

Il Ticino



*studi e proposte sull'assetto idrogeologico
e sull'uso del territorio della valle fluviale*

Prima parte

Coordinamento:

Luciano Saino Dario Furlanetto

Gruppo di lavoro:

Alessandro Bianchi Anna Parasacchi Claudio Peja



Parco Ticino

Lavoro eseguito con il contributo dell'Autorità di Bacino del fiume Po

Il Ticino

*studi e proposte sull'assetto idrogeologico
e
sull'uso del territorio della valle fluviale*

Rilievo dei fenomeni correlati alla piena dell'autunno 1993
Studio dell'evoluzione storica del corso del fiume Ticino
Considerazioni e proposte in merito ad una politica di gestione

Coordinamento:

Luciano Saino

architetto, consigliere del Parco del Ticino

Dario Furlanetto

biologo, direttore del Parco del Ticino

Gruppo di lavoro:

Alessandro Bianchi

forestale, Parco del Ticino

Anna Parasacchi

architetto, libero professionista

Claudio Peja

architetto, Parco del Ticino

Si ringrazia la dott.ssa Franca Maraga del CNR - IRPI di Torino e il Consigliere Delegato alle acque, Valter Carelli, per il prezioso aiuto fornito.

*Pontevecchio di Magenta,
dicembre 1994*

Indice

Prefazione	Pag.	5
1. Note e valutazioni generali sulle portate e le piene del fiume	Pag.	9
1.1 Le piene del Ticino di rilevanza storica	Pag.	9
2. La piena del Ticino dell'autunno 1993	Pag.	11
2.1 Lo studio della piena dell'autunno 1993	Pag.	11
2.2 Caratteristiche dell'alveo del Ticino nel tratto "ponti di Boffalora - foce nel Po"	Pag.	13
2.3 Risultati del lavoro	Pag.	13
2.4 Valutazioni	Pag.	17
3. Evoluzione del corso del fiume Ticino 1846-1993	Pag.	19
3.1 Metodologia del lavoro	Pag.	19
3.2 Risultati del lavoro	Pag.	19
3.3 Comparazione tra i percorsi storici del fiume e gli effetti della piena	Pag.	21
4. Valutazioni ed interpretazione dei fenomeni studiati	Pag.	25
5. Analisi e proposte di intervento per alcuni tratti del fiume	Pag.	27
5.I Tratto compreso fra il canale scolmatore di nord-ovest ed il ponte di Vigevano	Pag.	29
5.II Tratto compreso fra il ponte di Vigevano e la presa della roggia Castellana	Pag.	33
5.III Tratto compreso tra Zelata e il ponte autostradale di Bereguardo	Pag.	37
5.IV Tratto del Ticino che attraversa la città di Pavia fino allo sbocco in Po	Pag.	41
6. Conclusioni e considerazioni generali	Pag.	45
6.1 La fascia di divagazione dell'alveo	Pag.	46
6.2 Le fasce esondabili con portate rispettivamente di 2.500 e 5.000 mc/sec.	Pag.	50

Prefazione

La questione dello studio e del controllo della dinamica evolutiva del corso del fiume Ticino e quella del miglioramento della qualità e quantità delle sue acque è, da anni, argomento di grande interesse, soprattutto per l'alto grado di antropizzazione dei territori attraversati dal fiume e per le numerose attività produttive in atto che possono essere penalizzate o favorite da progetti di canalizzazione. Nonostante ci siano stati numerosi incontri fra gli Enti interessati al problema ancora non si è riusciti a definire con chiarezza luoghi, metodologie e tempi di intervento.

Ciò nonostante a noi pare di capire che tutti riconoscano la necessità e l'urgenza di proporre, in tempi brevi, soluzioni accettabili, compatibili con le caratteristiche di un'area protetta, nell'interesse della intera collettività.

Questa convinzione ci ha spinti a prendere l'iniziativa che sottoponiamo al giudizio di categorie sociali, cittadini e istituzioni.

Semplificando in modo un po' più banale l'argomento, si può affermare che le scuole di pensiero, circa gli interventi da effettuare sul fiume, sono due. Una, perorata dai sostenitori "della natura in funzione dell'uomo" sostiene che, in caso di evoluzione idraulica, ovunque si presenti la necessità di tutelare proprietà pubbliche o private minacciate dalle acque, è necessario intervenire con opere di difesa. L'altra, quella dei "naturalisti", sostiene che il fiume va lasciato sempre libero di cercarsi i propri percorsi se si vuole il rinnovamento continuo dell'ecosistema fluviale ed il mantenimento dei valori naturalistici del Parco.

Di questo dibattito, fortemente emotivizzato, si sono riempite pagine di giornali e spesso lo si è utilizzato per scatenare crociate politiche contro questa o quella istituzione.

Raramente ci si è proposti di affrontarlo con pacatezza, con cognizioni scientifiche, con approfondimenti sul piano sociale ed economico, con conoscenza storica delle situazioni.

Raramente, soprattutto, per una serie di motivi che sono:

- mania di protagonismo di molti, esasperata da un uso distorto dei mezzi di comunicazione;
- tendenza a far coincidere gli interessi pubblici con quelli privati, anche se consolidati da consuetudini decennali;
- un sistema legislativo e di competenze che sembra fatto apposta per alimentare dubbi giuridici e possibilità di veti incrociati.

Il lavoro che presentiamo tende a raggiungere i seguenti obiettivi:

- chiarire e pubblicizzare quali sono le teorie del Parco del Ticino circa la regolamentazione dell'uso delle aree a rischio idraulico, le tecniche di difesa spondale e la regimazione idraulica del fiume;
- dare indicazioni puntuali, che discendano da approfondite analisi esposte nella prima parte del lavoro e che, ovviamente, andranno approfondite sul piano tecnico-esecutivo, per interventi urgenti in aree campione, da tempo oggetto di grandi discussioni (Vigevano, Bereguardo, Pavia).

Esso rappresenta, tuttavia, solo una anticipazione di un ampio e completo studio, tra l'altro previsto dalla stessa legge 33/1980 art. 20 "Ge-

stione delle acque e regimazione dei corsi d'acqua".

Attraverso questa anticipazione il Parco intende stimolare le autorità competenti sul territorio e la cittadinanza tutta, ad un dibattito molto serrato che dovrà portare al piano di settore definitivo.

Si arriverà ad una sorta di Piano Regolatore del corso del fiume a cui gli operatori si dovranno attenere circa:

- l'utilizzo del suolo soggetto a sommersioni;
- l'attività di regimazione del Ticino e dei corsi d'acqua ad esso collegati;
- la qualità delle acque che vengono scaricate nel fiume;
- l'uso dei territori sottoposti a vincolo idrogeologico;
- le modalità di esecuzione delle difese spondali e della sistemazione idraulica quando esse siano giustificate dalla necessità di difendere importanti insediamenti civili o produttivi.

Da troppo tempo accuse di "ecologismo romantico" si sono incrociate con quelle di "fobia di distruzione e cementificazione" con tendenze al catastrofismo sicuramente non costruttive da entrambe le parti.

Compito di un Parco è quello di uscire allo scoperto, di non lasciarsi coinvolgere da fibrillazioni elettorali, di indicare regole generali e soluzioni progettuali specifiche che abbiano come presupposti essenziali una conoscenza dettagliata dei luoghi e della storia delle loro formazioni, esperienze tecniche consolidate, rispetto per l'ambiente, per le culture e le tradizioni locali.

La questione, oltre che interessare diverse categorie sociali, vede coinvolte anche e soprattutto le istituzioni a livelli diversi:

- i Comuni, come rappresentanti delle istanze sociali ed economiche,
 - le Province per le competenze viabilistiche e come Enti da poco investiti della responsabilità della pianificazione sovracomunale,
 - il Ministero delle Finanze come titolare delle aree demaniali interessate da evoluzioni idrauliche del fiume,
 - il Ministero dei Lavori Pubblici, attraverso il Magistrato per il Po, e la Regione attraverso il Genio Civile, quali Istituti interessati alla progettazione ed alla esecuzione degli interventi,
 - l'Autorità di bacino del Po, quale ente competente per la pianificazione generale di tutto il bacino,
 - il Parco come ente preposto ad indicare le politiche di intervento riguardanti il suolo e le acque del fiume, per il raggiungimento del principale scopo istituzionale che è quello della difesa della qualità dell'ambiente nella sua accezione più ampia (art. 1 L.R 33/1980).
- Proprio il Parco, che sta vivendo uno dei momenti storici più difficili dalla sua istituzione, consapevole della sua enorme responsabilità morale maturata nei decenni, istituzionalmente impegnato a dimostrare sempre la sua vivacità culturale e progettuale, vuole fare proposte rivolte a tutti, popolazione ed istituzioni, al fine di sgombrare il campo da preconcetti e strumentalizzazioni.

Il lavoro contiene proposte coraggiose ma non sconvolgenti, che dovrebbero costituire patrimonio culturale comune per uno Stato civile.

Sono anticipazioni di indicazioni che servono sia come politica d'uso generale, per evitare peggioramenti futuri in quelle zone a rischio che dovrebbero essere sottoposte a vincolo idrogeologico, sia

per far fronte a situazioni pregresse di cui non si può non tenere conto.

Risulta comunque chiaro che, in futuro, compito del Parco dovrà essere quello di intensificare la progettazione tendente ad una rinaturalizzazione del fiume, aumentandone i gradi di libertà, smettendola di piangere per la "natura matrigna", che in occasione della stagione delle piogge, sarebbe responsabile di catastrofi naturali, quando invece le stesse sono da attribuire all'incapacità o alla disennatezza di amministratori e tecnici.

Non è nei nostri intenti proporre soluzioni progettuali di tipo tecnico-politico o mediate tra le teorie che circolano a proposito del controllo del corso del fiume. Si tratta per contro di un lavoro lungamente ponderato che tiene conto dell'enorme valore naturale rappresentato dalle riserve boscate e coltivate e dagli altrettanto grandi interessi di operatori economici e cittadini abitanti della valle del Ticino.

Se tutti i molti, diretti interessati alla questione avranno la stessa onestà intellettuale e desiderio di confronto, celermente si arriverà ad un progetto finale globale di interventi, riguardanti dapprima i problemi più urgenti, successivamente l'intera questione dell'uso del suolo, della regimazione delle acque, della loro quantità e qualità, dal Lago Maggiore al Po, sulle due sponde.

Raggiunto l'obiettivo progettuale concordato, mancherà ancora un tassello al completamento dell'intricato mosaico: quello del finanziamento del programma. Sarà quello il momento in cui chi ha la responsabilità amministrativa del Parco formulerà giudizi di merito nei confronti delle massime istituzioni circa la loro sensibilità rispetto alla questione ambientale.

Luciano Saino

Consigliere Delegato del Parco Ticino

1. Note e valutazioni generali sulle portate e le piene del fiume.

Le portate liquide lungo il corso del Ticino sublacuale dipendono principalmente dal deflusso dal Lago Maggiore. Gli apporti degli affluenti laterali, infatti, sono in prima approssimazione poco influenti in caso di piena, così pure come quelli imputabili al deflusso relativo alla superficie del bacino sublacuale, che ammonta a soli 800 Km².

Secondo Raffa, De Marchi ed altri, le affluenze, costituite da scarichi di centri urbani, acque di piena eccedenti le capacità di deflusso di vari bacini a nord di Milano, restituzione di acque irrigue, sorgive, possono essere considerate all'incirca pari alle acque captate dalle derivazioni.

Il rilascio dal lago Maggiore è regolato dallo sbarramento della Miorina, operativo dal 1942.

In base ai dati disponibili all'idrometro della Miorina, si può parlare, per il Ticino, di portate comprese tra i 35 ed i 1.000 - 1.500 m³/s, ed oltre, con minimi nelle stagioni invernali (febbraio) ed estive (agosto, minimi assoluti) e massimi nelle stagioni intermedie (da aprile a giugno ed, in assoluto, fra settembre ed ottobre), in corrispondenza dei periodi piovosi su tutto il bacino del fiume, che è pari a circa 7.200 Km².

Le derivazioni d'acqua, per uso agricolo od industriale, utilizzano un totale di circa 220 - 240 m³/s.

La portata media annua di deflusso, nel cinquantennio 1943-1992, è stata di 279 m³/s.

Gli effetti delle piene dipendono solo in parte dall'entità delle stesse, in quanto grande influenza, a parità di precipitazioni sulla superficie complessiva del bacino, hanno da una parte la capacità d'invaso del Lago Maggiore (e dunque la durata e la distribuzione delle piogge nella parte nord del bacino) e dall'altra la capacità di smaltimento da parte del Po, il cui effetto si avverte, lungo il corso del Ticino, quasi fino all'altezza di Bereguardo.

1.1. Le piene del Ticino di rilevanza storica.

La piena più grande di cui si conservi memoria storica risale al 1865, anno in cui le portate del fiume, nel tratto sublacuale, raggiunsero i 5.000 m³/s (calcolo del De Marchi).

La seconda piena, per ordine di importanza, è proprio quella dell'autunno 1993, con un massimo superiore ai 2.500 m³/s (sempre misurati all'idrometro di Sesto Calende) raggiunto il 15 ottobre. Altri eventi di piena rilevanti (superiori ai 1.500 m³/s) si ebbero, nell'ordine:

2.200 m ³ /s	settembre 1981	1.676 m ³ /s	aprile 1986
2.000 m ³ /s	novembre 1951	1.630 m ³ /s	settembre 1960
1.810 m ³ /s	novembre 1963	1.570 m ³ /s	ottobre 1991
1.802 m ³ /s	maggio 1983	1.530 m ³ /s	ottobre 1976
1.770 m ³ /s	novembre 1968	1.520 m ³ /s	ottobre 1965

2. *La piena del Ticino dell'autunno 1993.*

La piena dell'autunno 1993 è stata la più grande di questo secolo e la più grande dal 1868: si può parlare, dunque, di tempi di ritorno dell'ordine dei 125 anni.

La piena è iniziata verso la metà di settembre, e culminata tra la fine di settembre e la metà di ottobre.

Il periodo di piena con portate superiori alla piena ordinaria (900 m³/s) è stato dal 24 settembre al 26 ottobre.

Le portate massime, superiori ai 2.000 m³/s, si sono verificate nei giorni:

9 ottobre	2.360 m ³ /s	14 ottobre	2.304 m ³ /s
10 ottobre	2.275 m ³ /s	15 ottobre	2.381 m ³ /s
11 ottobre	2.058 m ³ /s	16 ottobre	2.241 m ³ /s
13 ottobre	2.325 m ³ /s	17 ottobre	2.052 m ³ /s

[nota: le misure sono effettuate alle 9.00 a. m., alla diga della Miorina. Il massimo assoluto di circa 2.500 m³/s è stato raggiunto nel corso della giornata del 15.10.93].

2.1. *Lo studio della piena dell'autunno 1993.*

Data l'imponenza e la rilevanza storica, della piena dell'autunno 1993, il Parco, d'intesa con la Regione Lombardia che ha messo a disposizione uno specifico finanziamento, ha effettuato per l'occasione un rilievo aerofotogrammetrico lungo il corso di tutto il Ticino sublacuale.

Le riprese sono state eseguite dalla ditta CGR di Parma nei giorni 25 e 26 ottobre 1993, con portate nel fiume, rispettivamente, di 981 e 920 m³/s (all'idrometro della Miorina alle ore 9.00 a.m.).

Lo studio della piena è stato condotto dal personale del Parco del Ticino, a partire dalle osservazioni di campagna e dal rilievo aerofotografico.

Il lavoro ha riguardato il fiume Ticino a valle dei ponti di Boffalora, fino alla confluenza in Po (ponte della Becca) ed ha voluto evidenziare i seguenti aspetti:

a - alveo di piena del Ticino;

b - confronto con il corso precedente del fiume, con analisi delle variazioni intercorse tra il 1991 ed il 1993;

c - area interessata da fenomeni di esondazione delle acque del fiume nel corso della piena;

d - principali effetti della piena rilevati per via aerofotografica nell'area interessata dalle esondazioni.

È stato scelto questo tratto del fiume, corrispondente peraltro a più della metà (61 Km) dell'intero corso sublacuale, in quanto ritenuto più significativo sia per le condizioni morfologiche dell'alveo sia ri-

guardo ai fenomeni innescati dalla piena.

La definizione dell'alveo di piena è stata eseguita mediante interpretazione delle foto aeree.

Il confronto con il corso precedente del fiume è stato eseguito per comparazione con il precedente rilievo aerofotografico eseguito, sempre per conto del Parco del Ticino, il giorno 20 ottobre 1991, con portata di 684 m³/s.

Più che i fenomeni dinamici che interessano barre e comunque quanto compreso all'interno dell'alveo di piena, sono stati evidenziati i fenomeni erosivi a carico delle sponde stabili, in modo da avere indicazioni sulle dinamiche in atto ed individuare le aree maggiormente interessate dall'evoluzione del fiume.

L'area interessata dalle esondazioni è stata cartografata mediante rilievo di campagna, eseguito principalmente dal personale del servizio vigilanza del Parco. È stato rilevato il limite massimo raggiunto dalle acque nel corso della piena, e riportato su CTR 1:10.000.

Gli effetti della piena sono stati rilevati mediante interpretazione delle foto aeree: sono stati cartografati principalmente i riporti di materiali, le erosioni, la rottura di sponde dei corsi d'acqua verificatisi nei terreni allagati. I punti interessati da fenomeni particolarmente vistosi sono stati controllati mediante visite dirette.

I risultati del lavoro sono riportati nella tavola n. 1 **“alveo di piena del fiume, dei terreni inondati e dei principali fenomeni interpretati”**.

La base cartografica utilizzata è la carta tecnica regionale 1:10.000 ridotta 1:25.000.

L'alveo di piena è stato cartografato sulla base del rilievo aerofotogrammetrico, interpretando come alveo di piena lo spazio delimitato dalle sponde stabili e non soggetto a sommersione durante la piena ordinaria.

Le sponde stabili sono, ad esempio, quelle protette da scogliere e difese spondali, oppure quelle dove è evidente un preciso salto morfologico, o dove la presenza di vegetazione stabile ed evoluta indica la scarsa influenza dei fenomeni indotti dalle dinamiche fluviali.

Nei casi dubbi, dovuti principalmente alla mancanza di un limite morfologico preciso, la linea di riva è stata segnata mediante puntinatura.

All'interno dell'alveo di piena così definito, sono state segnate, sempre mediante puntinatura, le barre e le isole, generalmente identificate come formazioni morfologiche transitorie soggette alle alterazioni, trasporti e rimaneggiamenti dovuti all'azione del fiume.

Non è stata approfondita la stabilità nel tempo di tali formazioni, né, in generale, sono state cartografate in forma differenziata le barre boscate da quelle ghiaiose.

Ove particolarmente evidente, le isole stabili sono state segnate con linea continua, in quanto ritenute non soggette alle alterazioni causate dai movimenti del fiume e non facenti parte dell'alveo, ma da questo circondate.

Lo stesso metodo è stato applicato circa l'interpretazione del volo di ripresa del 1991: particolare attenzione è stata posta nell'identificazione dei tratti di sponda erosi durante i due anni intercorrenti

tra un rilievo e l'altro.

La sovrapposizione dei rilievi, che in questo testo non viene riportata per tutto il corso del fiume, sarà descritta più avanti in apposite schede di dettaglio predisposte al fine di evidenziare i tratti ritenuti più significativi considerati come casi campione.

2.2. Caratteristiche dell'alveo del Ticino nel tratto "ponti di Boffalora - foce in Po".

Le caratteristiche geomorfologiche del Ticino sono state descritte da E. Caroni e F. Maraga nello studio "modellamenti naturali di un corso d'acqua sublacuale in assenza di contributi laterali" (Bologna 1986, seminario "modelli dei fenomeni idraulico fluviali").

Il Ticino presenta tre forme caratteristiche:

A - la forma unicursale ad anse "costrette" (all'incirca i primi 30 Km);

B - forma pluricursale (per circa 50 Km);

C - forma unicursale meandriforme.

Le forme caratteristiche dipendono dalla pendenza media del tratto considerato e, dunque, dalla relativa granulometria dei materiali presenti. Lo studio presente si svolge nei tratti B e C della classificazione sopra riportata.

Il modello B (pluricursale) si sviluppa entro i depositi della piana alluvionale e presenta un canale di deflusso dominante, sempre attivo, con canali secondari variamente distribuiti, attivati in condizioni di piena ordinaria.

La forma C (unicursale meandriforme) si sviluppa negli ultimi 27 Km di percorso, con un unico canale di deflusso.

2.3. Risultati del lavoro.

2.3.1. L'alveo di piena.

Le considerazioni relative all'alveo di piena del Ticino riguardano essenzialmente la morfologia generale del fiume.

Le dimensioni medie dell'alveo risultano essere piuttosto ampie, con un marcato aumento della larghezza media a partire da nord verso sud, fino all'altezza di Zelata (Beregardo).

Da questo punto, il Ticino si restringe, fino ad assumere il carattere di fiume unicursale dal Mezzanone (Carbonara Ticino) fino alla foce in Po.

Utilizzando la divisione di Caroni - Maraga, vengono di seguito descritte le dimensioni medie dell'alveo nei tratti; ponti di Boffalora - darsena di Motta Visconti;

darsena Motta - ponte in barche di Bereguardo;
ponte Bereguardo - ponte della Becca.

Nel primo tratto, la larghezza media dell'alveo di piena è di m 589 con massimi: nella zona della Fagiania (Magenta), nel tratto compreso tra Cassolnovo ed il ponte di Vigevano, ed ancora presso il "bosco del Modrone" a sud di Vigevano. La larghezza media è qui di circa 1.100 m. I minimi, per contro, si riscontrano in corrispondenza dei ponti (di Boffalora e Vigevano) e nel tratto fra Besate e Motta Visconti, con circa 250-300 m.

Nel secondo tratto, la larghezza media è di m 337. Le larghezze massime, di 500 - 550, sono presso la stessa darsena di Motta Visconti (bosco Maina) e Zelata, le minime, di circa 150 - 200 m in corrispondenza del ponte di barche e a sud di Zelata.

Nel terzo tratto la larghezza media è di m 266. Le larghezze massime sono presso Cannarazzo (470 m) e al Molino della Valle (1.000 m), le minime, attorno ai 100 m, nell'attraversamento di Pavia.

2.3.2. L'area di esondazione del fiume.

L'area di esondazione del fiume è relativa alla piena di 2.500 m³/s (misurati allo sbarramento della Miorina).

I limiti dell'esondazione sono costituiti spesso dalla scarpata del terrazzo; è il caso di un lungo tratto, in sponda sinistra, da Besate fino alla foce in Po, ed in sponda destra da Boffalora fino al ponte di Vigevano.

A sud di Bereguardo (idrometro "dei Roverini"), in sponda destra, inizia l'argine detto appunto "dei Roverini", che prosegue verso sud fino a Zerbolò. Dalla Gaviola, infine, inizia l'argine che si raccorda con l'argine maestro del Po. L'argine ha costituito il limite delle acque di esondazione per il lungo tratto che arriva fino al Po. Mantenendo la stessa classificazione descritta in precedenza, le aree allagate sono state:

- Tratto lombardo tra i ponti di Boffalora ed il Comune di Cassolnovo (escluso); 793 ha (si considera solamente la sponda sinistra, lombarda).
- Tratto compreso tra il Comune di Cassolnovo e la darsena di Motta Visconti: 3.352 ha (entrambe le sponde).
- Tratto compreso tra la darsena di Motta Visconti ed il ponte in barche di Bereguardo: 1.227 ha (entrambe le sponde).
- Tratto compreso tra il ponte di Bereguardo e il ponte della Becca: 2.577 ha (entrambe le sponde).

Il totale delle aree allagate in sponda lombarda, nel tratto che inizia dai ponti di Boffalora, ammonta dunque ad ha 7.949.

Le aree di massima esondazione sono comprese tra il ponte di Vigevano ed il ponte di Bereguardo: ciò si deve in parte alla morfologia delle zone (maggiore distanza dalla scarpata del terrazzo, quote prossime a quelle dell'alveo del fiume), in parte all'efficacia dell'argine maestro del Ticino, che ha contenuto la piena nel tratto compreso fra Bereguardo e Pavia, in parte, infine, all'azione del Po che ha smaltito con efficacia i deflussi nel corso terminale del fiume.

2.3.3. *Gli effetti della piena.*

Come si è detto, sono stati riportati gli effetti rilevabili da aerofotografie, consistenti principalmente in erosioni e/o riporti di materiali solidi.

I risultati del lavoro sono riportati nell'allegata cartografia (tavola 1).

In generale, è possibile notare come i fenomeni principali si concentrino nella parte media del Ticino, nella zona che va da Abbiategrasso/Cassolnovo fino al confine con Pavia, con una netta prevalenza nelle zone poste a sud di Vigevano, presso Besate, nella zona tra Zelata e Bereguardo e nel Comune di Zerbolò ed infine nella zona chiamata "bosco del Mezzanone" in comune di Carbonara.

Più a sud i fenomeni erosivi sono meno evidenti: nel tratto compreso tra Pavia ed il ponte della Becca ha avuto influenza determinante la capacità di smaltimento del Po.

Veniamo ora alla descrizione dei principali fenomeni.

1. In sponda sinistra, tra i Comuni di Robecco S/N ed Abbiategrasso, nel tratto compreso tra la foce del "ramo Delizia" e l'imbocco del "ramo Corbellino". In questo punto, si è verificata una vistosa erosione spondale (in atto, tuttavia, da alcuni anni, e che la piena ha solo accentuato) che ha portato ad un arretramento della riva di circa 80 m. Gli effetti più rilevanti sono consistiti nella perdita di superficie forestale e nella distruzione del manufatto di scarico del depuratore "del Magentino".

2. In sponda sinistra, in Comune di Abbiategrasso, nel tratto compreso tra il canale scolmatore di nord-ovest e capanna vecchia: si sono verificate erosioni spondali, anche di qualche decina di metri, interessanti superfici boscate.

3. In sponda destra, nei Comuni di Cassolnovo e Vigevano, tra la loc. "Buccella" ed il "Molino del Longo": si sono verificate esondazioni ed erosioni superficiali su terreni agricoli, erosioni spondali di discreta entità (qualche decina di metri) allo sbocco del "ramo dei prati", a carico di terreni agricoli; problemi (essenzialmente di accessibilità) per l'insediamento ("casotte") posto immediatamente a valle del luogo. Anche in questo caso, la piena ha accentuato fenomeni già attivi da alcuni anni.

4. In sponda sinistra, immediatamente a valle del ponte di Vigevano: si sono verificate erosioni spondali ed esondazioni a carico di superfici boscate.

5. In sponda destra, a valle di Vigevano, nel tratto compreso fra il deposito della cooperativa muratori e la cascina Braghettona: si sono verificate erosioni spondali e la distruzione del residuo del grande pennello cartografato nel 1982 (vedi CTR); inoltre sono da segnalare erosioni quantitativamente poco rilevanti ma pericolose direttamente a ridosso della cascina Braghettona.

6. In sponda destra, in Comune di Vigevano, presa della roggia Castellana; si sono verificati erosioni e riporti di materiali ed il danneggiamento dell'edificio di presa della stessa roggia Castellana.

7. In sponda sinistra, fra Abbiategrasso e Besate: si sono verificati erosioni e riporti fra il Ticino ed il "canal Nasino" e lungo lo stesso

canale.

8. In sponda destra, in Comune di Vigevano, Bosco del Modrone, fra il canale Scavizzolo ed il Ticino: si è verificata la rottura della roggia "Selvatico", erosioni spondali di discreta entità (già precedentemente attive) a carico di superfici boscate; erosioni e riporti di materiali su terreni agricoli e pioppeti, di entità crescente procedendo verso sud.

9. In sponda sinistra, nei Comuni di Besate e Motta Visconti: si sono verificate erosioni e riporti su terreni boscati e pioppeti.

10. In sponda destra, Comune di Borgo S. Siro: si sono verificate erosioni e riporti su terreni forestali (bosco Salvadorino, bosco Bussolone), rottura di rogge fra lo Scavizzolo e il Canale Vecchio, con danni su terreni agricoli presso la Cascina Torricella.

11. In sponda sinistra, in Comune di Bereguardo, a valle della Zelata: verificata la rottura in più punti dell'argine presso la sponda del Ticino, e conseguente interessamento di terreni agricoli per erosioni e riporto di materiali.

12. In sponda destra, all'altezza di Parasacco: verificata la rottura di rogge secondarie con interessamento di terreni agricoli.

