

COMUNE DI MANIACE

Provincia di Catania

**LAVORI PER IL MIGLIORAMENTO DELL'ASSETTO
IDROGEOLOGICO DI UN TRATTO DEL TORRENTE
MARTELLO POR FESR 2007/2013 – ATTUAZIONE
DELLE LINEE DI INTERVENTO 2.3.1.1**

**Progetto esecutivo
Rielaborazione**

**Allegato d – RELAZIONE IDROLOGICA
ED IDRAULICA**

**Consulente
dott. ing. Salvatore Alecci**

**Progettista
dott. ing. Serenella Bellino**

INDICE

1. Premessa
2. Caratteristiche del Torrente Martello e del suo bacino
3. Analisi dei dati disponibili ed inquadramento metodologico
4. Analisi delle precipitazioni e stima delle curve di probabilità pluviometrica
5. Stima delle portate di piena
 - 5.1. Stima delle portate di piena al colmo
 - 5.2. Idrogramma di piena
 - 5.2.1. Idrogramma di piena alla sezione Martello a Petrosino e taratura del modello di calcolo
 - 5.2.2. Idrogramma di piena alle sezioni d'interesse
6. Stima del trasporto solido
 - 6.1. Inquadramento metodologico
 - 6.2. Applicazione
 - 6.2. Sintesi dei risultati
7. Verifiche idrauliche
 - 7.1. Verifica della capacità di deflusso dell'alveo
 - 7.2. Verifica degli attraversamenti esistenti e del ponte che li sostituisce
8. Altre considerazioni sul corso d'acqua e sugli interventi proposti

ELENCO DELLE FIGURE

1. Corografia, scala 1:100.000. Tratto d'intervento e bacino sotteso.
Stazioni idrometriche e pluviometriche e relativi bacini e topoieti.
 2. Curve di probabilità pluviometrica
 - 2.1. Stazione pluviografica: Cesarò
 - 2.1.1.1. Frequenza e probabilità delle precipitazioni di massima intensità (DDP normale)
 - 2.1.1.2. Frequenza e probabilità delle precipitazioni di massima intensità (DDP log-normale)
 - 2.1.1.3. Frequenza e probabilità delle precipitazioni di massima intensità (DDP normale delle radici cubiche)
 - 2.1.1.4. Frequenza e probabilità delle precipitazioni di massima intensità (DDP di Gumbel)
 - 2.1.2. Curve di probabilità pluviometrica (DDP log-normale)
 - 2.2. Stazione pluviografica: Maniaci
 - 2.2.1.1. Frequenza e probabilità delle precipitazioni di massima intensità (DDP normale)
 - 2.2.1.2. Frequenza e probabilità delle precipitazioni di massima intensità (DDP log-normale)
 - 2.2.1.3. Frequenza e probabilità delle precipitazioni di massima intensità (DDP normale delle radici cubiche)
 - 2.2.1.4. Frequenza e probabilità delle precipitazioni di massima intensità (DDP di Gumbel)
 - 2.2.2. Curve di probabilità pluviometrica (DDP normale delle radici cubiche)
3. Corografia, scala 1:50.000. Tratto d'intervento e bacino sotteso
- 4.1. Carta litologica, scala 1:50.000
- 4.2. Carta dell'uso del suolo, scala 1:50.000
- 4.3. Aree con condizioni omogenee di deflusso
5. Linee isocorive e aree con condizioni omogenee di deflusso
 - 6.1. Sezioni tipo. Tratti n. 1 e 2.
 - 6.2. Sezioni tipo. Tratti n. 3 e 4.
 - 6.3. Sezioni tipo. Tratti n. 5 e 6.
 - 6.4. Sezioni tipo. Tratti n. 7 e 8n.
 - 6.5. Sezioni tipo. Tratti n. 9n e 11.
 - 6.6. Sezioni tipo. Tratti n. 12 e 13.
 - 6.7. Sezioni tipo. Tratto n. 14.

