

6.5.3.3 - Scolmatore dell'Arno a monte di Empoli, con scarico nel Padule di Fucecchio

Il Padule di Fucecchio ha come immissari una serie di corsi d'acqua, i più importanti dei quali sono il Fiume Nievole e i Torrenti Pescia di Pescia, Pescia di Collodi, Borra, Vinci; gli emissari sono invece il Canale del Terzo e il Canale del Capannone, che confluiscono dando luogo al Canale Maestro, che, più a valle, prende il nome di Canale di Usciana.

La quota minima del Padule è di 12 m.s.m.; il livello di massima piena consigliabile è di 13,50 m, cui corrisponde una superficie dello specchio liquido di 13 Km² e un volume d'invaso di 5,845x10⁶ m³.

In passato, quando il Canale di Usciana era in grado di smaltire una portata massima in Arno di 150 m³/s, il livello di 13,50 m veniva frequentemente superato e, in caso di piene eccezionali dell'Arno stesso, veniva superato nel Padule di Fucecchio anche il massimo livello di invaso, che è di circa 15,05 m. A tale livello corrisponde una superficie liquida di circa 22 km² e un volume di invaso di 34,1x10⁶m³.

Attualmente, poiché il Canale di Usciana è stato adeguato al deflusso di una portata massima di 400 m³/s e il suo sbocco è sempre libero, scaricando esso nello Scolmatore dell'Arno, il livello liquido non supera più la quota di 13,50 m.

E' ipotizzabile perciò utilizzare il Padule di Fucecchio come cassa di laminazione delle piene dell'Arno, ammettendo che con una certa frequenza, peraltro molto bassa, si possa in esso raggiungere il livello massimo di 15,05 m, per cui il volume di laminazione disponibile risulta quello invasabile tra le quote di 13,50 e di 15,05 m, che è di circa 28x10⁶m³, senza costruire arginature.

L'opera di adduzione da realizzare è costituita da una galleria artificiale, funzionante a pelo libero, della lunghezza di circa 9 Km, con origine subito a monte dell'abitato di Limite (tra Montelupo e Empoli) e termine nell'alveo del Torrente Vinci.

Tenendo conto del dislivello tra la quota liquida in piena dell'Arno e quella nella sezione iniziale della galleria, si ha una pendenza motrice di circa 0,0008 - 0,001 e quindi, volendo smaltire una portata massima di 500 m³/s, occorre una galleria a sezione policentrica o a ferro di cavallo con una sezione circolare di circa 12 m di diametro.

Se si ammette una legge delle portate scolmate avente un andamento parabolico, con portate scolmate nulle all'istante iniziale e terminale del funzionamento e portata massima a metà del funzionamento stesso, si deduce che lo scolmatore può funzionare per 23 - 24 ore, prima di poter esaurire il volume d'invaso disponibile nel Padule.

Data l'importanza dell'opera, lo sfioratore di superficie che alimenta il canale scolmatore deve essere dotato di paratoie automatiche, che consentano di avere l'inizio della laminazione sufficientemente prossimo al colmo della piena in arrivo.

Lo svuotamento del Padule avviene tramite il Canale di Usciana.

Il costo dell'opera è stimabile, in linea di larga massima, in 300 miliardi.

Volumi di laminazione superiori sarebbero ottenibili con appropriate arginature dell'area da invasare.

6.5.3.4 - Scolmatore dell'Arno, con scarico nel Padule di Bientina

Il Padule di Bientina ha una superficie di circa 31 Km², con quote mediamente variabili tra i 6 e i 7 m.s.m. ed è attraversato dal Canale Rogio e dal Canale d'Altopascio, che confluiscono dando origine al Canale Emissario di Bientina.

Risulta ammissibile un allagamento di breve durata del Padule, con altezze medie di 1,00 - 1,50 m, utilizzando il Padule stesso quale recapito delle acque provenienti dalla laminazione delle piene dell'Arno, in considerazione del fatto che si tratterebbe di un evento del tutto eccezionale, avente una probabilità di verificarsi estremamente bassa.

E' perciò possibile scolmare dall'Arno, in caso di necessità, un volume di 30 - 40 milioni di mc e oltre.

Cartografie di riferimento: Carta degli interventi proposti per la riduzione del rischio idraulico nel bacino dell'Arno - La strategia del progetto di piano è impostata, oltre che su adeguati interventi di manutenzione e di ripristino delle sistemazioni idraulico-forestali, su:

a) il potenziamento della capacità di laminazione delle residue aree fluviali ancora disponibili all'esondazione sia lungo l'Arno, sia lungo gli affluenti, attraverso:

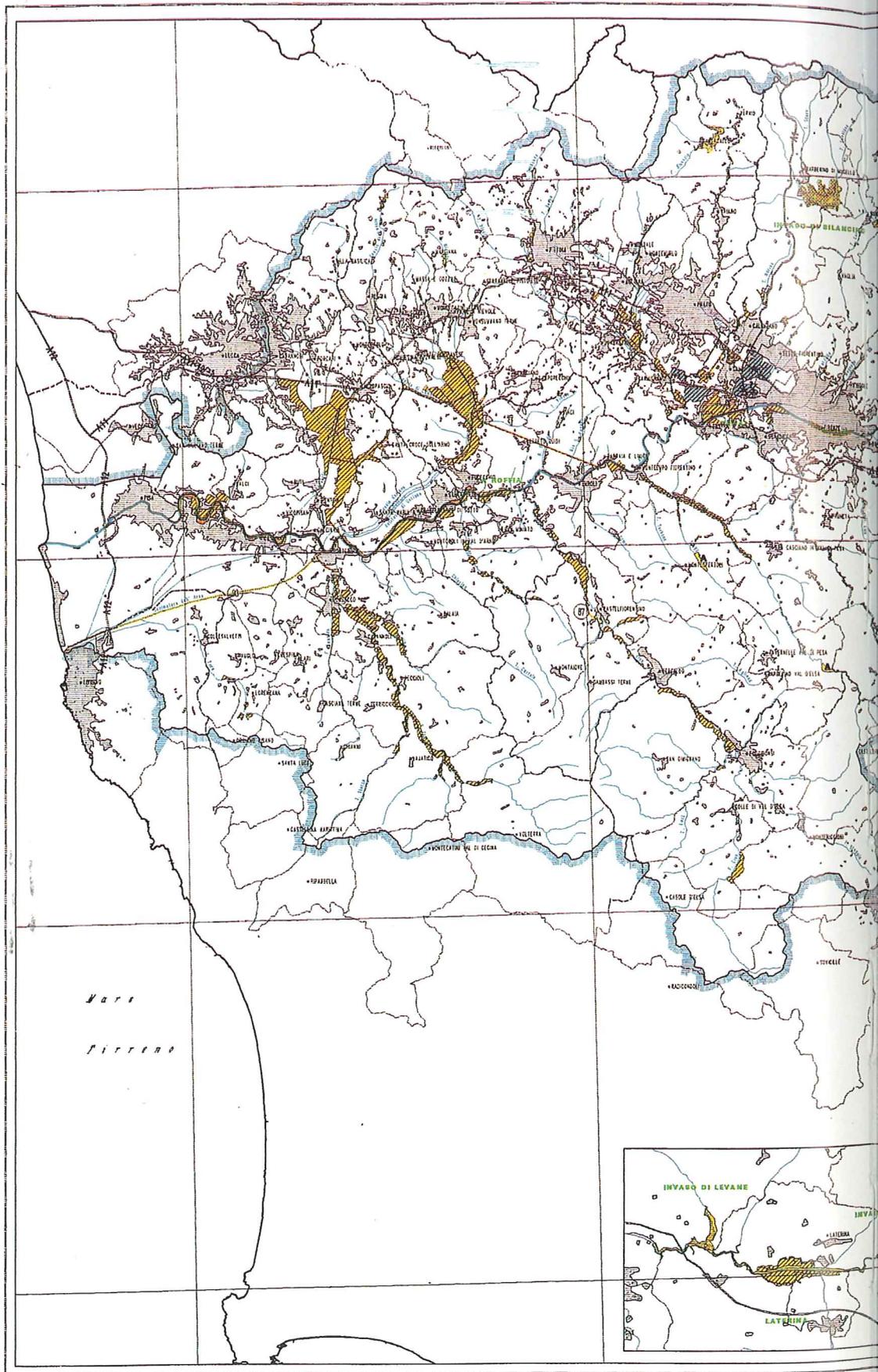
1.a - la realizzazione di aree ad esondazione controllata lungo l'Arno, per un totale di circa 140-155 milioni di m³ utilizzabili per la laminazione dell'onda di piena; 2.a - la realizzazione di aree ad esondazione controllata lungo gli affluenti per un totale di circa 152 milioni di m³;

b) il reperimento di capacità aggiuntive di accumulo dei volumi di piena, attraverso:

1.b - la realizzazione di uno scolmatore dell'Arno a monte di Empoli, con scarico nel padule di Fucecchio per un volume di invaso utile di almeno 28 - 34 milioni di m³; 2.b - la costruzione di un analogo scolmatore dell'Arno a monte di Pisa e di Pontedera, con scarico nel padule di Bientina per un volume di 30 - 40 milioni di m³; 3.b - l'adeguamento dell'attuale scolmatore dell'Arno; 4.b - la realizzazione di alcuni invasi di laminazione sugli affluenti, talvolta in alternativa alle casse di espansione, con la creazione di un ulteriore volume massimo di circa 24 milioni di m³; 5.b - il sovrizzo delle dighe Enel di Levane e di La Penna (AR) con adeguamento degli scarichi di fondo e sfangamento degli attuali invasi per la creazione di un volume massimo di laminazione pari a 43 milioni di m³ (a seconda delle varie ipotesi di intervento);

c) l'adeguamento della capacità di contenimento dell'alveo, attraverso:
- l'opportuna sistemazione delle strutture arginali nei tratti critici residui.

Tali interventi rispondono all'esigenza di ottimizzare le attuali disponibilità di aree non ancora urbanizzate da destinare alla laminazione delle piene e di salvaguardare quelle urbanizzate, attualmente soggette al rischio di inondazione.



In questo senso la possibilità di ottenere esondazioni controllate su circa 200 Km² del territorio a rischio permetterà di mettere in sicurezza 1.000 Km² di aree di pianura. L'effetto complessivo sulla riduzione del rischio sarà in ogni caso determinato dall'entità stessa degli interventi di laminazione che saranno realizzati.

L'obiettivo verrà conseguito in modo graduale attraverso interventi strutturali, articolati in tre fasi della durata complessiva di quindici anni: ciascuna fase prevede un proprio obiettivo intermedio in termini di contenimento di eventi di piena tipici, del tipo di quelli maggiormente signi-



Autorita' di Bacino
DEL FIUME ARNO

Carta degli interventi proposti
per la riduzione del rischio
idraulico nel bacino dell'Arno

Scala 1: 200.000



Proiezione UTM

- P1 Aree golenali e di prima pertinenza fluviale.
- Aree residue umide e/o di pertinenza idraulica nella pianura PT - PO - FI

Opere esistenti

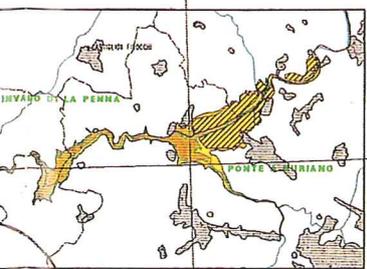
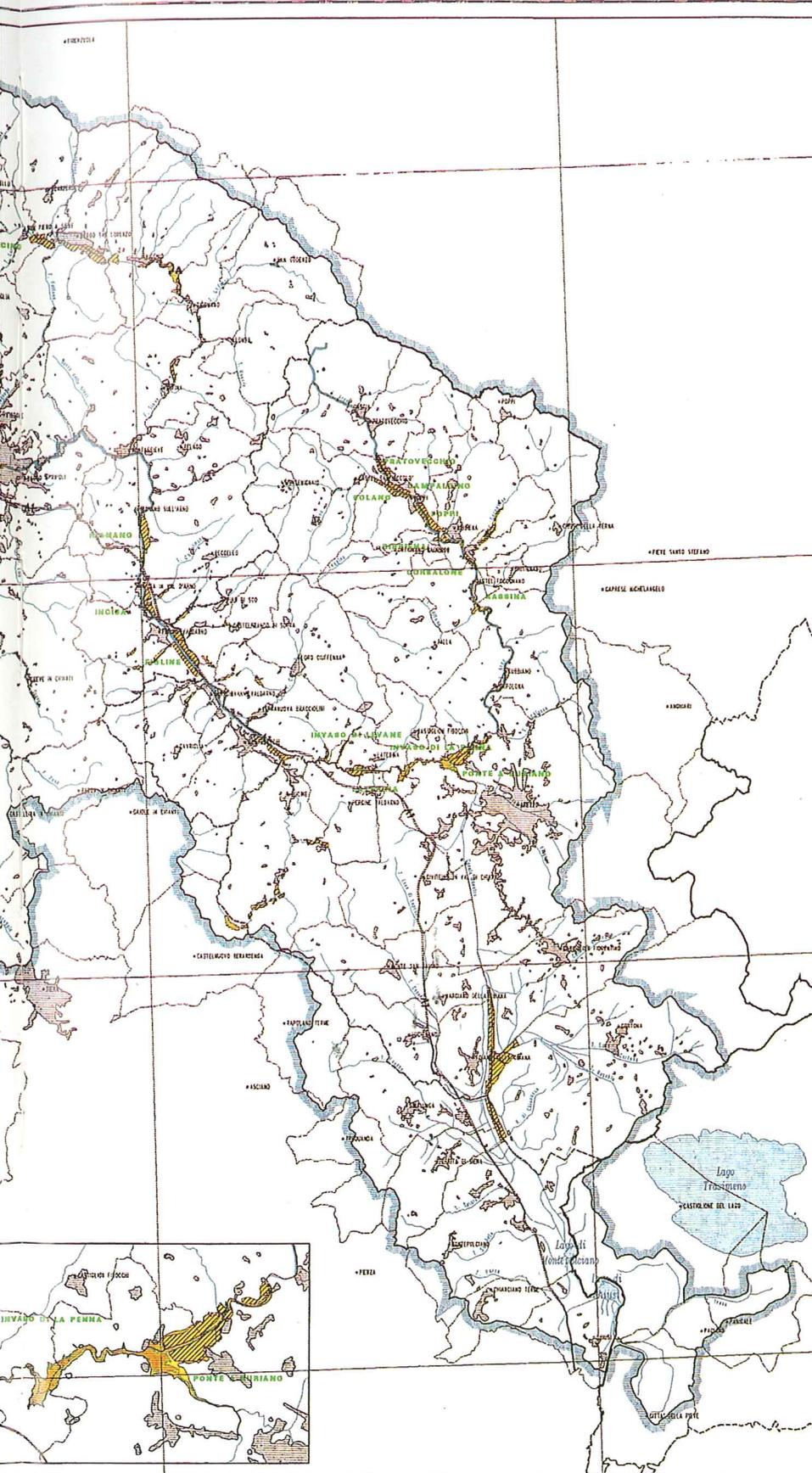
- Invasi Enel di Livorno e La Penna (Ar)
- Tretto con ampliamento sezione idraulica (Firenze) (post 1900)
- Canale Scolmatore dell'Arno (terminato post 1900)
- Canale di derivazione dell'Era (Castelfranco)
- Invaso di Bientina (F. Stivo) (in corso di ultimazione)

Interventi proposti

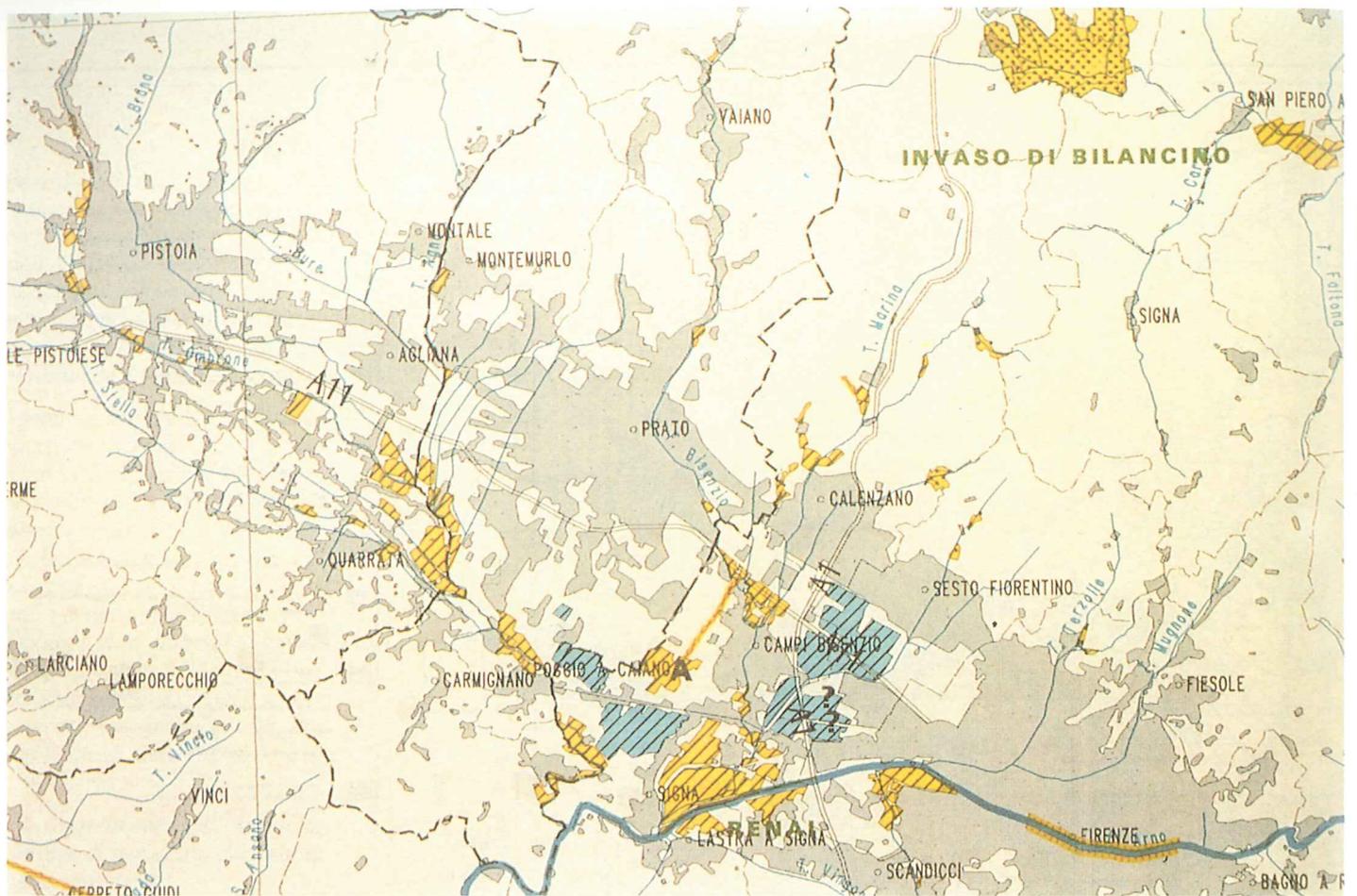
- Aree di espansione e casse di laminazione
- Serbatoi di laminazione
- Interventi di laminazione con "bocche tarate", etc.
- Scolmatore Arno - Padule di Fuceocchio
- Scolmatore Arno - Padule di Bientina
- Diversivo del F. Era
- Tretti con adeguamento della sezione idraulica

N.B.: A - Interventi alternativi

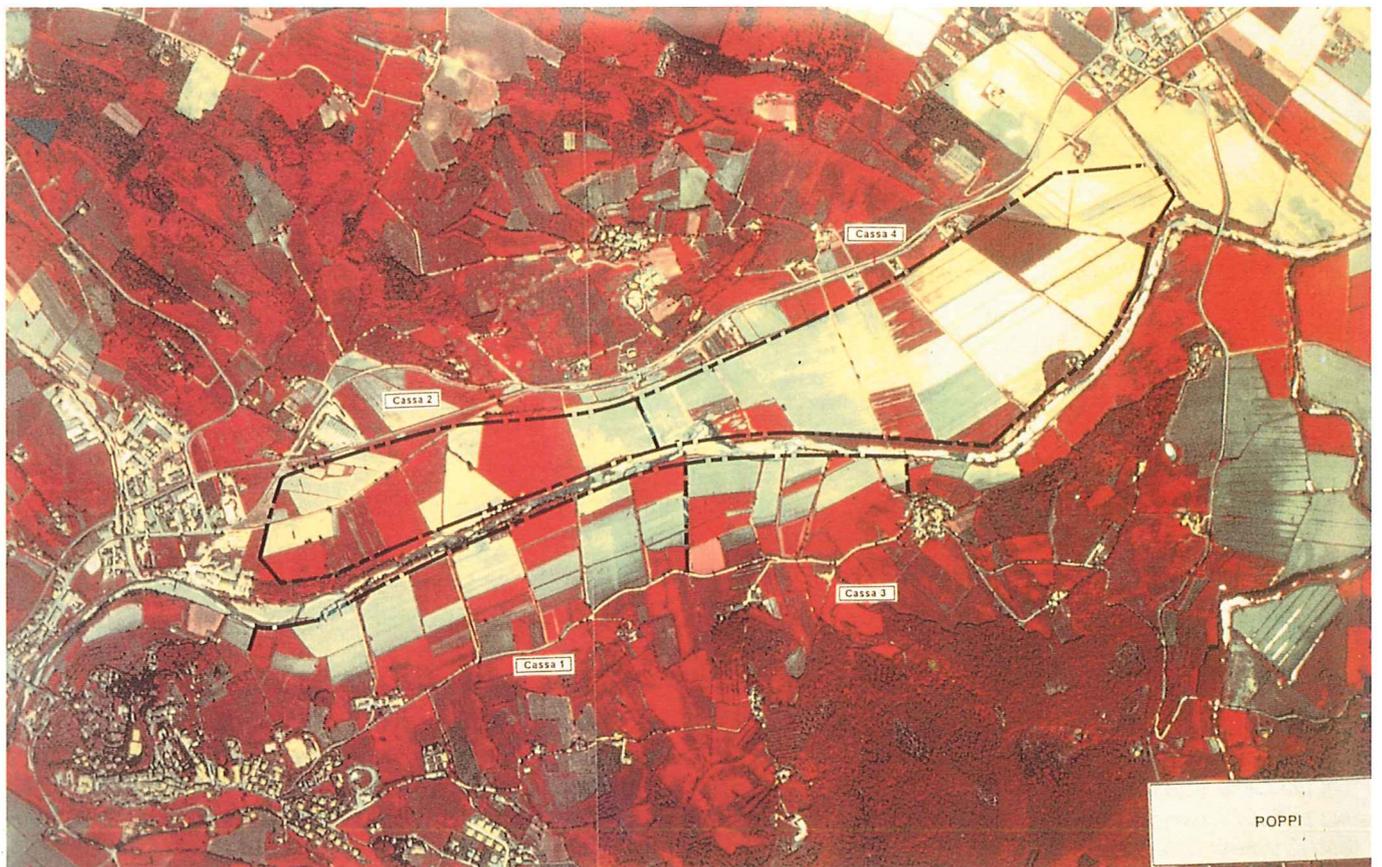
- Limite amministrativo Bacino Arno
- Limiti di Comune
- Limiti di Provincia
- Limiti di Regione
- Reticolo idrografico
- Centri e nodali abitati



ficativi verificatisi negli ultimi anni (1966 e 1992).
Durante il periodo di attuazione del piano saranno inoltre predisposti, realizzati e aggiornati i piani di emergenza e di protezione civile. Gli interventi strutturali saranno accompagnati, onde garantirne in pieno l'efficacia, dall'avvio di iniziative volte a razionalizzare il sistema politico - amministrativo e gestionale per quanto riguarda: - l'assunzione di adeguati criteri gestionali; - lo snellimento delle procedure e la semplificazione del sistema normativo; - il potenziamento e il coordinamento delle strutture operative.
E' prevista inoltre l'organizzazione e la gestione dei sistemi di monitoraggio e di controllo esistenti e da adeguare, al fine di pervenire in tempi brevi e in fasi successive ad un sistema esperto di allertamento e di previsione delle piene.



Interventi del Piano di bacino - Le casse di espansione previste nella pianura tra Firenze, Prato e Pistoia e lungo il corso dell'Arno, dell'Ombrone e del Bisenzio e (in azzurro) le "aree umide" da salvaguardare.



Interventi del Piano di bacino - Esempi di localizzazione delle casse di espansione previste nella pianura dell'Arno a valle di Poppi (Arezzo).

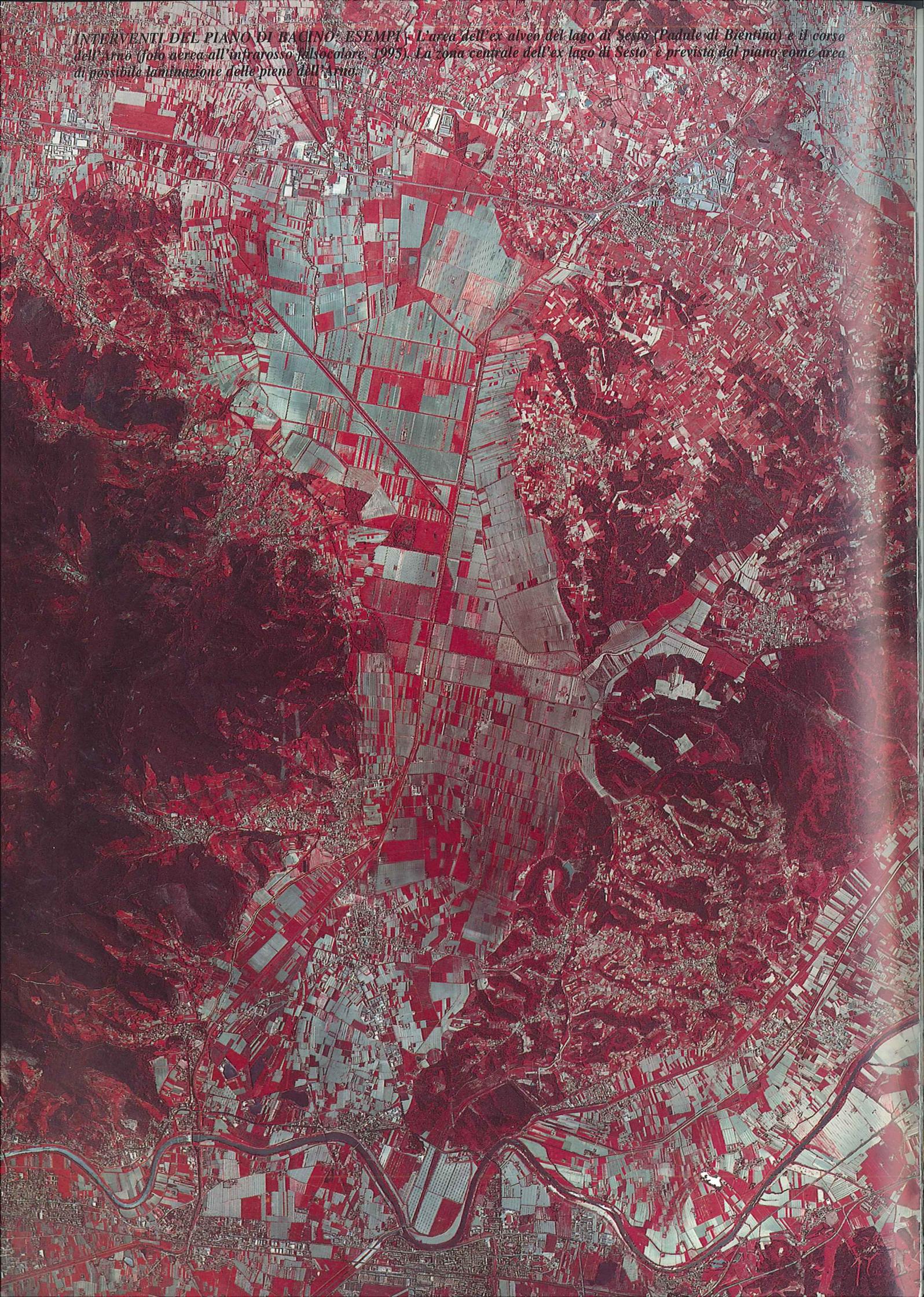


Interventi del Piano di bacino: esempi - Il piano prevede il recupero ambientale della zona dell'Argingrosso a Firenze, di fronte al Parco delle Cascine e il ripristino dell'area golenale dell'Arno, oggi fortemente degradata.

Interventi del Piano di bacino: esempi - Firenze: zona dell'Argingrosso. Particolare.



INTERVENTI DEL PIANO DI HACINO: ESEMPI - L'area dell'ex alveo del lago di Sesto (Padule di Brentina) e il corso dell'Arno (foto aerea all'infrarosso falsocolore, 1995). La zona centrale dell'ex lago di Sesto è prevista dal piano come area di possibile laminazione delle piene dell'Arno.



La portata scolmata dall'Arno deve essere convogliata verso il Padule di Bientina tramite una galleria della lunghezza di circa 2 Km, avente origine da un'opera di presa dal fiume in prossimità della località La Navetta, subito a monte dell'abitato di Pontedera. Anche se l'orografia della zona lo consente, è stata scartata l'ipotesi di uno scolmatore costituito da un canale a pelo libero, per i seguenti motivi:

- l'opera di presa avrebbe dovuto essere localizzata più a valle, con una riduzione del beneficio della laminazione per l'abitato di Pontedera;
- il canale scolmatore avrebbe avuto una lunghezza molto maggiore;
- si sarebbero incontrati vari vincoli territoriali (costituiti soprattutto dall'abitato di Calcinaia), che avrebbero reso il canale molto tortuoso e di difficile realizzazione in alcuni tratti.

Alla galleria, funzionante a pelo libero, può essere assegnata una pendenza motrice $i = 0,003 - 0,004$, per cui, volendo scolare una portata massima di circa $500 \text{ m}^3/\text{s}$, occorre una sezione policentrica, a ferro di cavallo o di forme simili, equivalenti a una sezione circolare di circa 9 m di diametro.

Anche ammettendo di innalzare il livello liquido medio del Padule di solo un metro, ipotizzando un andamento nel tempo delle portate laminate di tipo parabolico, con portata nulla all'istante iniziale e all'istante finale del funzionamento dello sfioratore, si avrebbe la possibilità di scolare la portata massima di $500 \text{ m}^3/\text{s}$, con una durata della laminazione di 25 - 26 ore.

Data l'importanza dell'opera, lo sfioratore di superficie che alimenta il canale scolmatore deve essere dotato di paratoie automatiche, che consentano di avere l'inizio della laminazione sufficientemente prossimo al colmo della piena in arrivo.

Il vuotamento del Padule avverrà lentamente attraverso il Canale Emissario di Bientina, eventualmente da potenziare.

Il costo di larga massima dell'opera è stimato in 60 miliardi.

6.5.4 - Interventi strutturali sugli affluenti

6.5.4.1. - Completamento dell'invaso di Bilancino

Esso riveste importanza ai fini della regimazione invernale ed estiva del sistema Sieve - Arno e più in generale per risolvere i problemi idrici dell'acquedotto fiorentino e per garantire all'Arno un "minimo vitale" di acque di scorrimento nel periodo siccitoso estivo (luglio - settembre). Il "minimo vitale" è stimato in circa 8 mc/sec all'altezza di Firenze, mentre la portata dell'Arno a monte della città è in realtà oggi mediamente sull'ordine di circa $3,5 \text{ mc/sec}$ nel periodo critico indicato. Su essa intervengono, a valle, i potabilizzatori dell'acquedotto fiorentino, sottraendo oltre $2,5 \text{ mc/sec}$ di acqua dall'alveo del fiume. Su 84 Mmc di invaso complessivo (di cui 69 Mmc di ritenuta normale), 15 Mmc sono destinati alla laminazione delle piene della Sieve e $62,5 \text{ Mmc}$ per la regolazione, essendo $6,5 \text{ Mmc}$ al di sotto del minimo invaso di esercizio (cfr. Scheda Tecnica). Le necessità finanziarie, secondo le valutazioni della Regione Toscana, sono considerate nel progetto di piano stralcio relativo alla *Qualità delle acque* e riguardano specialmente il completamento dell'opera ai fini del suo inserimento ambientale. Questi ultimi interventi prevedono anche la sistemazione idraulico - forestale dei bacini a monte e a valle dell'invaso, tributari del F. Sieve.

SCHEDA TECNICA

INVASO DI BILANCINO

- **Corso d'acqua:** Fiume Sieve
- **Comune:** Barberino del Mugello
- **Diga:** in materiali sciolti, compattati, con nucleo. Larghezza coronamento m 8, sviluppo del coronamento m 719,68, volume complessivo del rilevato m³ 2.168.000.

- Volume di invaso complessivo: (q. 254,50)	m ³	84.000.000
- di ritenuta normale (ciglio sfiorante - q. 252)	m ³	69.100.000
- per laminazione (tra q. 252 e q. 254,50)	m ³	15.000.000
- minimo invaso di esercizio (opera di presa - q. 234,50))	m ³	6.500.000
- minimo invaso (capacità morta - q. 231)	m ³	2.500.000
- utile per regolazione (opera di presa - q. 234,50)	m ³	62.500.000
- Superficie del bacino imbrifero sotteso	Kmq	149,00
- Altezza massima dello sbarramento	m	42,00
- Altezza di massima ritenuta	m	37,50
- Quota del coronamento	msm	259,00
- Livello massimo di invaso (livello di piena)	msm	254,50
- Livello di ritenuta normale	msm	252,00
- Livello minimo invaso (soglia dello scarico di fondo)	msm	231,00
- Portata di max piena (Tr=1000 anni)	m ³ /sec	1.450
- Potenzialità dello scarico di superficie (con livello del serbatoio a quota 254,50)	m ³ /sec	940
- Potenzialità dello scarico di fondo (con livello del serbatoio a quota 252)	m ³ /sec	250
- Tempo di svasso (fra le quote 252 e 231)	h	123

L'invaso, facente parte degli undici serbatoi previsti dal Progetto Pilota per la regimazione idraulica dell'Arno, è l'unico che è stato cantierato nel 1984. E' stato progettato per uso plurimo, specialmente per assicurare la portata "minima vitale" sull'Arno durante il periodo estivo (luglio - fine settembre) e quindi contribuire al rifornimento idrico dell'area Firenze - Prato. Il contributo per la laminazione delle piene è valutato nel progetto in 15 Mmc.

5.5.4.2 - Casse di espansione, serbatoi di laminazione e briglie a bocca tarata

Per attenuare l'effetto delle piene dell'Arno e quelle che possono interessare i suoi affluenti, questi ultimi anche in presenza di eventi non particolarmente eccezionali, è necessario progettare e realizzare casse di laminazione nella parte alta e mediana dei corsi d'acqua, con possibilità di espansioni controllate in aree ancora libere, costituire alcuni serbatoi di laminazione e intraprendere iniziative atte a controllare e ridurre il vasto e generalizzato dissesto idrogeologico (cfr. paragrafo 6.5.5.).

Di seguito è analizzata la situazione dei principali affluenti dell'Arno, sono indicati sommariamente le necessità di laminazione e/o gli interventi previsti e sono riportati gli idrogrammi (di piena, di progetto e laminati), relativi a varie sezioni dell'affluente preso in esame, spesso più numerosi e specifici del corso d'acqua considerato rispetto a quelli figurati nel progetto di piano stesso.

6.5.4.2.1. - Affluenti di sinistra dell'Arno

Corsalone

Il Torrente Corsalone ha una lunghezza dell'asta principale $L = 17$ Km e un bacino di superficie $S = 88,7$ Km², che si sviluppa prevalentemente in montagna, con una quota massima di 1242 m s.m. e buona parte dello spartiacque a quota superiore ai 1000 m; l'altezza media rispetto alla sezione di chiusura, posta a quota di 306 m s.m., è di circa 400 m e il tempo di corrivazione, calcolato con la formula di Giandotti è $T_c = 4$ ore. Le forti pendenze delle pendici del bacino e l'elevata piovosità determinano piene di cospicua entità.

La portata massima unitaria, determinata con la curva inviluppo superiore, è $q = 4,8$ m³ / s · Km², per cui la portata massima risulta $Q_{max} = 426$ m³ / s.

Interventi previsti

Il contributo del Corsalone alle portate di piena dell'Arno risulta apprezzabile, per cui appare opportuno ridurlo mediante opere di laminazione.

Vengono al riguardo prospettate due soluzioni: la prima prevede la realizzazione di un invaso artificiale circa 2 Km a monte della confluenza con l'Arno; la seconda la realizzazione di una serie di casse di laminazione lungo il tronco terminale del Corsalone e lungo l'affluente Fosso Lappola.

1ª Soluzione:

L'invaso viene ottenuto mediante uno sbarramento in una sezione del Corsalone ubicata 1900 m a monte della confluenza con l'Arno. Tale invaso è a esclusivo scopo di laminazione delle piene e ha un volume $V = 6 \cdot 10^6$ m³.

Il punto più basso dello sbarramento è a quota 329 m s.m.; il livello di massimo invaso è a quota 353 m s.m.. Il franco è di 3 m, per cui la diga ha una quota di coronamento di 356 m s.m. e un'altezza di 27 m.

2ª Soluzione:

Le casse di laminazione previste hanno le seguenti superfici:

in adiacenza all'asta del Corsalone

$$S = 91 \text{ ha}$$

in adiacenza all'asta del Fosso Lappola

$$S = 10 \text{ ha}$$

in totale

$$S = 101 \text{ ha}$$

L'altezza liquida media prevista nelle casse è di 1,50 m, per cui il volume delle casse è di circa $1,5 \cdot 10^6$ m³.

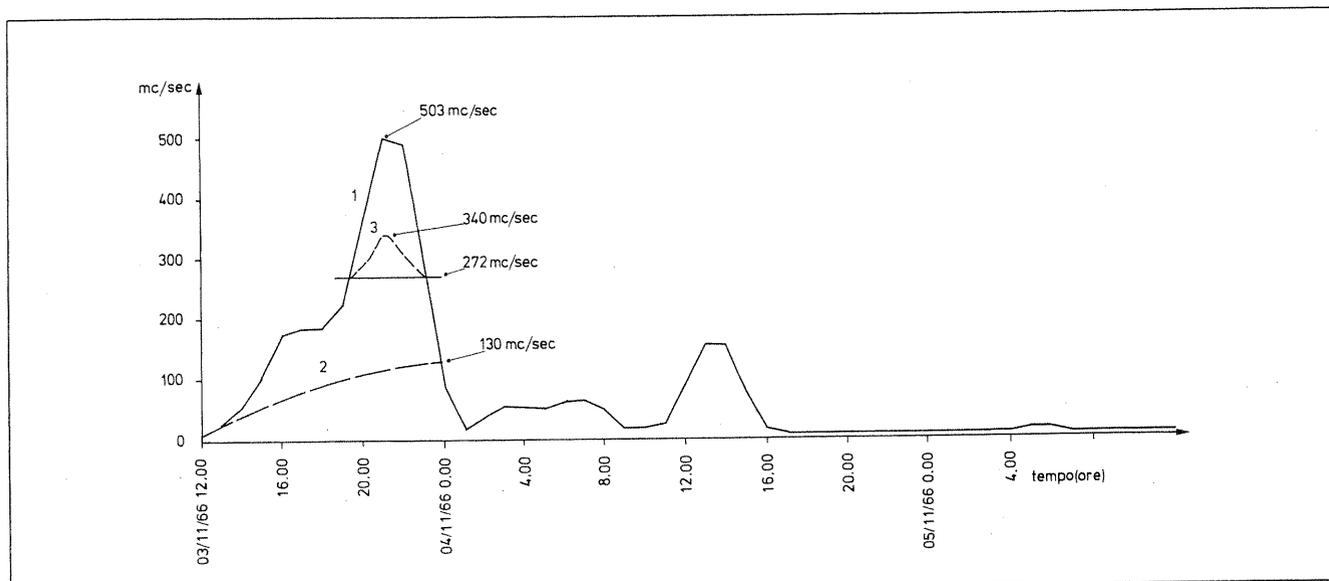
Nella figura è rappresentato l'idrogramma di piena del 1966 (ricostruito), relativo all'interbacino dell'Arno compreso tra la cassa di espansione di Bibbiena e quella di Corsalone, avente una superficie di 103,8 Km², di cui 88,7 costituiti dal bacino del Corsalone ed il corrispondente idrogramma laminato per effetto dell'invaso artificiale e quello laminato per effetto delle casse di espansione.

Si osserva che la laminazione che si ottiene con l'invaso è molto maggiore rispetto a quella dovuta alle casse, dal momento che l'invaso ha un volume molto più grande e ciò risulta molto utile per ridurre le portate che vengono immesse nell'Arno nel corso degli eventi critici per quest'ultimo.

Valutazione dei costi

I costi presumibili delle due soluzioni alternative proposte sono i seguenti:

- | | |
|---|-----------------|
| a) Invaso artificiale | £. 45 miliardi |
| b) Casse di laminazione, compreso il costo per lo spostamento della viabilità esistente | £. 5,5 miliardi |



Interbacino dell'Arno compreso tra le casse di Bibbiena e di Corsalone: 1 - idrogramma dei giorni 3-6 Novembre 1966; 2 - idrogramma laminato per effetto dell'invaso; 3 - idrogramma laminato per effetto delle casse.

Canale Maestro della Chiana

Il Canale della Chiana, che ha origine dal Lago di Montepulciano, raccoglie in un primo tratto le acque provenienti da terreni pianeggianti, mentre nel tronco terminale riceve anche affluenti con bacini di montagna o collinari, per cui le portate di massima piena subiscono un brusco incremento.

Il bacino del Canale della Chiana ha una superficie $S = 1368 \text{ Km}^2$, con un'altitudine massima di 1056 m s.m. ; l'asta del corso d'acqua ha una lunghezza $L = 54,7 \text{ Km}$; malgrado la elevata impermeabilità del bacino, il coefficiente di deflusso ha valori piuttosto bassi, sia nell'arco dell'intero anno che in caso di piena.

Sul corso d'acqua esiste una stazione di misura di portata del Servizio Idrografico, all'altezza della linea ferroviaria Firenze - Roma, 5,7 Km a monte della confluenza con l'Arno, dove il bacino ha una superficie di 1272 Km^2 . La stazione è in funzione dal 1926, mentre in precedenza aveva funzionato, a partire dal 1911, una stazione di misura posta a brevissima distanza (in località Chiusa dei Monaci, dove la superficie del bacino è praticamente la stessa).

Portate di progetto

La massima portata storica si è verificata il 2 settembre 1922 ed è stata pari a $567 \text{ m}^3/\text{s}$.

Data la lunga serie disponibile delle massime portate annuali e dato che le caratteristiche orografiche del bacino non consentono di fare riferimento alle curve inviluppo, si è assunta nei calcoli la massima portata con tempo di ritorno $T_r = 200$ anni, secondo le direttive dalla Regione Toscana; tale portata, determinata con il metodo statistico di Gumbel, ha un valore di $743 \text{ m}^3/\text{s}$.

Le sezioni prese in esame sono relative al tronco che va dall'immissione dei Torrenti Esse e Foenna fino allo sbocco in Arno.

- Sezione terminale

$S = 1368 \text{ Km}^2$; $L = 54,7 \text{ Km}$; $\bar{H} = 102 \text{ m}$ (rispetto alla sezione di chiusura);
 $T_c = 28,4$ ore (determinato con la formula di Giandotti); $Q_{\max} = 743 \text{ m}^3/\text{s}$ (con $T_r = 200$ anni), con un contributo unitario $q = Q_{\max} / S = 0,54 \text{ m}^3/\text{s Km}^2$.

È da osservare che le portate di piena del Canale della Chiana sono determinate principalmente dai contributi degli affluenti montani, che hanno tempi di corrivazione molto minori rispetto a quello sopra riportato, determinato con la formula di Giandotti; da idrogrammi registrati sul corso d'acqua risulta un tempo di corrivazione di 20 - 21 ore.

Il tronco terminale del corso d'acqua è in grado di far defluire la massima portata di $743 \text{ m}^3/\text{s}$.

- Tratto subito a valle della confluenza dei Torrenti Esse e Foenna

$S = 1098 \text{ Km}^2$; $L = 33,7 \text{ Km}$; $\bar{H} = 98 \text{ m}$; $T_c = 23$ ore (con la formula di Giandotti); per il motivo detto in precedenza, il tempo di corrivazione effettivo risulta però di 16 - 17 ore.

Per il calcolo della portata di massima piena, si è supposto che dalla sezione in esame a quella terminale il contributo unitario diminuisca secondo il rapporto della superficie dei rispettivi bacini elevato a $2/3$, come risulta dalle formule a carattere regionale di Marchetti e Mongiardini.

Per il tratto in esame si ha quindi:

$$q = 0,54 \left(\frac{1368}{1098} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,625 \text{ m}^3 / \text{s Km}^2 \quad Q_{\max} = 686 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Interventi previsti

Il Canale della Chiana ha una sezione insufficiente al deflusso di tale portata per un tratto della lunghezza di 1200 m circa, che è in grado di far defluire una portata di $350 \text{ m}^3/\text{s}$; tale tratto ha inizio circa 1,5 Km a valle della confluenza col Torrente Esse.

Si prospettano due possibili soluzioni: la prima consiste in un adeguamento della sezione trasversale del Canale della Chiana nel tratto in esame per permettere il deflusso della massima portata con un adeguato franco; la seconda soluzione consiste invece nella realizzazione di una serie di casse di espansione a monte del tronco in oggetto, per laminare la portata fino al valore che l'alveo attuale consente di far defluire.

Per determinare il volume delle casse, è stato costruito un idrogramma di piena del corso d'acqua nel tratto in esame, avente una massima portata al colmo di $686 \text{ m}^3/\text{s}$ e un andamento simile a quello registrato al Ponte della Ferrovia Firenze - Roma nel corso della piena del 6 febbraio 1960.

Si è dedotto quindi che il volume da laminare è di $9,3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, per cui occorre una superficie complessiva delle casse di 581 ha, avendo ammesso un'altezza liquida nelle casse stesse di 1,60 m.

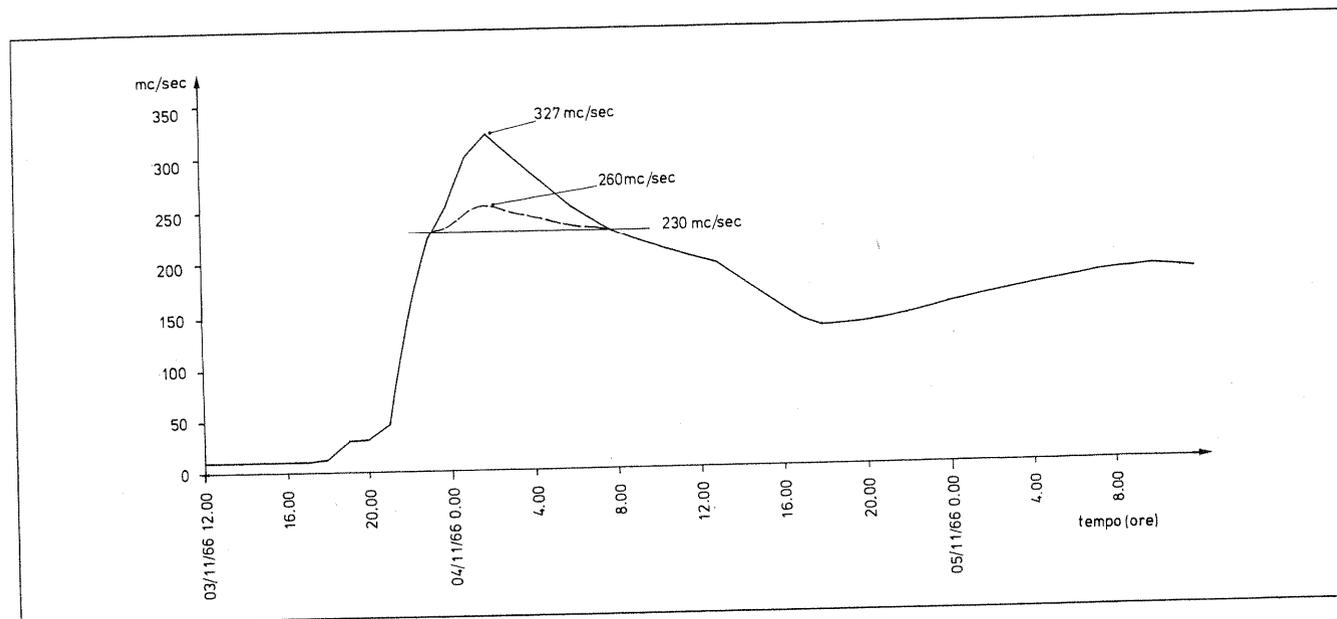
Le aree da adibire a casse di laminazione individuate in questa fase dello studio consentono di invasare circa $10,9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, per cui risultano sufficienti.

È da osservare che la prima soluzione (adeguamento dell'alveo) è molto più economica rispetto alla seconda (realizzazione delle casse di laminazione).

Infatti, per la prima soluzione si può, in linea di larga massima, indicare un costo di 1,5 miliardi, tenendo conto che occorrerebbe realizzare delle arginature, se pure di modesta altezza ed espropriare delle aree per l'ampliamento della sezione trasversale; il costo della seconda soluzione è invece quantificabile in circa 35 miliardi.

Nella scelta tra le due soluzioni occorre però avere presente che con la seconda soluzione si realizza un volume di laminazione di circa 11 milioni di m³, che riduce la massima portata al colmo (con Tr = 200 anni) del Canale della Chiana di 288 m³/s, con un effetto positivo anche sulla riduzione delle portate massime dell'Arno; si ritiene perciò preferibile la 2^a soluzione.

Nella figura è rappresentato l'idrogramma di piena del Canale della Chiana al Ponte della Ferrovia del Novembre 1966 (ricostruito) ed il corrispondente idrogramma laminato per effetto delle casse di espansione previste.



Canale della Chiana alla sezione terminale: 1 - idrogramma di piena dei giorni 3-6 Novembre 1966; 2 - idrogramma laminato.

Ambra

Il percorso del fiume Ambra, che ha un bacino tipicamente collinare di 204 km², è spiccatamente irregolare dirigendosi dapprima verso sud ed invertendo direzione con un'ampia curva a sinistra verso l'Arno; in questo tratto si susseguono lungo la vallata gli abitati di Ambra, Bucine, Levane. A valle di quest'ultimo abitato il fiume devia ancora a sinistra inserendosi nella vallata dell'Arno per circa 3 Km prima di confluire obliquamente nel fiume. La lunghezza totale dell'Ambra (35 Km) supera di molto la dimensione maggiore del bacino (20 Km), il che incide chiaramente sulla formazione delle piene.

I principali affluenti dell'Ambra sono il Borro di Lusignana ed il Torrente Trove, i quali confluiscono in destra rispettivamente a monte ed a valle dell'omonimo abitato di Ambra. Quando il fiume è già nei pressi della confluenza con l'Arno, riceve i contributi dell'unico importante affluente di sinistra, che è il Torrente Caposelvi.

A seguito della piena del 1966 furono segnalati allagamenti di modesta entità nel tronco terminale del fiume (100 ha).

Molto più documentati ed estesi sono gli allagamenti avvenuti in occasione delle piene degli ultimi anni: essi si sono susseguiti quasi ininterrottamente nel medio corso dell'Ambra dall'abitato di Ambra sin dopo la confluenza del Torrente Trove e lungo quest'ultimo corso d'acqua.

Più a valle allagamenti meno estesi si sono verificati presso Pogi ed a nord di Bucine. Un esteso allagamento infine ha avuto inizio dall'Ambra e principalmente dal Caposelvi, già nel fondo valle dell'Arno, poco a monte della confluenza, e si è esteso per circa 2 Km verso Monteverchi.

Portate di progetto

La documentazione idrologica del bacino è limitata alle sole osservazioni pluviometriche, mentre per quanto riguarda i deflussi sono note solo alcune stime di portata effettuate in occasione delle piene più violente.

Di particolare rilievo è il valore di $726 \text{ m}^3/\text{s}$ ($4,59 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{km}^2$) stimato nel novembre 1966 in località Molino di Montorzi (bacino di 158 Km^2), che si pone parecchio al di sopra della curva inviluppo superiore, ma non può certamente essere ignorato risultando attendibile alla luce di verifiche preliminari.

La determinazione delle portate massime nelle altre sezioni di interesse è stata effettuata mediante l'espressione $q_1/q_2 = (S_1/S_2)^{-2/3}$, accertata valida per tutti i corsi d'acqua italiani (Marchetti, Mongiardini); in tale espressione q_2 e S_2 rappresentano la portata unitaria e la superficie del bacino nella sezione terminale e q_1 e S_1 le stesse grandezze nella sezione generica.

Per la generazione degli idrogrammi di piena, si è partiti dall'idrogramma dei giorni 3 - 5 Novembre 1966, ricostruito per l'interbacino dell'Arno tra Ponte del Romito e la confluenza dell'Ambra ($S = 296 \text{ Km}^2$).

Interventi previsti

In linea generale le situazioni locali più critiche si manifestano tra Castello di Montalto e Ambra ove la S.S. della Valdambra percorre l'ampio fondovalle, in corrispondenza dell'abitato e della zona industriale di Ambra, alla confluenza del Torrente Trove e infine verso la confluenza in Arno. Nei restanti tronchi il fiume percorre un fondovalle abbastanza incassato ed i centri abitati sono in posizione più elevata.

In base alle analisi eseguite, dal confronto con le carte degli allagamenti del 1966 e degli anni più recenti e con la carta delle Aree a Rischio Idraulico, sono state individuate le sezioni a maggiore rischio di esondazione.

Confrontando i deflussi della piena duecentennale e quelli smaltibili nelle sezioni di interesse al limite dell'esondazione si sono determinati i volumi del deflusso da laminare a monte di ciascuna di esse.

La ricerca delle aree in cui laminare tali volumi è stata fatta sull'asta principale dell'Ambra, sul tronco terminale del Torrente Trove a valle della confluenza del Borro d'Agone e sul Torrente Scerfio.

Alcune soluzioni idrauliche per la laminazione delle piene dell'Ambra sono state studiate anche in passato e riguardano gli invasi di Pogi e di Castello di Montalto.

Il primo, proposto da Evangelisti e ripreso dal "Progetto Pilota" per l'Arno, sottende gran parte del bacino dell'Ambra (150 km^2 su totali 204), essendo situato a 7 Km dalla confluenza in Arno; con uno sbarramento alto 25 m invasa $22 \text{ m}^3 \cdot 10^6$. Esso ridurrebbe drasticamente le portate di piena alla confluenza in Arno, ma non difenderebbe le estese aree inondate lungo l'Ambra a monte dell'invaso. Allo stato attuale questo invaso non è più proponibile per i numerosi insediamenti abitativi, artigianali e agricoli che vi sono stati realizzati in tempi recenti.

Il serbatoio di laminazione di Castello di Montalto è situato alla chiusura del bacino montano dell'Ambra (37 km^2 su totali 204) ed è stato proposto dall'Ing. Chiarini in una indagine eseguita per conto della Amministrazione Provinciale di Arezzo; con uno sbarramento alto 24 m esso invasa $8 \text{ m}^3 \cdot 10^6$ di cui $6 \text{ m}^3 \cdot 10^6$ destinati alla laminazione delle piene. Tale invaso, a differenza di quello di Pogi, difenderebbe bene l'asta dell'Ambra dalle inondazioni, pur essendo poco efficace per la riduzione dei contributi di piena alla confluenza in Arno.

Destinando questo serbatoio alla sola laminazione delle piene si è verificato che con una capacità di circa $3,4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ si potrebbero contenere per intero i deflussi della piena duecentennale alla sezione di sbarramento. Si propone pertanto tale invaso, con una capacità totale di $4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ per tenere conto del futuro interrimento.

Individuata la possibilità di trattenere i deflussi provenienti dall'alto Ambra, si definisce la possibilità di creare più a valle casse di espansione, localizzate in base ai criteri seguenti:

- a) utilizzare le aree più frequentemente allagate (in quanto anche più idonee ad aumentare il rapporto volume laminato/superficie occupata);

- b) evitare l'utilizzo di aree a sensibile densità di case sparse, opifici, colture ad alto reddito;
- c) localizzare le casse tendenzialmente lontano dai centri abitati;
- d) ridurre i costi per arginature, sovralzamento, spostamento di strade, ecc.;
- e) recuperare volumi di invaso anche oltre le specifiche necessità dei singoli tronchi d'alveo, in modo da ridurre le portate conferite in piena alla confluenza nell'Arno.

Sulla base di tali criteri e dei volumi da laminare, oltre all'invaso di Castello di Montalto, si sono individuate sette casse di espansione lungo l'Ambra e tre sulla Trove e sullo Scerfio, con un invaso di $4,4686 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

Tenuto conto dei $4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ trattenuti nell'invaso citato, la laminazione delle piene potrà giovare quindi in totale di $8,4686 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, dei quali $6,5906 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ lungo il corso dell'Ambra, $0,6855 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ presso la confluenza con l'Arno e $1,878 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ sulla Trove e sullo Scerfio.

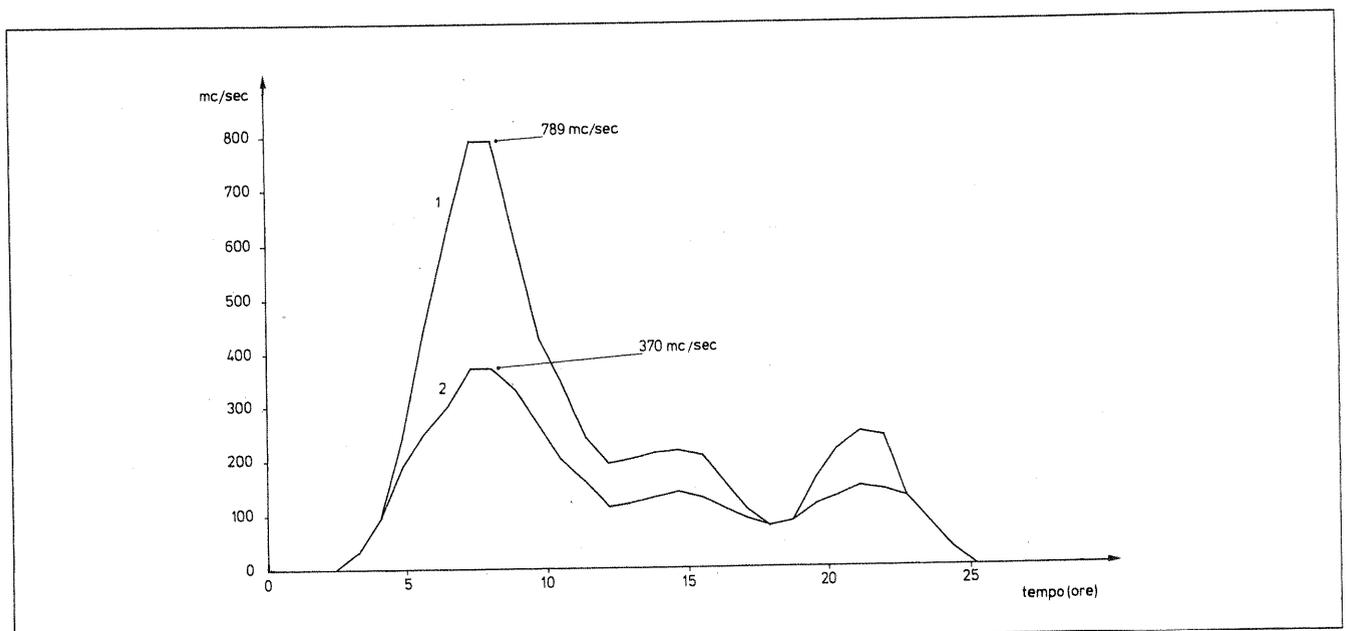
La laminazione consentita da tali volumi di invaso produrrà prevedibilmente una riduzione della portata scaricata in Arno al colmo della piena duecentennale da $789 \text{ m}^3/\text{s}$ a circa $370 \text{ m}^3/\text{s}$.

Gli interventi da prevedere lungo l'asta principale dell'Ambra riguarderanno, oltre la diga di Castello di Montalto e le casse di laminazione, una serie di altre situazioni locali individuate in questa fase solo in maniera orientativa e riguardanti una decina di ponti, opere di difesa spondale o realizzazioni di difese arginanti.

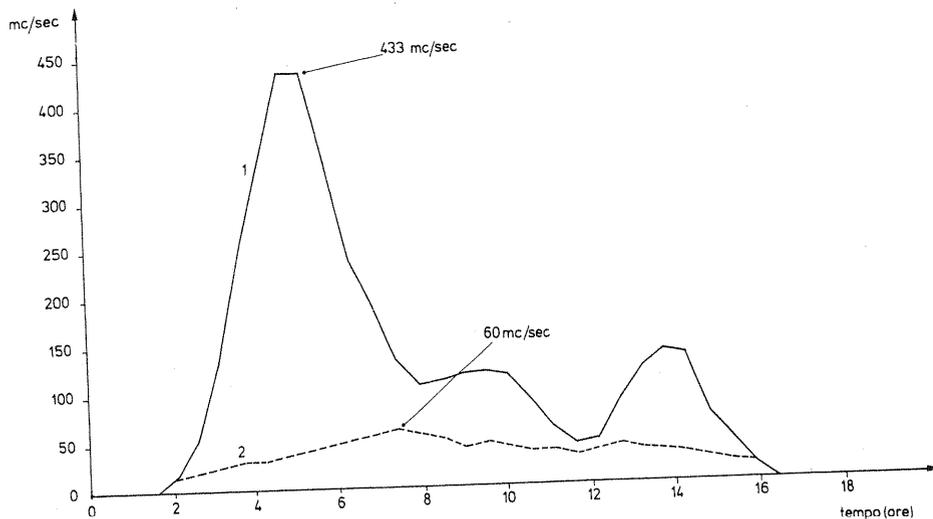
Valutazione dei costi

Una stima di larga massima del costo delle opere da prevedere nel bacino dell'Ambra in base alle previsioni innanzi descritte ammonta a circa 45 miliardi, di cui 24 miliardi per il serbatoio di laminazione 15,6 miliardi per le casse di espansione e 5,36 miliardi per opere idrauliche, arginature e attraversamenti stradali.

Nelle seguenti figure sono riportati gli idrogrammi di piena (ricostruiti), relativamente alla sezione terminale ed a quella di Ambra; nelle stesse figure sono poi riportati i corrispondenti idrogrammi laminati per effetto delle opere previste.



Ambra alla sezione terminale: 1 - idrogramma di piena di progetto; 2 - idrogramma laminato.



Ambra ad Ambra: 1 - idrogramma di progetto; 2 - idrogramma laminato.

Greve

Il Fiume Greve ha un'asta di lunghezza $L = 41$ Km e un bacino imbrifero di superficie $S = 284$ Km², con un'altitudine massima di 892 m s.m. e un'altezza media rispetto alla sezione di chiusura $\bar{H} = 218$ m.

Il bacino è di tipo prevalentemente collinare, ma la natura impermeabile dei terreni e la notevole intensità delle piogge di breve durata danno luogo a portate di massima piena elevate.

Portate di progetto

Sulla Greve hanno funzionato alternativamente due stazioni di misura di portata, poste a breve distanza tra loro: una a Falciani e l'altra a Strette di Bifonica, dove il bacino sotteso è di 126 Km². I dati delle misure non sembrano però utilizzabili, in quanto i due valori più elevati di portata si sono verificati nel 1954 e nel 1966 a Strette di Bifonica, ma pare che la scala di deflusso di tale sezione non sia attendibile.