13. In sponda destra, Comune di Bereguardo, tra il ponte di barche ed il ponte autostradale: sono state verificate esondazioni, con riporto di materiali ed erosioni, sui terreni agricoli e pioppeti compresi tra l'argine ed il Ticino. Danneggiamento di difese spondali.

14. In sponda destra, tratto compreso tra il ponte autostradale ed il bosco San Varese. Verificate erosioni e riporti su terreni agricoli ed un fontanazzo sotto l'argine presso il canale Venara, in sponda destra.

15. In sponda destra, Comune di Carbonara al Ticino, Bosco del Mezzanone. Verificati importanti fenomeni di erosione e riporto di materiali, danneggiamento di difesa spondale, erosione per esondazione dei canali Venara e Mangialoca e rogge collegate. Vistosi effetti a carico di terreni agricoli.

16. In sponda destra, foce in Po del Ticino: verificate erosioni spondali, erosioni e riporti su terreni a pioppeto.

Si fa di seguito menzione di altri episodi legati alla piena del Ticino, anche se non rilevabili dalle foto aeree:

1. Ponte di Vigevano: la strada statale n. 494 è stata a più riprese allagata in Comune di Abbiategrasso, tanto è vero che il traffico è stato chiuso per qualche giorno attorno alla metà di ottobre.

2. Ponte in barche di Bereguardo: il ponte, già in condizioni non buone, è stato chiuso per danneggiamenti dovuti alla piena. Allo stesso modo, hanno ricevuto danni di una certa entità sia la strada proveniente da Bereguardo (S.P. 185) sia i due ponti della stessa strada sul canale Tavarnello.

3. Borgo Ticino (quartiere di Pavia): è stato parzialmente allagato attorno alla fine di settembre. Non ci sono stati danni rilevanti: è interessante osservare come gli allagamenti non si siano verificati in corrispondenza dei picchi massimi della piena (ottobre) ma in un momento di massimi relativi in cui probabilmente il Po non era in grado di smaltire l'afflusso dal Ticino.

2.4. Valutazioni.

Uno degli scopi delle osservazioni testè descritte è quello di definire una fascia di terreni a rischio idraulico: dove, cioè, la presenza delle attività dell'uomo è influenzata dai fenomeni legati alle dinamiche del fiume.

Uno dei dati immediatamente percepibili rispetto all'uso dei suoli in questa fascia è la destinazione forestale: destinazione determinata sicuramente dalla natura dei suoli stessi (ghiaiosi, poveri, molto drenati, acidi), dal regime di proprietà (spesso antiche riserve di caccia), ma sicuramente anche dalla facile inondabilità durante le piene del Ticino. La conservazione della foresta, dunque, può trovare una giustificazione razionale quale forma di uso del territorio compatibile con i rischi legati alla vicinanza con il fiume: i boschi, infatti, conservano perfettamente la loro funzionalità anche se periodicamente inondati e per contro impediscono il dilavamento e la distruzione dei suoli.

L'agricoltura, entro la fascia inondabile del Ticino, è stata resa possibile solo se adeguatamente protetta da opere di difesa, quali l'argine della Zelata, (che pare risalga all'epoca dei monaci Cistercensi) e l'argine dei Roverini, o lo stesso argine maestro che parte dalla Gaviola e si collega all'argine del Po. Si può rilevare, come vedremo più avanti, come l'uso del territorio sia stato condizionato, e programmato, nella storia, anche in funzione dei fenomeni legati alle dinamiche del fiume. Le cascate storiche, cartografate nel 1884 (prima carta IGM del Regno d'Italia), nella zona compresa tra Vigevano e Bereguardo sono poste esattamente al di fuori della linea di esondazione tracciata dalla piena del 1993, seguendo un allineamento molto regolare.

D'altro canto, cercare di descrivere la complessità dei fenomeni dinamici che si verificano durante una piena vuol dire considerare un numero piuttosto alto di variabili, su parte delle quali, peraltro, non possediamo dati sufficientemente approfonditi.

Nel citato lavoro di Caroni - Maraga, si afferma come l'alveo del Ticino, date le caratteristiche idrologiche uniformi (per l'assenza di consistenti contributi laterali da un lato, e dall'altro per l'azione regolatrice del lago), possa essere descritto attraverso parametri semplici quali la pendenza del fondo e le dimensioni medie dei materiali trasportati.

I modellamenti avvengono durante le piene: in $1.200 \text{ m}^3/\text{s}$ è stata fissata la soglia teorica delle portate oltre le quali avvengono significative modificazioni dell'alveo (portata formativa, portata dominante o "bankfull" sec. Lamberti, 1984), portate che per il Ticino possono essere assimilate come costanti lungo tutto il suo corso.

Date queste premesse, ci sembra lecito ipotizzare che siano rimaste costanti in periodi storici (dell'ordine dei 150 - 200 anni) le caratteristiche fondamentali dell'alveo, quali la pendenza del fondo e le dimensioni medie dei materiali di fondo, così pure come il regime idrologico (portate di magra e di piena). La forma del fiume, dunque, dovrebbe tendere ad una morfologia caratteristica che, pur in forma dinamica, tende a rimanere invariata in condizioni naturali.

È stata pure considerata, ai fini di questo lavoro, l'influenza degli attraversamenti (Boffalora, Vigevano, due in Bereguardo, quattro

in Pavia, ponte della Becca). È stato ipotizzato pure che tali opere, per le loro caratteristiche strutturali e, per parte di esse, per la preesistenza rispetto al periodo considerato, non esercitassero influenze determinanti ai fini di questa analisi. Vere e proprie traverse di consolidamento (punti fissi, cioè, che hanno diretta influenza sul profilo d'equilibrio dell'alveo) esistono solo ai ponti di Boffalora (all'inizio del tratto studiato) ed al ponte di Vigevano, ma in quest'ultimo caso l'opera è stata realizzata, o perlomeno modificata, recentemente, come avremo modo di dire più avanti.

Lo studio dell'influenza degli attraversamenti, comunque, come pure la ricostruzione della storia delle sistemazioni idrauliche sul Ticino, può essere oggetto di approfondimenti puntuali da effettuare successivamente.

I fenomeni innescati dalla piena, dunque, possono essere studiati in funzione della dinamica storica dell'alveo del Ticino, comparando lo stato del fiume in diversi periodi e studiandone l'evoluzione. Per questo motivo, è stato studiato il percorso del Ticino negli ultimi 150 anni, in modo da ricercare le possibili correlazioni con i fenomeni attuali e ricercare le cause principali delle modificazioni del corso del fiume non dovute a cause naturali.

3. Evoluzione del corso del fiume Ticino 1846-1993.

3.1. Metodologia del lavoro.

Per lo studio dell'evoluzione dei percorsi storici del fiume sono stati adottati come base cartografica i seguenti rilievi:

- "Prospetto delle isole ed alluvioni lungo il fiume Ticino tra gli stati Sardo ed Austriaco verificatesi nell'ottobre e novembre 1845 ed aprile 1846 a sinistra ed a destra del canale principale o prevalente..." scala 1:16.000.

- Carta d'Italia 1:25.000 dell'Istituto Geografico Militare, anni 1880 - 1884.

- Carta d'Italia 1:25.000 dell'Istituto Geografico Militare, rilievi dal 1880 al 1921, con vari aggiornamenti.

- Rilievo dell'alveo di piena 1993, Parco del Ticino, su rilievo aerofotografico in scala 1:20.000 circa. Base cartografica: C.T.R 1:10.000 ridotta 1:25.000 (1982).

Sono stati inoltre consultati i rilievi del Genio Civile (fiume Ticino 1:5.000 del 1967).

Dalla cartografia scelta è stato estrapolato l'alveo del fiume Ticino, insieme con i principali rami o canali secondari.

La successione delle soglie storiche è stata dunque rappresentata graficamente come sovrapposizione dei differenti percorsi del fiume. (tavola 2)

3.2. Risultati del lavoro.

L'interpretazione dei percorsi storici del fiume può essere esaminata sotto differenti punti di vista.

Uno riguarda lo studio delle dinamiche che hanno portato a variazioni del corso del fiume e la formulazione di ipotesi sulle cause di tali variazioni. Dati gli intervalli di tempo considerati e la ovvia carenza di informazioni circa i periodi più lontani dall'attualità, questo è un aspetto che verrà esaminato nelle schede di dettaglio di cui si è parlato in precedenza, e soprattutto in relazione ai periodi più recenti di cui si posseggono dati più abbondanti e precisi (ad esempio, rilievi aerofotografici).

È inoltre possibile studiare quali e quante siano state le variazioni relative alla superficie di competenza del fiume, intesa come area occupata dalle acque nelle condizioni cartografate. Anche in questo caso, rimandiamo alle schede di dettaglio per una valutazione

più approfondita di questo aspetto.

Uno dei risultati principali che scaturiscono da questo studio riguarda la definizione dell'area interessata dall'evoluzione del percorso del Ticino.

Tale area viene definita: *ambito di divagazione del fiume*, ed è intesa come area ricompresa fra i rami attivi del fiume nelle differenti soglie storiche.

È stata dunque prodotta una carta, su base CTR 1:10.000 ridotta 1:25.000, in cui viene identificato l'AMBITO DI DIVAGAZIONE DEL FIUME TICINO così come sopra definito (tavola 2).

Il confronto fra ambito di divagazione storico (ultimi 150 anni) del Ticino e l'area inondata durante la piena dell'autunno 1993 fa osservare come la linea di massima esondazione sia generalmente all'esterno dell'ambito di divagazione.

Ciò però non è del tutto valido per il primo tratto del fiume; dai ponti di Boffalora fino quasi all'altezza di Villareale (Cassolnovo) dove la linea di esondazione rimane all'interno dell'ambito di divagazione.

Non possediamo i dati relativi alla sponda piemontese: tuttavia è lecito supporre che siano sopraggiunte condizioni (ad es. lavori sistematori) che hanno modificato in maniera più o meno forte i limiti di esondazione del fiume: fra Cassolnovo e Cerano, per esempio, sono evidenti radicali modifiche dell'uso del territorio (vasche per la piscicoltura) e, per un certo tratto, ciò appare confermato dalla regolarità della linea di esondazione.

Nella maggior parte del percorso del Ticino, e cioè nel tratto che va dal limite comunale nord di Abbiategrasso fino a Pavia, la linea di massima esondazione si mantiene all'esterno dell'ambito di divagazione.

In alcuni casi le due linee coincidono: è il caso, ad esempio, del tratto in destra che va da Villareale fino ad oltre la cascina Braghettona, ove è evidente la presenza della scarpata morfologica, ed in sinistra dal confine nord di Abbiategrasso fino a Motta Visconti; ed ancora nella parte sud nella zona "Bosco del Mezzanone".

Appare dunque possibile definire una porzione di territorio entro cui è lecito aspettarsi una particolare rilevanza dei fenomeni legati alle dinamiche fluviali. Entro cui, dunque, ogni attività dell'uomo viene necessariamente condizionata dalla presenza del fiume.

Questo discorso può, come vedremo in seguito, essere approfondito attraverso lo studio dell'uso del suolo, storico ed attuale, identificando le località ove insistono gli insediamenti e le attività produttive.

Infine, mediante la sovrapposizione della carta dei percorsi storici con la carta ottenuta dallo studio della piena dell'autunno 1993, è possibile ricercare le eventuali relazioni tra i fenomeni innescati dalla stessa piena con l'evoluzione storica del tracciato del fiume.

3.3. Comparazione tra i percorsi storici del fiume e gli effetti della piena.

In relazione ai punti osservati (v. par. 2.3.3.) sono state formulate alcune ipotesi, che passiamo qui di seguito ad illustrare.

1. In sponda sinistra, tra i Comuni di Robecco S/N ed Abbiategrasso, nel tratto compreso tra la foce del ramo Delizia e l'imbocco del ramo Corbellino.

È notevole lo spostamento verso sinistra del ramo principale del Ticino, iniziato probabilmente da fine ottocento, ma particolarmente accentuatosi negli ultimi anni. Elementi da approfondire: l'influenza delle difese spondali costruite in sponda destra, a monte del tratto considerato.

È peraltro ben visibile il percorso di metà ottocento del ramo principale del Ticino, corrispondente all'attuale ramo Delizia: si nota, in generale, una cospicua riduzione dell'area interessata dai rami del fiume nel lungo tratto a monte della zona considerata.

2. Sponda sinistra, in Comune di Abbiategrasso, nel tratto compreso tra il canale scolmatore di nord-ovest e capanna vecchia. Situazione simile alla precedente.

3. In sponda destra, nei Comuni di Cassolnovo e Vigevano, tra la loc. Buccella ed il Mulino del Longo.

Si nota un marcato spostamento verso la sponda destra del corso del Ticino, assieme ad una cospicua riduzione dell'ampiezza dell'alveo. Allo stesso modo, si potrebbero supporre modificazioni della morfologia del fondo (forse legate ai lavori di costruzione e consolidamento del ponte), vista la presenza attuale di specchi d'acqua non cartografati in passato. La cosa richiede approfondimenti.

4. In sponda sinistra, immediatamente a valle del Ponte di Vigevano.

I fenomeni qui osservati parrebbero legati ad una complessiva modificazione del tronco considerato, in relazione quindi con quanto avvenuto a monte del ponte.

5. In sponda destra, a valle di Vigevano nel tratto compreso fra il deposito della cooperativa muratori e la cascina Braghettona.

È evidente la forte semplificazione del corso del fiume, e quindi la riduzione dell'area interessata da rami attivi. È pure evidente lo spostamento verso la destra dell'alveo principale, molto marcato, e le cui cause si possono probabilmente ipotizzare nell'intensa attività di escavazione in alveo svoltasi proprio sotto Vigevano, in queste zone, nella seconda metà del '900.

Si nota come la larghezza del fiume si sia ridotta ad 1/3 circa negli ultimi 70 anni, passando dai 1.500 metri del 1921 agli attuali 580.

La Cascina Braghettona è già presente nella carta del 1846: con ogni probabilità quella non era una zona, come lo è ora, direttamente interessata dai fenomeni delle dinamiche fluviali.

6. In sponda destra, in Comune di Vigevano, presa della Castellana. Si nota una marcata riduzione del primo tratto della stessa roggia.

7. In sponda sinistra, fra Abbiategrasso e Besate.

È stato cartografato come ramo principale del Ticino dal 1884 al 1921.

8. In sponda destra, in Comune di Vigevano, Bosco del Modrone, fra il canale Scavizzolo ed il Ticino.

È evidente la riduzione, in quantità ed in dimensioni, dei rami attivi del Ticino. Nel 1846, all'interno dell'attuale "bosco della lite" furono cartografati numerosi canali secondari di considerevole sviluppo e ramificazione.

A valle della cascina del Modrone la larghezza media del Ticino passa dai 1.050 metri del 1884/1921 agli attuali 475.

9. In sponda sinistra, nei Comuni di Besate e Motta Visconti.

Esistevano rami laterali, ora ridotti a lanche che non ricevono acque dal fiume.

10. In sponda destra, Comune di Borgo San Siro.

La situazione è simile a quanto descritto al punto 8. La larghezza media passa dai 1.350 metri del 1921 agli attuali 250 metri.

11. In sponda sinistra, in Comune di Bereguardo.

L'argine viene cartografato già nel 1846.

12 e 13. In sponda destra all'altezza di Parasacco e in Comune di Bereguardo, tra il ponte di barche ed il ponte autostradale.

In questo tratto è particolarmente evidente l'estrema semplificazione del corso del Ticino, ancora variamente ramificato intorno ai primi del '900, ora ridotto a fiume unicursale, più o meno fortemente canalizzato. Si ricorda che, a causa degli effetti della piena del 1993, questa è stata la zona economicamente più colpita, specialmente per i danni riportati dai ponti sulla strada provinciale e per il disagio causato ai pendolari.

Le larghezze medie del Ticino variano nel seguente modo (in metri):

<i>località</i>	<i>1884-1921</i>	<i>1993</i>
Zelata	1.200	550
C.ne Orsine	325	180
ponte di barche	325	200
ponte autostradale	500	250

Allo stesso modo, nei punti a nord di Zelata e a monte del ponte autostradale, raggiungeva i 1.800 metri nel 1884 e 1921, nel 1993 la massima larghezza è ridotta a soli 750 m alla Zelata.

L'area occupata dai rami attivi del Ticino, e da essi ricompresa, è ugualmente stata ridotta nella proporzione (in ettari):

1846	ha	726
1884/1921	ha	576
1993	ha	254

(le misurazioni sono state eseguite tra la linea Zelata - cascina Torricella e la linea Molino della Valle - Cascina Arpasanta).

La rottura della difesa spondale a valle del ponte in barche, in destra, si è verificata in corrispondenza dell'alveo cartografato fino al 1921.

14. In sponda destra, tratto compreso tra il ponte autostradale ed il bosco San Varese.

Si è verificato in corrispondenza dell'alveo cartografato nel 1846 e nel 1884.

15. In sponda destra, Comune di Carbonara Ticino, "Bosco del Mezzanone".

Il canale Mangialoca, su cui si sono verificate numerose rotture, era attivo fino al 1846. "Mezzanone", infatti, è toponimo ricorrente sul Ticino, così pure come "Mezzano, Mezzanino" anche su altri fiumi padani, e sta a significare isolone.

L'evidenza dei danni in questa località è pure imputabile all'estrema semplificazione, e riduzione, del Ticino presso Pavia, ove scorre incanalato, e costretto, per alcuni chilometri. Non si può fare a meno di pensare a cosa sarebbe potuto succedere nel caso che in concomitanza della piena del Ticino anche il Po si fosse trovato in una situazione critica: sono molto evidenti le preoccupazioni già espresse dall'ing. Mortoni, allora funzionario del Genio Civile di Pavia (1984) in merito all'estrema riduzione dei gradi di libertà del fiume nel suo tratto terminale.

16. In sponda destra, foce in Po del Ticino.

La morfologia dei luoghi è profondamente cambiata nel corso degli anni.

Il Ticino è "avanzato" verso il Po, attraverso un cospicuo riporto di materiali. Le erosioni verificatesi potrebbero rientrare in normali dinamiche fluviali, su terreni, considerati in effetti a rischio idraulico visto l'andamento degli argini.

4. Valutazioni ed interpretazione dei fenomeni studiati.

Alla luce dei dati raccolti durante la piena, è evidente come la gran parte dei fenomeni osservati si siano verificati in corrispondenza di sensibili riduzioni dell'area occupata da rami attivi del Ticino. La riduzione dell'alveo - inteso nella sua forma caratteristica a "trecchia" - può portare alla tendenza, da parte del fiume, ad occupare aree che in passato erano state interessate dalle divagazioni dei rami attivi, con fenomeni la cui gravità va posta in relazione con l'uso che l'uomo ha stabilito sopra queste porzioni di territorio.

In alcuni casi, i fenomeni osservati, siano essi stati innescati dalla piena o semplicemente da essa accentuati, non sono direttamente interpretabili attraverso questo modello: è però osservabile una generale modificazione del tronco del fiume nei tratti esaminati, ed una tendenza allo spostamento in una direzione o nell'altra che indicano come sia necessario approfondire l'analisi e ricercare le cause delle variazioni, in primo luogo nei lavori eseguiti per la regimazione idraulica del Ticino.

È possibile, inoltre, secondo questo modello, individuare un'area di rischio idraulico entro la quale l'uso del territorio deve essere verificato in funzione dell'evoluzione delle dinamiche del fiume. A livello pianificatorio, dunque, questi dati sono utili per stabilire quella "fascia di competenza del Ticino" entro cui il mantenimento delle condizioni naturali è vantaggioso sia per evitare danni economici a cose ed infrastrutture dell'uomo sia per mantenere aree di espansione del fiume che salvaguardino i terreni esterni da fenomeni imprevedibili e distruttivi.

Attraverso questo schema interpretativo è inoltre possibile elaborare modelli previsionali circa l'evoluzione del corso del fiume e lavorare dunque a livello pianificatorio per la programmazione delle opere di regimazione idraulica.

Secondo questo schema, tuttavia, le opere sistematorie devono necessariamente tenere conto delle caratteristiche naturali del fiume: nel futuro, a nostro giudizio, dovranno essere realizzate quelle opere che invece di diminuire l'ambito di divagazione del Ticino tenderanno ad eliminare vincoli stabiliti nel passato. Si tratterà dunque di "togliere" o di "lasciar fare" invece di costruire nuove opere.

5. Analisi e proposte d'intervento per alcuni tratti del fiume.

Per una più approfondita comprensione dei fenomeni in atto in zone di particolare interesse del Ticino, il lavoro prosegue con l'esame di alcuni tratti significativi del fiume.

Questo esame prenderà in considerazione sia l'evoluzione storica del percorso dell'alveo (ultimi 100 - 150 anni), sia i fenomeni studiati in seguito alla piena dell'autunno 1993, sia l'evoluzione recente, negli anni compresi tra il 1976 ed il 1993.

Verranno fatte considerazioni relative alle dinamiche in atto e possibili interpretazioni dei fenomeni osservati. Verranno infine formulate proposte di gestione dei tratti di fiume considerati.

Parte dei materiali disponibili per lo studio risulta dall'"indagine sull'assetto idrogeologico e la regimazione del fiume Ticino", (TEI s.r.l. 1982): ciò riguarda lo studio dell'evoluzione dell'alveo nel periodo 1880 - 1980 attraverso i rilievi IGM, Genio Civile (1967) e regionali (1980).

L'evoluzione dell'alveo nel periodo 1976 - 1993 è stata studiata anche in base alla documentazione aerofotografica disponibile presso il Parco del Ticino: si è fatto riferimento ai voli 1976; 1984; 1991 e 1993.

Lo studio è stato infine completato mediante osservazioni dirette, con rilievi e sopralluoghi di campagna; infine mediante informazioni elaborate sulla documentazione disponibile presso il Parco del Ticino.

Circa l'impostazione dell'analisi del fiume e soprattutto riguardo le proposte gestionali, è stato fatto riferimento alle elaborazioni ed ai dati contenuti nel "piano di settore acque" del Parco del Ticino lombardo, compilato nel 1986, con il coordinamento dell'ing. G. Civati.

Il metodo seguito è stato quello dell'analisi dell'evoluzione planimetrica dell'alveo nei tratti considerati, nella raccolta di dati circa le possibili cause dei movimenti del fiume (costruzione o modifica di infrastrutture, cave in alveo, difese spondali), nell'identificazione di erosioni, rischi o comunque dei principali problemi conseguenti a tali variazioni del corso; nella formulazione, infine, di ipotesi circa le cause dei fenomeni osservati.

I tratti che verranno esaminati nel corso del lavoro saranno:

- I. Tratto compreso fra l'attuale canale scolmatore di nord ovest ed il ponte di Vigevano.
- II. Tratto compreso tra il ponte di Vigevano e la presa della roggia Castellana.
- III. Tratto compreso tra Zelata e il ponte autostradale di Bereguardo.
- IV. Tratto del Ticino che attraversa la città di Pavia, fino allo sbocco in Po.

Per l'analisi, sono state prodotte due carte:

- Tavola dell'assetto idraulico del fiume (tavola 3)
- Tavola dell'uso del suolo della fascia prossima al fiume (tavola 4).

5.1. Tratto compreso fra il canale scolmatore di nord ovest ed il ponte di Vigevano.

Si fa riferimento alle tavole:

serie storica

uso del suolo

assetto idraulico

interventi

Dal 1883 al 1980 si verifica una marcata e drastica semplificazione del corso del fiume. Dalla presenza di due rami principali in sponda sinistra nel 1883, di numerose diramazioni e rami secondari in destra, si arriva al 1976 con la riduzione a due soli rami, che si uniscono a circa due chilometri a monte del ponte.

Dopo il 1976, si assiste ad una ulteriore semplificazione: vengono in parte eliminati i primi due chilometri del ramo di sinistra, il "ramo dei prati" presenta una soluzione di continuità sempre più marcata nella parte a monte rispetto al tronco principale del Ticino.

La situazione al 1993 presenta la riattivazione del canale di sinistra a valle dello scolmatore e la tendenza all'allargamento del canale di destra in parallelo al "ramo dei prati", con concomitanti notevoli fenomeni erosivi a carico della zona del Molino del Longo e della Riserva "La Buccella".

Le difese esistenti coprono un tratto di 4 Km in sinistra e 2 Km in destra, su una lunghezza delle sponde pari a 7 Km in sinistra ed altrettanti in destra. Il 43% delle sponde risulta quindi protetto.

Esistono altre difese lungo il ramo dei prati, a protezione di "casotte", non riportate in cartografia.

Parte dei fenomeni recenti osservati si verificano dopo la costruzione dello sbocco del canale scolmatore: è evidente, tra il 1976 ed il 1980, la forte riduzione del ramo di sinistra subito a valle del canale e, per il gioco di battute e controbattute (è molto indicativa la disposizione delle difese spondali) la trasformazione in alveo principale del ramo di sinistra in corrispondenza della loc. "Capanna vecchia".

Può essere in parte spiegata con questo schema anche la forte erosione presso il molino del Longo.

Intorno ai problemi di tipo idraulico che interessano la zona, è stata formulata l'ipotesi che lavori piuttosto recenti (1990) di consolidamento della traversa del ponte abbiano indotto modificazioni planoaltimetriche del profilo del Ticino sia a monte sia a valle del ponte stesso.

Non siamo in questo momento in grado di esaminare i dati relativi alle sezioni del fiume e della traversa: è dunque impossibile stabilire l'ordine di grandezza delle variazioni del profilo dell'alveo prima e dopo l'esecuzione dei lavori. È tuttavia evidente l'erosione

della sponda sinistra immediatamente a valle del ponte, così pure come l'effetto di trattenuta, dato il notevole salto, operato dalla traversa stessa. Effetto secondario, di importanza locale, è l'impossibilità di transito con le barche.

I principali problemi di gestione del tratto considerato riguardano attualmente:

- le erosioni di sponda e il rischio legato alle esondazioni del fiume su terreni agricoli nel tratto immediatamente a valle del canale scolmatore, in sponda sinistra;
- la gestione dell'uso pubblico e privato presso "capanna vecchia", in sponda sinistra, e quindi della darsena sul ramo Portichetto; le erosioni spondali nella riserva "la Buccella" e specialmente nella sponda presso il Molino del Longo, in sponda destra;
- l'esistenza di insediamenti spontanei ("casotte") fra lo stesso Molino del Longo e il Taraplino, in sponda destra, con annesse darsene.

Proposte di intervento.

Gli interventi proponibili in questo tratto del fiume riguardano:

- 1 - interventi pianificatori;
- 2 - interventi volti a ripristinare situazioni di maggiore libertà del fiume;
- 3 - interventi volti a difendere opere ed infrastrutture dell'uomo messe a rischio dall'evoluzione delle dinamiche fluviali.

1 - Gli interventi che riguardano la pianificazione consistono nella delimitazione dell'area di divagazione e delle fasce potenzialmente interessate dalle esondazioni.

L'area di divagazione del Ticino, individuata così come risulta in cartografia, consiste in 698.3 ha, di cui l'1,1% attualmente coltivata a pioppeto (7,8 ha) e lo 0,4% agricolo (3 ha), il resto occupato dal fiume e dal bosco. All'interno di quest'area è presente una costruzione (casino "Bosco Ochetta").

I vincoli principali sono costituiti dal canale scolmatore, dalle costruzioni di Capanna vecchia, dai manufatti scaricatori dello Sforzesco e dal ponte di Vigevano.

All'interno di questa area deve essere consentita ogni modificazione morfologica ad opera delle dinamiche fluviali. Gli unici interventi possibili riguardano la correzione di situazioni locali mediante la semplice movimentazione di materiale in alveo.

2 - Circa il ripristino di situazioni di maggiore libertà del fiume, proponiamo interventi:

a - di ripristino di collegamenti, ora ridotti o scomparsi, con rami laterali o canali del Ticino: all'imbocco del "ramo dei prati" e poco a monte del ponte.

b - di asportazione di difese spondali non funzionali al mantenimento dell'assetto naturale del fiume: poco a monte di "capanna vecchia" e poco a monte del ponte, in corrispondenza dell'apertura del ramo di cui al punto precedente.

c - di valutazione, attraverso studi approfonditi, della situazione determinata dai due vincoli principali del tratto: lo sbocco del canale

scolmatore e la traversa del ponte. Queste opere sono state probabilmente progettate senza una valutazione approfondita degli effetti idraulici sul regime del Ticino, determinando così modificazioni anche notevoli dell'assetto dell'alveo. Si potrà arrivare ad una ristrutturazione delle opere, prevedendo una modificazione sostanziale della forma.