6. Idrogramma di piena. Tratto d'intervento. Sezione di valle
- 6.1. Calcolo delle aree omogenee e delle fasce isocorrive
- 6.2. Idrogramma di piena. $T_r = 50$ anni
- 6.3. Idrogramma di piena. $T_r = 100$ anni
- 6.4. Idrogramma di piena. $T_r = 200$ anni
- 6.5. Idrogramma di piena. $T_r = 300$ anni

7. Tronchi d'alveo con caratteristiche omogenee.
Sezioni di riferimento e caratteristiche idrauliche di prima approssimazione

- 8.1. Stima del trasporto solido e calcolo delle pendenze di compensazione di prima approssimazione. $T_r = 300$ anni
- 8.2. Stima del trasporto solido e calcolo delle pendenze di compensazione di prima approssimazione. $T_r = 50$ anni

9. Verifica idraulica. Scala delle portate e degli sforzi di trascinamento.
Fase: a regime. Sezione asimmetrica poli-trapezia con savanella e golene.
- 9.0. Parametri di scabrezza e di resistenza allo sforzo di trascinamento
- 9.1. Tratto n. 1
- 9.2. Tratto n. 2
- 9.3. Tratto n. 3
- 9.4.a. Tratto n. 4a
- 9.4.b. Tratto n. 4b
- 9.5. Tratto n. 5
- 9.6. Tratto n. 6
- 9.7. Tratto n. 7
- 9.8. Tratto n. 8n
- 9.9. Tratto n. 9n
- 9.11. Tratto n. 11
- 9.12. Tratto n. 12
- 9.13. Tratto n. 13
- 9.14. Tratto n. 14
- 9.15. Verifica idraulica del ponte (sez. 42-44)

10. Stima del trasporto solido e calcolo della pendenza di compensazione
- 10.1. Tempo di ritorno: 300 anni
- 10.2. Tempo di ritorno: 200 anni
- 10.3. Tempo di ritorno: 100 anni
- 10.4. Tempo di ritorno: 50 anni

11. Riepilogo delle verifiche idrauliche e del trasporto solido.
Tratti d'alveo. Sezioni di riferimento e caratteristiche idrauliche delle sezioni-tipo

12. Riepilogo delle sezioni

ELENCO DELLE TABELLE

1. Stazione idrometrica Martello a Petrosino. Principali caratteristiche della stazione. Massime portate al colmo e giornaliera. Confronto con le registrazioni pluviografiche alle stazioni di Cesarò e Maniaci
 2. Curve di probabilità pluviometrica
 - 2.1. Stazione pluviografica: Cesarò
 - 2.1.1.1. Principali caratteristiche della stazione pluviografica
 - 2.1.2.1. Serie storiche delle altezze delle precipitazioni di massima intensità
 - 2.1.2.2. Parametri statistici delle serie storiche delle altezze delle precipitazioni di massima intensità. Confronto fra DDP e calcolo del test di Pearson (o del χ^2)
 - 2.1.5.1 Altezze delle precipitazioni di breve durata con data probabilità di non superamento (DDP log-normale) e parametri delle curve di probabilità pluviometrica
 - 2.1.6. Curve di probabilità pluviometrica
 - 2.2. Stazione pluviografica: Maniaci
 - 2.2.1.1. Principali caratteristiche della stazione pluviografica
 - 2.2.2.1. Serie storiche delle altezze delle precipitazioni di massima intensità
 - 2.2.2.2. Parametri statistici delle serie storiche delle altezze delle precipitazioni di massima intensità. Confronto fra DDP e calcolo del test di Pearson (o del χ^2)
 - 2.2.5.1 Altezze delle precipitazioni di breve durata con data probabilità di non superamento (DDP normale delle radici cubiche) e parametri delle curve di probabilità pluviometrica
 - 2.2.6. Curve di probabilità pluviometrica
 3. Stima della portata di piena al colmo
 - 3.1. Stima della portata di piena. Caratteristiche idrografiche dei bacini
 - 3.2. Stima della portata di piena. Calcolo del tempo di corrivazione
 - 3.3. Stima della portata di piena. Calcolo della portata di piena al colmo
 4. Idrogramma di piena. Martello a Petrosino
 - 4.1. Calcolo delle aree omogenee e delle fasce isocorrive
 - 4.2. Idrogramma di piena. Evento del 7/4/1984. Ietogramma uniforme
 - 4.3. Idrogramma di piena. Evento del 7/4/1984. Ietogramma speculare al diagramma delle aree delle fasce isocorrive
 5. Idrogramma di piena. Tratto d'intervento. Sezione di monte
 - 5.1. Calcolo delle aree omogenee e delle fasce isocorrive
 - 5.2. Idrogramma di piena. $T_r= 50$ anni
 - 5.3. Idrogramma di piena. $T_r= 100$ anni
 - 5.4. Idrogramma di piena. $T_r= 200$ anni
 - 5.5. Idrogramma di piena. $T_r= 300$ anni

