baccatoio

Interessa un comprensorio delimitato a nord dalla via del Tonfano e a sud dal fiume di Camaiore, e si estende per circa 3300 ha. La rete di canali convoglia le acque a tre idrovore che ricadono nel bacino del torrente "Baccatoio".

L'area è interessata prevalentemente da attività agricole con colture floro-orticole protette, e dalla presenza di quattro impianti di depurazione che servono il comune di Pietrasanta e le frazioni di Lido di Camaiore e Capezzano. L'intrico dei canali della bonifica, che drenano la maggior parte dei reflui delle attività svolte sul territorio, si confonde spesso con quello dei fossi alimentati dai bacini collinari che risentono prevalentemente del carico di origine urbana. La qualità delle acque anche in questa zona non raggiunge mai livelli accettabili neppure nei tratti più a monte, alimentati da acque sorgive.

In questo complesso reticolo si sono identificate dodici stazioni di campionamento (n. 4-16) mentre sono stati tralasciati quei tratti che risultavano più influenzati dalla salinità marina.

Stazione n. 4 - localizzata nei pressi del "ponte del Sale" sul fosso "Quadrellara". Nonostante la presenza degli efemerotteri (*Baëtis*), la comunità si presenta alquanto ridotta mostrando una evidente situazione di stress; il livello corrisponde ad una IV^a C.Q.: ambiente molto inquinato.

Stazione n. 5 - individuata sul fosso degli "Opifici", all'incrocio con il fosso della "Chiusa". Il corso è alimentato da acque sorgive e risente prevalentemente delle attività industriali (lavorazione del marmo) e degli insediamenti urbani localizzati nel tratto iniziale. Si identifica con una V^a C.Q.: ambiente molto inquinato.

Stazione n. 6 - situata sul fosso della "Chiusa" a valle dell'incrocio con il fosso degli "Opifici". Questo corso d'acqua riceve gli scarichi del depuratore di Pietrasanta i cui effetti risultano evidenti già negli indici visuali (torbidità, batteri filamentosi, ecc.). L'indice biotico esteso mette in evidenza una IV^a C.Q., confermando l'inquinamento di tale ambiente.

Stazione n. 7 - situata sul fosso "Dogaia" nei pressi della via dell'Arginvecchio, è influenzata da tutto il reticolo di canali posti nella zona a ovest del comprensorio, dove recapitano gli scarichi di due impianti di depurazione. La comunità è sostenuta solo dai gruppi più resistenti all'inquinamento (chironomidi) che determinano l'ingresso in tabella con una V^a C.Q. ambiente fortemente inquinato.

Stazione n. 8 - situata sul fosso in "destra dell'Arginvecchio" a valle di via Mandriato. Sebbene alimentato da sorgenti collinari, che conferiscono alle acque una certa idrodinamicità e limpidezza, la comunità non appare ben diversificata ed è rappresentata solo da gruppi di scarso valore indicativo. L'ingresso in tabella, determinato dagli asellidi porta ad una IV^a C.Q.. Ambiente molto alterato.

Stazione n. 9 - posta sul Fosso Chiodaia presso il ponte di via del Giardino. Corso d'acqua in parte alimentato da sorgenti pedecollinari, ma evidentemente influenzato dagli scarichi urbani e dai reflui delle attività agricole. L'ingresso in tabella, determinato dagli oligocheti, conduce ad una V^a C.Q..

Stazione n. 10 - situata sul fosso del "Bagno" a monte della via provinciale Sarzanese. La vicinanza alle sorgenti pedecollinari consente di mantenere nel tratto un livello di qualità delle acque più elevato rispetto al resto del reticolo, sebbene non ancora a livelli accettabili III^a C.Q.: ambiente inquinato o comunque alterato.

Stazione n. 11 - situata sul fosso "Arginvecchio" 100 m. a monte con la confluenza con il fosso "Teso". È influenzata dagli effluenti del depuratore di Capezzano Pianore e la comunità, rappresentata prevalentemente da crostacei, individua una qualità delle acque di basso livello, IV^a C.Q.: ambiente molto inquinato.

Stazione n. 12 - situata sul fosso "Paduletto" 150 m. a monte con la confluenza del fosso "Tebbiano". Si tratta di un corso d'acqua di origine collinare la cui eutrofia delle acque riscontrabile nella grande massa di alghe filamentose, denota l'apporto di un notevole carico organico e determina una comunità molto povera corrispondente ad una IV^a C.Q.: ambiente molto alterato.

Stazione n. 13 - situata sul fosso "Tebbiano" 200 m. circa a monte della ferrovia. Tratto ad acque correnti influenzate prevalentemente dalle attività agricole che determinano una IV^a C.Q.: ambiente molto inquinato.

Stazione n. 14 - situata sul fosso "Brando" 200 m. a monte del depuratore. La comunità rappresentata solo dai gruppi più resistenti che evidenziano un elevato grado di inquinamento corrispondente ad una IV^a C.Q.: ambiente molto alterato.

Stazione n. 15 - situata sul fosso "Fillungo" 50 m. a monte dalla A12. In parte alimentato dalle acque del subalveo del fiume di Camaione, il tratto drena una zona prevalentemente agricola e presenta una comunità ridotta che fa rientrare la comunità nei limiti di una IV^a C.Q.: ambiente molto alterato.

Stazione n. 16 - situata sul fosso "Spolpo" 100 m. a monte dell'A12. Presenta la stessa origine del fosso "Fillungo", ma una comunità leggermente più ricca che consente una valutazione della classe di qualità pari una III^a-IV^a C.Q.. Ambiente alterato.

Codice Stazione	Data	Bacino recettore	t° acqua	pH	Conducibilità (µS/18°)	Cloruri (mg/l)	O.D. % sat.
4	26.02.1996	Baccatoio	12.5	7.6	2516.4	1025.6	-
5	15.03.1996	Baccatoio	13	7.9	577	-	-
6	15.03.1996	Baccatoio	15	7.4	1207.8	402.4	-
7	29.02.1996	Baccatoio	10.5	7.3	1925	368	-
8	01.03.1996	Baccatoio	8.5	7.6	1019.2	196	-
9	02.12.1997	Baccatoio	-	-	-	366.6	-
10	15.03.1996	Baccatoio	15.5	7.1	1484.7	411.8	-
11	01.12.1995	Baccatoio	-	7.4	1199	287	-
12	20.10.1995	Baccatoio	15.3	8.5	375.4	-	81.9
13	30.11.1995	Baccatoio	-	7.9	553	38.8	-
14	16.10.1995	Baccatoio	-	6.8	807.4	91.6	-
15	12.10.1995	Baccatoio	-	8.4	4560	-	-
16	12.10.1995	Baccatoio	-	8.1	4465	-	-

Codice Stazione	Deflusso acque	Subst. prev.	Macrofite %	Torbidità	Tot. U.S.	U.S. entrata	I.B.E.	C.Q.
4	B	limo	20	lieve	7	<i>Cloëon</i>	5	IV
5	A	limo	10	lieve	7	Chironomidae	3	V
6	B	limo	3	evidente	6	Asellidae	4	IV
7	B	limo	30	evidente	6	Chironomidae	3	V
8	B	limo	30	lieve	6	Asellidae	4	IV
9	B	limo	10	lieve	5	Oligocheti	2-3	V
10	A	limo	30	assente	13	Gammaridae	6	III
11	A	limo	0	lieve	7	Palemonidae	5	IV
12	A	limo	80	assente	9	Asellidae	4	IV
13	A	ghiaia	0	assente	10	Asellidae	4-5	IV
14	B	limo	50-80	lieve	6	Asellidae	3	IV
15	B	limo	80	assente	11	Asellidae	5	IV
16	B	limo	80	assente	16	Asellidae	6-5	III-IV

Bonifica di Ponente

Si estende dal fiume di Camaiole alla via di Montramito per 1400 ha e il suo reticolo di canali porta acqua a tre impianti idrovori, due dei quali sono situati in riva sinistra e destra del Fosso "Farabola", il terzo è situato sul fosso "Legname" e pompa acqua a valle dei primi due, sempre nel fosso "Farabola". L'area è prevalentemente interessata da colture estensive e da floro-vivaismo. Sono presenti anche due impianti di depurazione per trattamento dei liquami, uno dei quali non era ancora funzionante al momento dell'indagine. Nella zona a nord è da segnalare l'insediamento produttivo delle "Bocchette". La zona, inoltre, risente delle due aree urbanizzate che la delimitano a est e ad ovest.

Le acque che scorrono in quest'area provengono in parte direttamente dal drenaggio dei terreni bonificati e in parte da sorgenti pedecollinari e dall'alveo del fiume di Camaiole. La differenza nella concentrazione degli ioni cloruro (Cl^-) ci fornisce indicazioni sull'origine di queste acque (vedi tabella). I cloruri infatti risultano molto bassi nelle acque di risorgiva o comunque provenienti dal versante pedemontano, mentre raggiungono livelli sensibilmente più elevati, in quelle provenienti dal drenaggio a valle o nei pressi delle zone umide palustri.

Su questo sottobacino sono state individuate undici stazioni di campionamento (n. 17-27).

La qualità delle acque non raggiunge in alcuna delle stazioni esaminate livelli accettabili, restando sempre al di sotto della III^a C.Q. (ambiente inquinato). Lo scadere della qualità si evidenzia man mano che si procede verso le stazioni di pompaggio e a valle di queste, dove evidentemente si ha un accumulo degli inquinanti o comunque delle sostanze che alterano la composizione della comunità macrobentonica e dove i livelli di qualità raggiungono i valori minimi consentiti dal metodo (corrispondenti ad una V^a C.Q.).

Stazione n. 17 - situata sul fosso "Brentino" ha origine collinare e attraversa un'area adibita a floricoltura. La qualità delle acque risulta alquanto scadente rientrando in una IV^a C.Q.: ambiente molto alterato.

Stazione n. 18 - situata sul fosso "Brentino" a valle della precedente stazione dove si evidenzia un peggioramento della qualità delle acque avvicinandosi dei valori ad una V^a C.Q.: ambiente eccezionalmente inquinato.

Stazione n. 19 - situata sul fosso "Bicocco" presso il ponte di via del Brentino, presenta acque caratterizzate da una ricca vegetazione acquatica, ma rappresentata da una comunità macrobentonica scarsamente rappresentata. IV^a C.Q.: ambiente molto alterato.

Stazione n. 20 - situata sul fosso "Bresciani" presso il ponte di via Bicocco questa stazione si distingue leggermente dalle altre presentando un miglioramento nel valore I.B.E. che la fa comunque inserire in una III^a C.Q.: ambiente inquinato.

Stazione n. 21 - situata sul fosso "Brentino" 200 m. a monte delle idrovore. Il leggero aumento di salinità (circa 1‰), non giustifica comunque il drastico impoverimento della comunità imputabile più verosimilmente ai carichi diffusi nell'area. L'indice biotico evidenzia una V^a C.Q.: ambiente eccezionalmente alterato.

Stazione n. 22 - situata sul fosso "Collettore idrovora destra della Farabola", il tratto presenta una comunità molto povera anche numericamente corrispondente ad una V^a C.Q.: ambiente eccezionalmente inquinato.

Stazione n. 23 - situata sul fosso "Rio Ritomboli" 100 m. a monte della Sassaia. Il tratto ha perso la tipologia propria del ruscello da cui riceve le acque. La comunità povera

nel numero e nella diversità determina un valore intermedio tra una III^a ed una IV^a C.Q.: ambiente inquinato.

Stazione n. 24 - situata sul fosso "Fosso Traversa" presso il ponte di via di Boccella. La qualità delle acque rimane a livelli scadenti. IV^a C.Q.: ambiente inquinato.

Stazione n. 25 - situata sul fosso "Ciuffi-Massoni" presso il ponte di via Boccella. La comunità molto povera, contrasta con la ricchezza di vegetazione e la limpidezza delle acque evidenziando un alto livello di inquinamento corrispondente ad una V^a C.Q.: ambiente eccezionalmente inquinato.

Stazione n. 26 - situata sul fosso "Poggio alle Viti" presso la via di Boccella. Comunità abbastanza numerosa ma non rappresentata da unità sistematiche di buon valore indicativo, corrispondenti a una III^a C.Q.: ambiente inquinato.

Stazione n. 27 - situata sul fosso "Farabola" a circa 1 Km. dalla foce. Si tratta del collettore principale di tutto il sotto bacino sul quale gravitano anche gli scarichi del depuratore di Viareggio. La comunità molto ridotta è rappresentata dai chironomidi che determinano l'ingresso in tabella di una V^a C.Q.: ambiente eccezionalmente inquinato.