Nel caso del c.s.n.o., è prevedibile l'attenuazione dell'effetto di brusca deviazione del filone principale della corrente del Ticino, mentre, nel caso del ponte, è proponibile la modifica del livello (e probabilmente della forma generale) della traversa:

3 - Il terzo livello di intervento riguarda le interferenze delle dinamiche fluviali con le attività dell'uomo.

La fascia occupata dalle acque con piene di 2.500 m³/s occupa un totale di 840 ha, di cui 142,1 esterni alla fascia di divagazione. In tale area di 142 ha attualmente il 12% è coltivato a pioppeto (17,4 ha), il 26% è agricolo (37,2 ha).

Le strutture presenti all'interno della fascia di esondazione, oltre a quelle citate in precedenza, consistono in costruzioni poste fra il canale scolmatore e ramo Portichetto e della "capanna nuova".

In primo luogo analizziamo le esondazioni, avvenute in caso di piena, sui terreni posti a sud del canale scolmatore, in sinistra. Tali esondazioni dipendono da fenomeni di evoluzione dell'alveo che hanno origine più a monte, nella zona presso la foce del Delizia. Il tratto relativo non è stato considerato in questa scheda, ma da osservazioni dirette è stato dedotto come risulti essere decisiva l'influenza di una difesa spondale presente in sponda destra, in Comune di Cerano (No), che ha indirizzato il filone principale della corrente in sinistra e causato la notevole erosione di un consistente tratto di sponda (foce del Delizia, bosco Scagno, ramo Corbellino). Il sistema complessivo composto da Ticino e rami laterali (ramo Corbellino, ramo Portichetto) è stato pesantemente alterato sia dalle opere di regimazione poste sulle sponde sia dalla costruzione del canale scolmatore che in pratica taglia in due la fascia di divagazione del fiume.

A ciò si aggiunga la costruzione, relativamente recente, di cascate e la messa a coltura dei terreni della zona, che hanno reso piuttosto fragile e complessa la situazione idrogeologica del luogo. Questo a conferma del fatto che ogni singolo intervento deve essere valutato nell'ottica complessiva dell'assetto idrogeologico della fascia di influenza del fiume e che la somma di tanti piccoli interventi fra loro scoordinati rischia di compromettere in maniera anche molto pesante la situazione generale.

Il secondo tratto che presenta problemi di gestione è la zona attorno a "Capanna vecchia", zona di valore turistico - ricreativo (ristorante, spiaggia e darsena). In questo luogo sono state costruite due difese spondali: una a monte del ramo Portichetto ed una presso la stessa "Capanna vecchia".

La prima difesa è stata costruita su di un ghiaione, in pratica sottraendo alle dinamiche del fiume una barra mobile. La seconda è stata probabilmente motivata dal valore sociale delle infrastrutture presenti, che costituiscono il "lido" di Abbiategrasso.

La situazione generale della zona va ripensata con attenzione, valu-

tando l'opportunità e la forma migliore per conservare le strutture della zona ed eliminando ciò che non ha ragione di esistere rispetto alle dinamiche del fiume. In particolare, la linea di difesa dovrà attestarsi al di fuori dei rami storici del fiume (ramo Portichetto), che debbono rimanere a disposizione della fascia di divagazione del Ticino.

Il terzo "nodo" della zona riguarda la riserva "Buccella" e la zona del Molino del Longo. Abbiamo visto la complessa serie di modificazioni del tratto del Ticino che parte dal canale scolmatore, modificazioni che hanno contribuito ad interessare nell'evoluzione dell'alveo aree che storicamente non ne facevano parte (Molino del Longo). Per questo motivo appare giustificabile un intervento di difesa spondale dell'area del Molino del Longo. La zona della Buccella, invece, costituisce un'isola, più o meno stabile, all'interno della fascia di divagazione del fiume, ed anche se è possibile identificare cause antropiche nei fenomeni descritti, non è opportuno pensare a consolidamenti della situazione attuale, al fine di non creare ulteriori vincoli ed effetti indesiderati.

Altro problema della zona, che qui trattiamo solo marginalmente, è costituito dalle costruzioni definibili più o meno come "tradizionali" (casotte), che pur facendo parte del colore locale sono legate ad una serie di problemi, quali il vincolo che hanno finito per diventare per l'evoluzione dell'alveo del Ticino, l'impatto paesaggistico, la situazione igienico sanitaria, la irregolarità rispetto alle vigenti normative edilizie. Si tratta inoltre di aree esondabili, dove non è opportuna la costruzione e il mantenimento di infrastrutture fisse.

5.II. Tratto compreso tra il ponte di Vigevano e la presa della roggia Castellana.

Si fa riferimento alle tavole:

serie storica

uso del suolo

assetto idraulico

interventi

Anche in questo tratto è evidente la marcata semplificazione del corso del Ticino. Il fiume presenta una forma piuttosto complessa e ramificata ancora nei rilievi del 1883, 1903 e 1922 mentre nel 1967 i primi 2,5 Km dell'alveo sono ridotti ad un solo ramo. L'ampiezza media dell'alveo passa da circa 1 Km a circa 200 - 250 m.

Il canale "del fortino" ed il canale "Nasino" (in sinistra) venivano alimentati direttamente dal fiume circa 2 Km a valle del ponte. Tale continuità viene interrotta nel periodo tra il 1922 ed il 1967.

La riduzione dell'area occupata dall'alveo prosegue fino ad oggi: dal 1976 il tratto compreso tra ponte e presa della Castellana è interamente unicursale e presenta un marcato e vistoso spostamento in destra in corrispondenza delle numerose cave in alveo che operavano in questa zona.

Particolarmente vistoso è il fenomeno di erosione in corrispondenza delle cave poste in destra 2 Km a valle del ponte: i laghi di cava del 1976 diventano alveo del fiume, con la distruzione del lungo pennello nel periodo tra il 1980 ed il 1993.

Questo spostamento dell'alveo ha posto a rischio la stessa cascina Braghettona, in destra, a circa 2,3 Km a valle del ponte, cascina cartografata già nel 1843 e situata allora a più di 300 m dall'alveo del fiume.

Le difese oggi esistenti sono ubicate pressoché totalmente in sponda destra e coprono una lunghezza complessiva di 3500 m su 4500 totali di sponda. In sinistra esiste una difesa in massi di qualche decina di metri a difesa della traversa di consolidamento del ponte ferroviario e stradale, esistono pure resti di una vecchia difesa subito a valle del ponte, ora in centro all'alveo attivo. Circa il 40% delle sponde risulta dunque difeso. Attualmente, i problemi maggiori di gestione di questo tratto del fiume interessano la sponda vigevanese, sia perché interessata dai fenomeni erosivi più rilevanti sia perché intensamente, ed in varie forme, urbanizzata. La causa principale dei fenomeni in atto è da imputarsi principalmente alla presenza, fino al 1980, di ben quattro cave in alveo e dunque alla prolungata e notevole estrazione di materiale.

A ciò aggiungasi la realizzazione recente dell'opera di consolidamento del ponte stradale e ferroviario, che esercita la funzione di trattenuta del materiale solido proveniente da monte e dunque impedisce il naturale riequilibrio dei "buchi" creati dalle cave.

La gestione di questo tratto del fiume si presenta piuttosto complessa, in quanto sono da tenere in considerazione:

- I fenomeni erosivi attivi, concentrati prevalentemente nel tratto in

destra a monte della C.na Braghettona e sotto la stessa cascina. Da ricordare la scopertura, causata dall'evoluzione dell'alveo del fiume, di una vecchia discarica probabilmente di rifiuti urbani posta presso le cave "Natale", e l'erosione del piazzale di un insediamento produttivo. Esistono altri problemi di carattere erosivo in sponda sinistra, ma sia la destinazione d'uso dei terreni del luogo (forestale - naturalistica) sia il fatto che tali terreni fanno parte dell'alveo del Ticino e dunque sono naturalmente sottoposti all'influenza delle divagazioni del fiume fanno sì che non si debbano prevedere particolari interventi.

- La derivazione delle acque del Ticino alla roggia Castellana, che presenta ogni anno un periodo fortemente critico nei mesi estivi.

- La presenza di numerose infrastrutture per il tempo libero (darsene, ristoranti) disposte lungo la sponda vigevanese nel tratto immediatamente a valle del ponte e presso la presa della Castellana (lanca dell'Ayala).

Proposta di interventi.

Gli interventi riguardano;

1 - interventi pianificatori;

2 - interventi volti a ripristinare situazioni di maggiore libertà del fiume;

3 - interventi volti a difendere opere ed infrastrutture dell'uomo messe a rischio dall'evoluzione delle dinamiche fluviali.

1. Indicazioni circa l'uso del territorio.

La delimitazione della fascia di divagazione del fiume interessa le aree poste in sinistra del Ticino per tutto il tratto considerato.

La fascia di divagazione interessa complessivamente 541 ha, di cui attualmente lo 0,4% agricoli (4,1 ha).

Per ragioni morfologiche e storiche questo appare il naturale ambito di divagazione del fiume; anche l'uso attuale del suolo è naturalmente indirizzato verso una gestione naturalistico - forestale.

La sponda destra, al contrario, è morfologicamente al di fuori dell'alveo, ed interessata da una parziale urbanizzazione (più o meno ordinata e razionale).

Allo stesso modo, la fascia esondabile interessa in larga misura la sponda sinistra, per cui appare indispensabile mantenere l'attuale uso quale più razionale per lo stato dei luoghi.

La fascia esondabile interessa complessivamente 588 ha, di cui attualmente lo 0,2% coltivato a pioppeto (1 ha) ed il 2,2% agricoli (13,2 ha).

La zona alluvionabile interessa in una certa misura alcune strutture poste immediatamente a ridosso del Ticino sulla sponda destra: a questo riguardo, può essere valutata l'opportunità del mantenimento di queste strutture (visto che le aree occupate non sono state storicamente interessate dall'evoluzione dell'alveo).

2. Interventi di ripristino di condizioni naturali dell'alveo.

Anche in questo caso gli interventi possibili riguardano principalmente la sponda sinistra. L'estrema riduzione delle ramificazioni del Ticino nel territorio abbatense porta ad ipotizzare opere volte a ripristinare la continuità tra il fiume, il canale del fortino ed il canale Nasino a valle.

Può essere progettato un canale di alimentazione che contribuisca ad alleggerire la pressione idraulica in sinistra, attivabile solo oltre un limite di portata corrispondente alle piene ordinarie. Il materiale di risulta sarà utilizzato per accelerare il riequilibrio del tratto del fiume.

Inoltre, deve essere valutata la possibilità di risolvere il problema di derivazione della Castellana anche attraverso l'asportazione della consistente difesa in macerie e calcestruzzo che protegge l'impianto di lavorazione inerti posto a monte della stessa presa. Questa difesa, oltre all'indiscutibile impatto negativo sul paesaggio, contribuisce ad allontanare la corrente dall'opera di presa causando l'erosione del fondo impedendo così il mantenimento di un livello delle acque compatibile con la captazione.

Recentemente è stata costruita una filarola (più o meno provvisoria) in corrispondenza dell'opera di presa, che produce effetti negativi sulle dinamiche del fiume, in quanto, se consolidata, può interferire in maniera assai pesante sui parametri idraulici dell'alveo. Limitare al massimo i materiali non movimentabili dalla corrente (massi di fondazione) attenua questo tipo di effetti negativi.

La filarola produce inoltre un impatto di una certa importanza sulla navigazione da diporto, limitando il passaggio in corrispondenza della strozzatura creata dall'opera.

In ogni caso, interventi di questo tipo devono sempre ricevere un'attenta valutazione, in modo da causare minime interferenze con le dinamiche del fiume.

3. Interventi di difesa delle infrastrutture.

Potrebbe essere opportuno proseguire con le opere di sistemazione spondale per tratti abbastanza consistenti della sponda vigevanese. Si tratta, generalmente, di ripristino di opere esistenti, giustificato dal fatto che sono estranee alla delimitazione storica dell'alveo.

È invece il caso di progettare interventi volti a risolvere problemi di ordine paesaggistico e di igiene ambientale. S'è accennato alla discarica scoperta dalle erosioni del fiume, lunghi tratti di sponda, inoltre, sono stati interessati in passato dallo scarico disordinato di inerti e macerie.

La sponda destra costituisce un luogo turistico di grande importanza locale: il "lido" di Vigevano merita una sistemazione ambientale consona al forte flusso turistico. Al proposito, sono da prevedere sistemazioni che facciano ampio uso di materiale verde, oltre che l'asportazione degli inerti e la bonifica della discarica.

S'è detto delle numerose darsene (quattro) disposte in questo tratto del Ticino. In questo caso, come del resto in tutte le darsene presenti sul fiume, il problema di sempre è quello di regolare il flusso delle acque, la cui portata non deve essere né troppo scarsa, per permettere la circolazione delle barche, né troppo elevata, per impedire fenomeni erosivi ed allagamenti. La cosa è difficilmente risolvibile su fiumi come il Ticino dove le portate variano dai 40 - 50 m³/s estivi ai 1.000 m³/s di media delle piene primaverili ed invernali, a meno di intervenire con complicate e costosissime operazioni (oltretutto di grande impatto ambientale) non giustificate dall'uso delle aree. La linea adottata dal Parco per risolvere il problema, che prevede periodiche movimentazioni di materiale all'interno dell'alveo, risulta alla fine la meno rischiosa e la più compatibile con lo stato dei luoghi.

5.III. Tratto compreso tra Zelata e il ponte autostradale di Bereguardo.

Si fa riferimento alle tavole:

serie storica

uso del suolo

assetto idraulico

interventi

In questo tratto, la riduzione della superficie occupata dall'alveo del fiume appare molto marcata. Le opere di contenimento e di regimazione hanno ristretto l'area occupata dai rami attivi del Ticino dai 720 ha della seconda metà dell'800 agli attuali 270 (diminuzione del 60%), l'ampiezza media del fiume è passata dai 1.100 m agli attuali 400, diminuendo dunque l'area disponibile alle divagazioni ed alle esondazioni, aumentando la rapidità del deflusso e creando strozzature di cui quella presso il ponte in barche è il caso più evidente.

La zona è stata interessata dalla costruzione di numerose e notevoli opere idrauliche, dagli argini alle difese spondali "comprimendo", per così dire, il Ticino in un letto di esigue dimensioni e favorendo il verificarsi di fenomeni non desiderati in occasione delle piene maggiori. La relativamente recente costruzione del ponte autostradale non ha fatto che accentuare tale tendenza, costituendo una vera e propria barriera al deflusso delle acque.

A fine '800 la parte nord del tratto in questione era divisa in tre rami principali, per una larghezza massima di 2 km, che si riunivano per formare un canale unico all'altezza delle casine Orsine. Nella carta del 1884 non sono più evidenti i collegamenti, ancora attivi nel 1846, con le lanche della sponda sinistra (canale Tavarnello, Bosco bruciato, lanca del Moriano).

Tra il 1921 ed il 1967 si assiste alla progressiva riduzione, fino alla completa separazione dal Ticino, del canale di destra, alimentato dal canale Scavizzolo. Il canale centrale scompare in parte, il canale di sinistra è molto ridotto, ed alimenta la lanca di Zelata.

Dal 1967 al 1976 il corso del Ticino si semplifica ulteriormente, con il taglio del meandro all'altezza di Zelata e la riduzione a tratto unicusale fino al ponte autostradale.

In tempi recenti la situazione appare consolidata: negli ultimi vent'anni non sono evidenti rilevanti fenomeni evolutivi, anche sotto l'azione di una piena rilevante come quella del 1993.

In questo tratto del fiume pressoché tutte le sponde appaiono difese. A partire dalla darsena di Motta Visconti (bosco Maina), fino al ponte autostradale, in sinistra sono difesi 7 Km di sponda su 8 (90%), in destra 6 Km su 8,5 Km (70%).

Le altre opere idrauliche importanti sono costituite dagli argini: dal più antico, che corre lungo il Ticino per circa 2.500 m tra Zelata e le C.ne Orsine, all'argine dei Roverini, che inizia proprio in

corrispondenza del ponte di barche.

I problemi gestionali più rilevanti del tratto in esame riguardano:

- la presenza del ponte in barche;
- il frequente (quasi annuale) allagamento dei terreni a nord ovest, tra il canale Vecchio e lo Scavizzolo;
- la gestione del flusso turistico nella zona del ponte di barche.

Proposte di intervento.

Gli interventi proponibili in questo tratto del fiume riguardano essenzialmente la definizione dei limiti della fascia di divagazione e della fascia esondabile. Interventi di ripristino di situazioni preesistenti appaiono allo stato attuale delle conoscenze dell'area difficilmente valutabili, in quanto le modifiche dell'assetto idraulico della zona sono state talmente pesanti e radicali da richiedere valutazioni molto approfondite e di carattere complessivo. Il criterio fondamentale dovrà essere quello di permettere un'evoluzione naturale delle dinamiche del fiume.

La fascia di divagazione del fiume occupa un'area di 598 ha. Al suo interno attualmente l'1,8% dei terreni hanno destinazione agricola (10,8 ha), il 10,9 è pioppeto (65,1 ha).

L'area di esondazione occupa una superficie di 1.051 ha. Nell'area di esondazione e fuori dalla fascia di divagazione, il 39,6% dei terreni ha destinazione agricola (179 ha), l'8,4% è a pioppeto (38 ha). Da notare, rispetto ai tratti precedenti, la maggiore superficie di terreni a rischio occupati dall'agricoltura.

L'inondazione periodica dei terreni posti a nord ovest ed a sud est è fondamentale nel mantenimento degli equilibri dell'alveo: queste aree svolgono la funzione di casse di espansione naturale delle piene del fiume. La destinazione d'uso forestale garantisce la massima protezione dei suoli esondabili: il bosco è dunque da mantenere, migliorare ed estendere attraverso tutti quegli interventi colturali che saranno necessari. È indispensabile tenere presente l'esondabilità delle aree in questione nella progettazione o nel miglioramento delle opere presenti: un caso molto evidente è fornito dalla s.p. 185 Bereguardo-Garlasco, che deve essere riprogettata, per questo tratto, rendendola compatibile con la funzione relativa al deflusso idrico che svolge la zona tra il canale Tavarnello ed il Bosco bruciato.

Limitati interventi possono essere ipotizzati a nord del tratto in esame: ripristinare migliori condizioni di deflusso del "canale vecchio"; recuperare il bosco e incentivare la trasformazione dell'uso (da agricolo a forestale) dei terreni di questa stessa zona. Anche nella fascia in destra compresa tra il ponte in barche ed il ponte autostradale, dove esistono tracce di un antico ramo del fiume oramai ridotto e parzialmente interrato, si può ipotizzare il ripristino del collegamento originario del piccolo ramo laterale del fiume e la trasformazione all'uso forestale della zona.

Più complesso appare affrontare i problemi legati al mantenimento del ponte in barche. Questa struttura, importante dal punto di vista viabilistico, ha valore storico indiscutibile e fornisce una nota molto caratteristica nel paesaggio della zona.

38 D'altro canto, la riduzione della sezione dell'alveo nella zona del-

l'attraversamento causa notevoli accumuli di materiale ghiaioso: il ponte, poggiando sulla ghiaia, risente di un deterioramento piuttosto rapido delle proprie strutture. I costi di manutenzione sono piuttosto alti e prevedono la periodica sostituzione dei barconi del ponte.

A parte la riduzione della sezione, molto evidente e ben definita anche dall'esame della cartografia storica, sarebbe opportuno verificare altri aspetti della questione poco studiati. Ad esempio, la morfologia tipica dei luoghi e la stessa esistenza dell'attraversamento, indicano come i fondali siano naturalmente di scarsa profondità: il galleggiamento delle barche può essere garantito solo con continui e costanti interventi di rimozione del materiale ghiaioso. Inoltre la difesa presente in destra, causa la deviazione del filone principale della corrente, approfondendo il fondo del fiume e restringendo la sezione di deflusso. Potrebbe essere opportuno ricostruire la "storia" del ponte, risalendo al progetto originale e, se possibile, rintracciare le vicende dello stesso nel suo - circa - secolo di vita, in modo da verificare se gli attuali problemi siano dovuti a modificazioni insorte più o meno recentemente.

È certo, comunque, che la presenza del ponte costituisce un vincolo piuttosto forte per le dinamiche del fiume, vincolo che contrasta con l'opportunità di mantenere, o di ricostruire, forme naturali dell'alveo.

Deve essere in primo luogo valutata l'ipotesi di minore alterazione dei parametri idraulici e dei valori naturalistici e morfologici dell'area, attraverso, cioè, interventi che prevedano la manutenzione del bacino di galleggiamento mediante la sola movimentazione dei materiali presenti nell'alveo. Ciò naturalmente implica una manutenzione costante delle opere dopo ogni piena che modifichi significativamente le sezioni di deflusso.

Terzo ed ultimo punto critico della situazione è costituito dall'uso turistico - ricreativo dell'area, che riveste grande importanza locale. L'uso ricreativo non può divenire premessa per la riduzione e la regimazione dell'alveo del Ticino, riduzione e regimazione che, oltretutto, verrebbero a detrimento di quei valori naturalistici ed estetici che sono la prima motivazione del flusso turistico.

Al proposito è assai discutibile l'ubicazione dei vari bar - ristoranti sorti lungo le rive del fiume: si tratta di strutture che rischiano di essere portate via ad ogni piena superiore alla norma e che costituiscono un vincolo non giustificato rispetto alle dinamiche del fiume. Oltre ad una improcrastinabile sistemazione estetico - paesaggistica, sarà necessario per queste strutture, che comunque saranno da considerare precarie, una volta verificata l'impossibilità della ricollocazione, prevedere modifiche che attenuino od eliminino il rischio di interferenze con l'evoluzione dell'alveo.

5.IV. Tratto del Ticino che attraversa la città di Pavia, fino allo sbocco in Po.

Si fa riferimento alle tavole:

serie storica

uso del suolo

assetto idraulico

interventi

La situazione idraulica del tratto pavese del Ticino è stata descritta molto puntualmente nel 1982, dal dr. Mortoni, allora funzionario del Genio civile per la provincia di Pavia, relazione che riportiamo, nei contenuti, pressoché integralmente.

“L’andamento del Ticino in Pavia è, rispetto alle caratteristiche naturali, assai anomalo: in corrispondenza della città il fiume si restringe, alla sezione del ponte coperto l’alveo subisce anche un’accentuata strozzatura, tale da ridurre drasticamente la sezione libera di deflusso. Ancora maggiore appare la riduzione della sezione a valle del ponte coperto, ove l’alveo si riduce a circa 75 m di larghezza.

L’esame dell’andamento planimetrico dell’arginatura in sponda destra del Ticino pone forti interrogativi circa la compatibilità di queste opere con l’efficacia dei deflussi in occasione delle piene, indicando una riduzione della sezione libera di deflusso a valori incompatibili con le portate relative.

Tali condizioni idrauliche causano un incremento dei processi erosivi di sponda e del fondo, come viene osservato dai Pavesi che osservano la scopertura delle palificate di fondazione dei bastioni medioevali e delle altre strutture, antiche o recenti.

Per una migliore comprensione delle condizioni del Ticino in Pavia, viene compiuta un’analisi storica dell’evoluzione delle sistemazioni idrauliche del fiume.

Il vecchio ponte coperto (ricostruito dopo la seconda guerra mondiale) fu edificato nel 1351, sui resti del preesistente ponte romano. Questo attraversava il ramo del Ticino, considerato principale, ma non unico quale è oggi. Secondo lo storico pavese Siro Comi al “ponte vecchio” in muratura, esistente già nel 1315, corrispondeva un ponte in legno più recente, poco più a valle, ed a questi due ponti corrispondevano altri due ponti sul ramo Gravellone, sec. Comi “non minore e forse maggiore del Ticino”.

Questa notizia, che trova poco riscontro nella tradizione cittadina, è tuttavia suffragata da numerosi documenti nei quali i pavesi richiedono fondi per ridurre le bocche del Gravellone, in modo da ridurre la tendenza del Ticino a spostare il proprio filone principale verso, appunto, il Gravellone. Ciò dimostra pure la funzione assolta in passato dal canale Gravellone, nel complesso sistema idraulico del basso Ticino.

Il sistema idraulico della città di Pavia è riportato nelle carte storiche: così la carta del Ballada del 1654, la carta del Deline (1656), che riporta le bocche del Gravellone: una di fronte all’abbazia di S. Lanfranco, una di fronte alla chiesa di S. Salvatore. Nella carta del barone di Anghelartdt (1752), il ramo di monte del Gravellone costituiva il confine tra il Regno sardo e l’Impero austro ungarico.

Risulta così confermata l'esistenza di un sistema idraulico assai complesso insediato sulla piana terminale del Ticino, fortemente influenzato dalle complesse interazioni dei due regimi fluviali che poco a valle si riuniscono. Le piene del Ticino fino al XVIII secolo defluivano attraverso un complesso sistema di canali ed un ampio territorio di libera espansione (il Siccomario: dal latino sicut mare, N.d.R.).

La situazione è rimasta tale fino ai primi anni del secolo scorso, quando iniziarono le imponenti opere di arginatura e regimazione dell'alveo. Già nel 1849, tuttavia, il Lombardini testimonia come tali opere, realizzate nel 1813, non indussero che apparenti mutamenti nel sistema idraulico e labili limitazioni alla libera espansione delle acque di piena. Vengono infatti descritti i continui lavori di riparazione e sopralzo degli argini, più volte distrutti dalle piene del Ticino, così pure come le opere di difesa dell'imboccatura del Gravellone (largo, allora, 60 m).

La piena del 1868 sopraggiunse a situazione pressoché immutata rispetto al 1846: con argini sommergibili, il Gravellone attivo in caso di piena, ma con l'esistenza della ferrovia Pavia - Torreberetti. Le acque della piena (la massima conosciuta) sormontarono gli argini di Campomaggiore e Canarazzo, travolsero ogni ostacolo, compreso il rilevato ferroviario, e dilagarono nel consueto territorio di espansione, fino al piede del terrazzo. In seguito a questi eventi, disastrosi e di forte impatto sull'opinione pubblica, venne creata una commissione ad hoc, che tuttavia non seppe valutare appieno le conseguenze della chiusura del Gravellone, individuando fra le principali cause dei danni la troppo limitata luce libera di deflusso al ponte coperto (950 mq).

Non fu data invece alcuna importanza all'elevata turbolenza delle acque di piena, dovuta alla successione di sezioni trasversali molto variabili (condizione ancora attuale), ed al fatto di aver realizzato le arginature in destra con andamenti dettati da ragioni difformi tra loro, riferibili prevalentemente alla difesa di interessi locali non sempre omogenei.

Il saliente del Borgo Ticino, costruito per evidenti motivi di difesa militare, in seguito all'innesto su di esso dell'argine continuo che ne impedisce l'aggiramento anche da parte delle acque di piena, ha determinato quella strozzatura ed eccessiva costrizione d'alveo tuttora in atto.

Nel periodo successivo fu realizzato l'argine "attraversante" (1873), che congiungeva il saliente del ponte coperto (spalla destra) con l'arginatura "Rottino - Rottone" (da notare quanto siano indicativi tali toponimi. N.d.R) e quella del basso Siccomario, con la chiavica del Gravellone furono poi completate le opere che ne attuavano la chiusura definitiva (1876).

La piena del 1907 ruppe l'argine destro a monte della ferrovia, e le acque del fiume si insaccarono nell'antica valle di espansione a ridosso dell'argine "attraversante". Per far defluire tali acque, l'argine venne tagliato: ma nell'ottobre successivo le acque del Ticino rifluirono nella zona, per effetto del rigurgito di una piena del Po.

Allo stesso modo, nel 1917 il rigurgito di una piena del Po causò di nuovo la rotta dell'argine destro fra il ponte ferroviario ed il ponte coperto. Si ripeté, in sostanza, quanto verificatosi dieci anni prima.

I successivi lavori di sistemazione idraulica videro l'impermeabilizzazione dell'argine, la costruzione dei nuovi assi stradali lungo il Ticino, con la conseguente linea di muraglioni e scarpate a fiume e l'avanzamento in alveo della nuova linea di sponda a monte ed a valle del ponte coperto, complessivamente più avanzata rispetto al profilo delle preesistenti mura spagnole.