1. Premessa

Il Comune di Maniace ha predisposto, tramite il progettista ing. Serenella Bellino, il progetto dei "Lavori per il miglioramento dell'assetto idrogeologico di un tratto del Torrente Martello". Il progetto, redatto in data giugno 2011, è stato sottoposto ai pareri dell'Ufficio del Genio Civile, della Soprintendenza per i Beni Culturali ed Ambientali e del Dipartimento Regionale dell'Ambiente della Regione Siciliana.

L'Ufficio del Genio Civile di Catania, rilasciando il parere ai sensi del R.D. 25/7/1904 n. 523, ha chiesto una rivisitazione del progetto, con uno studio idrologico ed idraulico del corso d'acqua che tenga conto delle caratteristiche del corso d'acqua ed in particolare del suo carattere torrentizio e delle condizioni di trasporto solido, consideri le opere idrauliche esistenti valutando l'opportunità del loro recupero e/o eliminazione o sostituzione, e fornisca elementi utili alla scelta e valutazione degli interventi che si intendono realizzare.

La Soprintendenza per i Beni Culturali ed Ambientali di Catania, rilasciando l'autorizzazione di massima ai sensi dell'art. 16.3 del Regolamento approvato con R.D. 3/6/1940, n. 1357, ha chiesto che il progetto "venga rimodulato secondo i principi e le tecniche della rinaturazione e dell'ingegneria naturalistica".

Il Dipartimento Regionale dell'Ambiente, Servizio 1/V.A.S.-V.I.A., rilasciando in data 21/11/2011 il parere favorevole alle opere previste, ha prescritto "particolare attenzione a mantenere inalterata la posizione originaria degli argini" e che "nel corso dei lavori" si garantisca "il deflusso minimo vitale nel corso d'acqua" e sia posta particolare cura "nell'evitare sversamenti di materiale inquinante in vicinanza dello stesso".

A seguito di tali prescrizioni è stato redatto in data 3/7/2012 dall'ing. Gianluigi Pirrera uno Studio di consulenza specialistica in materia di ingegneria naturalistica che ha compreso una "Relazione specialistica: ingegneria naturalistica e riqualificazione fluviale", con allegati lo studio floristico e gli studi per la valutazione dell'indice di funzionalità fluviale (IFF) e del deflusso minimo vitale (DMV).

La presente Relazione di Consulenza Idrologica ed Idraulica comprende lo studio idrologico del corso d'acqua, ed in particolare l'analisi delle principali caratteristiche del corso d'acqua e del suo bacino, la valutazione delle portate di piena e dell'apporto solido prevedibili sulla base delle attuali conoscenze, per vari tempi di ritorno, e la valutazione dell'apporto solido corrispondente. Sulla base delle risultanze di tali studi idrologici, nello studio idraulico sono state compiute le verifiche idrauliche dell'alveo e delle opere idrauliche esistenti e previste, indicando il dimensionamento idraulico degli interventi necessari e delle opere previste.

Gli studi, le elaborazioni e le verifiche hanno lo scopo di valutare le condizioni idrologiche ed idrauliche del corso d'acqua e del bacino e di indicare al progettista soluzioni che rispondano alle esigenze di consentire il deflusso delle prevedibili portate di piena in condizioni di sicurezza

per le persone e le costruzioni, di controllare il trasporto solido, di mantenere le condizioni di naturalità del corso d'acqua e del suo ecosistema, scegliendo fra le tecniche d'ingegneria naturalistica disponibili, quelle adottabili nel corso d'acqua in esame, compatibilmente con le specifiche condizioni del corso d'acqua e con lo specifico regime dei deflussi e del trasporto solido che vi si sviluppa.

Particolare cura è stata posta nell'obiettivo di mantenere le condizioni di naturalità del corso d'acqua. Tale obiettivo non può essere né subordinato all'altro obiettivo (di perseguire la sicurezza) né prevalente su di esso. Il presente studio idrologico ed idraulico pertanto, intende conciliare i due obiettivi, seguendo i più moderni principi di sistemazione idraulica dei corsi d'acqua, come sviluppati negli ultimi decenni.