Codice Stazione	Data	Bacino recettore	t° acqua	pH	Conducibilità (µS/18°)	Cloruri (mg/l)	O.D. % sat.
17	23.03.1994	Burlamacca	12.5	7.74	696	30	39.1
18	16.03.1994	Burlamacca	13.6	7.6	785.5	30	53.9
19	23.03.1994	Burlamacca	14.2	7.57	1249.7	50	71.1
20	30.03.1994	Burlamacca	13.3	7.67	1454	270	48.3
21	30.03.1994	Burlamacca	13.6	7.63	2214	560	43.5
22	07.04.1994	Burlamacca	11.5	7.62	1120	140	22.4
23	07.04.1994	Burlamacca	12.1	7.70	533.4	30	37.1
24	14.04.1994	Burlamacca	13.4	7.66	801.5	60	3.5
25	14.04.1994	Burlamacca	14.4	7.45	2158.9	500	59.2
26	28.04.1994	Burlamacca	15.9	7.91	1016	160	10.4
27	28.04.1994	Burlamacca	18.7	7.61	1551.3	260	41.8

Codice Stazione	Deflusso acque	Subst. prev.	Macrofite %	Torbidità	Tot. U.S.	U.S. entrata	I.B.E.	C.Q.
17	B	sabbia	80	assente	16	Chironomidae	5-4	IV
18	B	limo	60	evidente	11	Chironomidae	4-3	IV-V
19	B	limo	80	evidente	8	<i>Caenis</i>	5	IV
20	B	sabbia	20	evidente	14	<i>Baëtis e Caenis</i>	7	III
21	B	limo	5	evidente	3	Chironomidae	2	V
22	B	limo	0	evidente	6	Chironomidae	2-3	V
23	A	limo	5	evidente	11	Chironomidae	4-3	IV-V
24	B	limo	0	lieve	13	Asellidae	5	IV
25	B	limo	80	assente	11	Asellidae	5-4	IV
26	B	limo	100	assente	19	Asellidae	6	III
27	A	limo	0	evidente	5	Asellidae	2	V

Bonifica di Massarosa

Il sottobacino di Massarosa si estende per 490 ha ed è delimitato a nord dalla Via di Montramito e a sud dalla linea ferroviaria Viareggio-Lucca. Da esso le acque afferiscono a due stazioni di pompaggio, una dislocata a ovest dell'area, al confine con il canale Burlamacca dove immette le acque drenate, l'altra a est e adduce acque al canale circondariale di acque alte, che sfocia nel padule del Pantaneto.

In questo sottobacino sono state individuate sette stazioni di campionamento (n. 28-34) nelle quali è stata effettuata una campagna di prelievi nel maggio del 1994. L'analisi biologica rileva, rispetto ai precedenti sottobacini, un'ulteriore diminuzione della qualità complessiva delle acque, che trova riscontro in una comunità estremamente povera e in alcuni casi del tutto assente o rappresentata da organismi molto resistenti come il Crostaceo Decapode *Procambarus clarkii* segnalato recentemente nelle acque del comprensorio lacuo-palustre [BALDACCINI, 1994; ERCOLINI et al., 1996].

Una delle principali cause del degrado delle acque di questo comprensorio è da ricercarsi nella elevata presenza di cloruri e nello stato di anossia riscontrati. È infatti possibile evidenziare un gradiente salino caratterizzato da valori di Cl^- che variano dai 3900 ppm in vicinanza dell'area palustre ai 400 ppm nel reticolo di fossi più influenzati dall'apporto di acque provenienti dalla sorgente di Montramito.

A questo si sovrappone un gradiente in diminuzione del contenuto di ossigeno disciolto (O.D.) procedendo dall'area pedecollinare alle stazioni in prossimità dell'area palustre.

L'elevato contenuto di ioni Cl^- e la quasi totale assenza di O.D. impediscono la colonizzazione a qualsiasi forma macrobentonica. Le origini del fenomeno vanno probabilmente individuate nel drenaggio di acqua dagli strati più profondi dell'area palustre, dove avvengono intensi processi anaerobiotici, che producono idrogeno solforato, e dove è presente una elevata salinità, come già ampiamente evidenziato in precedenti studi (BALDACCINI e BIANUCCI, 1986). E' quindi ipotizzabile che la risalita di acque salmastre dagli strati profondi possa aver contribuito nel tempo a far aumentare la salinità del bacino del Massaciuccoli, come evidenziato da BALDACCINI et al. (1996) (vedere anche appendice 2).

Stazione n. 28 - situata sul fosso delle "Magone" presso il ponte della via del Pioppogatto. Una comunità ridotta rappresentata da gammaridi conduce ad una IV^a C.Q.: ambiente inquinato.

Stazione n. 29 - situata sul fosso del "Ponte" presso il ponte di legno, costituisce il collettore principale che giunge alle idrovore di Massarosa. Il tratto raccoglie tutto il deflusso della parte orientale di questa bonifica collocandosi in una IV^a C.Q.: ambiente inquinato.

Stazione n. 30 - situata sul fosso "Fondazzi" alla confluenza con il fosso "Pioppogatto". L'elevato tenore di cloruri determina totale assenza di comunità portando ad una V^a C.Q.: ambiente eccezionalmente inquinato.

Stazione n. 31 - situata sul fosso della "Ferrovia" alla confluenza con il fosso "Pioppogatto". L'elevato tenore di cloruri determina totale assenza di comunità portando ad una V^a C.Q.: ambiente eccezionalmente inquinato.

Stazione n. 32 - situata sul fosso "Pioppogatto" nei pressi del fosso "Mediano". La stazione rappresenta uno dei collettori principali, con una comunità alquanto impoverita che la fa collocare in una IV^a C.Q.: ambiente inquinato.

Stazione n. 33 - situata sul fosso della "Pieve" alla confluenza con il fosso del "Ponte". Molto povera anche nelle abbondanze, la comunità fa collocare la stazione in una V^a C.Q.: ambiente eccezionalmente inquinato.

Stazione n. 34 - situata sul fosso "Mediano" nei pressi della via della Pieve. La comunità risente evidentemente del livello di salinità anche in questo tratto, in cui sembrano sopravvivere solo *Procambarus clarkii*. L'indice biotico segna un valore uguale a 2 pari ad una V^a C.Q.: ambiente eccezionalmente inquinato.

Codice Stazione	Data	Bacino recettore	t° acqua	pH	Conducibilità (µS/18°)	Cloruri (mg/l)	O.D. % sat.
28	02.05.1994	Massaciuccoli	16.8	7.57	1118	400	66.4
29	02.05.1994	Massaciuccoli	16.7	7.64	3662.8	1000	40.9
30	05.05.1994	Massaciuccoli	15.3	7.5	10097.3	3700	3.7
31	05.05.1994	Massaciuccoli	14.8	7.43	10658.1	3900	5.9
32	09.05.1994	Massaciuccoli	15.9	7.69	1530.2	1300	50.4
33	09.05.1994	Massaciuccoli	19	7.61	8137.7	1600	18.4
34	14.05.1994	Massaciuccoli	17.3	7.74	9215.1	3200	1.6

Codice Stazione	Deflusso acque	Subst. prev.	Macrofit e %	Torbidità	Tot. U.S.	U.S. entrata	I.B.E.	C.Q.
28	B	limo	10	lieve	7	Gammaridae	5	IV
29	B	limo	0	evidente	7	Gammaridae	5	IV
30	B	limo	0	evidente	0	-	0-1	V
31	B	limo	0	evidente	1	-	0-1	V
32	B	limo	20	lieve	8	Gammaridae	5	IV
33	B	limo	0	lieve	3	Chironomidae	2	V
34	B	limo	0	evidente	3	Chironomidae	2	V

Bonifica di Portovecchio

Si estende per 165 ha ed è compresa tra la linea delle FF.SS. e il padule del Pantaneto. La rete di canali convoglia le acque a una sola idrovora, localizzata sul tratto palustre del

canale Burlamacca. Nell'area sono state individuate due stazioni di campionamento (n. 35-36), su canali drenanti esclusivamente acque freatiche dai terreni bonificati. Una terza stazione (n.43) interessa un piccolo corso d'acqua corrente, alimentato da sorgenti collinari.

Anche su questo reticolo si riscontra una elevata concentrazione di ioni Cl^- avente probabilmente una origine analoga quella ipotizzata per il sottobacino di Massarosa. La qualità risente anche dell'apporto di acque dai terreni ricchi di torba, dove l'azione unificante è in grado di alterarne notevolmente la composizione chimica. La continua decomposizione in atto negli strati ricchi di torba, porta ad un costante abbassamento del tenore di O.D., fino alla inversione del potenziale ossidoriduttivo. La qualità si assesta sui livelli più bassi previsti dal metodo (V^a C. Q.).

Stazione n. 35 - situata sul fosso "Fusciano" presso il ponte per la via di Portovecchio. Ambiente alterato con evidenti indici anaerobiotici, comunità con organismi a respirazione aerea o di scarso valore per l'indice biotico: V^a C.Q.: ambiente eccezionalmente inquinato.

Stazione n. 36 - situata sul fosso "Portovecchio" a monte con la confluenza con il fosso "Fusciano". Comunità molto povera da cui risulta un I.B.E. = 2, corrispondente ad una V^a C.Q.: ambiente eccezionalmente inquinato.

Stazione n. 43 - situata sul rio "Polla del Morto" all'altezza del guado. Si tratta di un ruscello di origine collinare dove gli effetti degli scarichi urbani sono evidenziati da una comunità molto ridotta e corrispondente ad una V^a C.Q.: ambiente eccezionalmente inquinato.

Codice Stazione	Data	Bacino recettore	t° acqua	pH	Conducibilità ($\mu S/18^\circ$)	Cloruri (mg/l)	O.D. % sat.
35	24.05.1996	Massaciuccoli	17.7	7.52	5161.2	1600	4
36	24.05.1994	Massaciuccoli	-	7.26	3552	1100	4
43	29.03.1996	Massaciuccoli	10.5	8.9	432	55	-

Codice Stazione	Deflusso acque	Subst. prev.	Macrofite %	Torbidità	Tot. U.S.	U.S. entrata	I.B.E.	C.Q.
35	B	limo	0	evidente	3	Chironomidae	2	V
36	B	limo	10	lieve	5	Chironomidae	2-3	V
43	A	ciottoli	0	-	4	Chironomidae	2	V

Bonifica di Quiesa

L'area ha una estensione di 165 ha ed è compresa tra il padule del Pantaneto, la linea FF.SS. e il Canale Burlamacca. Le due stazioni individuate all'interno del sottobacino

sono rappresentative di tipologie ambientali completamente diverse tra loro: una (staz. 37) individua un piccolo canale che afferisce agli impianti idrovori acqua proveniente dalle sorgenti di Quiesa, dopo aver drenato l'abitato della frazione e la campagna bonificata; l'altra (staz. 38) è localizzata su un tipico fosso di bonifica assimilabile agli altri rilevati nei precedenti sottobacini.

Altre due stazioni (n. 39 e n. 42) si riferiscono a corsi d'acqua corrente, che non sono influenzati dalla bonifica. Le differenze riscontrate nelle caratteristiche chimico-fisiche delle acque, hanno ripercussioni anche sulla qualità biologica. Sebbene infatti non si raggiungano buoni livelli di qualità in nessuna delle tre stazioni, è evidente la maggior ricchezza di taxa rilevata in quelle che veicolano le acque limpide delle sorgenti (III^a C.Q.), in cui tuttavia non sono presenti le componenti più sensibili della comunità, rispetto alla banalità dei taxa rilevati nel collettore di bonifica (V^a C.Q.).

Stazione n. 37 - situata sul fosso "Andreazzi" alla confluenza con il bacino di pompaggio. Il fosso è alimentato dalle acque del rio di Quiesa, fatto che trova riscontro in una comunità che si diversifica rispetto a quelle normalmente rinvenute nel resto della bonifica, non andando oltre, comunque, ad una III^a C.Q.: ambiente inquinato.

Stazione n. 38 - situata sul fosso "Canale Principale" alla confluenza con il bacino di pompaggio. L'elevato tenore dei cloruri e la particolare conformazione del suolo, danno origine ad una comunità molto povera pari a una V^a C.Q.: ambiente eccezionalmente inquinato.

Stazione n. 39 - situata sul rio di "Quiesa", presso la villa Ginori. Una ricca vegetazione acquatica caratterizza l'intero tratto, tuttavia le acque risentono di evidenti segni di inquinamento che riducono il numero delle U.S. originando una III^a C.Q.: ambiente inquinato.

Stazione n. 42 - situata sul rio "Bozzano" a valle della linea FF.SS.; si riferisce al tratto terminale di un ruscello collinare che drena il centro abitato di Bozzano. La comunità evidenzia segni di turbativa con un valore di I.B.E = 6/7, III^a C.Q.: ambiente inquinato.