Nel 1950 fu ricostruito il ponte coperto, con arcate aventi luci libere di deflusso più ampie ed adeguate a consentire il passaggio di portate maggiori. Con quest'opera si completarono le strutture più significative dell'assetto dell'alveo del

Ticino a Pavia.

La grande piena del novembre 1951 si formò come piena di rigurgito del Po combinata con una piena del Ticino dell'ordine dei 1700 - 1800 m³/s. Le strutture si dimostrarono adeguate al contenimento di una piena di portate non eccezionali, con velocità di deflusso limitate, ma eccezionalmente prolungate nel tempo. Per la prima volta il sistema arginale resse, ed i rigurgiti misurati a monte del nuovo ponte coperto rimasero contenuti in valori prossimi ai 15 cm.

Negli anni sessanta furono eseguite ulteriori riduzioni dei territori sottoposti all'espansione del fiume con la realizzazione dell'arginatura e la sopraelevazione della depressione del Ticinello compresa tra il ponte della ferrovia ed il ponte della libertà, in sinistra ed ad ovest della città, per consentirvi l'espansione dell'abitato di Pavia.

Nella primavera del 1981 si verificò l'ultima piena significativa del Ticino (superata poi dalla piena dell'autunno 1993 e, più ancora, dalla piena di rigurgito del novembre 1994. N. d. R). Si trattò di una piena propria del Ticino con portate dell'ordine dei 2.000 m³/s, caratterizzata da elevate velocità di deflusso e livelli idrometrici relativamente contenuti. Fu una piena molto severa per le opere di difesa a fiume del basso Ticino, che risultarono tutte gravemente danneggiate. Sembra possibile riferire a quell'evento il cospicuo incremento dell'attività erosiva di fondo con ulteriore abbassamento dei profili di fondo dell'alveo così evidente in questi anni.

Da questa rassegna, è possibile stabilire che l'alveo del Ticino entro la città di Pavia si è venuto a costituire prevalentemente dopo il 1813. Fino ad allora il Ticino defluiva prevalentemente attraverso due rami anche in regime di magra, mentre in piena si espandeva liberamente nel Siccomario. Dopo le imponenti sistemazioni della fine del secolo scorso, dopo i gravi danni del 1907, nessuna grande piena, posto il riferimento dei 2.500 m³/s, ha potuto verificare la tenuta delle opere di sistemazione successiva. Per contro, l'aver aggravato il compito dell'unico residuo ramo attivo del Ticino, ulteriormente ristretto dalle opere citate, concentrando tutte le portate del fiume, non sembra estraneo alla straordinaria accelerazione dell'attività erosiva e di fondo esercitata dal fiume, specialmente a Pavia. Ciò dimostra il processo di abbassamento dell'alveo, così dinamico dopo la piena del 1981”.

Abbiamo voluto riportare in maniera estesa la relazione del Mortoni, perché, oltre alla descrizione accurata, ci pare possa adeguatamente dimostrare la validità circa le funzioni dell'assetto idraulico naturale del corso del Ticino, tanto più importante quanto più sono notevoli gli insediamenti e le infrastrutture costruite a ridosso del fiume. Tra l'altro, la relazione è aggiornabile con i dati delle due recenti piene; è molto indicativo il confronto fra i relativamente modesti danni seguiti alla piena del 1993 e la straordinaria pericolosità della piena di rigurgito del novembre 1994. È molto importante sottolineare che la piena del 1993, massimo del secolo e punto di riferimento, circa le portate, per tutte le opere idrauliche progettate per il corso del Ticino, ha potuto scaricare gran parte della propria energia attraverso l'allagamento dei terreni posti nel medio corso del fiume; le eccezionali inondazioni tra Vigevano e Bereguardo hanno per così dire “salvato” Pavia, che si è invece trovata indifesa rispetto ad un sistema ben più complesso, ma sicuramente più artificializzato, quale quello del Po nel 1994.

La piena del Ticino del 1993, caratterizzata da portate elevate ma da deflussi relativamente rapidi, ha tempi di ritorno dell'ordine del secolo. La piena del Po del 1994 ha tempi di ritorno molto minori, dell'or-

dine dei 40 anni: eppure la crisi del bacino è stata, di fronte ad un evento meno eccezionale, di ben più ampia portata, con danni ed inondazioni gravissimi. È inevitabile il confronto fra i due fiumi; il Ticino conserva quelle fasce di espansione (di cui abbiamo sottolineato l'importanza anche con il presente lavoro) funzionali alla messa in sicurezza dei centri abitati; la stessa permanenza di un'area di divagazione del fiume garantisce un rallentamento del percorso delle acque di piena oltre che sezioni ben maggiori di deflusso. Ancora una volta si vuole così sottolineare l'importanza di una visione globale del bacino del fiume, visto come un corpo unico di cui devono essere conservate, e dove possibile ricostruite, le caratteristiche di varietà e di complessità e dove ogni intervento deve essere progettato tenendo in conto le influenze possibili sulle restanti parti del sistema.

Proposte di intervento.

La piena dell'autunno 1993 non ha causato gravi crisi nell'assetto idraulico del basso Ticino, crisi tuttavia innescate od innescabili a causa delle piene del Po, in relazione sia al rigurgito sia alla capacità di ricezione delle acque del Ticino.

Appare difficile, allo stato attuale delle cose, ipotizzare interventi volti a rimettere a disposizione del fiume aree di una certa consistenza attorno alla città di Pavia: preoccupano, tuttavia, le pressioni verso la costruzione di nuovi insediamenti in fregio al fiume o verso l'occupazione delle aree golenali residue. Ci sembra molto importante quanto meno mantenere l'attuale assetto territoriale: saranno anzi da ricercare tutte le aree di cui è possibile il recupero all'uso naturalistico e forestale (anche in funzione di un uso pubblico ricreativo) e garantirne la conservazione quali spazi di espansione delle piene del Ticino.

Trattare del problema del Po esula dalle nostre conoscenze: ci sentiamo in grado, tuttavia, di proporre che il problema della regimazione dei fiumi venga affrontato con l'approccio che abbiamo in questa sede proposto.

Nel caso del Ticino pavese, gli interventi proposti sono essenzialmente di due tipi:

1 - di carattere pianificatorio, volti al mantenimento, od al recupero, dell'uso estensivo, naturalistico - forestale, dei terreni posti a monte ed a valle della città.

2 - di tipo paesaggistico, volti alla sistemazione delle sponde cittadine con progetti congrui con il valore culturale, estetico e storico del Ticino in relazione a Pavia. Il carattere naturalistico di questi progetti sarà più accentuato nelle zone periferiche della città, fino a fondersi senza interruzioni con il paesaggio fluviale tipico di questo tratto del fiume.

Nell'ambito degli interventi del primo tipo, devono essere ricercate tutte le soluzioni volte a rendere disponibili al fiume le aree rivierasche. In particolare, esiste una linea di difesa realizzata negli ultimi anni (in parte in seguito agli effetti della piena 1993) nel tratto terminale del Ticino, in sponda destra, che contrasta la tendenza del fiume a rioccupare aree che una volta facevano parte dell'alveo. Riguardo a tale difesa, deve essere valutata la risistemazione della sponda destra in modo che i processi erosivi del Ticino possano interessare quella fascia di terreni posti attualmente fra gli alvei dei due fiumi e gli argini (del Ticino e del Po).

6. Conclusioni e considerazioni generali.

Questo lavoro costituisce la sintesi delle analisi tecniche e dell'esperienza condotte dal Parco del Ticino in 15 anni di lavoro sull'area del fiume. La piena - eccezionale - del 1993 è diventata una ulteriore occasione per l'approfondimento delle analisi dei fenomeni legati alle dinamiche fluviali, almeno per un tratto significativo così pure come per studiare alcune aree campione mediante osservazioni specifiche atte a formulare le relative proposte d'intervento.

Il bacino del Ticino sublacuale ha la particolarità di ricevere apporti laterali molto bassi: lo studio del regime idrologico può con sufficiente approssimazione riferirsi alle portate in uscita dal lago Maggiore. Anche gli apporti solidi, per lo stesso motivo, sono relativi alle sponde ed al fondo del fiume: è lecito dunque considerare il Ticino sublacuale come un sistema semplificato, entro cui i fenomeni legati alle dinamiche fluviali possono essere studiati prendendo in considerazione i fattori interni al sistema.

Questi fattori sono dunque:

- apporto liquido, pari ai deflussi dal lago Maggiore;
- trasporto solido, legato alla pendenza media del fondo ed alle caratteristiche dimensionali dei materiali del fondo e delle sponde.

Poiché è lecito presumere che tali fattori non abbiano risentito di notevoli variazioni nel corso degli ultimi 100 - 150 anni (fino a quando cioè sono disponibili documenti cartografici), è stato studiato l'attuale assetto planimetrico del fiume in relazione ai percorsi storici degli ultimi 150 anni, evidenziandone le variazioni.

Ne risulta un ambito piuttosto ben definito, limitato anche dalla presenza di elementi morfologici, entro cui il Ticino tende a spostarsi, ed entro il quale è possibile identificare una zona di stretta pertinenza del fiume. Anche sulla base di altri studi, attraverso la valutazione degli effetti della piena dell'autunno 1993 è stata identificata una certa prevedibilità dei movimenti dell'alveo entro questa fascia, a meno di sostanziali modificazioni planoaltimetriche indotte da attività ed opere dell'uomo.

Gli effetti della piena del 1993, forniscono un sostanziale apporto giustificativo alla definizione della fascia fluviale di pertinenza del Ticino. Lo studio ha evidenziato una serie di elementi che confermano la fondatezza delle ipotesi fatte in base all'analisi delle divagazioni storiche.

La definizione di questa fascia appare essenziale in quanto identifica la porzione di territorio di stretta pertinenza fluviale, entro cui è possibile mantenere, da un lato le sole infrastrutture di interesse generale (attraversamenti) e dall'altro favorire lo sviluppo degli ecosistemi naturali quale destinazione d'uso ottimale dei suoli dell'area così sottoposta a minor rischio di degrado in relazione ai movimenti del fiume.

L'identificazione di manufatti che sottraggono "gradi di libertà" al fiume viene eseguita anche per potere operare scelte progettuali di mantenimento o ripristino di caratteristiche di naturalità e libera espressione delle dinamiche connesse al regime idrologico.

Queste scelte devono anche tenere conto del costo economico e sociale per il mantenimento di tali manufatti.

Lo studio della piena del 1993 porta anche alla definizione di una fascia inondabile attorno al Ticino, fascia interessata da esondazioni relative a portate del fiume prossime ai $2.500 \text{ m}^3/\text{s}$, portate che hanno tempi di ritorno dell'ordine del secolo.

La definizione di questa fascia permette di valutare correttamente la compatibilità delle attività dell'uomo con il rischio, ad esempio erosivo, legato alle dinamiche fluviali.

Lo studio dei fenomeni citati e l'analisi dell'evoluzione dell'alveo del fiume hanno evidenziato come una corretta politica pianificatoria finalizzata al mantenimento del massimo grado di naturalità dell'ambito del fiume è una condizione indispensabile per garantire:

- un alto grado di sicurezza rispetto agli eventi idrologici anche di portata eccezionale;
- il mantenimento della complessità ecologica del sistema.

Le linee di intervento ispiratrici di una corretta pianificazione territoriale nell'area del fiume, intesa nel senso più ampio, devono essere:

- **la determinazione della fascia di divagazione dell'alveo;**
- **la determinazione della fascia di territorio interessata da portate di piena di $2.500 \text{ m}^3/\text{s}$;**
- **la determinazione della fascia di territorio interessata dalle piene di massima portata conosciuta, pari a $5.000 \text{ m}^3/\text{s}$.**

È forse superfluo ricordare che, in questo senso, l'uso ottimale del suolo in queste fasce è la destinazione forestale, anche non meramente protettiva: nell'autunno 1993 è stato ampiamente dimostrato come i boschi non siano stati danneggiati dagli allagamenti provocati dal Ticino, al contrario delle aree agricole o delle aree urbanizzate.

6.1 La fascia di divagazione dell'alveo.

L'alveo del fiume è inteso come superficie a disposizione delle divagazioni dello stesso (talweg), entro cui è da ricercarsi la massima espressione possibile delle dinamiche fluviali.

Ogni intervento volto a modificare i parametri fondamentali dell'alveo (pendenza, sezione, resistenza dei materiali) deve essere motivato ed attentamente valutato attraverso un bilancio ambientale in cui siano evidenziati i rischi di modificazione dei parametri citati a monte ed a valle del tratto oggetto degli interventi, delimitato in base a criteri oggettivi.

La delimitazione dell'alveo così inteso risulta dall'analisi delle divagazioni storicamente documentate del Ticino (curva di involuppo) per un periodo di 100 - 150 anni.

L'espressione delle dinamiche del fiume si traduce in pratica nella porzione di territorio entro cui agiscono due tipi di forze, fra loro legate: quelle che provocano continue evoluzioni nell'assetto planimetrico dell'alveo, con una continua modificazione delle forme delle barre e delle sponde e quelle che inducono modificazioni nel profilo altimetrico mediante l'erosione, il trasporto ed il deposito del materiale solido, sia del fondo che delle sponde.

Il paesaggio risultante dall'azione di queste forze è estremamente vario, sia nello spazio che nel tempo. All'interno dell'alveo esiste lo spazio per una continua evoluzione e modificazione degli ecosistemi caratteristici, tanto è vero che è forse più corretto parlare di una unica "grande unità" ecosistemica costituita da formazioni distinte, fra di loro collegate ed interdipendenti. Non è dunque giusto parlare, ad esempio nel caso di pie-

ne che inducono consistenti modificazioni nell'assetto planoaltimetrico dell'alveo, di "distruzione" di formazioni forestali, ma bensì di evoluzione dentro un sistema nel quale coesistono i vari elementi della successione ecologica. Insieme di biocenosi che, tra l'altro, considerati nel loro complesso, hanno caratteristiche di stabilità maggiori che non formazioni omogenee e dunque posseggono un maggior grado di resistenza agli stress ed a fattori turbativi esterni.

Il concetto può, a nostro giudizio, essere esteso per descrivere TUTTO il sistema del fiume come un grande ecosistema, in cui le singole parti ed i singoli fattori sono interdipendenti ed interagenti. La formazione di nuove isole, la modificazione di barre esistenti, le erosioni ed il trasporto solido, l'erosione dei querceti come la formazione dei saliceti e l'evoluzione degli stessi verso forme forestali più complesse, sono tutti elementi di diversità e di varietà, con un elemento comune di "stabilità dinamica" insito nelle caratteristiche e negli elementi costitutivi dell'ecosistema fluviale.

Questo concetto di "climax dinamico", tuttavia, è naturalmente influenzato, in misura molto rilevante, dalle attività dell'uomo, che agisce sia sui fattori abiotici che su quelli biotici dell'ecosistema

I fattori abiotici geomorfologici vengono modificati, talvolta in misura rilevante ed irreversibile, in tempi brevi mediante tutte le opere che causano variazioni nel trasporto solido e dunque nella pendenza media del fondo, e da tutte le opere volte a limitare la libertà di movimento delle acque.

Le opere di difesa spondale e di regimazione idraulica in generale hanno il fine di consolidare un assetto planimetrico la cui variazione ha una diretta interferenza con gli interessi dell'uomo, ma se da un lato impediscono l'erosione delle sponde, dall'altro causano un incremento della velocità della corrente aumentando l'erosione del fondo ed il trasporto solido.

Queste opere, inoltre, impediscono la divagazione dell'alveo, limitando, od addirittura annullando, il processo di trasformazione delle sponde e delle barre fluviali.

L'altra grande categoria delle opere idrauliche comprende gli argini, la cui funzione è quella di limitare l'area golenale (esondabile) del fiume. Nell'alveo non sono presenti argini, né naturalmente è possibile pensare di stabilirne.

La costruzione delle opere idrauliche corrisponde, di fatto, al tentativo di conquistare territori al fiume, limitandone l'area di competenza e "correggendone" il corso. Questo processo di conquista e di bonifica, che tra l'altro ha nei secoli reso possibile la coltivazione si può dire di tutta la pianura padana, incontra un limite quando l'esecuzione delle opere di regimazione e regolazione idraulica ha effetti su fattori non prevedibili (o meglio: non previsti) con la conseguenza che, in caso soprattutto di eventi eccezionali, vengono scatenati processi non controllabili. Dunque, la "colonizzazione" del territorio incontra un punto d'equilibrio, ed un limite invalicabile, laddove la compressione degli spazi disponibili alle dinamiche fluviali scatena una serie di effetti non controllabili, che si traducono poi direttamente in una gran quantità di danni, non solo economici e spesso non recuperabili. L'attuazione di un intervento su di un tratto del fiume ha, come abbiamo visto, effetti a volte molto imponenti a monte ed a valle. La semplificazione del sistema comporta la diminuzione del grado di complessità dello stesso e dun-

que un aumento del rischio di alterazioni irreversibili. A questo è collegato il rischio, effettivo, di modificazioni non prevedibili che hanno una diretta influenza con gli interessi dell'uomo.

Per questi motivi crediamo che tutti gli interventi di regimazione e regolazione idraulica vadano valutati sotto questa luce e secondo i principi di:

a - conservazione, o meglio aumento, del grado di complessità ambientale;

b - minimizzazione delle modificazioni dei parametri fondamentali (morfologici, idraulici) del fiume.

Nei casi in cui gli interventi siano ritenuti necessari e ne sia dimostrata la compatibilità con le caratteristiche del fiume, bisogna prevedere le opere di minor impatto possibile.

Si è stabilita una graduatoria di opere, partendo da quelle a minor impatto:

- 1. opere che prevedono la movimentazione di materiali in alveo;*
- 2. opere che tendono a rendere non disponibili al fiume i materiali costituenti le sponde;*
- 3. opere di radicale modifica dei parametri idraulici.*

1. opere che prevedono la movimentazione di materiali in alveo;

Le opere che prevedono la soluzione dei problemi di ordine idraulico mediante la movimentazione dei materiali appaiono quelle a minore rischio di impatto negativo, in quanto generalmente tendenti ad indirizzare forme naturali, senza introdurre od asportare materiali dall'alveo. I parametri fondamentali del fiume vengono influenzati solo in minima parte: non vengono causate alterazioni, almeno per tratti significativi, nelle forme caratteristiche, l'area delle sezioni può rimanere invariata, i materiali del fondo e delle sponde rimangono gli stessi.

2. opere che tendono a rendere non disponibili al fiume i materiali costituenti le sponde.

Le opere del secondo gruppo comprendono le difese di sponda, (le scogliere, ad esempio) radenti o sporgenti. Parte dell'impatto è determinato dai materiali usati: una difesa costruita prevalentemente con tecniche a verde, che sfrutta l'effetto consolidante degli apparati radicali delle piante, oltre che ad aumentare di per se stessa il grado di complessità e di varietà del sistema per l'introduzione di forme biologiche, presenta il vantaggio di costituire un'opera costruita con materiali che naturalmente si trovano nel luogo, od in luoghi simili. Questo tipo d'intervento è anche, entro certi limiti, meno rigido e potenzialmente meno stabile (dunque meno vincolante) rispetto ai fenomeni delle dinamiche fluviali.

Difese radenti in materiali rigidi (massi ciclopici, pietrame o, nel peggiore dei casi, calcestruzzo), difese sporgenti costruite con gli stessi materiali o limitate escavazioni hanno un impatto più forte, in quanto pongono un vincolo piuttosto duraturo all'interno dell'alveo e tendono a modificare permanentemente l'assetto planoaltimetrico.

È molto importante valutare, nella fase di progettazione di queste opere, l'effetto a valle (ed, in certi casi, a monte): le scogliere, con l'incremento della velocità della corrente, tendono ad accentuare gli effetti di

una curva, causando generalmente uno spostamento del filone principale della corrente e dunque scatenando processi erosivi nella sponda opposta, a valle dell'opera. La costruzione di difese pone le premesse, nella maggior parte dei casi, per la costruzione di altre difese. Per questo, a lungo andare, la tendenza è quella di consolidare lunghissimi tratti del fiume, con una graduale ma irreversibile modifica dei parametri idraulici fondamentali e dunque con lo stravolgimento delle forme naturali dell'alveo.

Effetti più rilevanti sono causati dai pennelli, in modo direttamente proporzionale alle loro dimensioni ed alla profondità con cui si spingono nell'alveo.

3. opere di radicale modifica dei parametri idraulici.

La terza classe di opere riguarda quelle che prevedono una radicale modifica dei parametri idraulici. Si tratta, ad esempio, della costruzione di traverse, delle escavazioni in alveo, delle rettifiche.

Interventi di questo tipo hanno quasi sempre effetti a medio e lungo termine che non sono prevedibili: è con esse connaturato un alto grado di rischio. Le modificazioni indotte nell'alveo del fiume possono avere conseguenze di dimensioni amplissime a grandi distanze ed anche dopo molto tempo: ad esempio, possono accadere avvenimenti altamente distruttivi in occasione di piene anche non di portata storica.

Gli interventi di questo tipo devono essere in generale vietati lungo il corso del Ticino, sia per l'inevitabile influenza legata ad elementi non controllabili del sistema, sia per l'imprevedibilità dei fenomeni che possono essere scatenati dall'attuazione di queste opere.

Il Ticino, come noto, non presenta in pratica apporti solidi né da monte né laterali. Tutto il materiale trasportato e depositato proviene dal fondo e dalle sponde del fiume: è logico aspettarsi che ad ogni estrazione di materiale corrisponda un incremento delle erosioni a monte (ed entro certi limiti a valle) del tratto interessato dagli scavi.

L'asportazione di ghiaia causa dunque la rottura di un equilibrio fra scavi e depositi, con un conseguente aumento degli scavi. In questo modo vengono interessate in misura rilevante le sponde del fiume, e vengono messe a rischio tutte le infrastrutture (ad es. i ponti) fondate all'interno dell'alveo.

Altra conseguenza molto rilevante dello scavo in alveo è l'abbassamento delle falde, e di conseguenza il degrado di tutti quegli ecosistemi che si instaurano lungo il fiume in corrispondenza di particolari condizioni geopedologiche.

Un aspetto poco considerato in questo ambito è l'apporto di materiale solido nel grande bacino del Po: crediamo sia importante inquadrare anche in un'ottica più vasta gli equilibri di cui il Ticino è parte, in cui questo fiume svolge una funzione rilevante in termini qualitativi e quantitativi. L'escavazione causa un'alterazione drastica delle forme naturali e tende a rendere unicursale il Ticino anche dove questi presenterebbe la caratteristica forma a treccia (il tratto a sud del ponte di Vigevano è molto indicativo). L'escavazione opera dunque una semplificazione del sistema generale, una riduzione del grado di complessità e di diversità ambientale.

Un altro elemento che induce a considerare questo tipo di interventi con estrema prudenza è la carenza di dati specifici circa le condizioni

del fiume. Sono poco conosciute le evoluzioni del profilo altimetrico di fondo, sono poco studiati i fenomeni correlati alle dinamiche del fiume nel bacino del Ticino.

Può essere considerata sotto un differente punto di vista la questione delle escavazioni al fini di regimazione idraulica. Tali escavazioni, anche se di modesta entità, devono essere attentamente valutate al fine di stabilire gli effetti delle stesse nei tratti a monte ed a valle del luogo interessato dai lavori. In generale, ci sono forti riserve sull'attuazione di tali interventi all'interno dell'alveo del fiume, almeno fino a quando non saranno sufficientemente studiati i dati relativi all'evoluzione dell'assetto morfologico. In casi particolari, in presenza di forti vincoli non risolvibili al momento in maniera diversa, può essere ammesso un intervento di regimazione mediante escavazione, fermo restando il fatto che si tratta di interventi temporanei, non risolutivi, che non devono diventare, almeno per il Ticino, forma abituale di regimazione idraulica.

Può essere invece ammissibile un intervento di riattivazione di antichi percorsi del fiume, attentamente valutato e compreso in progetti di ampia portata, volto a risolvere problemi idraulici attraverso il recupero di condizioni morfologiche ed ambientali secondo i due principi sopra enunciati: la ricostruzione delle forme naturali del fiume e l'aumento del grado complessivo di varietà e complessità.

Per fare un esempio concreto, può essere opportuno scavare materiale ove sia stato chiuso, anche mediante l'intervento dell'uomo, un ramo del fiume, o dove sia stata eliminata una lanca od una diramazione.

6.2 Le fasce esondabili con portate rispettivamente di 2.500 e 5.000 m³/s.

La fascia di esondazione corrispondente a portate di 2.500 m³/s è stata cartografata mediante il rilievo dell'autunno 1993. Eventi di questo genere hanno tempi di ritorno dell'ordine del secolo.

La fascia che può essere interessata da esondazioni assolutamente eccezionali, dell'ordine dei 5.000 m³/s è per ora solamente teorica (per fortuna). Eventi di questa portata hanno probabilmente tempi di ritorno dell'ordine di qualche secolo: l'unica piena storicamente documentata, e la cui portata è stata ricostruita per via teorica, è avvenuta nel 1865.

La previsione di tale fascia è tuttavia uno studio molto importante, soprattutto se posto in relazione con i valori ambientali ancora presenti nel paesaggio del bacino del Ticino. Essa sottolinea, e valorizza, l'importanza delle fasce forestali e naturalistiche presenti lungo il fiume, mantenutesi nel corso della storia e conservate fino ai giorni nostri.

È chiaro che la previsione dei limiti di piena fornisce una indicazione fondamentale sul grado di rischio all'esondazione delle strutture ed attività presenti nelle aree circostanti il fiume, o che la previsione delle divagazioni del Ticino fornisce elementi di supporto alla pianificazione urbanistica territoriale. Tali informazioni, prevalentemente di tipo idraulico, possono essere arricchite da studi particolareggiati in differenti settori, in modo da arrivare a stabilire quale è la destinazione d'uso ottimale, ed anche economicamente più conveniente, delle fasce interessate dai fenomeni legati alle dinamiche fluviali.

50 Nella fascia interessata dalle piene fino a 2.500 m³/s si deve gradual-

mente giungere all'uso forestale, anche in senso produttivo, mentre l'attività agricola deve essere posta in relazione con il rischio di esondazione e di erosione. Parte dei terreni posti lungo il fiume, tra l'altro, posseggono caratteristiche chimico - fisiche tali da rendere talora sconsigliabili alcuni sistemi di coltivazione: così, mentre può essere compatibile la coltura industriale del pioppo, o talvolta il prato stabile, o comunque delle colture che garantiscono una copertura permanente del suolo, il seminativo è in alcuni casi economicamente non conveniente, se non con adeguate ed attentamente valutate opere di difesa (argini). Sono possibili, peraltro, attività di tipo ricreativo che prevedano strutture leggere, preferibilmente temporanee, progettate anche in funzione di possibili esondazioni.

Nella fascia che può essere interessata da piene di portata eccezionale (5.000 m³/s) può essere valutata l'opportunità del mantenimento dell'attività agricola, sottoposta ad un rischio periodico che ha però tempi di ritorno superiori al secolo. In nessun caso, comunque, vanno previsti insediamenti di tipo urbano od industriale.

Le valutazioni espone in questa sede, tuttavia, vanno necessariamente arricchite e confrontate con analisi di altro tipo: la pedologia descrive accuratamente i tipi di suolo presenti nelle fasce ipotizzate e prevede distinte classi di capacità d'uso, le scienze forestali forniscono un supporto per la valutazione delle classi colturali e dei tipi di bosco più idonei a vegetare, ed a produrre, nelle fasce di competenza fluviale.

Il mantenimento di fasce fluviali, e di zone in cui vengono conservati i tipici ecosistemi perifluviali, garantisce l'esistenza di casse di espansione naturali destinate ad accogliere le acque di piena in caso di eventi non comuni.

È stato ricordato come, nell'autunno 1993, le acque abbiano inondato una vasta porzione di territorio compresa tra Vigevano e Carbonara Ticino: è facile immaginare quale sarebbe stato il volume d'acqua che avrebbe investito Pavia nel caso il Ticino non avesse scaricato parte delle proprie portate in questa zona.

Anche per questi motivi, crediamo non debbano essere costruite opere di contenimento delle piene (argini) al di qua della linea di massima esondazione.

Ogni intervento pianificatorio, in ogni caso, deve essere ricompreso nella valutazione a più vasta scala che ricomprende l'intero bacino del fiume Ticino e considerato nella visione globale e nella complessità delle relazioni con gli altri fattori. Anche questa scala può essere talvolta insufficiente: si è visto, ad esempio, come nell'analisi del tratto terminale del fiume non sia possibile, e non solo per quanto riguarda gli aspetti idraulici, prescindere dalle influenze determinate dal Po.