Seguendo tali principi sono state escluse le sistemazioni rigide ed impermeabili, sia nelle difese di sponda che nelle opere trasversali, e sono state considerate solo interventi flessibili e permeabili e -per quanto possibile- naturali.

L'obiettivo del miglioramento dell'assetto idrogeologico dell'area pertanto, viene perseguito con interventi che mirano solo a delimitare -in modo non rigido né geometrico- le sponde dell'alveo di piena, allo scopo di evitare esondazioni, mentre pochissimi interventi (solo quelli strettamente necessari) saranno eseguiti nelle golene e nell'alveo di magra, che resterà libero di seguire il proprio corso secondo l'evoluzione naturale, vagando anche (se lo detterà il bilancio delle forze antagoniste della corrente e della massa alluvionale) all'interno dell'alveo di piena, senza vincoli rigidi. Gli interventi proposti, ovviamente, devono superare il controllo dei risultati delle verifiche idrauliche (portate liquide e trasporto solido) e di resistenza delle sponde, necessarie per valutare l'efficacia e la stabilità della sistemazione.

2. Caratteristiche del Torrente Martello e del suo bacino.

Il **Torrente Martello** è un affluente del Torrente Cutò che, insieme al Torrente della Saracena, dà origine al Fiume Simeto.

Il Torrente Martello ha origine dal Lago Biviere (1278 m s.m.) col nome di Torrente Spandente, assume poi il nome di Torrente Barrilà ed infine quello di Torrente Martello. Lungo il suo percorso riceve numerosi affluenti, sia in sponda destra (Vallone Castagnera, Vallone di Cerrita, Vallone di Nespola, Vallone di Manganofavo ed altri minori) che in sponda sinistra (Vallone di Castellaccio, Vallone Botti, Vallone Grappida, Vallone Sperone, Vallone del Gelso, Vallone Malebranche ed altri minori). Il Torrente ha una lunghezza di circa 15 km ed un bacino di circa 49 km². Il punto più elevato del bacino è a quota 1.780 (sulle pendici di Monte Soro, che raggiunge quota 1.847 m s.m. nel vicino bacino del Torrente Cutò. La confluenza nel T. Cutò è a quota 650 m s.m. circa.

Il **tratto del torrente oggetto dell'intervento** in studio è rappresentato nella fig. 1 e nelle fig. da 3 a 4.3, oltre che nelle tavole di progetto. Ha una lunghezza di circa 1.200 m (1.177 m nell'alvo di piena e 1.224 in quello di magra) e si sviluppa fra le quote 757,8 e 720,6 m s.m. Il suo bacino è stato rappresentato nelle figure da 3 a 4.3, ha una superficie di circa 47 km², si sviluppa fra le quote 1.780 e 720 m s.m. e l'asta principale raggiunge la lunghezza di circa 12,4 km.

Riguardo alle **caratteristiche geologiche e litologiche** (fig. 4.1), il bacino sotteso dall'intervento, è costituito, in larga prevalenza, dalle quarzareniti di Monte Soro, che sono formazioni stabili e permeabili. Sono presenti inoltre due aree con sequenze miste prevalentemente argillose (nel lembo più montano del versante sinistro, all'estremo nord del bacino e nel lembo vallivo del versante destro, all'estremo sud del bacino) mentre nella parte valliva, il Torrente ha formato una stretta pianura alluvionale.

Tali caratteristiche geologiche determinano le **caratteristiche idrogeologiche** del bacino, che presenta formazioni acquifere che alimentano numerose piccole sorgenti che garantiscono deflussi nel torrente quasi nell'intero anno, anche in periodi lontani dalle piogge. Nella pianura alluvionale invece è presente una falda subalvea a modesta profondità, in condizioni di stretto interscambio col corso d'acqua.

Le acque di alcune sorgenti sono **utilizzate per usi locali**, prevalentemente agricoli e zootecnici, ma anche civili. Sono stati osservati piccoli impianti di sollevamento lungo il corso d'acqua, specialmente nel tratto da Petrosino verso valle, ed anche piccoli impianti per l'emungimento della falda subalvea. A monte del tratto d'intervento è stata costruita, negli anni '80 dall'EAS (Ente Acquedotti Siciliani), una traversa di derivazione che avrebbe dovuto derivare le acque del torrente e convogliarle nel lago di Ancipa, per l'alimentazione idropotabile dell'acquedotto dell'EAS. La traversa non è mai stata completata, anche per complesse vicende giudiziarie, e non è mai entrata in esercizio.