Codice Stazione	Data	Bacino recettore	t° acqua	pH	Conducibilità (µS/18°)	Cloruri (mg/l)	O.D. % sat.
37	22.06.1994	Massaciuccoli	17.5	7.79	675.3	-	78.3
38	23.06.1994	Massaciuccoli	22.7	7.35	4012.8	-	5.1
39	27.03.1996	Massaciuccoli	13.8	8.1	836.6	62.5	-
42	27.03.1996	Massaciuccoli	15.5	8.8	464.4	49.5	113.8

Codice Stazione	Deflusso acque	Subst. prev.	Macrofit e %	Torbidità	Tot. U.S.	U.S. entrata	I.B.E.	C.Q.
37	B	limo	90	assente	18	<i>Baëtis</i>	7	III
38	B	limo	10	evidente	6	Chironomidae	3	V
39	A	sabbia	50	-	17	Gammaridae	7	III
42	A	ghiaia	0	lieve	10	<i>Baëtis e Caenis</i>	6/7	III

Bonifica di Massaciuccoli

Questo sottobacino si estende per 500 ha ed è compreso tra le colline d'oltre Serchio e il canale Barra, sulla cui sponda destra è collocata l'idrovora che solleva le acque del reticolo drenante. Insieme alla Bonifica di Vecchiano, che ha una estensione di oltre duemila ettari, assume notevole importanza per lo stato trofico delle acque del Lago di Massaciuccoli, sulle quali esercita un evidente impatto, specie nei periodi di maggior piovosità (CENNI, 1992). Le attività prevalenti nell'area sono caratterizzate da colture estensive. Sono state prese in considerazione due stazioni, una sulla Fossa Nuova, che fornisce acque di irrigazione per la Bonifica, l'altra su uno dei principali collettori dell'area.

Stazione n. 40 - situata sulla "Fossa Nuova", sulla linea di confine interprovinciale. Il corpo idrico presenta una tipologia simile a quella degli ambienti di bonifica e la comunità rilevata consente di inserire il tratto in una II^a C.Q., risultando la migliore stazione di tutto il comprensorio: ambiente moderatamente inquinato.

Stazione n. 41 - situata sul fosso "Interpodere della Fossa Nuova" nei pressi dell'idrovora di Massaciuccoli. Le acque risentono degli effetti dell'area drenata sottoposta a colture estensive. La comunità individua una situazione intermedia tra IV^a/III^a C.Q.: ambiente inquinato.

Codice Stazione	Data	Bacino recettore	t° acqua	pH	Conducibilità (µS/18°)	Cloruri (mg/l)	O.D. % sat.
40	15.09.1995	Massaciuccoli	22	7.33	805	210.15	-
41	19.03.1996	Massaciuccoli	16	7.3	2640.4	514.3	59.4

Codice Stazione	Deflusso acque	Subst. prev.	Macrofit e %	Torbidità	Tot. U.S.	U.S. entrata	I.B.E.	C.Q.
40	A	limo	20	evidente	19	Gammaridae	8	II
41	A	limo	0	elevata	10	Gammaridae	5/6	IV-III

Bonifica di Levante

Comprende un'area di circa 1340 ha che si estende dal canale Burlamacca e fosso Bufalina. L'acqua scola naturalmente verso questi due fossi attraverso una serie di canali drenanti con andamento parallelo al mare.

La zona è di interesse ambientale per essere ai margini della Macchia Lucchese e per l'inarrestabile urbanizzazione che ne sta trasformando gli aspetti paesaggistici originari.

L'inquinamento è dovuto in parte agli scarichi diffusi legati alle attività ortoflorovivaistiche, in parte a quelli di origine urbana. Nella rete di canali drenanti sono state scelte due stazioni ritenute rappresentative per l'intera area.

Stazione n. 44 - situata sul fosso Fontanella, presso la via della Guidicciona. Ambiente con comunità molto ridotta, riferibile ad una IV C.Q.: ambiente molto inquinato.

Stazione n. 45 - situata sul fosso Guidario, a valle della Via dei Comparini. Le acque subiscono una ulteriore abbassamento della qualità presentando una comunità molto ridotta. V C.Q.: ambiente fortemente inquinato.

Codice Stazione	Data	Bacino recettore	t° acqua	pH	Conducibilità (µS/18°)	Cloruri (mg/l)	O.D. % sat.
44	10.04.1996	Burlamacca	14	9.91	692.8	66.4	25.4
45	03.02.1997	Burlamacca	12	6.9	750.2	-	-

Codice Stazione	Deflusso acque	Subst. prev.	Macrofite %	Torbidità	Tot. U.S.	U.S. entrata	I.B.E	C.Q.
44	A	limo	90	lieve	10	Asellidae	4/5	IV
45	A	limo	10	assente	6	Chironomidae	3	V

Considerazioni finali e conclusioni

I risultati della campagna di studio sul reticolo dei fossi di bonifica della Versilia, forniscono un quadro complessivo sullo stato della qualità biologica delle acque, desumibile dalle carte allegate in Appendice 5. Data la particolare situazione in cui si andava a operare, si è posto il problema relativo alla necessità di individuare una comunità di riferimento che determinasse il valore dell'Indice Biotico Esteso uguale o superiore a 10. Nel caso specifico, si sono riscontrate molte difficoltà nel reperire un ambiente di riferimento con tipologia confrontabile a quella che comunemente caratterizza i fossi di bonifica e che non fosse perciò sottoposto a turbative tali da alterare la comunità "naturale". Era quindi presumibile che il valore di indice atteso non avrebbe raggiunto, anche nel migliore dei casi, un valore di IBE=10, e quindi la corrispondente classe di I^a qualità.

Il livello di degrado rilevato è attribuibile alle fonti di inquinamento diffuse identificabili con le attività svolte sul territorio, prevalentemente destinato ad usi agricoli, ma in parte anche densamente urbanizzato con insediamenti residenziali e produttivi. Oltre a queste si possono anche individuare fonti ben localizzate, come gli impianti di depurazione (vedere appendice 3) o gli scarichi di alcuni insediamenti produttivi.

Una delle forme di inquinamento più evidenti sul territorio è senz'altro quella di origine urbana, il cui effetto sulle acque si traduce in alterazioni di tipo batteriologico, imputabili ai reflui non completamente depurati, e chimico, per l'apporto di nutrienti derivati dalla degradazione della sostanza organica. Mentre le prime possono avere importanza per gli aspetti igienico-sanitari dei corpi idrici recettori e in ultima analisi del mare e dei relativi aspetti legati alla balneazione, le seconde provocano alterazioni nell'ecosistema acquatico, modificando la struttura della comunità acquatica e provocando infine aumento della eutrofizzazione delle acque.

Da non sottovalutare l'effetto dei residui di principi attivi non biodegradabili e bioaccumulabili, derivanti dai trattamenti fitosanitari utilizzati in agricoltura. Sebbene non siano disponibili dati relativi alla loro presenza negli ambienti acquatici del territorio versiliese, la loro dispersione nell'area delle bonifiche è verosimilmente prevedibile. Le fonti di contaminazione possono essere di diversa natura: dalla ricaduta di sostanze disperse in aerosol, al dilavamento e al drenaggio dei terreni trattati, agli scarichi accidentali, ai residui dei contenitori, ecc.

Gli effetti tossici esercitati sulla comunità acquatica sono documentati da una vasta letteratura (HART et al., 1978; MUIRHEAD-THOMSON, 1987), e in ambienti di tipo lentico, come quelli dei fossi di bonifica, possono venire amplificati da tempi di ricambio molto lunghi che favoriscono una maggiore persistenza dei principi attivi ed un aumento degli effetti sinergici.

È evidente che una proficua azione di controllo su questo tipo di inquinanti deve essere esercitata alla fonte, mettendo in atto politiche che tendano a favorire un uso sempre più ridotto di principi ad alta tossicità e la diffusione di pratiche alternative come la lotta integrata, biologica, ecc..

Altri fattori in grado di alterare la struttura della comunità acquatica e quindi la qualità complessiva delle acque sono da ricercare nelle caratteristiche di artificializzazione a cui è stata sottoposta tutta l'area, proprio a seguito degli interventi di bonifica. I fossi di drenaggio sono costantemente sottoposti a una drastica manutenzione che prevede interventi basati sulla totale asportazione della vegetazione acquatica e di ripa, oltre alla periodica risagomatura dell'alveo e al dragaggio del fondo, cancellando ogni tentativo di autoregolazione verso situazioni più "naturali" e causando una forte turbativa sull'ecosistema acquatico.

In contrapposizione a questo tipo di gestione, che scaturisce da una definizione puramente idraulica dei corsi d'acqua, è proponibile l'applicazione di metodi di manutenzione più "morbidi", concepiti nel rispetto degli ecosistemi acquatici che prevedano, inoltre, il recupero degli ambienti a questi limitrofi (NEWBOLD et al., 1989; PETERSEN, 1991). E' quindi necessario investire nuove energie orientate a indurre mutamenti nella cultura che fino ad oggi ha caratterizzato la gestione dell'ambiente, e nuove risorse per il recupero delle aree da sottoporre a rinaturalizzazione. Sarà in tal modo possibile la ricostituzione di ecotoni ripari e zone filtro, in grado di esercitare una importante azione depurante sulle acque di drenaggio, di fornire supporto ai cicli biologici di molti organismi acquatici e di vivificare l'ambiente nel suo complesso (vedere appendice I).

L'applicazione di tali tecniche dovrebbe, ove possibile, essere indirizzata anche alla soluzione di problemi legati agli effluenti degli impianti di depurazione, che potrebbero in tal modo essere affinati e ulteriormente depurati dalle sostanze non trattate dall'impianto.

Il fenomeno della salinità delle acque, che in alcune zone poteva apparentemente costituire un limite alla applicazione del metodo, può in effetti essere considerato come un elemento di turbativa, in grado di alterare, alla stregua di un agente inquinante, la comunità acquatica, costituita da forme prettamente dulcicole. Letta poi nel contesto della destinazione d'uso delle acque, la presenza di cloruri costituisce un problema di ordine pratico in relazione alle vocazioni agricole del territorio e quindi per l'irrigazione.

In un contesto ancora più ampio si può assegnare al fenomeno un certo ruolo nei processi che hanno contribuito nel tempo ad aumentare la salinità delle acque superficiali di tutto il bacino del Massaciuccoli, per i quali occorre effettuare attente valutazioni.

Il lavoro fornisce un quadro complessivo della qualità delle acque su cui impostare indagini più minuziose rivolte ad una maggior conoscenza delle cause che provocano lo

stato di alterazione degli ambienti esaminati e su cui basare eventuali piani di risanamento.

Ringraziamenti

Si ringrazia il Presidente e il personale tecnico del Consorzio di Bonifica della Versilia, per la gentile collaborazione fornita durante lo svolgimento delle indagini.

Un ringraziamento particolare va anche al Sig. L. Bertagni, dell'Azienda USL 12 di Viareggio, per la preziosa collaborazione prestata durante l'inizio della campagna di indagini.

Bibliografia

- AUTERIO M., MILANO V., SASSUOLI F e VITI C., 1978 - Fenomeni di subsidenza nel comprensorio del Consorzio di Bonifica della Versilia.
- BALDACCINI G.N., 1993 - Il progetto "Pond Action". *Biologia Ambientale*, 3 - 4.
- BALDACCINI G.N., 1994 - Considerazioni su alcuni macroinvertebrati dell'area umida del Massaciuccoli (Toscana). Cons. Idraul. II Cat. Can. Nav. Burlamacca, Malfante, Venti e Quindici. Il Bacino del Massaciuccoli. IV. Pisa.
- BALDACCINI G.N., 1996 - La bonifica del fiume Versilia. Il mappaggio biologico di qualità come strumento di valutazione dell'efficacia degli interventi. In Azzoni R., De Marco N., Sansoni G. (Ed.). 1996 - Atti seminari di studi: "Dalla tossicologia alla ecotossicologia". Pordenone, 16-17 settembre 1994.
- BALDACCINI G.N., BIANUCCI P., 1986 - Indagine idrobiologica sul padule del lago di Massaciuccoli. Fase supplementare. Rapporto finale. Consorzio Parco Naturale Migliarino- S. Rossore-Massaciuccoli.
- BALDACCINI G.N., BIANUCCI P., 1986 - Il padule del lago di Massaciuccoli: indagine idrobiologica in relazione alla attività di escavazione. *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat.*, s. B, XCIII.
- BALDACCINI G.N., PAPASOGLI G. L., 1988 . La zona Umida del Giardo: contributo naturalistico. *Boll. Mus. St. Nat. Lunigiana*, 6-7.
- BALDACCINI G.N., ERCOLINI P., MATTIOLI M., 1997 - Eutrofizzazione del Lago di Massaciuccoli. Composizione ed evoluzione temporale delle comunità zooplanctonica e macrobentonica. In Cenni M. (Ed.) - Lago di Massaciuccoli 13 Ricerche finalizzate al risanamento 2° Contributo. Ente Parco Regionale Migliarino-San-Rossore *Documenti Tecnici*, 13.
- CENNI M., 1992 - Linee guida per la formazione dei progetti di risanamento del Lago di Massaciuccoli. Parco Naturale Migliarino San Rossore Massaciuccoli, documenti tecnici n. 5.
- ERCOLINI P., BALDACCINI G.N., MATTIOLI M., 1996 - *Procambarus clarkii* nel Lago di Massaciuccoli: una specie esotica infestante o una risorsa da sfruttare? Atti del Convegno "I Biologi e l'ambiente oltre il duemila" Venezia, Dip. Scienze Ambientali, 22-23 nov. 1996. In stampa.
- EISELTOVÁ M. AND BIGGS J. (Eds.), 1995 - Restoration off stream ecosystems. An integrated catchment approach. *International water flows and Wetlands Research Bureau*, 37.
- FERRARI R., DUCHI G., MUNETTI R., LOJACONO F., 1986 - Studio idrogeologico della piana versiliese. Ass. Intercomunale Versilia.
- GHETTI P. F., 1993 - Manuale per la difesa dei fiumi. Ed. Fondazione Agnelli.
- GHETTI P. F., 1995 - Indice Biotico Esteso (I.B.E.) Metodi di analisi per ambienti di acque correnti IRSA, CNR, Notiziario dei metodi analitici.
- GHETTI P.F. e BONAZZI G., 1981 - I macroinvertebrati nella sorveglianza ecologica dei corsi d'acqua. CNR - AQ/1/127
- GHETTI P. F., MANZINI P., SPAGGIARI R., 1984 - Mappaggio biologico di qualità dei corsi d'acqua della provincia di Reggio Emilia. Amm. Prov. Reggio Emilia - CNR Progetto Finalizzato "Promozione Qualità dell'Ambiente".
- HART C.W. JR., FULLER S.L.H., (Ed.s) 1974 - Pollution Ecology of Freshwater Invertebrates. Academic Press, Inc., N.Y..