Allo stesso modo deve essere tenuto presente il fatto che il mantenimento o la ricostruzione della complessità ambientale è funzionale al raggiungimento di quell'equilibrio che garantisce la maggiore stabilità del sistema.

L'influenza del fiume sul livello delle falde, la serie di biocenosi che si stabiliscono in corrispondenza di ogni tipo geomorfologico e microclimatico; la rete idrica superficiale costituita dal fiume, dai propri rami attivi od in via di abbandono, dalle lanche, dai rami laterali e dalle risorgenze; le aree di espansione delle piene ed i materiali trasportati, erosi o depositati dalle acque, sono alcuni degli elementi, qui presi in considerazione, che fanno parte di questa complessità. Ogni intervento volto a

modificare questi elementi ha una diretta influenza sugli altri e le modificazioni indotte sono nella maggior parte dei casi irreversibili.

La conservazione delle caratteristiche ambientali del Ticino, qui affrontata principalmente dal punto di vista della regolazione idraulica e della pianificazione territoriale, deve essere comunque valutata anche in funzione del mantenimento o, dove possibile, del recupero dei valori ambientali e di tutte quelle caratteristiche che contribuiscono in maniera sostanziale a formare il paesaggio fluviale: gli ecosistemi legati al fiume, le formazioni vegetali e le comunità animali che fanno parte di questi ecosistemi; le acque, anche in funzione del mantenimento e del miglioramento delle caratteristiche quantitative e qualitative; infine le attività umane, intese come forma migliore e più lungimirante di uso e godimento dell'ambiente.

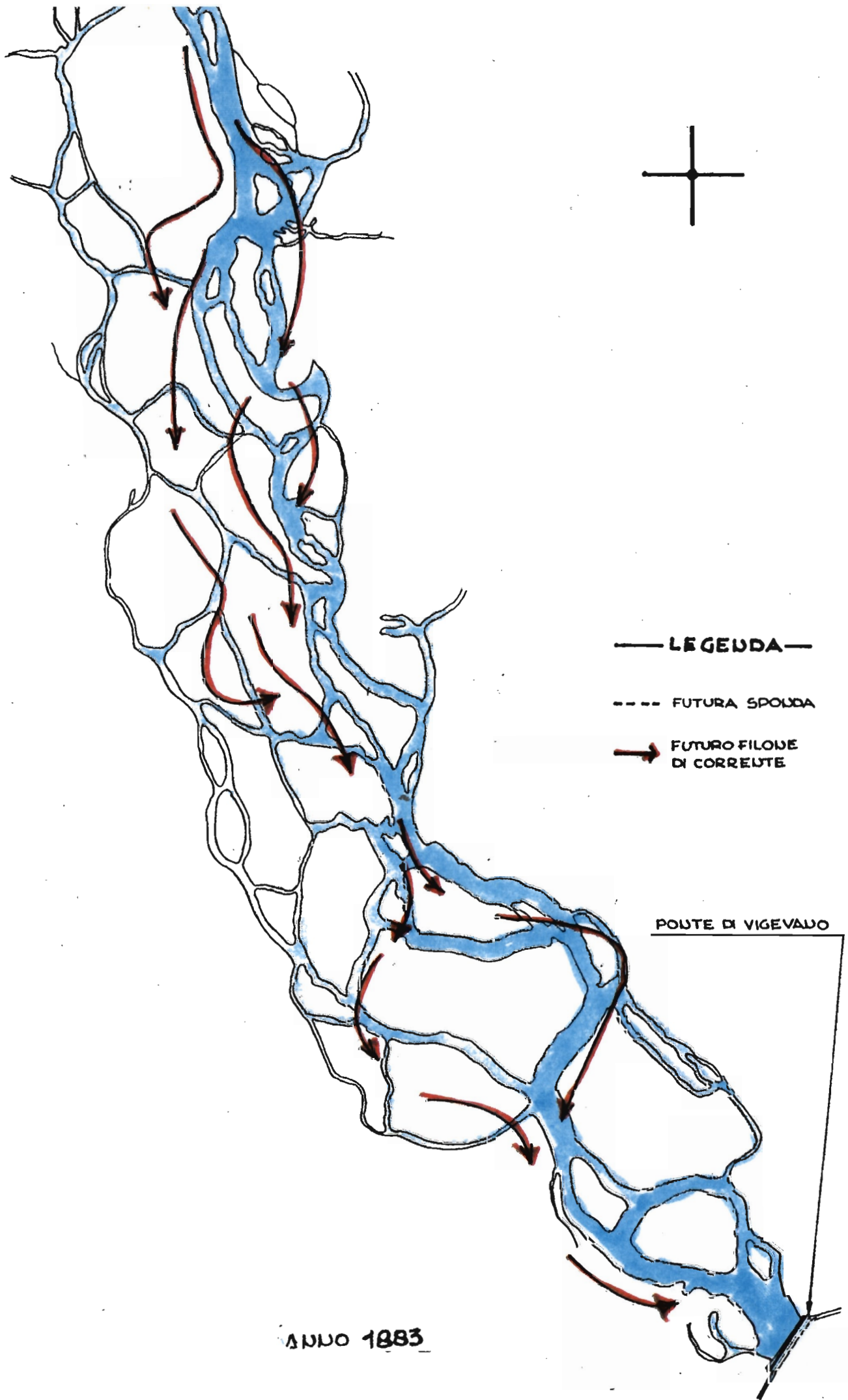
Per costruire uno schema di analisi ed interpretazione dei fenomeni fluviali e per definire il quadro degli interventi possibili sono stati adoperati alcuni concetti elaborati dalle scienze dell'ecologia. Varietà è diversità, a partire dalle caratteristiche fisiche dell'ambiente, sono i principi fondamentali su cui confrontare ogni intervento progettato nell'ambito del fiume e del bacino.

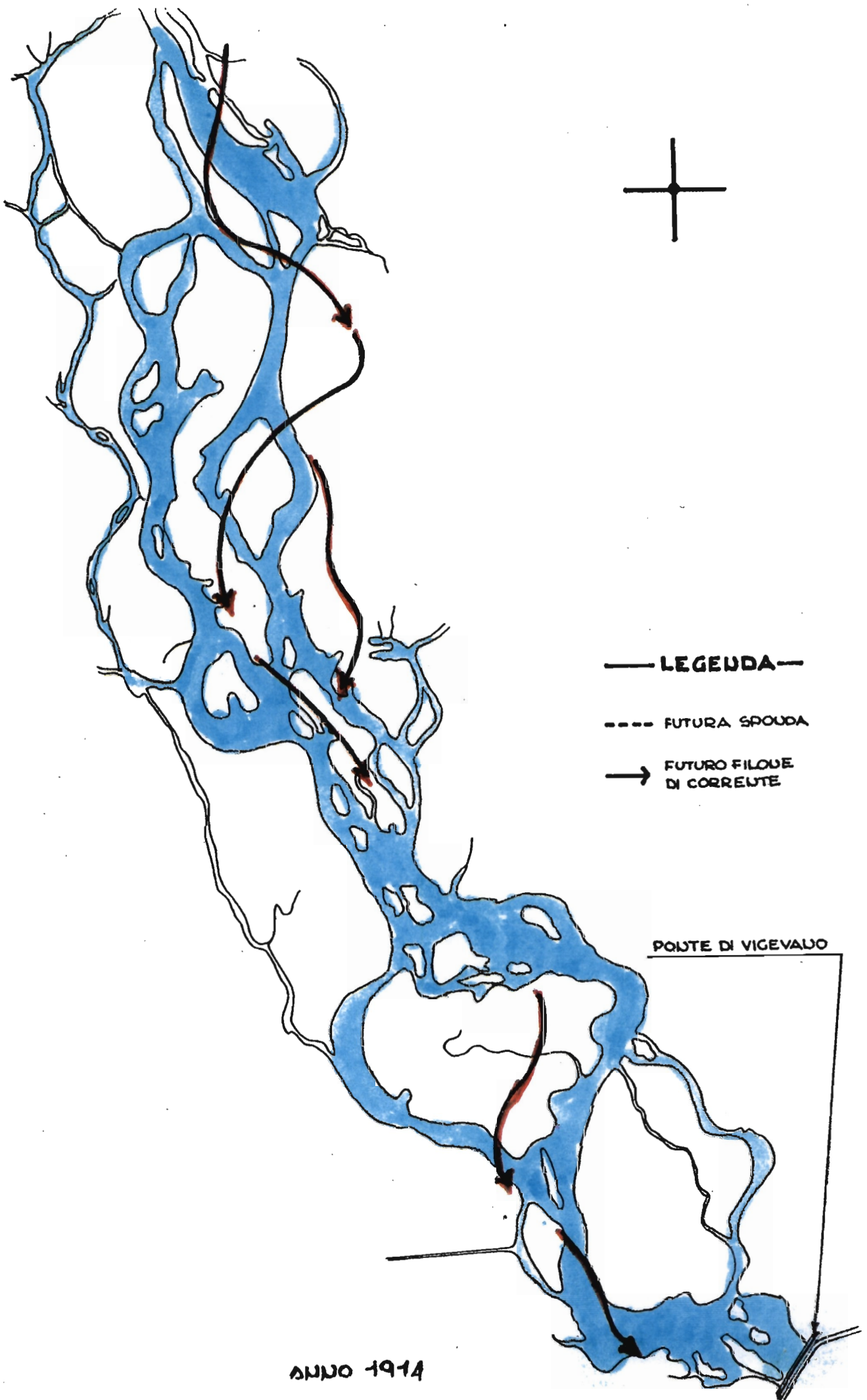
Ciò implica, come abbiamo visto, anche il mantenimento ed il recupero di quegli habitat tipici del Ticino: dai saliceti che colonizzano i ghiaioni, alle brughiere in equilibrio con le condizioni pedologiche delle sponde del fiume, agli ontaneti tipici della fascia dei fontanili e delle sorgenti della scarpata del terrazzo, ai quercu-carpineti tipici dei suoli più evoluti, nelle differenti forme corrispondenti alle diverse fasi evolutive. Ogni formazione vegetale ed ogni settore del paesaggio presenta proprie e caratteristiche comunità animali, che a loro volta stabiliscono reti di relazioni e di rapporti fra di loro e con gli altri componenti dell'ecosistema. È inoltre molto importante considerare l'influenza determinante di riequilibrio svolta dagli ecosistemi naturali sulle modificazioni negative indotte dall'uomo: basti pensare al grandissimo potenziale autodepurante dei corsi d'acqua, potenziale direttamente proporzionale alla complessità ed alle varietà geomorfologiche e degli ecosistemi correlati. La semplificazione del percorso delle acque (ad esempio con l'eliminazione di rami laterali, o con l'aumento della velocità della corrente) riduce gli scambi con l'esterno del corpo liquido, diminuendone gli scambi gassosi e la facies di contatto con il terreno. Ciò causa pure la diminuzione dell'attività biologica e dunque delle forme di vita che vi si possono stabilire, diminuendo in questo modo la capacità di autodepurazione. Il peggioramento della qualità delle acque quindi, provoca un ulteriore impoverimento biologico delle stesse. È difficile valutare l'influsso di un singolo intervento (ad esempio di una difesa spondale) su questi parametri: la somma di tutte le opere tuttavia, e la frequenza con cui vengono realizzate, ha finito per causare alterazioni profonde e radicali nell'alveo del Ticino, modificandone drasticamente le caratteristiche.

La rinaturalizzazione del Ticino non deve essere intesa come un obiettivo che ha riflessi positivi soltanto sull'ambiente naturale, ma come un metodo di corretta gestione del corso d'acqua, tale da rendere prevedibili alcuni fenomeni eliminandone, nella maggior parte dei casi, la pericolosità e quindi garantendo certezze a chi opera e vive intorno al fiume.

Tratto del Ticino
compreso fra
il canale scolmatore
di nord-ovest
ed il ponte di Vigevano

*dinamica del fiume
nell'arco di un secolo*





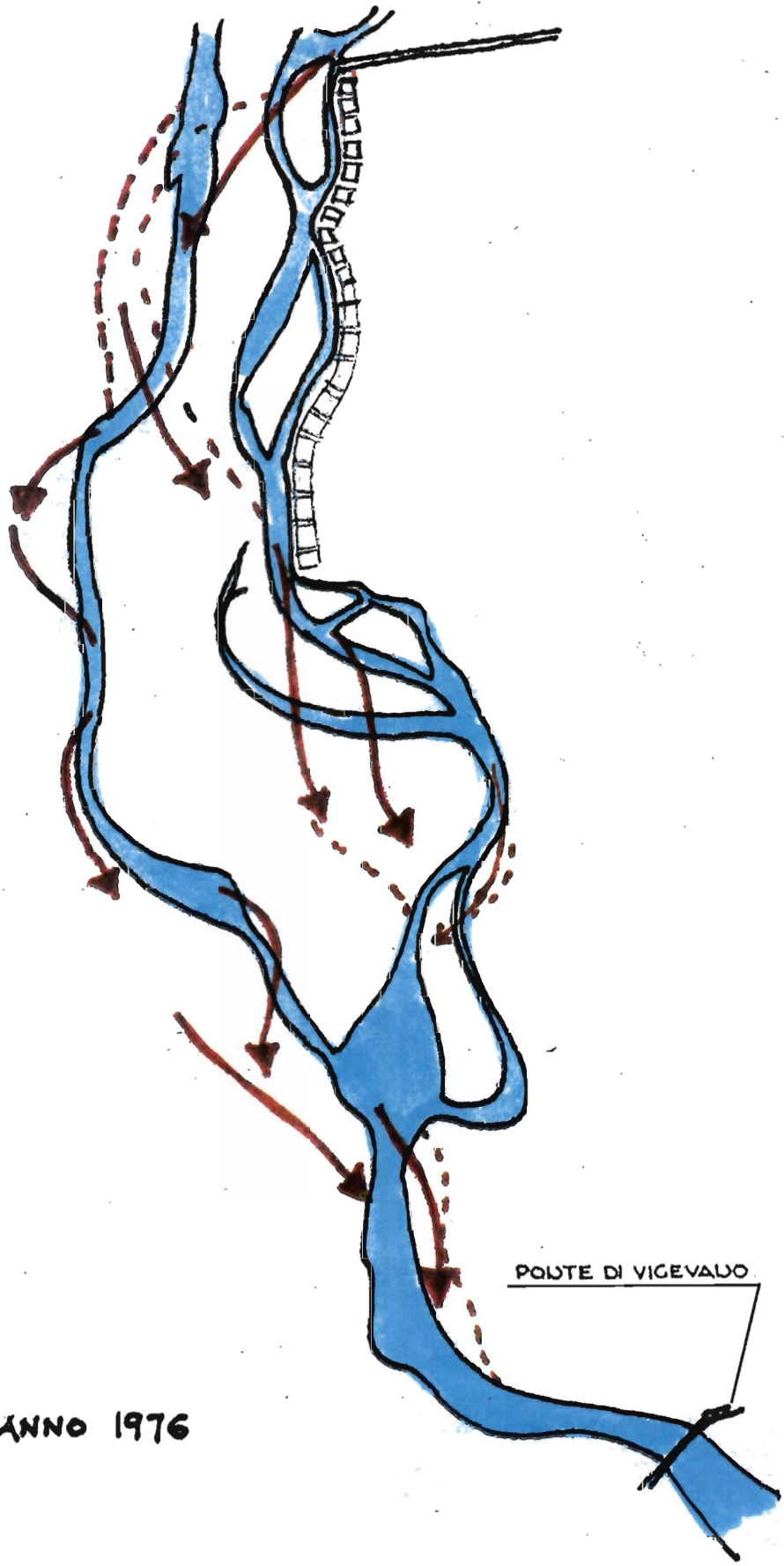
— LEGENDA —

---- FUTURA SPOUDA

→ FUTURO FILOVE DI CORRENTE

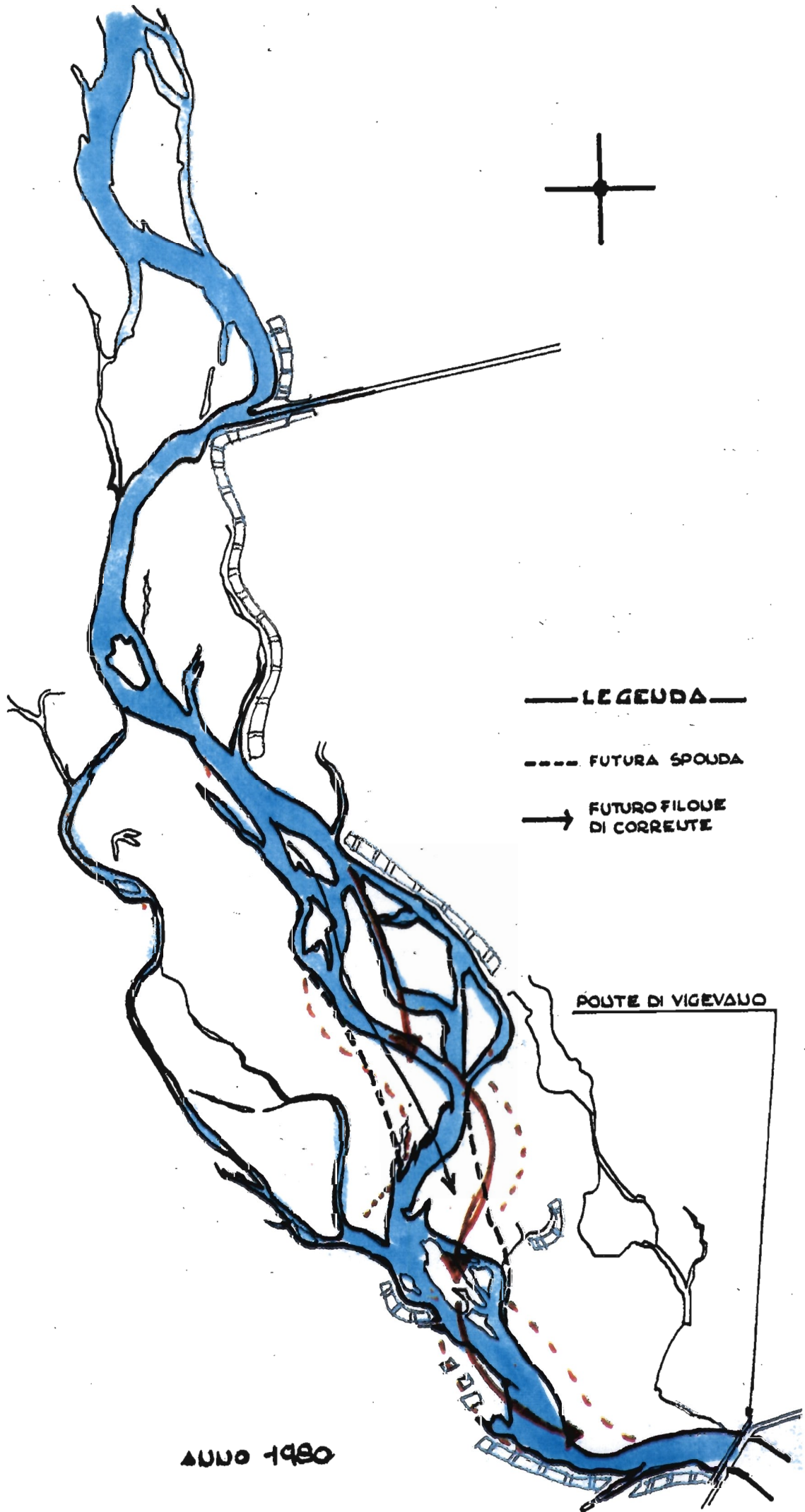
PONTE DI VIGEVANO

ANNO 1914



ANNO 1976

PONTE DI VIGEVANO



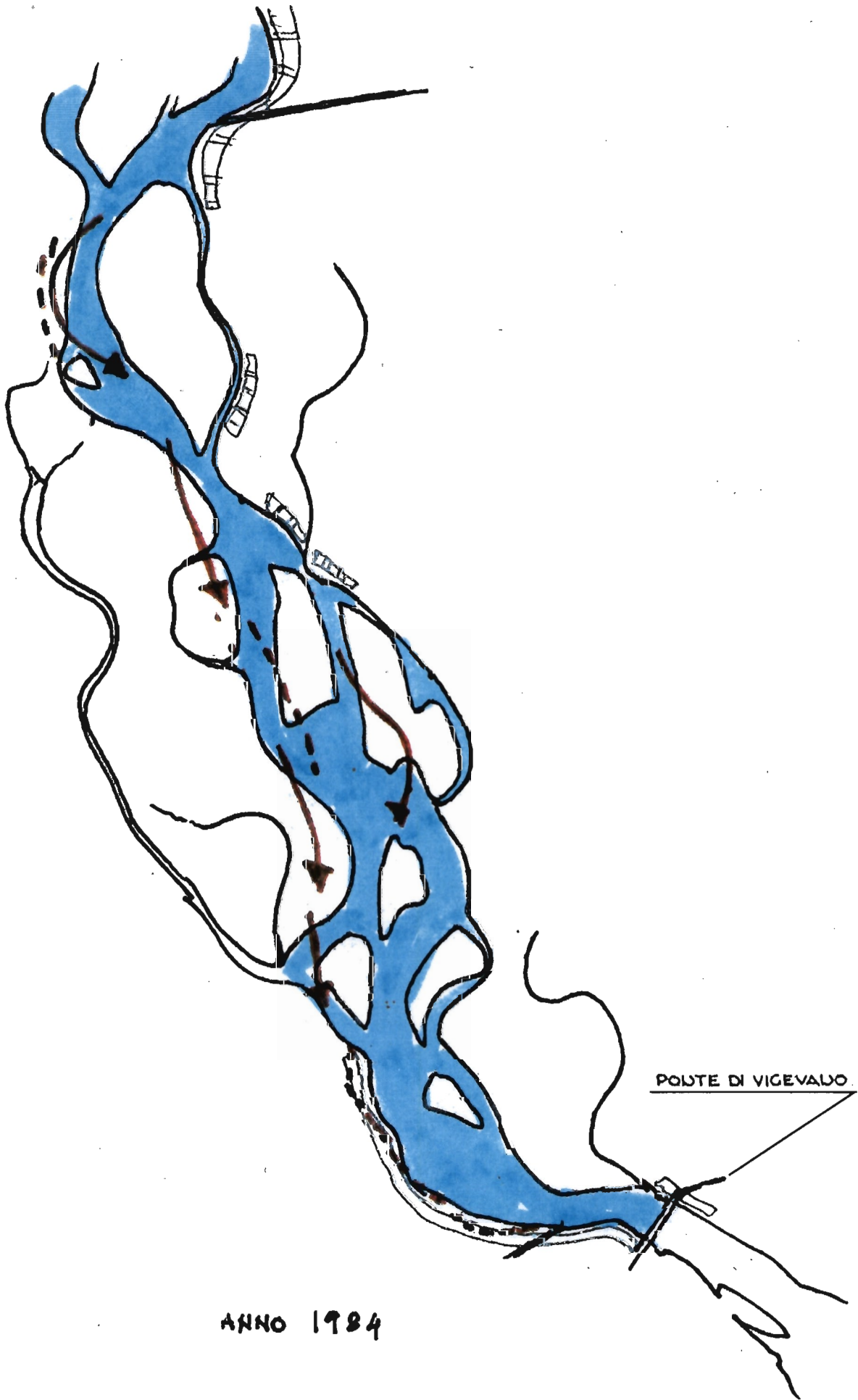
— LEGENDA —

----- FUTURA SPOUDA

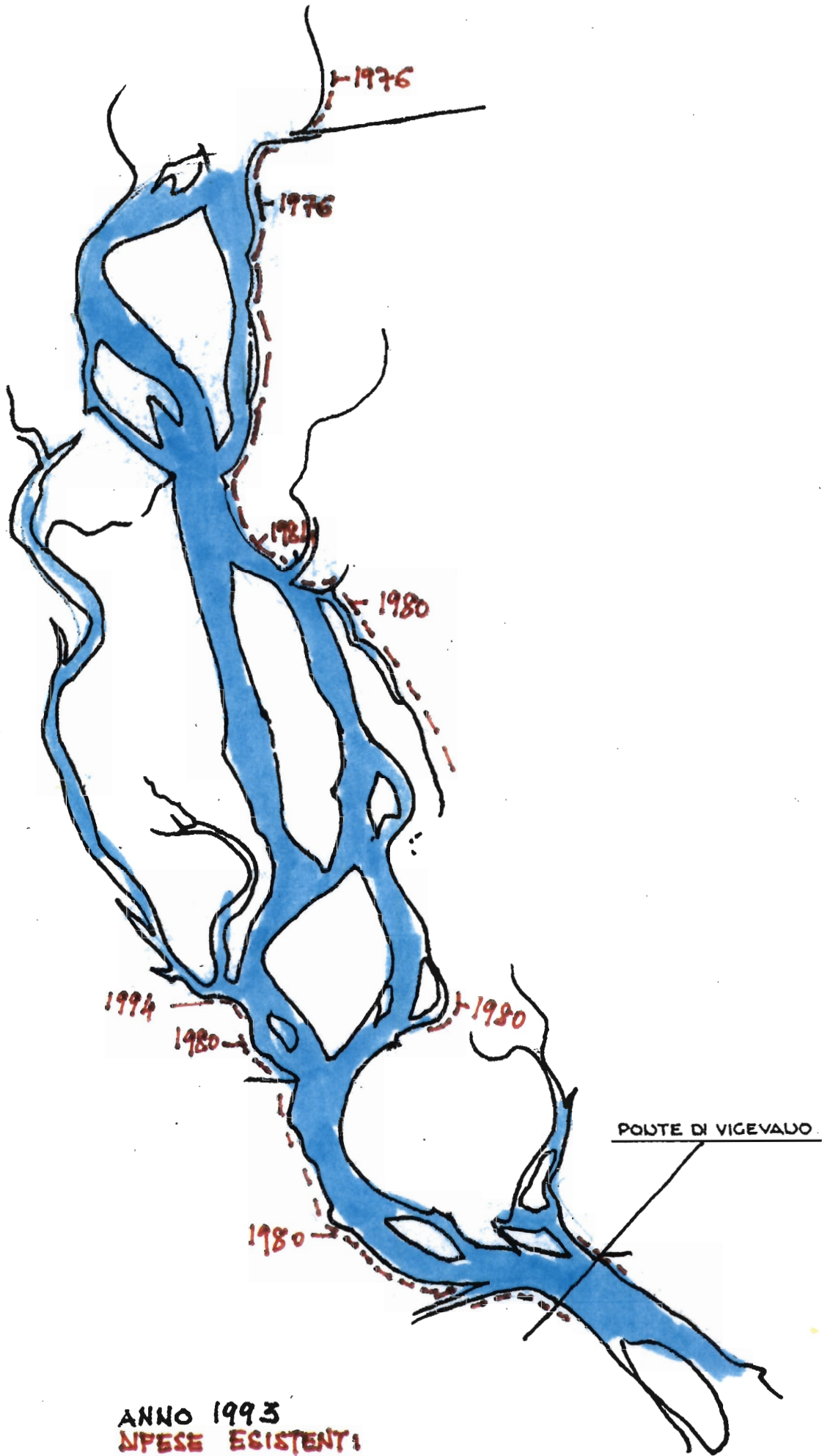
→ FUTURO FILOUE DI CORREUTE

POUTE DI VIGEVANO

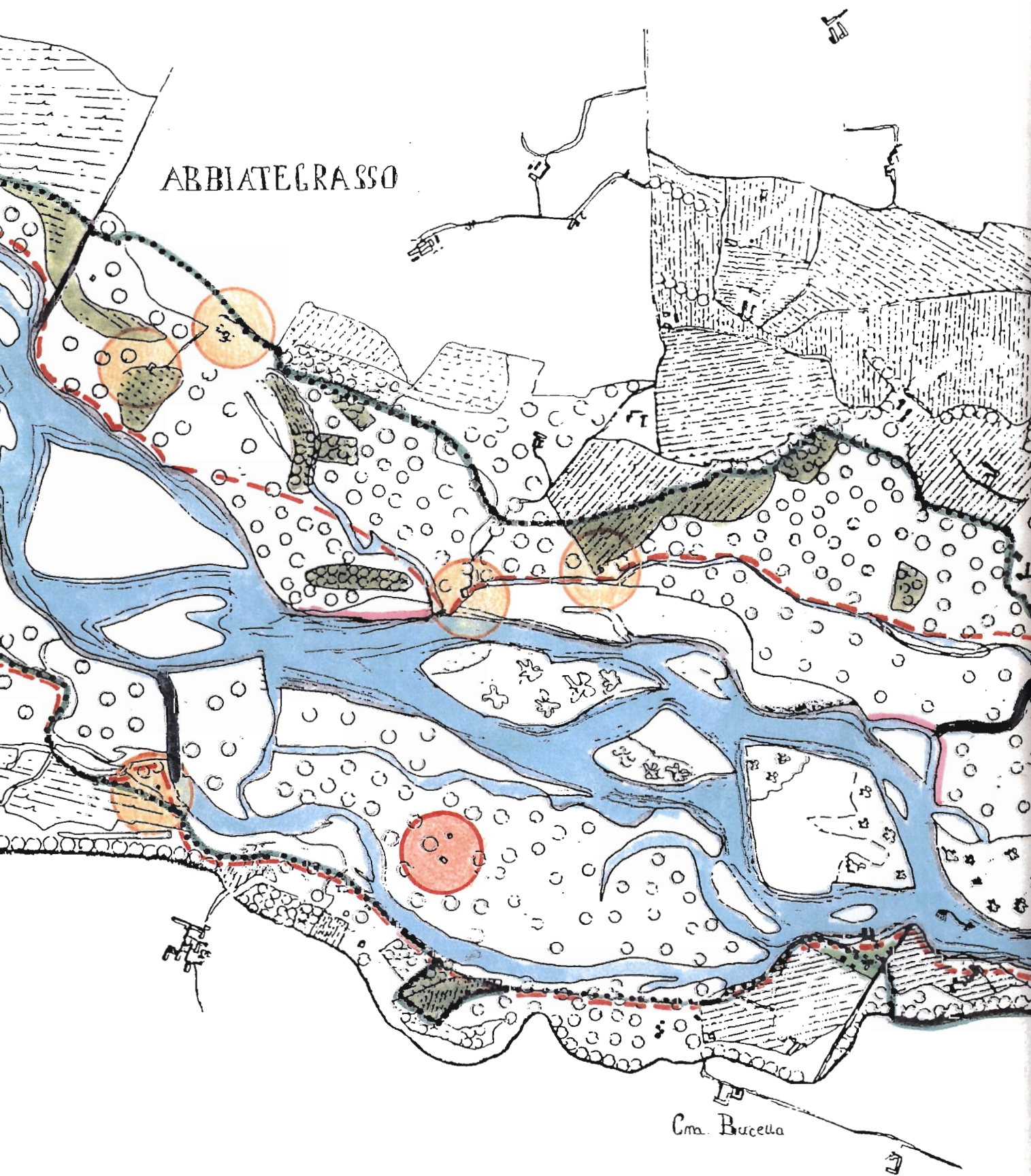
ANNO 1980



ANNO 1984



ANNO 1993
RIFESI ESISTENTI:



ABBIATEGRASSO










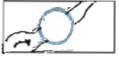
Cma. Buccella



Conservazione delle caratteristiche ambientali del ticino

Tavola degli interventi

legenda:

-  ambito di divagazione del Ticino
-  fascia esondabile $Q = 2500 \text{ m}^3/\text{s}$
-  infrastrutture di rilevante importanza
-  preesistenze ambito di divagazione a rischio idraulico
-  preesistenze fascia esondabile a rischio idraulico
-  ripristino rami abbandonati
-  eliminazione opere di regolazione
-  interventi di riforestazione
-  interventi di recupero paesaggistico, architettonico e naturalistico
-  regimazione alveo

VIGEVANO

Tratto compreso
fra il ponte di Vigevano
e la presa
della roggia Castellana

*dinamica del fiume
nell'arco di un secolo*

PONTE DI VIGEVANO



— LEGENDA —

----- FUTURA SPOUDA

→ FUTURO FILONE DI CORRENTE

(ANNO 1883)





POUTE DI VICEVALDO

— LEGENDA —

----- FUTURA SPOUDA

→ FUTURO FILORE
DI CORREUTE

ANNO 1903



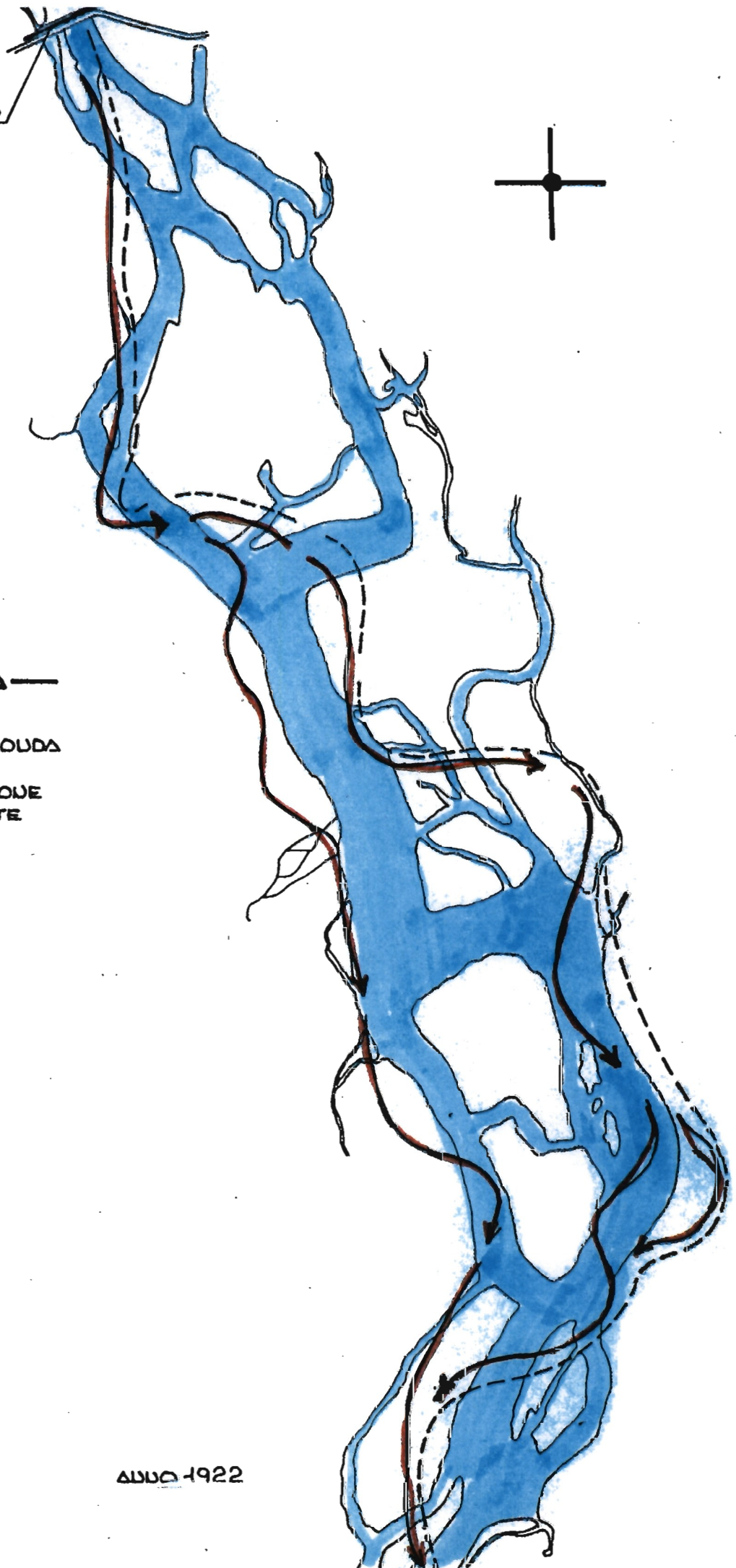
ROUTE DI VIGEVANO



— LEGENDA —

----- FUTURA SPOUDA

→ FUTURO FILORE DI CORRELTE



ANNO 1922

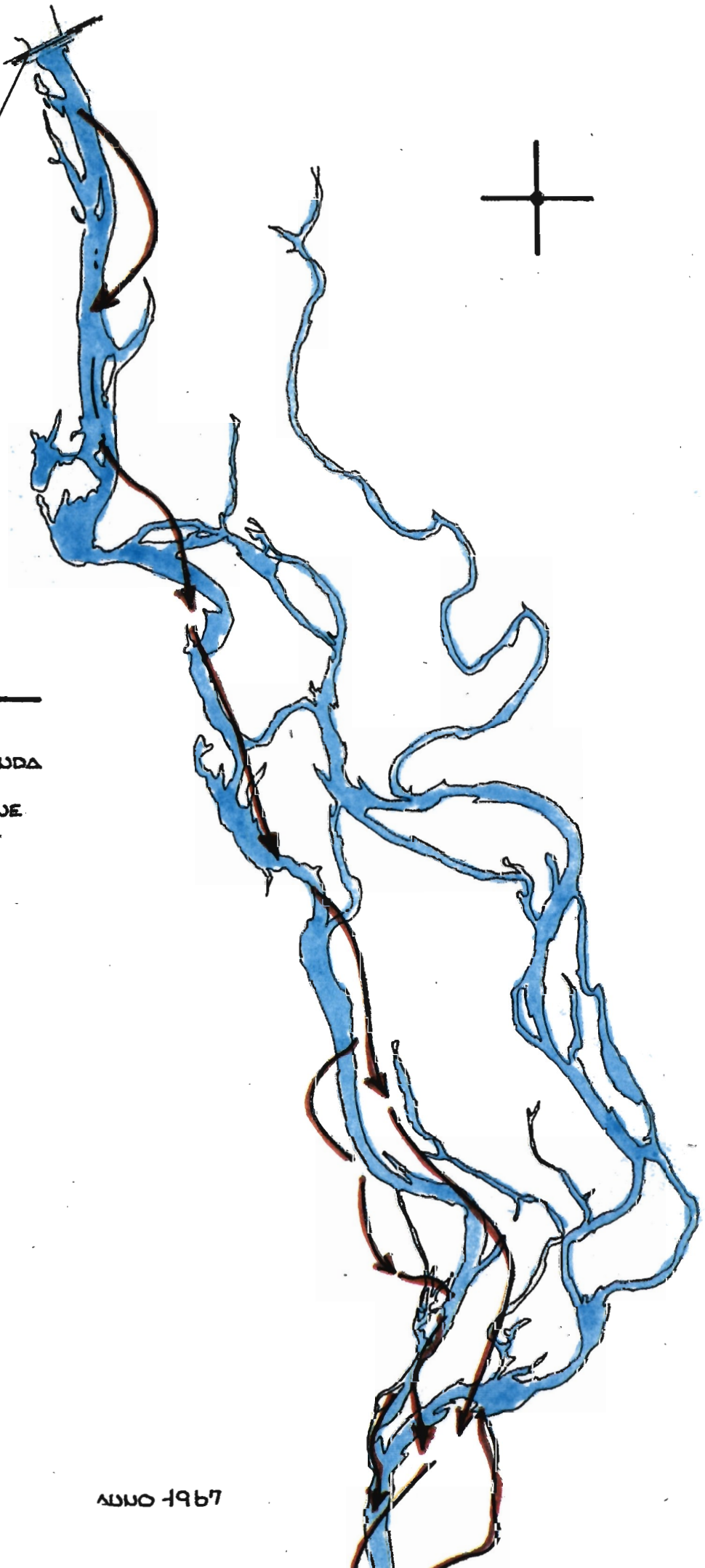
POUTE DI VIGEVANO



— LEGENDA —

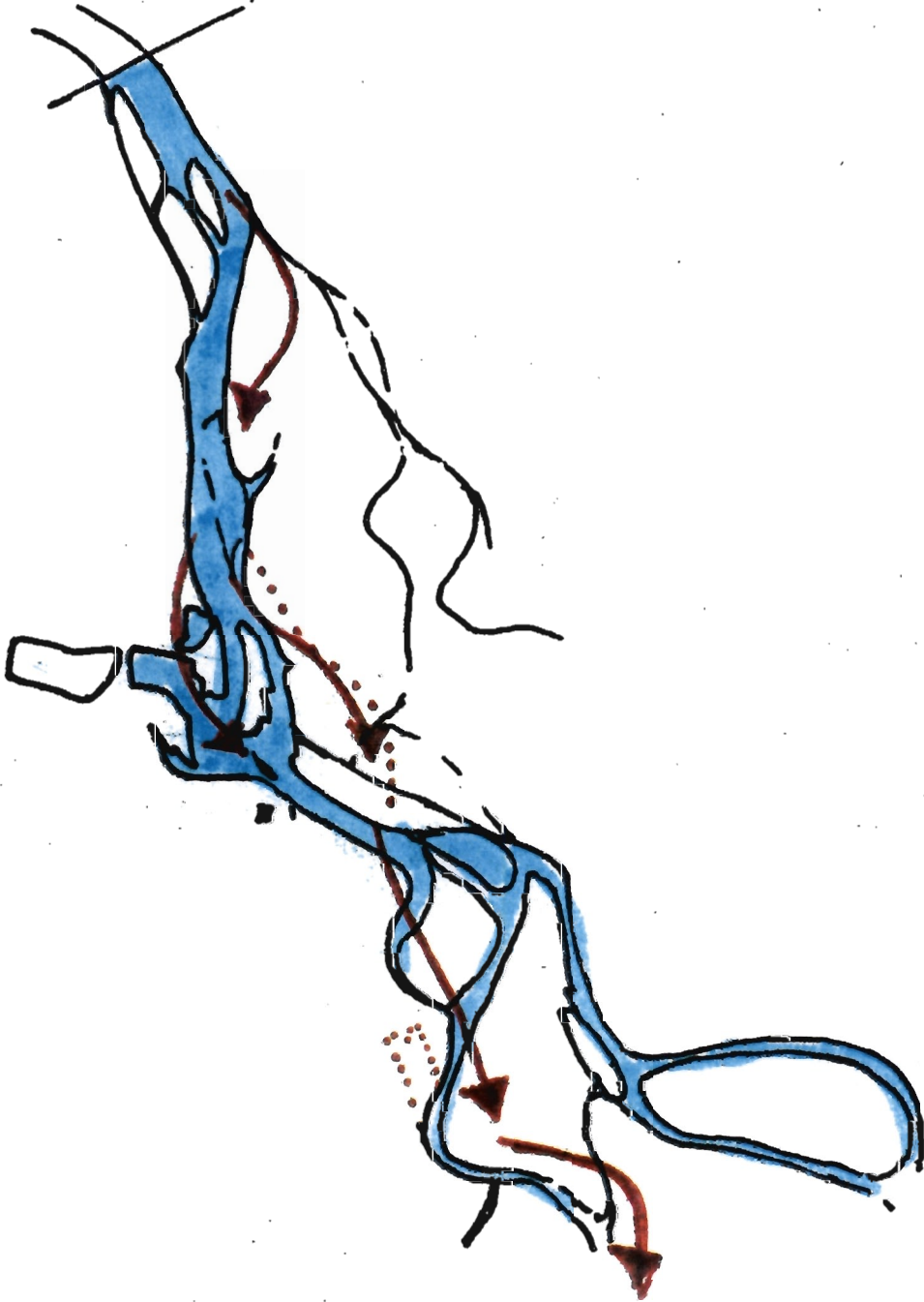
---- FUTURA SPOUDA

→ FUTURO FILORE
DI CORRENTE



ANNO 1967

PONTE DI VICEVAIO



ANNO 1976

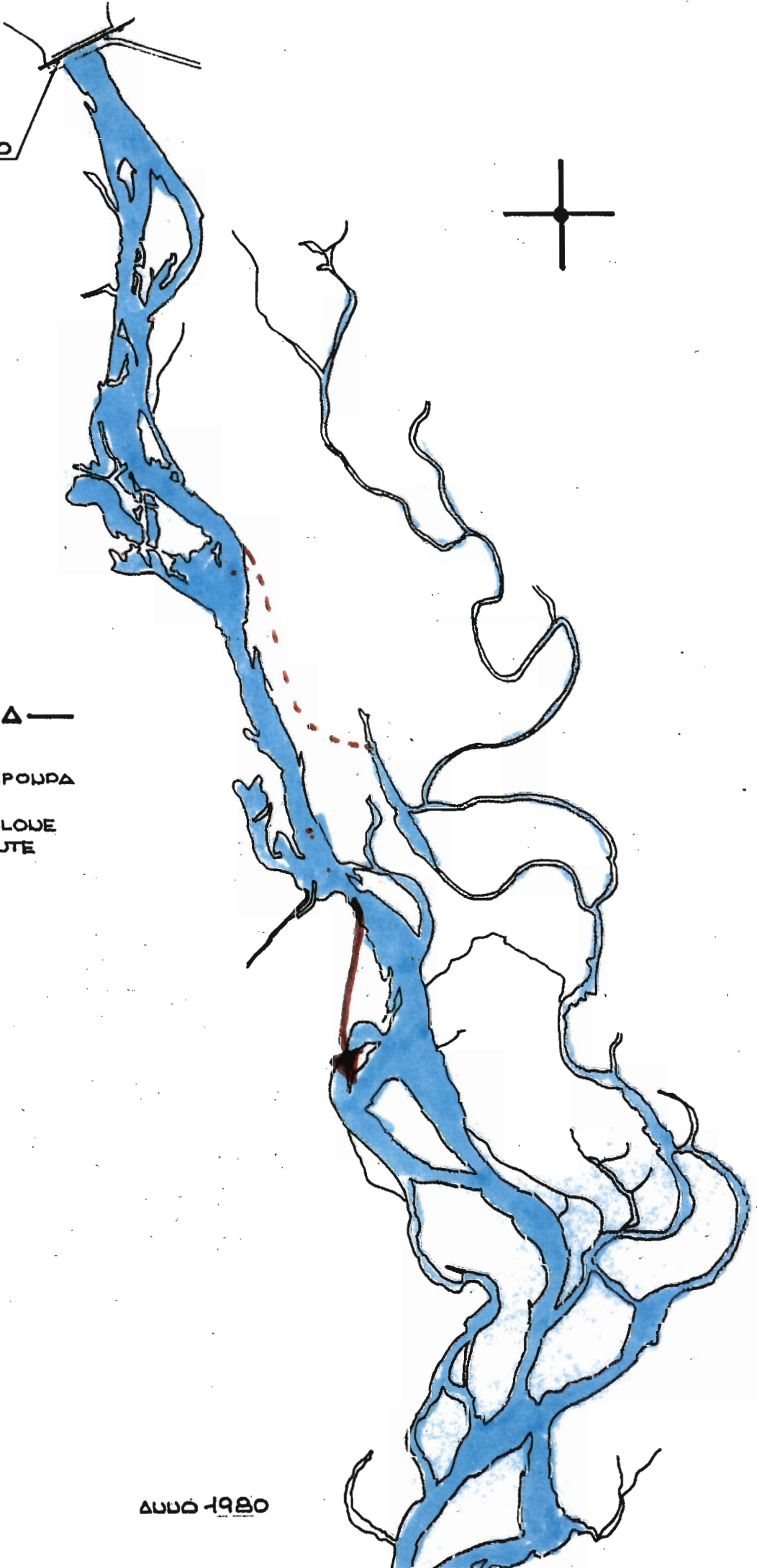
PONTE DI VIGEVADO



— LEGENDA —

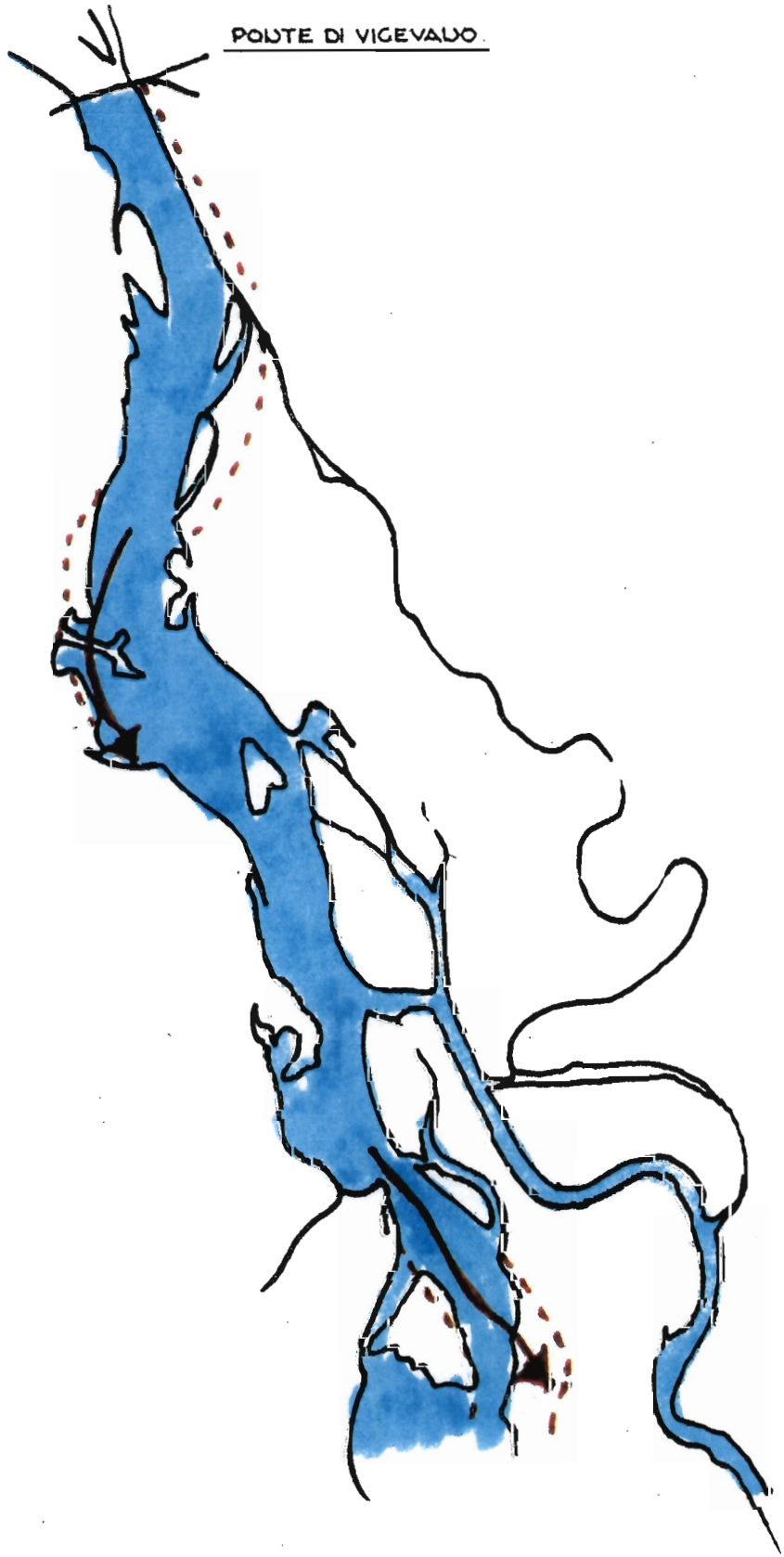
----- FUTURA SPONDA

→ FUTURO FILOVE
DI CORRENTE



AUGO 1980

POLTE DI VICEVALDO.