Per questo motivo le portate massime assunte a base dei calcoli sono state determinate mediante la curva di inviluppo inferiore e sono state confermate da metodi di stima indiretta, come quello cinematico, tarato in base ad idrogrammi di piena verificatisi negli anni 1992 e 1993 in alcune sezioni del corso d'acqua.

Sono state analizzate più sezioni del corso d'acqua, per le quali si è dedotto quanto segue:

- Greve a Greti - Calcinaia

$$S = 54 \text{ km}^2; \quad T_c = 3,7 \text{ ore}; \quad q = 5 \text{ m}^3/\text{s} \times \text{Km}^2; \quad Q_{\max} = 270 \text{ m}^3/\text{s};$$

- Greve a Ferrone - Gabbiano

$$S = 85 \text{ km}^2; \quad T_c = 4,8 \text{ ore}; \quad q = 4,2 \text{ m}^3/\text{s} \times \text{Km}^2; \quad Q_{\max} = 357 \text{ m}^3/\text{s};$$

Portata massima che può attualmente defluire in alveo $Q^* = 200 \text{ m}^3/\text{s};$

- Greve a Falciani

$$S = 120 \text{ km}^2; \quad T_c = 6,2 \text{ ore}; \quad q = 3,5 \text{ m}^3/\text{s} \times \text{Km}^2; \quad Q_{\max} = 420 \text{ m}^3/\text{s};$$

- Greve alla sezione terminale

$$S = 284 \text{ km}^2; \quad L = 41 \text{ Km}; \quad \bar{H} = 218 \text{ m} \quad \text{rispetto alla sezione terminale};$$

$$T_c = 10,8 \text{ ore}; \quad q = 2,4 \text{ m}^3/\text{s} \times \text{Km}^2; \quad Q_{\max} = 680 \text{ m}^3/\text{s}.$$

La situazione più critica si ha nell'abitato di Scandicci, dove il bacino è praticamente lo stesso di quello della sezione terminale; la portata massima che complessivamente può defluire in tale tronco fluviale è $Q^* = 450 \text{ m}^3/\text{s}$ e il volume da laminare risulta $V = 3.700.000 \text{ m}^3$.

Gli idrogrammi di piena assunti a base dei calcoli sono stati ricostruiti per la sezione terminale e la sezione di Ferrone, partendo dall'idrogramma di piena dei giorni 3 - 5 Novembre 1966, ricostruito per l'interbacino dell'Arno tra la confluenza del Mugnone e quella della Greve, pressochè coincidente col bacino della Greve.

- *Condizioni di deflusso nell'ultimo tratto per effetto delle piene dell'Arno.*

Il 23 novembre 1949, alla confluenza Arno-Greve, si è verificata una quota liquida di 40,20 m e di 41,53 m il 4 novembre 1966.

Il tronco terminale della Greve (a valle di Scandicci) ha una sezione molto ampia, con sommità arginali abbastanza elevate (pari a 42,70 m a circa 2000 m a monte della sezione di sbocco in Arno), ma non in grado di contenere con un certo franco il profilo di rigurgito che si ha per effetto di un livello nell'Arno come quello raggiunto il 4 novembre 1966.

Perciò sarà necessario prevedere un innalzamento delle sommità arginali della Greve di circa un metro negli ultimi 2 - 3 Km.

Le casse di laminazione previste hanno le seguenti superfici e i seguenti volumi, ipotizzando un'altezza liquida media di 1,60 m:

- a monte di Greti	S = 26 ha;
- da Greti a Ferrone	S = 20 ha;
- in totale fino a Ferrone	S = 46 ha;
- da Ferrone a Falciani	S = 46 ha;
- in totale fino a Falciani	S = 92 ha;
- volume fino a Falciani	$V = 1,47 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
- da Falciani a Scandicci:	
- lungo l'asta della Greve	S = 61 ha;
- lungo il tronco terminale dell'Ema	S = 26 ha;
- in totale da Falciani a Scandicci	S = 87 ha;
- volume da Falciani a Scandicci	$V = 1,39 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
- in totale a monte di Scandicci	S = 179 ha;
- volume totale fino a Scandicci	$V = 2,86 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
- a valle di Scandicci	S = 73 ha;
- volume a valle di Scandicci	$V = 1,17 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
- in totale sulla Greve	S = 252 ha.
- volume totale sulla Greve	$V = 4,03 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

I volumi delle casse individuate non sono in grado di ridurre la massima portata al colmo fino ai valori di $200 \text{ m}^3/\text{s}$ e di $450 \text{ m}^3/\text{s}$ che possono defluire senza esondazioni rispettivamente a Ferrone e a Scandicci, per cui è previsto di reperire nuove aree da adibire a casse di espansione sugli affluenti della Greve o di realizzare piccoli invasi collinari, per un volume complessivo di circa 900.000 m^3 ; altrimenti sarà necessario effettuare degli interventi sull'asta della Greve, che consentano di far defluire le massime portate laminate che si hanno per la presenza delle casse già individuate. La scelta tra le due ipotesi avverrà tra adozione ed approvazione del piano, anche sulla base delle verifiche con gli enti locali interessati.

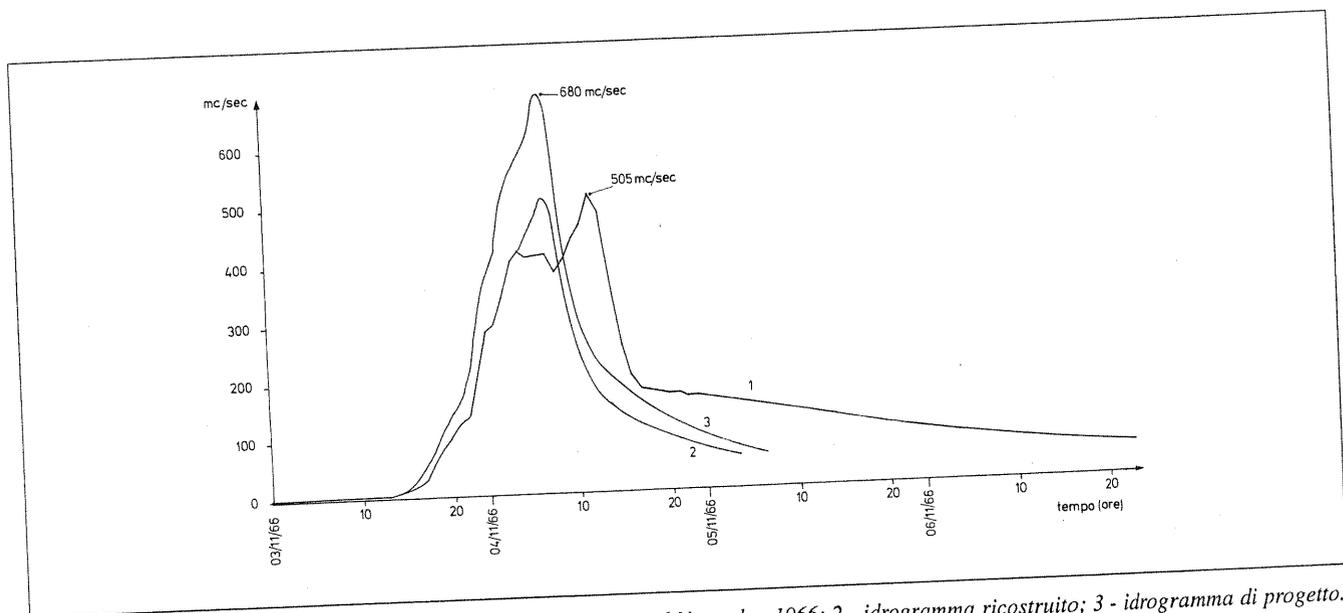
Le casse di espansione previste a valle di Scandicci servono a laminare, oltre che le piene della Greve, anche quelle dell'Arno.

Valutazione dei costi

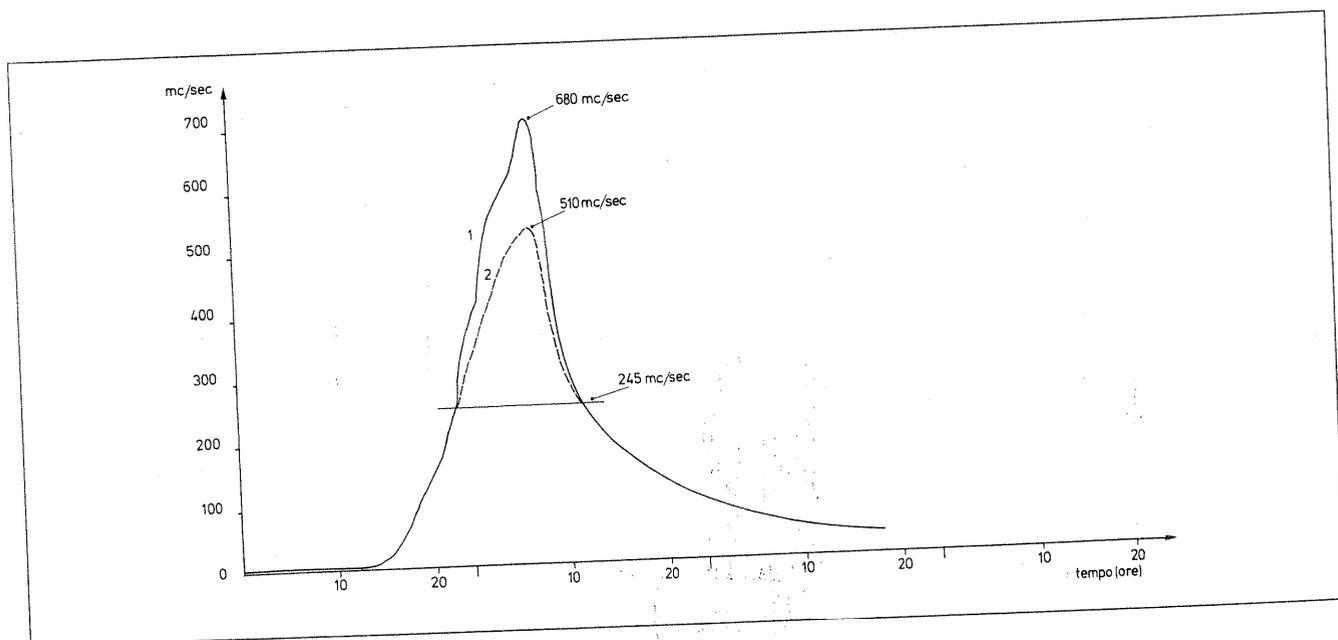
I costi degli interventi sulla Greve possono essere così stimati di larga massima:

- per le casse di laminazione individuate	£. 14 miliardi
- per le ulteriori casse necessarie e/o per gli interventi di adeguamento delle sezioni trasversali	£. 5 miliardi
- per il rifacimento di ponti e manufatti	£. 6 miliardi
in totale	£. 25 miliardi

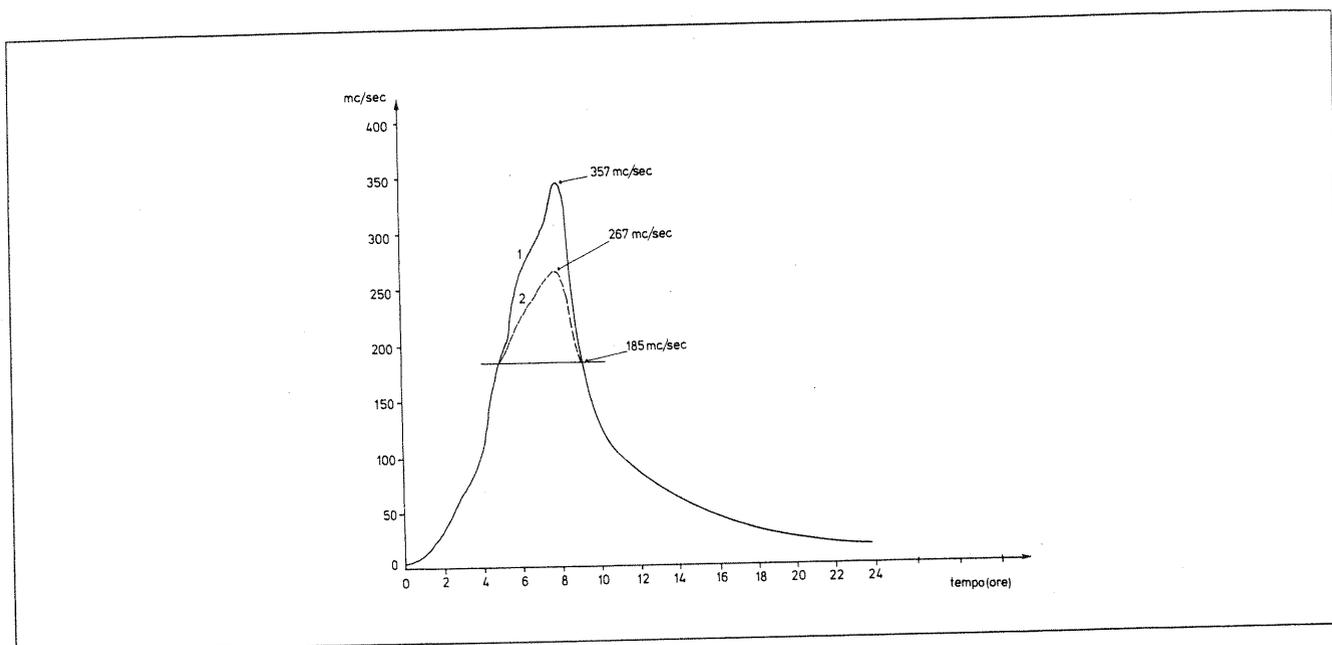
Nelle figure che seguono sono rappresentati gli idrogrammi di piena in sezioni significative; nelle stesse sono poi rappresentati i corrispondenti idrogrammi laminati per effetto delle casse previste.



Greve alla sezione terminale: 1 - idrogramma di piena dei giorni 3-6 Novembre 1966; 2 - idrogramma ricostruito; 3 - idrogramma di progetto.



Greve alla sezione terminale: 1 - idrogramma di progetto; 2 - idrogramma laminato.



Greve a Ferrone-Gabbiano ($S = 85 \text{ Km}^2$): 1 - idrogramma di progetto; 2 - idrogramma laminato.

Pesa

Il torrente Pesa è un affluente di sinistra dell'Arno, con un bacino di superficie $S = 339,5 \text{ Km}^2$, di caratteristiche prevalentemente collinari, avente un'altitudine massima di 892 m s.m. e con un'asta principale di lunghezza $L = 48 \text{ Km}$.

Le portate di massima piena risultano elevate, per le caratteristiche di impermeabilità del bacino e per l'intensità delle piogge di breve durata.

Portate di progetto

Sulla Pesa è installata una stazione di misura delle portate del Servizio Idrografico in località Sambuca, a quota 185 m s.m., a notevole distanza dalla sezione terminale, ma i dati delle misure non vengono pubblicati; in occasione di alcune piene sono state stimate dal Servizio Idrografico le portate massime in alcune sezioni, utilizzando misure di altezze liquide.

Per la determinazione delle portate di massima piena è stata utilizzata quindi la curva di inviluppo inferiore.

Sono state prese in esame più sezioni trasversali del corso d'acqua e si è visto che il tratto più critico è quello terminale, che attraversa l'abitato di Montelupo e non consente il deflusso della portata di massima piena, anche a causa del rigurgito dovuto agli elevati livelli idrici che si hanno in Arno nel punto di confluenza.

E' perciò necessario laminare la massima portata prevista mediante delle casse di espansione, che migliorano le condizioni del deflusso non solo nel tronco terminale, ma anche in quello un po' più a monte.

I calcoli effettuati per il tratto terminale della Pesa hanno fornito quanto segue:

$S = 339,5 \text{ Km}^2$; $L = 48 \text{ Km}$; $\bar{H} = 254 \text{ m}$ (rispetto alla sezione terminale);

$T_c = 11,4 \text{ ore}$; contributo unitario $q = 2,18 \text{ m}^3/\text{s} \times \text{km}^2$; $Q_{\max} = 740 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tenendo conto che la massima quota liquida in Arno nella sezione di confluenza è stata di 31,40 m (4 novembre 1966), seguita da una quota di 30,80 m (26 novembre 1949), si deduce che la massima portata che può defluire nel tronco terminale della Pesa è di circa $400 \text{ m}^3/\text{s}$. Ricostruito un idrogramma di piena, partendo da quello della piena del Novembre 1966, ricostruito per l'interbacino compreso tra la confluenza dell'Ombrone e quello della Pesa, si è dedotto che per ridurre la portata da 740 a $400 \text{ m}^3/\text{s}$ occorre laminare un volume idrico di $5,8 \cdot 10^6 \text{ mc}$.

Interventi previsti

Lungo l'asta della Pesa e nel tratto terminale del Torrente Virginio sono state individuate delle zone da adibire a casse di espansione della superficie di 468 ha, che consentono di invasare un volume di $7,5 \cdot 10^6$ m³, ammessa un'altezza liquida utile nelle casse di 1,60 m.

In alternativa alla soluzione esposta, è ipotizzabile realizzare due invasi artificiali: il primo sul Torrente Virginio all'altezza di Montespertoli, per un volume stimato di $9 \cdot 10^6$ m³, che si ottiene con una diga alta 25 m, oltre al franco; il secondo sul Torrente Pesa in località S. Donato in Poggio, per un volume stimato di $4 \cdot 10^6$ m³, conseguibile con una diga alta 16 m, oltre al franco.

Valutazione dei costi

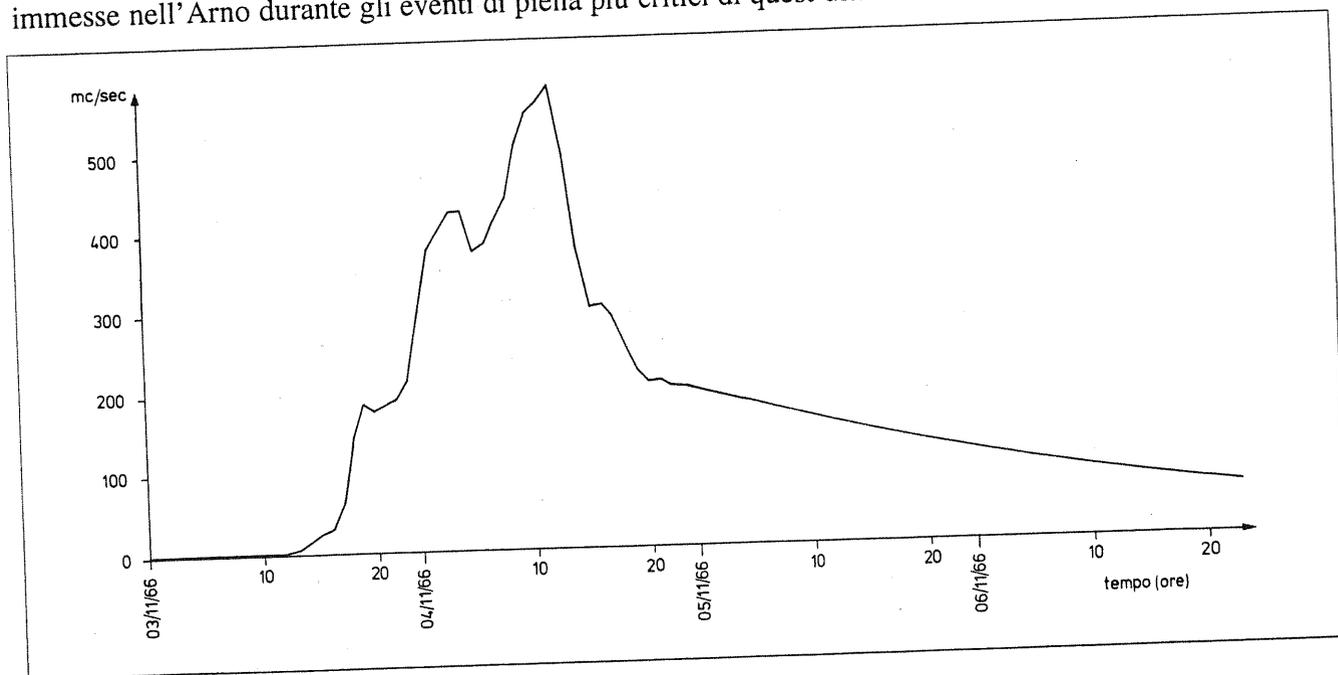
In linea di larga massima il costo delle opere previste può così essere quantificato:

- per le casse di espansione previste	£. 26 miliardi
- per gli adeguamenti delle sezioni trasversali dell'alveo	£. 4 miliardi
- per il rifacimento di manufatti e ponti	£. 4 miliardi
- per i nuovi sbarramenti (considerando una spesa di £. 5.000 a mc di invaso)	£. 65 miliardi *

Nelle figure che seguono è riportato l'idrogramma di piena (ricostruito) del Novembre 1966 relativo all'interbacino dell'Arno compreso tra la confluenza dell'Ombrone e quella della Pesa, di superficie $S = 375,2$ Km², costituita quasi interamente dal bacino della Pesa ($S = 339,5$ Km²) e sono riportati anche gli idrogrammi di piena di progetto in sezioni significative.

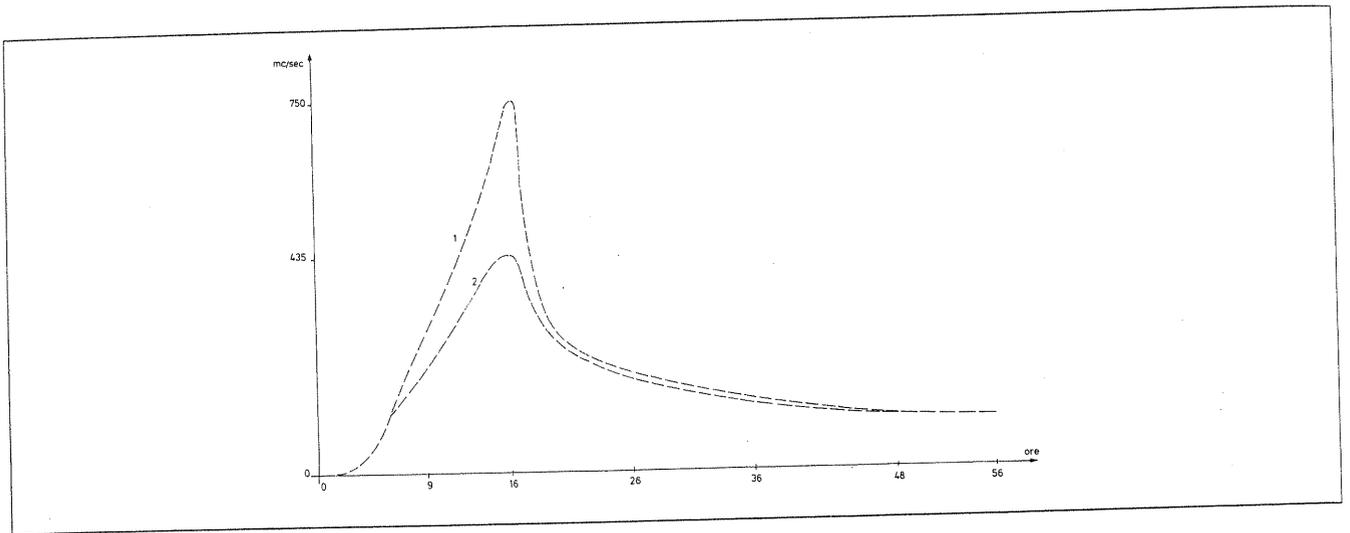
Nelle stesse figure sono indicati i corrispondenti idrogrammi laminati per effetto rispettivamente delle sole casse e dei soli invasi.

La laminazione della piena ottenibile con le casse risulta già sufficiente a eliminare il rischio idraulico di esondazione della Pesa; realizzando però, al posto delle casse, gli invasi, che hanno un volume d'invaso più elevato, si ottiene una laminazione dell'onda maggiore, che risulta utile per ridurre le portate immesse nell'Arno durante gli eventi di piena più critici di quest'ultimo.

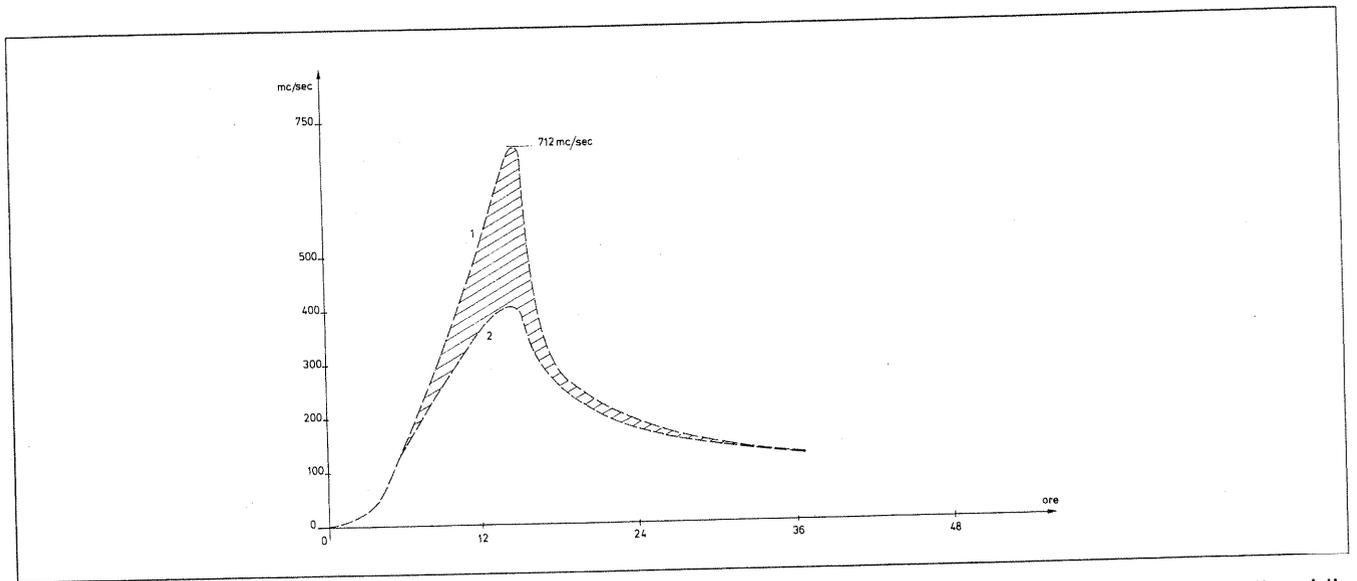


Idrogramma di piena dei giorni 3-6 Novembre 1966 dell'interbacino dell'Arno compreso tra le affluenze dell'Ombrone e della Pesa.

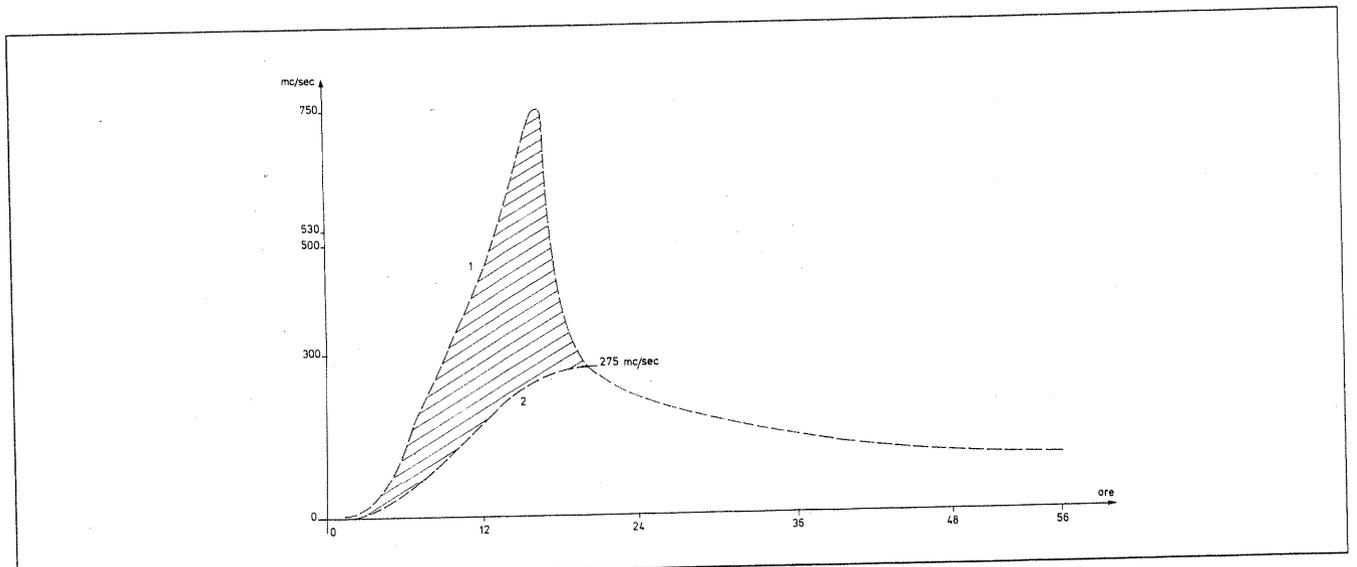
* Come già detto, il costo relativo agli invasi è alternativo a quello delle casse di espansione.



Pesa alla sezione terminale: 1 - idrogramma di progetto; 2 - idrogramma laminato per effetto delle casse.



Pesa subito a valle della confluenza col torrente Virginio ($S = 303 \text{ Km}^2$): 1 - idrogramma di progetto; 2 - idrogramma laminato per effetto delle casse.



Pesa alla sezione terminale: 1 - idrogramma di progetto; 2 - idrogramma laminato per effetto degli invasi.

L'Elsa ha un bacino tipicamente collinare, di 867 Km², composto da tre parti fondamentalmente diverse tra loro per aspetti geomorfologici e per il loro ruolo nella formazione di piene.

La parte più a monte è costituita da un ventaglio di vallate i cui corsi d'acqua confluiscono nell'Elsa all'altezza di Poggibonsi: essi sono lo Staggia, ed il suo affluente Carfini, il Foci e il suo affluente Riguardi, la Drave di Cinciano. Tale conformazione produce un vistoso aumento dei deflussi ed in particolare la formazione di piene di notevole portata nel medio e basso corso dell'Elsa. Da Poggibonsi, infatti, iniziavano durante la piena del 1949 gli allagamenti che interessarono senza interruzione tutto il corso dell'Elsa sino alla confluenza in Arno e si verificarono i primi allagamenti anche nel 1966.

Il secondo tratto dell'Elsa si estende da Poggibonsi a Castelfiorentino, ha un tracciato abbastanza ampio, solcato da affluenti di breve percorso, tra i quali vanno evidenziati il Torrente Agliena ed il Casciani che confluiscono a Certaldo, il Pesciola ed il Pietroso che confluiscono poco a monte di Castelfiorentino.

Il terzo tronco dell'Elsa percorre il bacino terminale, dai versanti brevi ed a basse quote, per cui tra Castelfiorentino e la confluenza dell'Arno sono minimi gli incrementi di deflusso e di portata al colmo delle piene.

Portate di progetto

La documentazione idrologica del bacino è assicurata da una buona rete pluviografica e da una stazione idrometrografica funzionante a Castelfiorentino dal 1951. Attualmente tale stazione, e quella più recente di Poggibonsi, fanno parte della rete teleidrometrica per la previsione delle piene dell'Arno.

Le massime portate al colmo nelle varie sezioni di interesse sono state determinate con la curva inviluppo inferiore.

In questo caso, la serie delle massime portate al colmo annuali a Castelfiorentino è abbastanza lunga e consente un'affidabile elaborazione statistica, dalla quale è risultato che il valore di 830 m³/s, che si deduce dalla curva inviluppo, ha un tempo di ritorno di 200 anni.

Va segnalato peraltro che per la piena del 1949 gli Annali Idrologici riportano per l'Elsa alla confluenza in Arno due differenti valori di portata di colmo (1244 e 626 m³/s), ottenuti rispettivamente da una valutazione idrologica in base alle piogge (che lascia spazio ad alcune perplessità) e ad un calcolo idraulico in base alle tracce di piena. Tale differenza evidenzia chiaramente la laminazione del colmo di piena avvenuta a causa delle estese inondazioni lungo tutto il tronco dell'Elsa a valle di Poggibonsi, per cui è al secondo dei citati valori che qui si è fatto riferimento in quanto più affidabile e realistico.

La ricostruzione degli idrogrammi di piena nelle varie sezioni di interesse, è stata fatta partendo dall'idrogramma di piena dei giorni 3 - 5 Novembre 1966, ricostruito per l'interbacino dell'Arno tra la confluenza dell'Orme e la cassa di La Roffia, avente una superficie $S = 971 \text{ Km}^2$, che comprende tutto il bacino dell'Elsa ($S = 867 \text{ Km}^2$).

Passando alla determinazione dei tronchi d'alveo e delle singole situazioni locali in cui l'Elsa non è in grado di contenere la piena duecentennale, si è proceduto ad una attenta analisi della cartografia a scala 1:10.000 con numerose verifiche dirette lungo il corso del fiume, anche a seguito dei numerosi colloqui avuti con i responsabili e gli esperti dei vari uffici e con vari progettisti; non è risultato possibile invece reperire rilievi aggiornati di sezioni d'alveo e dei relativi terreni spondali lungo l'Elsa.

Dalle ricerche eseguite, e dal confronto tra le carte degli allagamenti avvenuti in occasione delle piene del 1949 e del 1966 e la carta delle Aree a Rischio Idraulico, sono state individuate le sezioni a maggiore rischio di esondazione e ne è stata valutata, per quanto consentito dai dati rilevabili, la portata massima contenibile in alveo.

Confrontando le portate contenute in alveo nelle varie sezioni di interesse ed i relativi idrogrammi di piena si sono calcolati i valori minimi di deflusso da laminare a monte.

La ricerca delle aree in cui laminare tali volumi è stata condotta sull'asta dell'Elsa e sui suoi affluenti.

Sezioni di interesse	Distanza dalla confluenza (Km)	Bacino sotteso (Km ²)	Portate m ³ /s		Deflussi (m ³ /s · 10 ⁶)		
			al colmo	contenute in alveo	da laminare per esigenze locali	laminati a monte	
						parziali	prog.vi
Gracciano (centro)	53	140	463	340	1,203	4,162	4,162
Poggibonsi (monte confl. Staggia)	43	179	503	310	2,897	-	4,162
Poggibonsi (valle confl. Staggia)	41	404	659	592	0,200	0,275*	4,437
Certaldo (monte confl. Casciani)	31	614	758	572	0,080	7,888	12,325
Certaldo (valle confl. Casciani)	29	654	772	749	0,123	-	12,325
Castelfiorentino (monte scolmatore)	16	806	830	464	10,023	4,247**	16,572
Molino delle Volpi	2,5	867	850	732	0	6,589	23,161
Confluenza in Arno	0	867	850	945	0	-	23,161

* Cassa di espansione sul T. Foci

** Di cui 1,788 sul T. Pesciola

Interventi previsti

Le soluzioni idrauliche per laminare le piene dell'Elsa sono individuabili in un unico serbatoio di laminazione oppure in una serie di casse di espansione.

La prima soluzione, già studiata in passato da Uzzani e riportata nel "Progetto Pilota", riguarda una diga in materiali sciolti da realizzare in località P.te S. Giulia subito a monte di Gracciano; essa prevedeva un vaso utile di $32,3 \text{ m}^3 \cdot 10^6$ dei quali $8 \text{ m}^3 \cdot 10^6$ riservati alla laminazione delle piene.

Poiché risulta la necessità di difendere la pianura a monte dello scolmatore di Castelfiorentino laminando $10,023 \text{ m}^3 \cdot 10^6$, occorrerebbe aumentare fino a tale volume l'vaso da riservare nel serbatoio per la laminazione.

Destinando il serbatoio a questi soli fini basterebbe realizzare una diga alta m 12,5 (oltre al franco) invece dei 18 m proposti nel progetto Uzzani.

Allo stato attuale la realizzazione di tale diga è praticamente impossibile in quanto nel frattempo nell'area dell'vaso sono sorti numerosi insediamenti abitativi e industriali, specie in sponda sinistra. Nella zona dell'vaso è perciò possibile realizzare solo casse di espansione in sponda destra ove esistono estesi seminativi.

La seconda soluzione, l'unica attuabile per la laminazione, consiste nella realizzazione di una serie di casse di espansione lungo l'asta principale dell'Elsa ed alcuni suoi affluenti.

La ricerca dei siti più idonei è stata fatta con i criteri seguenti:

- utilizzare le aree più frequentemente allagate (in quanto più idonee ad aumentare il rapporto volume laminato/superficie occupata);
- evitare l'utilizzo di aree a sensibile densità di case sparse, opifici, colture ad alto reddito;
- localizzare le casse tendenzialmente lontano dai centri abitati;
- ridurre i costi per arginature, sovralzamento o spostamento di strade, ecc.
- recuperare volumi di vaso anche oltre le specifiche necessità dei vari tronchi d'alveo, in modo da ridurre le portate al colmo alla confluenza nell'Arno.

Sulla base di tali criteri si sono individuate ventiquattro casse di espansione con un vaso totale di $24,385 \text{ m}^3 \cdot 10^6$.

La massima portata immessa in Arno scende, per effetto di tale invaso, dagli 838 m³/s previsti senza un intervento sistematorio nel caso della piena duecentennale, a circa 389 m³/s.

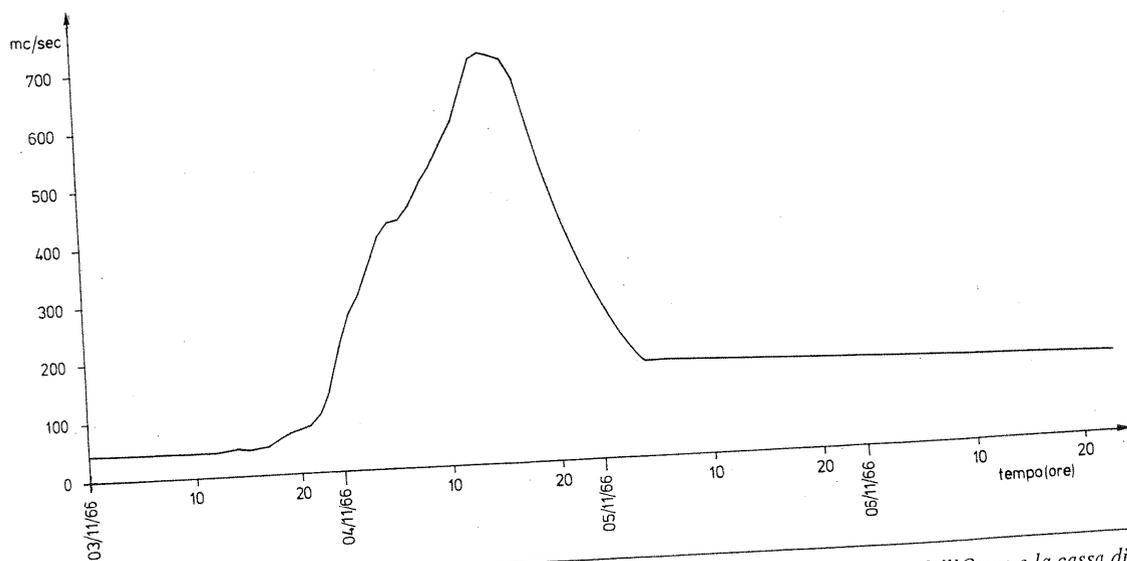
Gli interventi previsti non si limitano alle casse di espansione, indicate nelle tavole a scala 1:25.000, riguardano anche lavori specifici per arginature, manufatti o per manutenzioni straordinarie, ritenuti necessari.

In particolare si segnalano interventi inerenti una decina di ponti, alcuni tronchi stradali da sopraelevare, e, in particolare la risagomatura e sistemazione idraulica dell'Elsa e della confluenza del Torrente Agliena nel centro abitato di Certaldo; il completamento di opere idrauliche lungo lo scolmatore di Castelfiorentino (incile e paratoie, casse di sedimentazione e confluenza del Rio Pietroso, spurgo e risagomatura dello scolmatore, demolizione passerelle sommergibili e loro eventuale ricostruzione al ciglio dello scolmatore); sistemazione della confluenza del Torrente Pesciola (Castelfiorentino); rinforzo, sovrizzo e difesa di argini in vari tronchi del fiume; rinforzo e sovrizzo degli argini in sinistra e in destra dell'Elsa per un tronco di 2.500 m presso la confluenza dell'Arno, con quote da definire in base allo studio di quest'ultimo fiume. confluenza Botro del Pozzino (Certaldo); difese spondali Torrente Elsa a Granarolo (Castelfiorentino): lavori urgenti.

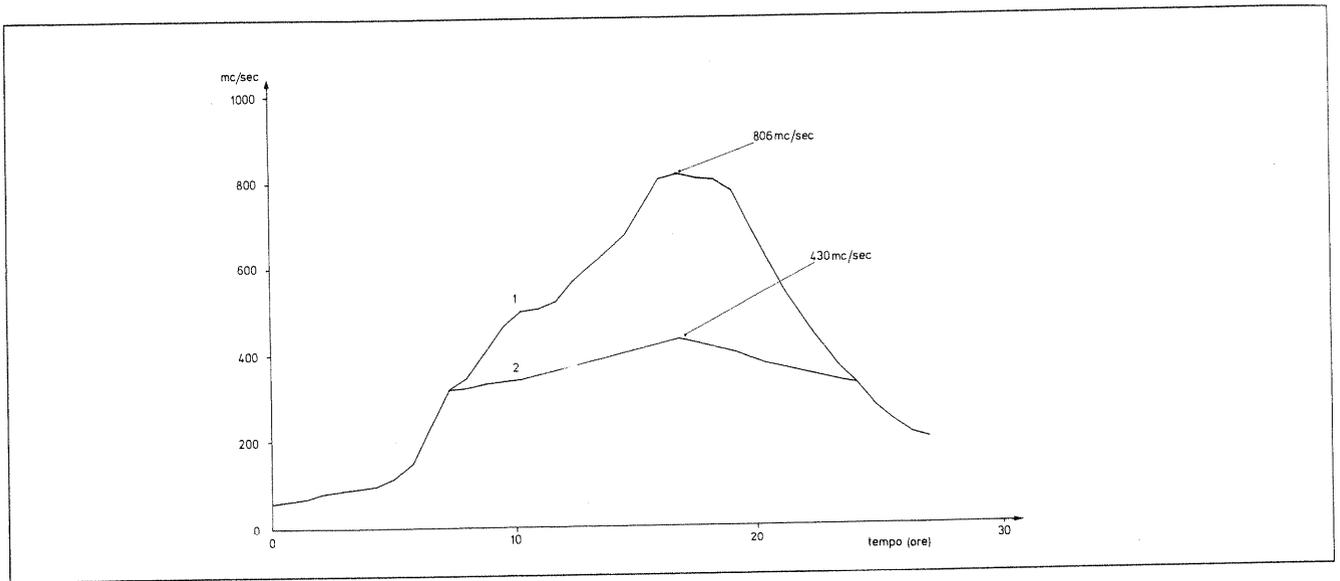
Valutazione dei costi

Una previsione di larga massima delle spese da impegnare per tali casse di espansione e per gli interventi sopraindicati ammonta a circa 90 miliardi di lire per soli lavori a misura, di cui circa 81 miliardi per le casse di espansione.

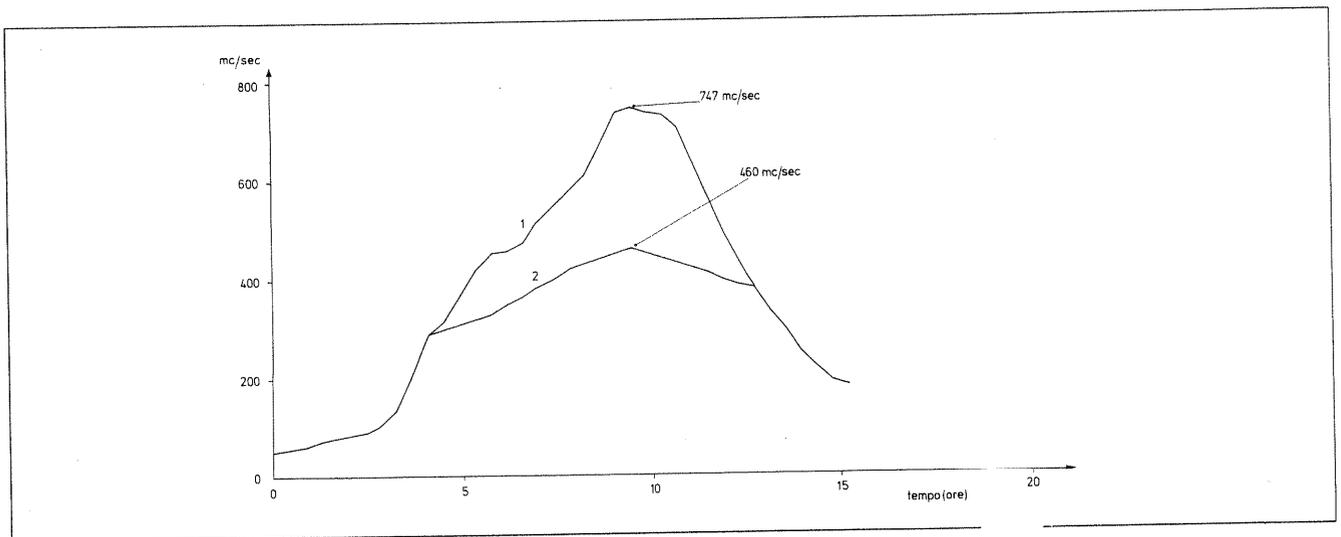
Nella figura è riportato l'idrogramma di piena (ricostruito) del Novembre 1966 dell'interbacino dell'Arno tra la confluenza dell'Orme e la cassa di La Roffia della superficie $S = 971,84 \text{ Km}^2$, interbacino comprendente il bacino dell'Elsa di superficie $S = 867 \text{ Km}^2$ e sono riportati anche gli idrogrammi di piena di progetto in sezioni significative; nelle stesse figure sono inoltre rappresentati gli idrogrammi di piena laminati per effetto delle opere in precedenza indicate.



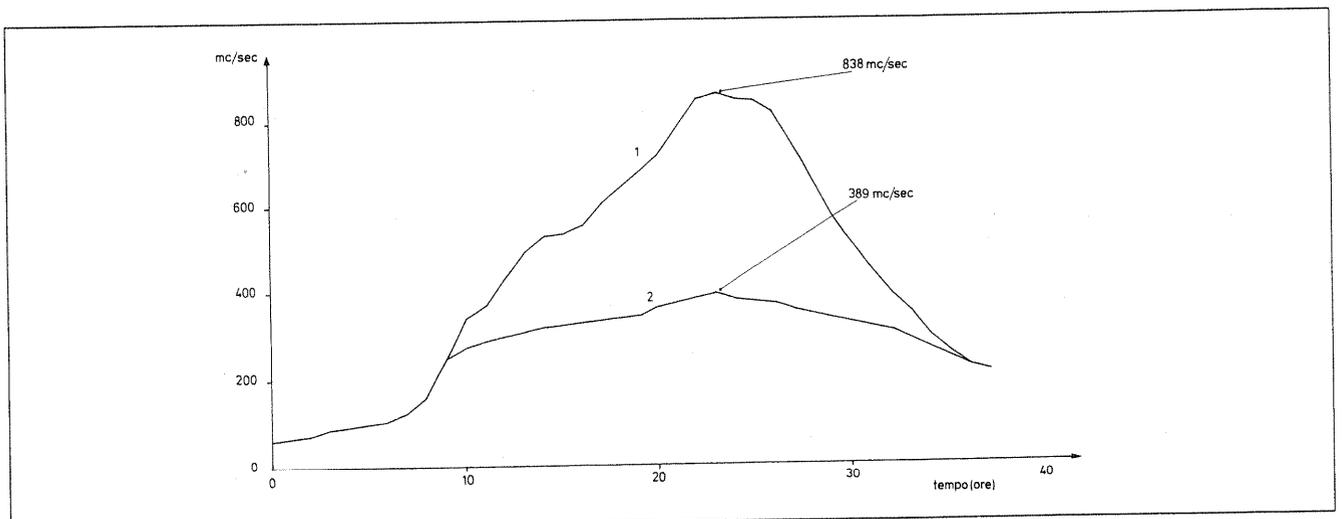
Idrogramma di piena dei giorni 3-6 Novembre 1966 dell'interbacino dell'Arno compreso tra la confluenza dell'Orme e la cassa di La Roffia.



Elsa a Certaldo (a valle della confluenza col Casciani) ($S = 654 \text{ Km}^2$): 1 - idrogramma di progetto; idrogramma laminato.



Elsa a Poggibonsi (a valle della confluenza con lo Staggia) ($S = 404 \text{ Km}^2$): 1 - idrogramma di progetto; 2 - idrogramma laminato.



Elsa alla sezione terminale: 1 - idrogramma di progetto; 2 - idrogramma laminato.

Egola

Il Torrente Egola attraversa in senso Sud - Nord il territorio a confine fra le province di Firenze e Pisa. Ha origine in comune di Gambassi Terme in provincia di Firenze ad una altitudine di circa 600 m s.m.

La lunghezza dell'asta è pari a circa 28,7 Km, il bacino imbrifero si estende per circa 114 Km² con caratteristiche prevalentemente collinari, mentre dal punto di vista geologico gran parte dello stesso è costituito da terreni sabbioso - argillosi.

I principali affluenti, da monte verso valle, sono il Rio Aia, il Rio Orlo ed il Rio Enzi .

Portate di progetto

La sezione più' significativa è quella in corrispondenza dell'abitato di Ponte a Egola, situata praticamente nella sezione di chiusura del bacino, circa 1 chilometro a monte della confluenza con il fiume Arno.

In corrispondenza di tale centro abitato si sono avuti, negli ultimi 4 anni fenomeni alluvionali di consistente entità.

Nell'asta del Torrente Egola non è presente alcuna stazione di misura delle portate, per cui le valutazioni sulle stesse sono state effettuate mediante l'ausilio delle curve inviluppo e la ricostruzione degli eventi più significativi mediante un modello matematico opportunamente tarato sugli eventi eccezionali degli anni 1992 - 1993.

Nella sezione di Ponte a Egola risulta:

$$S = 114 \text{ km}^2; L = 27,7 \text{ Km}; q = 4,2 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{Km}^2; Q_{\max} = 479 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Il tempo di corrivazione, relativo all'intero bacino ed alla sezione di chiusura calcolato con la formula di Giandotti, risulta pari a circa 4 ore.

L'idrogramma utilizzato per la valutazione dei volumi da laminare e' stato ottenuto ipotizzando un'onda di piena di forma simmetrica con durata della fase di salita uguale a quella di discesa e pari al tempo di corrivazione del bacino ($T_c = 4$ ore);

Il rigurgito provocato dal Fiume Arno interessa il tratto terminale fino al ponte della ferrovia Pi - Fi . Tale tratto risulta comunque arginato con un franco sufficiente al contenimento della piena centennale.

Interventi previsti

Per il bacino del Torrente Egola è stato realizzato negli ultimi due anni un progetto studiato dall'ufficio del Genio Civile di Pisa di regimazione globale dell'intero corso d'acqua mediante la realizzazione di una serie di vasche di laminazione aventi la funzione di trattenere i volumi d'acqua in eccesso rispetto alle capacità di deflusso delle sezioni a valle, con particolare riguardo ai tratti interessanti centri abitati.

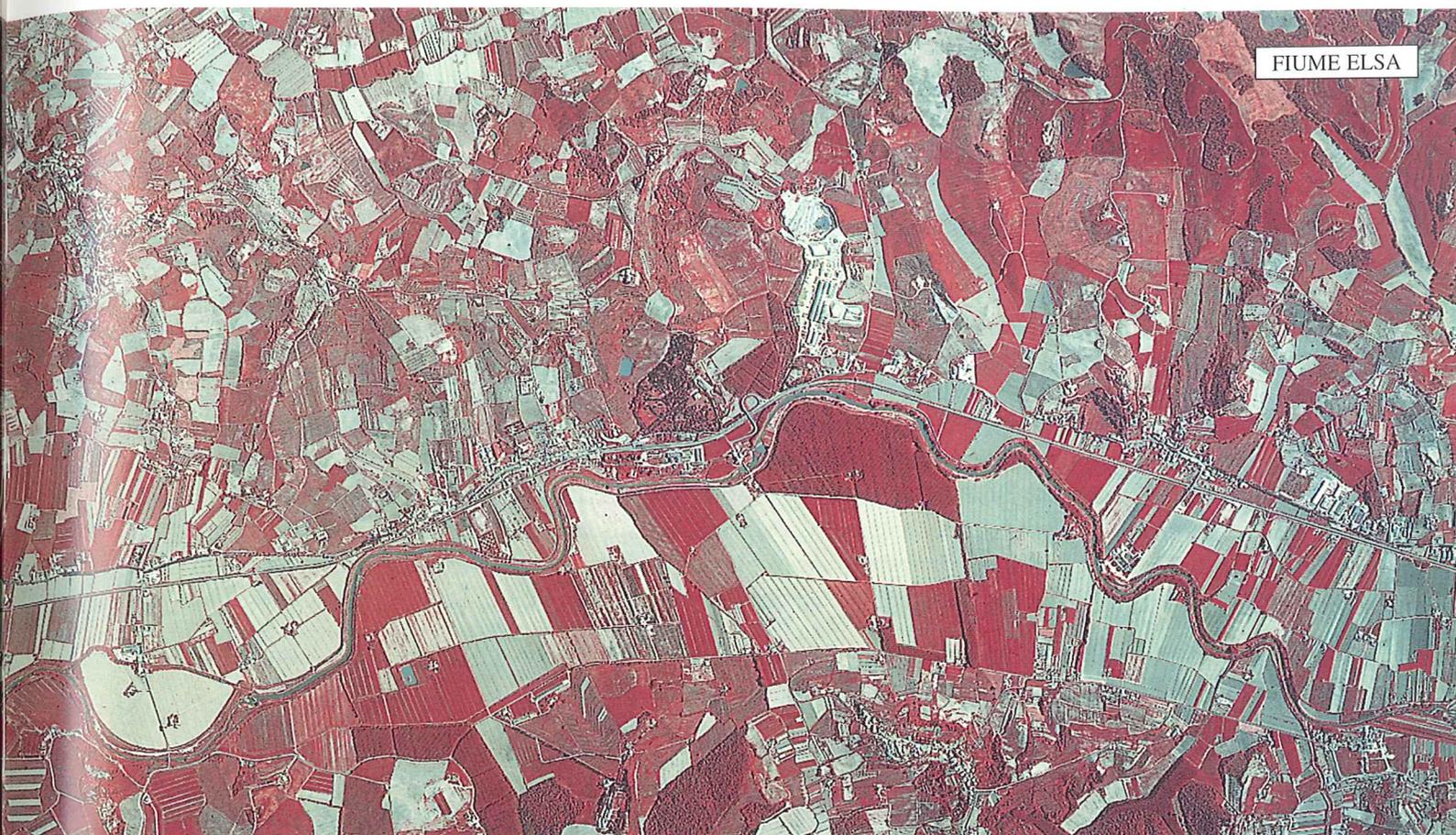
Tale progetto, per un importo globale di circa 7 miliardi, ha, fra le altre cose, individuato e realizzato le seguenti vasche di laminazione:

- vasca di laminazione sul Rio Orlo a monte dell'abitato di Corazzano;
Superficie $A = 10$ ha
Volume invasabile $V = 300.000 \text{ m}^3$
- vasca di laminazione sul Torrente Egola in località Fornacino;
Superficie $A = 12$ ha
Volume invasabile $V = 250.000 \text{ m}^3$
- vasca di laminazione sul Torrente Egola in località Genovini;
Superficie $A = 12$ ha
Volume invasabile $V = 250.000 \text{ m}^3$
- vasca di laminazione sul Torrente Egola in località La Serra;
Superficie $A = 20$ ha
Volume invasabile $V = 550.000 \text{ m}^3$
- vasca di laminazione sul Torrente Egola in località Il Palagio;
Superficie $A = 18$ ha
Volume invasabile $V = 500.000 \text{ m}^3$

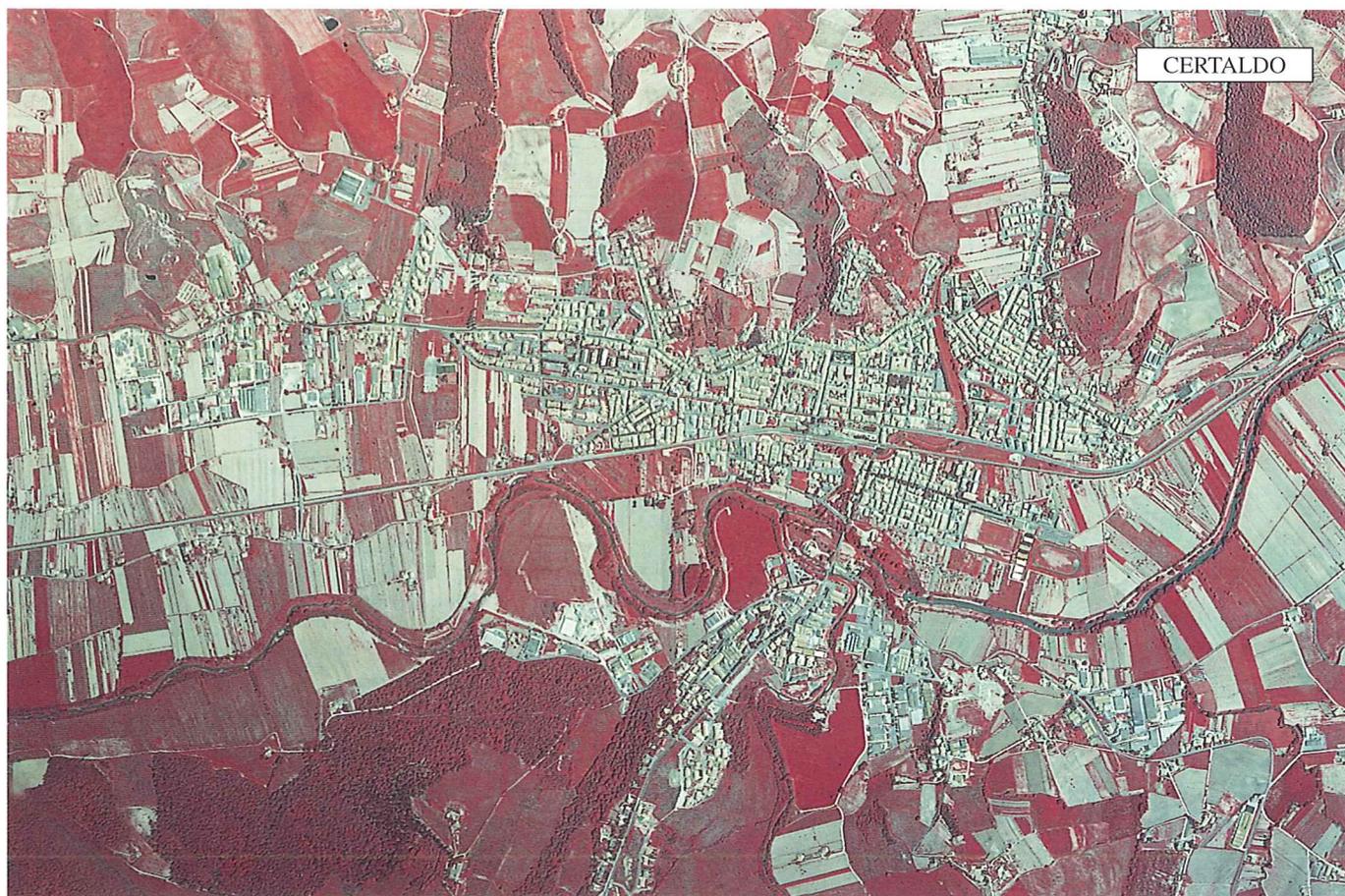


Lo sviluppo dell'urbanizzazione nelle aree di pertinenza fluviale lungo gli affluenti dell'Arno: l'esempio della Val d'Elsa - Anche in questo caso, come nell'esempio della Val di Sieve, sono ben riconoscibili i depositi alluvionali e le aree di pertinenza fluviale, presenti lungo la valle fino alla confluenza con l'Arno (a sinistra, nella foto in alto). Nel caso di eventi alluvionali rilevanti (ad esempio nel 1949),





queste aree, oggi ampiamente edificate, possono essere invase dalle acque di esondazione del fiume. Il progetto di piano prevede, nelle aree non urbanizzate, la creazione di alcune casse di esondazione controllata per laminare le piene dell'Elsa e ridurre quelle dell'Arno.



- vasca di laminazione sul Torrente Egola in località Molino d'Egola;
 Superficie A = 25 ha
 Volume invasabile V = 650.000 m³

Nel complesso il volume totale di invaso risulta pari a circa 2,5 milioni di m³.

Tale volume di laminazione è in grado di ridurre la portata nella sezione finale a circa 290 m³/s e nei tratti montani in misura tale da permettere il regolare deflusso delle acque in condizioni di sicurezza. Alla data attuale i lavori di adeguamento e costruzione delle vasche di laminazione suddette si possono ritenere ultimati.

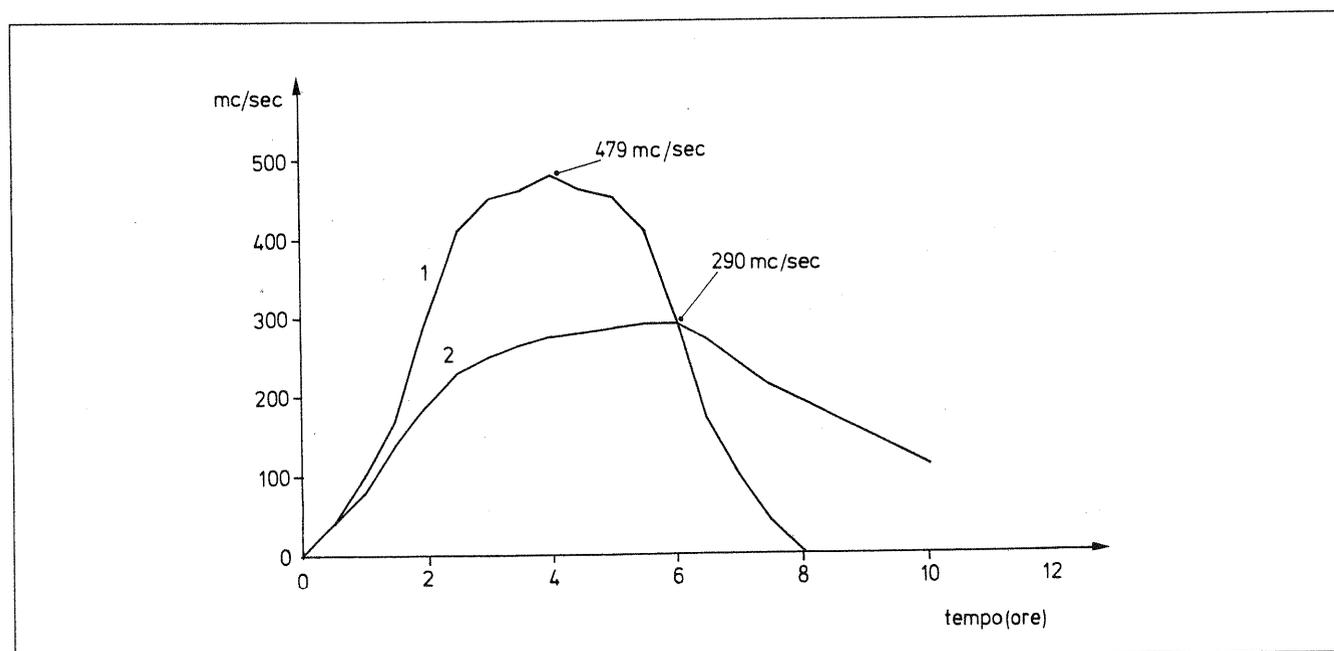
Lungo il corso del Torrente si ha la presenza di alcune sezioni con manufatti insufficienti al regolare deflusso delle portate di massima piena. In particolare costituiscono un restringimento notevole il ponte sulla provinciale in località "Genovini" e l'ultimo ponte prima dello sbocco in Arno.