- MATASSI G., FRANCHI M., CACCIN P., 1990 - La qualità delle acque superficiali della Bassa Friulana. USL 8, Bassa Friulana.
- MAZZANTI R., 1983 - Il punto sul quaternario della fascia costiera e dell'arcipelago di Toscana. Boll. Soc. Geol. It., 102.
- MELIS F., 1969 - La bonifica della Versilia del 1559. Acc. Dei Georgofili, XV, vol. 144, Firenze.
- MUIRHEAD-THOMSON R.C., 1987 - Pesticide impact on stream fauna with special reference to macroinvertebrates. Cambridge Universtiy Press.
- NEWBOLD C., HONNOR J., BUKLEY K., 1989 - Nature conservation and management of drainage channel. Nat. Cons. Council, Ass. of Drainage Auth.. In Notiz. CISBA 1993.
- PANTALEONI R. A., BONALBERTI L., CURTO M.G., TREVISANI F., 1987a - Esperienze di applicazione dell'E.B.I. in corpi idrici di bassa pianura: Bacino idrografico Burana-Volano (Ferrara, Emilia-Romagna). Quad. Staz. Ecol. Civ. Mus. St. Nat. Ferrara, 1.
- PANTALEONI R. A., CURTO M.G., TREVISANI F., 1987b - Mappaggio biologico di qualità di un reticolo idrografico di bassa pianura: Bacino Burana-Volano, Sottobacino Giralda (Ferrara, Emilia-Romagna). Quad. Staz. Ecol. Civ. Mus. St. Nat. Ferrara, 1.
- PETERSEN L. B. M., 1991 - L'importanza dell'ecotone ripario per la qualità delle acque correnti. Atti del Conv. "L'acqua tra storia cultura e natura" Terme di Comano (TN). Suppl. a Agenzia del Lavoro, n. 5-6, Provincia Autonoma di Trento.
- PEDRESCHI L., 1956 - Il lago di Massaciuccoli e il suo territorio. Mem. Soc. Geogr. Ital., vol. XXIII.
- TOMEI P.E. e BARTELLETTI A., 1977 - Il Lago di Porta contributo naturalistico. Riv. Archeologia, storia, economia e costume. Anno V° N. 2.
- TOMEI P.E., GARBARI F., 1981 - Considerazioni introduttive sulla flora e sulla vegetazione delle paludi di Massaciuccoli e di Porta. Convegno sulle zone umide della Toscana. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem. s. B..
- TURIN P., ZANETTI M., LORO R., 1994 - La qualità biologica dei corsi d'acqua in provincia di Padova. Provincia di Padova, Ass. Ambiente.
- TURIN P., ZANETTI M., BILO' M. F., VANIN B. G., LORO R., 1996 - La qualità biologica dei corsi d'acqua in provincia di Padova. Provincia di Padova, Ass. Ambiente.

APPENDICE 1

Rinaturalizzazione dei fossi in ambiente rurale

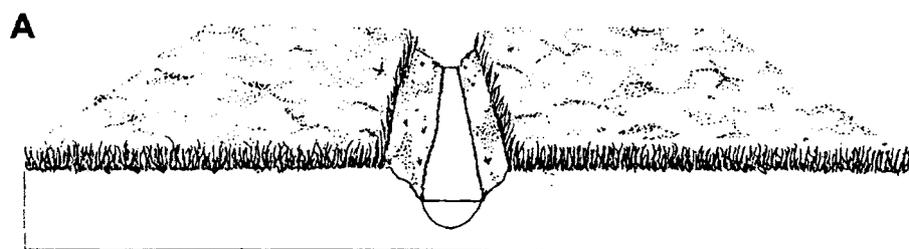
I canali di bonifica sono stati concepiti essenzialmente per assolvere una funzione idraulica e rappresentano una delle più esasperate forme di artificializzazione che si possono riscontrare in un corso d'acqua. La mancanza degli elementi tipici degli ambienti fluviali impedisce il formarsi del *continuum* tra alveo bagnato e terreni circostanti e li priva delle capacità autodepurative proprie dei sistemi naturali. Secondo gli ecologi è ormai ferma la convinzione che il degrado delle acque dei fossi di bonifica derivi proprio dalla mancanza delle interazioni in genere presenti tra fasce riparie e alveo bagnato (EISELTOVÁ & BIGGS, 1995).

Le conseguenze di una riduzione del rapporto tra corsi d'acqua e ambiente circostante portano ad una serie di relazioni causa/effetto riassumibili nei seguenti punti:

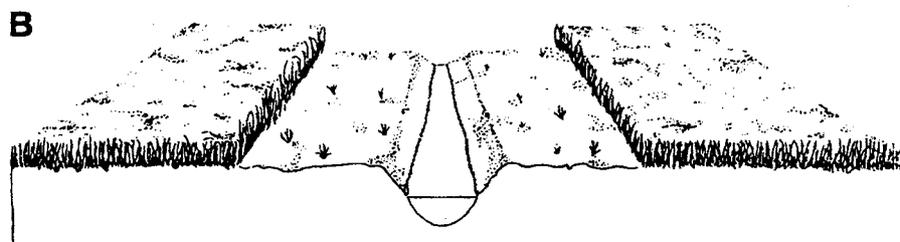
- 1) *Capacità di ritenzione dei nutrienti significativamente ridotta.* Il corso d'acqua non trattiene i nutrienti (nitrati e fosfati) veicolandoli semplicemente da monte a valle .
- 2) *Variazioni nell'idrografia dei corsi d'acqua.* I maggiori picchi di portata originano dalla troppa efficienza delle infrastrutture drenanti, come i canali geometricamente sagomati, raddrizzati e con veloce deflusso delle acque, e dalla concomitante riduzione di aree superficiali e subsuperficiali che favoriscono l'accumulo di acqua.
- 3) *Riduzione dei tempi di deflusso delle acque.* Il più rapido scorrimento delle acque, sia subsuperficiale che superficiale, provoca un decremento delle capacità autodepurative del corso d'acqua ed un aumento del trasporto di nutrienti al mare.
- 4) *Instabilità dei canali.* La canalizzazione crea ambienti idrodinamicamente instabili che tendono a recuperare la naturale sinuosità. L'instabilità è accentuata anche dalla rimozione della vegetazione riparia che accentua l'erosione delle rive, l'aumento del trasporto di solidi e la loro sedimentazione.
- 5) *Incremento dell'irradiazione solare nel corso d'acqua.* La mancanza di alberi e arbusti lungo le rive dei fossi induce una maggiore produzione di macrofite acquatiche, la cui eccessiva crescita rallenta il deflusso idrico fa aumentare la sedimentazione e di conseguenza la necessità di frequenti dragaggi per prevenire le inondazioni.
- 6) *Impoverimento di flora e fauna sulle rive e all'interno del corso d'acqua.* Il drenaggio e la canalizzazione trasformano gli ambienti ripariali in aree agricole distruggendo gli habitat umidi marginali. Gli habitat sul fondo dell'alveo vengono semplificati e continuamente disturbati dal sedimentazione e distrutti dai conseguenti dragaggi.

7) *Interruzione del continuum tra terra e acqua.* Come risultato delle bonifiche, le acque di dilavamento entrano direttamente nel fosso senza attraversare una fascia riparia sufficientemente ampia; ciò comporta una diminuzione della ricarica della falda e un'alterazione del flusso sub-superficiale a causato dall'abbassamento della tavola freatica. Importanti aree per la ritenzione dei nutrienti, vengono in questo modo a mancare, ne risulta un incremento di trasporto a valle di nitrati e fosfati responsabili del fenomeno della eutrofizzazione delle acque marine.

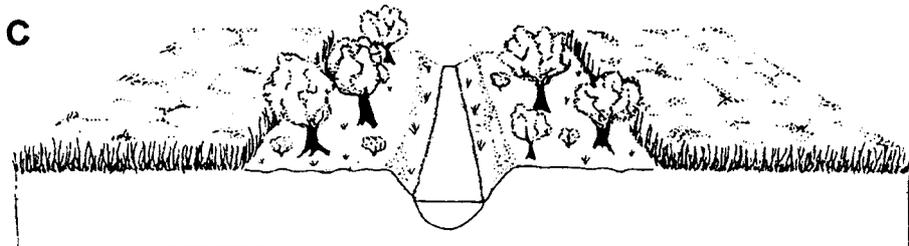
Uno dei primi interventi di restauro ambientale da porre in atto dovrebbe avere come obiettivo il recupero e la costituzione delle fasce riparie, per una distanza di almeno dieci metri dall'alveo (Fig. 1). Successivamente si potrebbe intervenire con il ripristino della vegetazione riparia, la creazione di piccole zone umide, meandri, e interventi di rinaturalizzazione più complessi. Il processo di restauro potrebbe essere sperimentato inizialmente su tratti ancora liberi da infrastrutture urbane, da utilizzare come interventi pilota.



A - Situazione attuale delle rive in ambiente rurale



B - Fosso con una fascia tampone costituita da una zona riparia erbosa pari a 10 m. di ampiezza.



C - Fosso con fascia tampone con alberi e arbusti.

Fig. 1 - Fasi successive di rinaturalizzazione dei fossi in ambiente rurale (Da EISELTOVÁ & BIGGS, 1995, modificato).

APPENDICE 2

Le cave del Brentino

All'estremo nord del bacino di Massaciuccoli, in un'area inserita nella Bonifica di Ponente tra i fossi Farabola e Gora di Stiava, sono situate le cosiddette "cave del Brentino", una serie di bacini che hanno avuto origine in seguito alla escavazione della sabbia silicea (vedere relativa carta di qualità). Cessata l'attività tali invasi hanno assunto nel tempo le peculiarità tipiche di ambienti lacustri naturali, dove si rileva una associazione di biocenosi vegetali e animali di notevole interesse, in quanto rappresentative del biotopo palustre tipico del lago di Massaciuccoli.

Per una loro maggior caratterizzazione ambientale, si riportano di seguito i dati risultanti da una rilevazione effettuata da BALDACCINI e BIANUCCI (1986) in una delle cave, per conto del consorzio del Parco Naturale Migliarino - S. Rossore - Massaciuccoli.

Il sito, individuato come "cava Quintavalle", venne studiato nel luglio 1986 la profondità massima si aggirava intorno ai 18 m. Le acque venivano classificate, per il contenuto in ioni cloruro, nella fascia degli ambienti oligoalini (leggermente salmastri). Si rilevava infatti un trend, che variava debolmente dalla superficie al fondo da 1200 ppm Cl⁻ a 1450 ppm Cl⁻, corrispondenti ad una salinità marina del 2-2,6 ‰. Considerando che questi invasi non sono in diretto contatto con il mare, la salinità che si riscontra nelle loro acque deve essere considerata di origine endogena. Una prima ipotesi sull'origine della salinità nell'acquifero di quest'area prendeva in considerazione la presenza di strati decisamente salmastri, non direttamente in contatto con le acque marine, ma di probabile natura "fossile" (FERRARI et al., 1986). Recentemente il fenomeno della salinità degli strati profondi delle cave presenti nell'area palustre, adattabile anche agli ambienti del Brentino, è stato attribuito all'infiltrazione delle acque di ingressione marina, provenienti dalla Burlamacca, attraverso la falda e gli strati sabbiosi permeabili (SPANDRE e MERIGGI, 1997). Entrambe le ipotesi fornirebbero una spiegazione anche dei fenomeni di ingressione salina che si verificano per le acque della bonifica, nei sottobacini di Massarosa, Portovecchio e Quiesa, come citato nel testo.