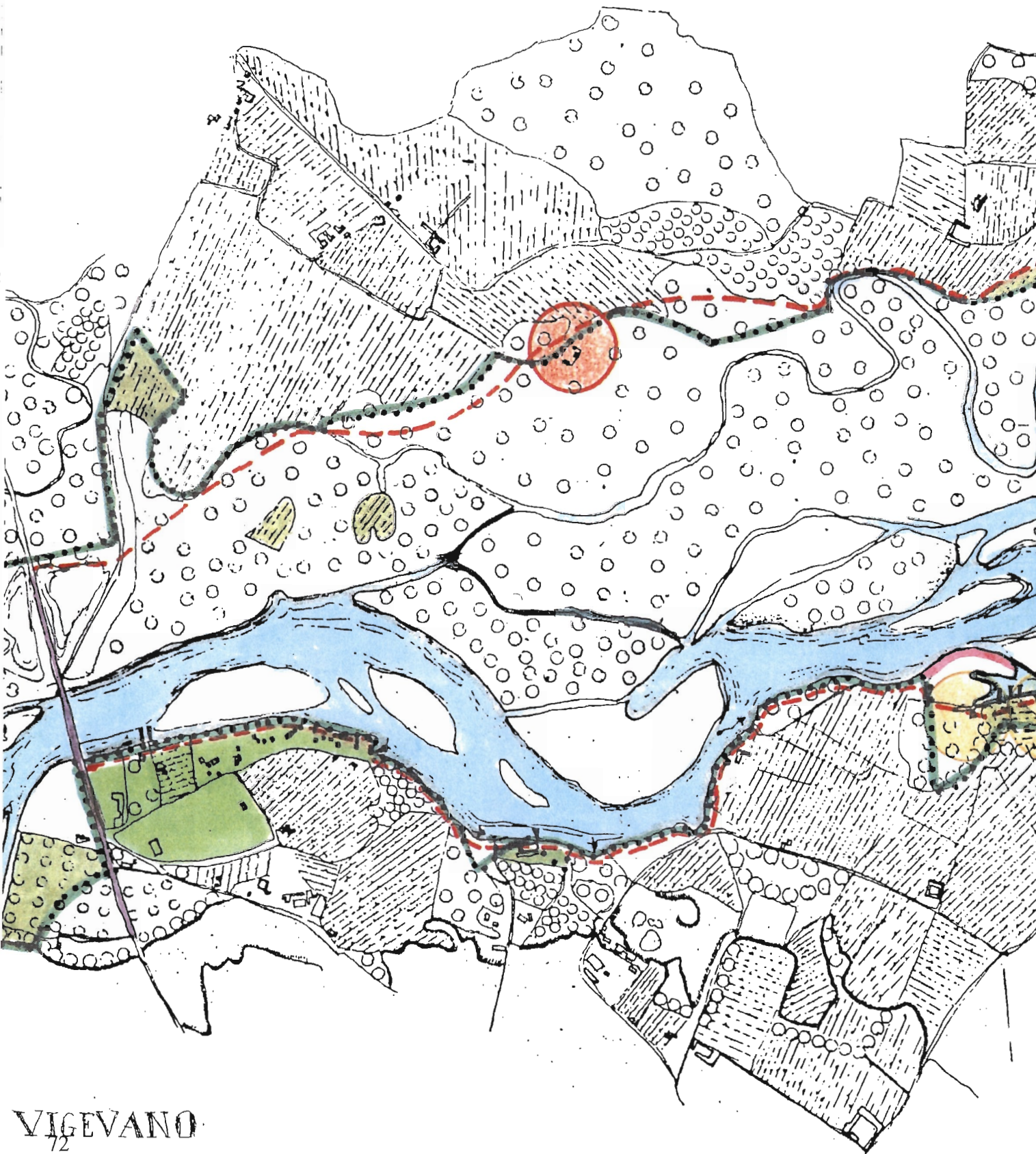


ANNO 1984

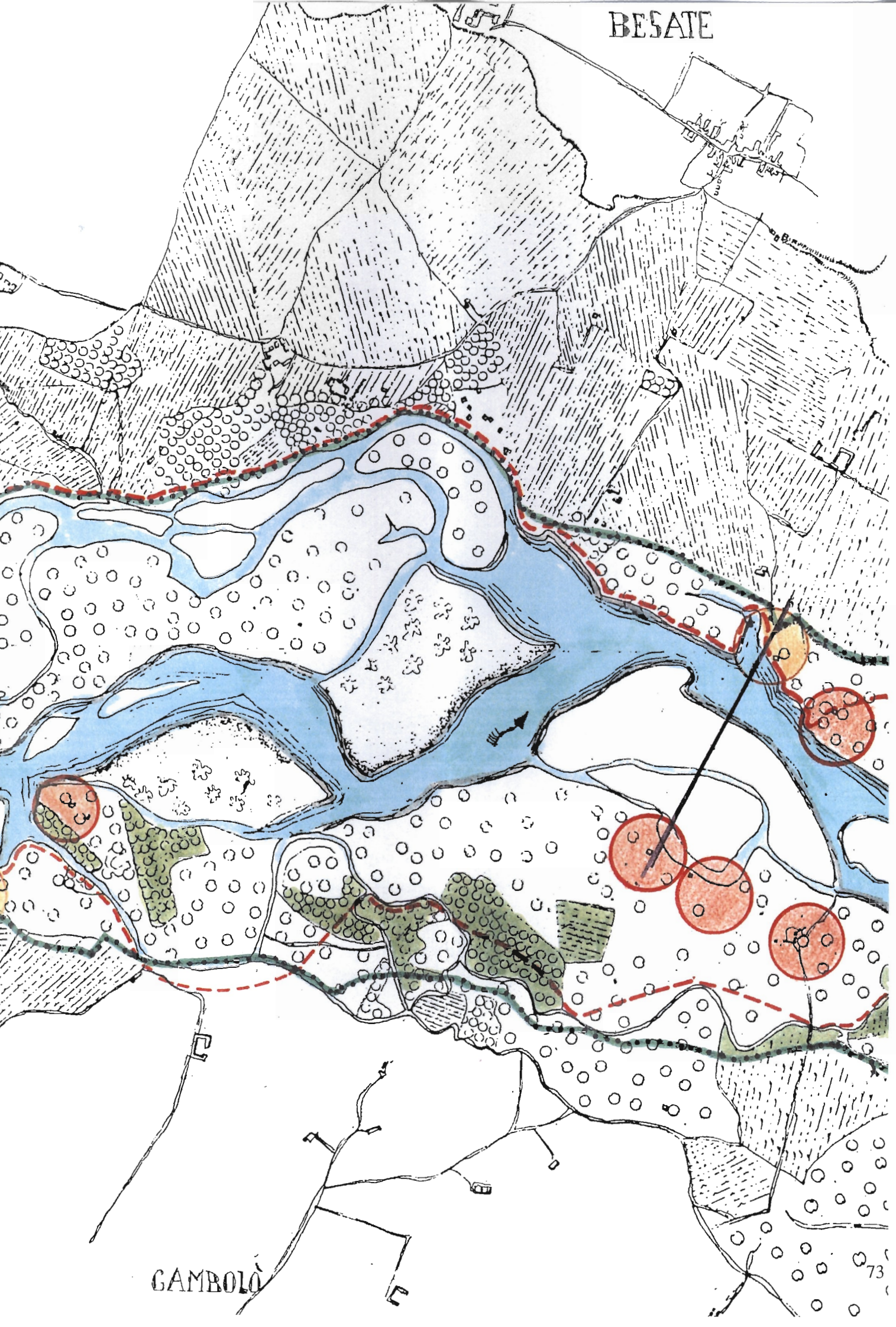
PONTE DI VICEVALDO



ANNO 1993
DIFESA SPONDALE



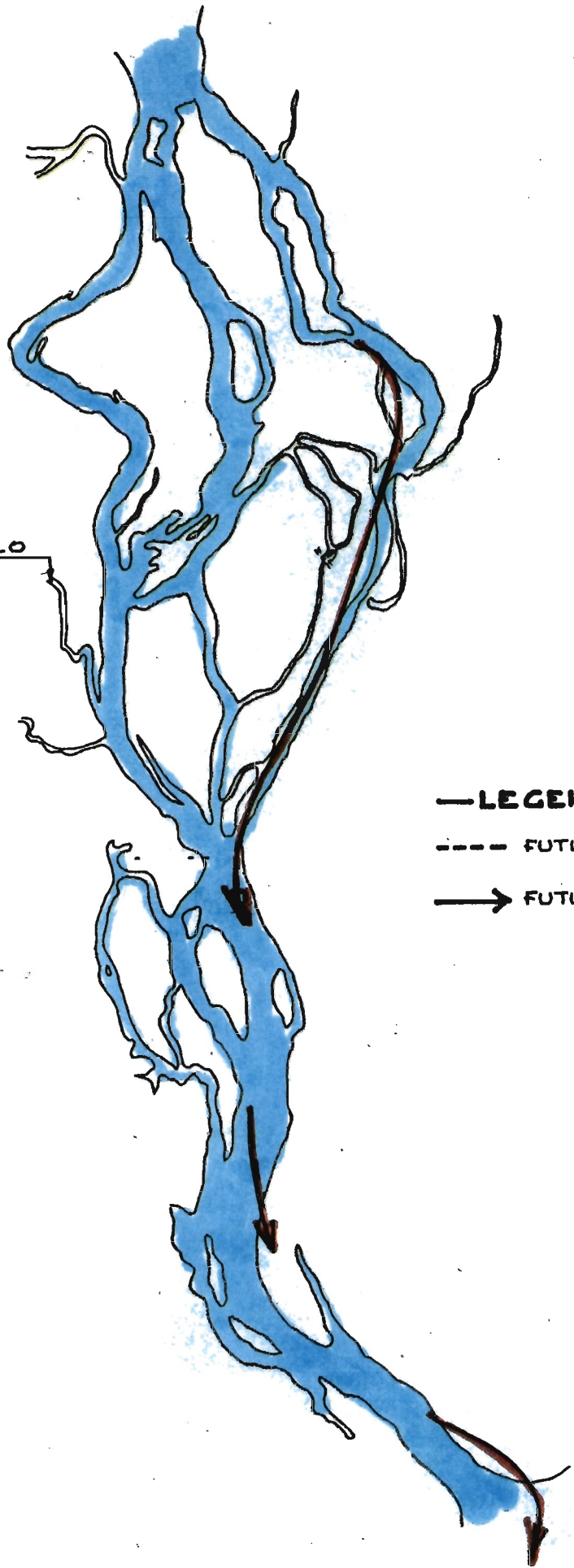
BESATE



GAMBOLO

Tratto compreso
tra Zelata
e il ponte autostradale
di Bereguardo

*dinamica del fiume
nell'arco di un secolo*



CAVALE SCAVIZZOLO

- LEGENDA —
- - - - - FUTURA SPONDA
→ FUTURO FILOVE DI CORRENTE

↓ (continua) I

1889

↑ (continua) 1

— LEGENDA —

--- FUTURA SPONDA

→ FUTURO FILONE
DI CORRENTE

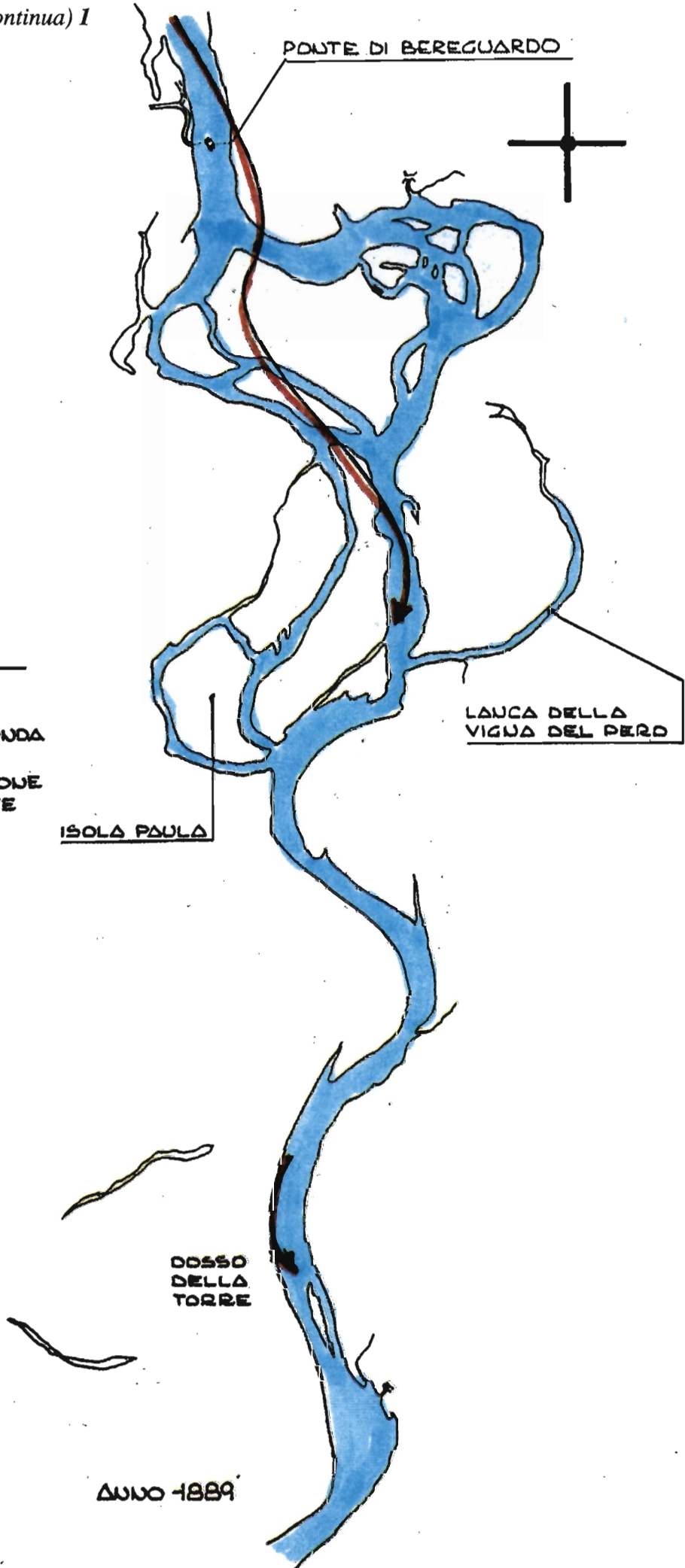
ISOLA PAULA

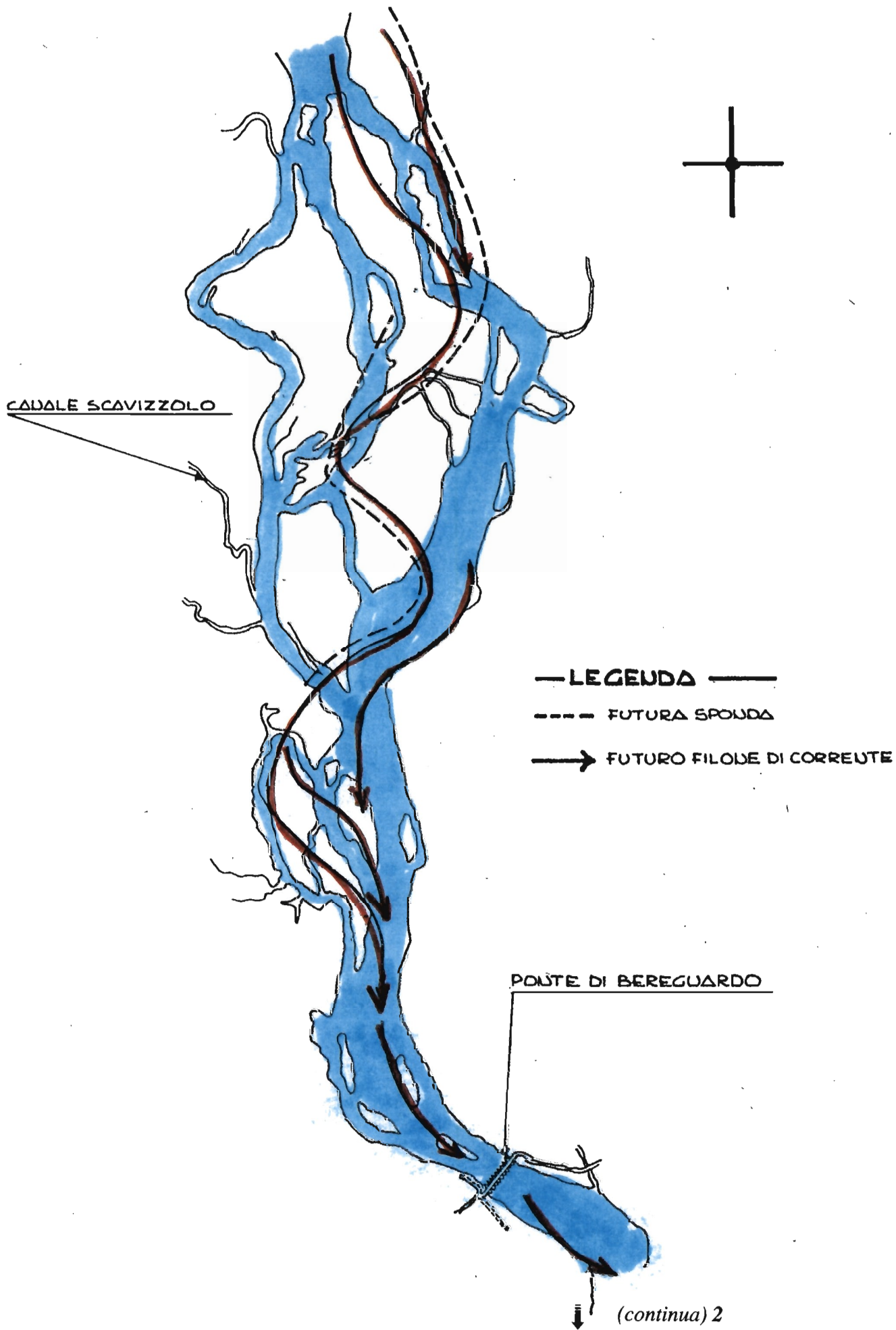
PONTE DI BEREguardo

LANCA DELLA
VIGNA DEL PERD

OSSEO
DELLA
TORRE

ANNO 1889





ANNO 1921

↑ (continua) 2

POUTE DI BEREGUARDO



LANCA DEL MORIAUO

ISOLA PAULA

LANCA DELLA VIGUA DEL PERO

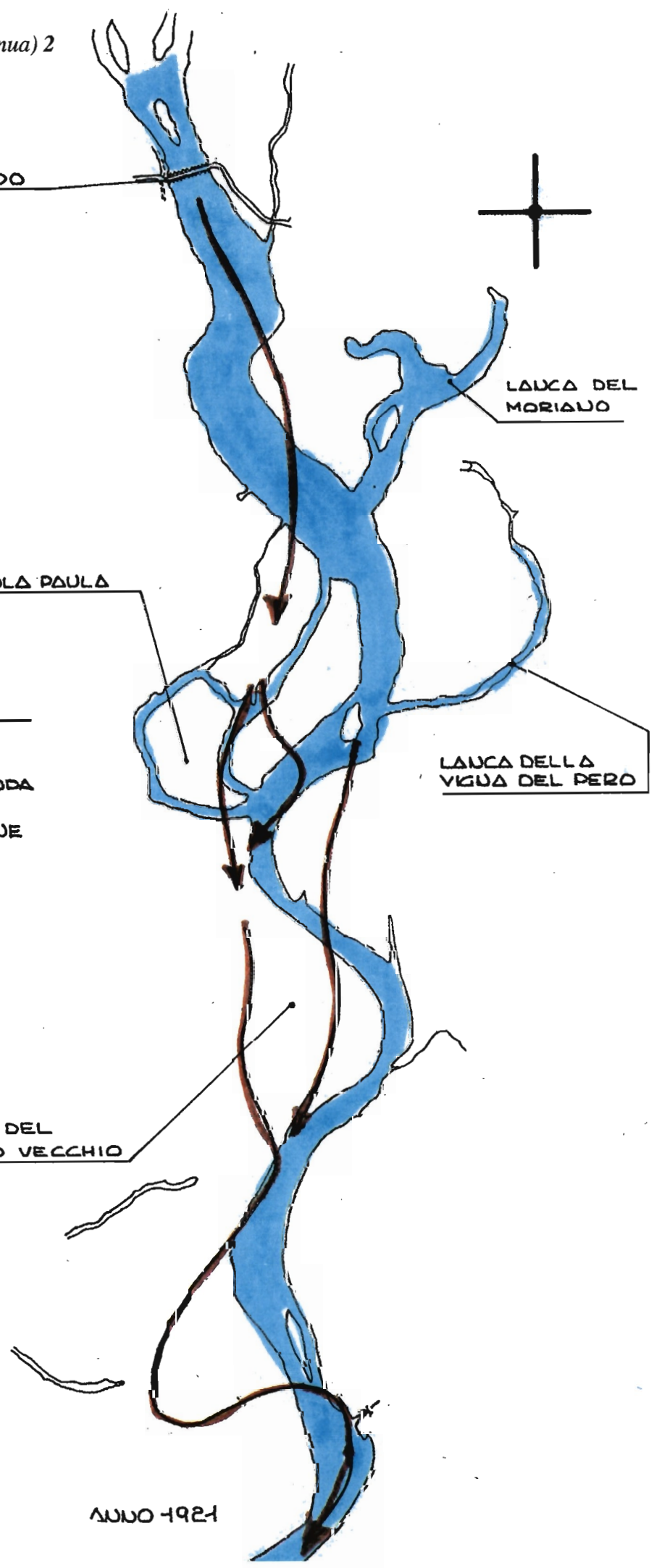
— **LEGENDA** —

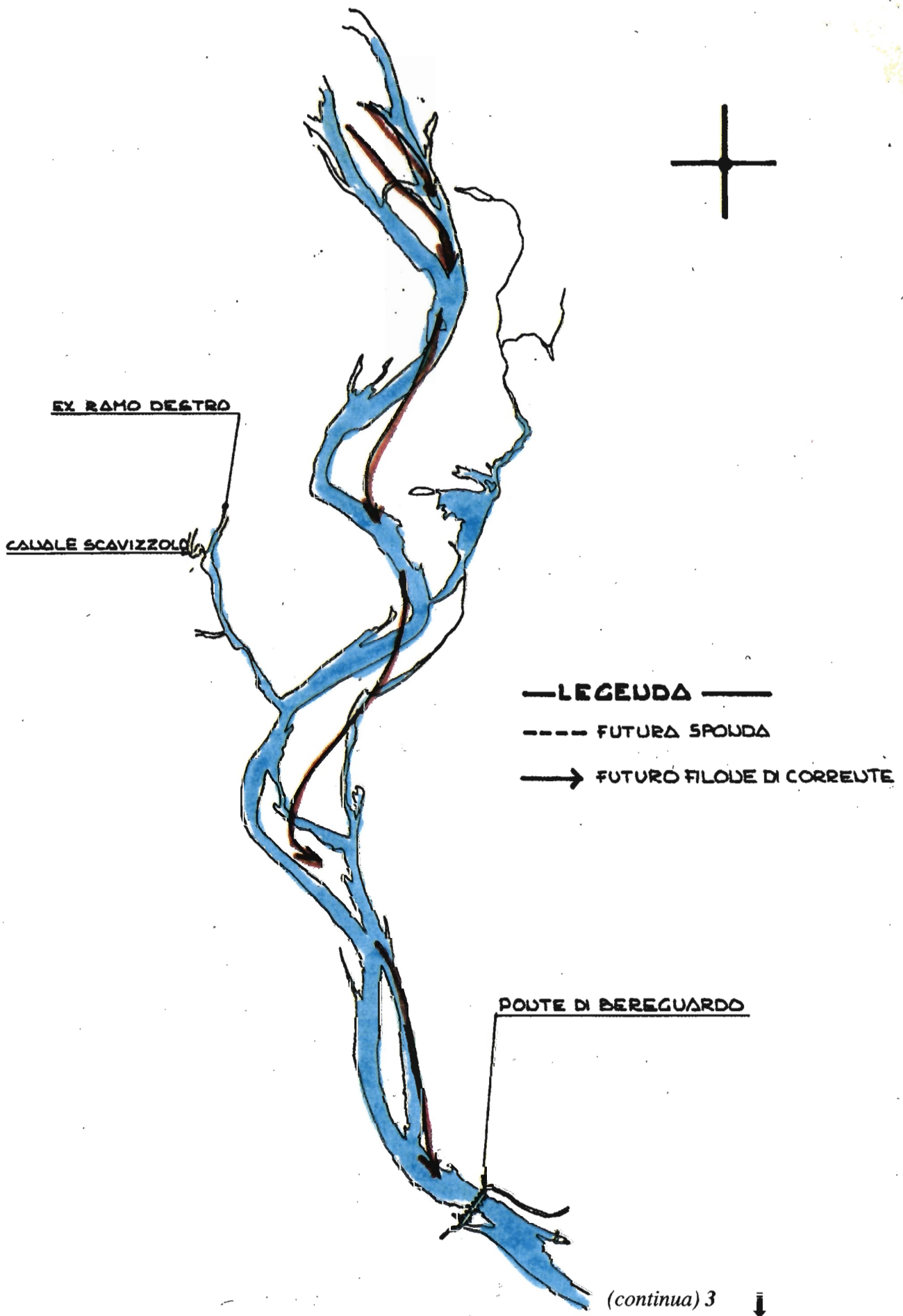
--- FUTURA SPOUDA

→ FUTURO FILONE DI CORRENTE

BOSCO DEL BARCO VECCHIO

GIUGNO 1921





(continua) 3



POUTE DI BEREGUARDO

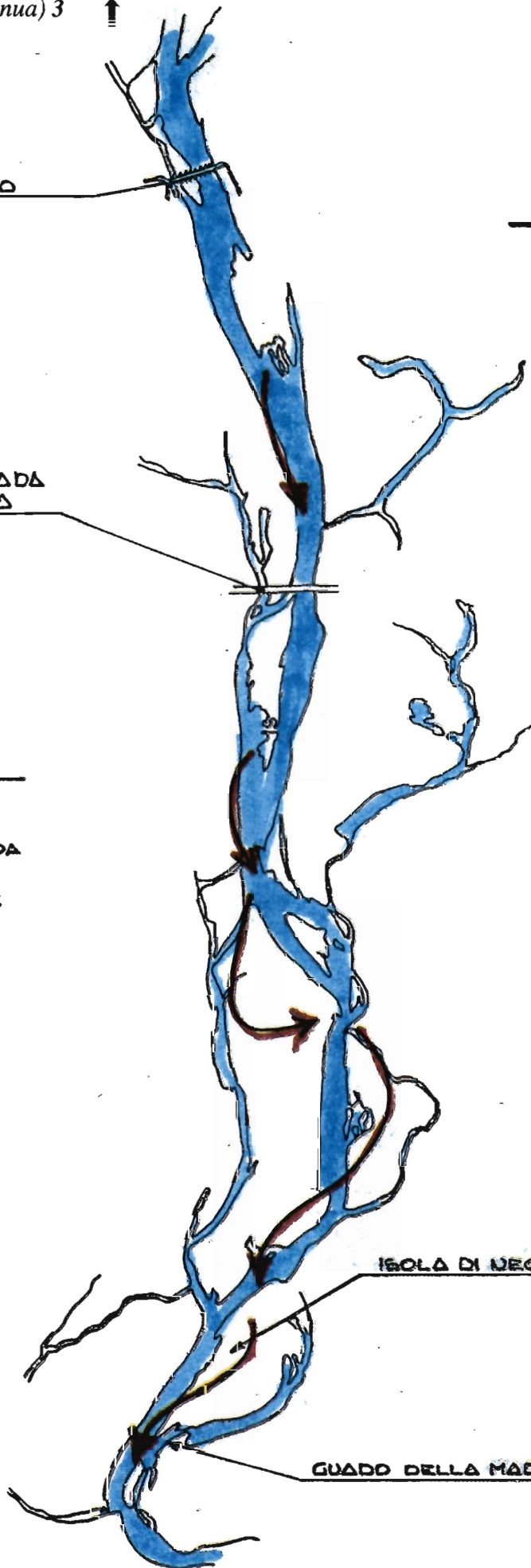


POUTE AUTOSTRADA
MILANO-GENOVA

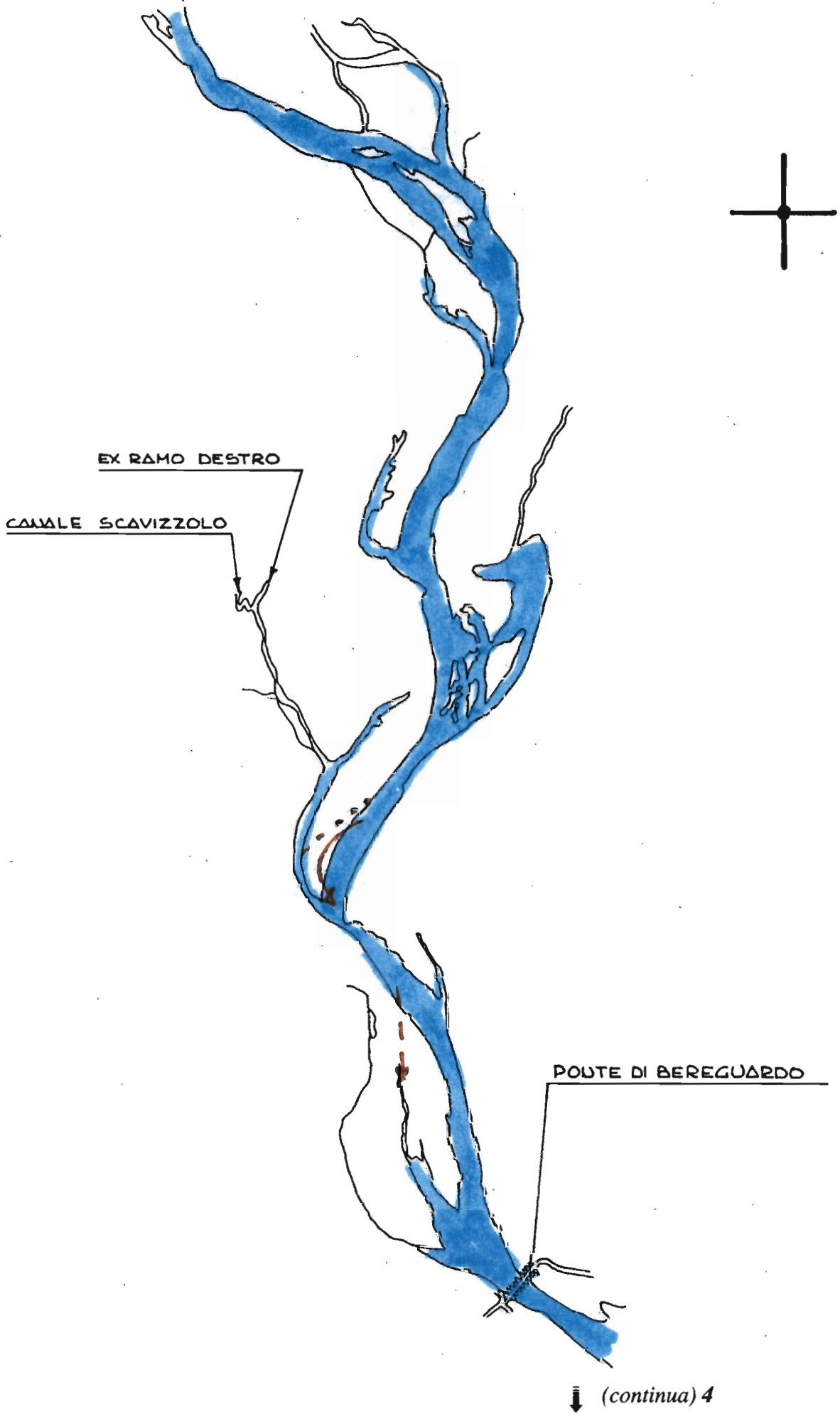