Valutazione dei costi

Considerati gli interventi già effettuati per la regimazione del corso d'acqua, per un importo di circa 7 miliardi, l'ulteriore onere finanziario è quantizzabile come segue:

- per l'adeguamento e/o il rifacimento di ponti e manufatti:	2,5 miliardi
- per adeguamento sezioni:	1,5 miliardi
in totale	4,0 miliardi

In figura è riportato l'idrogramma di piena di progetto e quello laminato per effetto delle opere previste.



Egola alla sezione terminale: 1 - idrogramma di progetto; 2 - idrogramma laminato.

Era

Il Fiume Era ha un bacino di superficie $S = 591,5 \text{ Km}^2$, di natura pressoché interamente collinare, tanto che l'altitudine massima è di 675 m s.m..

Le formazioni geologiche presenti sono in netta prevalenza impermeabili, per cui si hanno elevati coefficienti di deflusso. Ciò è confermato dai dati relativi alla stazione di misura di portata di Capannoli ($S = 337 \text{ km}^2$): nel periodo 1963-65 si è avuto un coefficiente di deflusso medio annuo $\Psi = 0,79$, con valori mensili nel periodo ottobre - aprile anche maggiori.

Il bacino è inoltre caratterizzato da piogge di breve durata (da 1 a 24 ore), molto intense, che, unitamente agli elevati valori del coefficiente di deflusso, danno luogo a portate di massima piena assai grandi; gli allagamenti di aree molto vaste, verificatisi negli ultimi anni e documentati in apposita cartografia di dettaglio predisposta dalla Provincia di Pisa, sono una conferma degli elevati valori delle portate di piena, che si verificano sia lungo l'asta del corso principale che nei più importanti affluenti (Sterza, Roglio, Cascina).

Il tratto terminale dell'Era ha sezioni e pendenze che permetterebbero il deflusso delle portate di piena (salvo eventuali ostacoli locali), se il corso d'acqua non fosse rigurgitato dagli elevati livelli che si verificano nell'Arno durante le piene (17,37 m s.m. durante la piena del 26 novembre 1949 e 18,37 m s.m. durante la piena del 4 novembre 1966).

Portate di progetto

Per l'Era, poiché i dati di portata relativi alla stazione di misura di Capannoli del Servizio Idrografico sono disponibili solo per tre anni, mentre manca una scala di deflusso per l'Idrometro Belvedere, posto nel tronco terminale, le portate di massima piena di progetto sono state determinate facendo riferimento alla curva inviluppo più bassa; gli idrogrammi di piena sono stati ricostruiti partendo dal corrispondente idrogramma di piena del Novembre 1966, ricostruito per l'interbacino compreso tra il Canale di Usciana e l'Era.

Le sezioni prese in esame sono quelle immediatamente a monte di Peccioli e quella terminale:

Sezione subito a monte dell'abitato di Peccioli

superficie di bacino $S = 313 \text{ km}^2$;
lunghezza dell'asta più lunga $L = 32 \text{ km}$;
altezza media del bacino rispetto alla sezione di chiusura $\bar{H} = 190\text{m}$;
tempo di corrivazione $T_c = 10,8 \text{ ore}$;
portata massima unitaria $q = 2,27 \text{ m}^3/\text{s km}^2$;
portata massima $Q_{\max} = 710 \text{ m}^3/\text{s}$;
portata da non superare $Q^* = 320 \text{ m}^3/\text{s}$;
volume liquido da scolmare $V = 6,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

Sezione terminale

$S = 591,5 \text{ km}^2$; $L = 55,8 \text{ Km}$; $H_{\max} = 675 \text{ m}$; $\bar{H} = 175\text{m}$; $T_c = 17 \text{ ore}$;
 $q = 1,35 \text{ m}^3/\text{s km}^2$; $Q_{\max} = 798 \text{ m}^3/\text{s}$; $Q^* = 450 \text{ m}^3/\text{s}$; $V = 15 \cdot 10^6 \text{ m}^3$,

Interventi previsti

Per laminare le piene dell'Era sono stati previsti dopo il 1966 i seguenti interventi: un invaso a monte di Peccioli (Evangelisti, Lotti), con un volume riservato alla sola laminazione di $13,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$; uno scolmatore che lasciasse passare nel tronco terminale dell'Era una portata limitata a $300 \text{ m}^3/\text{s}$, facendo defluire l'eccesso di portata in un alveo che si immettesse nel tratto iniziale dello scolmatore d'Arno (Supino).

Attualmente l'invaso di Peccioli non risulta più fattibile, per la presenza di molti vincoli territoriali. Lo scolmatore, invece, sarebbe ancora realizzabile e avrebbe lo scopo di proteggere solo l'abitato di Pontedera, anche se non risolverebbe il problema delle cospicue esondazioni a monte. L'ipotesi di una sua realizzazione è trattata nel seguito.

Le superfici da destinare a possibili casse di espansione sono state individuate, oltre che ai lati dell'asta principale, anche nelle zone adiacenti ai tronchi terminali degli affluenti La Sterza, Ragone, Roglio e Cascina; per determinare i volumi invasabili sulle casse si è assunta un'altezza liquida media di 1,60 m.

Le superfici e i volumi delle casse sono i seguenti:

A monte di Peccioli

in adiacenza all'asta dell'Era	S = 651 ha
in adiacenza al tronco terminale dello Sterza	S = 87 ha
in adiacenza al tronco terminale del Ragone	S = 40 ha
in totale	S = 778 ha
Volume totale delle casse	V = 12,45 • 10 ⁶ m ³

A valle di Peccioli

in adiacenza all'Era	S = 812 ha
in adiacenza al tronco terminale del Roglio	S = 272 ha
in adiacenza al Cascina	S = 150 ha
in totale	S = 1234 ha
Volume totale a valle di Peccioli	V = 19,74 • 10 ⁶ m ³

Per tutto il bacino S = 2012 ha, V = 32,19 • 10⁶ m³

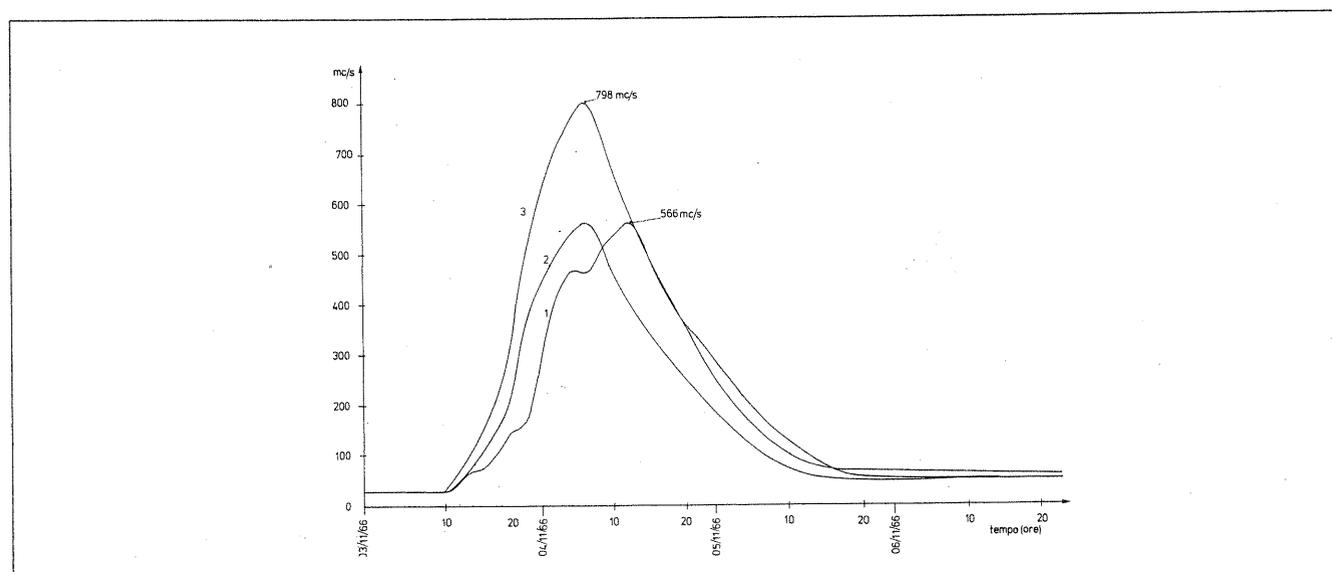
Il tronco terminale dell'Era, che in passato andava soggetto a rigurgiti durante le piene dell'Arno, non dovrebbe in futuro andare incontro a problemi, una volta realizzate le opere di laminazione; infatti, in corrispondenza dell'incile dello scolmatore di piena dell'Arno, che è ubicato 950 m a valle della confluenza Era - Arno, il livello liquido in Arno non può superare la quota di 16 m circa, qualsiasi sia la portata in arrivo. Quindi, nella sezione terminale dell'Era la quota liquida dovrebbe in futuro restare sempre circa 2,00 m al di sotto rispetto a quella raggiunta nel novembre 1966 (18,37 m).

Si fa rilevare che il volume delle casse di laminazione proposte è di circa 32 • 10⁶ m³, quindi maggiore di quello strettamente necessario, per cui le casse consentono di ridurre la portata nel tronco terminale a circa 340 m³/s, valore inferiore a quello massimo ammissibile in tale tronco (Q* = 450 m³/s); ciò risulta utile ai fini della laminazione dell'onda di piena dell'Arno a valle della confluenza con l'Era.

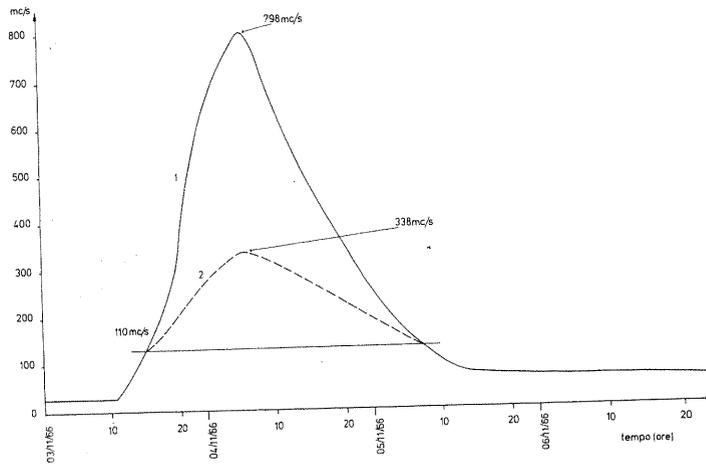
Valutazione dei costi

Il costo degli interventi lungo l'asta dell'Era può così essere quantificato in linea di larga massima:

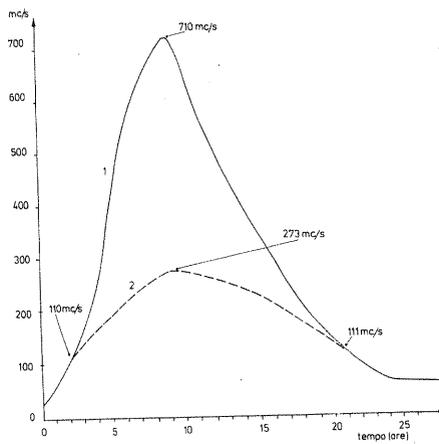
- per le casse di laminazione	£. 110 miliardi
- per interventi locali sulle sponde e sugli argini e di ricalibratura di alcuni tratti dell'alveo	£. 5 miliardi
- per il rifacimento di ponti e manufatti	£. 6 miliardi
in totale	£. 121 miliardi



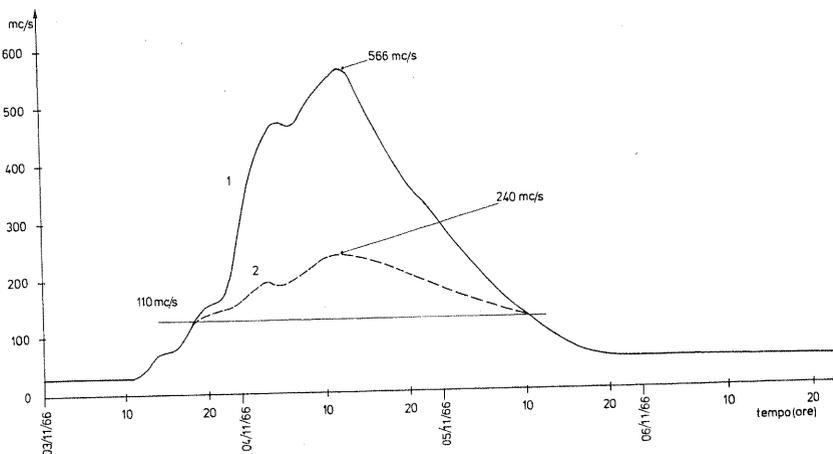
Era alla sezione terminale: 1 - idrogramma dei giorni 3-6 Novembre 1966; 2 - idrogramma ricostruito dal precedente; 3 - idrogramma di progetto.



Era a Peccoli (S = 313 Km²): 1 - idrogramma di progetto; 2 - idrogramma laminato.



Era alla sezione terminale: 1 - idrogramma di progetto; 2 - idrogramma laminato.



Era alla sezione terminale: 1 - idrogramma dei giorni 3-6 Novembre 1966; 2 - idrogramma laminato.

Quest'opera avrebbe lo scopo di proteggere l'abitato di Pontedera dalle esondazioni dell'Era nel periodo che precede la realizzazione delle casse di espansione, previste lungo il corso dell'Era e dei suoi maggiori affluenti (La Sterza, Ragone, Roglio e Cascina).

Il nuovo alveo, della lunghezza di 2950 m, ha origine da un'opera di presa del fiume Era, ubicata a valle della confluenza col Torrente Cascina e sbocca nello Scolmatore d'Arno in località C. Cincinnato, 950 m a monte del ponte della Strada Ponsacco - Fornacette.

Nel punto di sbocco del nuovo alveo, lo Scolmatore d'Arno ha una quota di fondo di 1,99 m e un livello di massima piena di 9,38 m, mentre il piano di campagna è a quota di 11,50 - 12 m; poiché la campagna in corrispondenza dell'opera di presa si trova alla quota di 18 - 19 m, il nuovo alveo sarebbe tutto incassato e avrebbe una pendenza minima di fondo $i = 0,002$.

Prevedendo per il nuovo scolmatore una sezione trapezia di larghezza di fondo $b = 40$ m e scarpe 3:2, assumendo un coefficiente della formula di Gauckler - Strickler $k = 28 \text{ m}^{1/3} \cdot \text{s}^{-1}$, con un'altezza liquida $h = 3,50$ m si avrebbe : $A = 158,4 \text{ m}^2$; $C = 52,62 \text{ m}$; $R = 3,01 \text{ m}$; $V = 2,61 \text{ m}^3/\text{s}$; $Q = 413 \text{ m}^3/\text{s}$.

Dato che l'opera entrerebbe in funzione con una frequenza molto bassa, la velocità trovata sarebbe ammissibile, anche senza rivestire il nuovo alveo (tranne in due brevi tratti prossimi all'imbocco e allo sbocco); l'alveo potrebbe essere completato da una savanella centrale di modeste dimensioni, il cui contributo al deflusso è stato prudenzialmente trascurato nei precedenti calcoli.

La portata di massima piena dell'Era a valle del nuovo scolmatore si ridurrebbe da circa $800 \text{ m}^3/\text{s}$ (assunta nei calcoli) a $385 \text{ m}^3/\text{s}$, portata che può defluire nel tronco terminale dell'Era senza alcun problema.

Il nuovo alveo avrebbe una larghezza in sommità di circa 55 m, tenendo conto del franco; per la realizzazione occorrerebbe perciò espropriare un'area di circa 20 ha, occupando due strisce larghe 4 - 5 m in adiacenza alle sponde, per poter effettuare la manutenzione.

Il costo prevedibile dell'opera, per movimenti di terra, per espropriazioni, per realizzazione di n.3 ponti, di cui uno sulla S.S.N. 439 Sarzanese, per l'opera di presa e per i rivestimenti dei tronchi estremi dell'alveo, è stimabile in 10 miliardi di lire.

L'opera descritta non potrebbe in alcun modo essere sostitutiva delle casse di laminazione previste a monte, in quanto senza tali casse non verrebbe risolto il problema degli allagamenti di Ponsacco, Selvatelle, Capannoli, Peccioli.

Inoltre, le casse laminano fortemente l'onda di piena immessa dall'Era in Arno, con ovvii benefici per quest'ultimo; invece la riduzione della portata massima dell'Era conseguente al nuovo alveo non porterebbe alcun vantaggio per l'Arno, in quanto dovrebbe essere prevista una uguale riduzione della massima portata che può essere immessa dall'Arno stesso nel proprio scolmatore.

E' da rilevare comunque che le esondazioni dell'Era nell'abitato di Pontedera si sono verificate in passato quando non era ancora in funzione lo Scolmatore d'Arno, per cui l'Era veniva rigurgitato dall'Arno in piena. Nel novembre 1966 si è infatti verificata una quota liquida nell'Arno alla confluenza con l'Era di 18,37 m. Attualmente, in corrispondenza dell'incile dello scolmatore di piena dell'Arno, che è ubicato 950 m a valle della confluenza Era - Arno, il livello liquido in Arno non può superare la quota di 16,00 m circa, qualsiasi sia la portata in arrivo, per cui nella sezione terminale dell'Era il livello liquido in futuro dovrebbe restare sempre circa 2,00 m al di sotto di quello raggiunto nel Novembre 1966; con tale quota liquida allo sbocco, le esondazioni dell'Era non dovrebbero interessare l'abitato di Pontedera, anche fino a quando non saranno realizzate le casse di laminazione a monte.

Ciò sembra confermato da quanto accaduto durante le piene a carattere del tutto eccezionale dell'Era verificatesi nell'autunno degli anni 1991 - 1992 - 1993; dalle carte di dettaglio delle superfici allagate si rileva che i vasti allagamenti lungo il tronco terminale hanno interessato le aree in destra dell'Era, risparmiando l'abitato di Pontedera. Lo scolmatore (o diversivo) dell'Era, anche in assenza delle casse di espansione a monte rappresenta pertanto un intervento di protezione locale, riducendo l'estensione delle aree in destra dell'Era soggette ad allagamento, aree comunque a carattere prevalentemente agricolo.

Tora (affluente di sinistra dello Scolmatore d'Arno)

Il Torrente Tora ha origine a Colle Montanino ad un'altitudine di circa 490 m.s.m. e scorre in senso Sud - Nord fra le province di Pisa e Livorno fino allo sbocco nello scolmatore del Fiume Arno in località "Siciliata" nel comune di Collesalveti.

Il bacino complessivo risulta pari a 93,4 Km² mentre la lunghezza dell'asta principale risulta pari a circa 34 Km. Tale bacino è incluso nel bacino dell'Arno, definito ai sensi della L.183/89.

I principali affluenti, da monte verso valle, sono il Rio S.Biagio, il Rio Cunella, il Rio Morra ed il Rio Tanna.

Il Torrente Tora risulta classificato:

- in seconda categoria dallo sbocco nello scolmatore alla briglia di Colleromboli;
- in terza categoria dalla briglia di Colleromboli al nuovo ponte di Fauglia;
- non classificato nella restante parte a monte.

Il bacino risulta, da un punto di vista geologico, poco boscato ed altamente impermeabile; tale quindi da giustificare valori del contributo unitario molto elevati.

Portate di progetto

Le sezioni più significative risultano essere quella in corrispondenza dell'abitato di Acciaiolo, che è stato negli ultimi anni più volte colpito da eventi alluvionali e quella in corrispondenza dell'abitato di Collesalveti.

Nell'asta del Torrente Tora non è presente alcuna stazione di misura delle portate, per cui le valutazioni sulle stesse sono state effettuate mediante l'ausilio delle curve inviluppo e la ricostruzione degli eventi più significativi mediante modello matematico opportunamente tarato sugli eventi eccezionali degli anni 1992 - 1993.

1) Sezione ad Acciaiolo:

$$S = 43,9 \text{ Km}^2; \quad q = 8,0 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{Km}^2; \quad Q_{\max} = 351 \text{ m}^3/\text{s}.$$

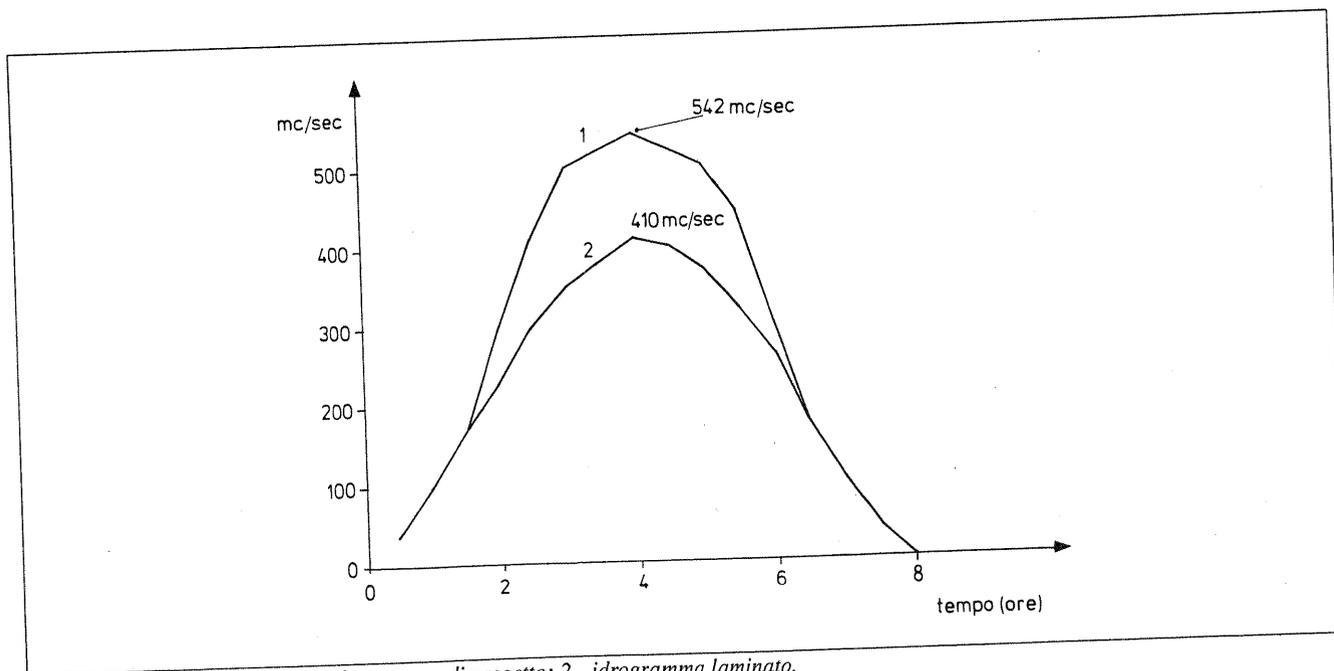
2) Sezione a Collesalveti:

$$S = 70 \text{ Km}^2; \quad q = 6,5 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{Km}^2; \quad Q_{\max} = 462 \text{ m}^3/\text{s}.$$

3) Sezione finale:

$$S = 93,4 \text{ Km}^2; \quad q = 5,8 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{Km}^2; \quad Q_{\max} = 542 \text{ m}^3/\text{s}.$$

L'idrogramma utilizzato per la valutazione dei volumi da laminare è stato ottenuto ipotizzando un'on-



Tora alla sezione terminale: 1 - idrogramma di progetto; 2 - idrogramma laminato.

da di piena di forma simmetrica con durata della fase di salita uguale a quella di discesa e pari al tempo di corrivazione dell'intero bacino, che, calcolato con la formula di Giandotti, risulta pari a circa 4 ore.

Interventi proposti

Per il bacino del Torrente Tora sono stati presentati negli ultimi anni alcuni progetti di regimazione globale redatti dall'ufficio del Genio Civile di Pisa per la parte non classificata; dall'ufficio Fiumi e Fossi di Pisa per la parte relativa ai tratti classificati in terza categoria ed un progetto di ricalibratura, relativo alla parte in seconda categoria, redatto dal Provveditorato alle Opere Pubbliche di Pisa.

Il primo progetto prevede la costruzione di vasche di laminazione a monte dell'abitato di Acciaiolo; il secondo un adeguamento delle sezioni di deflusso, mentre il terzo prevede l'adeguamento delle sezioni per il transito di una portata di progetto valutata in 500 m³/s.

Le vasche di laminazione previste hanno le caratteristiche indicate di seguito:

- vasca di laminazione sul T. Tora a monte della confluenza con il Rio S.Biagio;

Superficie	A = 25 ha
Volume invasabile	V = 375.000 m ³
- vasca di laminazione sul Rio S. Biagio a monte della confluenza con il T.Tora;

Superficie	A = 20 ha
Volume invasabile	V = 325.000 m ³
- vasca di laminazione sul T. Tora in localita' C. la Quercia;

Superficie	A = 40 ha
Volume invasabile	V = 600.000 m ³
- vasca di laminazione sul R. Cascine a monte della confluenza con il Rio Cunella;

Superficie	A = 18 ha
Volume invasabile	V = 230.000 m ³
- vasca di laminazione sul T. Tora in sponda destra in localita' C.Giuli;

Superficie	A = 15 ha
Volume invasabile	V = 225.000 m ³

Nel complesso il volume totale di invaso risulta pari a circa 1.800.000 m³.

Tale volume di laminazione è in grado di ridurre la portata nella sezione finale a circa 400 - 420 m³/s e nei tratti montani a valori tali da permettere il regolare deflusso delle acque in condizioni di sicurezza.

Lungo il corso del torrente si ha la presenza di alcune sezioni con manufatti insufficienti al regolare deflusso delle portate di massima piena. In particolare costituiscono un restringimento notevole il ponte sulla provinciale a monte dell'abitato di Laura; il ponte della ferrovia a valle della confluenza con il Torrente Cunella; il vecchio ponte "Santoro", il quale è sottoposto al vincolo dei beni ambientali, ma la cui presenza e' la principale causa delle alluvioni nel tratto da esso interessato.

Per quanto riguarda i rilevati arginali, sono da adeguare gli argini relativi al tratto classificato di terza categoria, che nelle ultime alluvioni sono stati sormontati.

Valutazione dei costi

- Per le vasche di laminazione (costo desunto dai progetti esistenti)	£. 10 miliardi
- Per il rifacimento di ponti e manufatti	£. 3 miliardi
- Per il rialzamento e/o il rifacimento di argini e per l'adeguamento delle sezioni trasversali	£. 5 miliardi
in totale	£. 18 miliardi

Solano

Il Torrente Solano è un affluente montano di destra dell'Arno, con un bacino di superficie $S = 111 \text{ Km}^2$ e una lunghezza dell'asta principale di 14 Km; al punto di confluenza l'Arno ha un bacino di superficie di poco superiore rispetto al Solano ($S = 154 \text{ Km}^2$).

L'altitudine media del bacino è di 900 m.s.m., a cui corrisponde un'altezza media di circa 600 m sulla sezione di chiusura; il tempo di corrivazione, determinato con la formula di Giandotti, risulta $T_c = 3,2$ ore.

Portate di progetto

La portata di massima piena può essere determinata utilizzando la curva inviluppo superiore dato che si tratta di un bacino prettamente montano e di elevata impermeabilità e caratterizzato da un'elevata piovosità.

Si ha perciò: $q = 4,38 \text{ m}^3 / \text{s} \cdot \text{Km}^2$; e quindi $Q_{\text{max}} = 486 \text{ m}^3 / \text{s}$

Il tronco terminale del Solano è in grado di smaltire una portata massima di $330 \text{ m}^3/\text{s}$, per cui sono necessari degli interventi.

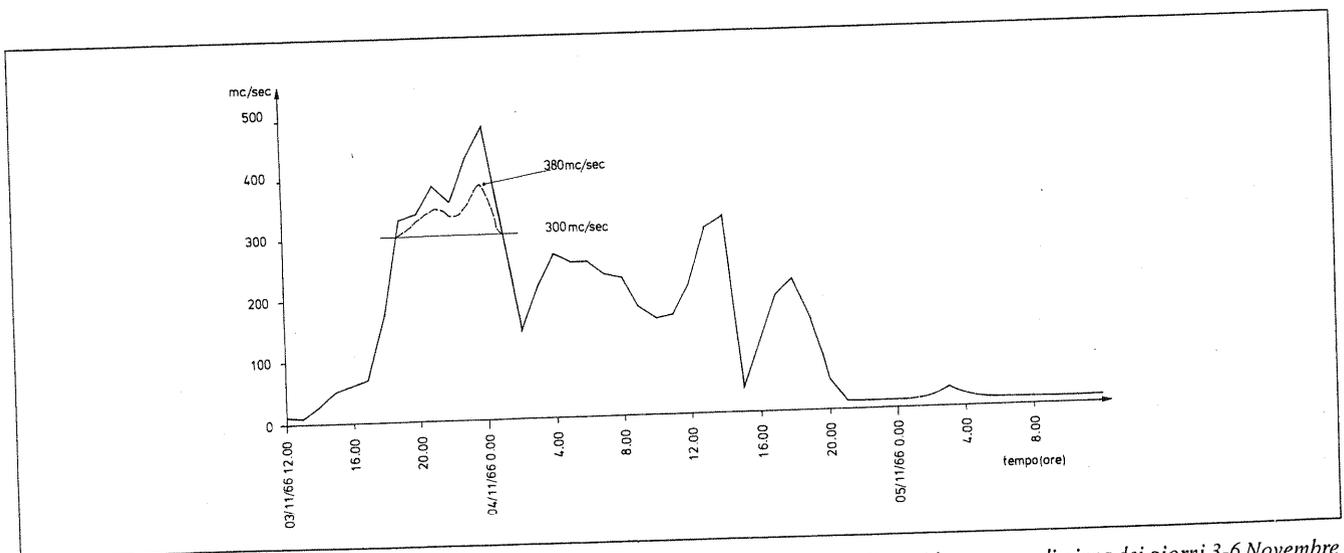
Interventi proposti

Si è prevista la realizzazione delle casse di laminazione, proprio in adiacenza al tratto terminale di superficie $S = 70 \text{ ha}$, che consentono un'invaso di 980.000 m^3 , con un'altezza liquida utile media di 1,40 m e che permettono di ridurre la massima portata scaricata in Arno a circa $380 \text{ m}^3/\text{s}$; un innalzamento delle sponde del Solano di 1,00 m per circa 1 Km a partire dalla confluenza con l'Arno consente di far defluire tale portata con un sufficiente franco.

Il costo delle casse di espansione risulta pari, in linea di massima, a £. 3 miliardi, rispetto al quale è del tutto trascurabile il costo necessario per il rialzamento delle sponde nel tronco terminale.

Nella figura allegata è rappresentato l'idrogramma di piena del Novembre 1966 (ricostruito) relativo all'interbacino dell'Arno compreso tra le casse di Pratovecchio e di Campaldino, avente una superficie $S = 136,8 \text{ Km}^2$, interbacino costituito in gran parte dal bacino del Solano ($S = 111 \text{ Km}^2$).

Nella stessa figura è rappresentato il corrispondente idrogramma laminato per effetto delle casse previste.



Interbacino dell'Arno compreso tra le casse di Pratovecchio e di Campaldino ($S = 136,8 \text{ Km}^2$): 1 - idrogramma di piena dei giorni 3-6 Novembre 1966; 2 - idrogramma laminato.

Sieve

Il bacino del fiume Sieve, che si estende per 831 km², è localizzato tra la dorsale appenninica ed i contrafforti del Mugello.

La lunghezza dell'asta principale, dalle origini allo sbocco in Arno (circa 15 Km a monte di Firenze), risulta di 61 Km .

Tale bacino ha un'altitudine massima pari a 1657 m s.m. (M.Falterona) ed un'altezza media, derivata dalla curva ipsografica, di poco inferiore a 500 m s.m.

Gli affluenti principali risultano:

- in sponda destra, il Torrente Carza, il Torrente Faltona
- in sponda sinistra, il Torrente Stura, il Torrente Tavaiano, il Torrente Levisone, il Torrente Enza, il Torrente S.Godenzo, il Torrente Moscia - Rincine, il Torrente Rufina.

Portate di progetto

La portata massima di progetto è stata assunta pari al valore al colmo registrato durante la piena del Novembre 1966 alla stazione di Fornacina. Tale valore (1340 m³/s) corrisponde ad un contributo unitario pari a 1,612 m³/s · km².

Tale portata risulta avere, in base alla elaborazione dei dati storici con il metodo di Gumbel, un tempo di ritorno superiore a 200 anni.

La curva inviluppo superiore, adottata nel presente studio, fornisce in corrispondenza di una superficie di 831 km² un contributo unitario di 1,47 m³/s · km².

Per tener conto dell'effetto di laminazione prodotto dall'invaso del Bilancino, è stata fatta l'ipotesi che esso possa contenere l'intero contributo di piena del proprio bacino, della superficie di 150 km². In base all'ipotesi suddetta, la portata di massima piena laminata può essere considerata quella prodotta dal rimanente bacino idrografico, la cui superficie risulta pari a 681 km².

La portata anzidetta si ottiene considerando un contributo unitario pari a 1,68, stabilito moltiplicando il valore di 1,53 m³/s · km² fornito, per la superficie di 681 km² dalla curva inviluppo per il valore 1,096 che è pari al rapporto 1,612/1,47 tra il contributo unitario relativo all'evento del novembre 1966 e quello fornito dalla curva inviluppo superiore per la totalità del bacino.

La portata risultante è quindi pari a :

$$Q_{\max} = 1,53 \cdot 1,096 \cdot 681 = 1144 \text{ m}^3/\text{s}$$

Il tempo di corrivazione, calcolato con la formula di Giandotti, risulta di circa 12 ore, in buon accordo con gli idrogrammi registrati per eventi di piena di una certa consistenza.

L'idrogramma utilizzato per la valutazione dei volumi da laminare è stato ottenuto ipotizzando un'onda di piena di forma simmetrica con durata della fase di salita uguale a quella di discesa e pari al tempo di corrivazione del bacino (Tc = 13 ore); la forma dell'onda è stata ricavata in analogia con gli idrogrammi registrati alla stazione idrometrica di Fornacina durante gli eventi più gravosi.

Il rigurgito del Fiume Arno nel tratto terminale della Sieve (il livello liquido dell'Arno alla confluenza con la Sieve è stato valutato in quota assoluta pari a 86,18 m s.m. nella piena del 1949) interessa un modesto tratto in sinistra a valle del ponte della strada statale n. 69.

Interventi previsti

Allo scopo di ridurre il valore della portata massima, come sopra calcolato, occorre almeno un volu-

me di laminazione complessivo di circa 10 Mmc. Tale volume è stato reperito mediante due soluzioni alternative: la prima che prevede una serie di casse per un volume complessivo di 8,6 Mmc e un invaso in loc. Le Motte di 2,8 Mmc; la seconda che prevede una serie di casse per un volume di 8,13 Mmc e un invaso il loc. Dicomano del volume di 15 Mmc.

Entrambe queste soluzioni, specialmente la seconda, prevedono volumi di laminazione superiori a quello minimo necessario, allo scopo di laminare maggiormente l'onda di piena immessa dalla Sieve nell'Arno, a vantaggio dell'asta principale.

Sommariamente, da monte verso valle, gli interventi proposti sono in conclusione i seguenti:

- 1) cassa di espansione in località Lezzano per una superficie di circa 188 ha ed un volume pari ad 2,8 milioni di m³;
- 2) casse di espansione in località Fattoria delle Cannicce e Lutiano Vecchio per complessivi 120 ha ed un volume totale di 1,2 milioni di m³;
- 3) cassa di espansione in località Rabatta per una superficie di circa 55 ha ed un volume pari a 1,0 milioni di m³;
- 4) cassa di espansione in località Cava Sagginale per complessivi 60 ha ed un volume totale di 1,2 milioni di m³;
- 5) invaso con sbarramento in località Le Motte a valle di Ponte di Vicchio per complessivi 96 ha ed un volume totale di 2,8 milioni di m³;
- 6) cassa di espansione in località Casanova per un volume totale di 0,22 milioni di m³;
- 7) cassa di espansione in località Il Rupino per un volume totale di 0,25 milioni di m³;
o, in alternativa ai punti 5), 6), 7):
- 5b) invaso a monte di Dicomano con sbarramento in località La Costa (quota max invaso 170,5 m s.m.) per un volume complessivo di 15 milioni di m³;
- 8) cassa di espansione in località C. Bronio per un volume totale di 0,29 milioni di m³;
- 9) cassa di espansione in località Casavecchia per un volume totale di 0,18 milioni di m³;
- 10) cassa di espansione in località Castagneto per un volume totale di 0,15 milioni di m³;
- 11) cassa di espansione in località Podere Casanova per un volume totale di 0,46 milioni di m³;
- 12) cassa di espansione in località Scopeti per un volume totale di 0,85 milioni di m³.

Valutazione dei costi

Il costo della soluzione con l'invaso di Dicomano con capacità ridotta di 2,8 milioni di m³ in località Le Motte e vasche di espansione, considerando un costo unitario pari 3.500 L/m³ per le casse e di 6.000 per l'invaso risulta:

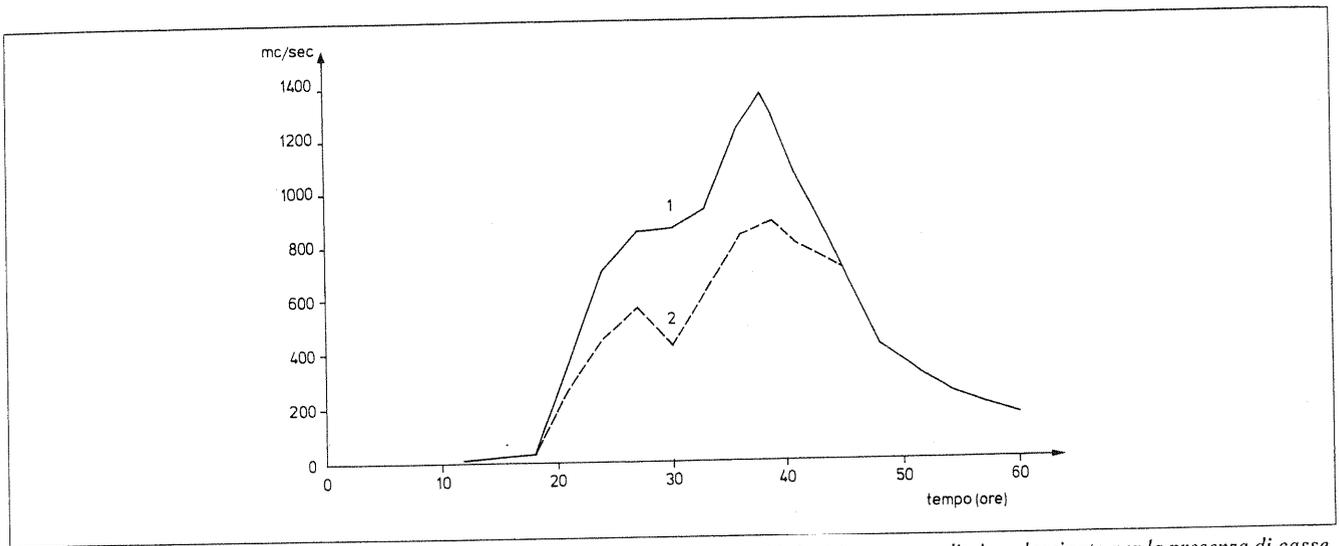
$$3.500 \cdot 8.600.000 + 6.000 \cdot 2.800.000 \cong 47 \text{ miliardi}$$

Il costo della soluzione alternativa che prevede la costruzione dell'invaso di Dicomano per una capacità di 15 milioni di m³, assumendo un costo unitario per tale invaso di 6.000 L/m³ risulta:

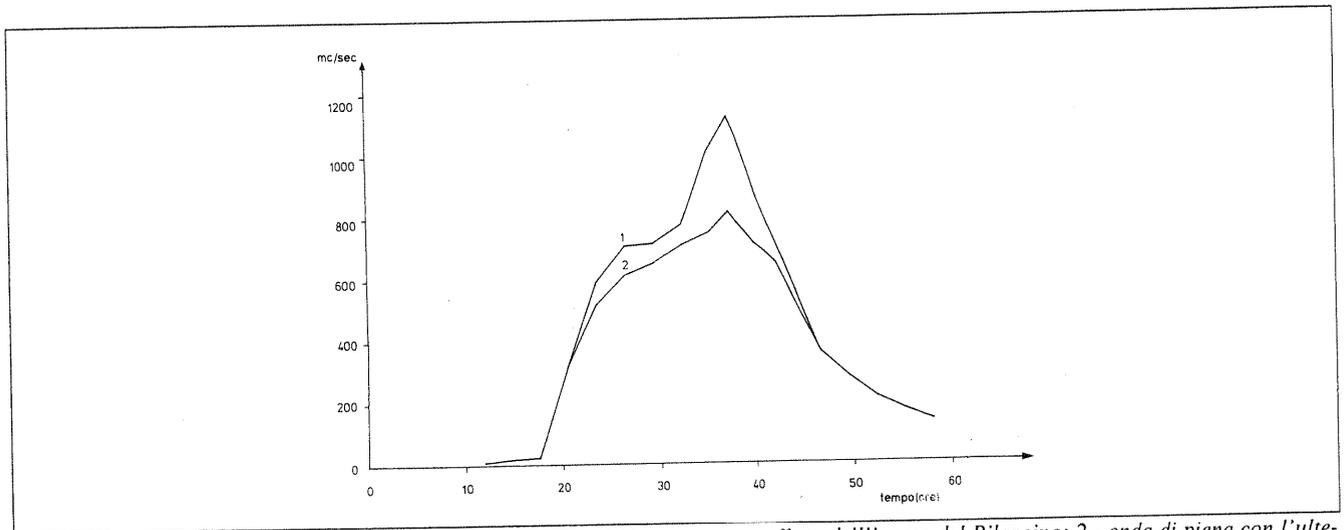
$$3.500 \times 8.130.000 + 6.000 \times 15.000.000 = \text{£. } 118,5 \text{ miliardi}$$

Inoltre per l'adeguamento delle sezioni di deflusso in corrispondenza di manufatti di attraversamento è prevista una ulteriore spesa totale di 5 miliardi di Lire.

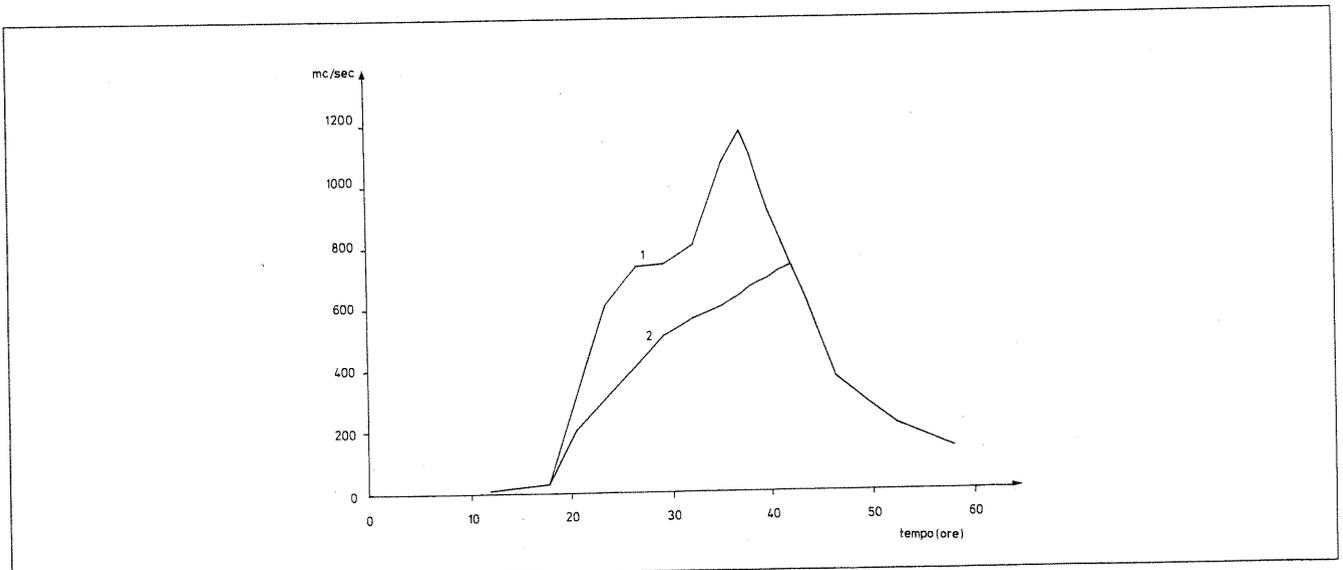
Nelle figure sono riportati gli idrogrammi di piena della Sieve in sezioni significative ed i corrispondenti idrogrammi laminati per effetto degli interventi previsti.



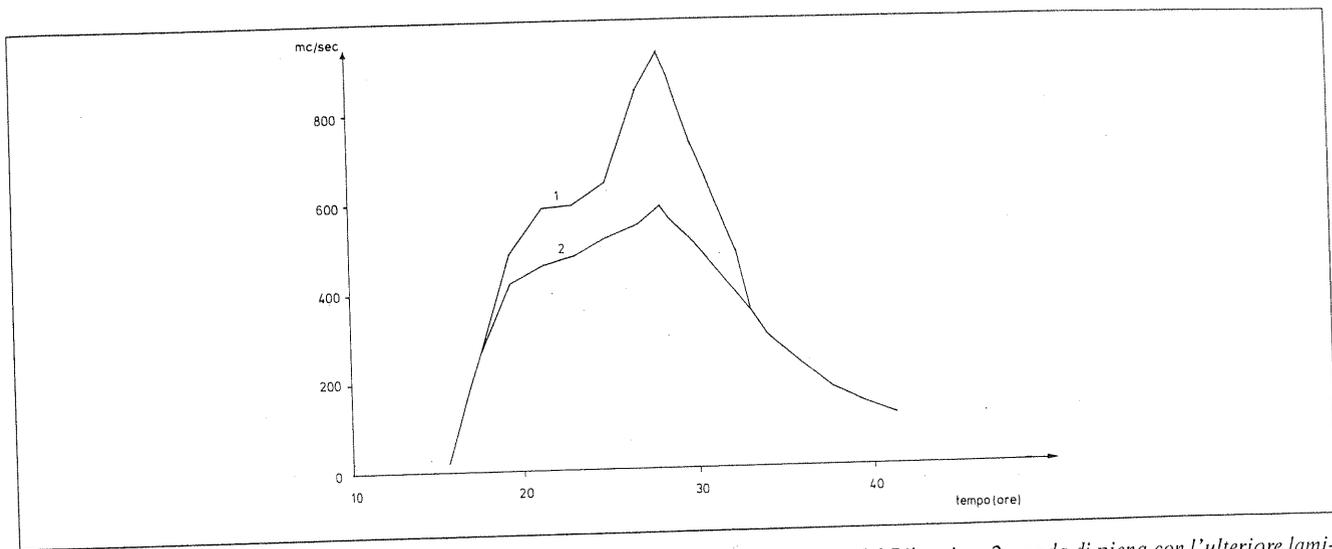
Sieve alla sezione terminale: 1 - idrogramma di piena dei giorni 3-6 Novembre 1966; 2 - idrogramma di piena laminato per la presenza di casse.



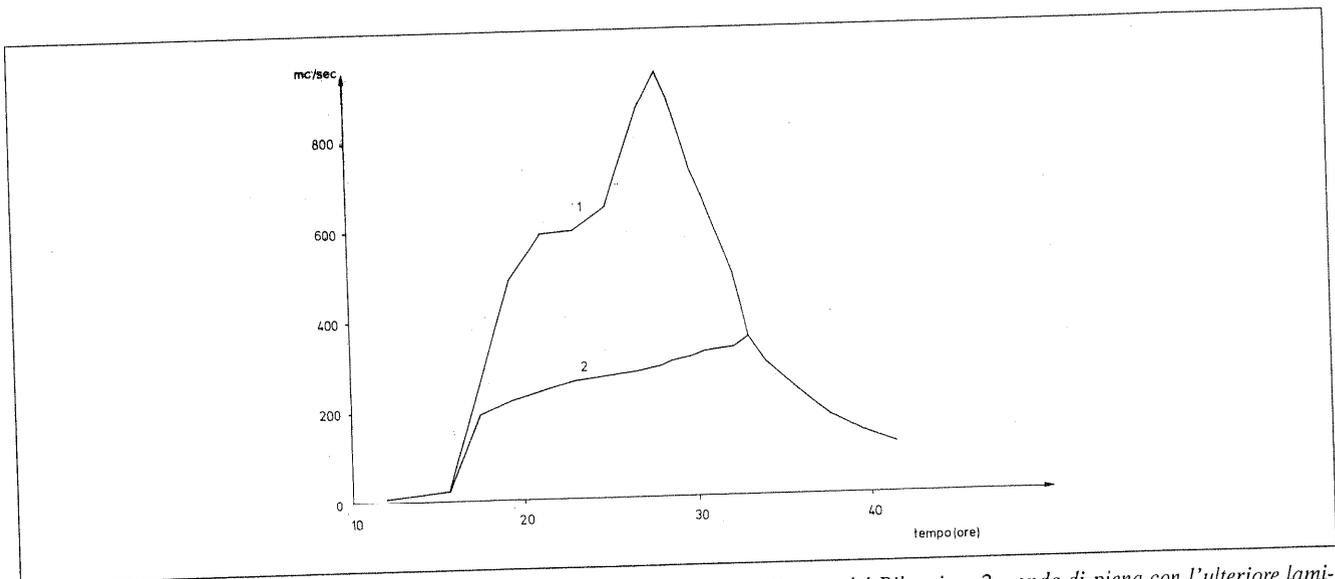
Sieve alla sezione terminale: 1 - onda di piena del Novembre 1966 laminata per effetto dell'invaso del Bilancino; 2 - onda di piena con l'ulteriore laminazione dovuta alle casse.



Sieve alla sezione terminale: 1 - onda di piena del Novembre 1966, laminata per l'effetto dell'invaso del Bilancino; 2 - onda di piena con l'ulteriore laminazione dovuta all'invaso di Dicomano.



Sieve a Dicomano: 1 - onda di piena del Novembre 1966, laminata per l'effetto dell'invaso del Bilancino; 2 - onda di piena con l'ulteriore laminazione dovuta alle casse.



Sieve a Dicomano: onda di piena del Novembre 1966, laminata per l'effetto dell'invaso del Bilancino; 2 - onda di piena con l'ulteriore laminazione dovuta alle casse.

Bisenzio

Il Bisenzio, ha un bacino di superficie $S = 320 \text{ km}^2$, con un'altitudine massima di 1276 m s.m. e una lunghezza dell'asta $L = 45,8 \text{ Km}$.

Il bacino è prevalentemente impermeabile, per cui il coefficiente di deflusso risulta molto elevato, sia durante le maggiori piene che nell'intero periodo Novembre - Maggio.

Per il Bisenzio si dispone dei dati di portata di alcune stazioni di misura del Servizio Idrografico: Praticello ($S = 54 \text{ km}^2$), Carmignanello ($S = 100 \text{ km}^2$); Gamberame ($S = 150 \text{ km}^2$).

Durante la piena dell'Arno dei giorni 4 e 5 novembre 1966 si è avuto l'allagamento di vaste aree, sia in destra che in sinistra del tratto terminale del Bisenzio, aree comprendenti anche gli abitati di Signa e Campi Bisenzio.

Gli allagamenti si sono ripetuti nel corso della piena del Bisenzio dei giorni 15 e 16 novembre 1991, per la rottura dell'argine in sinistra, interessando ampie zone abitate di Campi Bisenzio, con danni molto elevati.

Alla confluenza col Bisenzio si è verificata nell'Arno una quota liquida massima di 39,13 m.s.m. durante la piena del 4 novembre 1966 e una quota di 38,00 m. durante la piena del 26 novembre 1949.

E' da osservare che in sinistra del tronco terminale è situata la zona dei Renai che costituisce una naturale cassa di espansione dell'Arno e dello stesso Bisenzio.

Gli interventi da attuare, oltre ad adibire ulteriori zone a casse di espansione, prevedono una sistemazione del Bisenzio tale da avere esondazioni lungo tratti ben definiti e una delimitazione ben precisa delle aree soggette ad inondazione, che devono mantenere una destinazione esclusivamente agricola ed essere prive di insediamenti di qualsiasi genere.

Portate di progetto

Le portate di massima piena del Bisenzio sono state determinate mediante la curva inviluppo inferiore; i valori trovati sono in accordo con quelli indicati in alcuni studi esistenti.

Sono state prese in esame n. 4 sezioni trasversali, nelle quali risultano i seguenti valori:

- *Sezione di Vaiano:*

$$S = 123 \text{ Km}^2; L = 20 \text{ Km}; \quad \bar{H} = 440 \text{ m}; \quad T_c = 4,4 \text{ ore}; \quad q = 3,7 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{Km}^2; \\ Q_{\max} = 455 \text{ m}^3/\text{s}.$$

- *Sezione di Gamberame:*

$$S = 150 \text{ Km}^2; q = 3,42 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{Km}^2; \quad Q_{\max} = 513 \text{ m}^3/\text{s}.$$

- *Sezione di S.Piero a Ponti:*

$$S = 246 \text{ Km}^2; q = 2,44 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{Km}^2; \quad Q_{\max} = 600 \text{ m}^3/\text{s}.$$

- *Sezione terminale*

$$S = 320 \text{ Km}^2; L = 45,8 \text{ Km}; \quad \bar{H} = 328 \text{ m}; \quad T_c = 9,7 \text{ ore}; \quad q = 2,12 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{Km}^2; \\ Q_{\max} = 679 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Per il progetto delle opere si è fatto riferimento a idrogrammi di piena aventi portate massime al colmo inferiori ai valori sopra riportati, per i motivi esposti in seguito.

Interventi previsti

Il Bisenzio, nel tronco compreso tra il Ponte dell'Autostrada Firenze-Mare e S. Piero a Ponti, è stato di recente sistemato, con una risagomatura delle sezioni trasversali.

Tale tratto è attualmente in grado di far defluire la portata di massima piena di $600 \text{ m}^3/\text{s}$, con un sufficiente franco. Il tronco a valle di S.Piero a Ponti fino allo sbocco in Arno risulta in grado di far defluire la portata di massima piena solo se le sezioni trasversali verranno risagomate e in alcuni tratti leggermente ampliate, come è già stato fatto per il tronco a monte.

Eseguendo i suddetti lavori non sarebbe necessario laminare la portata di massima piena del Bisenzio; tuttavia è stata prevista una serie di casse di espansione lungo il tratto terminale del fiume e dei suoi affluenti, allo scopo di limitare la portata massima che dal Bisenzio può essere immessa nell'Arno. Tali casse fungono anche da aree di espansione per le piene dello stesso Arno e si trovano in zone già attualmente soggette ad allagamento.

Come detto in precedenza, la tracimazione dal Bisenzio e dagli alvei degli affluenti è prevista solo lungo tratti ben definiti e le aree da inondare risultano ben delimitate.

Dalle verifiche effettuate risulta che il tronco del Bisenzio che attraversa l'abitato di Vaiano è in grado di far defluire una portata massima di circa 280 m³/s, quindi minore di quella di calcolo, che è di 455 m³/s.

Per ridurre la portata massima a 280 m³/s occorrerebbe un volume di laminazione di circa 800.000 m³ e quindi una superficie da adibire a casse di espansione di circa 80 ha.

A monte di Vaiano è stato però possibile individuare solo 32 ha per le casse (con un volume utile di circa 510.000 m³), essendo l'alveo del Bisenzio incassato; si rende perciò necessario, individuare altri volumi di invaso, anche lungo gli affluenti, o sistemare l'alveo del Bisenzio, per renderlo idoneo al deflusso della portata di massima piena.

Le casse di espansione previste in adiacenza al tronco terminale del Bisenzio hanno una superficie di 845 ha e, trovandosi in terreni pressoché completamente pianeggianti, si può assumere un'altezza liquida di 3,00 m, per cui consentono di contenere 25,35 milioni di m³, fornendo un sensibile contributo alla laminazione delle piene, non solo del Bisenzio, ma anche dell'Arno.

Sono state inoltre individuate altre zone che è possibile destinare a casse di espansione sugli affluenti di sinistra Marina e Marinella, che si immettono nel Bisenzio subito a valle dell'abitato di Prato; queste casse hanno le seguenti caratteristiche:

- sul Torrente Marinella S = 34 ha, V = 51.000 m³;
- sul Torrente Marina S = 20 ha, V = 30.000 m³.

Esse sono perciò del tutto trascurabili rispetto alle altre, in termini sia di volume che di costo.

Nel progetto di piano è presa in considerazione la proposta, in parte alternativa, di uno scolmatore che inizia da monte dell'abitato di Campi Bisenzio e convoglia l'acqua nell'area di allagamento "ex Dirigibile".

Risulta ancora oggi possibile realizzare sul Bisenzio un invaso artificiale del volume $V = 27 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (volume utile $V_u = 26,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$), mediante uno sbarramento in località Praticello, dove il bacino sotteso ha una superficie $S = 55 \text{ Km}^2$, così come era previsto nel progetto pilota dell'Arno.

Le altre caratteristiche dell'invaso sono le seguenti:

- superficie del lago 1,05 Km²;
- massimo livello di regolazione = 327 m.s.m.;
- livello di massimo invaso = 329,60 m.s.m.;
- altezza della diga = 72,60 m.

E' da aver presente che tale invaso era stato previsto per uso plurimo e principalmente a scopo di alimentazione della zona industriale di Prato.

Anche attualmente, alla luce degli studi riportati in precedenza, un simile invaso potrebbe essere utilizzato solo in minima parte per la laminazione delle piene del Bisenzio; si è infatti visto che a monte di Vaiano necessiterebbe un volume di laminazione di soli 800.000 m³, di cui 510.000 m³ si possono ottenere con le casse di espansione previste.

Valutazione dei costi

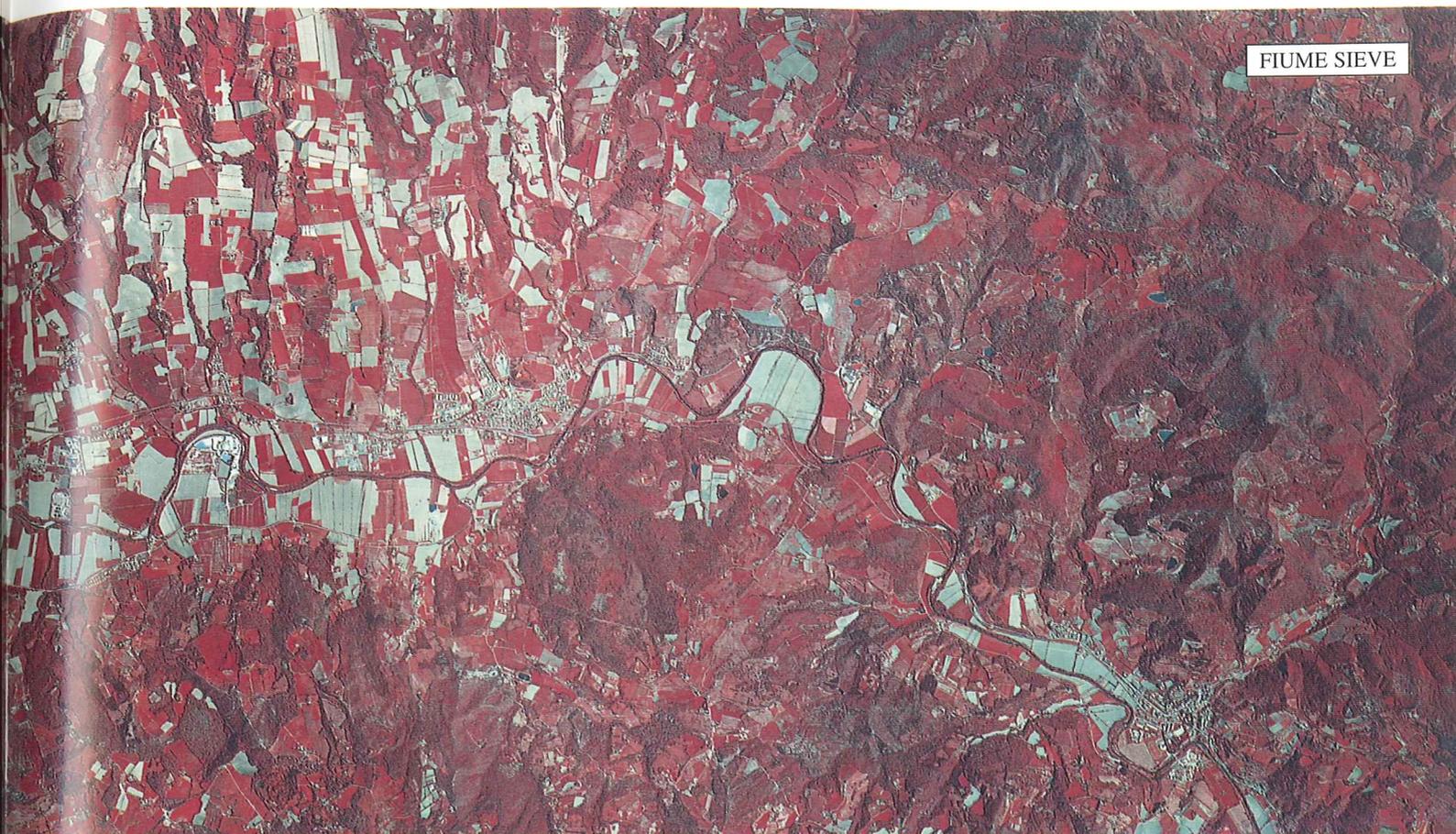
Il costo delle opere previste sul Bisenzio può così essere quantificato in linea di larga massima:

- per le casse di laminazione £. 88 miliardi
- per le ulteriori opere di laminazione necessarie a monte di Vaiano o per la sistemazione dell'alveo per contenere l'attuale portata di massima piena £. 1 miliardo



Lo sviluppo dell'urbanizzazione nelle aree di pertinenza fluviale lungo gli affluenti dell'Arno: l'esempio della Val di Sieve - Sono ben riconoscibili i depositi alluvionali e le aree di pertinenza fluviale, presenti lungo la valle. Nella foto in alto, a destra, sono visibili la diga di Bilancino e gli abitati di San Piero a Sieve, Borgo San Lorenzo, Vicchio e Dicomano. Nella foto in basso: particolare di Dicomano, Contea e Rufina. Come è avvenuto lungo l'Arno, anche sugli affluenti lo sviluppo dell'edificato nelle aree di fondovalle circostanti i corsi





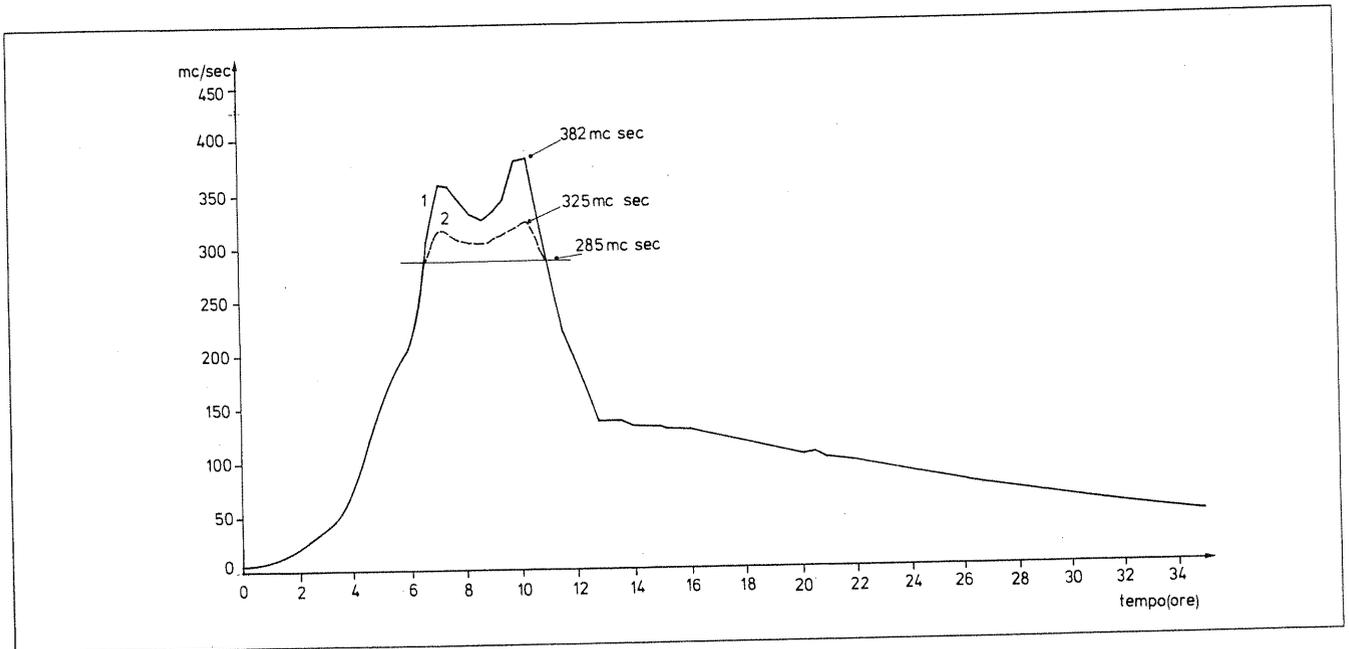
d'acqua è in buona parte il risultato indotto dalla legge urbanistica 765/1967, nota come "legge ponte", che consentiva per il periodo di un anno, l'edificazione anche in assenza di autorizzazione edilizia nei comuni privi di strumenti urbanistici efficaci.