La temperatura dell'acqua, presentava il gradiente tipico della stratificazione estiva dei laghi a clima temperato, oscillando dai 27,4 °C in superficie ai 9,4 °C in profondità, con un termoclino intorno ai 4 m di profondità. Di conseguenza anche l'ossigeno disciolto seguiva un gradiente in diminuzione procedendo il fondo dove si raggiungevano i livelli di anossia.

Una caratteristica rilevante di questi corpi idrici era data dalla trasparenza al disco Secchi, che raggiungeva valori considerevoli (620 cm) se confrontati con la media (65 cm) di quelli rilevati nel bacino del Massaciuccoli (BALDACCINI et al., 1997). Ciò è attribuibile all'isolamento di questi invasi, alimentati esclusivamente da acque di falda, relativamente povere di nutrienti, e quindi in grado di mantenere una elevata limpidezza.

Questi ambienti, anche se di origine artificiale, meriterebbero di essere salvaguardati per il solo fatto che accolgono un enorme patrimonio di specie animali e vegetali e costituiscono quindi siti di interesse scientifico, ma anche didattico e ricreativo.

Parte di essi sono stati destinati a discarica per i residui della lavorazione del marmo e dei materiali lapidei in genere. Il processo a cui sono stati sottoposti, iniziato nei primi anni '90, tendeva a risolvere il problema dello smaltimento di residui della lavorazione che per la Versilia vedevano spesso come recapito finale i corsi d'acqua su cui gravitano gli opifici, con notevoli danni per l'ecosistema acquatico (BALDACCINI, 1997). Questa scelta, sebbene effettuata in un contesto di salvaguardia dell'ambiente, non teneva conto dell'importanza che gli stagni e le zone umide, siano esse naturali o scaturite da attività umane, in generale hanno per il ruolo che assumono nella conservazione della biodiversità (BALDACCINI, 1993).

A tale scopo dovrebbero essere individuate soluzioni di compromesso che potrebbero almeno in parte diminuire l'impatto che comunque esercita una discarica sull'ambiente e sicuramente sul paesaggio. Una proposta per attenuare questo impatto consiste nel coniugare l'inevitabile intervento di messa a discarica dei fanghi con la possibilità di recupero e di conservazione di questi ambienti umidi. Ciò potrebbe essere raggiungibile mettendo in atto dispositivi di regolamentazione di queste attività che prevedano una diversa gestione e destinazione finale delle discariche. Anche in considerazione del fatto che se tali operazioni in parte vengono attuate nell'ottica di salvaguardare ecosistemi fluviali, si configurano per le aree di destinazione come interventi che, per la proprietà delle stesse, comportano introiti economici non indifferenti. A fronte di tale realtà si dovrebbe poter sfruttare l'opportunità economica del privato anche a vantaggio e nell'interesse dell'ambiente e quindi dell'intera comunità.

Gli stagni non dovrebbero quindi perdere del tutto la fisionomia ambientale che li caratterizza ma anzi alla fine, attraverso appositi interventi, fornire maggiori opportunità per accogliere oltre la tipica comunità limnetica, costituita da invertebrati, anfibi e pesci, anche una avifauna acquatica ben diversificata.

Allo stato attuale infatti gli stagni del Brentino presentano anche aspetti non del tutto favorevoli all'insediamento di una comunità diversificata.

L'elevata profondità delle acque che li caratterizza impedisce ad esempio il completo rimescolamento, favorendo la stratificazione stagionale con la comparsa di fenomeni di anossia negli strati profondi, ostacolando la crescita delle macrofite per la scarsa luminosità degli strati più profondi, rendendo inattuabile il "pascolo" da parte dell'avifauna limicola, ecc..

La ripidezza diffusa delle sponde inoltre non consente una adeguata successione delle fasce vegetazionali tipica delle rive, non favorisce la sosta degli anfibi e i processi riproduttivi dei pesci, venendo a mancare per gli stadi giovanili l'importante funzione di rifugio che ne garantisce lo sviluppo, ecc..

L'intervento di riempimento può in parte contribuire quindi al miglioramento di questi ambienti, aumentandone le potenzialità ecologiche, se però vengono limitate le quantità messe a discarica in modo da mantenere, ad operazione ultimata, una profondità media intorno a 2 metri. Con una adeguata progettazione del sito si dovrebbe quindi giungere alla costituzione di uno stagno, caratterizzato da un fondale il più possibile diversificato sotto gli aspetti morfologici che potrebbe

ospitare, col passare del tempo, una comunità acquatica del tutto tipica. Non è superfluo sottolineare il valore didattico e scientifico che tali ambienti verrebbero ad assumere, senza considerare gli aspetti più legati al tempo libero. Gli ambienti umidi così ricostituiti, in un contesto più comprensoriale, che dovrebbe coinvolgere tutta la Versilia, potrebbero contribuire a ricollegare in maniera non solo ideale, i residui delle zone umide che testimoniano ancora oggi l'aspetto prevalente che caratterizzava un tempo questa pianura, fornendo nel contempo un prezioso corridoio di transito per l'avifauna migratoria e un contributo non indifferente al mantenimento di aree di contenimento delle acque superficiali dolci utili alla ricarica della falda.

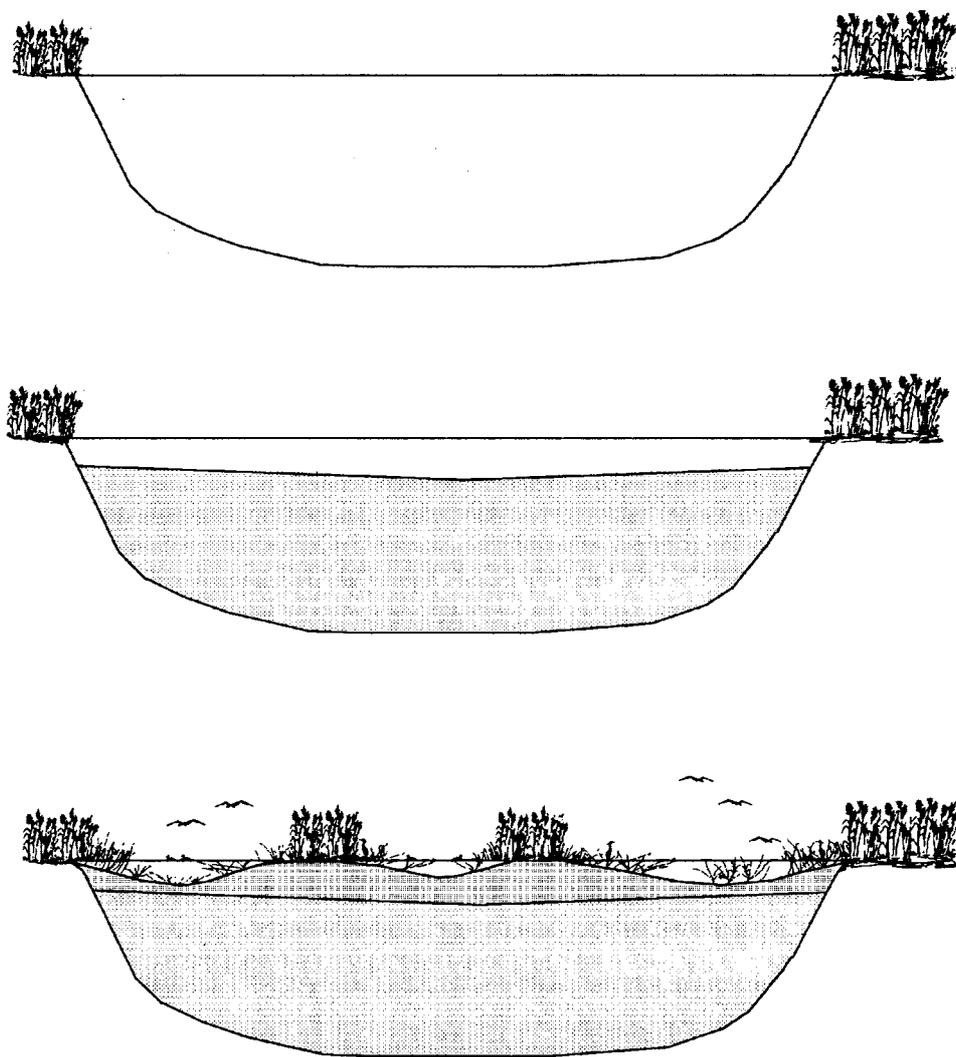


Fig. 2 - Intervento di recupero delle cave (disegno schematico non in scala).

A - Situazione antecedente la messa in discarica dei fanghi.

B - Situazione intermedia a riempimento avvenuto.

C - Nuova situazione con ripristino della zona umida

APPENDICE 3

Impianti di depurazione gravitanti sulle bonifiche.

Comune	Bonifica	Località	Funzionamento	Abit. Eq.	Tipologia
Pietrasanta	Baccatoio	Pollino	Fanghi attivi	50.000	Civile e industriale
Camaiole	Baccatoio	Lido di Camaiole	Fanghi attivi	35.000	Civile
	Baccatoio	Secco	Fanghi attivi	8.000	Civile
	Baccatoio	Capezzano	Fanghi attivi	4.000	Civile
Viareggio	Ponente	Migliarina	Fanghi attivi	130.000	Civile e industriale
Massarosa*	Ponente	Piano di Mommio	Fanghi attivi	10.000	Civile

* Non ancora in funzione durante il periodo dell'indagine.

APPENDICE 4

Elenco delle Unità Sistematiche rinvenute nelle stazioni.

I = da rari a comuni; L = da comuni ad abbondanti; U = dominanti numericamente

* = presenza non conteggiata perchè solo parzialmente influenzata dalla qualità complessiva dell'ambiente.

Taxa	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
EFEMEROTTE RI															
<i>Baëtis</i>				L				*			*				*
<i>Cloëon</i>	*					*	*	*							
COLEOTTERI															
DRYOPIDAE								*							
DYTISCIDAE					I		*	*		*					
GYRINIDAE	L														
HALIPLIDAE	I	I													I
HYDROPHILIDAE		I			I										
ODONATI															
AESCHNIDAE	I														
CALOPTERYGIDAE					I										
COENAGRIONIDAE	I				I				I		L	L		L	I
LESTIDAE				U	I		L	L							
LIBELLULIDAE							I			I			I		
DITTERI															
CERATOPOGONIDAE	I	I	I					*		L					I
CHIRONOMIDAE	L	I	L	L	L	U	L	U	L	I	I	I	U	U	L
ETEROTTERI															
CORIXIDAE	L	I	I												
NAUCORIDAE				*											
CROSTACEI															
ASELLIDAE	L	U	L	*		I		I		I	*	I	L	I	*
ASTACIDAE	I			I				I				I		I	
ATYIDAE	L										I				
GAMMARIDAE										U					
PALAEMONIDAE											L				
GASTEROPODI															
ANCILIDAE								L							
BITHYNIIDAE		I								L		I		I	L
LYMNAEIDAE	I	I			I		I							I	I
PHYSIDAE	I	I		I		I	L	I	I	L		I	L	I	I
PLANORBIDAE		I				I						I	I		
TRICLADI															
DENDROCOELIDAE		L								I					
DUGESIIDAE	L	L											I		I
PLANARIIDAE	I	L						I		L			I		
IRUDINEI															
ERPODELLIDAE		I			I					I	L		I		I
GLOSSIPHONIIDAE		I								I		I	I		I
OLIGOCHETI															
LUMBRIICIDAE										I					
NAIDIDAE	I	I	I	I	*	L			L		I				
TUBIFICIDAE	L	I		I	I	L	L	I	I	I	L	L	L		L

Taxa	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
EFEMEROTTERI															
<i>Baëtis</i>	*		*												
<i>Caenis</i>				U	L									*	
<i>Cloëon</i>		*	*	I	I			*	*						
TRICOTTERI															
LEPTOCERIDAE														*	
COLEOTTERI															
DYTISCIDAE		I	I	I	I			I	L	I	L				
HALIPLIDAE		L	I		I					I					
HELOPHORIDAE				*				I	*	*					
HYDROPHILIDAE	I														
LIMNEBIIDAE									I						
ODONATI															
AESCHNIDAE								L	I						
CALOPTERYGIDAE														I	
COENAGRIONIDAE			L	L	L		I	I	I		I	I	I	I	
LIBELLULIDAE	L			I	I					I					
DITTERI															
CERATOPOGONIDAE	L														
CHIRONOMIDAE	U	I	U	L	U	U	U	U	U	U	I	I	I	I	
DIXIDAE				*											
SIMULIIDAE			*												
TIPULIDAE	I						I								
ETEROTTERI															
CORIXIDAE		I	I												
GERRIDAE	*													*	
NAUCORIDAE		*	*		I	I		I							
NOTONECTIDAE		I		I											
PLEIDAE				L					I						
CROSTACEI															
ASELLIDAE	U				I				I	L	L	*			
ASTACIDAE														L	I
GAMMARIDAE														U	L
GASTEROPODI															
ANCILIDAE							I	I	I						
BITHYNIIDAE	U	L	I	I	I					I	I	I			
LYMNAEIDAE	I		I		I		I	I	I		I				
PHYSIDAE	U	I			I			I	I		I			I	
PLANORBIDAE	I	I			I						I	I			
VALVATIDAE		L													
BIVALVI															
PISIDIIDAE		I													
TRICLADI															
DENDROCOELIDAE										I					
DUGESIIDAE	L	L									L				
PLANARIIDAE										I	L				
IRUDINEI															
ERPOBDELLIDAE	I	I	I								I				
GLOSSIPHONIIDAE	I	L	I						I		I				
HAEMOPIDAE											I				
PISCICOLIDAE		I													
OLIGOCHETI															
NAIDIDAE	L	U	L		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
TUBIFICIDAE	L		L						L	I	I		I	I	