— LEGENDA —

--- FUTURA SPOUDA

→ FUTURO FILOVE
DI CORRENTE



ANNO 1967



AGOSTO 1980

(continua) 4

PONTE DI BEREGUARDO



PONTE AUTOSTRADA MILANO-GENOVA

LANCA DEL MORIANO

— LEGENDA —

--- FUTURA SPONDA

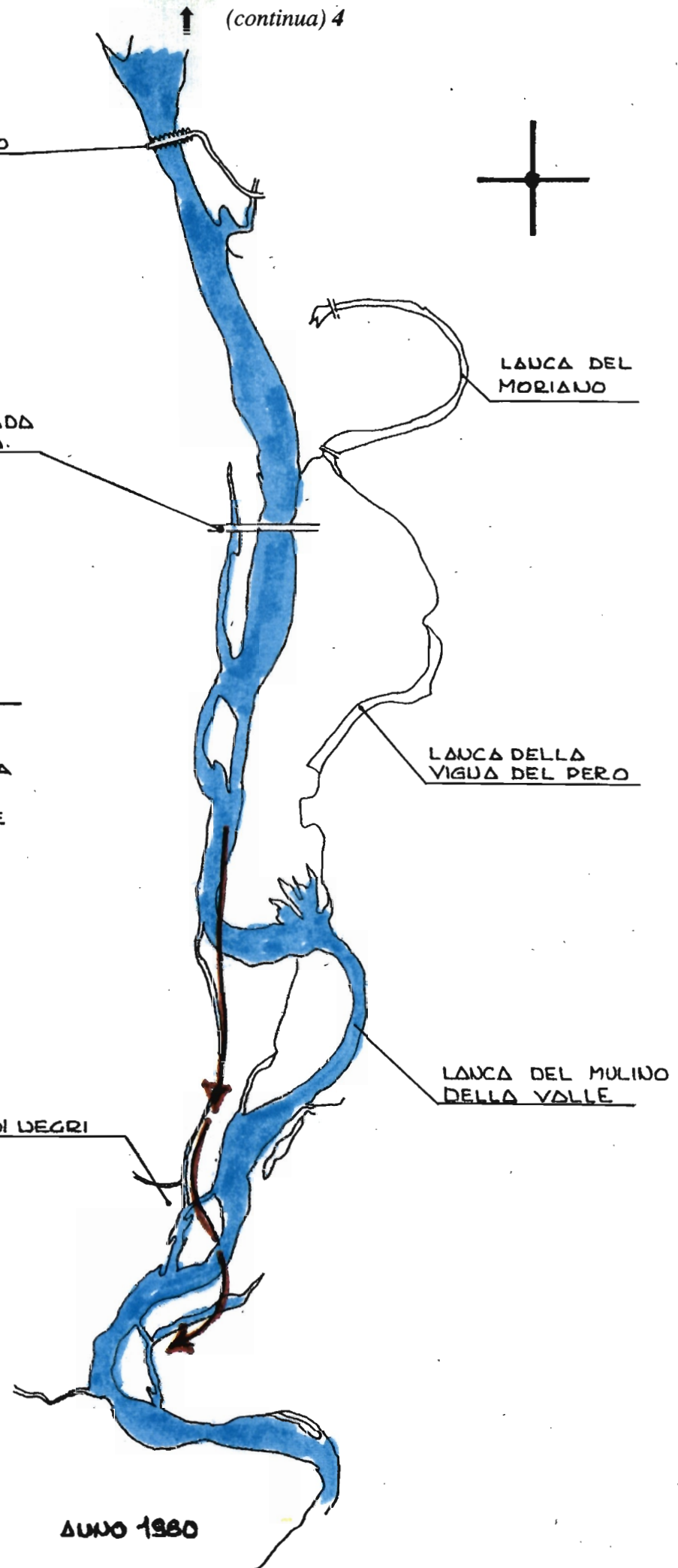
→ FUTURO FILORE DI CORRENTE

LANCA DELLA VIGUA DEL PERO

LANCA DEL MULINO DELLA VALLE

BOSCO DI UEGRI

GIUGNO 1980



PONTE DI BEREGUARDO



PONTE AUTOSTRADA
MILANO-GENOVA

LAUCA DEL
MORINDO

— LEGENDA —

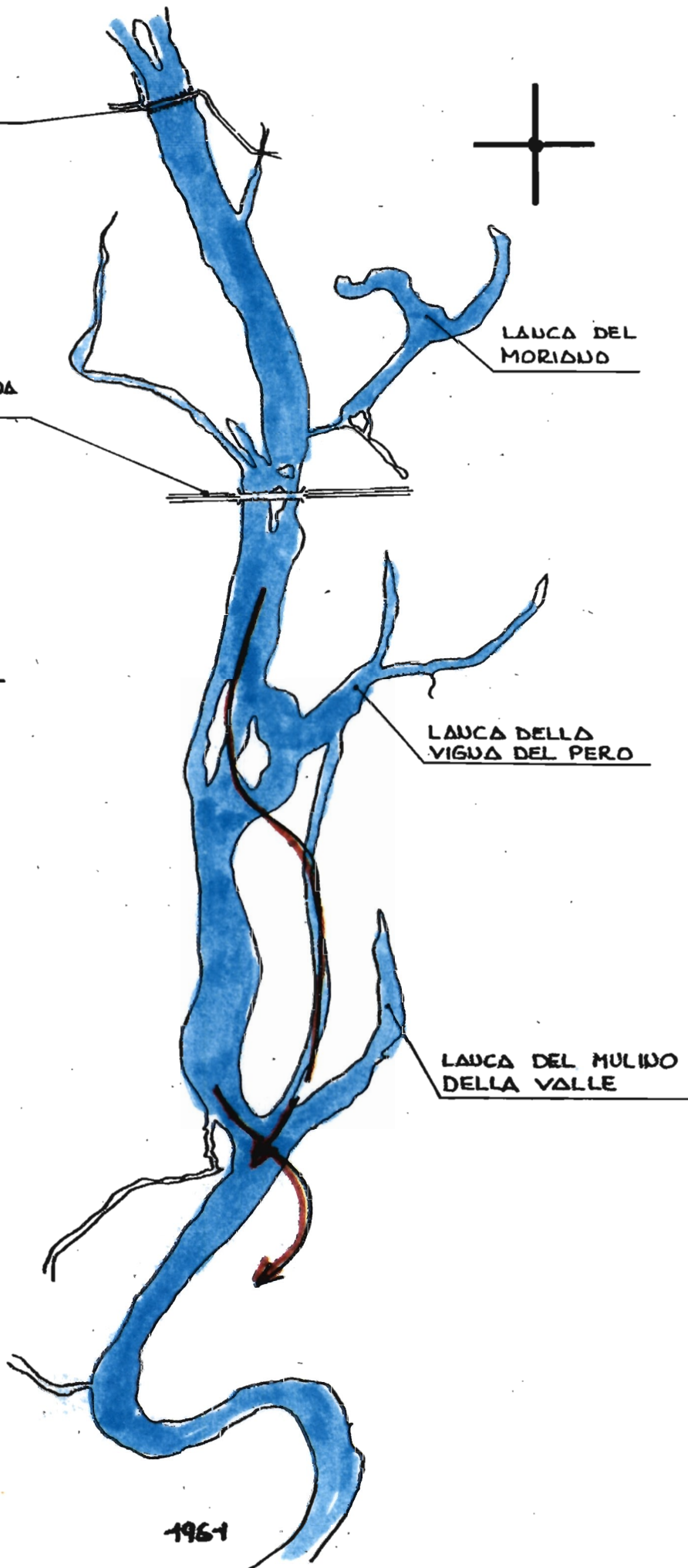
--- FUTURA SPOUDA

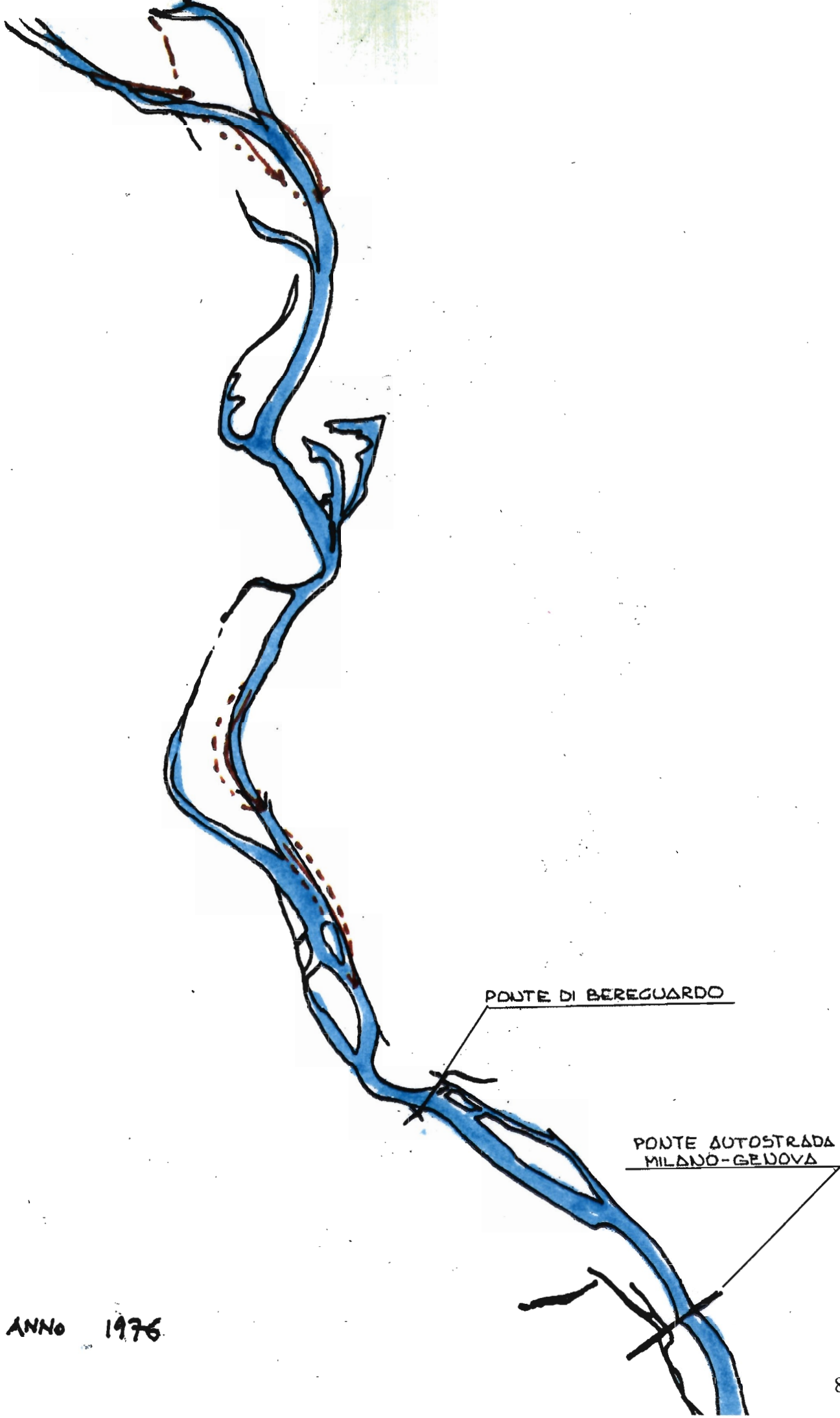
→ FUTURO FILORE
DI CORRENTE

LAUCA DELLA
VIGUA DEL PERO

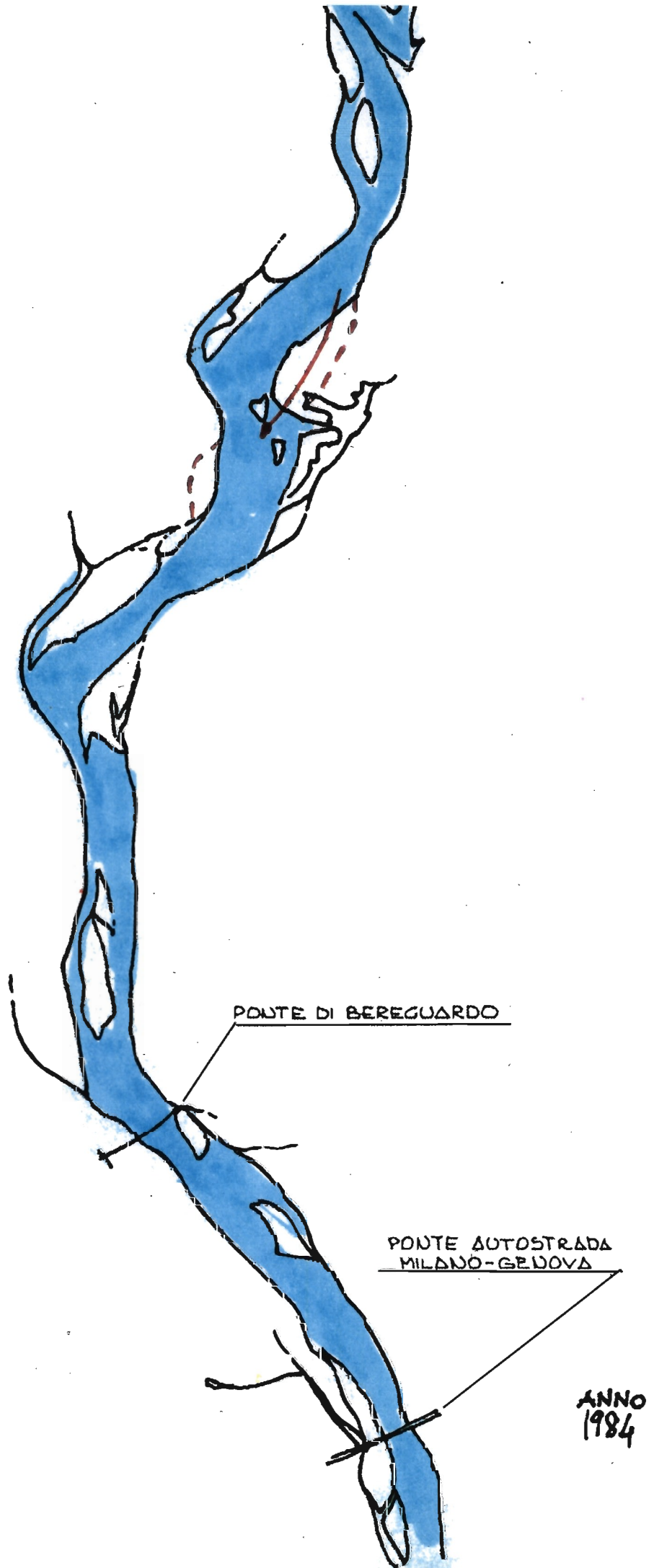
LAUCA DEL MULINO
DELLA VALLE

1961





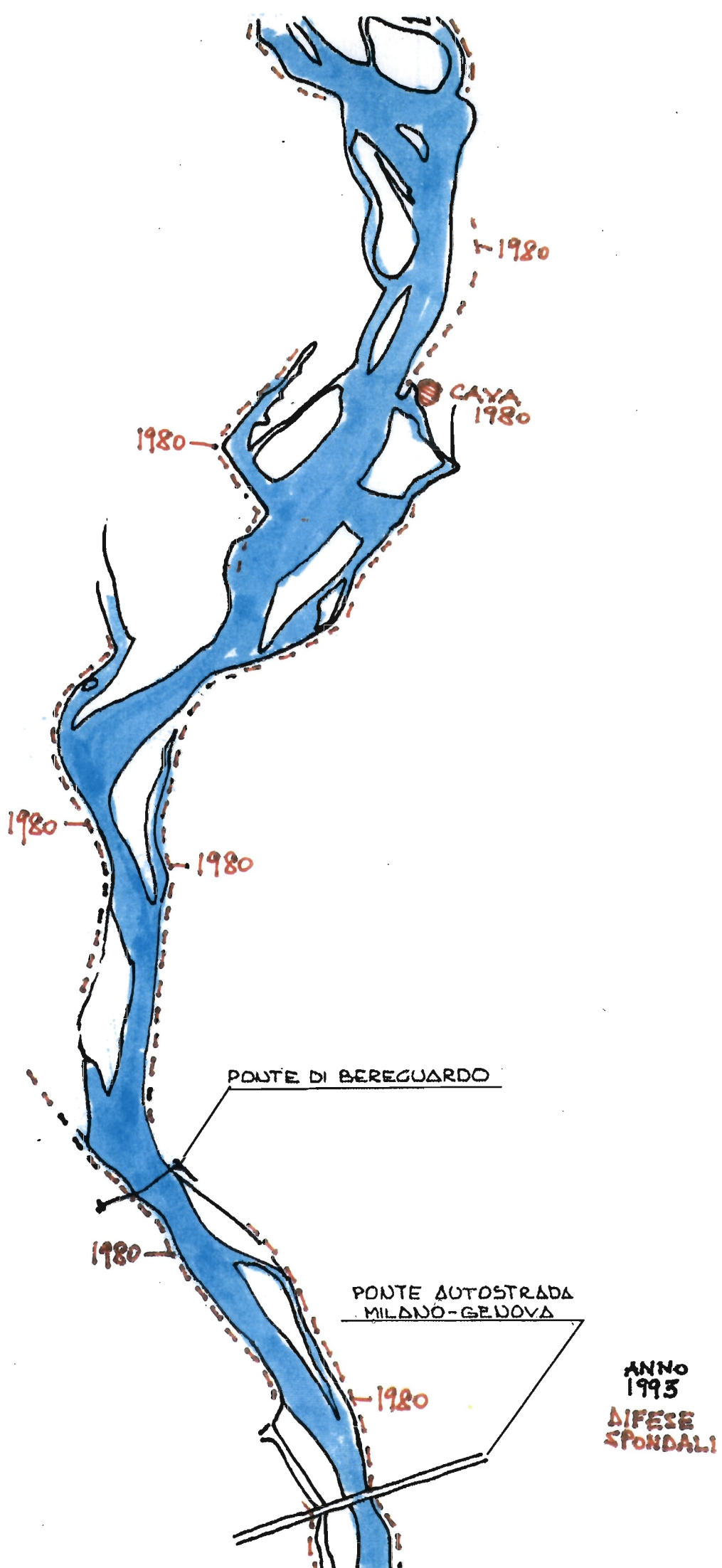
ANNO 1976

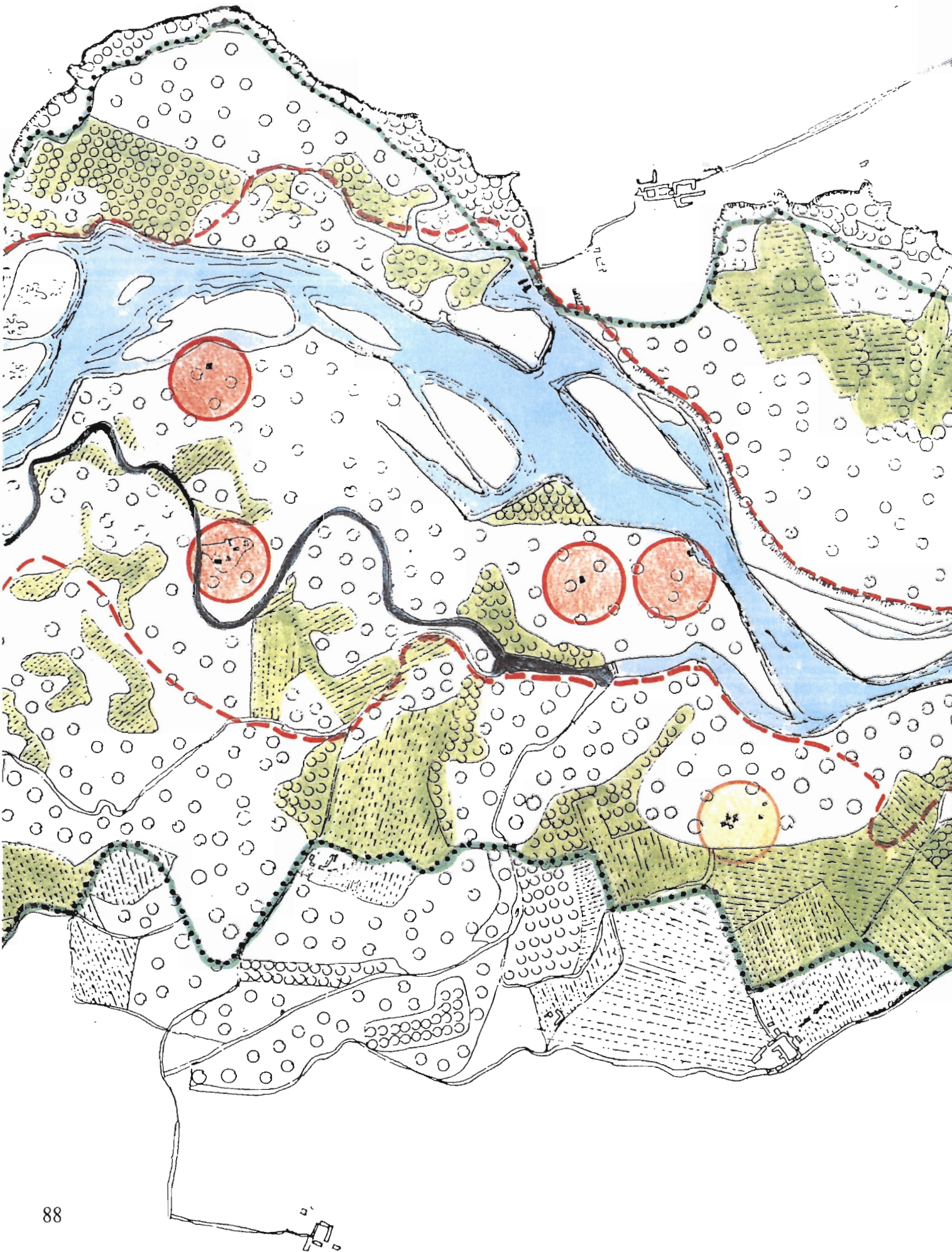


PONTE DI BEREGUARDO

PONTE AUTOSTRADA
MILANO-GEVOVA

ANNO
1984



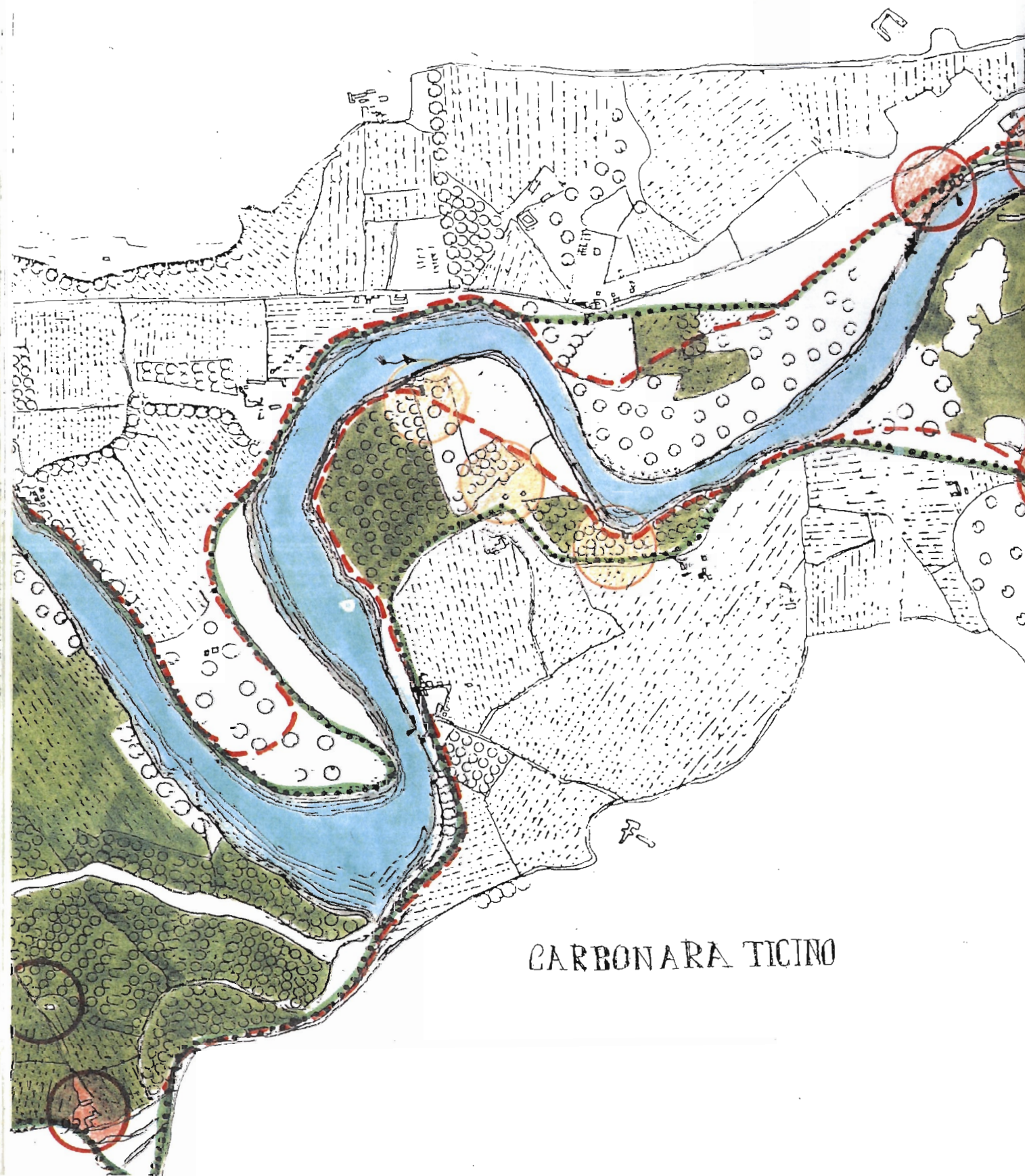


BEREGUARDO

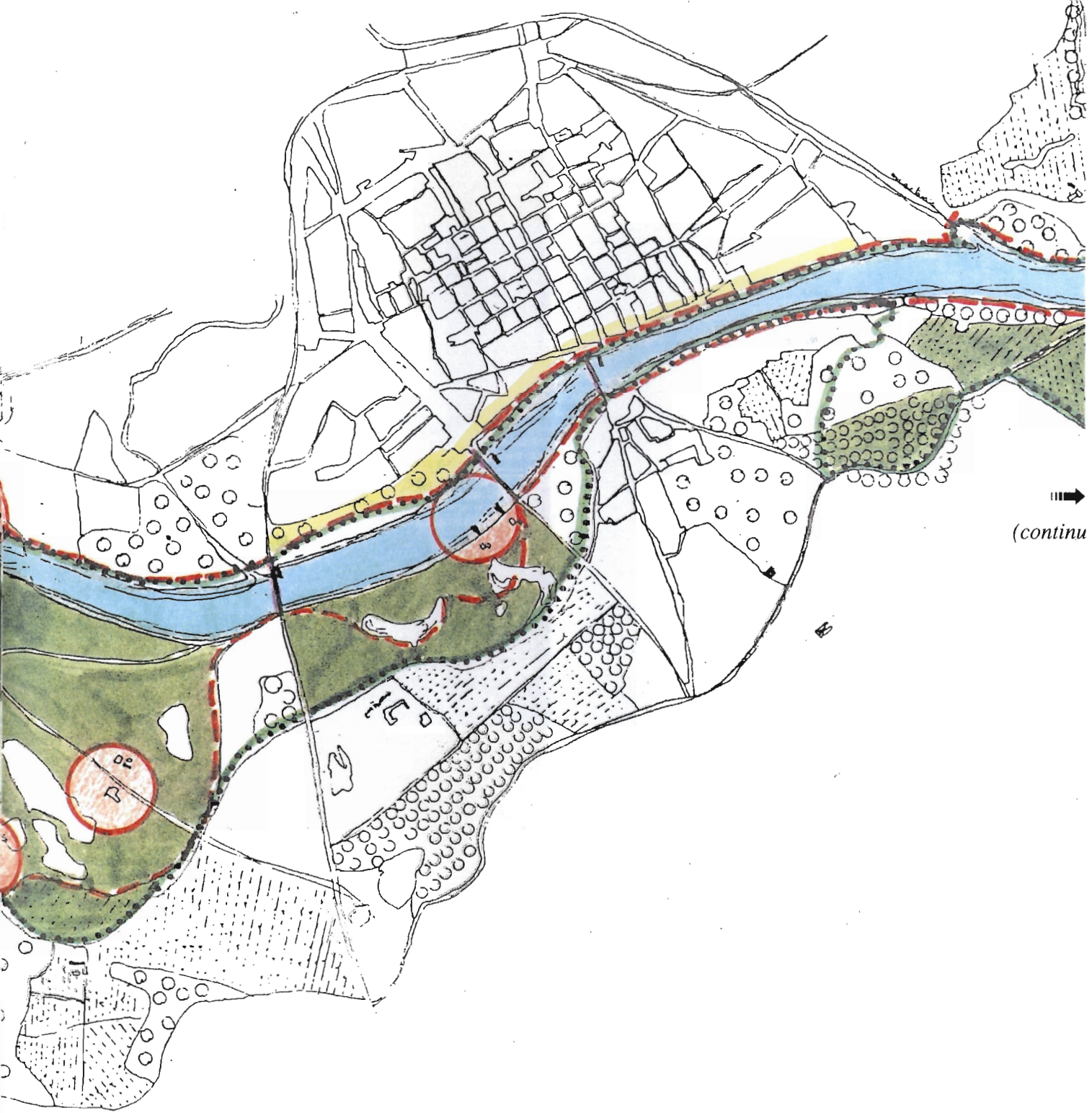


Tratto del Ticino
che attraversa
la città di Pavia
fino allo sbocco in Po

*dinamica del fiume
nell'arco di un secolo*



CARBONARA TICINO



→
(continu



SAN MARTINO





VACÒ