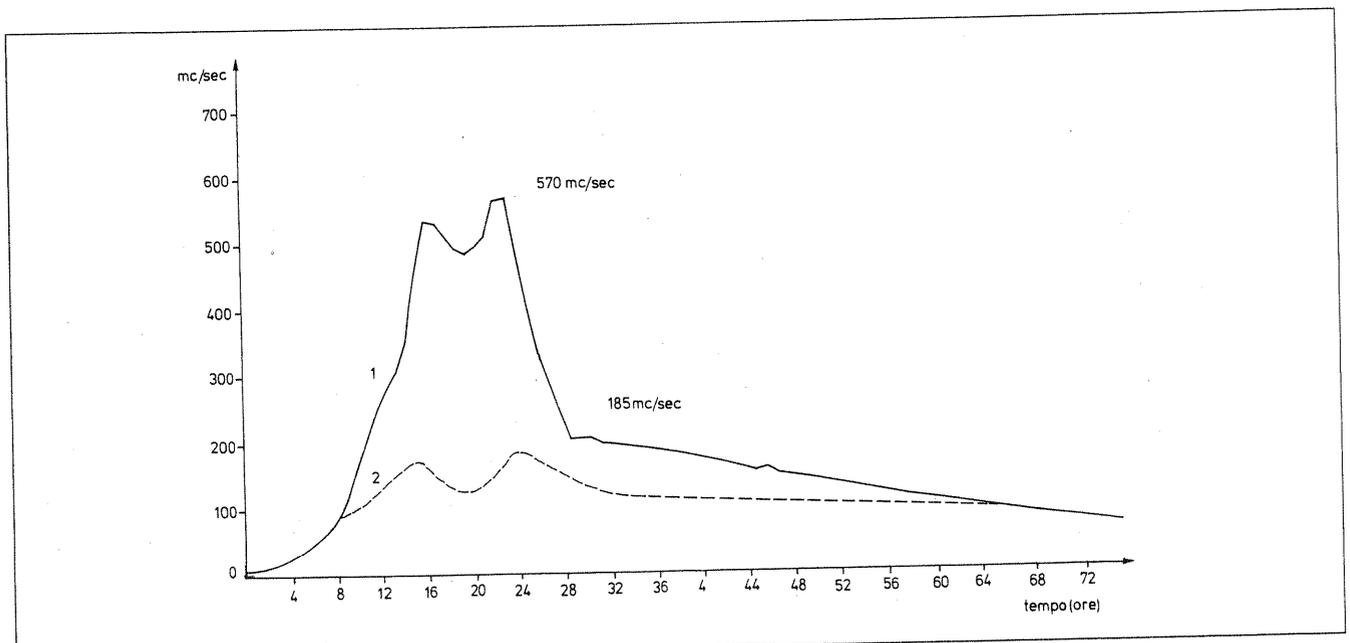
- per la sistemazione dell'alveo a valle di S. Piero a Ponti	£. 5 miliardi
- per il rifacimento di ponti e manufatti	£. 6 miliardi
in totale	£. 100 miliardi
- per l'invaso in località Praticello (che non ha lo scopo di laminare le piene)	£. 150 miliardi

Per gli idrogrammi di piena di progetto nelle diverse sezioni si è fatto riferimento a quelli derivati dall'idrogramma ricostruito per la piena del Novembre 1966 per l'interbacinio dell'Arno compreso tra la confluenza della Greve e la cassa dei Renai. Tali idrogrammi, infatti, pur avendo valori della massima portata al colmo minori di quelli in precedenza riportati, risultano più critici per la maggiore durata della fase dell'onda vicina al colmo e quindi per il maggior volume di deflusso integrale.

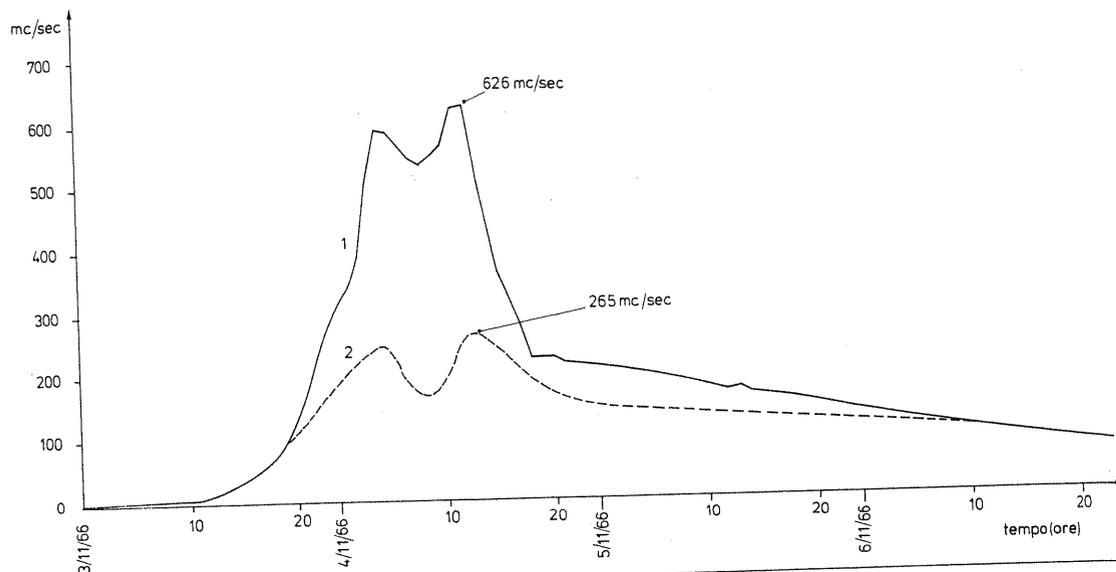
Nelle figure che seguono sono riportati i suddetti idrogrammi e quelli corrispondenti, laminati per effetto delle casse previste, relativi alla sezione di Vaiano ($S = 123 \text{ Km}^2$), alla sezione terminale ($S = 320 \text{ Km}^2$) e all'interbacinio dell'Arno tra la confluenza della Greve e la cassa dei Renai ($S = 380 \text{ Km}^2$).



Bisenzio a Vaiano ($S = 123 \text{ Km}^2$): idrogramma di progetto; 2 - idrogramma laminato.



Bisenzio alla sezione terminale: 1 - idrogramma di progetto; 2 - idrogramma laminato.



Interbacino dell'Arno tra la confluenza della Greve e la cassa di Renai ($S = 380 \text{ Km}^2$): 1 - idrogramma di piena dei giorni 3-6 Novembre 1966; 2 - idrogramma laminato.

Ombrone

L'Ombrone Pistoiese ha un bacino imbrifero di superficie $S = 489 \text{ Km}^2$ e una lunghezza dell'asta di 41 Km. Il bacino ha un'altitudine massima di 114 m s.m., mentre l'altezza media rispetto alla sezione di chiusura è $H = 205 \text{ m}$; la piovosità media annua sul bacino è elevata: si passa infatti da poco meno di 1.000 mm nella zona più bassa a oltre 2.500 in quella più alta. Le forti precipitazioni di breve durata e la natura prevalentemente impermeabile del bacino danno luogo ad elevate portate di massima piena.

Le esondazioni dall'alveo dell'Ombrone hanno inizio nelle zone pianeggianti, a valle dell'abitato di Pistoia; il tratto terminale ha le sommità arginali a quota molto inferiore a quella necessaria per consentire il deflusso delle portate di massima piena e per contenere i profili di rigurgito che si hanno durante le maggiori piene dell'Arno. Le aree allagate risultano perciò molto vaste, come si deduce dalle cartografie con le zone inondate durante la piena dei giorni 4 e 5 novembre 1966.

Nell'Ombrone non sono installate stazioni di misura di portata, per cui non sono disponibili serie storiche di dati; le portate di massima piena di progetto sono perciò state dedotte dalla curva inviluppo inferiore.

Sono state considerate n. 5 sezioni del corso d'acqua, per le quali risulta quanto segue:

Sezione 1 (immediatamente a valle della confluenza col Torrente Vincio)

$S = 46,7 \text{ Km}^2$; $L = 10,5 \text{ Km}$; $\bar{H} = 300 \text{ m}$; $T_c = 3,1 \text{ ore}$; $q = 5,2 \text{ m}^3/\text{s Km}^2$ (curva inviluppo inferiore); $Q_{\max} = 243 \text{ m}^3/\text{s}$, che può defluire senza esondazioni.

Sezione 2 (immediatamente a monte della confluenza coi torrenti Calice - Brana)

$S = 94 \text{ Km}^2$; $L = 24,9 \text{ Km}$; $\bar{H} = 350 \text{ m}$; $T_c = 5,1 \text{ ore}$; $q = 4,1 \text{ m}^3/\text{s Km}^2$; $Q_{\max} = 385 \text{ m}^3/\text{s}$; massima portata che può defluire in alveo senza esondazioni $Q^* = 150 \text{ m}^3/\text{s}$; volume da scolare $V = 2.100.000 \text{ m}^3$.

Sezione 3 (immediatamente a monte della confluenza col Torrente Bagnolo)

$S = 233 \text{ Km}^2$; $L = 26 \text{ Km}$; $\bar{H} = 310 \text{ m}$; $T_c = 7,1 \text{ ore}$; $q = 2,8 \text{ m}^3/\text{s Km}^2$; $Q_{\max} = 652 \text{ m}^3/\text{s}$; massima portata che può defluire senza esondare $Q^* = 320 \text{ m}^3/\text{s}$; volume complessivo da laminare $V = 4.000.000 \text{ m}^3$ sino alla sezione 3.

Sezione 4 (immediatamente a monte della confluenza col Torrente Stella)

$S = 310 \text{ Km}^2$; $L = 29,3 \text{ Km}$; $\bar{H} = 280 \text{ m}$; $T_c = 8,5 \text{ ore}$; $q = 2,25 \text{ m}^3/\text{s Km}^2$;
 $Q_{\max} = 697 \text{ m}^3/\text{s}$; portata che può defluire in alveo senza esondare $Q^* = 360 \text{ m}^3/\text{s}$; volume complessivo da laminare $V = 4.500.000 \text{ m}^3$ sino alla sezione 4.

Sezione terminale

$S = 489 \text{ Km}^2$; $L = 41,2 \text{ Km}$; $\bar{H} = 205 \text{ m}$; $T_c = 13 \text{ ore}$; $q = 1,6 \text{ m}^3/\text{s Km}^2$;
 $Q_{\max} = 782 \text{ m}^3/\text{s}$.

Per effetto delle casse di espansione previste a monte, tale portata si riduce a circa $285 \text{ m}^3/\text{s}$, che defluisce nell'alveo, una volta che le arginature saranno rialzate fino a contenere i profili di rigurgito che si verificano durante le maggiori piene dell'Arno.

Gli idrogrammi di piena nelle varie sezioni sono stati ricostruiti partendo dall'idrogramma dei giorni 3 - 5 Novembre 1966, ricostruito per l'interbacino dell'Arno compreso tra la cassa dei Renai e la confluenza dell'Ombrone.

Determinazione della massima quota liquida nella sezione di sbocco in Arno.

Nella sezione di confluenza con l'Ombrone, si è avuta nell'Arno una quota liquida massima di 37,60 m s.m. durante la piena del 4 novembre 1966 e di 36,87 m durante la piena del 26 novembre 1949.

Le arginature dell'alveo dell'Ombrone, e quelle delle casse di espansione previste, andranno rialzate almeno fino alla quota di 38,50 - 39,00 m fino al Ponte Castelletti, che si trova di fronte all'abitato di Comeana ad una distanza di 3.500 m dallo sbocco in Arno e fino a quota di 40,50 - 41,00 m fino a Poggio a Caiano, che si trova 3,5 Km a monte del suddetto ponte.

Ancora a monte gli argini vanno rialzati per un ulteriore tratto di circa 1.700 m.

Per quanto riguarda le casse di espansione, la loro superficie è stata in questo caso determinata ammettendo un'altezza liquida media di 2 m.

Le superfici e i volumi previsti per le casse sono i seguenti:

A monte della sezione 2:

$S = 190 \text{ ha}$
 $V = 3,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

Tra le sezioni 2 e 3:

lungo il Torrente Brana
lungo il Torrente Calice
ed il suo affluente Torrente Agna
In totale, a monte della sezione 3
Volume totale a monte della sezione 3

$S = 61 \text{ ha}$
 $S = 54 \text{ ha}$
 $S = 305 \text{ ha}$
 $V = 6,1 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

Tra le sezioni 3 e 4:

lungo l'asta dell'Ombrone
sul Torrente Bagnolo
sul Torrente Quadrelli
In totale, a monte della sezione 4
Volume totale a monte della sezione 4

$S = 105 \text{ ha}$
 $S = 15 \text{ ha}$
 $S = 50 \text{ ha}$
 $S = 475 \text{ ha}$
 $V = 9,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

A valle della sezione 4:
sull'Ombrone

$S = 210 \text{ ha}$
 $V = 4,2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

sul Torrente Stella

$S = 75 \text{ ha}$
 $V = 1,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

Totale sul bacino dell'Ombrone
Volume totale delle casse sull'Ombrone

$S = 760 \text{ ha}$
 $V = 15,20 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

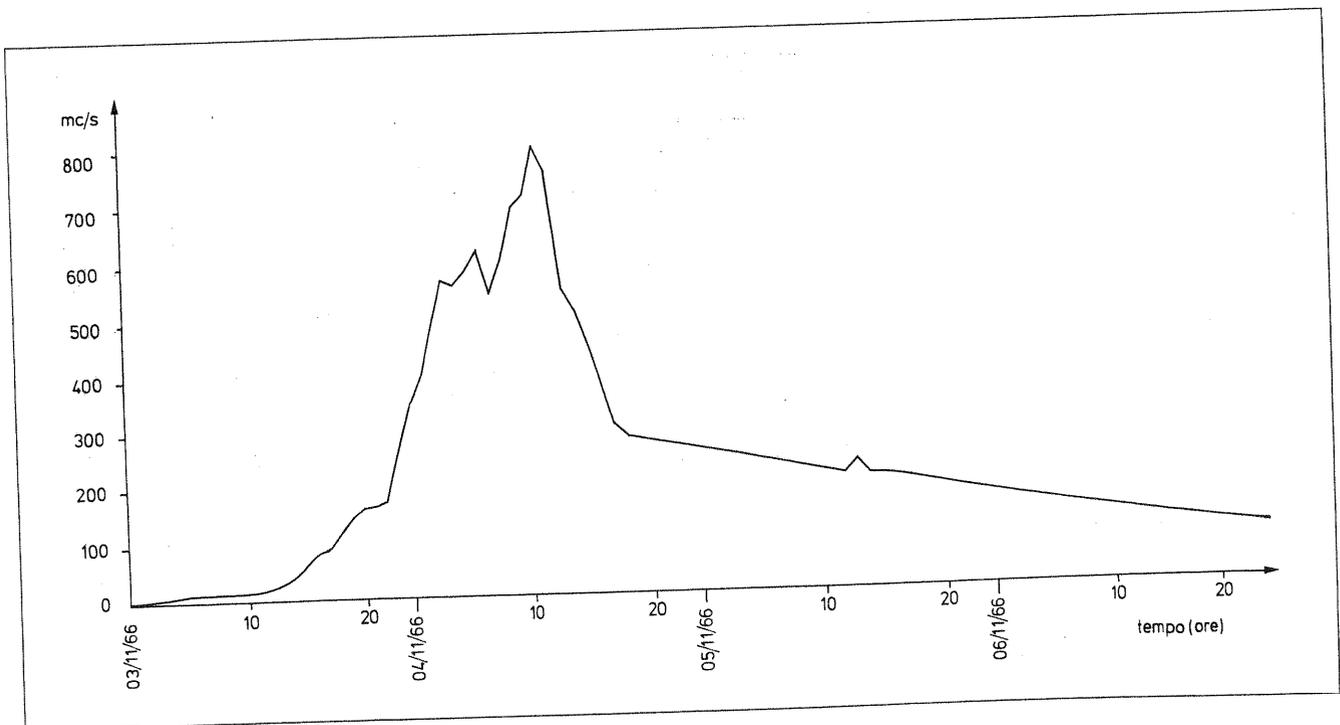
Valutazione dei costi

Per i costi degli interventi previsti può essere fatta la seguente stima di larga massima:

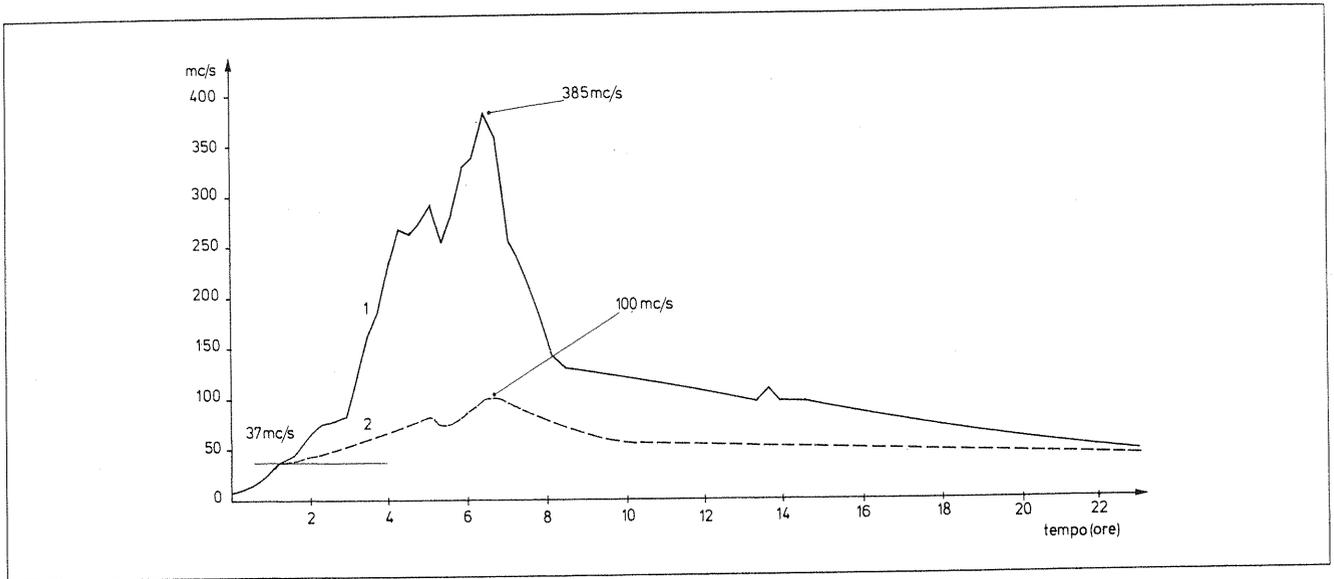
- | | |
|--|----------------|
| - per le casse di espansione | £. 53 miliardi |
| - per il rialzamento delle arginature, fino a 1.700 m a monte di Poggio a Caiano, per contenere il profilo di rigurgito che si ha anche durante le più elevate piene dell'Arno | £. 5 miliardi |
| - per il rifacimento di ponti e manufatti | £. 7 miliardi |
| - in totale il costo delle opere ammonta a | £. 65 miliardi |

Occorre far presente che le casse di laminazione previste nel tronco terminale servono anche per scolare le piene dell'Arno.

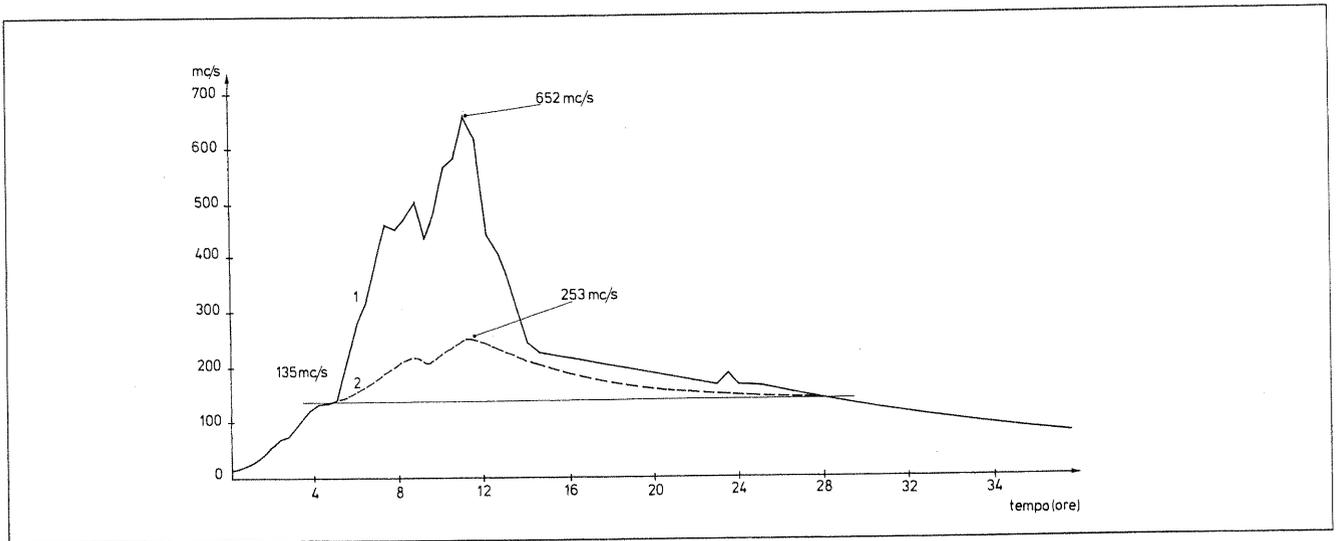
Nelle figure seguenti è rappresentato l'idrogramma della piena del Novembre 1966 (ricostruito), relativo all'interbacino dell'Arno compreso tra la cassa dei Renai e la confluenza dell'Ombrone e gli idrogrammi di piena in alcune sezioni significative; nelle stesse sono riportati i corrispondenti idrogrammi laminati per effetto delle casse di espansione.



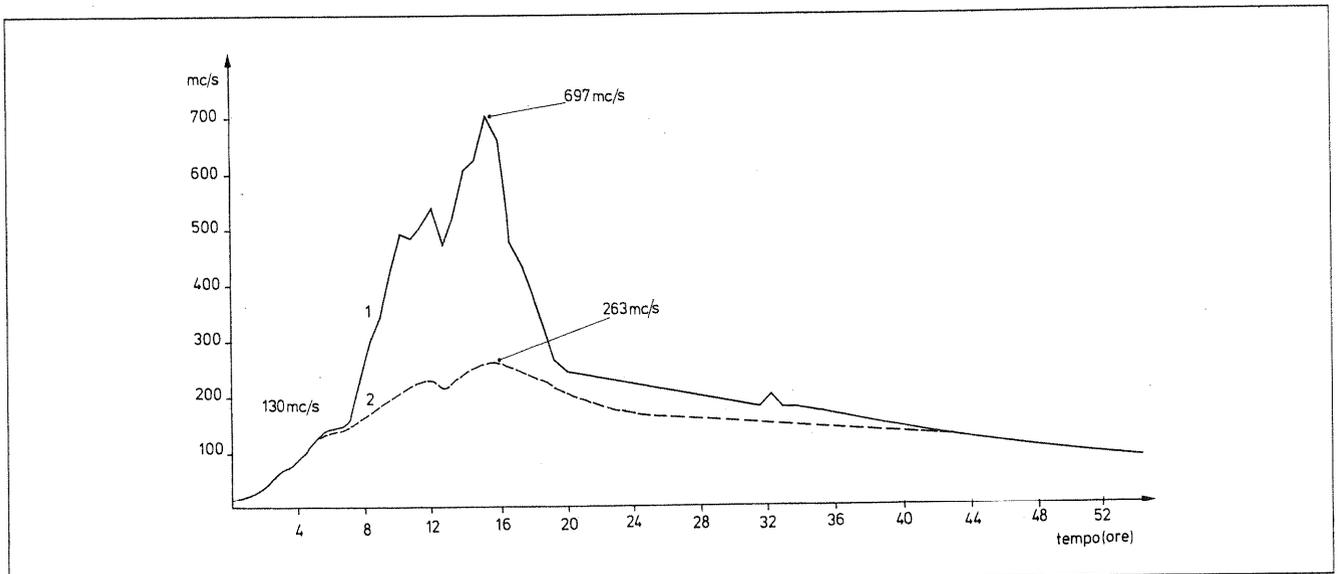
Ombrone alla sezione terminale: idrogramma dei giorni 3-6 Novembre 1966.



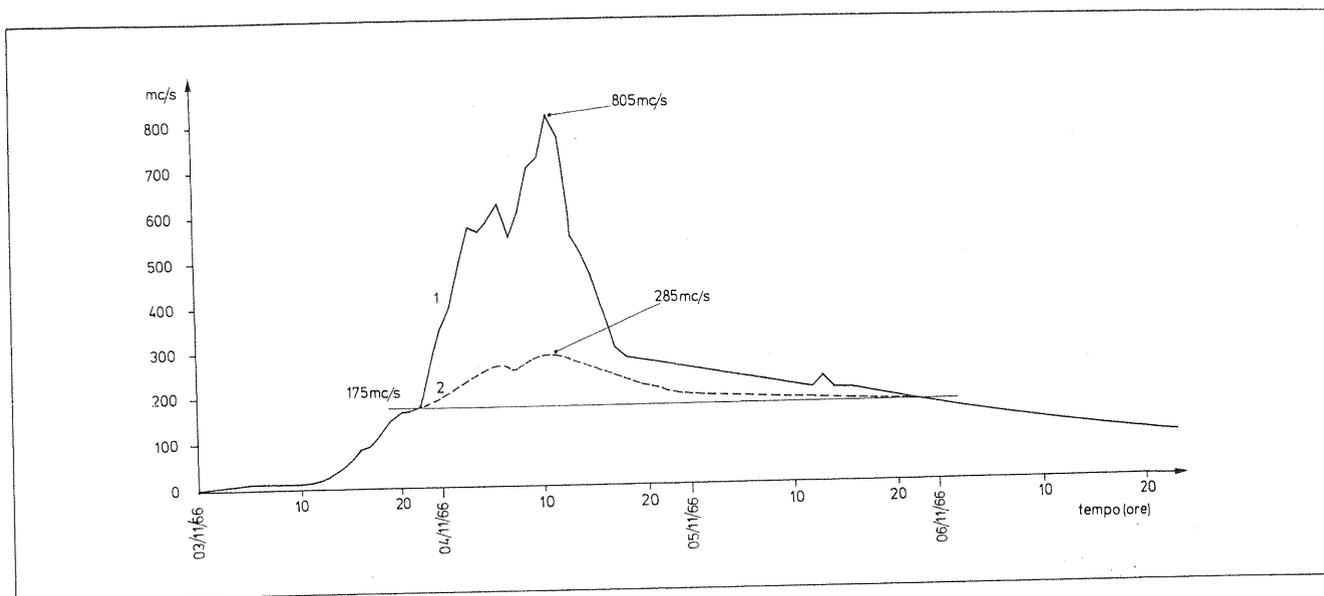
Ombrone a monte della confluenza coi T. Calice e Brana ($S = 94 \text{ Km}^2$): 1 - idrogramma di progetto; 2 - idrogramma laminato.



Ombrone a monte della confluenza del T. Bagnolo ($S = 233 \text{ Km}^2$); 1 - idrogramma di progetto; 2 - idrogramma laminato.



Ombrone a monte della confluenza del T. Stella ($S = 310 \text{ Km}^2$); 1 - idrogramma di progetto; 2 - idrogramma laminato.



Ombrone alla sezione terminale: 1 - idrogramma di piena dei giorni 3-6 Novembre 1966; 2 - idrogramma di piena laminato.

Corsi d'acqua afferenti al Padule di Fucecchio (*)

I Torrenti Pescia di Pescia, Pescia di Collodi, Nievole, etc. sono i più importanti tributari del Padule di Fucecchio. I loro bacini sono delimitati a settentrione dallo spartiacque Arno-Serchio.

Il bacino montano del Torrente Pescia di Pescia, il maggiore di quelli ricordati, considerato chiuso all'altezza del Ponte degli Alberghi, ha una superficie di 85 Km², una lunghezza dell'asta principale pari a circa 14 Km ed un'altezza media di 354 m s.m.

Portate di progetto

Considerata la superficie del bacino del Torrente Pescia di Pescia, come definito in precedenza e mediante l'applicazione delle curve inviluppo si è individuato un contributo unitario pari a 4.9 m³/s · Km² che fornisce una portata massima pari a :

$$Q_{\max} = 85 \cdot 4.9 = 417 \text{ m}^3/\text{s} .$$

L'idrogramma utilizzato per la valutazione dei volumi da laminare è stato ottenuto ipotizzando un'ondata di piena di forma simmetrica con durata della fase di salita uguale a quella di discesa e pari al tempo di corrivazione dell'intero bacino, calcolato con la formula di Giandotti ($T_c = 4$ ore).

Interventi proposti

Il tratto vallivo è arginato dal Ponte degli Alberghi fino all'immissione nel Padule di Fucecchio ed è stato ed è tuttora oggetto di interventi di sistemazione da parte del Consorzio di bonifica del Padule di Fucecchio e dell'Ufficio del Genio Civile.

Il tratto vallivo presenta pendenze variabili dal 4 allo 0.5 per mille. In tale tratto la portata in grado di essere smaltita dalle sezioni, realizzate con i recenti interventi di sistemazione, è di poco superiore a 200 m³/s ; nel tratto che attraversa l'abitato di Ponte Buggianese, tale portata risulta ulteriormente ridotta per la

(*) La regimazione dei corsi d'acqua della Valdinievole ha interesse solo localmente in quanto l'emissario del Padule di Fucecchio, che riceve tutti i suoi contributi, non scarica più in Arno ma nello Scolmatore.

presenza di alcuni ponti aventi luci inadeguate.

L'idrogramma di piena ricostruito, relativo alla portata massima pari a $417 \text{ m}^3/\text{s}$, è incompatibile con le attuali sezioni dell'alveo; tali sezioni risultano difficilmente ampliabili soprattutto nei tratti che attraversano centri abitati dove l'alveo è in aderenza agli edifici.

Per la riduzione del rischio idraulico, è possibile, come unica soluzione praticabile, l'adozione di opere di laminazione delle piene, da prevedere nel tratto montano e consistenti nella realizzazione di uno o più serbatoi di laminazione.

Il volume necessario alla laminazione risulta pari a circa 2,3 milioni di m^3 .

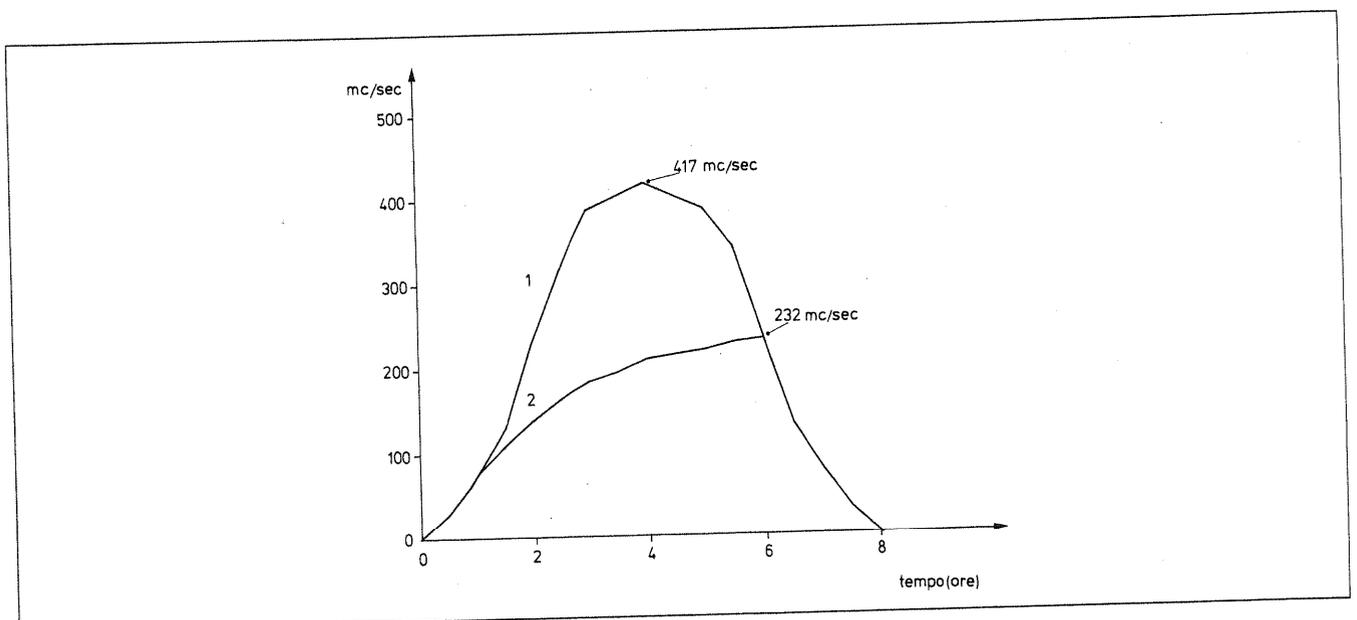
Valutazione dei costi

Il costo relativo al rifacimento e/o adeguamento dei ponti è quantificabile in 2,5 miliardi di lire; il costo delle opere di laminazione, per un totale di circa 3 milioni di m^3 , da realizzare nel bacino del Torrente Pesca di Pesca può valutarsi in circa 7,5 miliardi di lire.

Sugli altri corsi d'acqua della Val di Nievole sono ipotizzabili briglie a bocca tarata e modesti serbatoi di laminazione con costi sull'ordine di circa 10 miliardi di lire e necessità di laminazione sull'ordine di 3 milioni di m^3 .

La possibile ubicazione di tali interventi è indicata nella cartografia allegata al progetto di piano

Nella figura è indicato l'idrogramma di piena per il Torrente Pesca di Pesca nella sezione terminale e l'idrogramma laminato per effetto degli interventi previsti.



Pesca di Pesca alla sezione terminale: 1 - idrogramma di progetto; 2 - idrogramma laminato per effetto di un invaso della capacità di $2,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

6.5.5 - *Riduzione del dissesto idrogeologico e sistemazioni idraulico - forestali e agrarie*
[Individuazione e valutazione degli interventi più urgenti]

Le opere di sistemazione idraulico forestale esistenti sugli affluenti del bacino dell'Arno (cfr. parag. 5.1.3) sono risultate circa 2700, 1600 delle quali più o meno danneggiate.

L'interesse più urgente è oggi costituito dalla necessità di conservazione delle opere esistenti e pertanto i nuovi interventi dovranno essere subordinati a quelli destinati al mantenimento delle situazioni di stabilizzazione raggiunte. Moltissime opere hanno subito danni di non grande entità, come costo di riparazione, ma sono state danneggiate in punti vitali che possono determinare in breve tempo la rovina dell'intera costruzione; per esse è importante provvedere nel più breve tempo possibile.

Come risulta dal prospetto, circa il 6% delle opere sono da ricostruire (175), circa il 50% (1412) sono da riparare. Inoltre è stimato che ammontino a circa 400 le nuove opere di cui si deve prevedere la costruzione nell'intero bacino dell'Arno nei prossimi anni.

Tempi e costi degli interventi

Gli interventi potranno essere dilazionati in un periodo di tempo non superiore a 15 anni.

La spesa complessiva per l'esecuzione degli interventi può essere così valutata:

- n.175 £. 200.000.000 (costo medio di un'opera, compreso oneri e imposte)	£. 35.000.000.000
per un totale di	
- n.1412 £. 40.000.000 (costo medio, idem c.s.)	£. 55.000.000.000
per un totale di circa	
- n.400 £. 300.000.000 (costo medio, idem c.s.)	£.120.000.000.000
per un totale di	
Compressivamente	<u>£.210.000.000.000</u>

Da aggiungere ulteriori interventi non previsti, stimabili in circa il 10% della suddetta somma pari a circa

£. 20.000.000.000

In totale

£.230.000.000.000

Dalle precedenti somme sono escluse le spese per interventi di carattere forestale quali rimboschimento, miglioramento di boschi, conversioni in alto fusto di cedui, ecc. e per gli interventi di sistemazione delle frane a rischio.

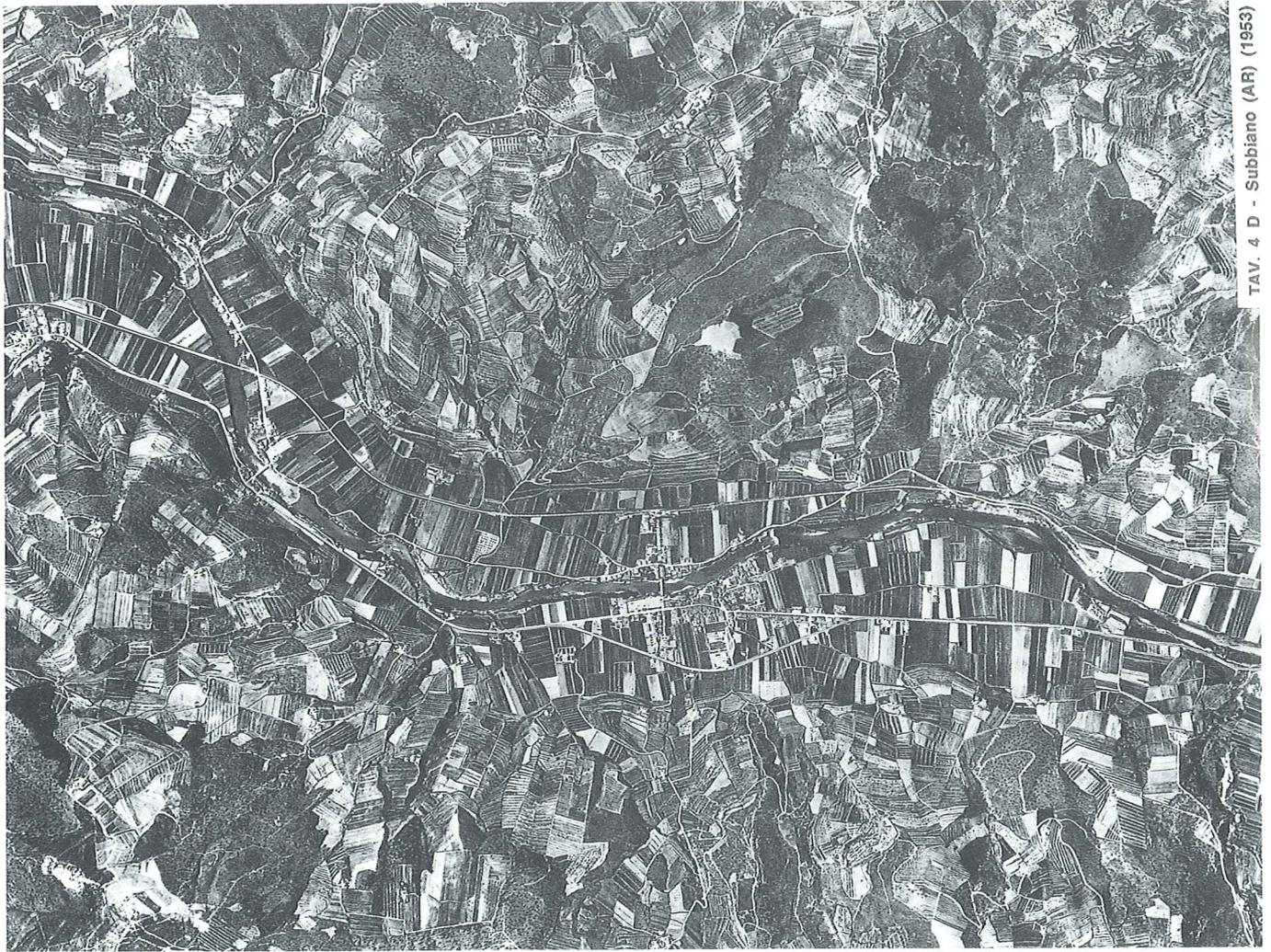
L'onere finanziario potrà essere così ripartito:

£. 20 miliardi/anno nei primi 5 anni;

£. 13 miliardi/anno nei 10 anni successivi.

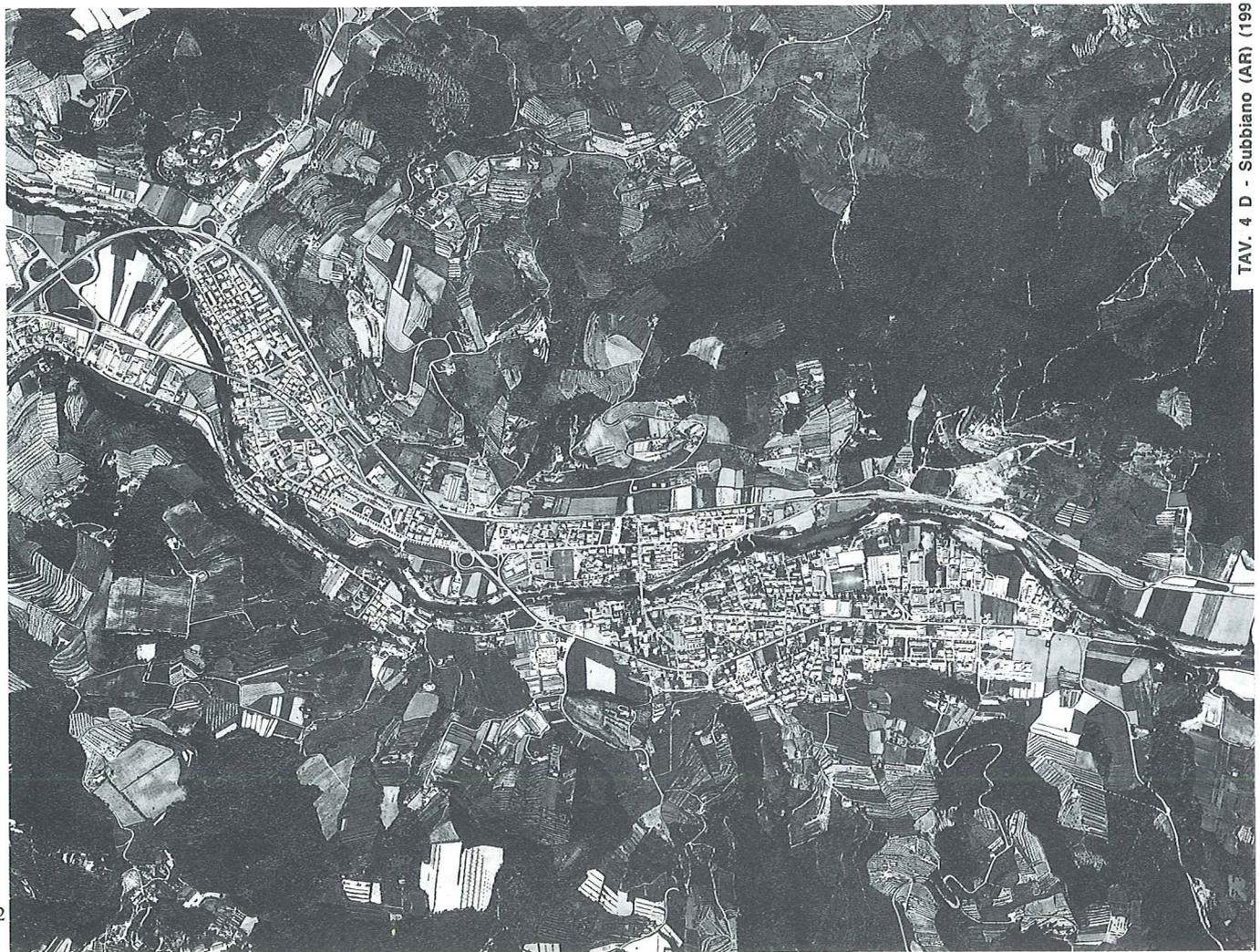
Tabella 6.5.5 - Riepilogo delle opere di sistemazione idraulico-forestale censite nel bacino dell'Arno e stato della loro manutenzione:

Zona idrografica	DANNI				
	nessuno	lievi	medi	gravi	totali
Alto Valdarno - Casentino	472	435	96	66	1069
Valdarno superiore	50	77	13	15	155
Valdarno superiore - Sieve	227	57	33	17	334
Valdarno medio - Ombrone e Bisenzio	68	102	67	70	307
Valdarno inferiore	315	50	482	7	854
TOTALE	1132	721	691	175	2719



TAV. 4 D - Subbiano (AR) (1953)

Trasformazioni del territorio (1954-1993): l'Arno presso Subbiano (AR) - La scomparsa del reticolo idraulico minore e agrario e lo sviluppo edilizio nelle aree di pertinenza fluviale nel confronto tra foto aeree del 1954 (sopra) e del 1993 (sotto). Le aree lungo il fiume, libere dell'urbanizzazione nel 1954, sono completamente invase dalle costruzioni nel 1993.



TAV. 4 D - Subbiano (AR) (1993)

6.6 - Espropri e indennizzi

I vincoli del piano di bacino approvato, o le misure di salvaguardia ex L.493/1993 da apporre in attesa dell'approvazione del piano di bacino, sono analoghi ai vincoli ambientali di cui alla legge c.d. "Galasso" (L.431/1985), a quelli dei piani territoriali di coordinamento (L.142/1990), nonché a quelli previsti dai piani paesistici (L.1497/1939) e dalla pianificazione per le aree naturali protette, disposta dalla legge quadro 394/1991, che creano delle destinazioni d'uso dei suoli o comprimono le facoltà di fruizione del territorio da parte dei soggetti proprietari. La primaria importanza dei vincoli, a salvaguardia della integrità ambientale, è stata, tra l'altro autorevolmente affermata con la nota sentenza della Corte Costituzionale n.151/1986 e da altre sentenze successive (per tutte la n.85/1990).

In tal senso è orientata anche la legislazione della Regione Toscana sulle aree protette (L.R.52/1982 e successive modifiche).

Per quanto sopradetto si ritiene che i vincoli ambientali del piano di bacino non comportino di norma una eventuale corresponsione di indennizzi ai soggetti colpiti dai predetti vincoli. Espropriazioni sono prevedibili e previste nel piano per la realizzazione ad es. di argini, di strade di accesso e di manutenzione, come indicato nel successivo punto A.

Come strumento di eventuale ristoro, nei limitati casi in cui i vincoli diano origine ad indennizzo, potrebbe indicarsi l'esenzione dal pagamento dei contributi di bonifica, giusta apposita legge o atto normativo.

Per quanto sopra premesso si elencano, in via indicativa, le presumibili previsioni di spesa, dovuta per indennizzi a seguito delle espropriazioni strettamente necessarie alla realizzazione del progetto di piano di bacino dell'Arno:

A - Indennizzi per espropri per opere di pubblica utilità, relativi alla realizzazione di argini, ponti, piste, etc. (10% del territorio interessato dagli interventi di piano, pari a circa 20 Km²), al costo di £.10.000 al metro quadro = £.200 miliardi.

AI - Sintetici richiami normativi sull'espropriazione per pubblica utilità.

La materia è disciplinata per le aree a destinazione agricola dalla legge n.865 del 22/11/1971, parzialmente integrata dalla legge n.10 del 28/01/1977, mentre per quelle a destinazione edificatoria secondo gli strumenti urbanistici vigenti dalla legge 359/1992 (la validità delle norme richiamate è stata ribadita da diverse sentenze della Corte Costituzionale e della Corte di Cassazione).

Per le aree agricole l'indennità di esproprio è commisurata al **valore agricolo medio** della coltura effettivamente praticata, valore stabilito anno per anno da apposite Commissioni Provinciali, una volta suddiviso il territorio in regioni agrarie omogenee (ultimo dato disponibile è quello relativo all'anno 1994, pubblicato sul B.U. Reg. Toscana n.75 del 6/12/1995). L'indennità così calcolata è **maggiorata** del:

- 50% in caso di cessione volontaria da parte del proprietario;
- 100% in caso di presenza sul fondo di coltivatore diretto insediato da almeno 1 anno come affittuario o con altro rapporto agrario;
- 200% in caso di cessione volontaria del coltivatore diretto proprietario.

All'indennità con le eventuali maggiorazioni si aggiungono, ove ne ricorrano gli estremi:

- frutti pendenti, anticipazioni colturali e/o soprassuoli (ad esempio vivai);
- valore di mercato o di costo di eventuali costruzioni (con l'eccezione delle opere precarie e abusive) e/o migliorie fondiarie permanenti (ad esempio impianti irrigui fissi), tenuto conto dello stato di vetustà;

- indennità di occupazione temporanea, pari per ogni anno a 1/12 dell'indennità di esproprio e per ogni mese ad 1/12 dell'indennità annua, il tutto maggiorabile come sopra dal 50% al 200%, nel caso in cui l'entrata in possesso del bene avvenga in data anteriore al decreto di esproprio.

Nel caso l'indennità complessiva proposta dall'Ente espropriante non venga accettata in forma scritta deve essere richiesta una nuova stima alla Commissione Provinciale, la quale ridetermina il corrispettivo in funzione del valore agricolo effettivo e del pregiudizio arrecato all'azienda agraria (in particolare ove trattasi di espropri parziali).

Per le aree ove gli strumenti urbanistici vigenti prevedono una destinazione edificatoria, l'indennità va calcolata in sintesi con i criteri della cosiddetta "Legge Napoli" (L. 15 gennaio 1885, n. 2892 - Risanamento della città di Napoli) e più precisamente come media tra il valore venale e il reddito dominicale rivalutato (secondo l'interpretazione più attendibile della norma, tale rivalutazione si effettua moltiplicando l'estimo per 10). In caso di contenzioso originato dal rifiuto dell'indennità provvisoria e quindi di indennità determinata giudizialmente si deve procedere ad una riduzione del valore stimato del 40%.

A tale indennità si aggiunge il valore di eventuali manufatti presenti e le opere di urbanizzazione eseguite dai proprietari, nonché le imposte corrisposte a titolo di ICI: nel caso che il valore dichiarato ai fini della predetta imposta sia inferiore a quello che si origina dalla stima, quest'ultima sarà ridotta fino ad equivalere a tale cifra.

B - Nel caso si dovessero prendere in considerazione eventuali indennizzi per i vincoli nelle aree che saltuariamente saranno interessate da esondazione controllata, essi riguarderebbero il 90% del territorio interessato dagli interventi del progetto di piano, pari a circa 180 Km². Considerando che si tratta di aree che, specialmente per eventi alluvionali straordinari, sono soggette ad allagamento (rientrando esse nei circa 1.200 Km² di territorio che è stato soggetto ad inondazione nell'ultimo trentennio, a partire dall'evento del 4 novembre 1966) e dove comunque viene mantenuta la possibilità di continuare l'attività agricola, una stima di tali oneri porterebbe ad un totale di £.360 miliardi, ritenendo prevedibile un indennizzo di £.2.000 al metro quadro.

C - Il piano di bacino approvato potrebbe anche vincolare, onde accrescere la tutela globale dell'integrità ambientale e delle popolazioni, altre zone limitrofe, oltre quelle individuate dalle superfici sopra indicate, per ulteriori 200 Km² (c.d. "salvaguardia allargata").

Saranno salve eventuali intese con gli enti territoriali in relazione agli strumenti urbanistici, in particolare ai Piani Territoriali di Coordinamento, da detti enti adottati.

D - I contributi e le erogazioni, conseguenti agli allagamenti delle aree di espansione controllata, non sono suscettibili, invece, di quantificazione di spesa, in considerazione del fatto che non sono aprioristicamente individuabili le ricorrenze degli eventi che richiedano gli allagamenti di dette aree. Essi rientreranno, pertanto, nella previsione straordinaria per eventi calamitosi a carico del bilancio preventivo dello Stato.

L'uso del suolo delle aree sulle quali sono previsti gli interventi di piano è quello risultante dagli atti catastale alla data di adozione del progetto di piano.

I soggetti giuridici che attueranno gli espropri e le eventuali servitù e predisporranno l'erogazione degli indennizzi sono individuati nel Provveditorato alla OO.PP. e negli uffici regionali del Genio Civile.

7 - Strategia di piano adottata.

Il progetto di piano persegue una strategia volta al massimo contenimento del rischio idraulico nell'ambito delle possibilità consentite da una realistica analisi dell'attuale situazione ambientale, sia per quanto riguarda gli aspetti fisici che sociali ed economico - produttivi.

L'obiettivo verrà perseguito in modo graduale attraverso interventi strutturali sul bacino dell'Arno, articolati in tre fasi della durata complessiva di 15 anni.

Ciascuna delle tre fasi prevede un proprio obiettivo intermedio in termini di contenimento di eventi di piena tipici, del tipo di quelli maggiormente significativi verificatisi negli ultimi anni (1966, 1992).

In particolare, nella I^a fase gli interventi previsti risultano efficaci al contenimento di eventi di piena tipo 1992, mentre nella 3^a fase gli interventi sono idonei al contenimento di eventi tipo 1966. La 2^a fase risulta pertanto mirata a eventi intermedi.

Durante questo periodo saranno predisposti, realizzati ed aggiornati i *piani di emergenza e di protezione civile*.

La strategia del piano è impostata, oltre che su adeguati interventi di *manutenzione e di sistemazioni idraulico-forestali*, sulle seguenti tipologie di interventi strutturali, aventi per obiettivo la laminazione delle piene e l'eliminazione dei tratti critici nei confronti della capacità di smaltimento:

- aumento della capacità di laminazione mediante la realizzazione di *casce di espansione*;
- aumento della capacità di invaso mediante sovrizzo delle *dighe esistenti* (Levane e La Penna) e realizzazione di alcuni nuovi invasi (Corsalone, Ambra, Dicomano, etc.);
- realizzazione di *scolmatori di piena* (Fucecchio, Bientina) e adeguamento di quello esistente (Pontedera);
- adeguamento di *tratti arginali* insufficienti.

Gli interventi rispondono all'esigenza di ottimizzare le attuali disponibilità di riduzione del rischio idraulico in termini di aree non ancora urbanizzate da destinare alla laminazione delle piene e di salvaguardare quelle aree urbanizzate che attualmente sono soggette a inondazione.

L'effetto complessivo sulla riduzione del rischio è altresì determinato dall'entità stessa degli interventi:

- capacità e numero delle casce di espansione;
- capacità dei nuovi invasi e potenziamento di quelli esistenti;
- potenzialità degli scolmatori esistenti e di nuova realizzazione.

In tal senso è possibile graduare l'entità degli interventi e calcolare i relativi effetti sulla riduzione del rischio, secondo un progetto generale e una serie di possibili varianti (le più significative illustrate in dettaglio nella tabella 7.1), che prevedono più casi combinati in funzione del sovrizzo delle dighe di Levane e di La Penna (AR) a varie quote, con adeguamento dello scarico di fondo della diga di La Penna, da realizzare in fasi diverse a seconda delle varianti.

Il progetto prevede la decisione sulla scelta di sovrizzo delle dighe in fase di approvazione del piano in quanto essa, pur importantissima e strategica, rappresenta una quota parte della necessità di laminazione del bacino.

Per quello che riguarda le misure di salvaguardia relative al vincolo di non edificazione nelle aree di pertinenza fluviale e/o a rischio idraulico, il progetto di piano conferma quelle relative alla delibera del

Comitato Istituzionale n. 46 del 19 luglio 1994 e successive modifiche e integrazioni, che sono mantenute fino all'approvazione del piano di bacino.

Con l'adozione del progetto di piano è prescritto agli organi statali, regionali e agli enti territoriali di dare notizia all'Autorità di Bacino circa la previsione e la realizzazione di nuove opere pubbliche di loro competenza e in particolare alle Amministrazioni Comunali circa eventuali concessioni edilizie rilasciate o previste nell'ambito delle aree oggetto degli interventi di regimazione idraulica, così come individuate nella documentazione cartografica allegata al progetto di piano.

Gli interventi strutturali saranno accompagnati, onde garantirne in pieno l'efficacia, dall'avvio di iniziative volte a razionalizzare il sistema politico - amministrativo e gestionale per quanto riguarda:

- l'assunzione di adeguati criteri gestionali;
- lo snellimento delle procedure e semplificazione del sistema normativo;
- il potenziamento e coordinamento delle strutture operative (Provveditorato OO.PP., Uffici del Genio Civile, Consorzi di Bonifica).

7.1 - Definizione del progetto generale e delle varianti

7.1.1 - Progetto generale

Fase 1

Obiettivo specifico

Riduzione del rischio idraulico con contenimento lungo l'Arno di eventi di piena del tipo di quello verificatosi nel 1992.

Interventi strutturali

- Sovralzo delle dighe di Levane e La Penna (AR), rispettivamente a quote 172 e 209.
- Realizzazione di casse di espansione lungo l'Arno, privilegiando quelle riguardanti aree ambientali disestate e/o di più facile realizzazione e di maggiore efficacia.
- Realizzazione di casse di espansione sugli affluenti, con priorità degli interventi per quelle a valle delle dighe ed in particolare per l'Ambra e la Sieve.
- Adeguamenti arginali in zone critiche.

Dettaglio degli interventi strutturali

a - *Sovralzo dell'invaso ENEL di Levane.*

Il progetto prevede di portare la quota di invaso massimo degli attuali 167,5 m. s.l.m. a 172 m. s.l.m., con un incremento di volume massimo utilizzabile per la laminazione di eventi di piena di 10 Mmc.

b - *Sovralzo dell'invaso ENEL di La Penna.*

Il progetto prevede di portare la quota di invaso massimo dagli attuali 203,5 a 209 m s.l.m., con un incremento di volume di massimo invaso utilizzabile per laminare eventi di piena pari a 18 Mmc per piene decennali con necessità di laminazione; 33 Mmc in condizioni di emergenza per laminazione di piene secolari. Il progetto prevede inoltre l'ampliamento degli scarichi di fondo, elevando la portata in uscita nelle condizioni di massimo invaso dagli attuali 630 mc/sec a 1350 mc/sec. L'insieme degli interventi nei due invasi consentirà di laminare 43 Mmc di acqua.

c - *Casse di espansione lungo il corso del fiume Arno.*

Le località in cui sono previsti interventi sono riportate in tabella 7.1 L'indicazione del volume massimo invasabile per ciascuna cassa è riportato in tabella 7.2. L'insieme degli interventi consente una esondazione controllata pari a circa 114 Mmc.

d - *Casse di espansione e interventi sugli affluenti.*

Viene data priorità agli interventi a valle delle dighe ENEL, salvo necessità locali urgenti, in modo particolare per Ambra e Sieve. Gli interventi previsti in questa fase, con indicazione della percentuale rispetto al totale degli interventi previsti dal Piano, sono riportati in tabella 9.3.

Fase 2

Obiettivo specifico

Riduzione del rischio idraulico con contenimento lungo l'Arno di eventi di piena intermedi fra quelli di tipo 1992 e 1966.

Interventi strutturali

- Realizzazione di scolmatori nei paduli di Fucecchio e di Bientina
- Realizzazione di casse di espansione sugli affluenti
- Adeguamenti arginali in zone critiche (completamento)

Dettaglio degli interventi strutturali

a - *Realizzazione di due scolmatori per la laminazione nei paduli di Fucecchio e di Bientina:*

Fucecchio	28,00/34,00 Mmc
Bientina	30,00/40,00 Mmc

b - *Casse di espansione e interventi sugli affluenti.*

Vengono completati gli interventi previsti sull'Ambra e sulla Sieve. Su tutti gli affluenti si realizzano il 50% degli interventi previsti. Gli interventi previsti in questa fase, con indicazioni della percentuale rispetto al totale degli interventi previsti dal progetto di piano, sono riportati nella tabella 7.1.

Fase 3

Obiettivo specifico

L'Arno e gli affluenti avranno solo esondazioni controllate nelle casse e negli invasi di laminazione in caso di eventi tipo Novembre 1966.

Interventi strutturali

Realizzazione di tutti gli interventi residui individuati.

Dettaglio degli interventi strutturali

a - *Casse di espansione residue lungo il corso del fiume Arno.*

Le località in cui sono previsti gli interventi sono riportate nella tabella 7.1. L'indicazione del volume massimo invasabile per ciascuna cassa è riportato in tabella 7.2.

b - *Casse di espansione e interventi sugli affluenti.*

Sono realizzati gli interventi sul Solano, sul Corsalone e sulla Chiana. Sono realizzati anche i residui interventi previsti sugli altri affluenti per raggiungere il 100%.

7.1.2 - Variante A

Fase 1

Obiettivo specifico

Riduzione del rischio idraulico con contenimento lungo l'Arno di eventi di piena del tipo di quello verificatosi nel 1992.

Interventi strutturali

- Sovralzo delle dighe di Levane e La Penna (AR), rispettivamente a quote 172 e 206 m s.l.m..
- Realizzazione di casse di espansione lungo l'Arno, privilegiando quelle riguardanti aree ambientali dissestate e/o di più facile realizzazione e di maggiore efficacia.
- Realizzazione di casse di espansione sugli affluenti, gli stessi della prima fase dell'ipotesi 1, con l'aggiunta degli interventi previsti sul Corsalone.
- Adeguamenti arginali in zone critiche.