SEGUE APPENDICE 4

Taxa	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
EFEMEROTTE RI															
<i>Baëtis</i>							L					L			
<i>Caenis</i>										I		L	*		
<i>Cloëon</i>								*		L					
<i>Ephemerella</i>									*				*		
COLEOTTERI															
DRYOPIDAE											*				
DYTISCIDAE		I				I	I	L	L	I	I	I	*	L	I
HALIPLIDAE										*					
HELODIDAE											*				
HYDROPHILIDAE			I	I	I	I		I	*		*			I	
LIMNEBIIDAE								I							
ODONATI															
AESCHNIDAE										I					
COENAGRIONIDAE		I					I			L	L				L
DITTERI															
ANTOMYDAE											I				
CERATOPOGONIDAE									L	I		I			
CHIRONOMIDAE		L	L	I	I	I	U	U	L	L	I	L	L	I	L
DIXIDAE															*
EMPIDIDAE												L	I		
EPHYDRIDAE								I							
LIMONIDAE					I										
SIMULIIDAE							I					*			
TIPULIDAE							I								
ETEROTTERI															
CORIXIDAE						I	I								
NAUCORIDAE		I					I			I	I				
NEPIDAE		I									I				
CROSTACEI															
ASELLIDAE			*		*		I		L	I	I			I	
ASTACIDAE	I	L		I					I	I					I
GAMMARIDAE		U	*				*		L	I	I		*		
GASTEROPODI															
BITHYNIIDAE							L		L	I		I			
LYMNAEIDAE									I	I				I	
PHYSIDAE							I		I		I				L
PLANORBIDAE							I			I				L	
VALVATIDAE							U		I						
BIVALVI															
PISIDIIDAE							I		L						
SPHERIDAE														L	
TRICLADI															
DENDROCOELIDAE									I						
DUGESIIDAE									I	I				I	
PLANARIIDAE							I		L						
IRUDINEI															
ERPOBDELLIDAE							I		I	I		I			
GLOSSIPHONIDAE							I		I			I			
PISCICOLIDAE										I	I				
OLIGOCHETI															
LUMBRIICIDAE													I		
NAIDIDAE		I	I							I	U	U	U		
TUBIFICIDAE						I			I	I				I	I

Carte della qualità biologica del reticolo idrografico dei fossi di bonifica

Metodo dell'Indice Biotico Esteso (Ghetti, 1995).

Legenda

Classi di qualità definite secondo il metodo I .B.E.

C.Q.	Giudizio sintetico	Colore
I	ambiente non inquinato	
II	ambiente con alcuni effetti dell'inquinamento	
III	ambiente inquinato	
IV	ambiente molto inquinato	
V	ambiente fortemente inquinato	