Riguardo alla **copertura vegetale** (fig. 4.2), il bacino è prevalentemente coperto dal bosco, anche se degradato o di impianto relativamente recente. I versanti più a valle sono in larga parte coperti da macchia, da pascolo, e da seminativi, mentre il fondovalle alluvionale è intensamente coltivato (prevalentemente frutteti e vigneti).

Il torrente ed i suoi affluenti presentano, in larga prevalenza, **caratteristiche di torrenti montani**, con alveo significativamente inciso e pendenza apprezzabile. Riguardo al trasporto solido, gli alvei si presentano -all'esame visivo- generalmente in fase di scavo. Lungo l'asta principale sono presenti numerose briglie, anche di grandi dimensioni, e con ampia vasca di dissipazione e controbriglia.

Nel tratto vallivo oggetto dell'intervento, invece, il corso d'acqua presenta -all'esame visivo- **caratteri di transizione** fra le caratteristiche del torrente montano e quelle di un corso d'acqua di pianura.

Nell'alveo si riconosce abbastanza facilmente un **letto di magra**, con fondo ciottoloso, con ciottoli generalmente ben levigati (ma sono frequenti anche i sassi di forma irregolare e con spigoli appena smussati) e di dimensione abbastanza omogenea e compresa fra pochi cm e fino a circa 20 cm. Le sponde, poco profonde e poco ripide, sono generalmente ricoperte di vegetazione arbustiva, con qualche albero, generalmente di pochi metri di altezza. Lungo le sponde sono presenti anche massi di grande dimensione (circa 1-1,5 m), generalmente molto levigati.

Il **letto di piena** invece, costituito, a seconda dei tratti, da una o due golene, presenta una granulometria molto più varia, con molta terra, spesso ricoperta di una cotica erbosa o di arbusti. Non sono rari gli alberi. Sono presenti pure molti ciottoli e sassi di varia dimensione, e massi di dimensione fino a circa 1-1,5 m, generalmente molto levigati. All'interno del letto di

piena sono riconoscibili i segni di divagazioni, anche recenti, dell'alveo di magra che, in alcuni brevi tratti, nella parte più a valle, si presenta anche multicursale, con più alvei intrecciati.

Il letto di piena non è sempre ben delimitato ed in alcuni tratti non se ne individuano le sponde. In molti tratti l'area demaniale è molto più ampia del letto di piena oggi riconoscibile e alcune aree demaniali appaiono coltivate. All'interno dell'area demaniale, in sponda sinistra, è una strada interpoderale, asfaltata, con tracciato pressoché parallelo al corso d'acqua. Nella sede stradale sono visibili i chiusini dei pozzetti della fognatura delle acque nere. Un grande collettore delle acque bianche, posato nel sottosuolo di una strada interpoderale con tracciato pressoché perpendicolare al corso d'acqua, attraversa la predetta strada di sponda e scarica in sponda sinistra mediante un tubo in lamiera ondulata zincata.

Il tratto del corso d'acqua immediatamente a monte del tratto d'intervento, cioè quello più vicino all'abitato di Petrosino, è stato oggetto di un **intervento di sistemazione idraulica portato a termine circa un anno fa**. L'intervento ha compreso la sagomatura della sezione d'alveo ed i rivestimenti delle sponde con gabbioni. Nell'intervento è stata inglobata una preesistente grande briglia in calcestruzzo, con controbriglia. La briglia (B.1 in planimetria) si presenta in buono stato di conservazione, salvo che per il rivestimento della soglia, mancante in alcuni tratti. Meno buono è lo stato di conservazione della controbriglia, il cui piede è stato scalzato. L'intervento è chiuso a valle da una bassa briglia, in discreto stato di conservazione (salvo che per il rivestimento della soglia, in gran parte mancante), il cui piede (che evidentemente doveva essere stato scalzato) è stato ricalzato con una grande scogliera, che costituisce anche una rampa che smorza il salto formatosi a valle della controbriglia e può essere risalita dalla fauna.