Dettaglio degli interventi strutturali:

- a - *Sovralzo dell'invaso ENEL di Levane.*
Il progetto prevede di portare la quota di invaso massimo degli attuali 167,5 m. s.l.m. a 172 m. s.l.m., con un incremento di volume massimo utilizzabile per la laminazione di eventi di piena di 10 Mm³.
- b - *Sovralzo dell'invaso ENEL di La Penna.*
Il progetto prevede di portare la quota di invaso massimo dagli attuali 203,5 a 206 m s.l.m., con un incremento di volume di massimo invaso utilizzabile per laminare eventi di piena pari a 18 Mm³. Il progetto prevede inoltre l'ampliamento degli scarichi di fondo, elevando la portata in uscita nelle condizioni di massimo invaso dagli attuali 630 m³/sec a 1350 m³/sec. L'insieme degli interventi nei due invasi consentirà di laminare 28 Mm³ di acqua.
- c - *Casse di espansione lungo il corso del fiume Arno.*
Le località in cui sono previsti interventi sono riportate in tabella 7.1. L'indicazione del volume massimo invasabile per ciascuna cassa è riportato in tabella 7.2.
- d - *Casse di espansione e interventi sugli affluenti.*

Gli interventi previsti in questa fase, con indicazione della percentuale rispetto al totale degli interventi previsti dal progetto di Piano, sono riportati in tabella 9.3.

Fase 2

Obiettivo specifico

Riduzione del rischio idraulico con contenimento lungo l'Arno di eventi di piena intermedi tra quello tipo 1992 e quello tipo 1966.

Interventi strutturali:

- Realizzazione di scolmatori nei paduli di Fucecchio e di Bientina
- Realizzazione di casse di espansione sugli affluenti
- Adeguamenti arginali in zone critiche (completamento)

Dettaglio degli interventi strutturali

- a - *Realizzazione di due scolmatori per la laminazione nei paduli di Fucecchio e di Bientina:*

Fucecchio	28,00/34,00 Mmc
Bientina	30,00/40,00 Mmc

- b - *Casse di espansione e interventi sugli affluenti.*
Vengono completati gli interventi previsti sull'Ambra esulla Sieve. Su tutti gli affluenti si realizzano il 50% degli

Tabella 7.2 - Casse di espansione previste sul corso del fiume Arno: elementi dimensionali e costi

Denominazione	Quota riferimento [m s.l.m.]	Massimo invaso [m s.l.m.]	Sfioro (DX-SX)	Quota soglia sfioratore [m s.l.m.]	Lung.za soglia sfiorante [m]	Volume massimo invasabile [Mm ³]	Costi [Mld]
Pratovecchio - cassa 1	353.0	382.0	SX	375	100	3,70	21,35
Pratovecchio - cassa 2	358.0	382.0	DX	375	100	2,40	
Campaldino - cassa 1	340.0	350.0	SX	348.5	120	1,77	15,22
Campaldino - cassa 2	341.0	350.0	DX	348.5	120	1,24	
Campaldino - cassa 3	340.0	345.0	DX	344	120	1,32	
Poppi - cassa 1	325.0	335.0	DX	334	100	1,94	23,10
Poppi - cassa 2	324.0	335.0	SX	333.5	100	4,69	
Bibbiena - cassa 1	320.0	325.0	DX	324	100	0,47	8,75
Bibbiena - cassa 2	320.0	325.0	SX	323.5	100	0,93	
Bibbiena - cassa 3	311.0	323.0	DX	322	140	1,15	
Corsalone - cassa 1	307.0	315.0	SX	312	100	0,93	6,30
Corsalone - cassa 2	307.0	315.0	DX	311.5	100	0,94	
Rassina - cassa 1	291.0	296.0	DX	295.5	140	0,91	5,60
Rassina - cassa 2	290.0	293.0	SX	294	100	0,24	
Rassina - cassa 3	285.0	291.0	DX	291.5	120	0,44	
Castelluccio	208.0	220.0	DX	219.5	100	2,13	7,70
* Ponte a Buriano - cassa 1	203.0	210.0	DX	209.0/207.5	150	3,91	(28,73)
* Ponte a Buriano - cassa 2	203.0	210.0	SX	209.0/207.5	150	4,30	
* Laterina - cassa 1	168.2	175.0	SX	172.5	100	3,61	(21,84)
* Laterina - cassa 2	168.0	175.0	DX	172	100	2,63	
Figline - cassa 1	120.5	130.0	DX	127	150	6,46	58,10
Figline - cassa 2	120.5	130.0	SX	127	150	5,11	
Figline - cassa 3	120.0	130.0	DX	124	150	5,02	
Incisa	115.0	124.0	DX	121.5	150	6,53	22,75
Rignano - cassa 1	104.7	115.0	DX	110.5	200	11,52	43,05
Rignano - cassa 2	111.0	115.0	SX	111.8	100	0,86	
Argingrosso	38.0	40.0	SX	40.5	100	1,34	4,55
Renai - cassa 1	28.0	40.0	DX	39/37	200	14,79	51,80
Renai - cassa 2	33.5	40.0	DX	39	100	3,91	13,65
S. Colombano - cassa 1	34.5	40.0	SX	39	100	3,65	26,95
S. Colombano - cassa 2	28.0	40.0	SX	39.5	100	4,04	
Fibbiana - cassa 1	27.3	31.3	SX	29	50	3,11	10,85
Fibbiana - cassa 2	27.3	31.3	DX	28	60	0,64	
La Roffia - cassa 1	12.0	25.0	SX	23/21	100	11,90	62,65
La Roffia - cassa 2	12.0	25.0	DX	23/21	100	6,00	
S. Pierino	20.3	24.0	SX	22.5	50	2,08	25,90
S. Donato - (S. Croce)	18.8	23.0	SX	21.5	50	5,29	
Montopoli V.no	18.0	21.5	SX	20.2	100	8,63	30,10
S. Jacopo	8.0	11.0	SX	-	-	2,00	51,60
Campo - cassa 1	5.0	11.0	DX	-	-	6,00	
Campo - cassa 2	2.0	12.0	DX	-	-	3,00	
Musigliano	0.0	11.5	SX	-	-	3,70	
TOTALE						140,78 (155,23)	490,42 (541,00)

* In alternativa al sovrizzo delle dighe di Levane e La Penna

interventi previsti. Gli interventi previsti in questa fase, con indicazioni della percentuale rispetto al totale degli interventi previsti, sono riportati nella tabella 3.1.

Fase 3

Obiettivo specifico

L'Arno e gli affluenti avranno solo esondazioni controllate nelle casse e negli invasi di laminazione.

Interventi strutturali

Realizzazione di tutti gli interventi residui individuati.

Dettaglio degli interventi strutturali:

- a - *Casse di espansione residue lungo il corso del fiume Arno.*
Le località in cui sono previsti gli interventi sono riportate nella tabella 7.1. L'indicazione del volume massimo invasabile per ciascuna cassa è riportato in tabella 7.2.
- b - *Casse di espansione e interventi sugli affluenti.*
Sono realizzati gli interventi sul Solano e sulla Chiana. Sono realizzati anche i residui interventi previsti sugli altri affluenti per raggiungere il 100%

7.1.3 - Variante B

Fase 1

Obiettivo specifico

Riduzione del rischio idraulico con contenimento lungo l'Arno di eventi di piena del tipo di quello verificatosi nel 1992.

Interventi strutturali

- Ampliamento degli scarichi di fondo della diga di La Penna (AR).
- Realizzazione di casse di espansione lungo l'Arno.
- Realizzazione di casse di espansione sugli affluenti, gli stessi della prima fase dell'ipotesi 1, con l'aggiunta degli interventi previsti sul Corsalone.
- Adeguamenti arginali in zone critiche.

Dettaglio degli interventi strutturali:

- a - *Ampliamento scarichi di fondo dell'invaso ENEL di La Penna.*
Il progetto prevede l'ampliamento degli scarichi di fondo, elevando la portata in uscita nelle condizioni di massimo invaso dagli attuali 630 mc/sec a 1350 mc/s.
- c - *Casse di espansione lungo il corso del fiume Arno.*
Le località in cui sono previsti interventi sono riportate in tabella 7.1. L'indicazione del volume massimo invasabile per ciascuna cassa è riportato in tabella 7.2.
- d - *Casse di espansione e interventi sugli affluenti.*

Gli interventi previsti in questa fase, con indicazione della percentuale rispetto al totale degli interventi previsti dal progetto di Piano, sono riportati in tabella 9.3.

Fase 2

Obiettivo specifico

Riduzione del rischio idraulico con contenimento lungo l'Arno di eventi di piena intermedi tra quelli tipo 1992 e quelli tipo 1966.

Interventi strutturali

- Realizzazione di scolmatori nei paduli di Fucecchio e di Bientina
- Realizzazione di casse di espansione sugli affluenti

- Adeguamenti arginali in zone critiche (completamento)

Dettaglio degli interventi strutturali:

- a - Realizzazione di due scolmatori per la laminazione nei paduli di Fucecchio e di Bientina:

Fucecchio	28,00/34,00 Mm ³
Bientina	30,00/40,00 Mm ³

- b - Casse di espansione e interventi sugli affluenti.

Vengono completati gli interventi previsti sull'Ambra e sulla Sieve. Su tutti gli affluenti si realizzano il 50% degli interventi previsti.

Gli interventi previsti in questa fase, con indicazioni della percentuale rispetto al totale degli interventi previsti dal progetto, sono riportati nella tabella 9.3.

Fase 3

Obiettivo specifico

L'Arno e gli affluenti avranno solo esondazioni controllate nelle casse e negli invasi di laminazione.

Interventi strutturali

Realizzazione di tutti gli interventi residui individuati.

Dettaglio degli interventi strutturali:

- a - Casse di espansione residue lungo il corso del fiume Arno.

Le località in cui sono previsti gli interventi sono riportate nella tabella 7.1. L'indicazione del volume massimo invasabile per ciascuna cassa è riportato in tabella 7.2.

- b - Casse di espansione e interventi sugli affluenti.

Sono realizzati gli interventi sul Solano e sulla Chiana. Sono realizzati anche i residui interventi previsti sugli altri affluenti per raggiungere il 100%.

7.1.4 - Variante C

Fase 1

Obiettivo specifico

Riduzione del rischio idraulico con contenimento lungo l'Arno di eventi di piena del tipo di quello verificatosi nel 1992.

Interventi strutturali

- Realizzazione di casse di espansione lungo l'Arno.
- Realizzazione di casse di espansione sugli affluenti, gli stessi della prima fase del progetto generale, con l'aggiunta degli interventi previsti sul Corsalone.
- Adeguamenti arginali in zone critiche.

Dettaglio degli interventi strutturali:

- a - Casse di espansione lungo il corso del fiume Arno.

Le località in cui sono previsti interventi sono riportate in tabella 7.1. L'indicazione del volume massimo invasabile per ciascuna cassa è riportato in tabella 7.2.

- b - Casse di espansione e interventi sugli affluenti.

Gli interventi previsti in questa fase, con indicazione della percentuale rispetto al totale degli interventi previsti, sono riportati in tabella 9.3.

Fase 2

Obiettivo specifico

Riduzione del rischio idraulico con contenimento lungo l'Arno di eventi di piena intermedi tra quelli tipo 1992 e quelli tipo 1966.

Interventi strutturali

- Realizzazione di scolmatori nei paduli di Fucecchio e di Bientina
- Realizzazione di casse di espansione sugli affluenti
- Adeguamenti arginali in zone critiche (completamento)

Dettaglio degli interventi strutturali:

- a - Realizzazione di due scolmatori per la laminazione nei paduli di Fucecchio e di Bientina:

Fucecchio	28,00/34,00 Mm ³
Bientina	30,00/40,00 Mm ³

- b - Casse di espansione e interventi sugli affluenti.

Vengono completati gli interventi previsti sull'Ambra e sulla Sieve. Su tutti gli affluenti si realizzano il 50% degli interventi previsti.

Gli interventi previsti in questa fase, con indicazioni della percentuale rispetto al totale degli interventi previsti, sono riportati nella tabella 9.3.

Fase 3

Obiettivo specifico

L'Arno e gli affluenti avranno solo esondazioni controllate nelle casse e negli invasi di laminazione.

Interventi strutturali

Realizzazione di tutti gli interventi residui individuati.

Dettaglio degli interventi strutturali:

- a - Casse di espansione residue lungo il corso del fiume Arno.

Le località in cui sono previsti gli interventi sono riportate nella tabella 7.1. . L'indicazione del volume massimo invasabile per ciascuna cassa è riportato in tabella 7.2.

- b - Casse di espansione e interventi sugli affluenti.

Sono realizzati gli interventi sul Solano e sulla Chiana. Sono realizzati anche i residui interventi previsti sugli altri affluenti per raggiungere il 100%

7.1.5 - Variante D

Obiettivo specifico

Sono previsti gli stessi interventi strutturali delle varianti B e C per quanto riguarda le casse di espansione sull'Arno e sugli affluenti e gli adeguamenti arginali.

Gli interventi sulle dighe di Levane e La Penna, della stessa misura prevista dal progetto generale (rispettivamente 172 m. e 209 m. di quota e adeguamento scarichi di fondo), sono previsti in fase 3.

8 - Verifica idraulica degli interventi di regimazione

Con riferimento alle soluzioni progettuali sintetizzate nel capitolo 7, di seguito si illustrano i risultati ottenuti dalla simulazione delle varie ipotesi di intervento (progetto generale e quattro varianti) riportati in termini di idrogrammi di piena in nove sezioni significative del fiume Arno:

- Subbiano, all'altezza dell'idrometro del Servizio Idrografico;
- La Penna, subito a valle della diga;
- Levane, all'uscita del sistema delle dighe;
- Incisa, a valle dell'abitato;
- Nave di Rosano, all'altezza dell'idrometro del Servizio Idrografico;
- Rovezzano, in prossimità dell'ingresso dell'Arno a Firenze;
- Signa, subito a monte dell'abitato;
- La Tinaia, all'ingresso del Valdarno inferiore;
- S. Giovanni alla Vena, dopo lo scolmatore d'Arno.

I grafici rappresentano l'andamento degli idrogrammi di piena, tipo 1992 e tipo 1966, nell'attuale assetto del fiume e nelle cinque ipotesi di intervento. L'evento 1992 è stato simulato, per ciascuna ipotesi, nella configurazione di prima fase, mentre per quanto riguarda il 1966 si è proceduto alla verifica di tutte e tre le fasi di attuazione. Le portate al colmo per diverse ipotesi e nelle varie fasi nelle sezioni suindicate, per l'evento tipo 1966, sono riportate nella tabella allegata.

Per quanto riguarda il tratto urbano di Firenze, data la specificità del tronco fluviale, è stata effettuata una verifica di dettaglio, riportata nel capitolo 5.2.5.

Per quello che riguarda gli affluenti, nella verifica idraulica degli interventi di regimazione, effettuata dal gruppo di lavoro del prof. E. Paris, gli idrogrammi di piena sono stati modificati in relazione alla percentuale di interventi che si prevede di realizzare al termine di ciascuna fase.

Gli idrogrammi di piena in assenza di interventi sono stati ricavati attraverso modello che ha permesso la ricostruzione degli stessi alle sezioni terminali dei principali affluenti dell'Arno (cfr. le figg. che seguono).

Sulla base di tali risultati, e in funzione delle ipotesi di intervento per la laminazione dei contributi di piena, il gruppo di lavoro dell'Università di Pisa ha fornito gli idrogrammi di piena sugli affluenti (Solano, Corsalone, Canale della Chiana, Ambra, Sieve, Greve, Bisenzio, Ombrone Pistoiese, Pesa, Elsa e Era).

Per quanto riguarda lo scolmatore d'Arno a monte di Empoli, con scarico nel padule di Fucecchio, nella simulazione è stato ipotizzato uno sfioratore a monte della galleria di adduzione con soglia a quota 28.00 m s.l.m. e larghezza di 60 m.

Per lo scolmatore d'Arno con scarico nel padule di Bientina, per la simulazione si è ipotizzato uno sfioratore a monte della galleria di adduzione con soglia a quota 15.50 m s.l.m. e larghezza di 60 m.

Infine lo scolmatore d'Arno di Pontedera è stato schematizzato come uno sfioratore laterale con quota della soglia a 12.00 m s.l.m. e larghezza di 55 m.

8.1 - La verifica idraulica del progetto generale

I risultati delle simulazioni ottenute mediante il modello idrologico ed idraulico sono riassunti nelle figure allegate, con riferimento alle sezioni di interesse selezionate. Di seguito si riporta un succinto commento, per ogni fase, dei risultati ottenuti.

La 1^a fase

Evento tipo 1992. Le portate relative a questo evento sono generalmente contenute in alveo lungo tutto il tratto fluviale dell'Arno. Nella simulazione non sono stati considerati gli interventi sugli affluenti. La laminazione prodotta dalle dighe di Levane e La Penna, infatti, consente il contenimento della portata in transito nel tratto a valle delle stesse fino a Firenze entro l'alveo inciso con limitato impegno delle strutture arginali. A valle di Firenze la piena transita sostanzialmente nell'alveo inciso fino a S. Giovanni alla Vena, grazie anche agli effetti di laminazione prodotti dalle casse dei Renai e della Roffia, per le quali è stata prevista una soglia regolabile. Le altre casse ubicate a valle delle dighe non entrano in funzione, essendo le loro soglie di sfioro situate ad una quota superiore al valore idrometrico raggiunto durante l'evento del 1992.

Evento tipo 1966. I risultati conseguiti nella prima fase consentono, a monte di Firenze, una significativa riduzione dell'idrogramma di piena. In particolare, nella sezione di Incisa la portata massima di progetto è di circa 2.280 mc/sec (nel 1966 è stata di 3.300 mc/sec), mentre a Nave a Rovezzano è di circa 3.400 mc/sec (circa 4.000 nel 1966).

Gli interventi sugli affluenti a monte di Firenze (Ambra e Sieve) incidono sulla diminuzione del picco di piena a Nave di Rosano per circa 150 mc/sec.

A valle di Firenze permangono condizioni di criticità generale, con estesi tratti di esondazione generalizzata.

La 2^a fase :

Evento tipo 1966. Nel tratto dalle dighe alla confluenza della Sieve, le portate (intorno ai 2200 mc/s) impegnano severamente le strutture arginali e possono verificarsi allagamenti delle aree golenali. La portata a Nave a Rovezzano è ancora superiore ai 3000 mc/s (poco inferiore a 3200 mc/s). Gli interventi sugli affluenti a monte di Firenze influiscono sulla riduzione della portata al picco per circa 250mc/s.

Nel tratto a valle di Firenze la portata raggiunge valori più elevati (4230 mc/s a Marcignana), non sempre contenibili mediante strutture arginali.

Tutte le casse presenti in tale tratto, nonché le aree di espansione di Fucecchio e di Bientina, risultano impegnate al massimo della loro capacità di laminazione. La portata massima a S. Giovanni alla Vena risulta poco superiore a 2400 mc/sec.

La 3^a fase:

Evento tipo 1966. Nel tratto dalle dighe alla confluenza della Sieve le portate scendono rispetto alla fase 2 di circa il 10% (intorno ai 2000 mc/s). La portata a Nave a Rovezzano è di poco inferiore ai 3000 mc/s. Nel tratto a valle il valore massimo risulta ovunque inferiore ai 3500 mc/s eccetto che per il tratto in prossimità di Marcignana ove si raggiungono valori intorno ai 3700 mc/s. La portata massima a S. Giovanni alla Vena risulta circa 2200 mc/s.

8.2 - La verifica idraulica delle ipotesi di variante

Rispetto al progetto generale:

- la variante A prevede:

- * il sovrizzo delle dighe di Levane e La Penna, rispettivamente a quota 172 e 206;
- * di anticipare gli interventi sul Corsalone (affluente di sinistra a monte delle dighe), realizzandoli in fase 1, anziché in fase 3;

- la variante B prevede:
- * nessun sovralzato delle dighe di Levane e La Penna, ma solo un adeguamento dello scarico di fondo della diga di La Penna;
- * per quanto riguarda le casse previste sull'Arno, si prevede di anticipare alla fase 1 gli interventi di Pratovecchio, Bibbiena, "Corsalone", Rassina e Castelluccio e di attuare due casse di espansione, non previste nel progetto (Buriano e Laterina);
- * di anticipare alla fase 1 (come nella variante A) gli interventi sull'affluente Corsalone.

- La variante C si differenzia dalla variante B per il fatto che non si realizza l'adeguamento dello scarico di fondo della diga di La Penna.

- La variante D considera di realizzare gli interventi di sovralzato delle dighe e l'adeguamento dello scarico di fondo di La Penna nella fase 3. Conseguentemente si anticipano alla fase 1, come nelle varianti B e C, gli interventi delle casse lungo l'Arno a monte delle dighe, comprese quelle di Buriano e Laterina, e l'intervento sull'affluente Corsalone.

Le figure allegate fanno riferimento alle stesse sezioni considerate nel progetto generale.

I grafici rappresentano l'andamento degli idrogrammi di piena, tipo 1992 e tipo 1966, nell'attuale assetto del fiume e nelle ipotesi di intervento secondo il progetto generale e le varianti. L'evento 1992 è stato simulato, per ciascuna ipotesi, nella configurazione di prima fase, mentre per quanto riguarda il 1966 si è proceduto alla verifica di tutte e tre le fasi di attuazione.

8.2.1 - La simulazione modellistica della variante A

I risultati delle simulazioni ottenute mediante il modello idrologico ed idraulico sono riassunti nelle figure allegate, riferite agli eventi 1992 e 1996. Di seguito si riporta un succinto commento, per ogni fase, dei risultati ottenuti.

La 1^a fase

Evento tipo 1992. L'ipotesi di variante per l'evento tipo 1992 comporta gli stessi effetti della ipotesi del progetto generale.

Evento tipo 1966. In uscita da Levane la portata dell'idrogramma di piena raggiunge i 1500 mc/s, contro i circa 1340 dell'ipotesi 1. Complessivamente, anche in questo caso, i risultati conseguiti nella prima fase consentono, a monte di Firenze, una riduzione dell'idrogramma di piena, anche se in maniera inferiore rispetto all'ipotesi precedente. In particolare, nella sezione di Incisa la portata massima di progetto è di circa 2.350 mc/sec (nel 1966 è stata di 3.300 mc/sec), mentre a Nave e Rovezzano è di circa 3.570 mc/sec (circa 4.000 nel 1966).

A valle di Firenze permangono condizioni di criticità generale, con insistenti tratti di esondazione generalizzata.

La 2^a fase :

Evento tipo 1966. Possono svolgersi considerazioni analoghe a quelle descritte per l'ipotesi precedente, con l'aggiunta che, a causa della minore volumetria a disposizione, si possono considerare più probabili i fenomeni di allagamento delle aree golenali. La portata in prossimità di Firenze (Rovezzano) rimane ben al di sopra dei 3000 mc/s (circa 3300 mc/s). Nel tratto a valle di Firenze la portata raggiunge valori più elevati (poco meno di 4300 mc/s a Marcignana), difficilmente contenibili mediante soli adeguamenti arginali.

Tutte le casse presenti in tale tratto, nonché le aree di espansione di Fucecchio e di Bientina, risultano impegnate al massimo della loro capacità di laminazione. La portata massima a S. Giovanni alla Vena risulta di 2500 mc/sec, circa.

La 3^a fase:

Evento tipo 1966. Nel tratto dalle dighe alla confluenza della Sieve si ha un ulteriore incremento nella riduzione della piena. La portata a Nave a Rovezzano rimane comunque al di sopra dei 3000 mc/s (circa 3200 mc/s). Nel tratto a valle il valore massimo risulta ovunque inferiore ai 3500 mc/s eccetto che per il tratto in prossimità di Marcignana ove si raggiungono valori intorno ai 3800 mc/s. La portata massima a S. Giovanni alla Vena risulta circa 2300 mc/s.

8.2.2 - La simulazione modellistica della variante B

I risultati delle simulazioni ottenute mediante il modello idrologico ed idraulico sono riassunti nelle figure allegate. Di seguito si riporta un succinto commento, per ogni fase, dei risultati ottenuti.

La 1^a fase

Evento tipo 1992. L'evento tipo 1992, verificato nella ipotesi di variante B, comporta un risultato praticamente analogo a quello che si ottiene con la variante A. Il mancato effetto del sopraelevamento di La Penna e di Levane viene compensato quasi completamente dalla presenza delle casse di Buriano per le quali si prevede un funzionamento regolato. La differenza in termini di portata uscente dal sistema delle dighe è di circa 80mc/s. La differenza di portata tra la ipotesi 1 e la 3 tende naturalmente andando verso valle e dopo Firenze risulta pressoché trascurabile. Pertanto la portata defluente resta contenuta quasi ovunque nell'alveo inciso e dove questo non accade i battenti nelle aree golenali sono molto ridotti. Naturalmente anche in questo caso le casse dei Renai e della Roffia sono state simulate con soglie regolabili.

Evento tipo 1966. In uscita da Levane la portata dell'idrogramma di piena raggiunge circa 1360 mc/s, valore molto vicino a quello del progetto generale, l'effetto prodotto dalle dighe è controbilanciato, in questa prima fase dalla presenza di un set più ampio di casse. Complessivamente, anche in questo caso, i risultati conseguiti nella prima fase consentono, a monte di Firenze, una riduzione dell'idrogramma di piena. In particolare, nella sezione di Incisa la portata massima di progetto è di circa 2.350 mc/sec (nel 1966 è stata di 3.300 mc/sec), mentre a Nave a Rovezzano è di circa 3.570 mc/sec (circa 4.000 nel 1966).

A valle di Firenze permangono condizioni di criticità generale, con estesi tratti di esondazione generalizzata.

La 2^a fase :

Evento tipo 1966. A Rovezzano la portata supera di poco i 3200 mc/s, valore che corrisponde grosso modo a quello ottenuto al completamento del piano (fase 3). Nel tratto a valle di Firenze la portata raggiunge valori difficilmente contenibili mediante soli adeguamenti arginali.

Tutte le casse presenti in tale tratto, nonché le aree di espansione di Fucecchio e di Bientina, risultano impegnate al massimo della loro capacità di laminazione. La portata massima a S. Giovanni alla Vena risulta di 2500 mc/sec, circa.

La 3^a fase:

Evento tipo 1966. A monte di Firenze la situazione rimane analoga a quella della fase precedente essendo già stati previsti quasi tutti gli interventi. La portata a Nave a Rovezzano rimane comunque al di sopra dei 3200 mc/s. Nel tratto a valle il valore massimo risulta ovunque inferiore ai 3500 mc/s eccetto che per il tratto in prossimità di Marcignana ove si raggiungono valori intorno ai 3800 mc/s. La portata massima a S. Giovanni alla Vena risulta poco inferiore a 2300 mc/s.

8.2.3 - La simulazione modellistica della variante C

I risultati delle simulazioni ottenute mediante il modello idrologico ed idraulico sono riassunti nelle figure allegate. Di seguito si riporta un succinto commento, per ogni fase, dei risultati ottenuti.

La 1^a fase

Evento tipo 1992. L'evento tipo 1992 ha lo stesso comportamento della ipotesi precedente in quanto non si utilizza lo scarico ausiliario di nuova costruzione essendo la portata di 600 mc/s smaltibile dagli scarichi di fondo esistenti.

Evento tipo 1966. In uscita da Levane la portata dell'idrogramma di piena raggiunge circa 1550 mc/s, il valore maggiore delle ipotesi finora analizzate, tuttavia tale differenza risulta praticamente annullata nella sezione di Incisa dove il picco, intorno ai 2350 mc/s è molto simile a quello precedenti ipotesi di variante. Complessivamente, anche in questo caso, i risultati conseguiti nella prima fase consentono, a monte di Firenze, una riduzione significativa dell'idrogramma di piena. In particolare a Nave a Rovezzano è di circa 3470 mc/sec (contro i circa 4.000 nello stato attuale).

A valle di Firenze permangono condizioni di criticità generale, con estesi tratti di esondazione generalizzata.

La 2^a fase :

Evento tipo 1966. A Rovezzano la portata supera di poco i 3200 mc/s, valore che corrisponde grosso modo a quello otte-

nuto al completamento del piano (fase 3). Nel tratto a valle di Firenze la portata raggiunge valori difficilmente contenibili mediante soli adeguamenti arginali.

Tutte le casse presenti in tale tratto, nonché le aree di espansione di Fucecchio e di Bientina, risultano impegnate al massimo della loro capacità di laminazione. La portata massima a S. Giovanni alla Vena risulta poco inferiore a 2500 mc/sec, circa.

La 3^a fase:

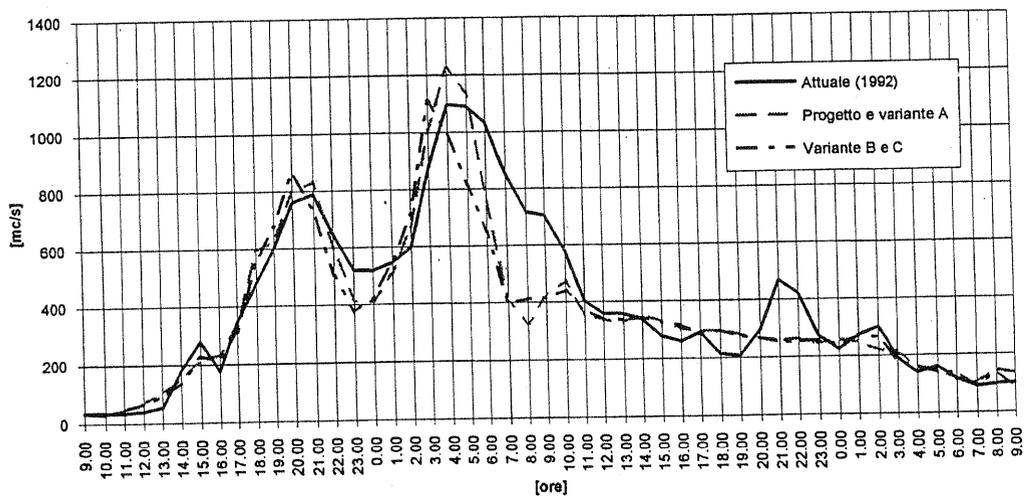
Evento tipo 1966. A monte di Firenze la situazione rimane analoga a quella della fase precedente essendo stati già stati previsti quasi tutti gli interventi. La portata a Nave a Rovezzano rimane comunque al di sopra dei 3200 mc/sec. Nel tratto a valle il valore massimo risulta ovunque inferiore ai 3500 mc/s eccetto che per il tratto in prossimità di Marcignana ove si raggiungono valori intorno ai 3800 mc/s. La portata massima a S. Giovanni alla Vena risulta poco inferiore a 2300 mc/s.

8.2.4 - La simulazione modellistica della variante D

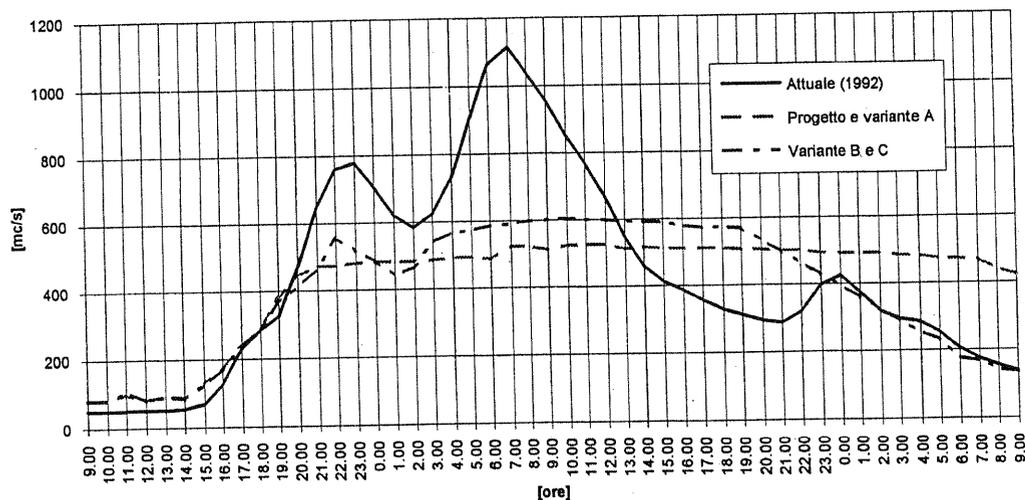
I risultati delle simulazioni coincidono per le fasi 1 e 2 con quelli della variante C e per la fase 3 con la fase 3 del progetto generale.

Portate al colmo [mc/s] in varie sezioni dell'Arno secondo il progetto di piano e secondo le varianti									
<i>Progetto generale</i>									
	Subbiano	Diga di La Penna	Diga di Levane	Incisa	Nave di Rosano	Rovezzano	Signa	La Tinaia	S. Giovanni
Fase 1	1900	1300	1300	2200	3300	3400	3800	4500	2800
Fase 2	1900	1300	1300	2100	3100	3100	3500	3700	2400
Fase 3	1300	1000	1000	2000	2800	2900	2900	3200	2200
<i>Variante A</i>									
	Subbiano	Diga di La Penna	Diga di Levane	Incisa	Nave di Rosano	Rovezzano	Signa	La Tinaia	S. Giovanni
Fase 1	1700	1500	1500	2300	3400	3500	4000	4600	2900
Fase 2	1700	1500	1500	2200	3200	3300	3700	3800	2500
Fase 3	1300	1300	1300	2100	3000	3100	3200	3300	2200
<i>Variante B</i>									
	Subbiano	Diga di La Penna	Diga di Levane	Incisa	Nave di Rosano	Rovezzano	Signa	La Tinaia	S. Giovanni
Fase 1	1300	1300	1300	2300	3300	3400	3900	4600	2900
Fase 2	1300	1300	1300	2200	3100	3200	3600	3700	2400
Fase 3	1300	1300	1300	2200	3100	3200	3300	3300	2200
<i>Variante C</i>									
	Subbiano	Diga di La Penna	Diga di Levane	Incisa	Nave di Rosano	Rovezzano	Signa	La Tinaia	S. Giovanni
Fase 1	1300	1600	1500	2300	3300	3400	3900	4600	2900
Fase 2	1300	1600	1500	2200	3100	3200	3600	3800	2400
Fase 3	1300	1500	1500	2200	3100	3200	3300	3400	2200
I dati esposti derivano dall'azione combinata degli interventi strutturali previsti sia sull'asta principale che sugli affluenti dell'Arno. Essi consistono prevalentemente in casse di espansione con sfioratori, in genere a soglia fissa, scolmatori di piena (Fucecchio, Bientina, adeguamento scolmatore di Pontedera, etc.) e alcuni invasi per laminazione (Levano, La Penna, Bilancino, Corsalone, Ambra, Dicomano, etc.). L'approfondimento delle singole situazioni locali è demandato ad una specifica fase di progettazione, che terrà conto dei vincoli idraulici individuati nel sistema complessivo del progetto di piano.									

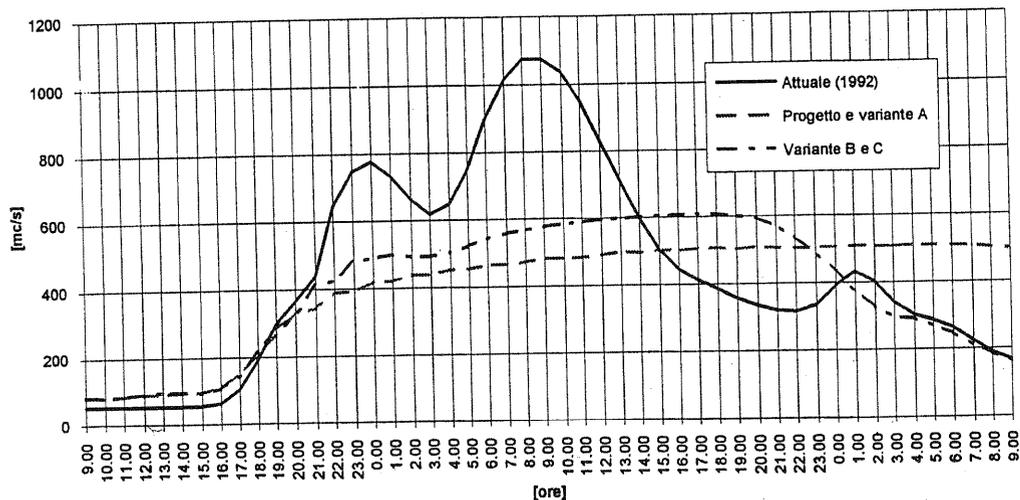
Arno a Subbiano
Idrogrammi di piena evento tipo 1992



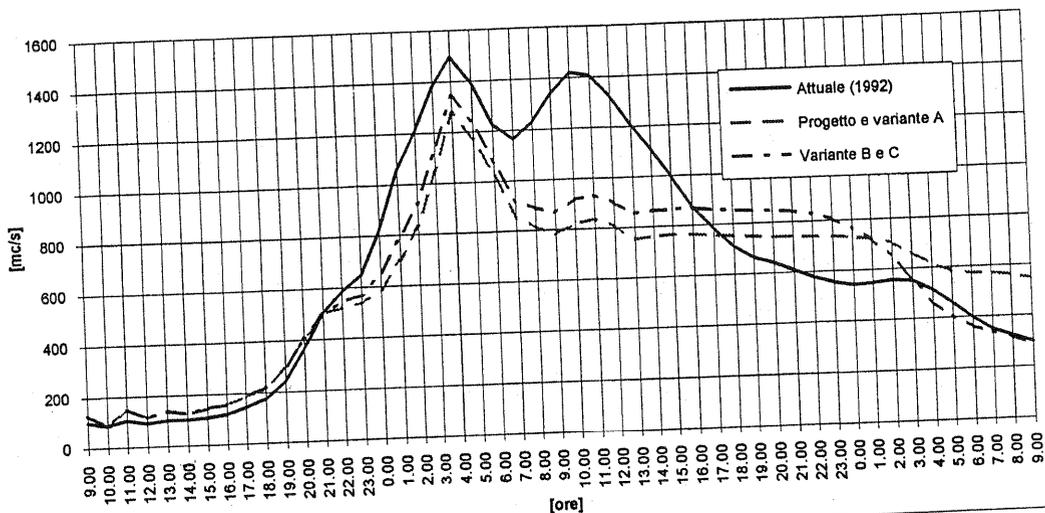
Arno a La Penna
Idrogrammi di piena evento tipo 1992



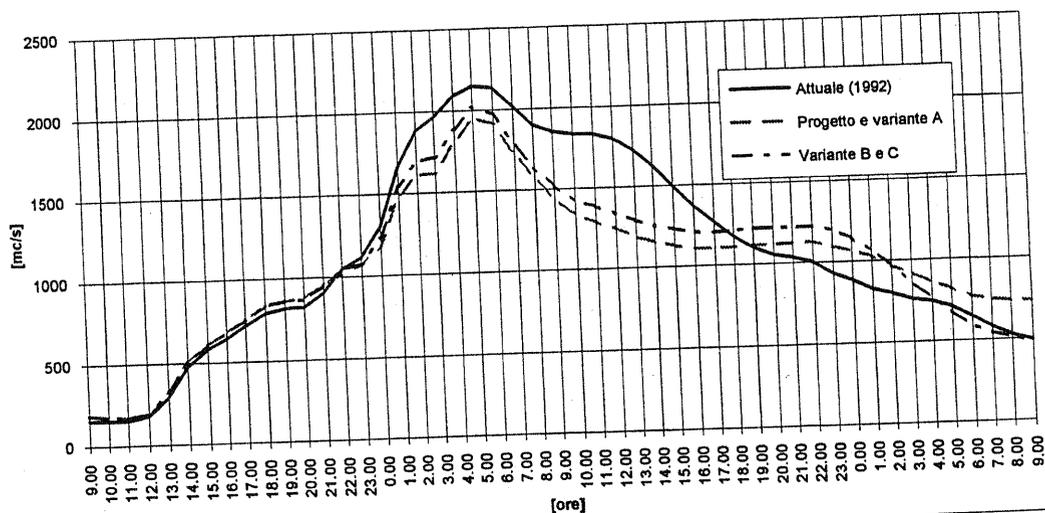
Arno a Levane
Idrogrammi di piena evento tipo 1992



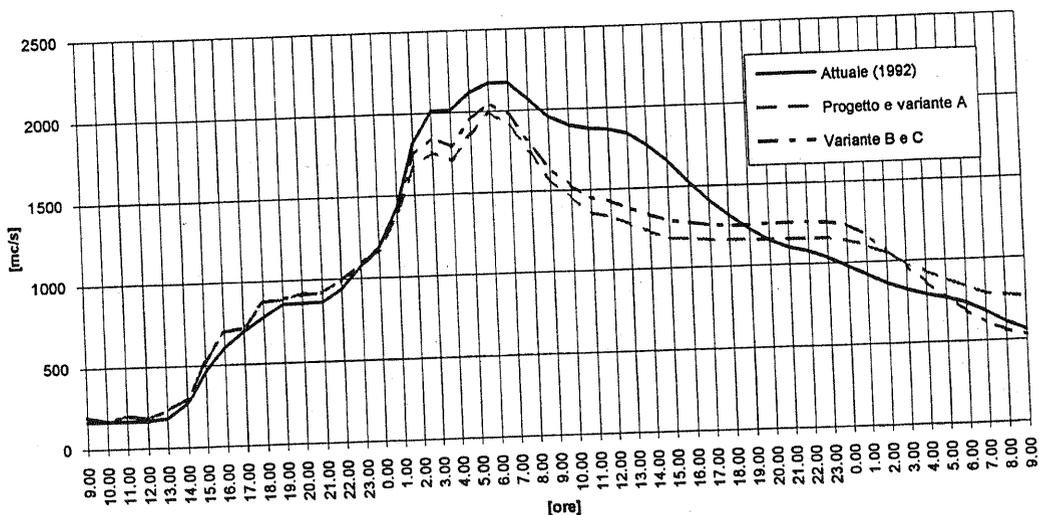
Arno a Incisa
Idrogrammi di piena evento tipo 1992



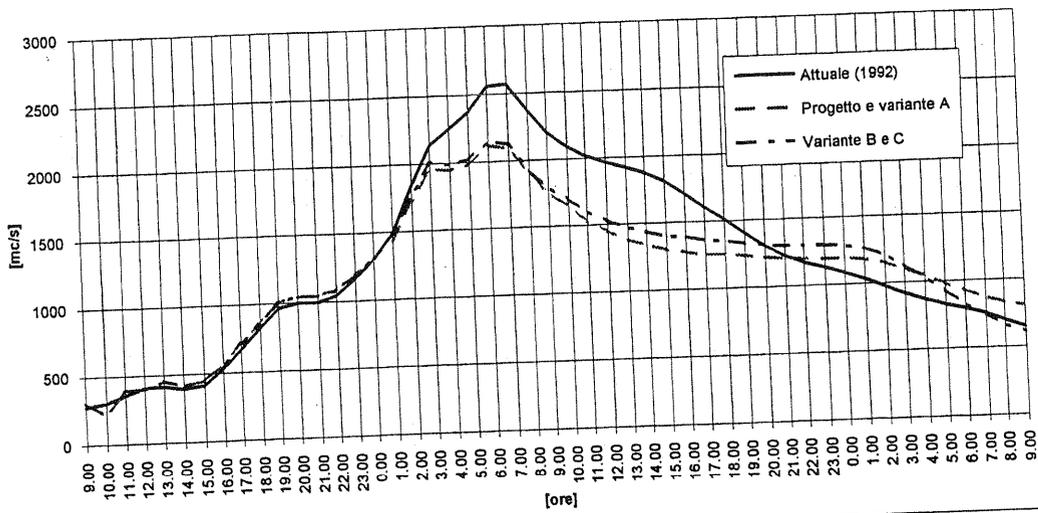
Arno a Nave di Rosano
Idrogrammi di piena evento tipo 1992



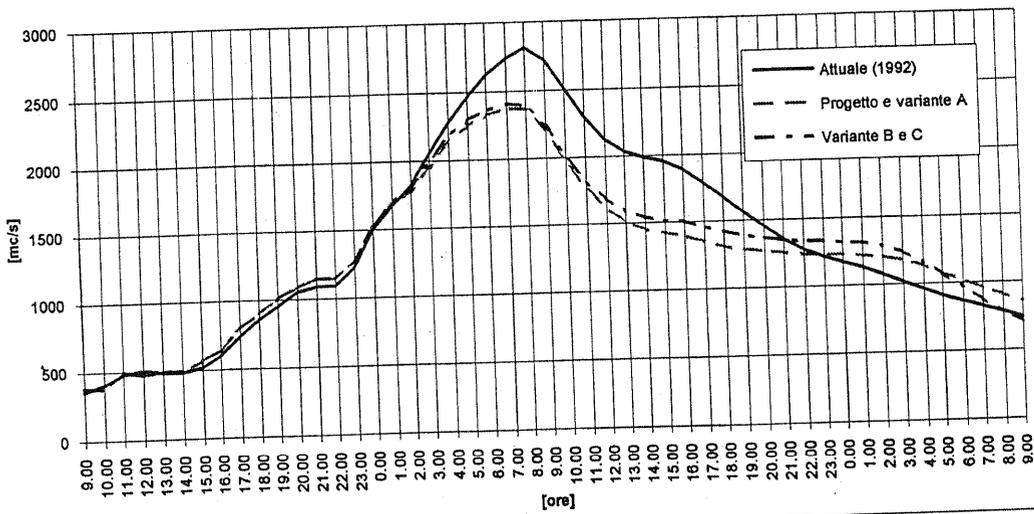
Arno a Rovezzano
Idrogrammi di piena evento tipo 1992



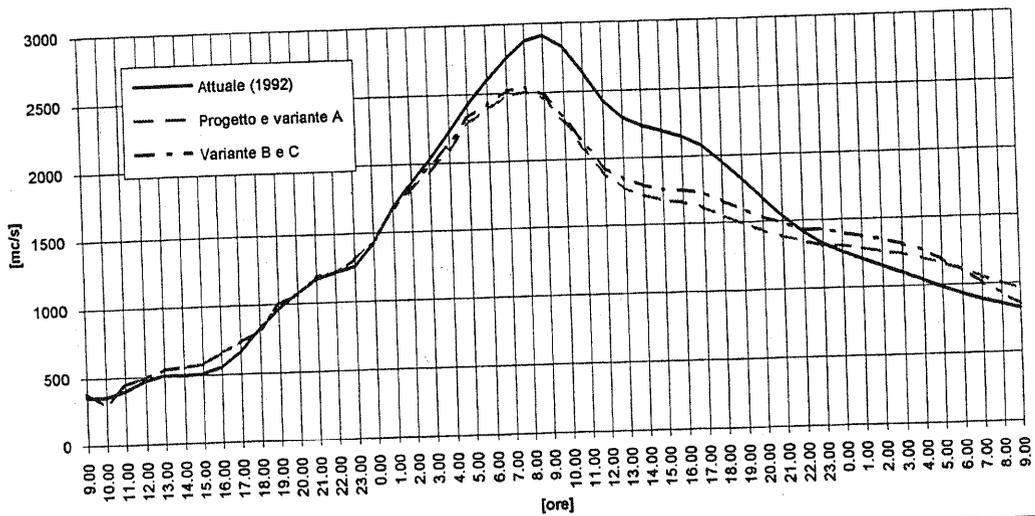
Arno a Signa
Idrogrammi di piena evento tipo 1992



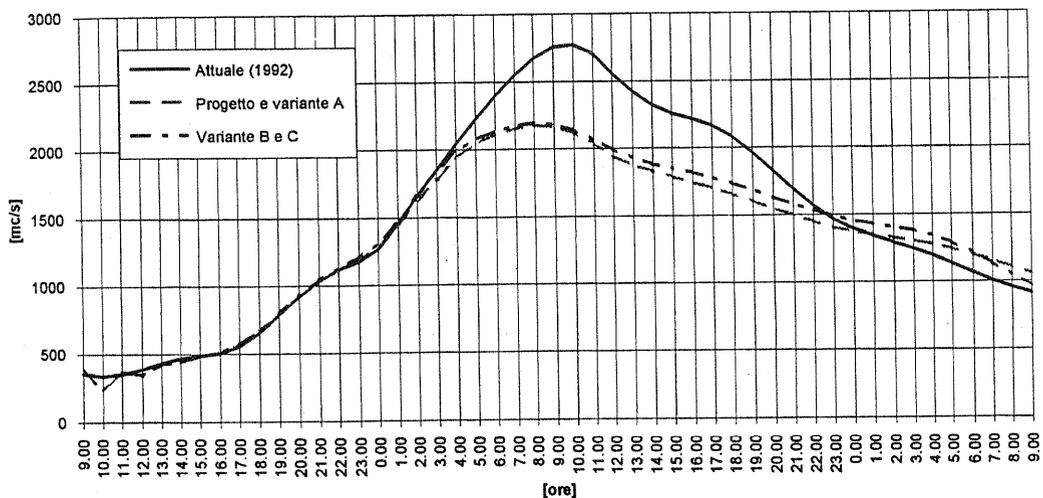
Arno a La Tinaia
Idrogrammi di piena evento tipo 1992



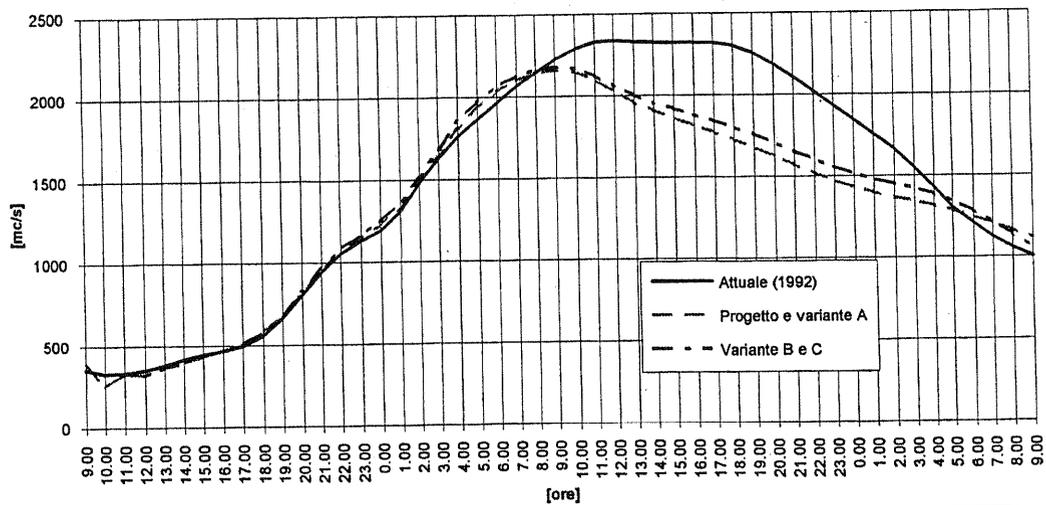
Arno a Marcignana
Idrogrammi di piena evento tipo 1992



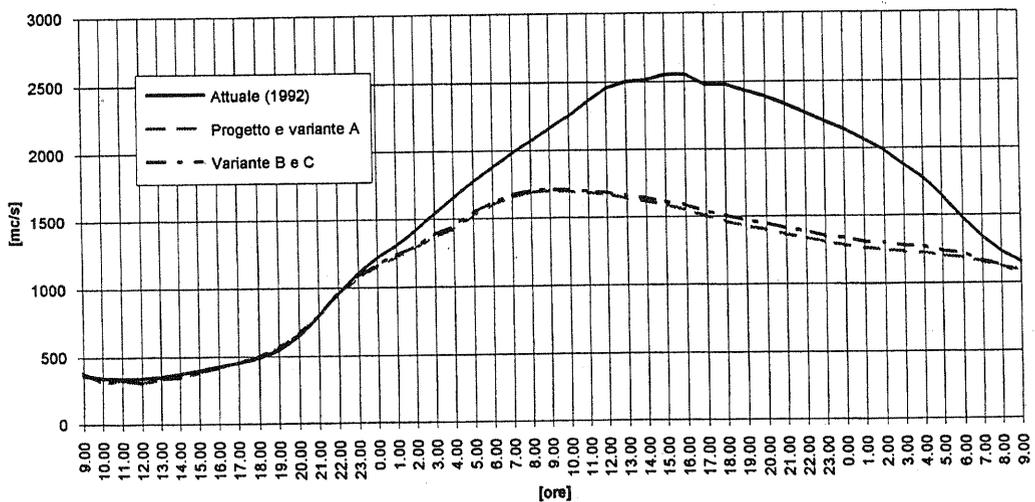
Arno a S. Croce
Idrogrammi di piena evento tipo 1992



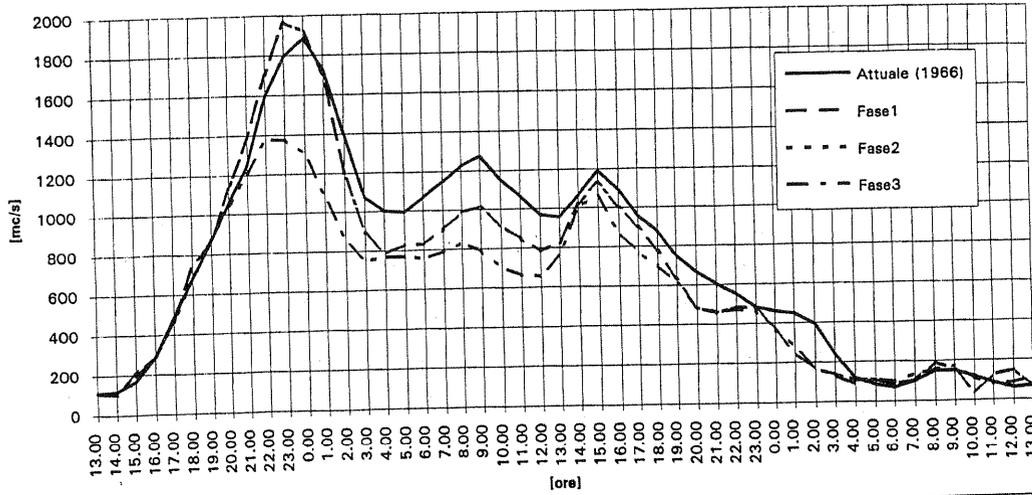
Arno ad Amovecchio (S. Donato)
Idrogrammi di piena evento tipo 1992



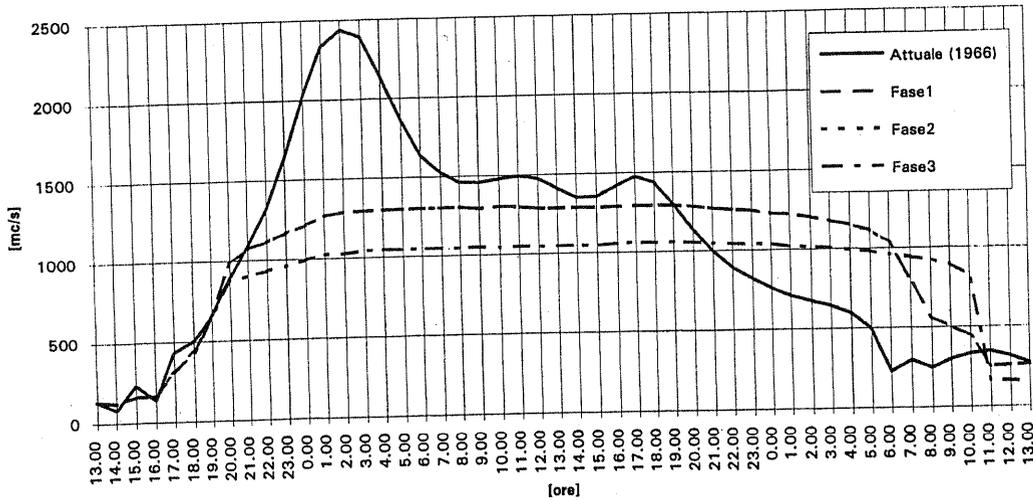
Arno a S. Giovanni alla Vena
Idrogrammi di piena evento tipo 1992



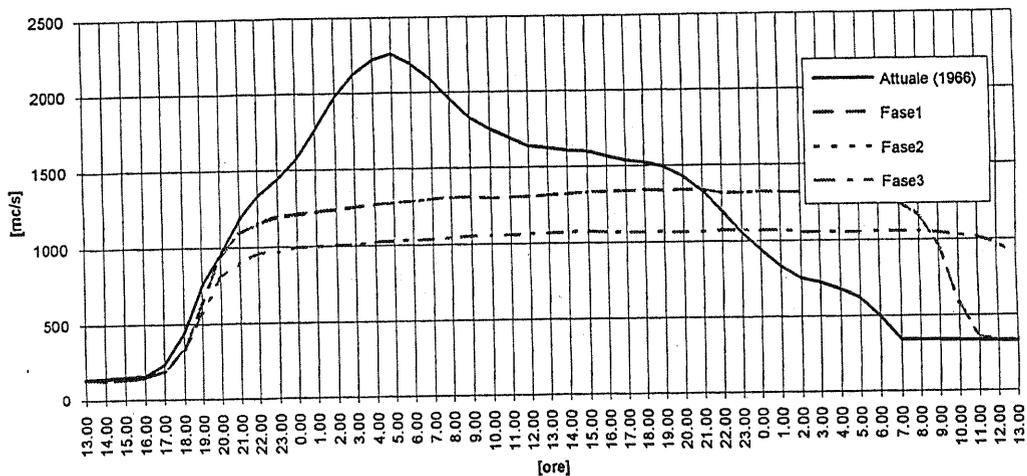
Arno a Subbiano - Progetto generale
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



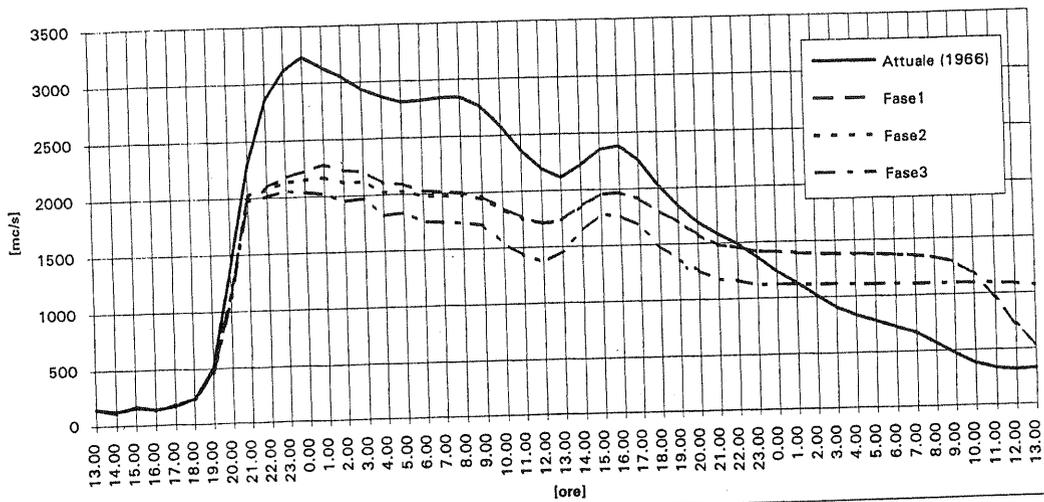
Arno a La Penna - Progetto generale
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



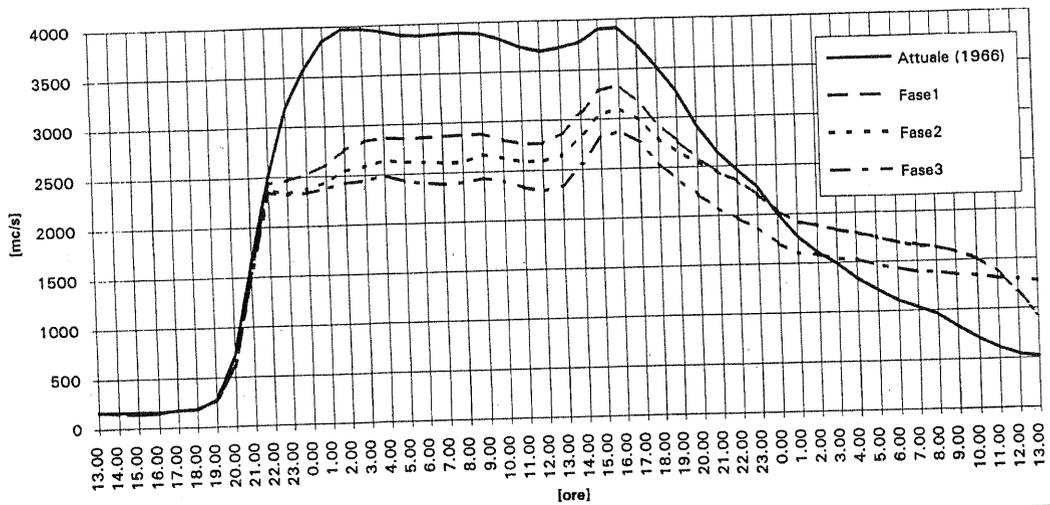
Arno a Levane - Progetto generale
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



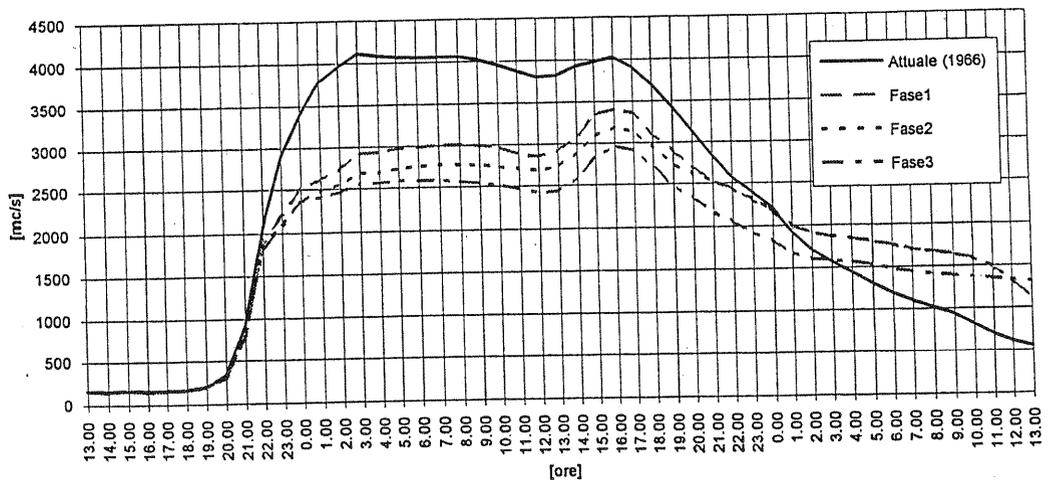
Arno a Incisa - Progetto generale
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



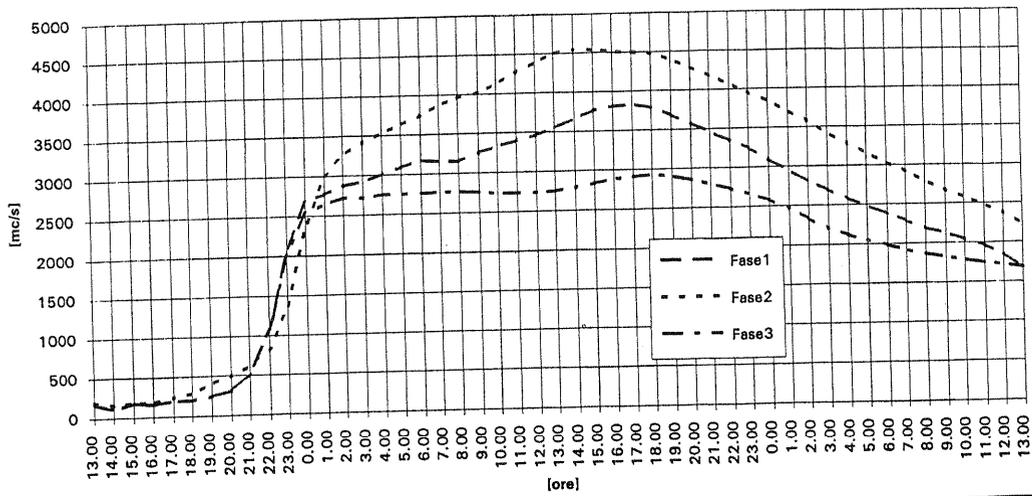
Arno a Nave di Rosano - Progetto generale
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