Stazioni di campionamento



Impianti di depurazione



Impianti idrovori

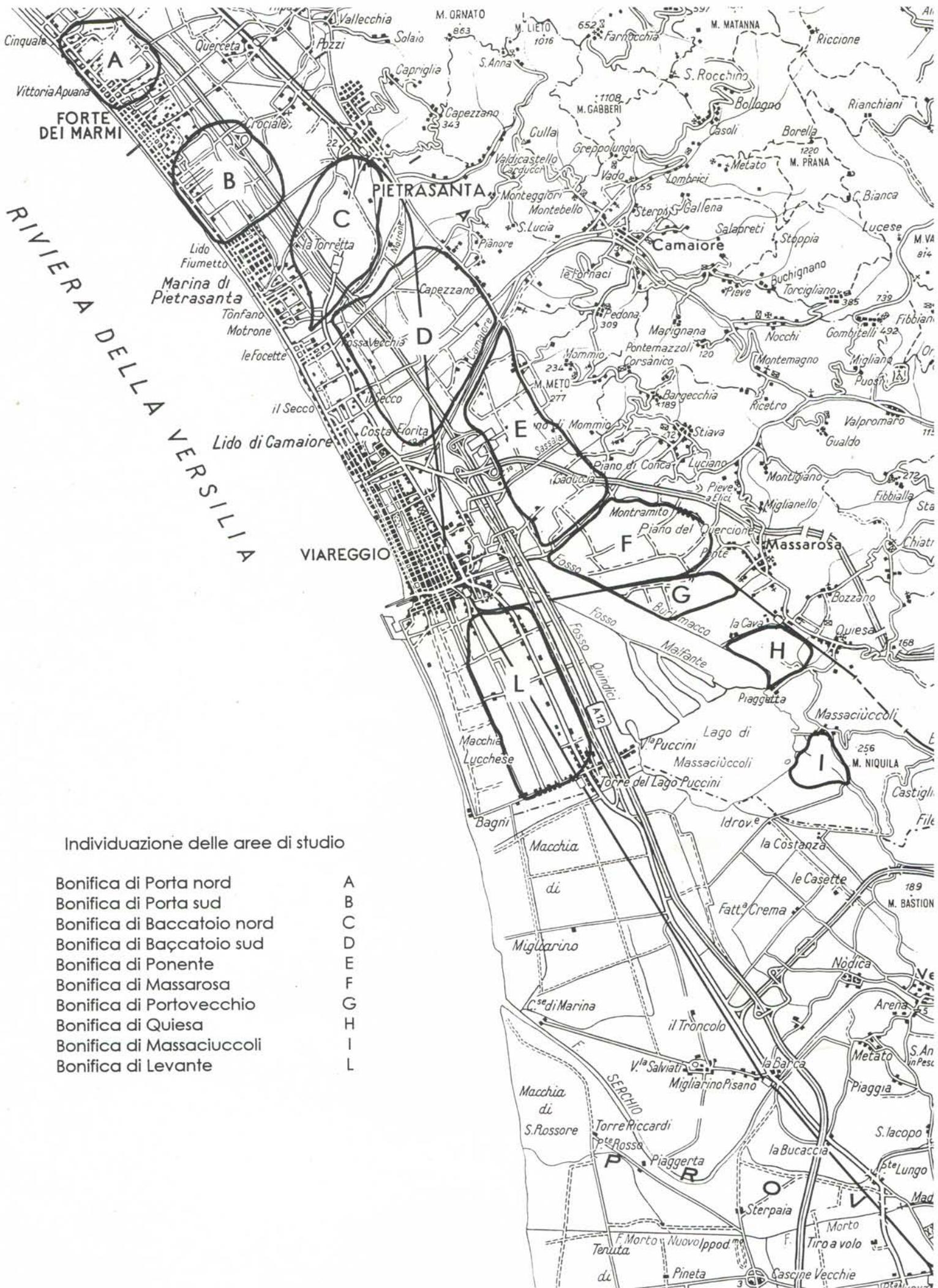


Acque alte



Acque basse

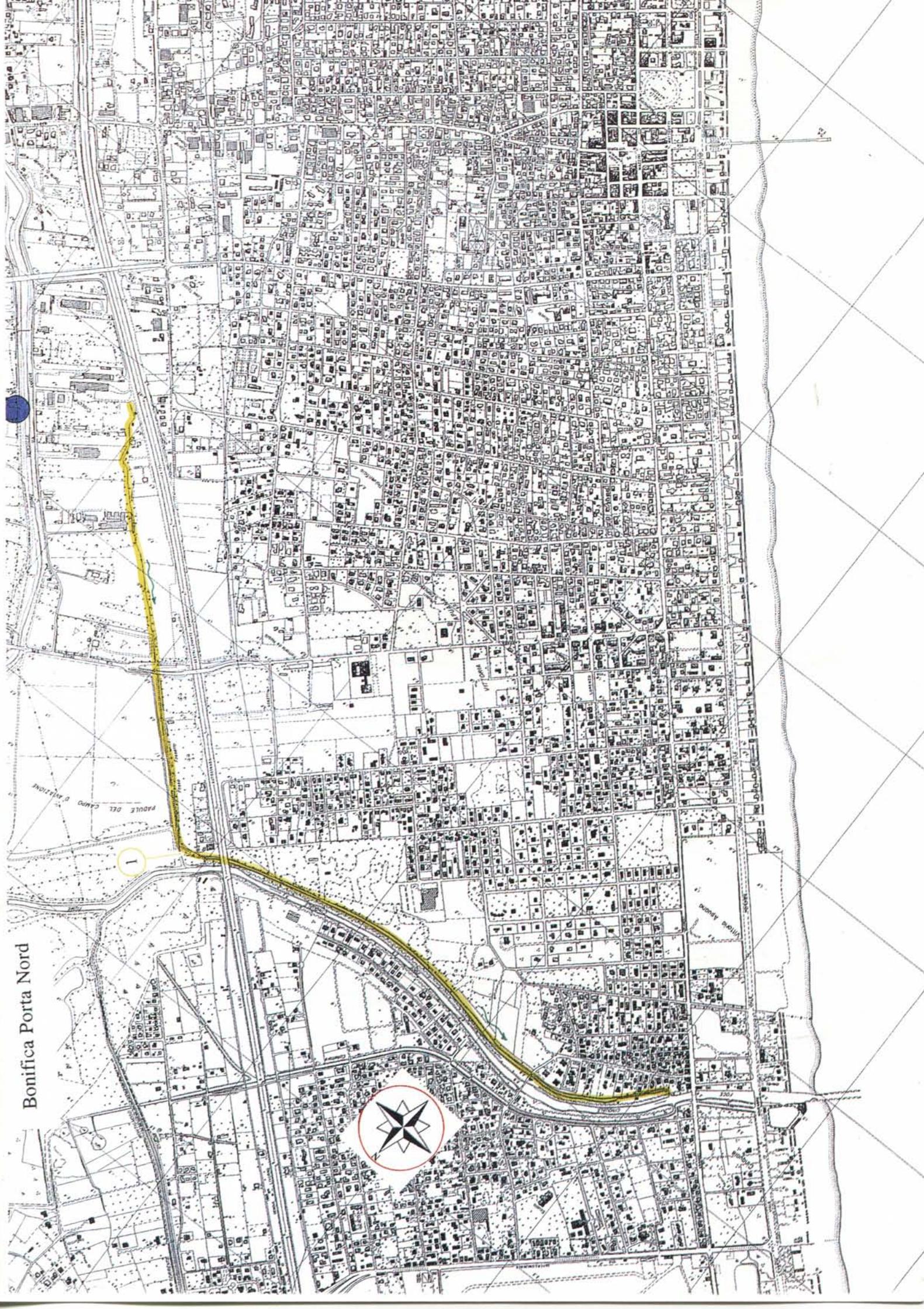




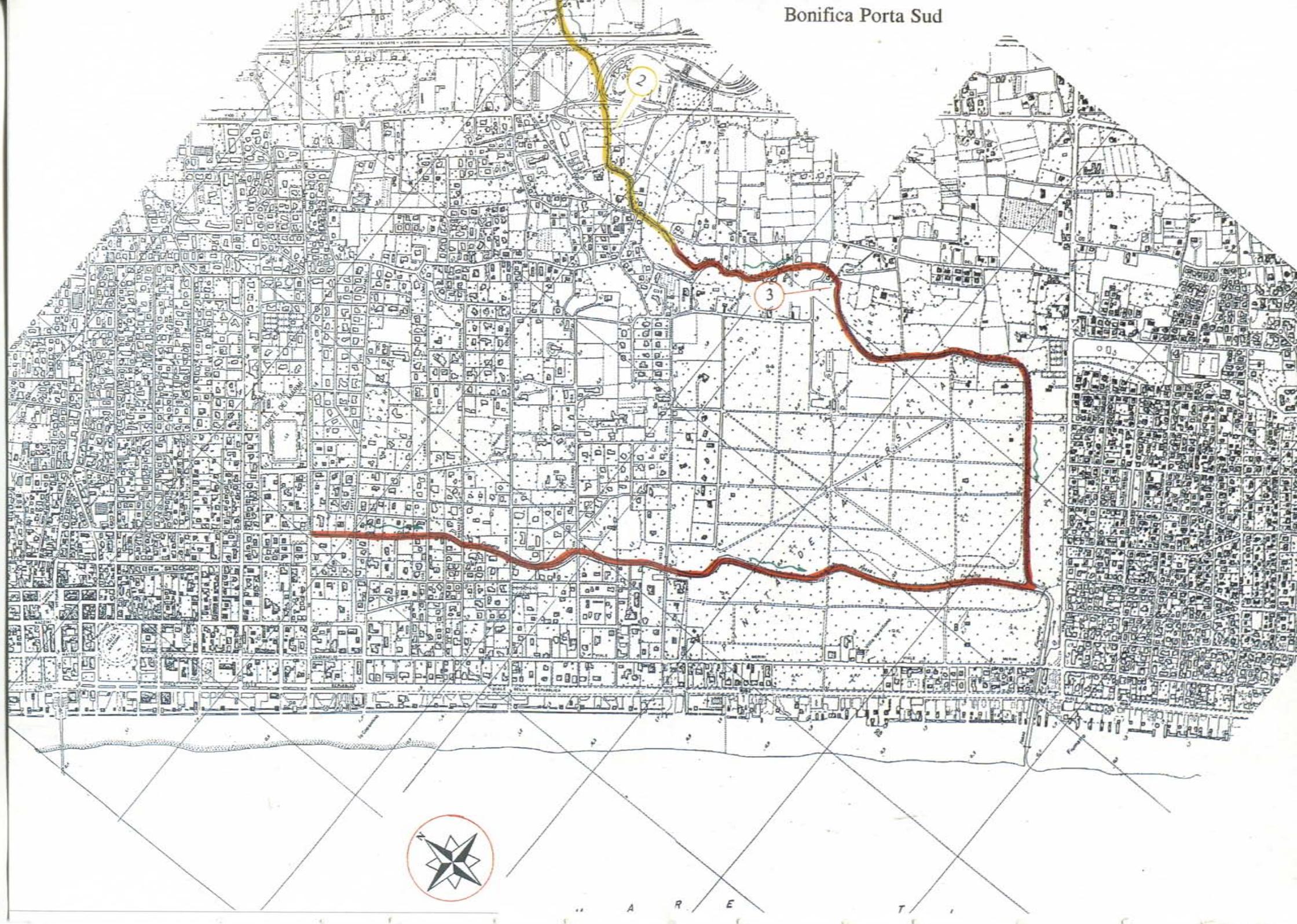
Individuazione delle aree di studio

- | | |
|----------------------------|---|
| Bonifica di Porta nord | A |
| Bonifica di Porta sud | B |
| Bonifica di Baccatoio nord | C |
| Bonifica di Baccatoio sud | D |
| Bonifica di Ponente | E |
| Bonifica di Massarosa | F |
| Bonifica di Portovecchio | G |
| Bonifica di Quesa | H |
| Bonifica di Massaciuccoli | I |
| Bonifica di Levante | L |