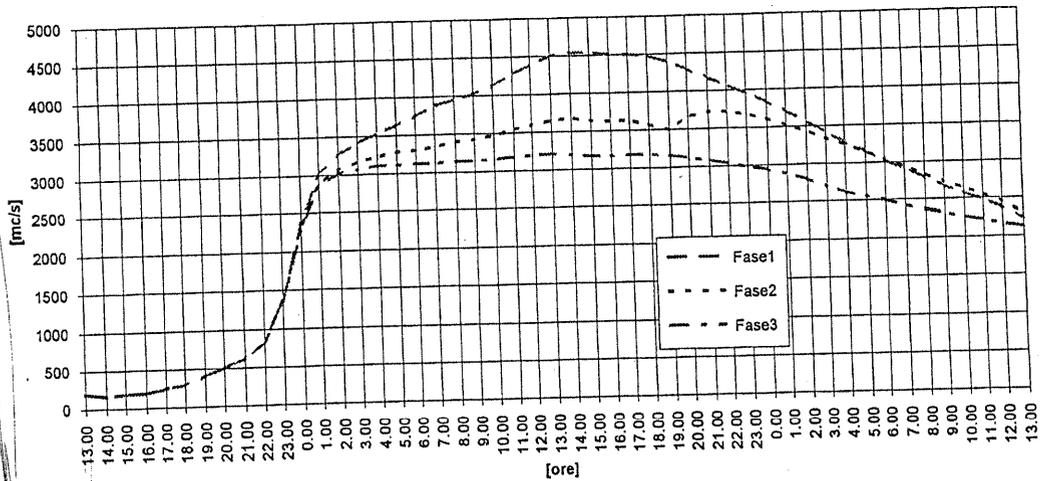
Arno a Rovezzano - Progetto generale
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



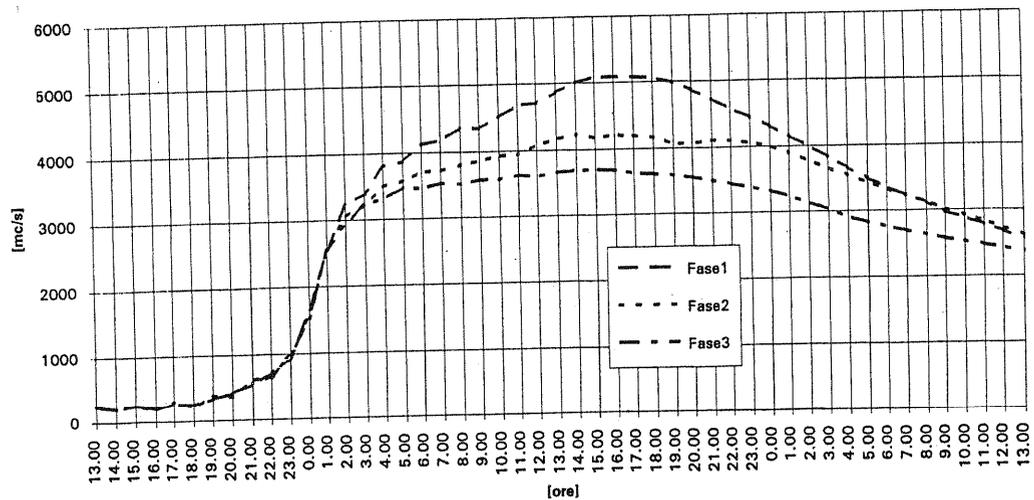
Arno a Signa - Progetto generale
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



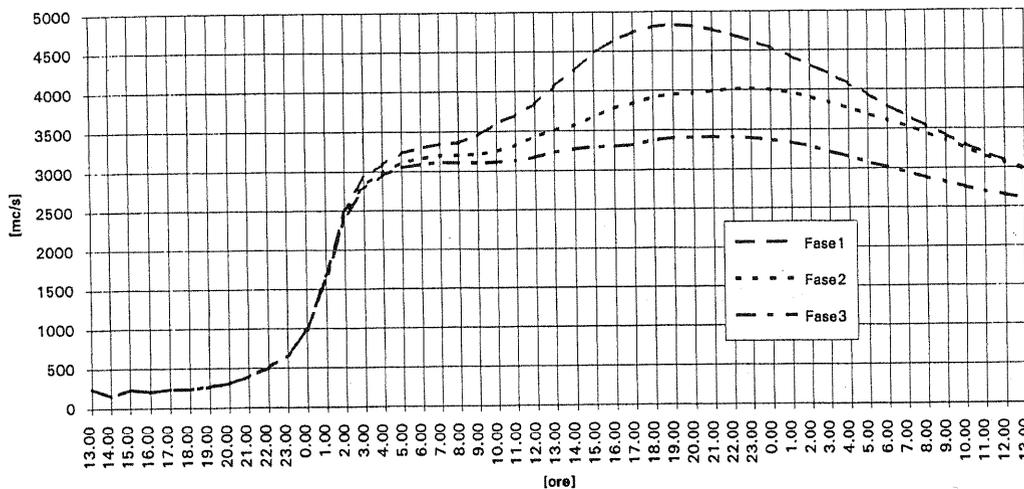
Arno a La Tinaia - Progetto generale
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



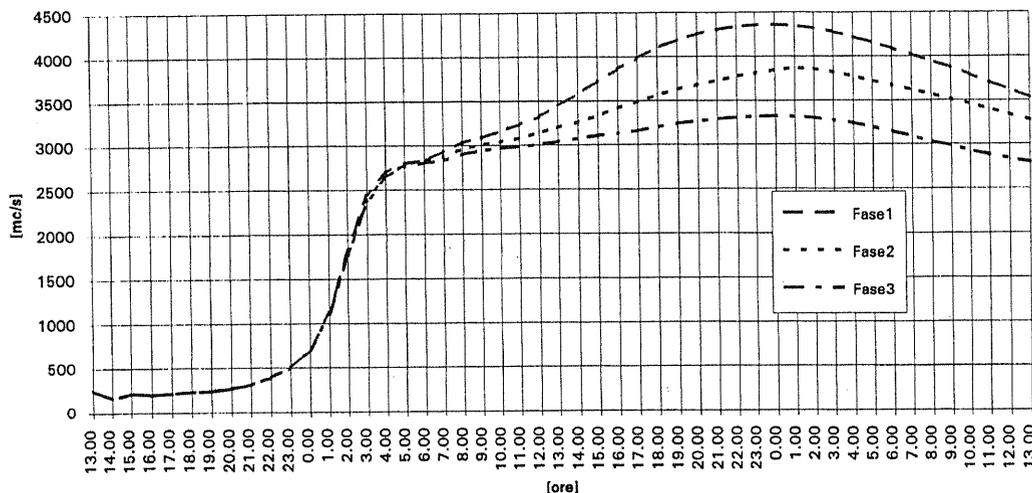
Arno a Marcignana - Progetto generale
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



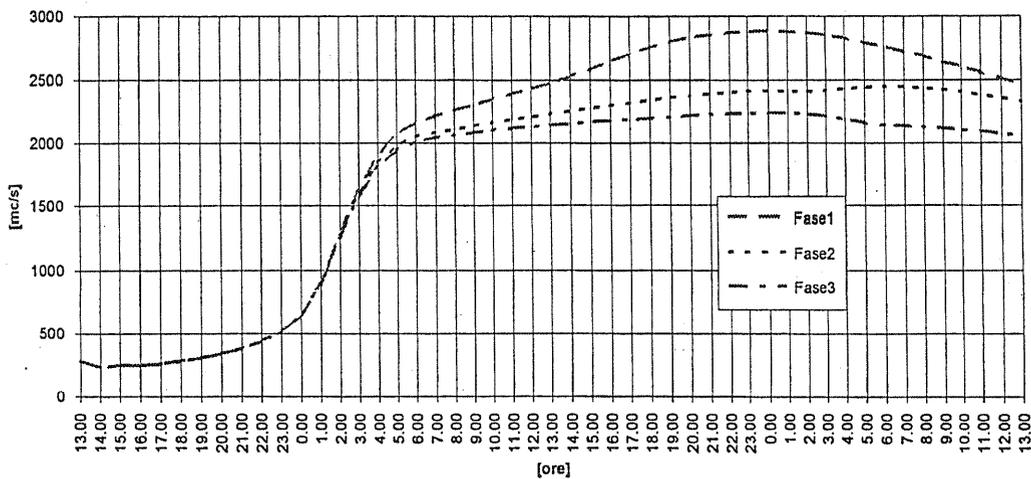
Arno a S. Croce - Progetto generale
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



Arno ad Arnovecchio S. Donato - Progetto generale
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



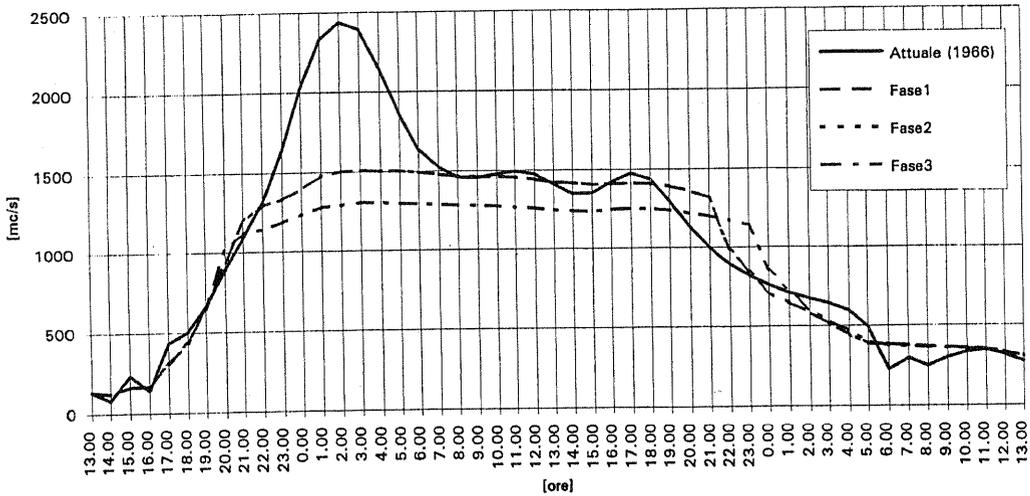
Arno a S. Giovanni alla Vena - Progetto generale
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



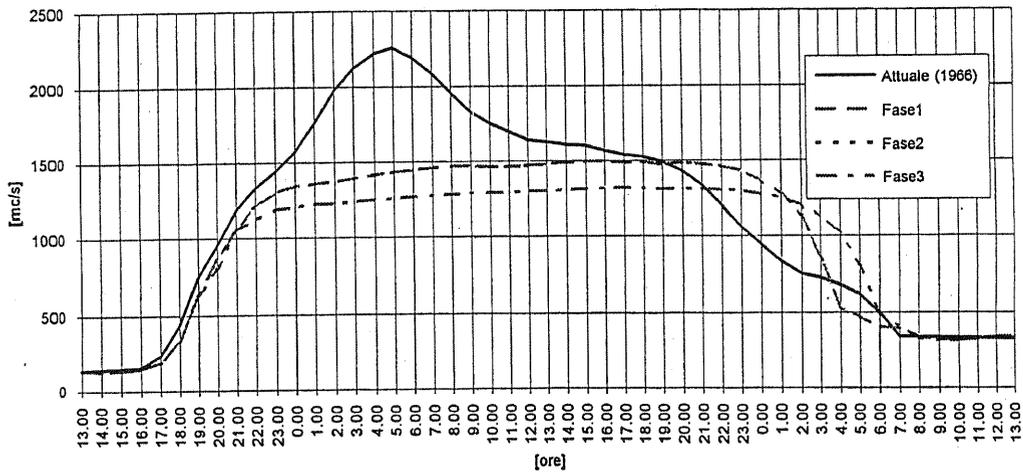
Arno a Subbiano - Variante A
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



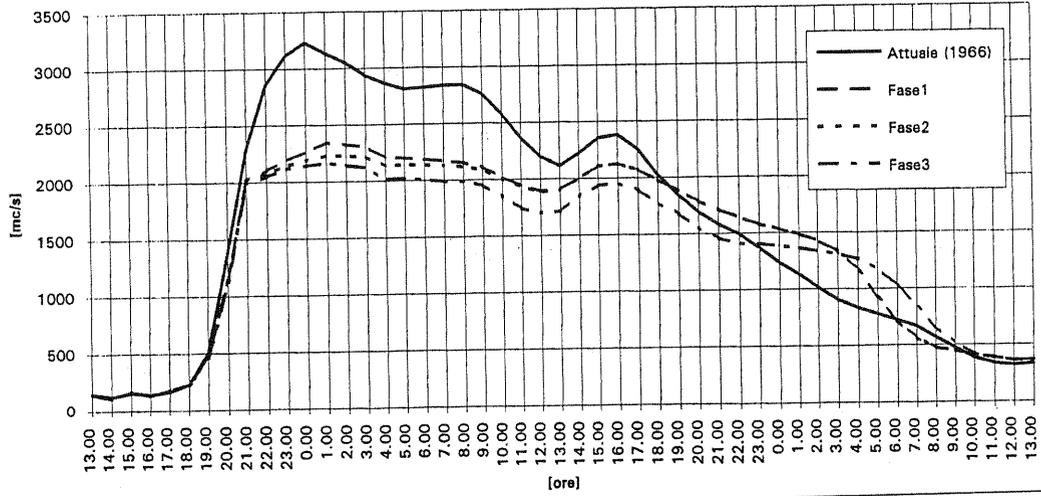
Arno a La Penna - Variante A
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



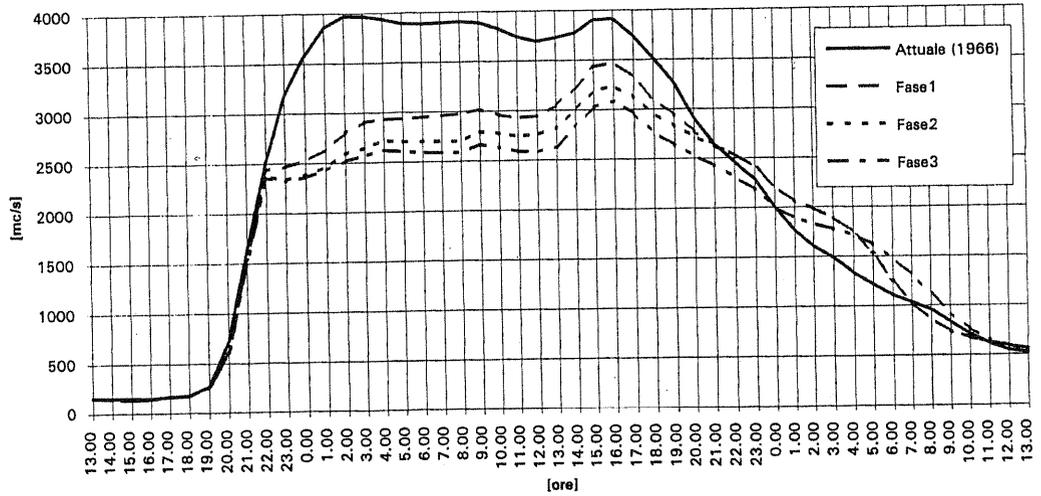
Arno a Levane - Variante A
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



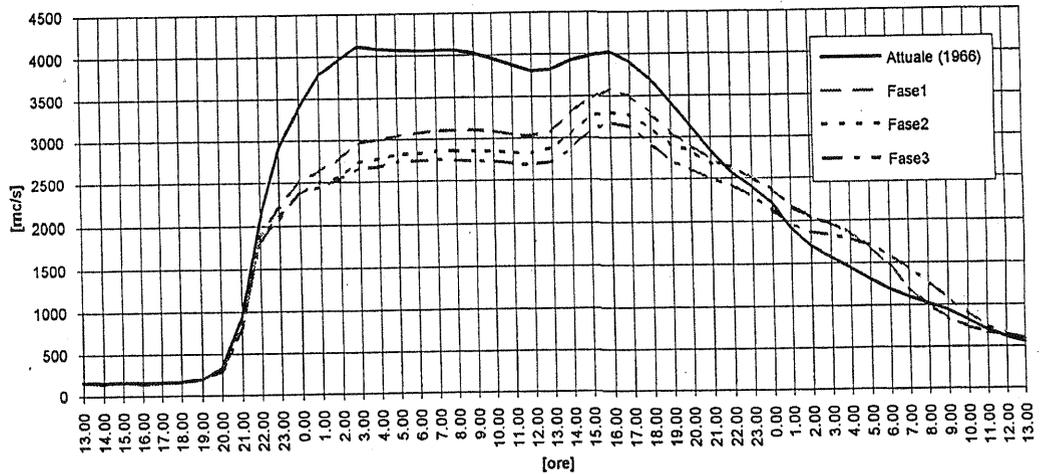
Arno a Incisa - Variante A
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



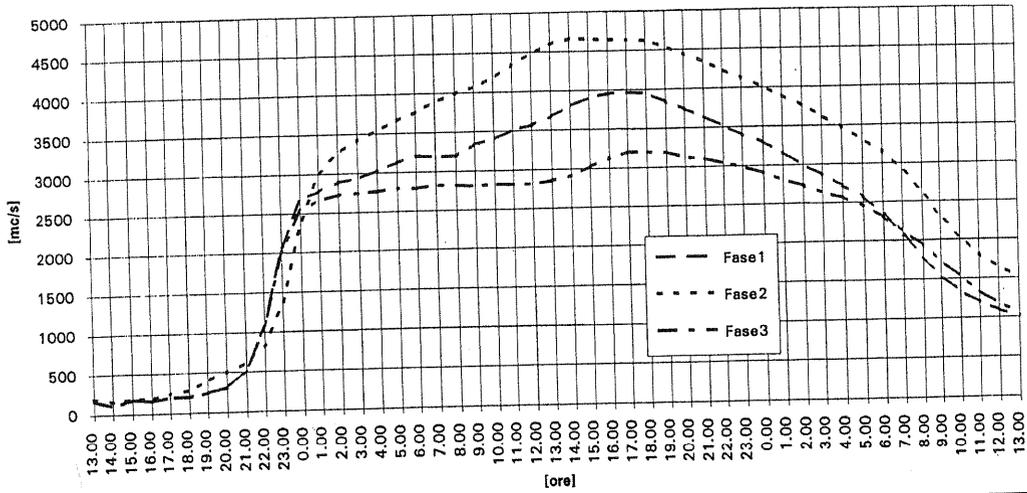
Arno a Nave di Rosano - Variante A
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



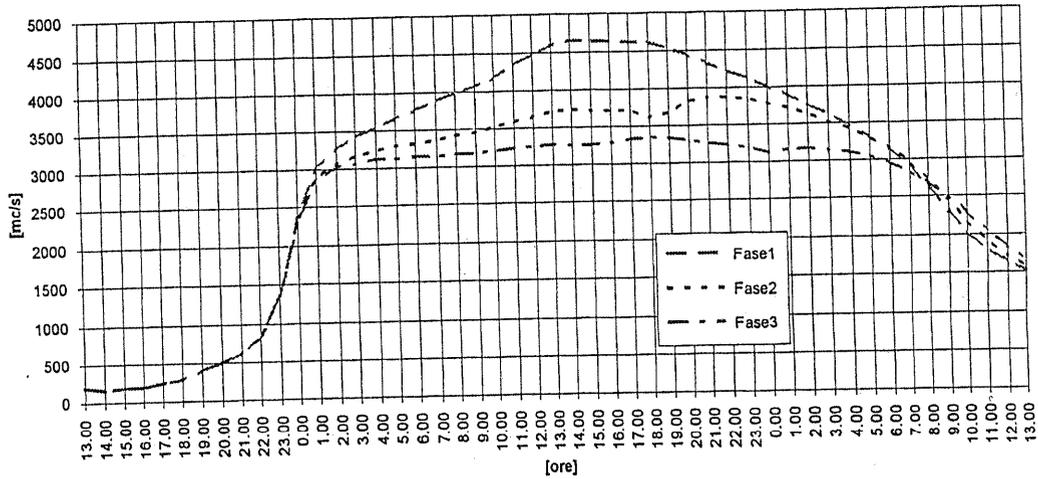
Arno a Rovezzano - Variante A
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



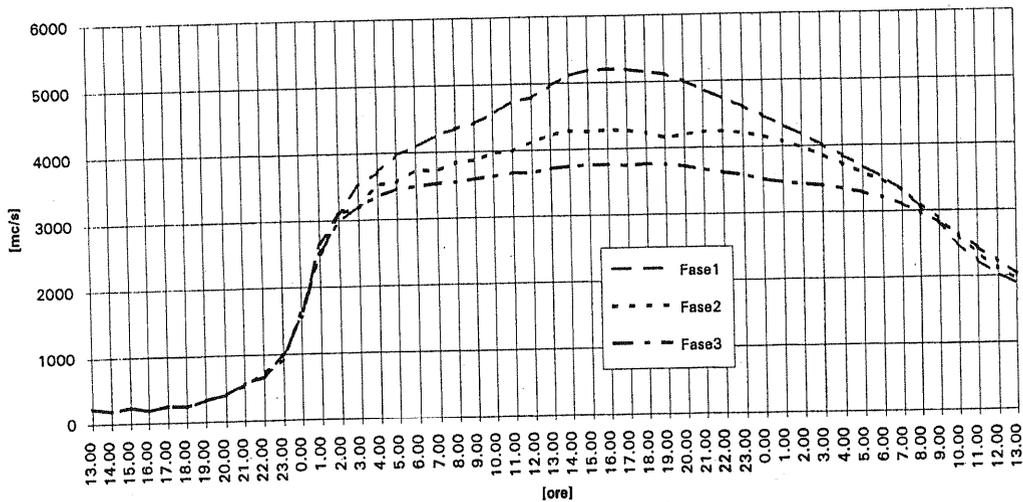
Arno a Signa - Variante A
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



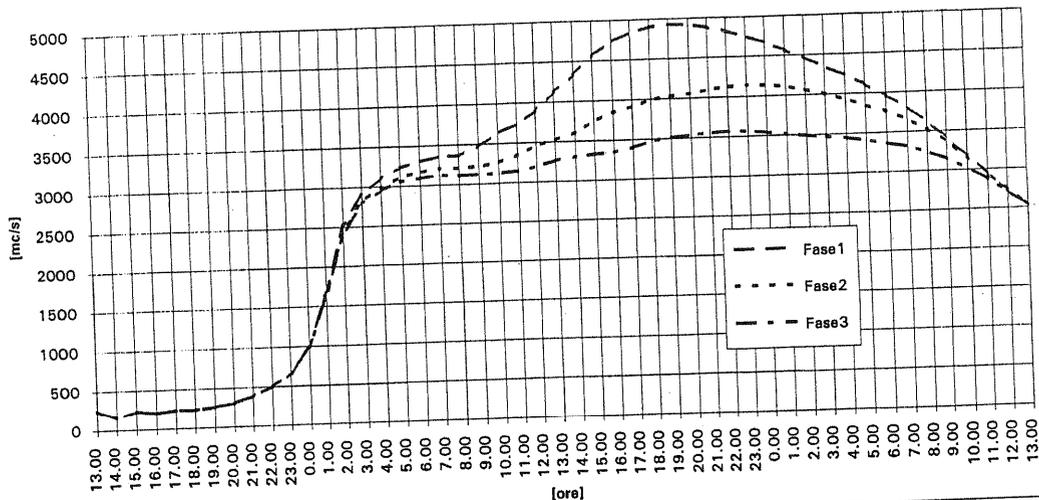
Arno a La Tinaia - Variante A
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



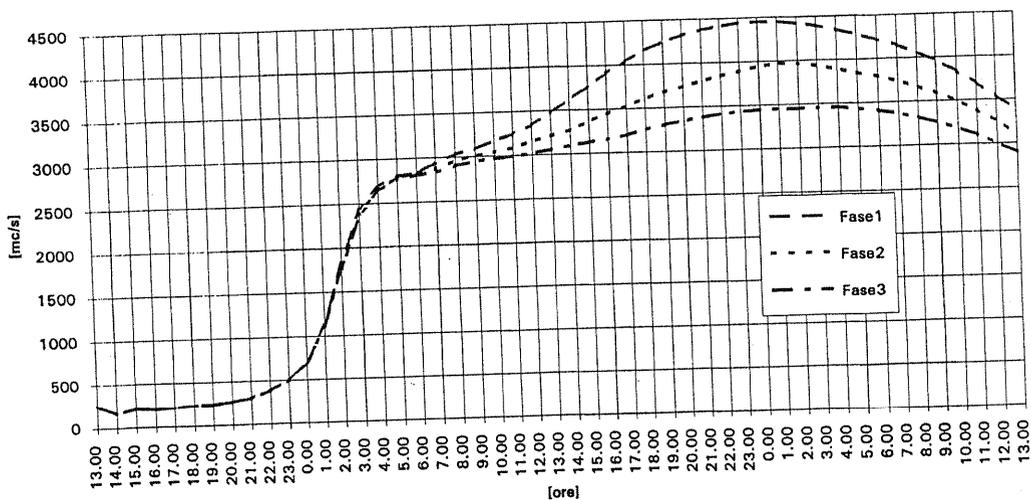
Arno a Marcignana - Variante A
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



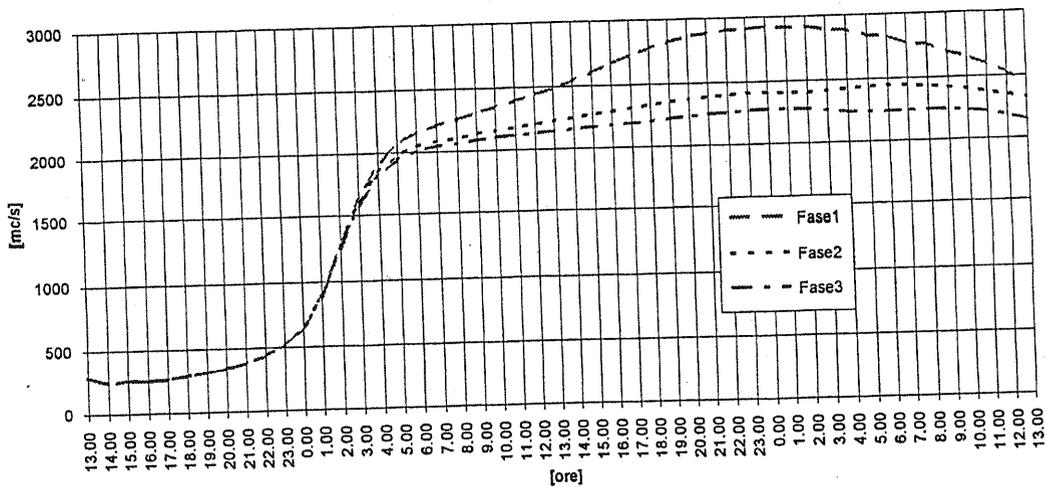
Arno a S. Croce - Variante A
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



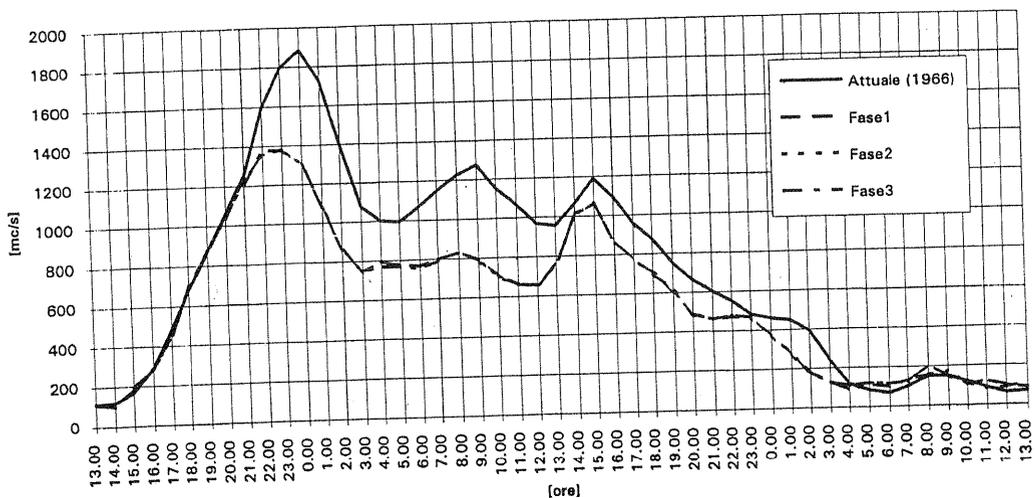
Arno ad Arnovecchio S. Donato - Variante A
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



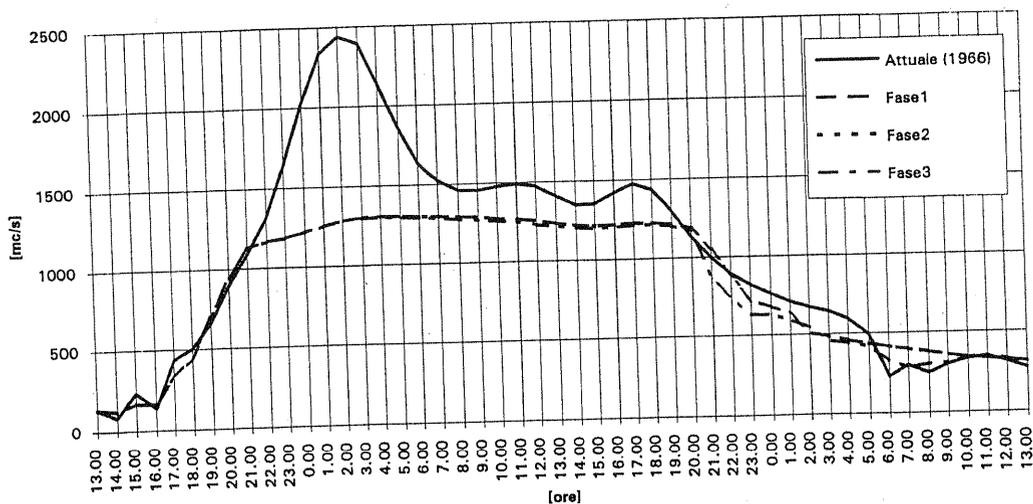
Arno a S. Giovanni alla Vena - Variante A
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



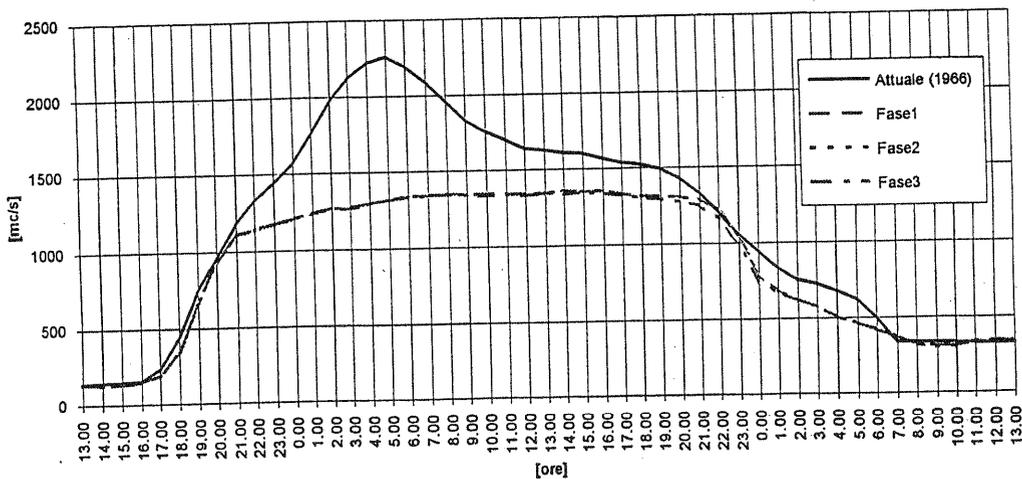
Arno a Subbiano - Variante B
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



Arno a La Penna - Variante B
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



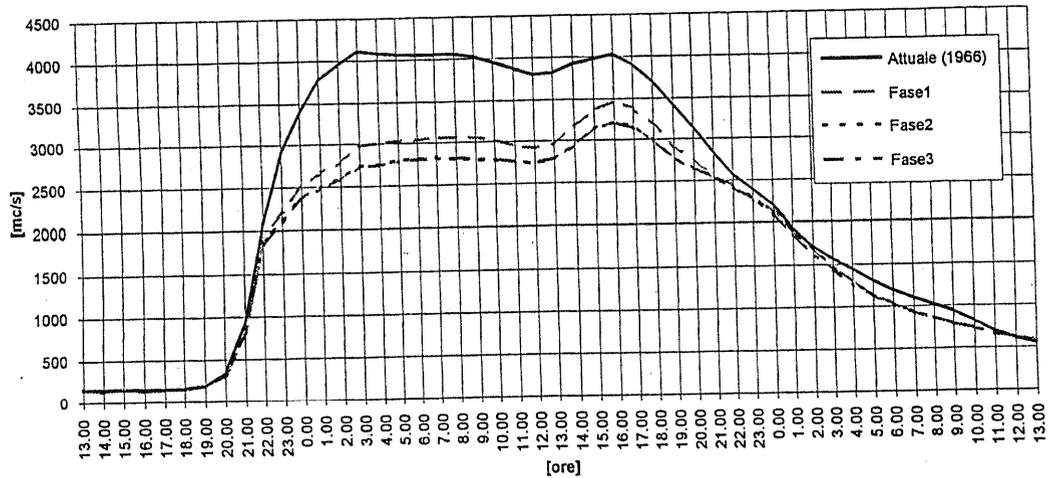
Arno a Levane - Variante B
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



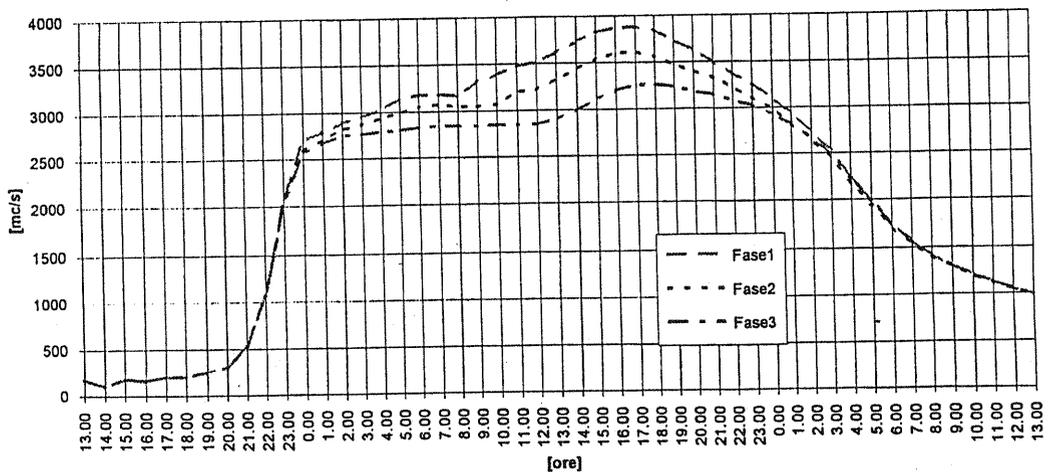
Arno a Incisa - Variante B
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



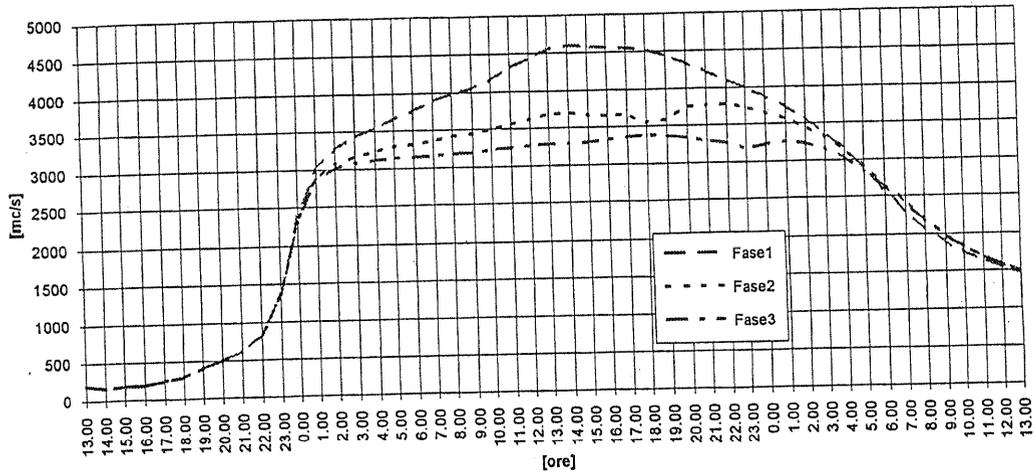
Arno a Rovezzano - Variante B
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



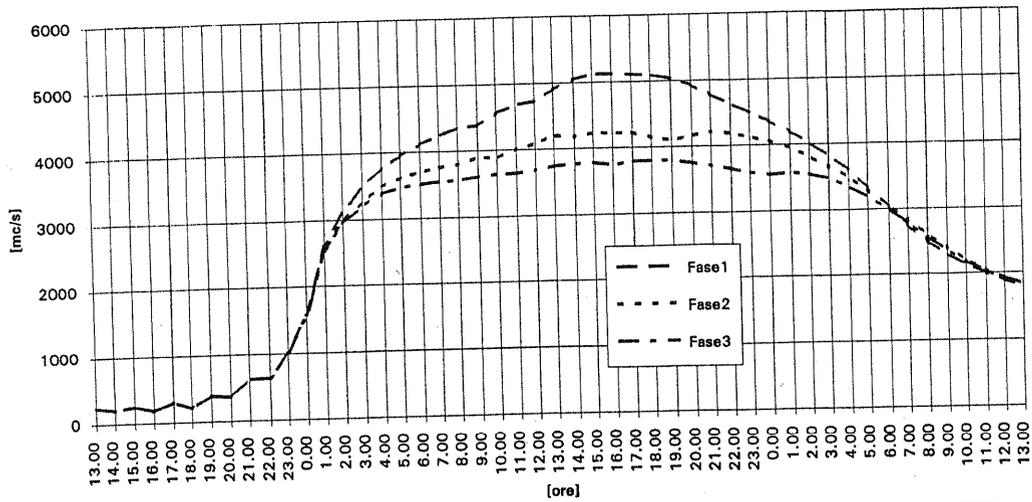
Arno a Signa Variante B
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



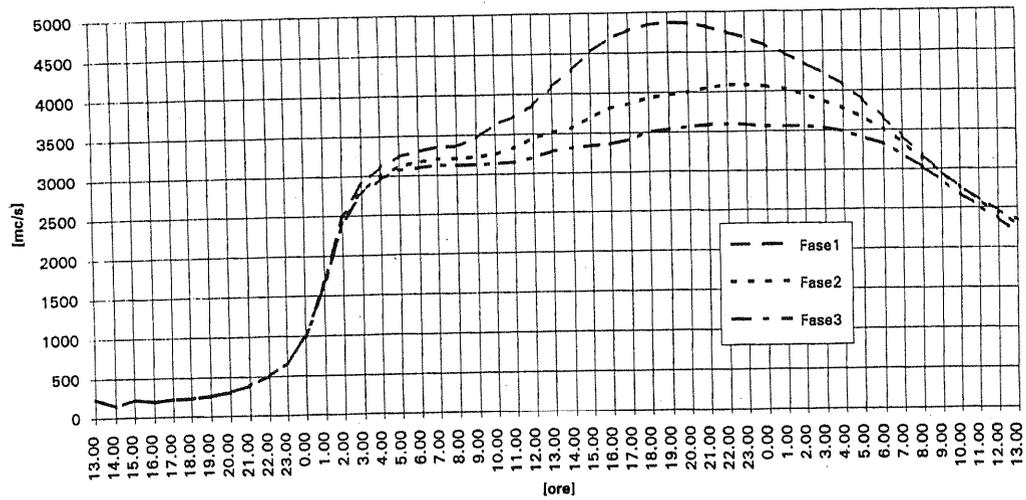
Arno a La Tinaia - Variante B
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



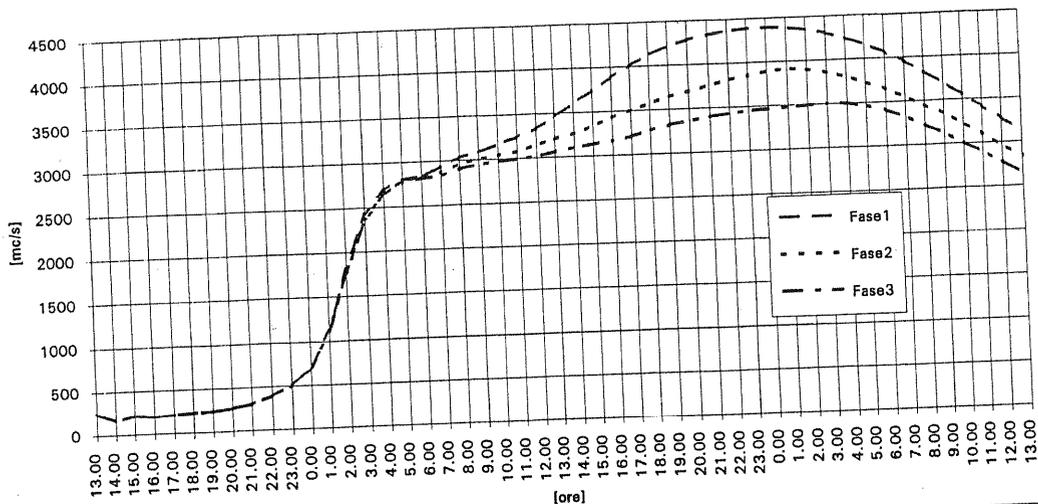
Arno a Marcignana - Variante B
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



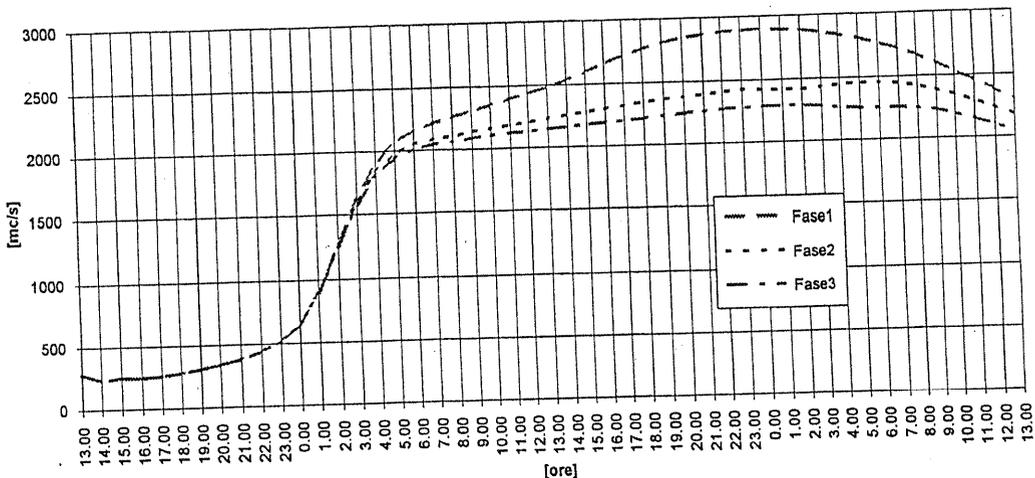
Arno a S. Croce - Variante B
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



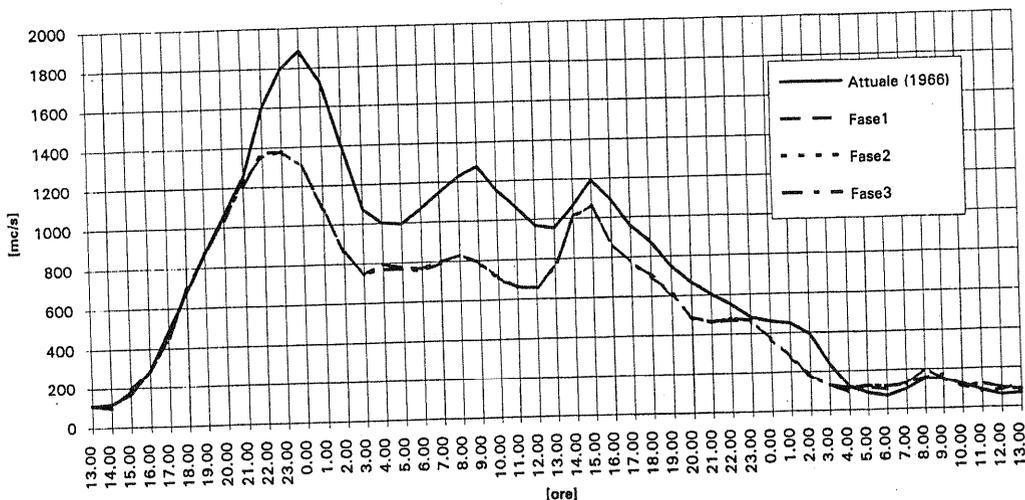
Arno ad Arnovecchio S. Donato - Variante B
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



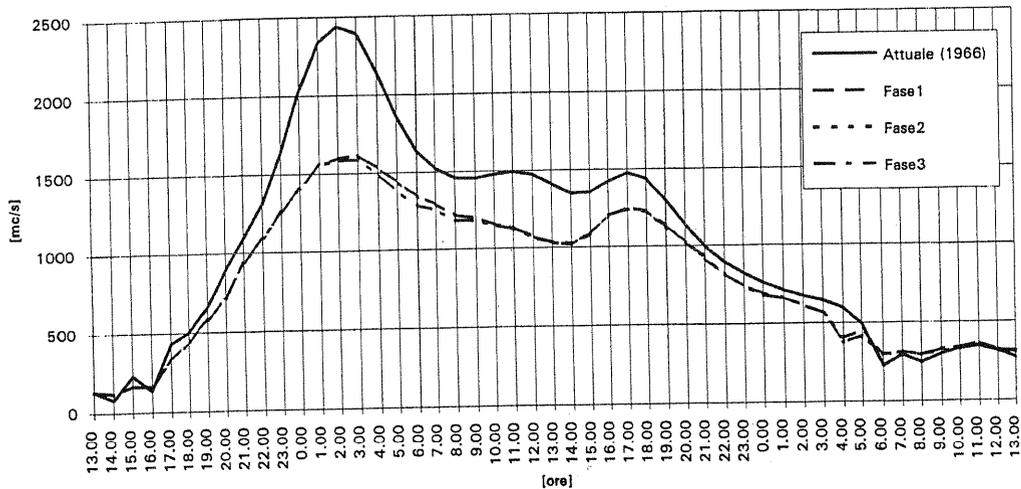
Arno a S. Giovanni alla Vena - Variante B
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



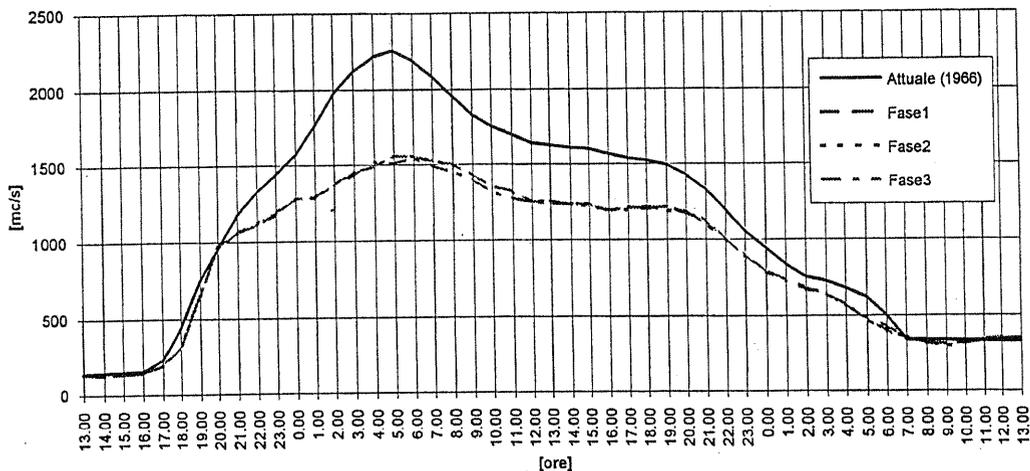
Arno a Subbiano - Variante C
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



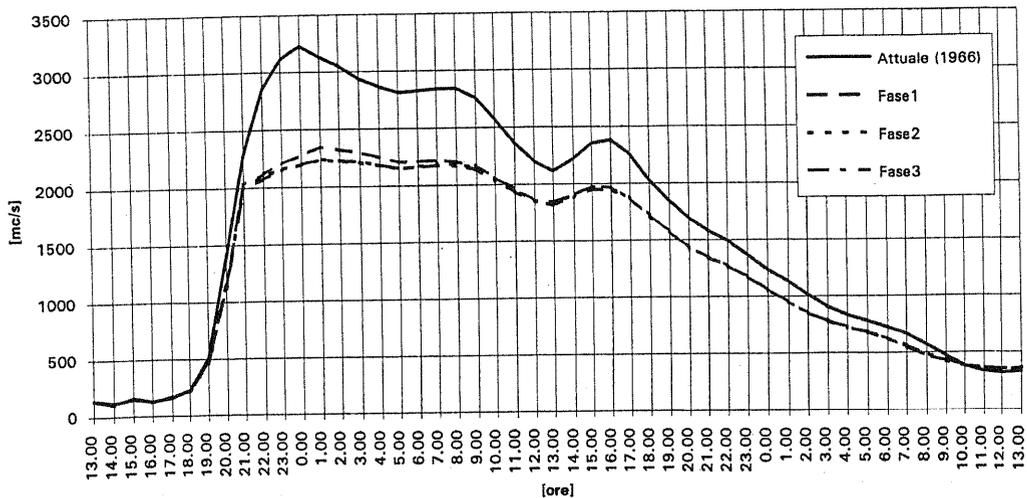
Arno a La Penna - Variante C
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



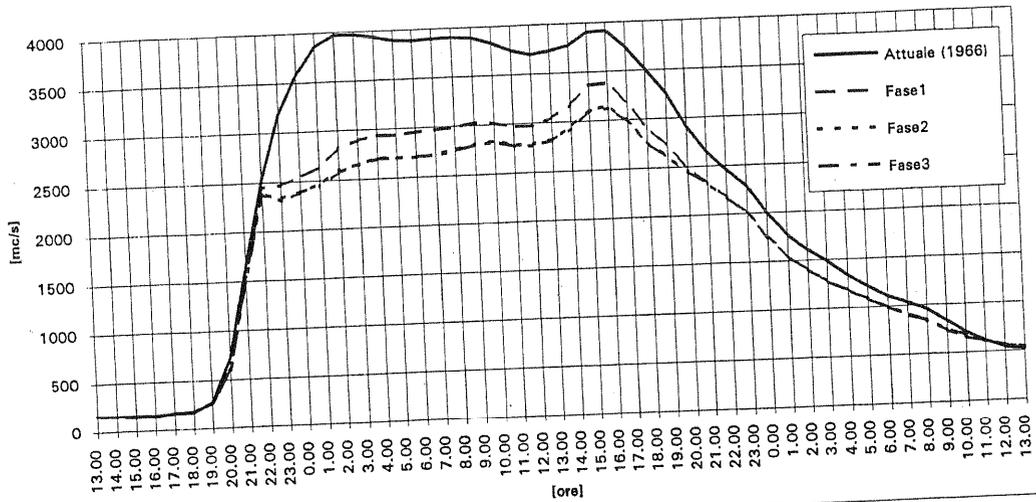
Arno a Levane - Variante C
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



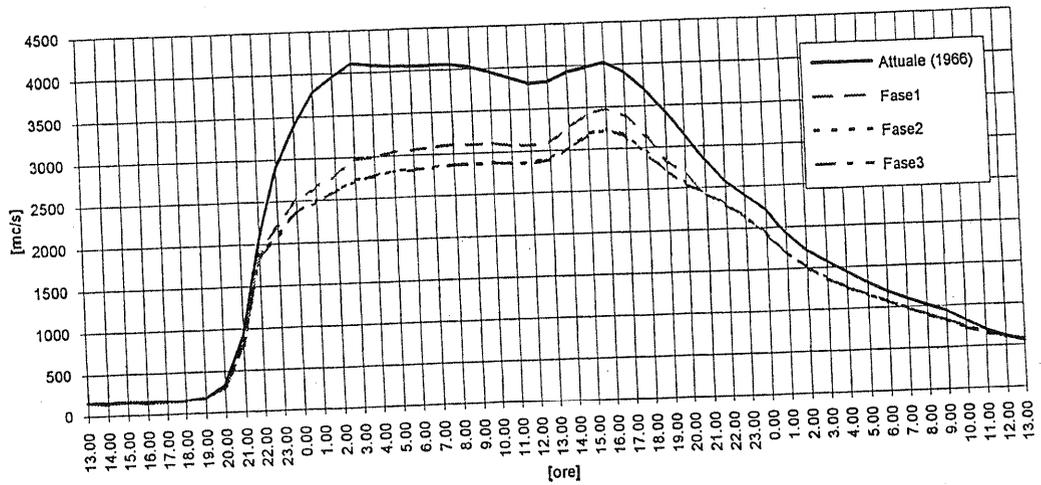
Arno a Incisa - Variante C
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



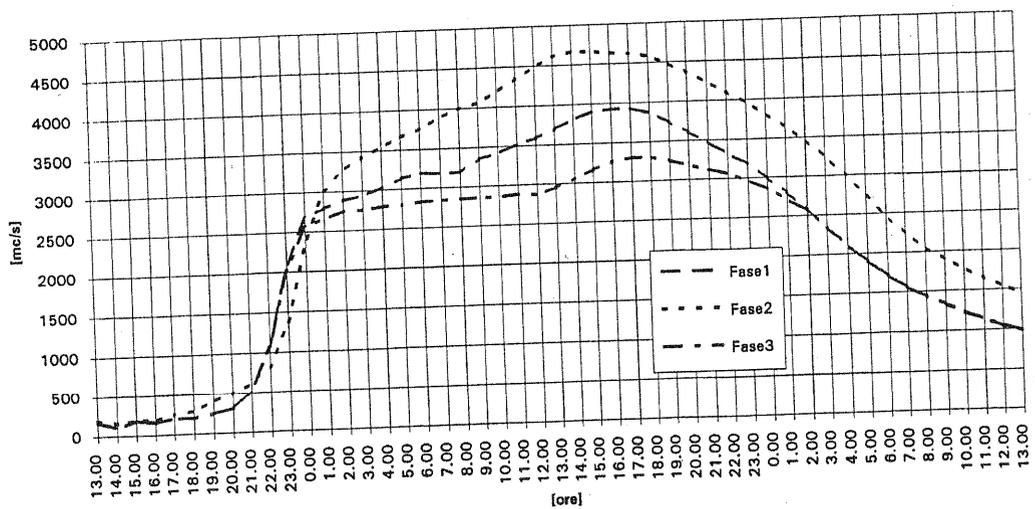
Arno a Nave di Rosano - Variante C
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



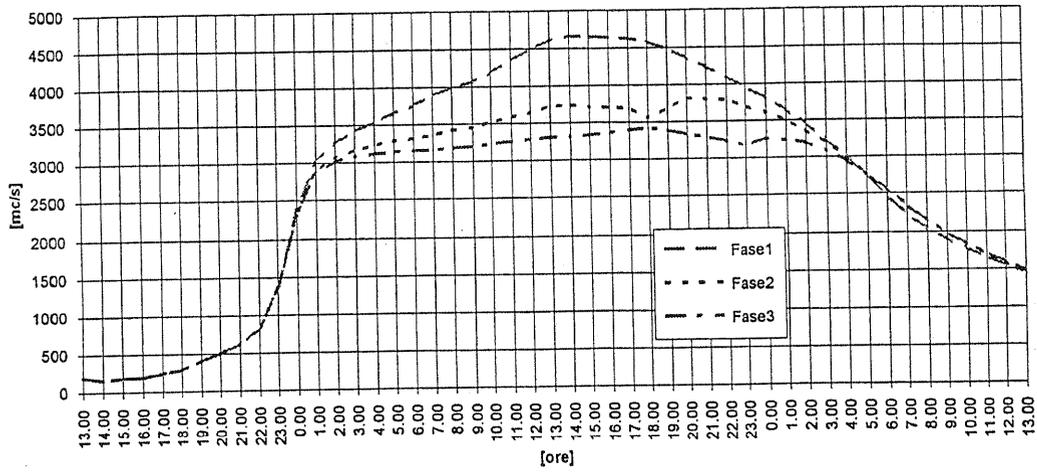
Arno a Rovezzano - Variante C
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



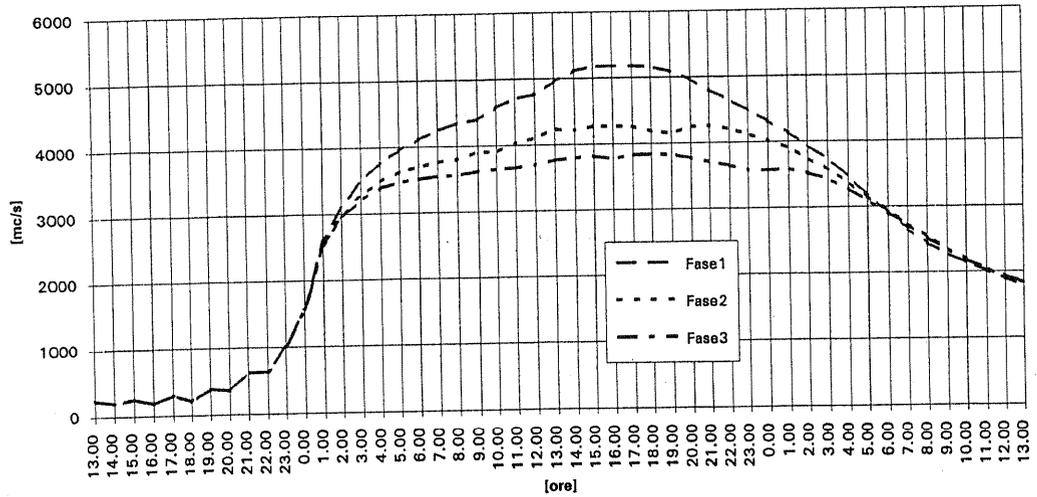
Arno a Signa - Variante C
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



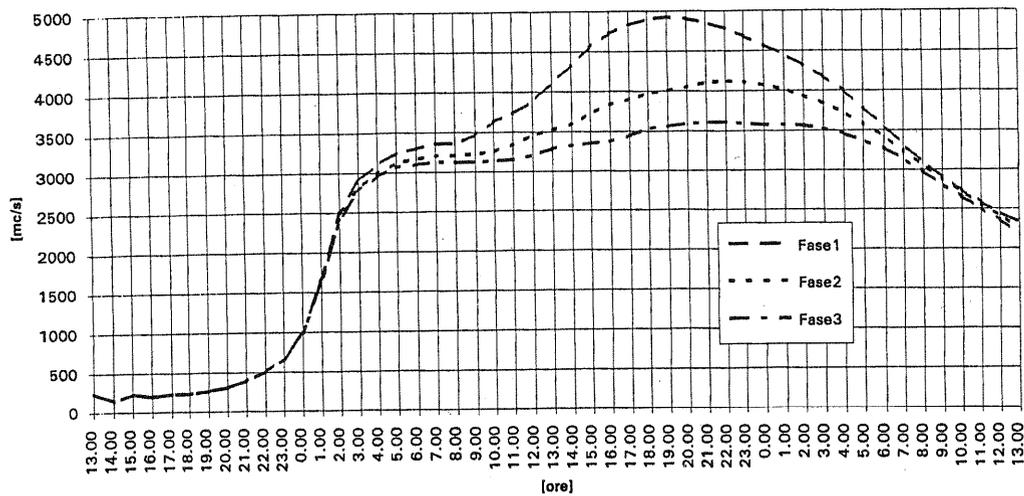
Arno a La Tinaia - Variante C
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



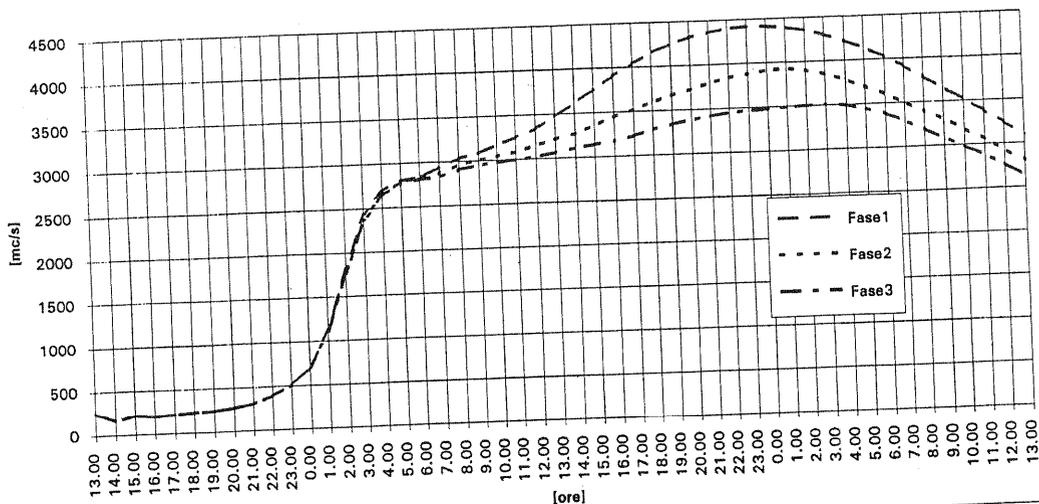
Arno a Marcignana - Variante C
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



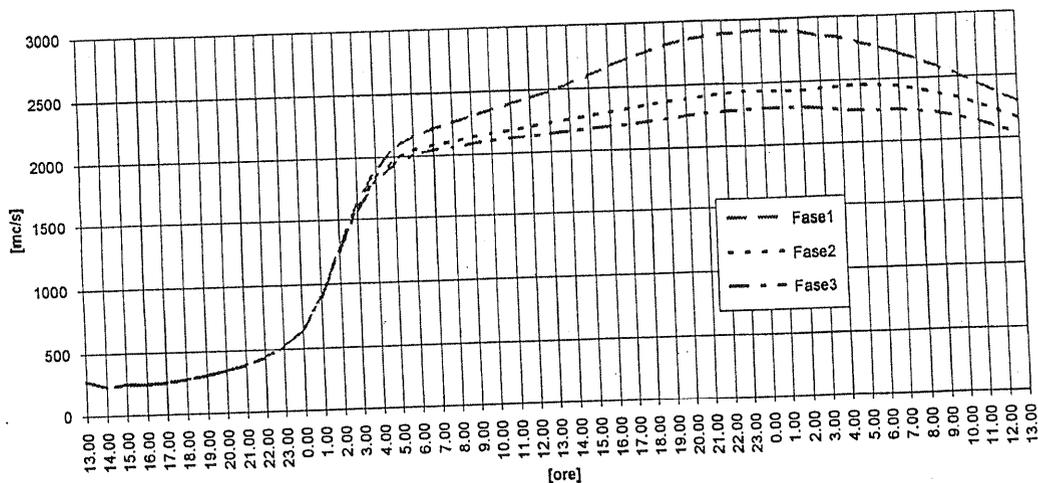
Arno a S. Croce - Variante C
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



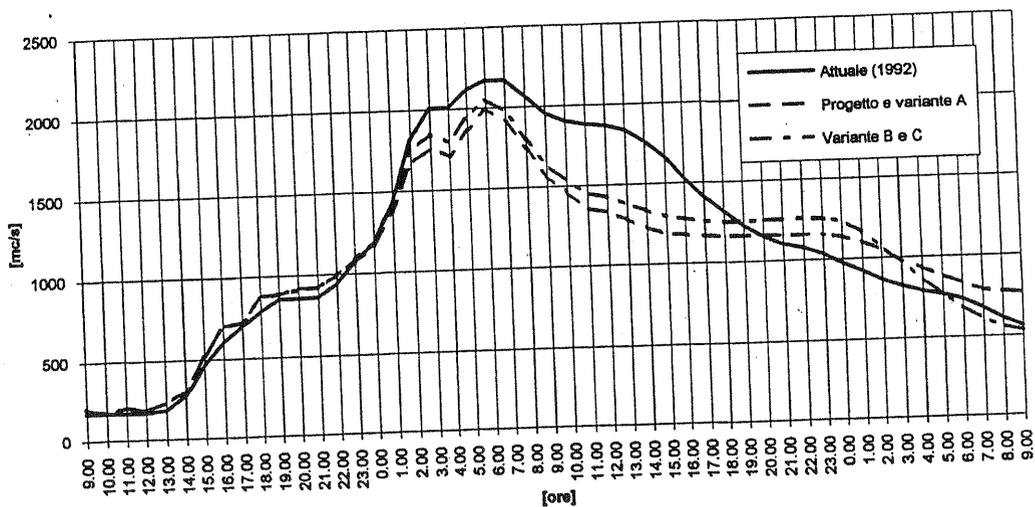
Arno ad Arnovecchio S. Donato - Variante C
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



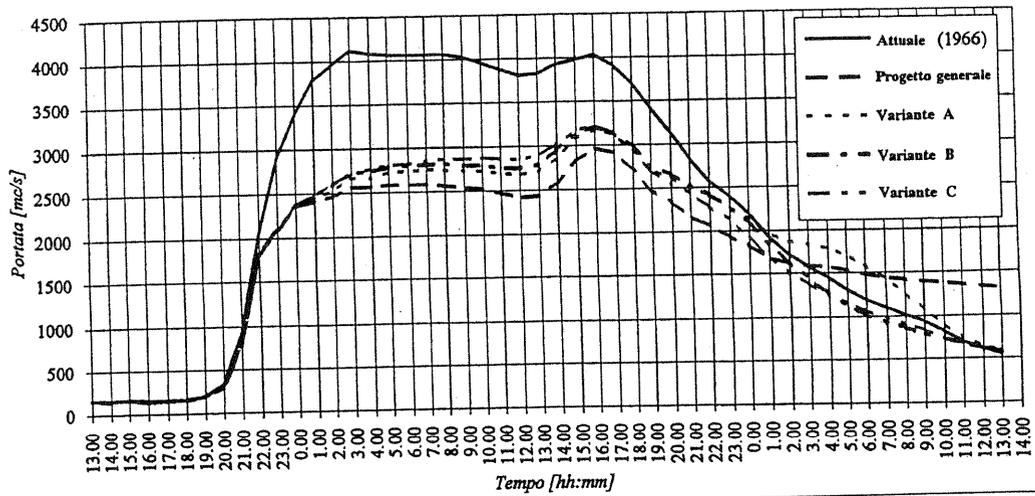
Arno a S. Giovanni alla Vena - Variante C
Idrogrammi di piena evento tipo 1966



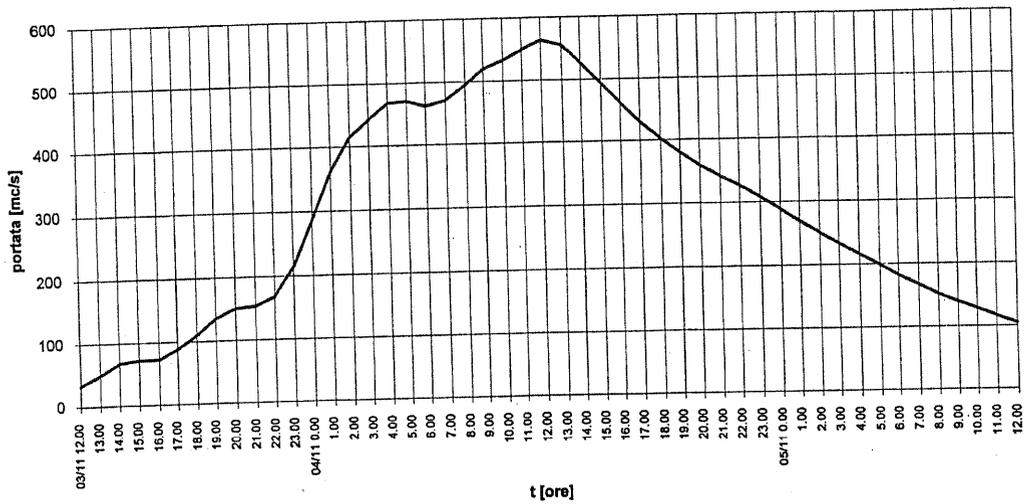
Arno a Rovizzano: confronto fra il progetto generale e le varie ipotesi di variante.



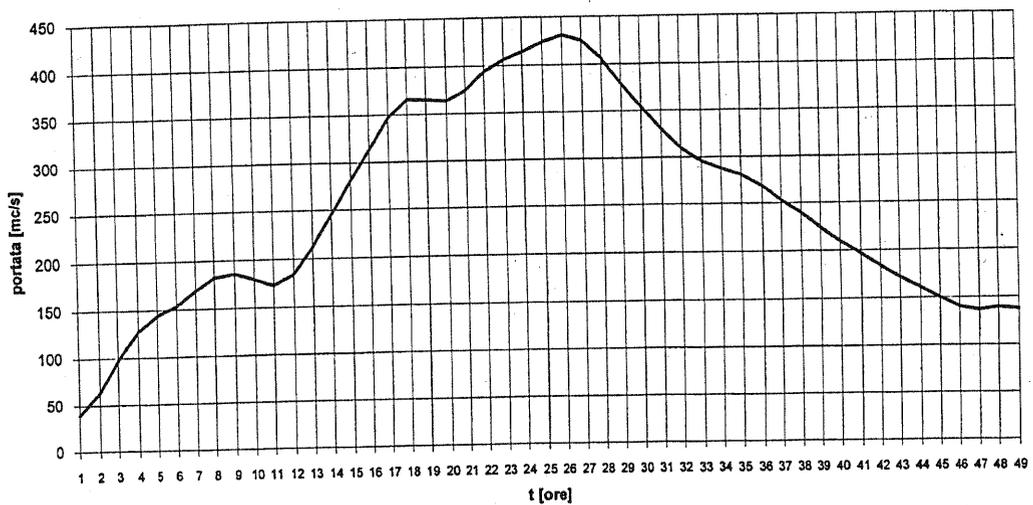
Arno a Rovezzano: confronto fra il progetto generale e le varie ipotesi di variante.
Idrogramma di piena evento tipo 1966



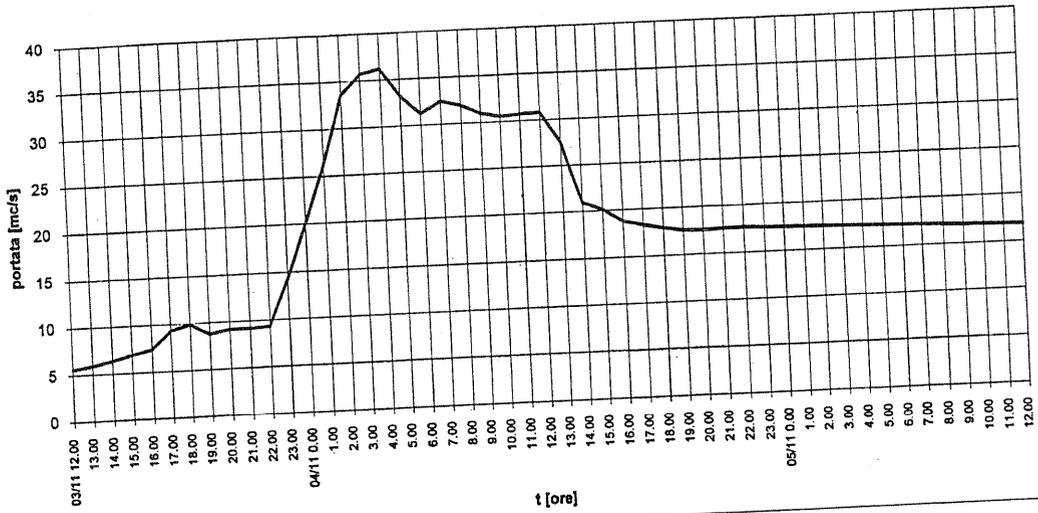
Evento 4 Novembre 1966
Sezione 246 - Confluenza Era



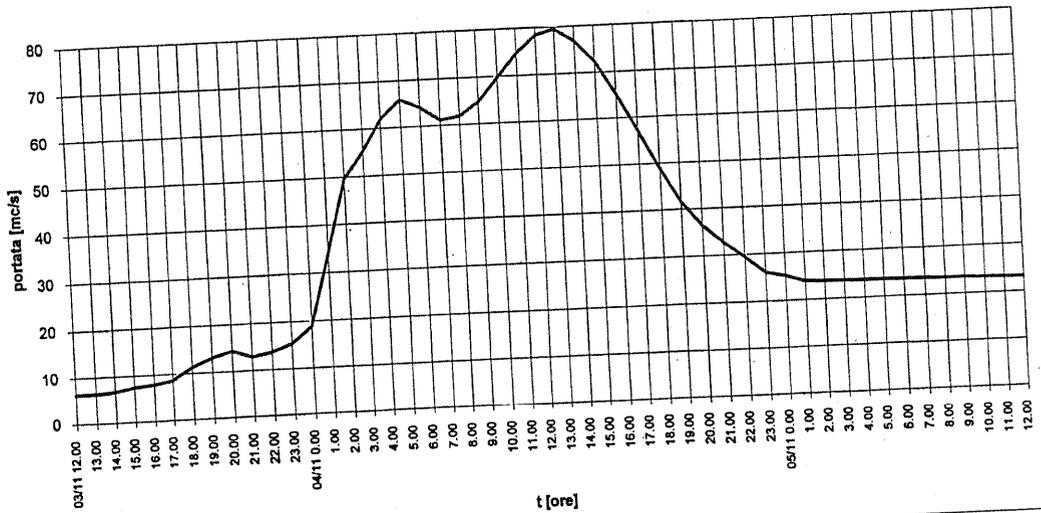
Evento 4 Novembre 1966
Sezione 267 - Confluenza Canale Usciana (Padule di Fucecchio)



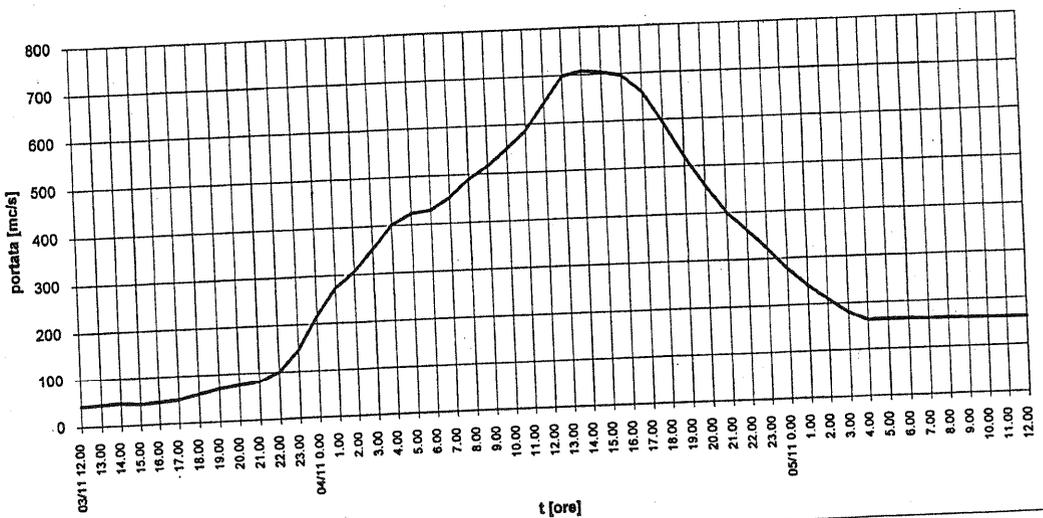
Evento 4 Novembre 1966
Sezione 292 - Confluenza Chiecina (tratto Egola - La Rotta)



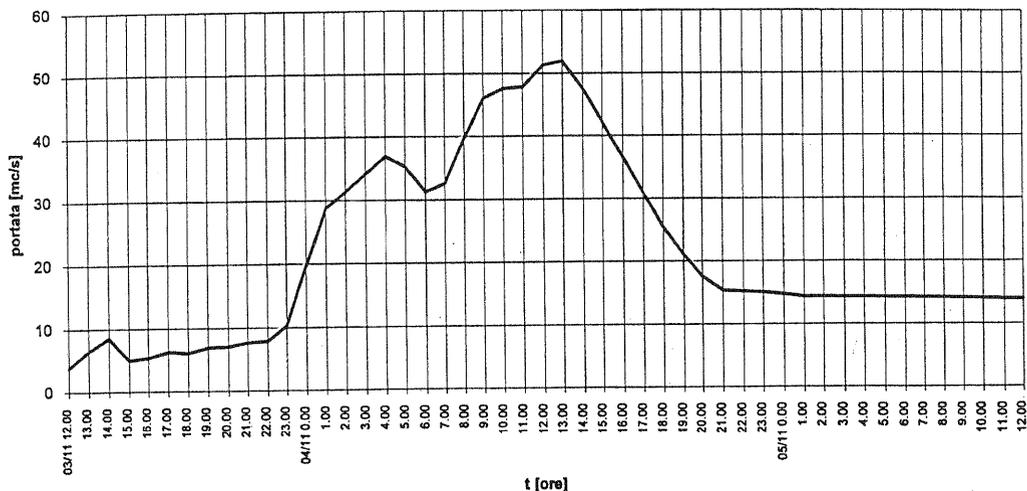
Evento 4 Novembre 1966
Sezione 329 - Confluenza Egola (tratto tra La Roffia e Egola)



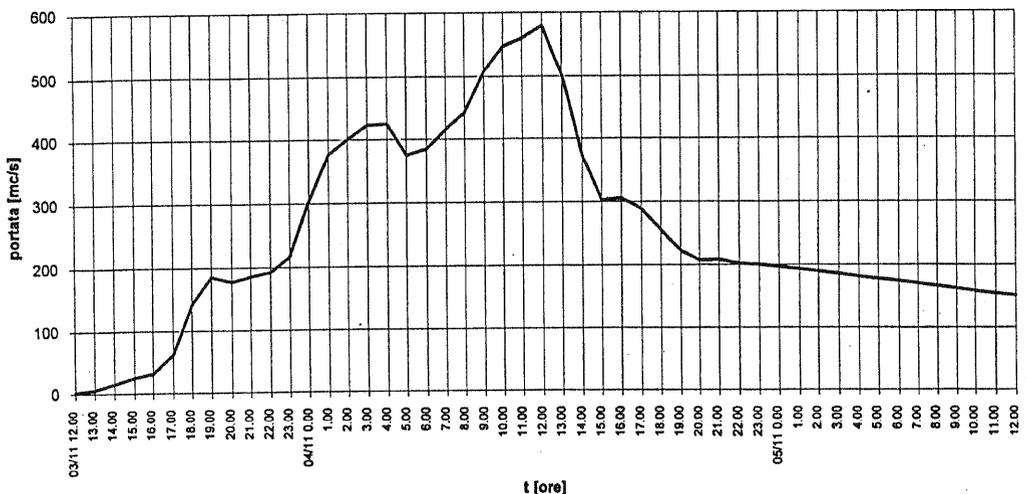
Evento 4 Novembre 1966
Sezione 356 - Confluenza Elsa (tratto tra Orme e La Roffia)



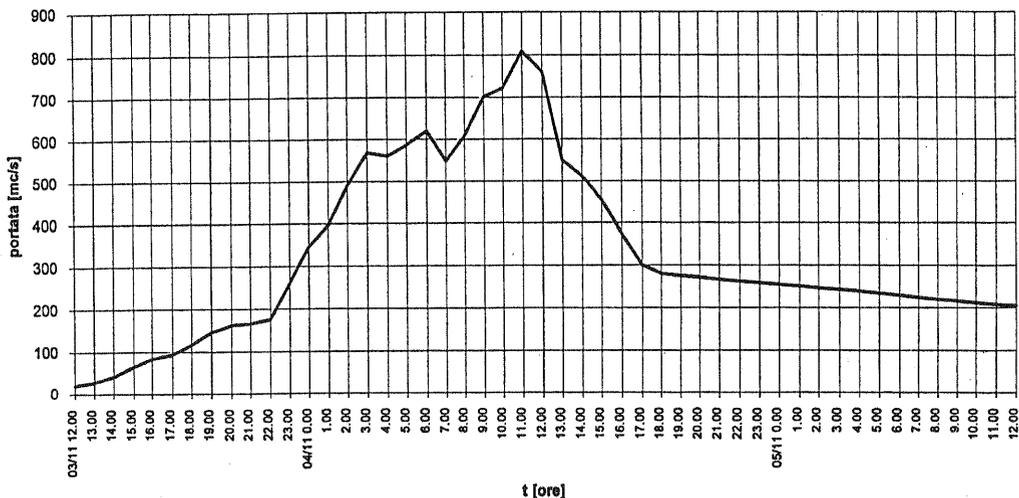
Evento 4 Novembre 1966
Sezione 395 - Confluenza Orme (tratto tra Pesa e Orme)



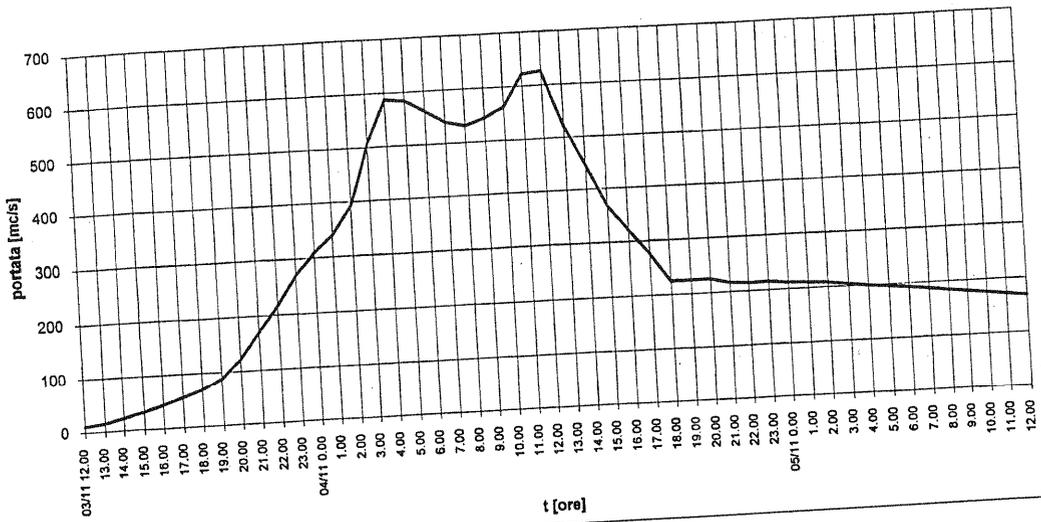
Evento 4 Novembre 1966
Sezione 420 - Confluenza Pesa (tratto tra Ombrone e Pesa)



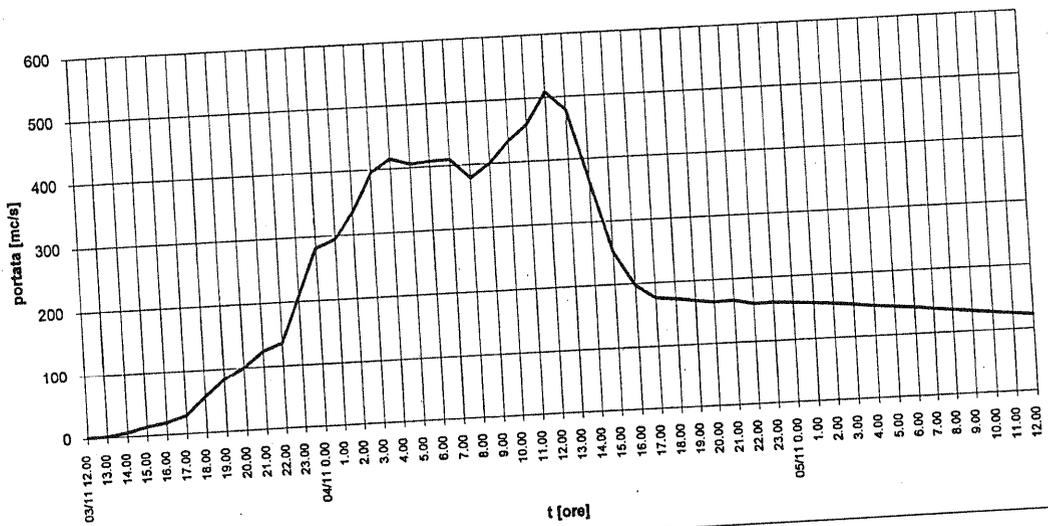
Evento 4 Novembre 1966
Sezione 479 - Confluenza Ombrone (tratto tra Renai e Ombrone)



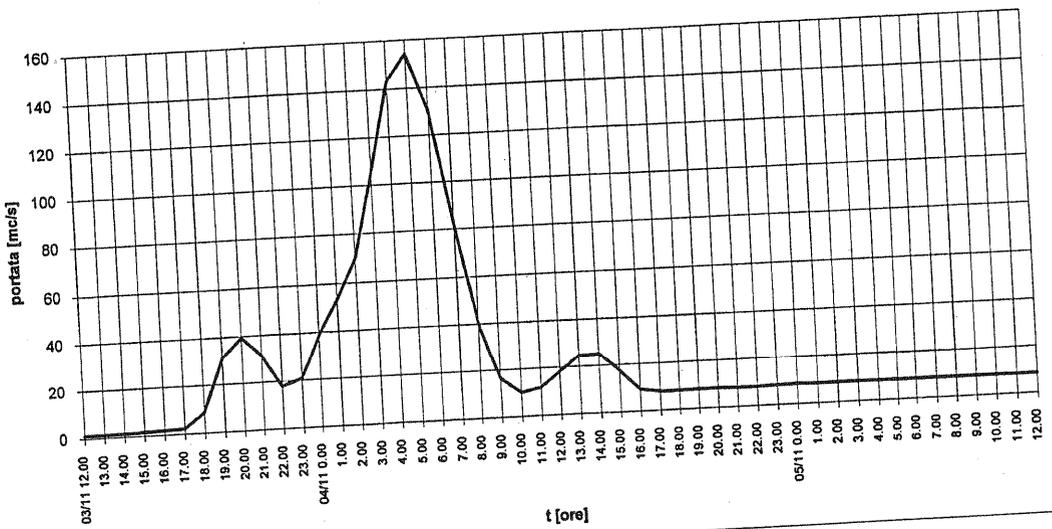
Evento 4 Novembre 1966
Sezione 513 - Confluenza Bisenzio (tratto tra Greve e Renai)



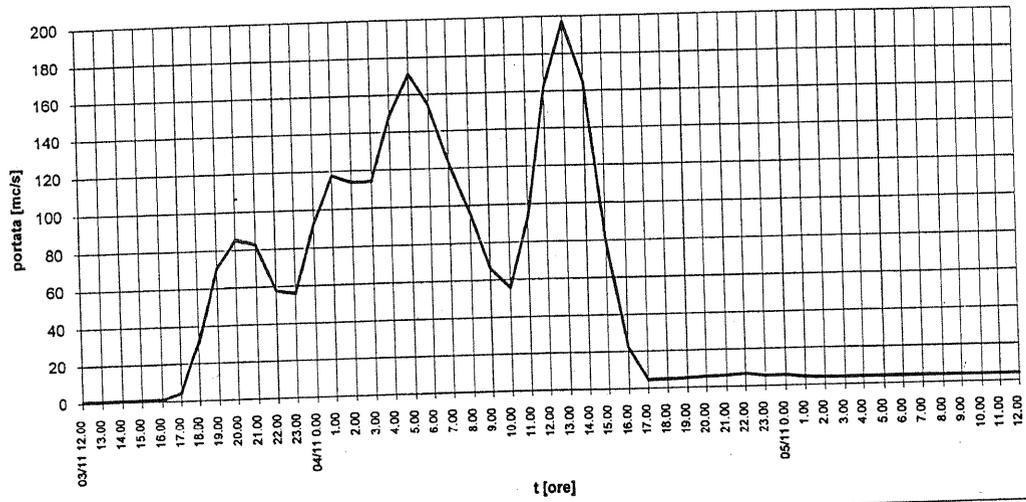
Evento 4 Novembre 1966
Sezione 534 - Confluenza Greve



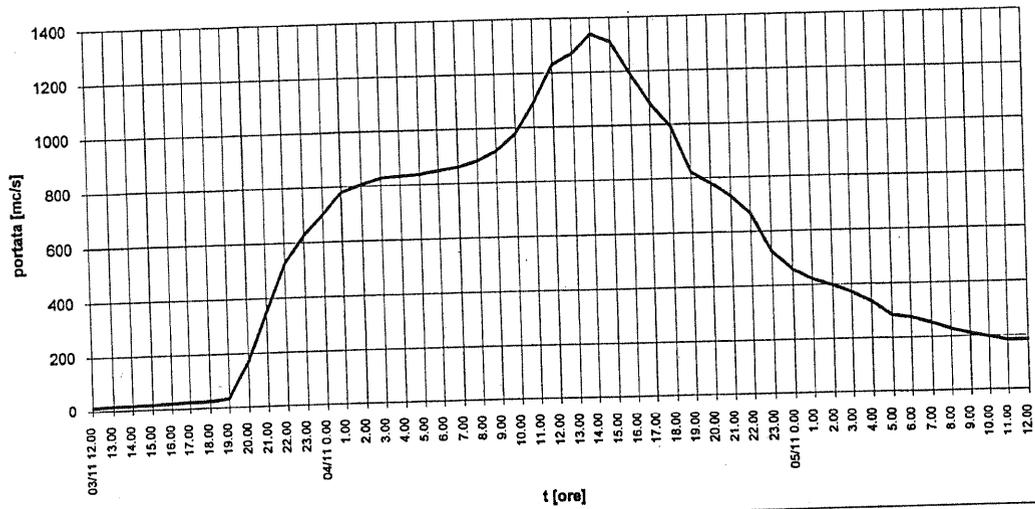
Evento 4 Novembre 1966
Sezione 538 - Confluenza Mugnone (tratto tra Rovezzano e Mugnone)



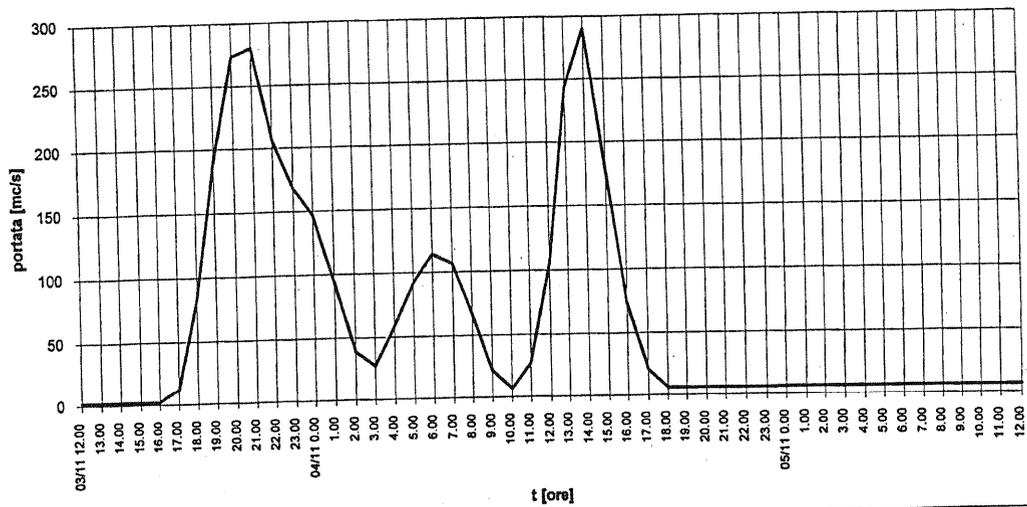
Evento 4 Novembre 1966
Sezione 659 - Confluenza Borro delle Sieci (tratto tra Rosano e Rovezzano)



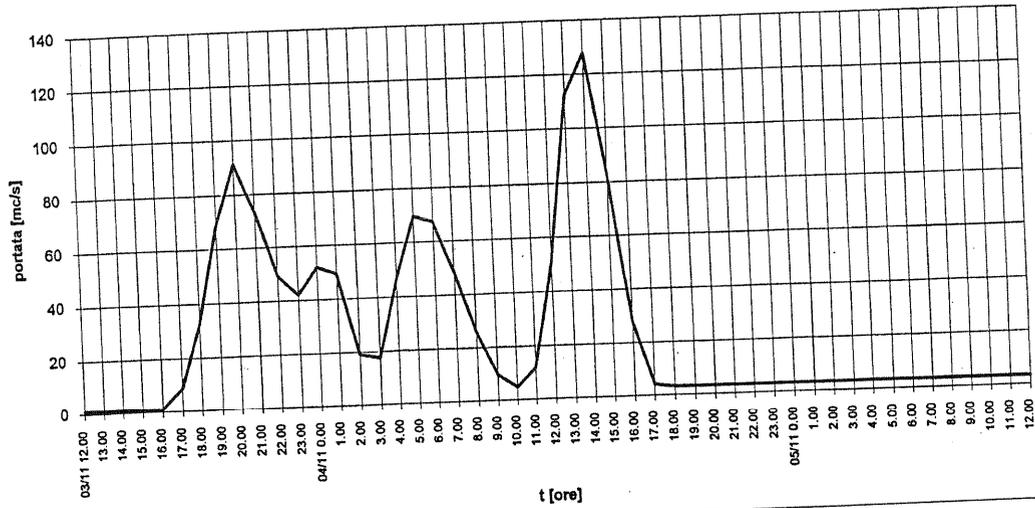
Evento 4 Novembre 1966
Sezione 688 - Sieve a Fornacina



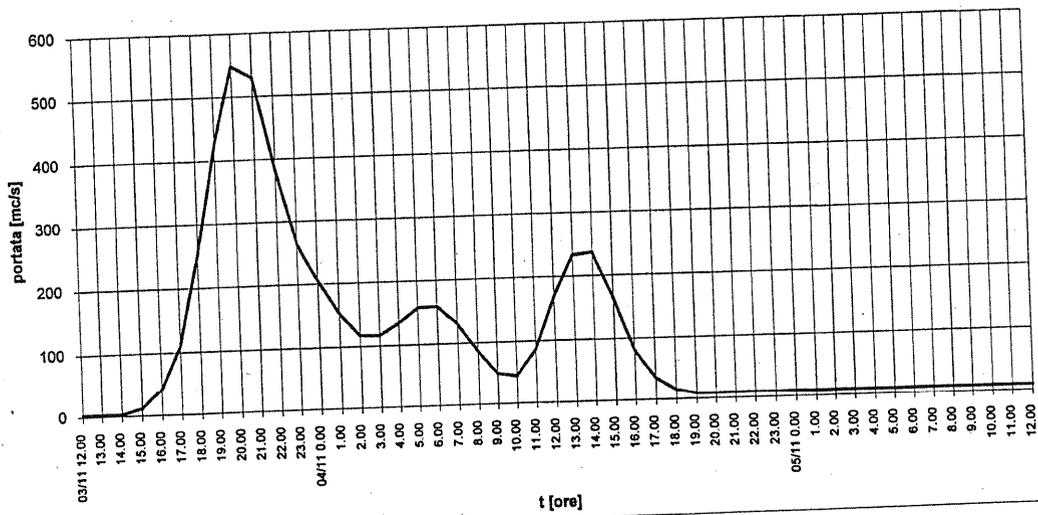
Evento 4 Novembre 1966
Sezione 712 - Confluenza T. Vicano (tratto tra Rignano e Rosano)



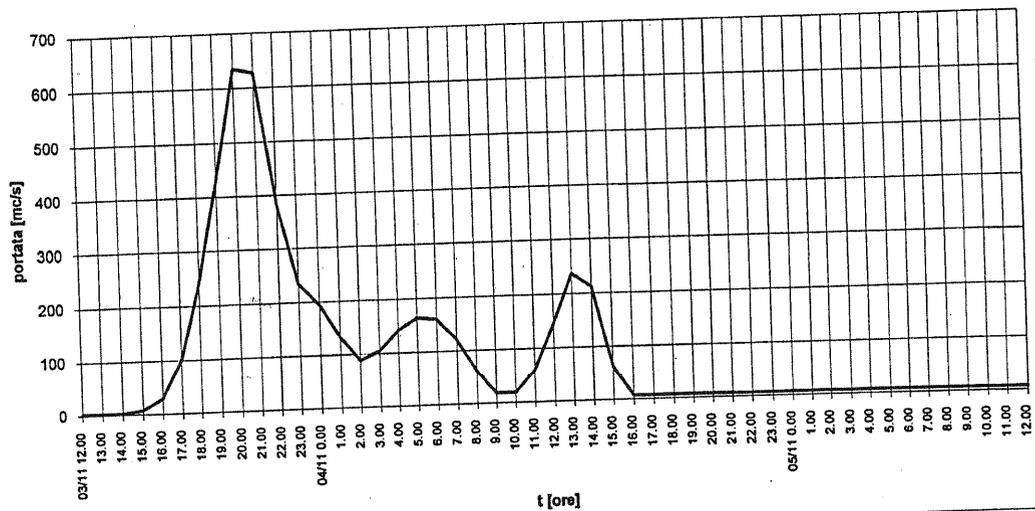
Evento 4 Novembre 1966
Sezione 742 - Contributo del tratto a monte della cassa di Rignano



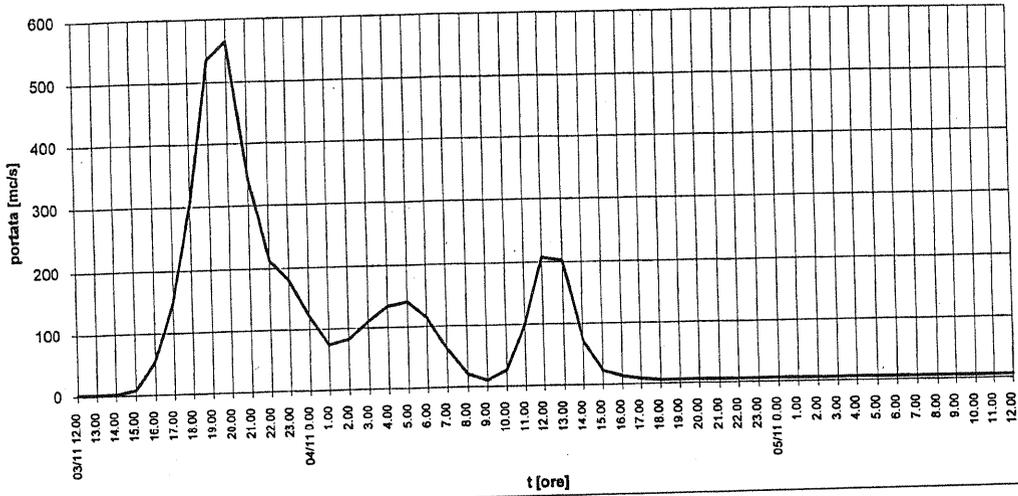
Evento 4 Novembre 1966
Sezione 807 - Contributo del tratto a monte della cassa di Incisa



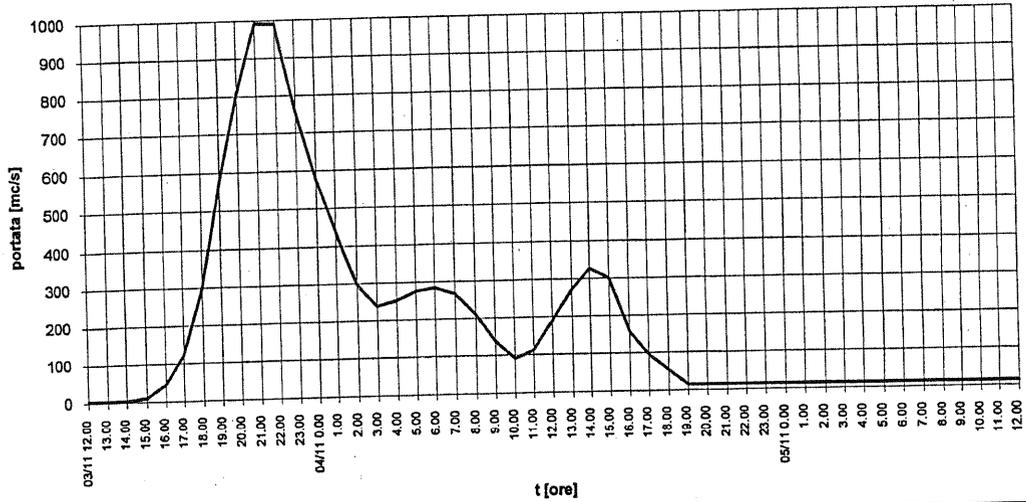
Evento 4 Novembre 1966
Sezione 839 - Contributo del tratto a monte della cassa di Figline



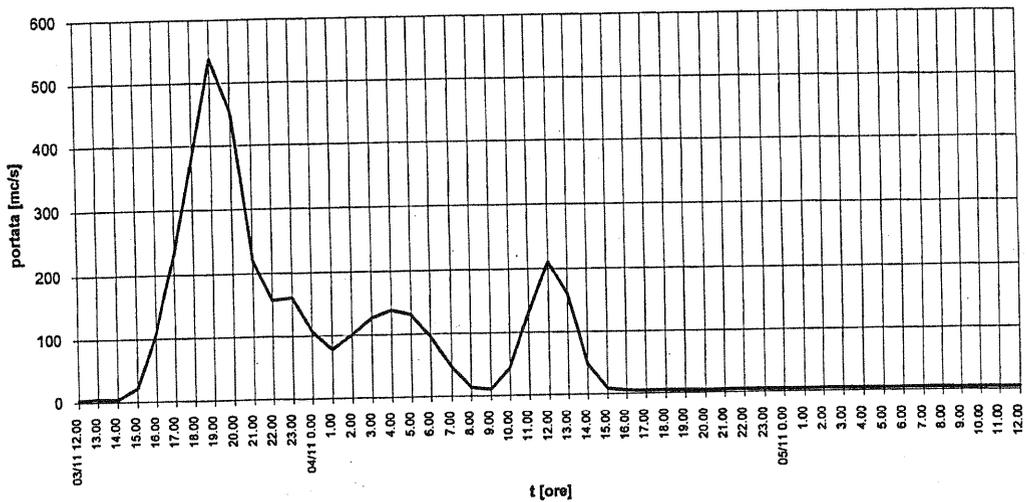
Evento 4 Novembre 1966
Sezione 859 - Confluenza T. Ciuffenna (tratto tra Ambra e S.Giovanni V.no)



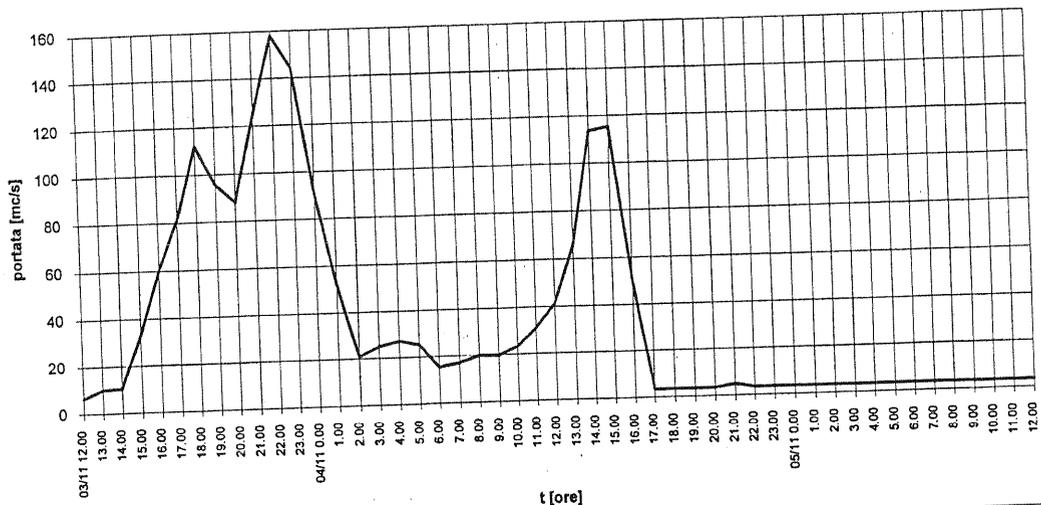
Evento 4 Novembre 1966
Sezione 881 - Confluenza Ambra (tratto tra Ponte del Romito e Ambra)



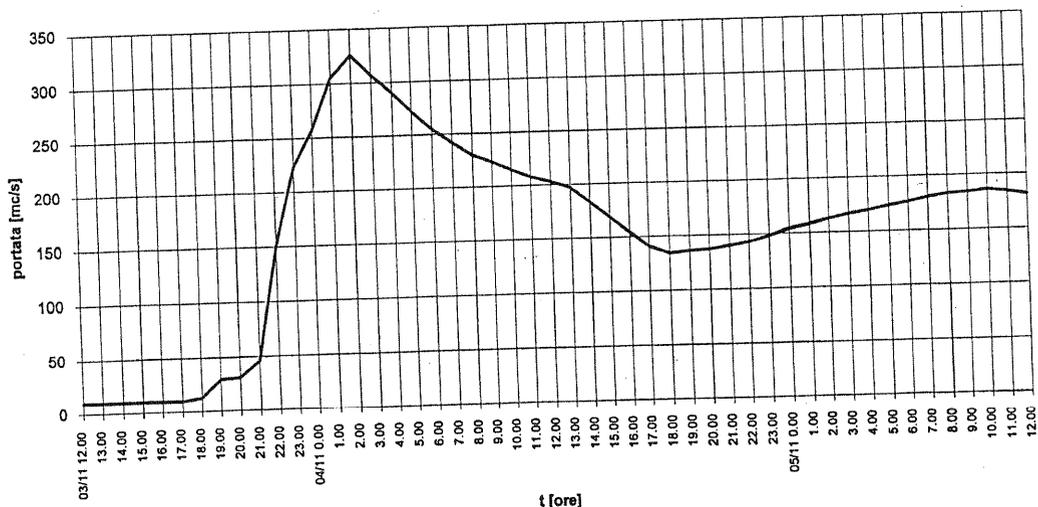
Evento 4 Novembre 1966
Sezione 943 - tratto a monte della cassa di Laterina



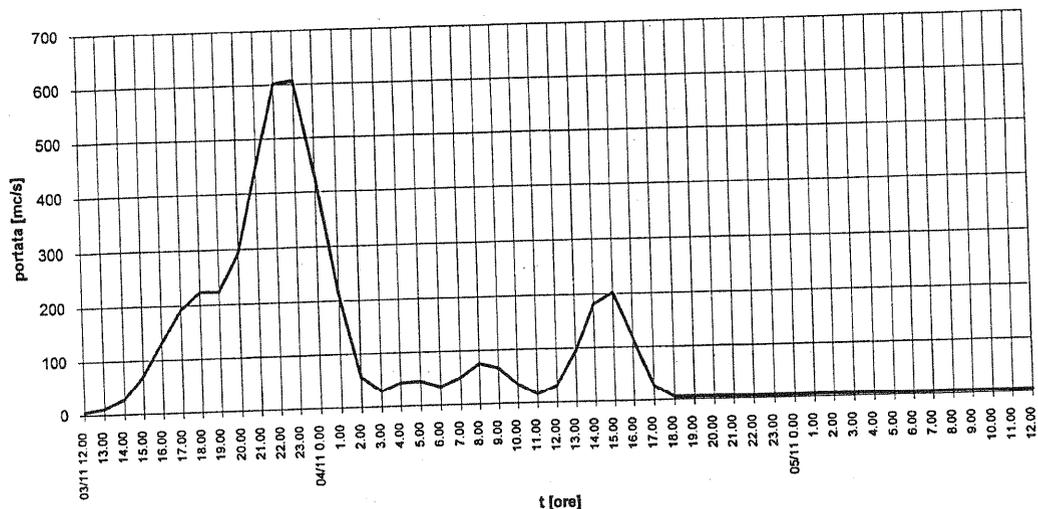
Evento 4 Novembre 1966
Sezione 980 - Confluenza Canale della Chiana



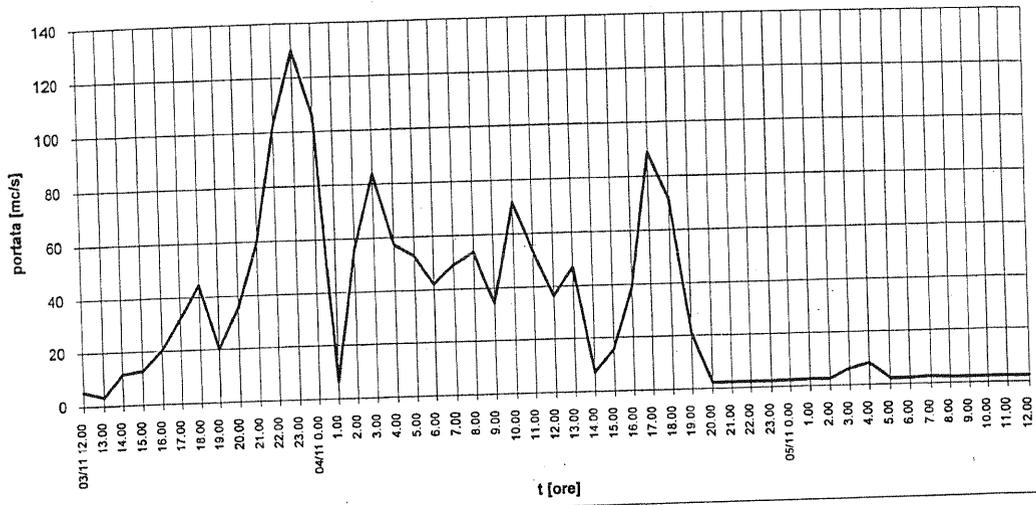
Evento 4 Novembre 1966
Sezione 982 - Canale della Chiana - tratto a monte del p.te Ferrovia



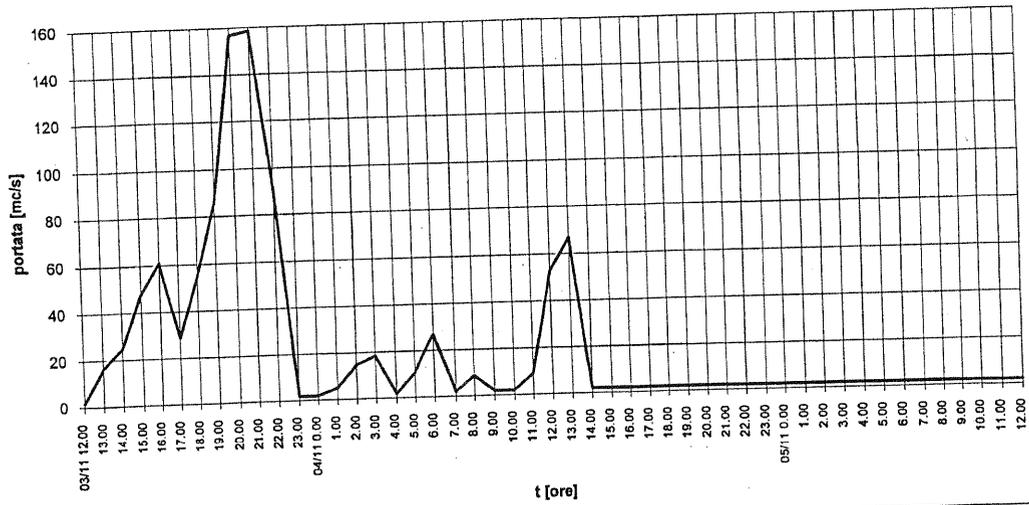
Evento 4 Novembre 1966
Sezione 1090 - Confluenza T. Chiassa (tratto tra Subbiano e Buriano)



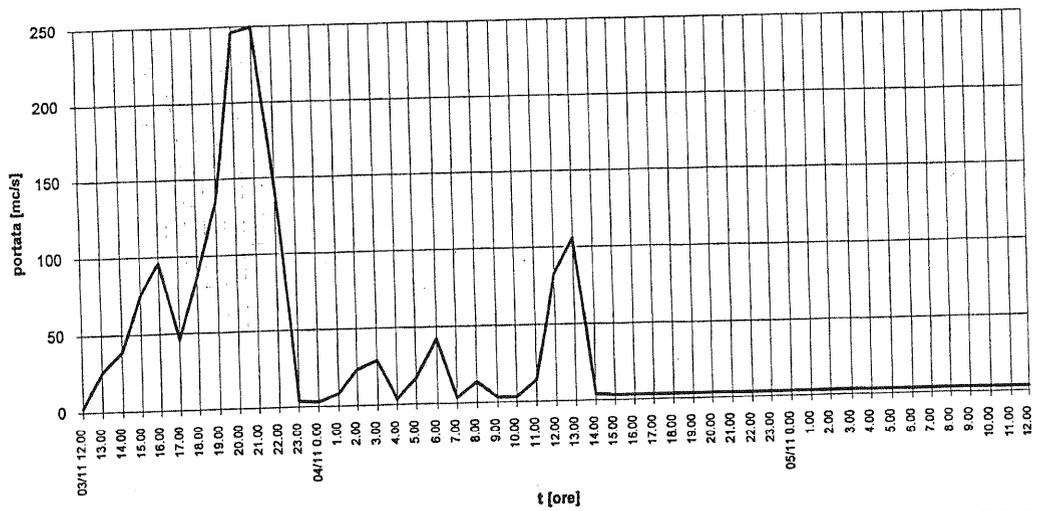
Evento 4 Novembre 1966
Sezione 1250 - tratto tra S. Mama e Subbiano



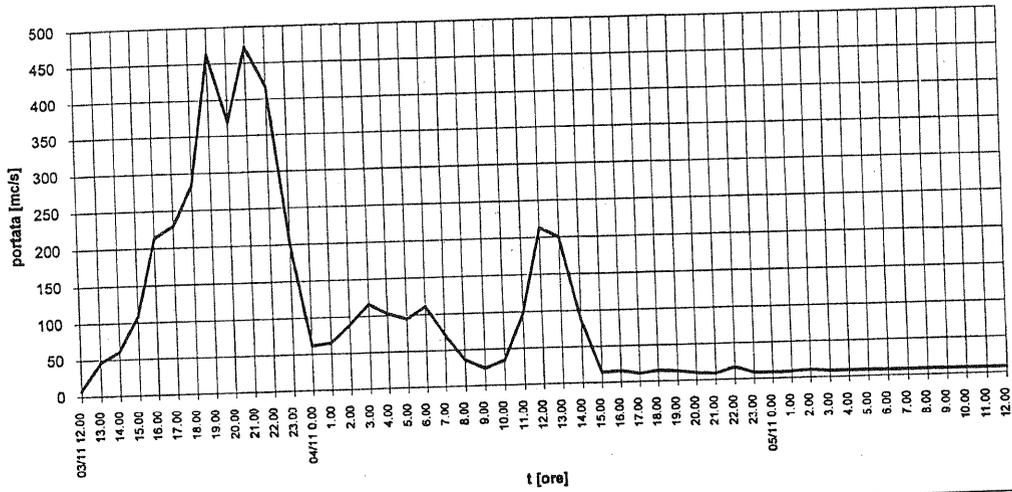
Evento 4 Novembre 1966
Sezione 1300 - Tratto tra Rassina e S. Mama



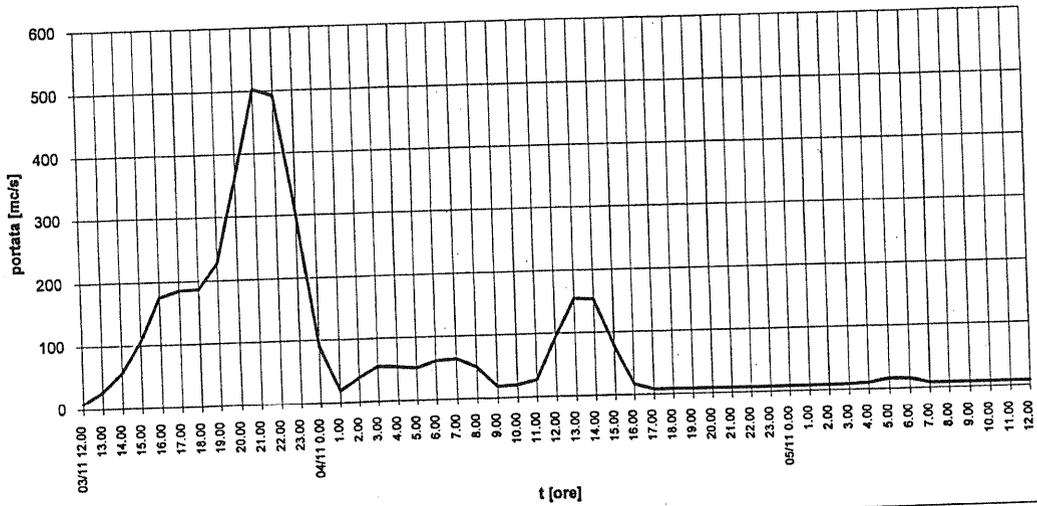
Evento 4 Novembre 1966
Sezione 1330 - tratto tra Corsalone e Rassina



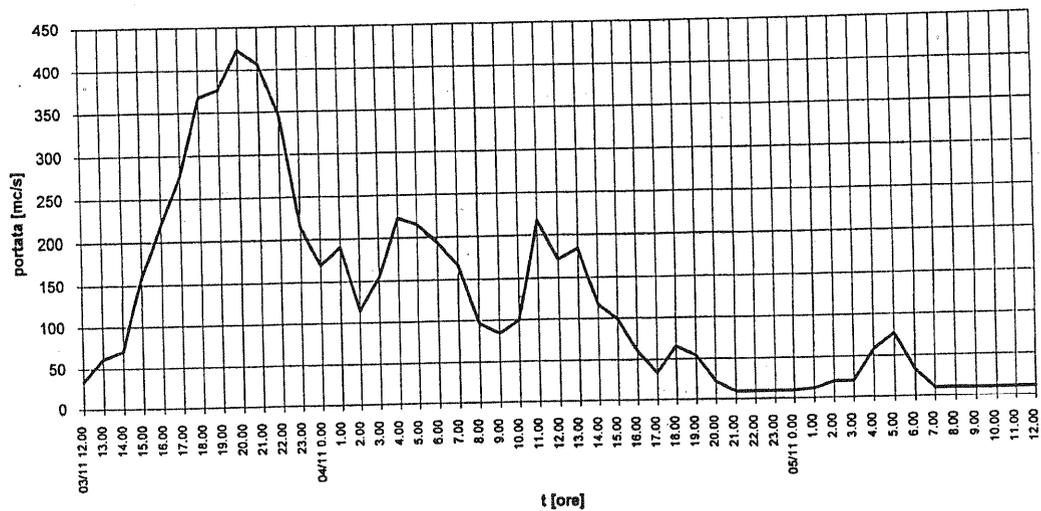
Evento 4 Novembre 1966
Sezione 1360 - tratto in corrispondenza di Rassina



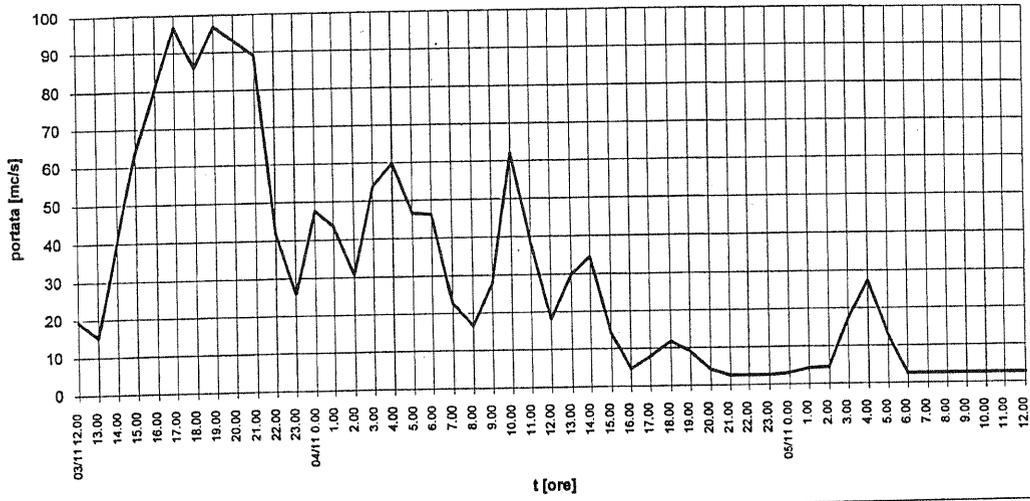
Evento 4 Novembre 1966
Sezione 1410 - tratto tra Bibbiena e Corsalone



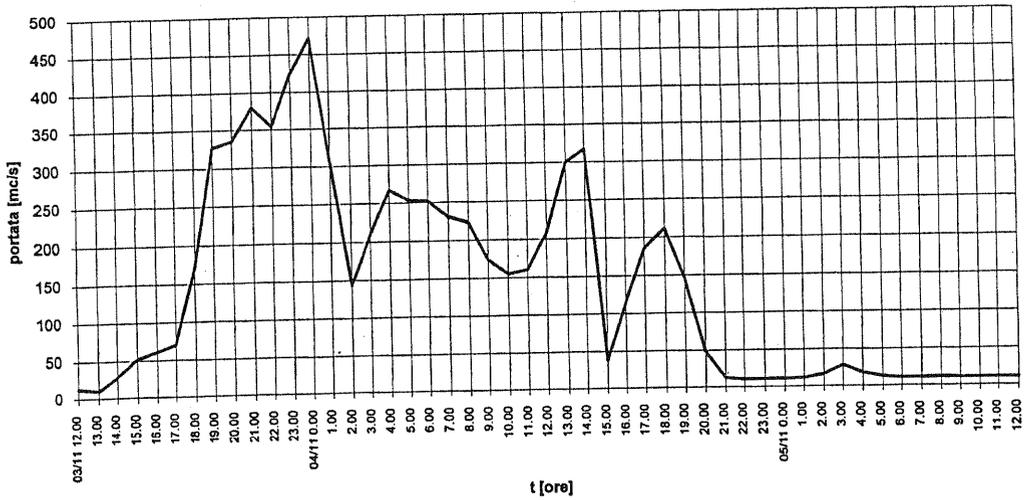
Evento 4 Novembre 1966
Sezione 1440 - tratto tra Poppi e Bibbiena



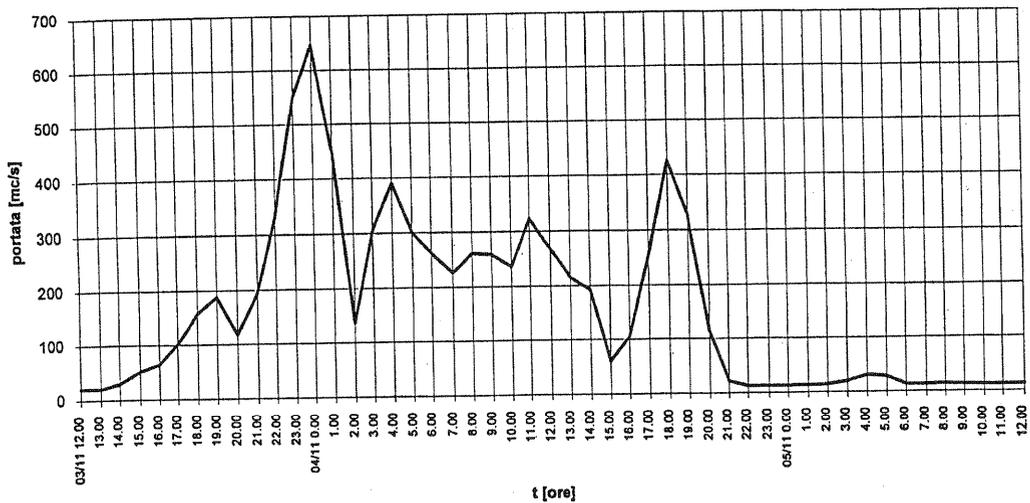
Evento 4 Novembre 1966
Sezione 1500 - tratto tra Campaldino e Poppi

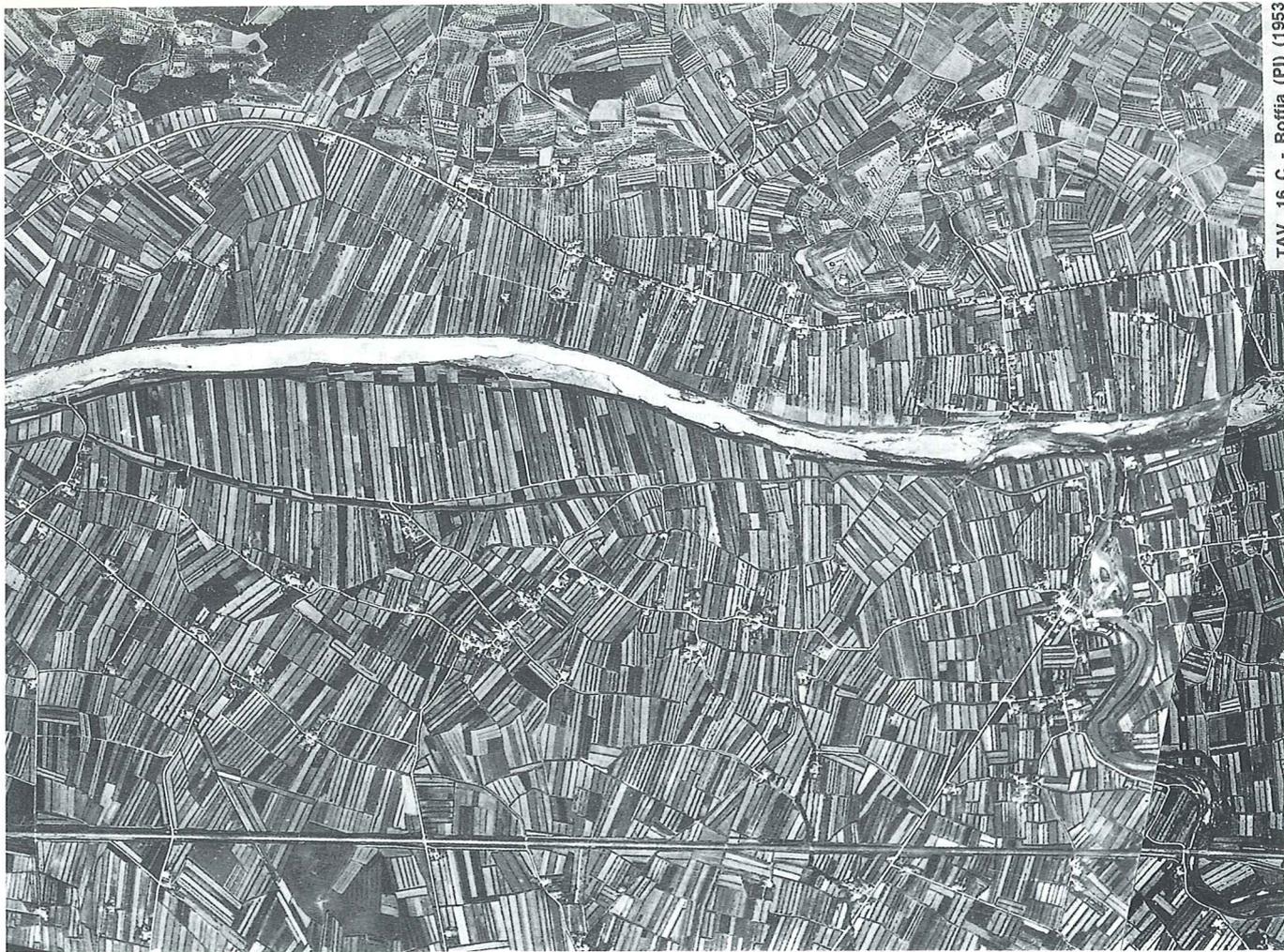


Evento 4 Novembre 1966
Sezione 1540 - tratto tra Pratovecchio e Campaldino



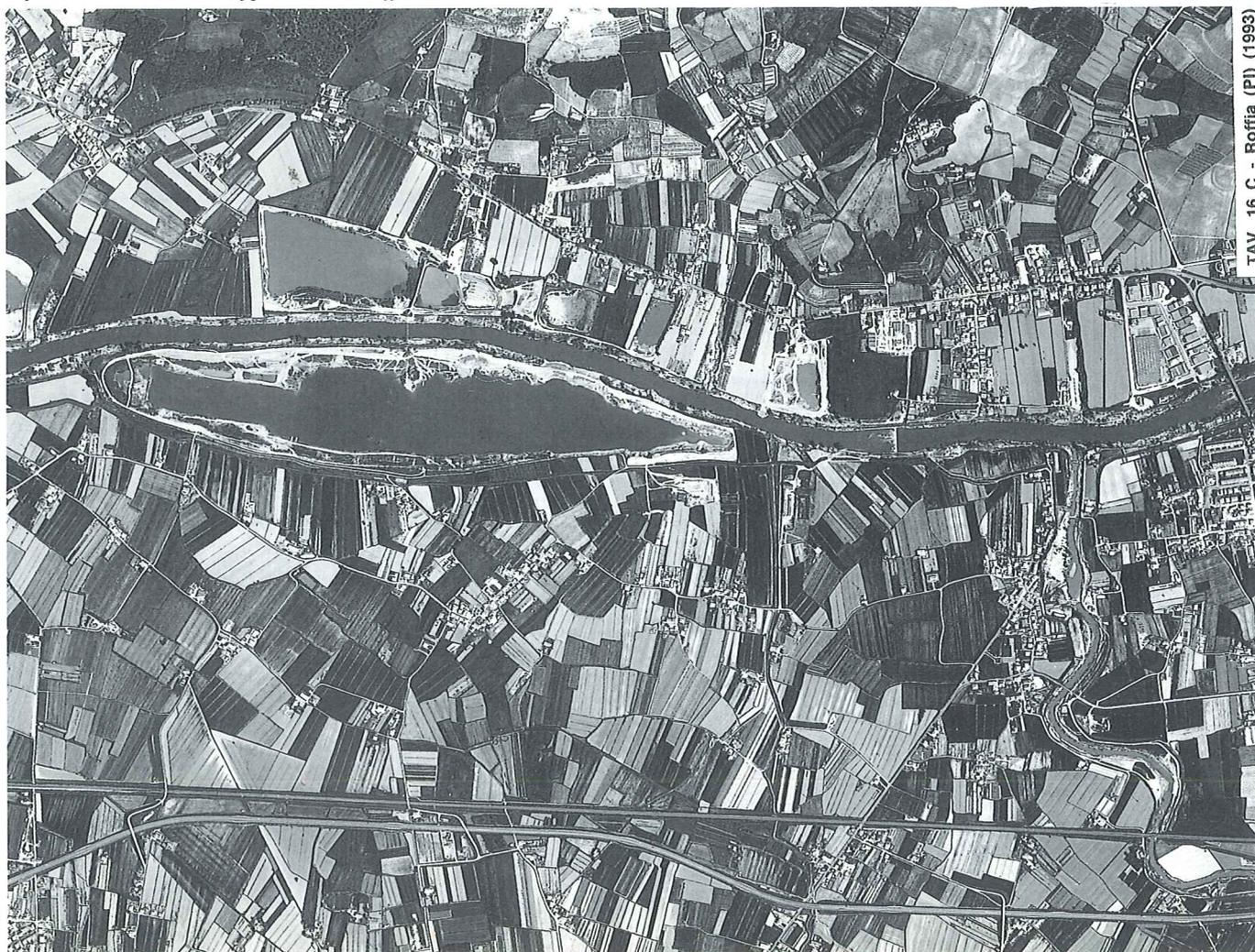
Evento 4 Novembre 1966
Sezione 1620 - tratto a monte di Pratovecchio





TAV. 16 C - Roffia (PI) (1953)

Trasformazioni del territorio (1954-1993): l'Arno presso Roffia, in Comune di S. Miniato (PI) - La scomparsa del reticolo idraulico minore e agrario e lo sviluppo edilizio nelle aree di pertinenza fluviale nel confronto tra foto aeree del 1954 (sopra) e del 1993 (sotto). Oltre all'edificato si notano oggi ampie escavazioni in destra e sinistra d'Arno, con conseguente formazione di specchi d'acqua, che rappresentano l'affioramento della falda freatica.