Bonifica Porta Nord



Bonifica Porta Sud

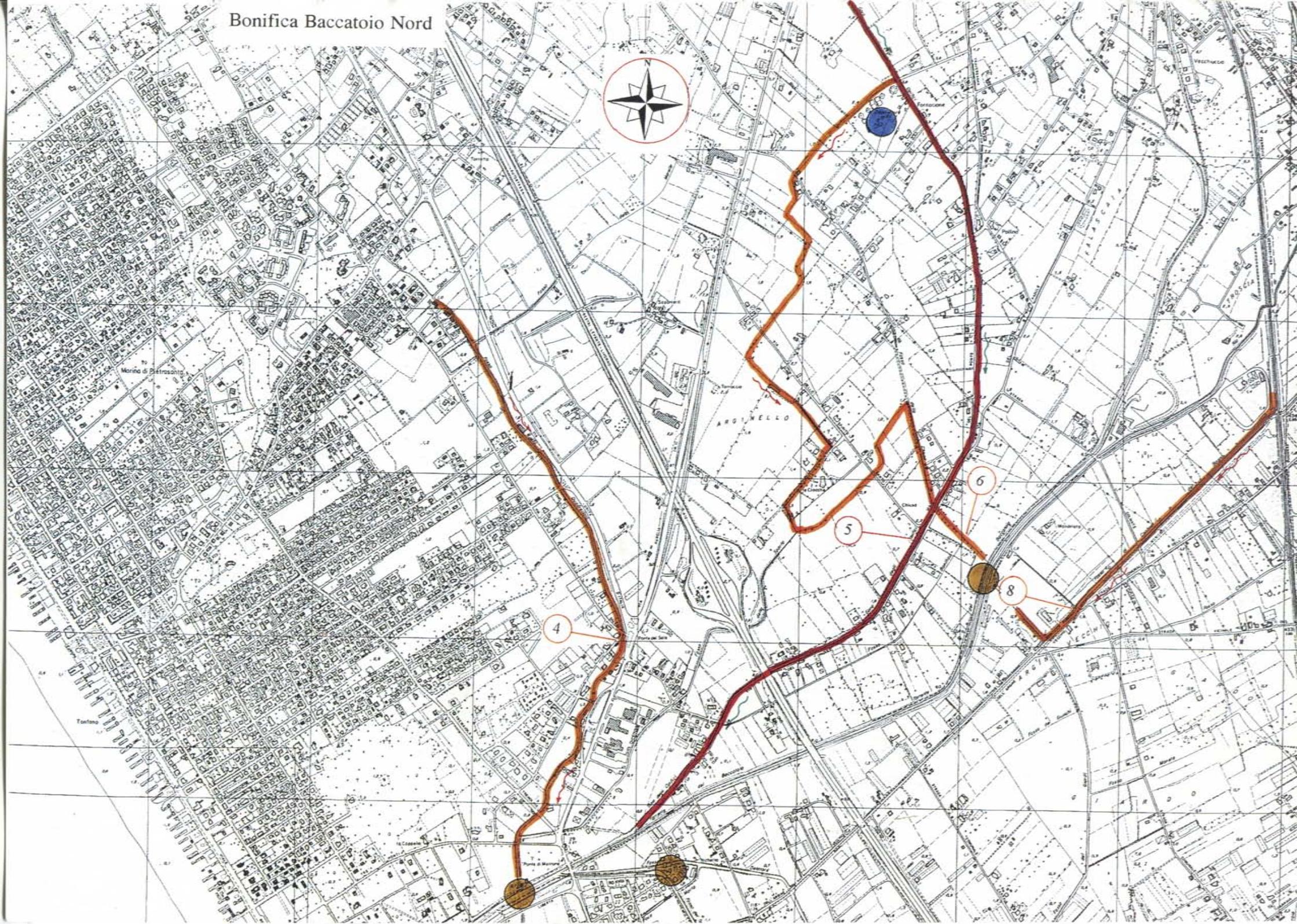


2

3



Bonifica Baccatoio Nord

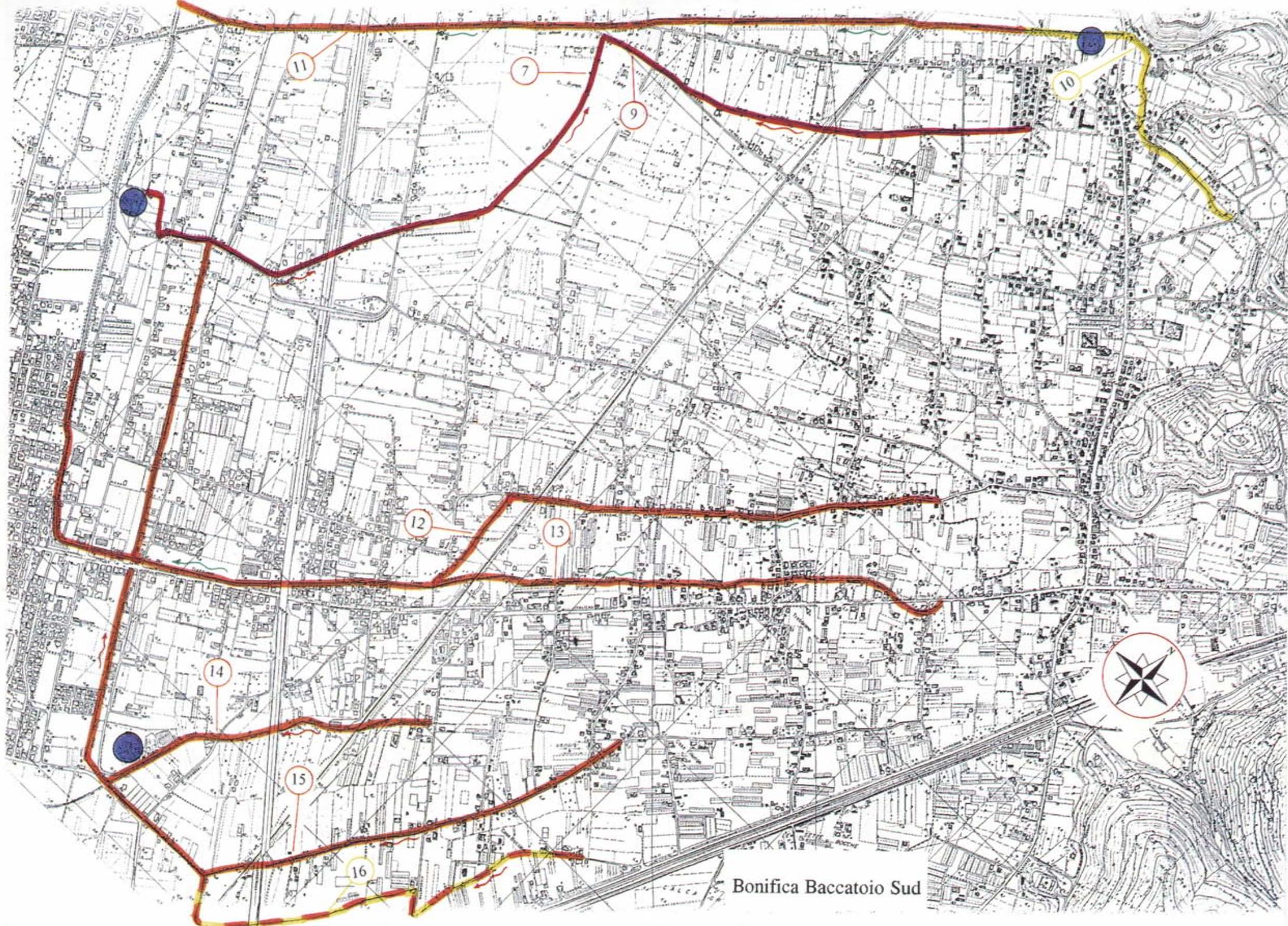


4

5

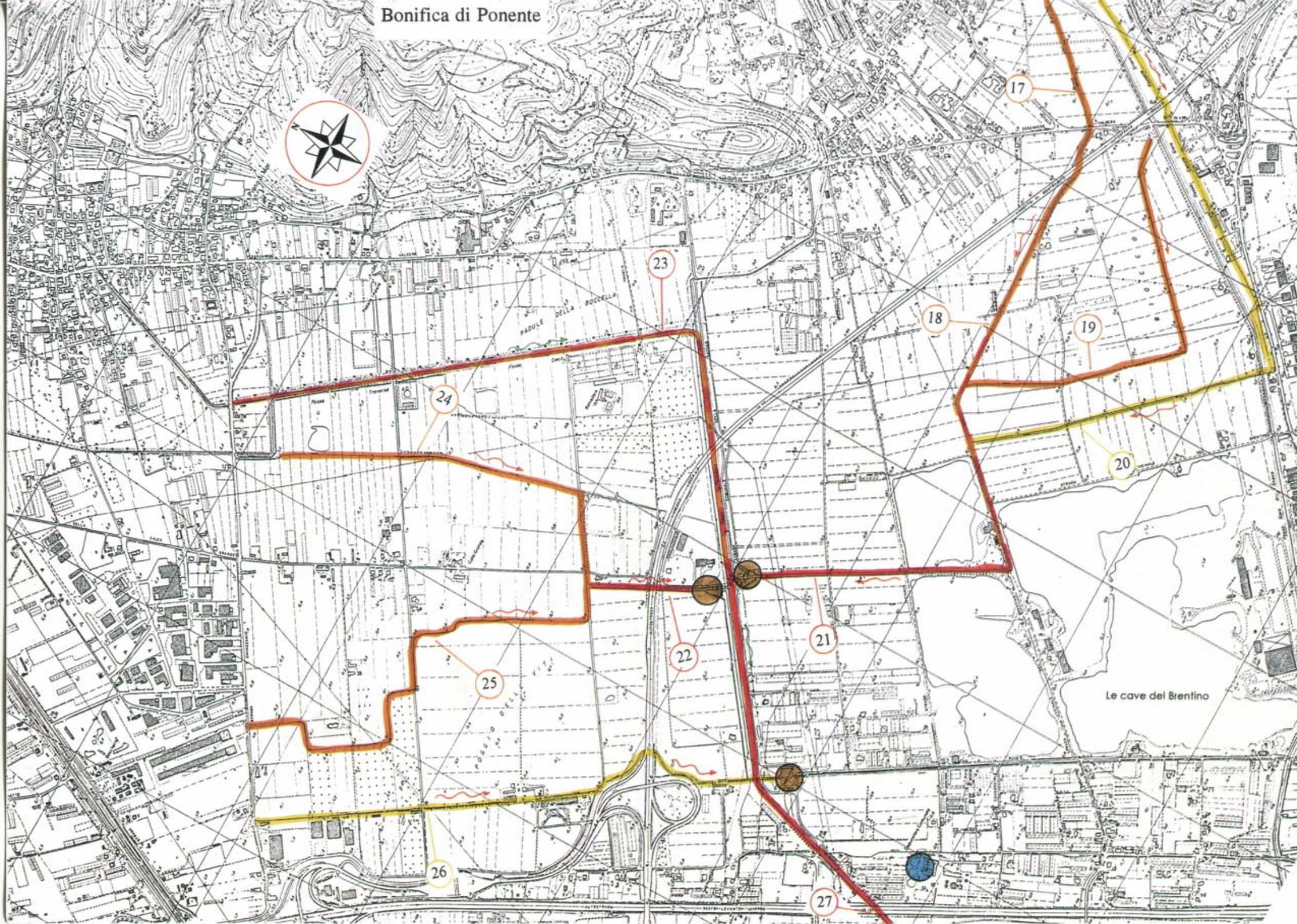
6

8



Bonifica Baccatoio Sud

Bonifica di Ponente



PADULE DELLA ROCCELLA

Le cave del Brentino

23

17

18

19

24

20

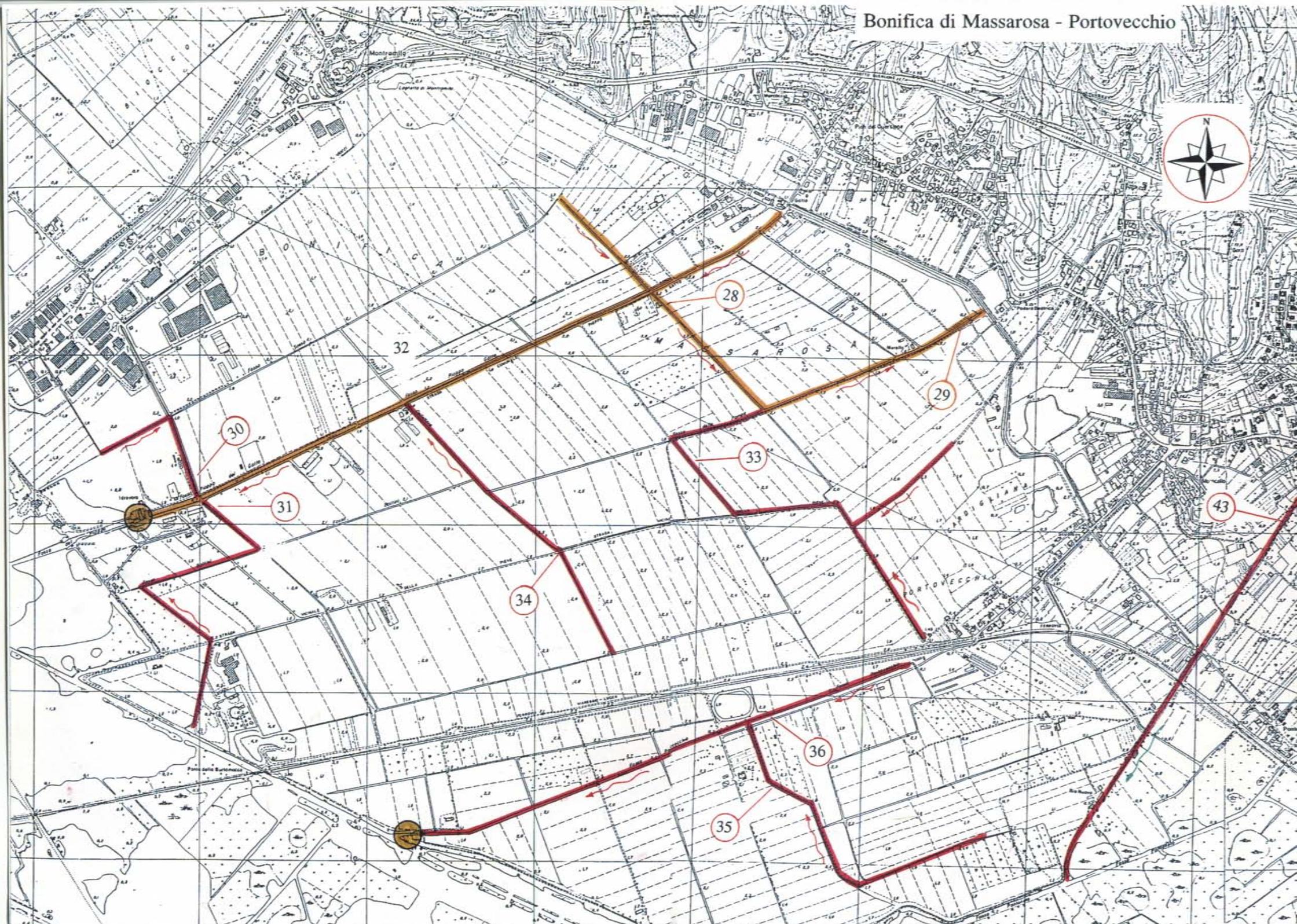
25

22

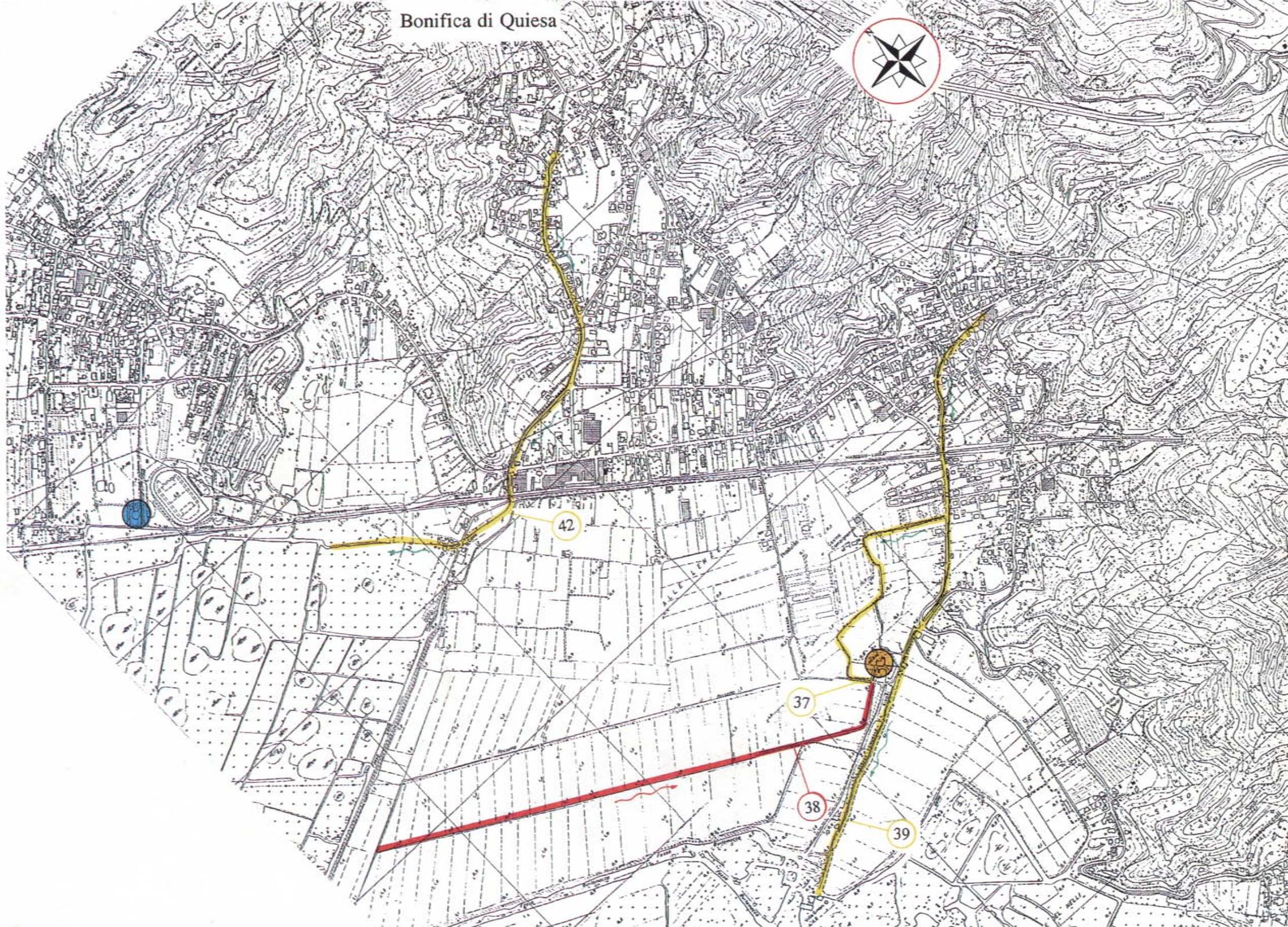
21

26

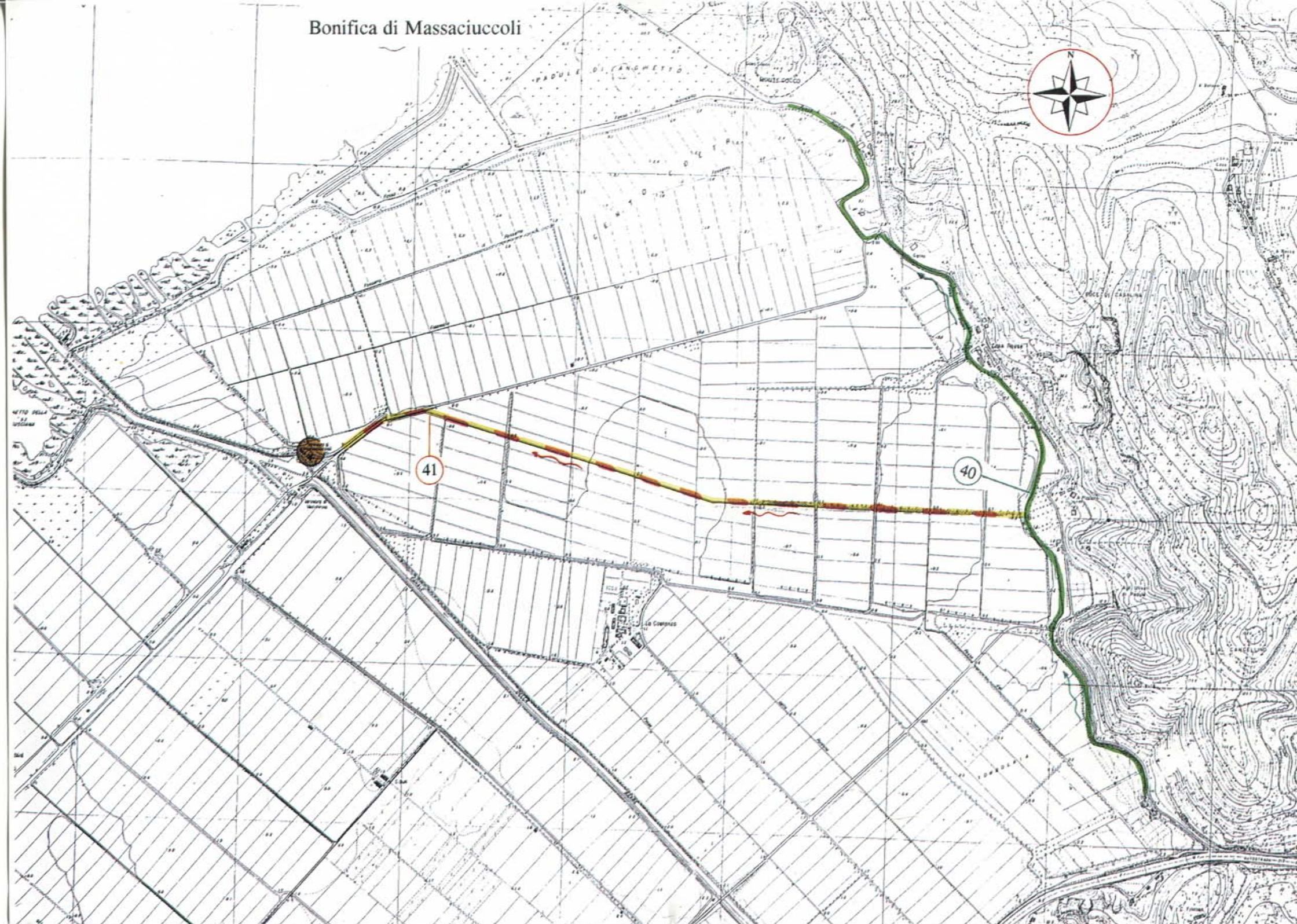
27



Bonifica di Quesa



Bonifica di Massaciuccoli



41

40

La Casanova

PADULE DI SANGHETTO

BOVISECOCCO

COCA RIVER

CANCELLO



45

44