TAV. 16 C - Roffia (PI) (1993)

9 - Programmazione degli interventi e definizione delle risorse necessarie

Come emerge dalle analisi svolte nella prima parte del progetto di piano, le situazioni a rischio idraulico lungo l'Arno, specialmente in caso di evento eccezionale, sono localizzate a partire dal Casentino fino al medio-basso Valdarno con problematiche via via crescenti.

Problemi locali non trascurabili si hanno anche lungo i principali affluenti.

La riduzione del rischio idraulico, e quindi il raggiungimento di un accettabile livello di protezione delle aree attualmente urbanizzate e soggette ad inondazione, si concretizza nella sostanza mediante interventi di regimazione che, almeno fino ad una data portata di progetto, impediscono l'esondazione in tali aree.

Dalla previsione che tali interventi siano realizzati mediante arginature, discende che la quantità d'acqua, che nelle condizioni attuali si riversa nelle aree da salvaguardare, rimarrebbe confinata in alveo, aumentando la portata al colmo e quindi il rischio di esondazione per le zone di valle. Sono pertanto previsti, contestualmente ai piani di riduzione del rischio idraulico nelle aree urbanizzate, interventi di protezione idonei al controllo dei maggiori volumi di piena che si vengono automaticamente a creare diminuendo le aree esondabili.

A tale riguardo il progetto di piano individua e considera realizzabili opere secondo le seguenti tipologie d'intervento:

- a) il *potenziamento della capacità di laminazione delle residue aree fluviali* ancora disponibili all'esondazione sia lungo l'Arno, sia lungo gli affluenti, attraverso:
 - la realizzazione di aree ad esondazione controllata lungo l'Arno, ottenuta con la costruzione di casse d'espansione per un totale di circa 155 Mmc utilizzabili per la laminazione dell'onda di piena;
 - la realizzazione di aree ad esondazione controllata lungo gli affluenti per un totale di circa 152 Mmc;
- b) il *reperimento di capacità aggiuntive di accumulo* dei volumi di piena, attraverso:
 - la realizzazione di uno scolmatore dell'Arno a monte di Empoli, con scarico nel padule di Fucecchio per un volume di invaso utile di almeno 28-34 Mmc;
 - la costruzione di un analogo scolmatore dell'Arno a monte di Pisa e di Pontedera, con scarico nel padule di Bientina per un volume di 30-40 Mmc;
 - l'adeguamento dell'attuale scolmatore dell'Arno;
 - la realizzazione di invasi di laminazione sugli affluenti, quasi sempre in alternativa alle casse di espansione, con la creazione di un ulteriore volume massimo di circa 24 Mmc;
 - il sovrizzo delle dighe Enel di Levane e La Penna (AR) con adeguamento degli scarichi per la creazione di un volume massimo pari a 43 Mmc (a seconda delle varie ipotesi di intervento);
- c) l'*adeguamento della capacità di contenimento* dell'alveo, attraverso:
 - l'opportuna sistemazione delle strutture arginali nei tratti critici residui.

Con queste premesse il progetto di piano considera per la programmazione degli interventi e la definizione delle risorse necessarie le soluzioni progettuali indicate nel capitolo 7, da realizzare in tre fasi di cinque anni ciascuna.

Per quanto riguarda l'individuazione degli interventi si fa riferimento al progetto generale, riguardando le varianti solo la diversa quota dei sovrizzi delle dighe ENEL di Levane e La Penna e la loro attuazione temporale (fase 1 - 2 o 3), scelta che è rimandata all'adozione del piano.

Tale scelta comporterà variazioni per quanto riguarda la gradualità o la priorità di alcuni interventi,

data la diversa capacità di laminazione dei due invasi, come risulta dal prospetto che segue (cfr. 6.5.3.2.):

- a - sovrizzo delle dighe di Levane (quota 172 m.) e La Penna (quota 209 m.), con adeguamento degli scarichi di fondo, di quest'ultima, con effetto di laminazione complessiva pari a 43 Mmc;
- b - sovrizzo più contenuto della diga di La Penna (quota 206 m.) e adeguamento dello scarico di fondo, con effetto di laminazione pari a 28 Mmc;
- c - nessun sovrizzo, adeguamento dello scarico di fondo della diga di La Penna, con effetto di laminazione pari a 8 Mmc;
- d - nessun intervento sulle dighe, realizzazione delle casse di espansione di Buriano e Laterina, con effetto di laminazione pari a circa 14 Mmc.

Per la definizione delle soluzioni diverse da quella prevista nel progetto generale è da tener presente che, nel caso non si realizzino nella 1^a fase gli interventi sulle dighe, è necessario intervenire prioritariamente nel Casentino già nella 1^a fase con più numerose casse di espansione o aree di esondazione controllata e con soglie regolabili per poter laminare anche eventi alluvionali di minore importanza.

Va in questo senso anche l'intervento previsto sul torrente Corsalone.

Le tabelle allegate sintetizzano i costi degli interventi previsti lungo il corso dell'Arno (tab. 9.1) e degli affluenti (tab. 9.2 - 9.3 - 9.5) nelle varie fasi di realizzazione del progetto generale e delle varianti.

In particolare la tabella 9.7 riassume il fabbisogno finanziario del progetto generale e delle varianti, con un raffronto dei costi e della strutturazione degli interventi in fasi realizzative.

Tabella 9.1 - Casse di espansione sul corso del fiume Arno: sintesi dei volumi per la laminazione delle piene e costi.

Località	Volume massimo invasabile (Mmc)	Costi (Mld)
Pratovecchio	6,10	21,35
Campaldino	4,33	15,22
Poppi	6,63	23,10
Bibbiena	2,55	8,75
Corsalone	1,87	6,30
Rassina	1,59	5,60
Castelluccio	2,13	7,70
* Buriano	(8,21)	(28,73)
* Laterina	(6,24)	(21,84)
Figline	16,59	58,10
Incisa	6,53	22,75
Rignano	12,38	43,05
Argingrosso	1,34	4,55
Renai 1	14,79	51,80
Renai 2	3,91	13,65
S.Colombano	7,69	26,95
Fibbiana	3,75	10,85
La Roffia	17,90	62,65
Santa Croce (S. Donato - S. Pierino)	7,37	25,90
Montopoli	8,63	30,10
Campo-S. Jacopo-Musigliano (PI)	14,70	51,60
TOTALE	140,78 (155,23)	490,42 (541,00)

* - In alternativa al sovrizzo delle dighe di Levane e La Penna

9.1 - Fasi temporali di realizzazione del piano, obiettivi e costi

FASE 1 (Tempi di espletamento entro 5 anni)

Obiettivo specifico

Riduzione del rischio idraulico con contenimento lungo l'Arno di eventi di piena del tipo di quello verificatosi nel 1992.

Interventi strutturali

- Sovralzo delle dighe di Levane e La Penna (AR), rispettivamente a quote 172 e 209.
- Realizzazione di casse di espansione lungo l'Arno, privilegiando quelle riguardanti aree ambientali disestrate e/o di più facile realizzazione e di maggiore efficacia.
- Realizzazione di casse di espansione sugli affluenti, con priorità degli interventi per quelle a valle delle dighe ed in particolare per l'Ambra e la Sieve.
- Adeguamenti arginali in zone critiche.

Interventi gestionali

- Completamento dei sistemi di monitoraggio.
- Messa a punto di piani di protezione civile.
- Misure di salvaguardia con vincolo di non edificazione nelle aree in cui sono previsti interventi, anche da realizzarsi nelle fasi successive, e nelle aree di pertinenza fluviale ancora libere da urbanizzazione sia per motivi di sicurezza, sia per mantenere la possibilità di interventi di riserva e per motivi ambientali.
- Progressivo svincolo delle aree sulla base di regolamentazioni a livello comunale ("Piani struttura", previsti dalla L.R. n.5/94), via via che si procederà alla realizzazione degli interventi.
- Attuazione di piani di assicurazione e di fondi di solidarietà per soggetti a rischio.

Dettaglio degli interventi strutturali (cfr. relativi paragrafi)

a - Sovralzo dell'invaso ENEL di Levane.

Il progetto prevede di portare la quota di invaso massimo degli attuali 167,5 m. s.l.m. a 172 m. s.l.m., con un incremento di volume massimo utilizzabile per la laminazione di eventi di piena di 10 Mmc.

Stima del costo dell'intervento 40 Mld

b - Sovralzo dell'invaso ENEL di La Penna.

Il progetto prevede di portare la quota di invaso massimo dagli attuali 203,5 a 209 m s.l.m., con un incremento di volume di massimo invaso utilizzabile per laminare eventi di piena pari a 18 Mmc per piene decennali con necessità di laminazione; 33 Mmc in condizioni di emergenza per laminazione di piene secolari. Il progetto prevede inoltre l'ampliamento degli scarichi di fondo, elevando la portata in uscita nelle condizioni di massimo invaso dagli attuali 630 mc/sec a 1350 mc/sec. L'insieme degli interventi nei due invasi consentirà di laminare 43 Mmc di acqua.

Stima del costo dell'intervento (a+b) 325 Mld

c - Casse di espansione lungo il corso del fiume Arno.

Le località in cui sono previsti interventi, con indicazioni del volume massimo invasabile, sono riportate in tabella 9.1. L'insieme degli interventi consente una esondazione controllata pari a circa 114 Mmc.

Stima del costo degli interventi 400 Mld

d - *Casse di espansione e interventi sugli affluenti.*

Viene data priorità agli interventi a valle delle dighe ENEL, salvo necessità locali urgenti, in modo particolare per Ambra e Sieve. Gli interventi previsti in questa fase, con indicazione della percentuale rispetto al totale degli interventi previsti dal Piano (nei complessivi 15 anni) sono riportati in tabella 9.3.

Stima dei costi degli interventi di prima fase sugli affluenti (fra parentesi costi di soluzioni alternative)	251 Mld	(168 Mld)
---	---------	-----------

Altri interventi previsti:

e - <i>Adeguamenti arginali, eliminazione rigurgiti, etc. (interventi prioritari)</i>	100 Mld	
f - <i>Diversivo di Pontedera (con effetto di sicurezza locale)</i>	10 Mld	
g - <i>Manutenzione straordinaria (interventi prioritari)</i>	100 Mld	
h - <i>Sistemazioni idraulico - forestali di 1ª fase</i>	100 Mld	
i - <i>Piani di protezione civile</i>	10 Mld	
TOTALE COSTI 1ª FASE	1.336 Mld	(1.253 Mld)

FASE 2 (Tempi di espletamento entro 10 anni)

Obiettivo specifico

Riduzione del rischio idraulico con contenimento lungo l'Arno di eventi di piena del tipo di quello verificatosi nel 1966, senza margini di sicurezza.

Interventi strutturali

- Realizzazione di scolmatori nei paduli di Fucecchio e di Bientina.
- Realizzazione di casse di espansione sugli affluenti.
- Adeguamenti arginali in zone critiche (completamento).

Interventi gestionali

- Riduzione delle aree vincolate.
- Riduzione dell'entità dei piani di assicurazione e dei fondi di solidarietà per soggetti a rischio.

Dettaglio degli interventi strutturali (cfr. relativi paragrafi)

a - *Realizzazione di due scolmatori per la laminazione nei paduli di Fucecchio e di Bientina:*

Fucecchio	28,00/34,00 Mmc	
Stima del costo dell'opera		300 Mld
Bientina	30,00/40,00 Mmc	
Stima del costo dell'opera		60 Mld

b - *Casse di espansione e interventi sugli affluenti.*

Vengono completati gli interventi previsti sull'Ambra e sulla Sieve. Su tutti gli affluenti si realizzano il 50% degli interventi previsti. Gli interventi previsti in questa fase, con indicazioni della percentuale rispetto al totale degli interventi previsti dal progetto di piano (nei complessivi 15 anni) e dei relativi costi (fra parentesi ipotesi alternative), sono

riportati nella tabella 9.3.
 Stima del costo degli interventi 251 Mld (168 Mld)

Altri interventi previsti:

c - Adeguaamenti arginali (completamento)	100 Mld	
d - Manutenzione straordinaria (completamento)	70 Mld	
e - Sistemazioni idraulico - forestali di 2 ^a fase	65 Mld	
	846 Mld	(763 Mld)
TOTALE COSTI 2 ^a FASE		

FASE 3 (Tempi di espletamento entro 15 anni)

Obiettivo specifico

L'Arno e gli affluenti avranno solo esondazioni controllate nelle casse e negli invasi di laminazione.

Interventi strutturali

Realizzazione di tutti gli interventi residui individuati.

Interventi gestionali

Eliminazione di buona parte dei vincoli idraulici.

Dettaglio degli interventi strutturali (cfr. relativi paragrafi)

a - Casse di espansione residue lungo il corso del fiume Arno.

Le località in cui sono previsti gli interventi, con indicazione del volume massimo invasabile, sono riportate nella tabella 9.1.

L'insieme degli interventi consente una esondazione controllata pari a 25,80 Mmc.

Stima del costo degli interventi 90 Mld

b - Casse di espansione e interventi sugli affluenti.

Sono realizzati gli interventi sul Solano, sul Corsalone e sulla Chiana. Sono realizzati anche i residui interventi previsti sugli altri affluenti per raggiungere il 100%

Stima del costo degli interventi 382,5 Mld (282 Mld)

c - Sistemazioni idraulico - forestali di 3^a fase 65 Mld

TOTALE COSTI DI 3^a FASE 537,5 Mld (437 Mld)

IN RIEPILOGO:

Totale costi degli interventi di 1 ^a fase	1.336 Mld	(1.253 Mld)
Totale costi degli interventi di 2 ^a fase	846 Mld	(763 Mld)
Totale costi degli interventi di 3 ^a fase	537,5 Mld	(437 Mld)

TOTALE GENERALE costi degli interventi per la riduzione del rischio idraulico

nel bacino dell'Arno (fasi 1+2+3) 2.719,5 Mld (2.453 Mld)

Tabella 9.2 - Prospetto riepilogativo dei volumi necessari alla laminazione delle piene lungo gli affluenti principali dell'Arno e dei relativi costi di realizzazione.

Afluente	Volumi utili per laminazione piene (milioni di mc)	Costi (miliardi di lire)
Corsalone		
- casse	1,01	5,50
- invaso (in alternativa)	(6,00)	(45,00)
Canale Maestro Chiana		
- casse	10,90	35,00
- adeguamento sezioni trasversali (in alternativa)	-	(1,50)
Ambra		
- casse	4,47	15,60
- invasi	4,00	24,00
- adeguamento arginature e attraversamenti stradali etc.	-	5,40
Greve		
- casse	4,03	14,00
- ulteriori necessità di laminazione sugli affluenti della Greve (da reperire) e/o adeguamento sezioni trasversali	0,90	5,00
- adeguamento ponti e manufatti	-	6,00
Pesa		
- casse	7,50	26,00
- invasi (in alternativa)	(13,00)	(65,00)
- adeguamento sezioni trasversali, ponti e manufatti	-	8,00 °
Elsa		
- casse	23,16	81,00
- adeguamento sezioni trasversali etc.	-	9,00
Egola		
- casse (già realizzate G.Civ. PI - £. 7 mld.)	2,50	-
- adeguamento sezioni trasversali, ponti, manufatti etc.	-	4,00
Era		
- casse	32,19	110,00
- adeguamento sezioni trasversali, ponti, manufatti etc.	-	11,00
Tora		
- casse	1,76	10,00
- adeguamento sezioni trasversali, ponti, manufatti etc.	-	8,00
Solano		
- casse	0,98	3,00
Sieve		
- casse	11,40	47,00
- invaso (in alternativa)	(23,13)	(119,00)
<i>La soluzione alternativa con l'invaso prevede la realizzazione di un invaso presso Dicomano al posto delle casse di Le Motte (2,8 mil.mc), Casanova (0,22 mil.mc) e Il Rupino (0,25 mil.mc) per un totale di 3,27 mil.mc.</i>		
- adeguamento sezioni trasversali, ponti, manufatti etc.	-	5,00 °
Bisenzio		
- casse	25,86	88,00
- ulteriori necessità di laminazione a monte di Vaiano sugli affluenti del Bisenzio (da reperire) e/o sistemazione alveo	0,29	1,00
- invaso uso plurimo con volume utile c.a. 25 mil.mc	(0,50)	(148,00)
<i>(eventualmente in aggiunta alle casse: l'invaso ha solo in minima parte lo scopo di laminazione delle piene a monte di Vaiano)</i>		
- adeguamento sezioni trasversali, ponti, manufatti etc.	-	11,00
Ombrone		
- casse	15,20	25,00
- adeguamento sezioni trasversali, ponti, manufatti etc.	-	12,00
Corsi d'acqua afferenti al Padule di Fucecchio		
- casse lungo il T. Pescia di Pescia	2,30	7,50
- adeguamento sezioni trasversali, ponti, manufatti etc.	-	2,50
- laminazione altri corsi d'acqua della Val di Nievole	3,00	10,00
TOTALE	151,94 (173,67)*	617,50 (882,50)*
* - volume utile totale ed importo totale relativi alle soluzioni indicate in alternativa ed eventualmente in aggiunta.		

Tabella 9.3 - Casse di espansione (e/o altri interventi alternativi) sugli affluenti, con indicazione della percentuale di realizzazione nelle singole fasi e dei relativi costi (progetto di piano).
(Fra parentesi: costi di interventi alternativi).

Affluenti	I FASE		II FASE		III FASE		Interventi complessivi
	%	Costo Mld	%	Costo Mld	%	Costo Mld	Costo Mld
Corsalone	-	-	-	-	100	45 (5,5)	45 (5,5)
Chiana	-	-	-	-	100	1,5 (35)	1,5 (35)
Ambra	50	22,5	50	22,5	-	-	45
Greve	25	6,25	25	6,25	50	12,5	25
Pesa	25	18,25 (8,25)	25	18,25 (8,25)	50	36,5 (17)	73 (34)
Elsa	25	22,5	25	22,5	50	45	90
Egola	25	1	25	1	50	2	4
Era	25	30,25	25	30,25	50	60,5	121
Tora	25	4,5	25	4,5	50	9	18
Solano	-	-	-	-	100	3	3
Sieve	50	62 (26)	50	62 (26)	-	-	124 (52)
Bisenzio	25	62 (25)	25	62 (25)	50	124 (50)	248 (100)
Ombrone	25	16,25	25	16,25	50	32,5	65
Nievole	25	5	25	5	50	10	20
TOTALE		250,5 (167,75)		250,5 (167,75)		381,5 (282)	882,5 (617,5)

Tabella 9.4 - Invasi esistenti e di progetto sull'Arno e sugli affluenti: volumi per la laminazione delle piene.

Invasi esistenti ad uso plurimo ed adeguamento di progetto	Volume attuale di massimo invaso	Volume attuale di laminazione	Volume di progetto per laminazione (max previsto)
Levane (ENEL)	4,9 Mmc	0 Mmc	9,5 Mmc
La Penna (ENEL)	16 Mmc	0 Mmc	33 Mmc
Bilancino (non ancora in esercizio)	84 Mmc	15 Mmc	15 Mmc
TOTALE	104,9 Mmc	15 Mmc	57,5 Mmc
Invasi di laminazione di progetto	Volume attuale di massimo invaso	Volume attuale di laminazione	Volume di progetto per laminazione (max previsto)
Corsalone*			6 Mmc
Castello di Montalto (Ambra)			4 Mmc
Dicomano (Sieve)*			15 Mmc
Praticello (Bisenzio)**			1 Mmc
Torrente Virginio (Pesa)*			9 Mmc
S. Donato in Poggio (Pesa)*			4 Mmc
TOTALE			39 Mmc
TOTALE VOLUME MASSIMO DEGLI INVASI PER LAMINAZIONE			96,5 Mmc

* - in alternativa alle casse di espansione

** - ad uso plurimo: volume di max invaso previsto 27 Mmc

Tabella 9.5 - Prospetto riepilogativo dei volumi necessari alla laminazione delle piene lungo gli affluenti principali dell'Arno e costi dei relativi interventi

	Volumi utili laminazione (mil. mc)		Costi (miliardi di lire)	
	parziali	totali	parziali	totali
Corsalone				
- casse di laminazione e spostamento attuale viabilità: in adiacenza all'asta del Corsalone in adiacenza all'asta del Fosso Lappola	1,40 0,10		- -	
totale		1,50		5,50
- soluzione alternativa: invaso con sbarramento 1900 m a monte della confluenza con l'Arno	6,00		45,00	
totale		[6,00]		[45,00]
Canale Maestro Chiana				
- casse di laminazione:	10,90		35,00	
totale		10,90		35,00
- soluzione alternativa: adeguamento sezione Canale Maestro Chiana a valle confluenza T.Esse	-		1,50	
totale		-		[1,50]
Ambra				
- casse di laminazione: casse a monte di Ambra casse sul T. La Trove casse alla confluenza in Arno	1,91 1,88 0,69		6,65 6,55 2,40	
sommano		4,47		15,60
- invasi: serbatoio di Castello di Montalto - opere idrauliche alla confluenza, adeguamento arginature, attraversam. stradali etc.	4,00 -		24,00 5,40	
totale		8,47		45,00
Greve				
- casse di laminazione: a monte di Greti da Greti a Ferrone da Ferrone a Falciani da Falciani a Scandicci: lungo l'asta della Greve da Falciani a Scandicci: lungo il tronco terminale dell'Enza a valle di Scandicci	0,41 0,32 0,74 0,98 0,42 1,17		- - - - - -	
sommano		4,03		14,00
- ulteriori necessità di laminazione sugli affluenti della Greve (da reperire) e/o adeguam. sezioni trasversali - interventi di adeguamento di ponti e manufatti	0,90 -		5,00 6,00	
totale		4,93		25,00
Pesa				
- casse di laminazione:	7,50		26,00	
sommano		7,50		26,00
- adeguamento sezioni trasversali dell'alveo - adeguamento ponti e manufatti	-		4,00 4,00	
totale		-		34,00
- soluzione alternativa: invaso di Montespertoli invaso di San Donato in Poggio	9,00 4,00		- -	
sommano				[65,00]
totale		[13,00]		[73,00]
Elsa				
- casse di laminazione: cassa a monte di Poggibonsi cassa T.Foci (Poggibonsi) casse tra Poggibonsi e Certaldo casse sul T.Pesciola (Castelfiorentino) casse tra Certaldo e Castelfiorentino casse tra Castelfiorentino e la confluenza in Arno	4,16 0,28 7,89 1,79 2,46 6,59		14,57 0,91 27,60 6,26 8,61 23,06	
sommano		23,16		81,00
- sistemazione scolmatore Castelfiorentino - opere idrauliche di risagomatura e sistemazione arginature - adeguamento ponti e manufatti	- - -		0,80 6,00 2,20	
sommano		-		9,00
totale		23,16		90,00
Egola				
- casse di laminazione (già realizzate dal Genio Civile di PI per £. 7 MLD): sul Rio Orlo a monte di Corazzano sul T.Egola in loc. Fornacino sul T.Egola in loc. Genevini sul T.Egola in loc. La Serra sul T.Egola in loc. Il Palagio sul T.Egola in loc. Molino d'Egola	0,30 0,25 0,25 0,55 0,50 0,65		- - - - - -	
sommano		2,50		
- adeguamento e/o rifacimento ponti e manufatti - adeguamento sezioni trasversali	- -		2,50 1,50	
totale		2,50		4,00

Tabella 9.6 - Comuni interessati dagli interventi proposti per la riduzione del rischio idraulico nel bacino dell'Arno (aree di espansione e casse di laminazione, serbatoi di laminazione, aree residue umide o di pertinenza idraulica nella pianura di Pistoia - Prato - Firenze)

Comune	Area in Km ²
AGLIANA	0.62
ALTOPASCIO	2.38
AREZZO	4.25
BAGNO A RIPOLI	0.01
BARBERINO VAL D'ELSA	0.80
BIBBIENA	1.60
BIENTINA	13.05
BORGIO SAN LORENZO	3.54
BUCINE	1.40
CALCI	0.72
CALENZANO	1.11
CAMPI BISENZIO	6.39
CANTAGALLO	1.66
CAPANNOLI	3.66
CAPANNORI	12.05
CAPOLONA	0.85
CAPRAIA E LIMITE	0.22
CARMIGNANO	0.48
CASCINA	1.29
CASTEL FOCOIGNANO	0.78
CASTEL SAN NICCOLO'	0.45
CASTELFIORENTINO	3.69
CASTELFRANCO DI SOPRA	0.05
CASTELFRANCO DI SOTTO	6.10
CASTELNUOVO BERARDENGA	0.82
CASTIGLION FIORENTINO	1.01
CASTIGLIONE DEL LAGO	0.03
CAVRIGLIA	0.00
CERRETO GUIDI	3.67
CERTALDO	0.64
CHIANNI	0.23
CHIESINA UZZANESE	0.20
CHIUSI DELLA VERNA	0.61
CITTA' DELLA PIEVE	0.17
CIVITELLA IN VAL DI CHIANA	0.40
COLLE DI VAL D'ELSA	0.24
CORTONA	4.29
DICOMANO	0.76
EMPOLI	0.66
FAUGLIA	0.34
FIGLINE VALDARNO	3.91
FIRENZE	2.70
FOIANO DELLA CHIANA	1.85
FUCECCHIO	7.94
GAMBASSI TERME	1.23
GREVE IN CHIANTI	0.68
IMPRUNETA	0.44
INCISA IN VAL D'ARNO	0.24
LAJATICO	2.69
LAMPORECCHIO	0.01
LARCIANO	1.68
LASTRA A SIGNA	1.20

LATERINA	2.47
LORENZANA	0.59
MARCIANO DELLA CHIANA	0.05
MONSUMMANO TERME	2.00
MONTAIONE	0.17
MONTELUPO FIORENTINO	1.52
MONTEMURLO	0.25
MONTERIGGIONI	1.42
MONTEPERTOLI	2.56
MONTEVARCHI	1.65
MONTOPOLI IN VAL D'ARNO	3.08
ORTIGNANO RAGGIOLO	0.15
PALAIA	1.50
PECCIOLI	3.19
PERGINE VALDARNO	0.68
PIAN DI SCO	0.29
PIEVE A NIEVOLE	0.81
PISTOIA	1.46
POGGIBONSI	0.77
POGGIO A CAIANO	0.25
PONSACCO	3.78
PONTASSIEVE	0.16
PONTE BUGGIANESE	9.63
PONTERA	1.15
POPPI	4.11
PORCARI	0.09
PRATO	2.32
PRATOVECCHIO	0.07
QUARRATA	2.27
REGGELLO	3.33
RUFINA	0.30
SAN CASCIANO IN VAL DI PESA	0.85
SAN GIMIGNANO	1.92
SAN GIOVANNI VALDARNO	0.27
SAN GIULIANO TERME	1.56
SAN MINIATO	4.75
SAN PIERO A SIEVE	0.66
SANTA CROCE SULL'ARNO	0.87
SCANDICCI	1.43
SCARPERIA	0.28
SESTO FIORENTINO	4.71
SIGNA	7.70
SINALUNGA	0.63
SUBBIANO	0.17
TAVARNELLE VAL DI PESA	0.52
TERRANUOVA BRACCIOLINI	1.10
TERRICCIOLA	2.05
TORRITA DI SIENA	0.29
VAIANO	0.02
VERNIO	0.84
VICCHIO	2.75
VICOPISANO	0.00
VOLTERRA	1.32
TOTALE	192.55

TABELLA 9.7 - Sintesi degli interventi previsti dal progetto di piano e dalle varianti e strutturazione in fasi realizzative: raffronto dei costi e fabbisogno finanziario (in miliardi di lire)

		PROGETTO	VARIANTE A	VARIANTE B	VARIANTE C	VARIANTE D
FASE 1	Dighe	365	365	120	-	-
	Casse Arno	400	400	499	499	499
	Affluenti	251 (168)	296 (174)	296 (174)	296 (174)	296 (174)
	Adeguaenti arginali, etc.	100	100	100	100	100
	Diversivo Pontedera	10	10	10	10	10
	Manutenzione straordinaria	100	100	100	100	100
	Sistemazioni idraulico-forestali	100	100	100	100	100
	Piani protezione civile	10	10	10	10	10
	<i>Totale</i>	<i>1336 (1253)</i>	<i>1381 (1259)</i>	<i>1235 (1113)</i>	<i>1115 (993)</i>	<i>1115 (993)</i>
FASE 2	Scolmatori Arno	360	360	360	360	360
	Affluenti	251 (168)	251 (168)	251 (168)	251 (168)	251 (168)
	Adeguaenti arginali	100	100	100	100	100
	Manutenzione straordinaria	70	70	70	70	70
	Sistemazioni idraulico-forestali	65	65	65	65	65
		<i>Totale</i>	<i>846 (763)</i>	<i>846 (763)</i>	<i>846 (763)</i>	<i>846 (763)</i>
FASE 3	Dighe	-	-	-	-	365
	Casse Arno	90	90	40	40	40
	Affluenti	383 (282)	338 (277)	338 (277)	338 (277)	338 (277)
	Sistemazioni idraulico-forestali	65	65	65	65	65
		<i>Totale</i>	<i>538 (437)</i>	<i>493 (432)</i>	<i>443 (382)</i>	<i>443 (382)</i>
aggiorna.to piano di bacino e proget.ne (art. 21c L.183)		100	100	100	100	100
ESPROPRI ED INDENNIZZI		560	560	560	560	560
TOTALE GENERALE		3380 (3113)	3380 (3114)	3184 (2918)	3064 (2798)	3429 (3163)

9.2 - Programma triennale di intervento

La tabella 9.7 riporta la sintesi degli interventi previsti dal progetto di piano, divisi, per motivi tecnici collegati agli obiettivi nei confronti degli specifici eventi alluvionali presi come riferimento, in tre fasi di sviluppo, ciascuna della durata di cinque anni.

In ottemperanza a quanto previsto dall'art. 21 della legge 183/1989, l'articolazione realizzativa deve avvenire per programmi triennali di intervento.

La tabella 9.8 sintetizza, con riferimento ai capitoli che precedono, il primo dei cinque programmi triennali di interventi necessari a concludere le azioni previste dal progetto di piano.

In esso sono individuate le necessità finanziarie per la realizzazione degli interventi di piano nel primo triennio:

- nella *prima colonna*, per un totale di 896 miliardi di lire, è riportato il costo delle operazioni ritenute indifferibili; la *seconda colonna* rappresenta una variante che sfrutta appieno le possibilità di utilizzo delle dighe ENEL di Levane e di La Penna attraverso il sovrizzo delle stesse (+ 245 MLD), riducendo di conseguenza le necessità di casse di espansione a monte (-60 MLD). Nella stessa colonna è introdotta la realizzazione del "diversivo di Pontedera" (10 MLD).

TABELLA 9.8 - I° Programma triennale di intervento per la realizzazione delle azioni previste dal progetto di piano (legge 183/1989, art. 21).

1° Programma triennale di intervento per la realizzazione delle azioni previste dal progetto di piano (L. 183/1989, art. 21)		
	INTERVENTI DEFINITI	INTERVENTI DA VALUTARE O IN ALTERNATIVA
Dighe		
<i>a) Intervento parziale</i>	120	
- Sfangamento Levane e La Penna		
- Adeguamento scarico di fondo (La Penna)		245
<i>b) Intervento globale</i>		
- Sovrizzo Levane e La Penna		-60
Casse Arno	300	
Affluenti	150	
Adeguamenti arginali, ecc.	60	
Diversivo di Pontedera		10
Sistemazioni idraulico - forestali	60	
Piani di protezione civile	6	
Espropri e indennizzi	120	
TOTALE	816	1068
Manutenzione e servizi (L.183/1989, art. 21, comma a - b)	60	
Aggiornamento p.d.b. e progettazione (L.183/198, art. 21, comma c)	20	
TOTALE GENERALE	896	1148

10 - Ricerche per l'adeguamento del piano

Gli orientamenti di ricerca, necessari per un eventuale adeguamento futuro del Piano stralcio, derivano dalle considerazioni generali già espresse nella fase di elaborazione dello Schema generale di piano. Nel documento veniva essenzialmente sottolineato come, ai fini della corretta pianificazione, l'attività di ricerca di supporto non deve tendere a produrre conoscenze su largo raggio in termini esaustivi, bensì ad attivare strumenti e metodi di trasferimento delle conoscenze esistenti (selezione e sintesi delle conoscenze, omogeneità nella organizzazione dei dati e delle informazioni) e ad incentivare solo la produzione di quelle specifiche conoscenze indispensabili per operare le scelte di piano.

Nella fase di acquisizione di dati ed informazioni necessarie alla elaborazione delle linee di piano si sono palesate alcune carenze conoscitive (trasporto solido, approfondimento della verifica dello stato delle opere idrauliche e dei cambiamenti di uso del suolo etc.), per il superamento delle quali si renderà necessario promuovere attività di ricerca o indagini, anche da parte delle Amministrazioni competenti, come è stato espressamente previsto dal piano.

Ricerche particolari saranno necessarie anche per fare del piano uno strumento di programmazione sintetico, in continuo aggiornamento.

11 - Educazione e informazione del pubblico

La partecipazione attiva del pubblico al processo decisionale riguardante l'iter complessivo del Piano stralcio si espleta a diversi livelli sia nella fase di adozione, nella quale le ipotesi alternative di intervento vengono discusse, in termini di concreta fattibilità tecnico - economica e corretta valutazione costi - benefici sociali, che nella fase di attuazione dello stesso, in riferimento alla funzionalità delle strutture di gestione e coordinamento, allo stato di avanzamento degli interventi proposti, alla valutazione della loro efficacia, alla perfetta conoscenza dei rischi residui, ai sistemi di controllo e di allarme e di gestione delle situazioni di emergenza.

Nel proporre una corretta strategia di informazione e partecipazione del pubblico, il Piano considera del tutto inadeguate strategie essenzialmente impostate su una ricerca del consenso a posteriori rispetto alla formulazione delle decisioni, senza possibilità di intervento del pubblico sulla definizione sia dei problemi e delle priorità che delle alternative possibili, oppure attraverso la modifica di alcuni elementi (normalmente ritenuti marginali) della soluzione prescelta.

Al fine di svolgere un'azione credibile nei confronti del pubblico, si ritiene, al contrario, di dover porre la massima attenzione ad alcune questioni strutturali, la cui soluzione costituisce la base di credibilità indispensabile all'acquisizione di un consenso riguardo le strategie di pianificazione adottate dal Piano. Tali questioni riguardano:

- l'articolazione dei livelli decisionali sul territorio, ridefinendo e rendendo espliciti e trasparenti compiti, funzioni e responsabilità e riorganizzando funzionalmente i collegamenti centro - periferia, onde risolvere in modo strutturale i conflitti di competenza;
- la necessità di un elevato ed efficiente coordinamento delle decisioni proposte ai vari livelli, rispetto agli indirizzi nazionali e di Piano;
- la ricerca di criteri e modalità per la risoluzione di decisioni contrastanti;
- l'individuazione dei criteri di scelta nella distribuzione delle risorse disponibili, comunque scarse rispetto all'entità degli interventi necessari, e nella introduzione di vincoli di solidarietà ed equità.

Tenendo conto di dette premesse, già in fase di elaborazione del piano stralcio, sono state organizzate riunioni a carattere seminariale a livello provinciale, allo scopo di presentare le linee di pianificazione alternative messe a punto dall'Autorità di bacino, attraverso i suoi gruppi di lavoro, e di raccogliere gli orientamenti di tutti i soggetti pubblici e privati, sia direttamente che attraverso le loro organizzazioni e rappresentanze, coinvolti nelle problematiche del bacino, anche in relazione alla Prima Conferenza Regionale del Bacino dell'Arno.

In fase di attuazione il Piano dovrà trarre il massimo dei benefici, sia in termini di conoscenza ed efficacia, che di capacità di coinvolgimento di tutte le parti economiche e sociali interessate e di costruzione del consenso, da una ampia e orientata diffusione delle informazioni e trasferimento delle conoscenze.

L'Autorità di bacino curerà le azioni di informazione e trasferimento, attivando e coordinando tutta la serie di canali di diffusione che si renderanno necessari: mass - media, pubblicazioni autonome dell'Autorità di bacino, udienze pubbliche, partecipazioni professionali promosse a livello regionale e locale, accesso alle banche dati, rapporti formali ed informali con le Amministrazioni e gli Enti.

A tal fine verranno pubblicati un Notiziario e i Quaderni dell'Autorità di bacino a larga diffusione, rivolti anche alle scuole di ogni ordine e grado, ai settori produttivi ed alla popolazione.

L'informazione alla popolazione circa le situazioni di rischio assumerà una particolare rilevanza nei Piani di protezione civile previsti nel piano e realizzati dalle Autorità competenti.

Nei programmi di protezione civile è prevista anche la realizzazione di un museo dell'alluvione, a Firenze.

Particolare cura verrà inoltre rivolta al corretto uso dei mass - media per la diffusione di notizie riguardanti le problematiche del bacino dell'Arno.

Iniziative seminariali verranno promosse nelle scuole, negli ordini professionali, nelle strutture aziendali, utilizzando personale qualificato della Segreteria Tecnica e collaboratori esterni.

BIBLIOGRAFIA SOMMARIA

- ACCADEMIA DEI GEORGOFILI, 1956. *Il bacino dell'Arno*. Firenze
- ACCADEMIA DEI GEORGOFILI, 1996. *Le ricorrenti alluvioni*. Quaderni, 1995 (2). Firenze
- ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI, 1967. *Le scienze della natura di fronte agli eventi idrogeologici*. Atti Convegno. Roma.
- AIAZZI G., 1845. *Narrazioni storiche delle più considerevoli inondazioni dell'Arno e notizie scientifiche sul medesimo*. Tip. Piatti. Firenze.
- ALINARI V., BELTRAMELLI A., 1909. *L'Arno*. Alinari Ed.. Firenze.
- ANONIMO, 1844. *Resoconto dell'inondazione del 3 novembre 1844*. Suppl. alla "Gazzetta di Firenze", n. 141 (25 nov. 1844). Ristampa: "Tecnica e metodologia economica", 4, supplem. Firenze.
- ANONIMO, 1864. *Notizie sull'inondazione del 6 Giugno 1864*. La Nazione, VI, n. 312 e 313. Firenze.
- ANONIMO, 1870. *Delle piene dell'Arno nei mesi di dicembre 1869 e gennaio 1870*. "Giornale del Genio Civile". Firenze.
- AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME ARNO, 1994. *Rischio idraulico nel bacino dell'Arno. Contributo conoscitivo all'elaborazione del piano di bacino*. Quaderno n. 2, Firenze.
- BELLINCIONI G., 1932. *La bonifica della Valdichiana*. "Ann. Lav. Pubbl.", 70.
- BENDINI C., 1967. *La grande piena del 4 novembre 1966*. Boll. Ingegneri, 12. Firenze.
- BERTI A. G., 1845. *Lettera sull'inondazione d'Arno del 3 dicembre 1740*. In: AIAZZI G., *Narrazioni storiche, etc.* Firenze.
- BECCHI I., 1994. *Le opere nella gestione del rischio idraulico*. Atti del Corso di Aggiornamento su Le Opere Idrauliche. Progettazione Gestione Riabilitazione. Associazione Idrotecnica Italiana, Sezione Toscana. Firenze.
- BECCHI I., PARIS E., 1989. *Il corso dell'Arno e la sua evoluzione storica*. Acqua-Aria, 6.
- BIDAN P., 1994. *La prise en compte des risques naturels majeurs dans la planification*. Ecole Nationale des Ponts et Chaussées. Paris.
- BIGAZZI A., 1967. *L'Arno a valle di Firenze*. Boll. Ingegneri, 6. Firenze.
- CACIAGLI G., 1969. *Rettifiche e varianti del basso corso dell'Arno in epoca storica*. L'Universo, 49. Istituto Geografico Militare. Firenze.
- CACIAGLI G., 1970. *Pisa e provincia*. Istituto Storico delle Province d'Italia. Pisa.
- CACIAGLI G., 1984. *Il lago di Bientina. Vicende storiche e idrogeologiche*. Bandecchi e Vivaldi Ed.. Pontedera.
- CANFARINI A., 1976. *Sistemazione dell'Arno in Firenze mediante l'abbassamento delle platee in muratura dei ponti Vecchio e a Santa Trinita*. Ispettorato Superiore del Genio Civile per l'Arno, Firenze.
- CAVINA G., 1969. *Le grandi inondazioni dell'Arno attraverso i secoli*. Bonechi Ed.. Firenze.
- CIULLINI P., 1966. *Le piene dell'Arno*. Boll. Ingegneri, 11. Firenze.
- COCCHI G., 1972. *Studio su modello idraulico del regime di piena del fiume Arno entro la città di Firenze, nel tratto compreso tra il Ponte alle Grazie e la traversa di S. Rosa*. Istituto di Idraulica dell'Università di Bologna.
- COCCHI G., GIANI A., HAUTMANN G., *Relazione dei Periti, Procura della Repubblica di Firenze*. Proc. Pen. 3500/66 R.G.P.M.
- COLLEGIO INGEGNERI TOSCANI, 1967. *Relazione della Commissione di studio per la difesa di Firenze dalle piene dell'Arno*. Boll. Ingegneri, 7. Firenze.
- COLLEGIO INGEGNERI TOSCANI, 1968. *Situazione degli studi sulla regolazione dei fiumi della Toscana*. Atti Tav. Rot. Boll. Ingegneri, 6. Firenze.
- CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE, 1987. *International conference on the Arno project*. Gruppo Naz. Prevenzione Catastrofi Idrogeologiche. Tecnoprint Ed.. Bologna.
- CORNIERI E., 1967. *Proposte di invasi di emergenza sugli affluenti dell'Arno fra Levane e Incisa*. Boll. Ingegneri, 5. Firenze.
- DAINELLI G., 1930. *Studi sull'Arno a Firenze*. Mem. Geologiche e Geografiche, 3. Tip. M. Ricci. Firenze.
- DE BONI F., 1844. *La piena dell'Arno*. Editrice Fiorentina. Firenze.
- DI SILVIO G., 1969. *Attenuazione delle onde di piena lungo corsi d'acqua provvisti di espansioni golenali*. Atti dell'Ist. Veneto di Scienze, Lettere ed Arti. Venezia.
- EVANGELISTI G., 1968. *Controllo del fiume Arno. Progetto preliminare*. CNR, Quaderni della Ric. Scient. n. 43. Roma.
- ENEL S.P.A., DIREZIONE PRODUZIONE E TRASMISSIONE, SEDE DISTACCATA DI FIRENZE, SERVIZIO OPERE IDRAULICHE E CIVILI, 1994. *Realizzazione di invasi di laminazione delle piene dell'Arno nel Valdarno Superiore: studio di fattibilità*. Firenze.

- FASSÒ C., 1969. *Sui provvedimenti di difesa dalle piene interessanti la provincia di Arezzo*. Camera di Commercio e Amministrazione Provinciale di Arezzo.
- FIASCHI R., 1938. *Le Magistrature Pisane delle Acque*. Listri Lischi Ed., Pisa
- FIASCHI R., PADERI F., 1935. *Avviamento alla sistemazione idraulica del bacino idrografico dell'Arno*. Pacini Mariotti Ed., Pisa.
- FOSSOMBRONI V., 1789. *Memorie idraulico-istoriche sopra la Valdichiana*. Cambiagi Stampatore. Firenze.
- FOSSOMBRONI V., 1835. *Memorie idraulico-istoriche sopra la Valdichiana*. Tip. A. Fumi. Montepulciano.
- GRAZI S., 1967. *La piena dell'Arno del 4 Novembre 1966 a Firenze*. Boll. Ingegneri, Firenze.
- GRAZI S., 1995. *Alluvioni e uso del territorio*. Atti Acc. Geogofili, sez. VII, 41. Firenze.
- GRAZI S., 1996. *Stato attuale delle opere di sistemazione idraulico forestale nel bacino dell'Arno. Individuazione degli interventi più urgenti per la riduzione del rischio idrogeologico*. Autorità Bac. Arno, ined. Firenze.
- GROSSI P., MASSACESI A., PANICUCCI M., 1969. *Studio sulle possibilità costruttive di serbatoi artificiali per la regimazione delle piene e la difesa del suolo nel bacino dell'Arno a monte di Firenze*. Istituto Sperimentale per lo studio e la difesa del suolo. Firenze.
- IBM., 1978. *Modello matematico delle piene dell'Arno*. Pisa.
- LEVI D'ANCONA A., 1967. *Una proposta per scolmare l'Arno nel Trasimeno*. Boll. Ingegneri, 5. Firenze.
- LOSACCO U., 1962. *Variazioni di corso dell'Arno e dei suoi affluenti nella pianura fiorentina*. L'Universo, 42. Istituto Geografico Militare. Firenze.
- LOSACCO U., 1967. *Le piene dell'Arno*. Firenze.
- LOSACCO U., 1967. *Notizie e considerazioni sulle inondazioni d'Arno in Firenze*. L'Universo, 49. Istituto Geografico Militare. Firenze.
- MANCINI F., 1996. *1863 e 1864: alluvioni ricorrenti*. In: Acc. Geograf., Quaderni, 1995 (2). Firenze.
- MANETTI G.A., 1823. *Carte idrauliche dello stato antico e moderno della valle di Chiana*. Tip. G. Molini. Firenze.
- MATERASSI L., 1849. *Memoria intorno ai lavori eseguiti al fiume Arno*. Nistri Ed., Pisa.
- MILANO V., CAVAZZA S., BUFFONI E., VITI C., 1996. *Quadro conoscitivo dei tratti a rischio idraulico degli affluenti del 1° ordine dell'Arno, finalizzato alla individuazione degli interventi necessari*. Autorità Bac. Arno, ined. Firenze.
- MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI & MINISTERO DELL'AGRICOLTURA E DELLE FORESTE, 1969. *Commissione Interministeriale per lo Studio della Sistemazione Idraulica e della Difesa del Suolo. L'evento alluvionale del novembre 1966*. Roma.
- MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI & MINISTERO DELL'AGRICOLTURA E DELLE FORESTE, 1974. *Commissione Interministeriale per lo Studio della Sistemazione Idraulica e della Difesa del Suolo. Atti della Commissione. Gruppo di lavoro per l'Arno e il Serchio. Parte Seconda, Volume Secondo*. Roma.
- MINISTERO DEL BILANCIO E DELLA PROGRAMMAZIONE ECONOMICA-REGIONE TOSCANA, 1975. *Progetto pilota per la sistemazione del bacino dell'Arno*. Studio Ing. Lotti C. & Associati. Roma.
- MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI. SERVIZIO IDROGRAFICO ITALIANO, 1934, 1953, 1963, 1980. *Dati caratteristici dei corsi d'acqua italiani*. Pubbl. n. 17. Roma.
- MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI, SERVIZIO IDROGRAFICO ITALIANO, 1967. *Alluvione del 3 - 4 novembre 1966 sul territorio del Veneto, Friuli-Venezia Giulia, Emilia e Toscana*. Suppl. al Boll. Idrol. del mese di novembre 1966. Roma.
- MOROZZI F., 1762. *Dello stato antico e moderno del fiume Arno, delle cause e de' rimedi alle sue inondazioni. Parte prima contenente la storia delle inondazioni*. Stamperia di Gio. Battista Stecchi. Firenze.
- MOROZZI F., 1766. *Dello stato antico e moderno del fiume Arno e delle cause e de' rimedi delle sue inondazioni. Parte seconda contenente Arno dalla sorgente fino a Firenze*. Stamperia di Gio. Batista Stecchi. Firenze.
- NARDI R., TUMMINELLI A., 1996. *Arno: un progetto contro i rischi idraulici dell'intero bacino fluviale*. L'Universo, 76 (4). Istituto Geografico Militare. Firenze.
- NATONI E., 1944. *Le piene dell'Arno e i provvedimenti di difesa*. Accad. d'Italia, Commissione Italiana di Studio per i Problemi del Soccorso alle Popolazioni, Vol. 12. Le Monnier. Firenze.
- NUCCI F., 1966. *I giorni dell'alluvione (1966-1991)*. Comune di Campi Bisenzio, Ed., Campi Bisenzio (FI).
- OBERTI E., 1902. *Il bacino dell'Arno*. Riv. Geogr. It., 9.
- PADERI F., 1932. *Variazioni fisiografiche del bacino di Bientina e della pianura lucchese durante i periodi storici*. In: Scritti vari sulla geografia fisica e antropica dell'Italia, 17. Roma.
- PALEOCAPA P., 1852. *Annotatione sulla piena d'Arno del 1844*. In A. ZOBBI, *Storia civile della Toscana, etc.* Vol. 6. Firenze.

- PARIS E., RUBELLINI P., 1994. *Effetti della sottrazione delle aree golenali sulle portate di piena: analisi preliminare per il f. Greve, provincia di Firenze*. VIII Congresso Nazionale dei Geologi. Roma.
- PARIS E., LUBELLO C., SETTESOLDI D., 1996. *Effetti delle aree di espansione sulla laminazione delle piene del fiume Arno sotto la sollecitazione di tipi di evento significativi. Modifica degli afflussi all'asta principale sulla base degli interventi da realizzare sugli affluenti. Verifica in moto vario dell'onda di piena di progetto. Massima piena contenuta nell'alveo dell'Arno in tratti significativi*. Autorità Bac. Arno, *ined.* Firenze.
- PERELLI T., 1826. *Sopra l'operazione da lui proposta dell'addrizzamento del fiume Arno a Barbarecina in vicinanza di Pisa*. Raccolta d'Autori Italiani che Trattano del Moto dell'Acque, Ed. IV. Tomo X, Tipografia Cardinali e Frulli. Bologna.
- PICCARDI S., 1956. *Variazioni storiche del corso dell'Arno*. Riv. Geograf. It., 63.
- POGGI G., 1882. *Sui lavori per l'ingrandimento di Firenze*. Tipografia di G. Barbera. Firenze.
- PRINCIPE I., SICA P., 1967. *L'inondazione di Firenze del 4 novembre 1966*. L'Universo, 47. Istituto Geografico Militare. Firenze.
- PROVINCIA DI AREZZO, 1994. *Osservazioni ed ipotesi alternative al progetto di fattibilità del sovrizzo delle dighe Enel di Levane e La Penna per il controllo delle piene dell'Arno nel Valdarno Superiore*. Ing. Remo Chiarini. Arezzo.
- RAPETTI F., VITTORINI S., 1996. *Caratteristiche climatiche del bacino del fiume Arno*. Autorità Bac. Arno, *ined.* Firenze.
- ROMBAI L., 1996. *Scienza idraulica e problemi della regimazione delle acque nella Toscana tardo settecentesca*. Leo Olschki Ed.. Firenze.
- SIGHIERI E., 1934. *Le piene dell'Arno*. Pacini Mariotti Ed. Pisa.
- SIMONETTI M., 1966. *L'alluvione dell'Arno*. Boll. Ingegneri, 12. Firenze.
- SIMONETTI M., 1968. *L'Arno e il Ponte Vecchio. Considerazioni in merito all'efflusso dalle luci del ponte*. Boll. Ingegneri, 7-8. Firenze.
- SIMONETTI M., 1972. *Su alcuni aspetti della sistemazione dell'Arno a monte di Firenze*. Boll. Ingegneri, 4. Firenze.
- SUPINO G., 1966. *Le previsioni meteorologiche e la piena del 4 novembre 1966*. "Il Ponte", 22. Firenze.
- TARGIONI TOZZETTI G., 1760. *Considerazioni sul canale d'Arno dal suo fonte fino a Firenze*. Mem. R. Accad. Valdarnese del Poggio, Vol. 4, 1855. Firenze.
- TARGIONI TOZZETTI G., 1767. *Disamina d'alcuni progetti fatti nel secolo XVI per salvare Firenze dalle inondazioni dell'Arno*. Stamp. G. Cambiagi. Firenze.
- TARTARO G., 1989. *La canalizzazione dell'Arno nel Valdarno superiore. Un intervento sul territorio nel XVIII secolo*. Acc. Valdarnese del Poggio. Quad. n. 2. Montevarchi.
- UZZANI V., 1967. *Uno scolmatore per l'Arno da Incisa alla Val d'Enza*. Boll. Ingegneri, 5. Firenze.
- UZZANI V., 1968. *Proposte per la difesa idraulica di Firenze e della Valle dell'Arno*. Boll. Ingegneri, 1,2,3. Firenze.
- VALIANI A., GABELLINI F., 1993. *Modello matematico dell'Arno dalla diga di Levane alla foce*. Idrotecnica n. 6, novembre-dicembre.
- VANNI B., 1708. *Della piena seguita in Arno il dì 28 febbraio dell'anno 1708, riconosciuta dentro la città di Firenze e in vicinanza della medesima*. Bibl. Riccardiana, Manoscritto n. 2141.
- VIVIANI V., 1822. *Intorno al difendersi da' riempimenti e dalle corrosioni de' fiumi applicate ad Arno in vicinanza della città di Firenze*. Raccolta d'Autori Italiani che Trattano del Moto dell'Acque, Ed. IV. Tomo III. Tipografia Marsigli. Bologna.
- VOLPINI F., 1883. *Il fiume Ombrone pistoiese*. Tip. Niccolai. Pistoia.
- XIMENES L., 1782. *Piano di operazioni idrauliche per ottenere la massima depressione del lago di Sesto o sia di Bientina*. Tip. Bonsignori. Lucca.
- ZOLI L., 1967. *Perché così disastrosa alluvione?* Boll. Ingegneri, 15. Firenze.

I Quaderni dell'Autorità di bacino dell'Arno

- 1 - L'Arno e le sue acque: contributo conoscitivo all'elaborazione del piano di bacino (luglio 1993)
- 2 - Rischio idraulico nel bacino dell'Arno: contributo conoscitivo all'elaborazione del piano di bacino (maggio 1994)
- 2bis - Schema di piano di bacino (dicembre 1994)
- 3 - L'evoluzione e la dinamica del litorale prospiciente i bacini dell'Arno e del Serchio e i problemi di erosione della costa (dicembre 1994)
- 4 - L'attività estrattiva nel bacino dell'Arno. Proposta di stralcio del piano di bacino (dicembre 1994)
- 5 - Piano di bacino del fiume Arno: Rischio Idraulico. Sintesi del progetto di piano stralcio (luglio 1996)

Stampato
dalla Artigrafiche Felici
Ospedaletto (Pisa)

Per la collaborazione prestata nella documentazione aerea delle tavole fuori testo si ringraziano il Ministero dell'Interno, 8° Reparto Volo della Polizia di Stato di Firenze, l'8a Legione della Guardia di Finanza di Firenze e la Sezione Aerea della Guardia di Finanza di Pisa.

Le riprese aerofotogrammetriche stereoscopiche in bianco e nero e all'infrarosso falso colore sono state eseguite dalla Compagnia Generale Ripreseeree S.p.A. di Parma negli anni 1993 e 1995.

La divulgazione delle riprese aeree fotogrammetriche è stata autorizzata dallo Stato Maggiore dell'Aeronautica con le concessioni n° 1056 del 22/10/1992, n° 1137 del 16/11/1992, n° 858 del 23/8/1993, n° 800 del 9/9/1993, n° 44 del 18/1/1994, n° 16 del 1/11/1995 e dall'Istituto Geografico Militare con la concessione n. 4140 del 22/2/1995.

SEGRETERIA TECNICO - OPERATIVA

Australi Anna, Biagini Angelo, Bonamini Isabella, Consolati Donella, Cristiani Canio, Del Fante Luigi, Magi Mariella, Mancuso Riccardo, Manfredini Paola, Morini Domenico, Pardini Giuliano, Piccinini Maria Luisa, Properi Monia, Vannini Sandra.

Bacino del Fiume Arno

(Legge 183/1989 - Legge 253/1990)

Organi e struttura delle Autorità di Bacino

Comitato Istituzionale

Presidente: Ministro LL.PP. o Ministro Ambiente
Altri componenti: Ministro Risorse Agricole, Alimentari e Forestali, Ministro Beni Culturali e Ambientali
(o Sottosegretari delegati), Presidente Giunta Regione Toscana e Presidente Giunta Regione Umbria (o assessori delegati), Segretario Generale.

Adotta criteri, metodi e provvedimenti per l'elaborazione del Piano di Bacino.

Comitato Tecnico

Presidente: Segretario Generale.
Componenti: Funzionari designati in numero paritetico dalle amministrazioni statali e regionali ed esperti nominati dal Comitato Istituzionale.

Organo di consulenza del Comitato Istituzionale. Provvede alla elaborazione del Piano di Bacino.

Segretario Generale

- 1 - Provvede al funzionamento della A.d.B.
- 2 - Istruisce gli atti di competenza del Comitato Istituzionale, cui formula proposte.
- 3 - Cura i rapporti, ai fini del coordinamento delle rispettive attività, con le amministrazioni statali, le regioni e gli enti locali.
- 4 - Cura l'attuazione delle direttive del Comitato Istituzionale.
- 5 - Riferisce al Comitato Istituzionale sullo stato di attuazione del Piano di Bacino ed esercita il potere di vigilanza delegatogli dal Comitato Istituzionale.
- 6 - E' preposto alla Segreteria Tecnico-Operativa.

Segreteria Tecnico - Operativa

Presidente: Segretario Generale

Ufficio Segreteria

- A) - Servizio Segreteria e Promozione
- B) - Servizio Economato, Ragioneria e Contratti
- C) - Servizio Archivio e Protocollo

Ufficio Studi e Documentazione

- A) - Sezioni Studi Specifici
- B) - Sezione Sistema Informativo

Ufficio Piani e Programmi

- A) - Sezione Piani
- B) - Sezione Programmi

COMITATO TECNICO AUTORITA' DI BACINO DEL F. ARNO

Segretario Generale (Presidente)

Prof. Raffaello Nardi

Ministero LL.PP.

Ing. Ernesto Reali
Prof. Ing. Ignazio Becchi
Prof. Alberto Abrami

Ministero Ambiente

Dott. Paolo Puntoni
Prof. P. Giorgio Malesani
Prof. Luca Pantani

Ministero Risorse Agricole, Alimentari e Forestali

Prof. Michele Padula
Prof. Orazio Ciancio

Ministero Beni Culturali e Ambientali

Arch. Mario Augusto Lolli-Ghetti
Ing. Alberto Cioli

Regione Toscana

Arch. Marta Cecchini
Ing. Pierluigi Giovannini
Dott. Alessandro Lippi
Prof. Ing. P. Giuliano Cannata
Dott. Gianluca Galli
Prof. Piero Barazzuoli

Regione Umbria

Ing. Angelo Viterbo
Dott. Dario Franchini