Generalmente l'intervento eseguito si presenta in ottimo stato di conservazione, ma non è ancora attecchita la vegetazione (generalmente occorrono almeno tre anni per ottenere un certo sviluppo vegetativo) e pertanto l'impatto paesaggistico è ancora sensibile. Si rileva che in tale tratto che è stato oggetto di sistemazione è presente un attraversamento costituito da 14 tubi in lamiera di acciaio zincato ondulata (tubi ARMCO) annegati in un grosso getto di calcestruzzo. Tale attraversamento (che quasi certamente non soddisfa le condizioni idrauliche, come quelli di cui si dirà nel par. 7.2), sovrasta le sponde in gabbioni, e quindi costituisce un possibile punto d'innesco di un eventuale sormonto delle sponde.

Il tratto oggetto di questo intervento presenta le caratteristiche naturali già descritte per il basso corso del torrente: alveo di magra generalmente abbastanza delimitato, vagante in un ampio letto di piena, letto di magra ciottoloso e delimitato da basse sponde generalmente ricoperte da vegetazione arbustiva, letto di piena con terra, ciottoli e massi, arbusti ed alberi.

Il corso d'acqua ha mostrato di presentare **deflussi** anche in questo caldo mese di luglio, almeno fino al tratto fra l'attraversamento P3 e la briglia B6. Nel tratto a valle invece si presenta pressoché asciutto, forse anche per effetto di prelievi in alveo e nel subalveo, oltre che per la naturale infiltrazione nel materasso alluvionale.

Nel tratto oggetto d'intervento sono presenti **6 briglie** (contrassegnate dai codici B3, B4, B5, B6, B7 e B8 in planimetria) e **3 attraversamenti** (contrassegnati dai codici P2, P3 e P4 in planimetria) costituiti da tubi in lamiera ondulata annegati in un massiccio blocco di calcestruzzo. Le briglie, in calcestruzzo e di altezza generalmente di circa un metro, si presentano

in discreto stato di conservazione, ma hanno quasi tutte il piede scalzato, così che a valle delle briglie si sono formate delle grandi e profonde pozze, che, in alcuni casi, si estendono anche sotto il corpo della briglia, che si presenta quindi in parte "sospesa". Gli attraversamenti si presentano pure scalzati al piede e, in alcuni casi "sospesi"..

3. Analisi dei dati disponibili e inquadramento metodologico

E' stata compiuta una ricerca dei dati disponibili, consultando gli Annali Idrologici e gli studi e piani disponibili.

Nel corso d'acqua ha funzionato una **stazione idrometrica**, denominata "Martello a Petrosino", per 14 anni, dal 1981 al 1983 e nel 1985. Nella tab. 1 sono riportati le caratteristiche della stazione e i principali parametri idrologici d'interesse ai fini dello studio. La stazione era posta a quota 800,10, poco a monte del tratto d'interesse, e sottendeva un bacino stimato dal S.I. in circa 43 km².

La lunghezza della serie di osservazioni (14 anni) è troppo breve per consentire di compiere attendibili elaborazioni statistiche, specie se ci si vuol spingere a stimare portate di piena con elevato tempo di ritorno. Pertanto è necessario compiere valutazioni indirette tramite l'elaborazione delle osservazioni pluviometriche, la cui rete di misura è notoriamente molto più fitta di quella idrometrica, e conta generalmente serie molto più lunghe. Tuttavia i dati osservati nella stazione idrometrica saranno tenuti in conto per completare le elaborazioni, tarare i modelli di calcolo e valutare i risultati.

Nella zona hanno funzionato alcune **stazioni pluviometriche e pluviografiche**, localizzate nella fig. 1. Nella stessa figura sono rappresentate le aree d'influenza delle stazioni, delimitate con il metodo di Thiessen. Come si vede, il bacino d'interesse ricade prevalentemente nel topoieta della stazione di Maniaci (che è la denominazione data dal Servizio Idrografico alla stazione localizzata nel territorio del comune di Maniace) e, in minor parte, nel topoieta di Cesarò. Pertanto dovrebbe farsi riferimento alla stazione di Maniaci.

Tuttavia l'esame della tabella 1 (nella quale sono state poste a confronto le date in cui si sono verificate le massime piene annue nel periodo di registrazione nella stazione di Martello a Petrosino con quelle in cui si sono verificate le massime precipitazioni annue di breve durata nelle due stazioni pluviografiche), mostra una concordanza sensibilmente superiore delle piene nel T. Martello con le precipitazioni registrate a Cesarò.

Considerato inoltre che la stazione di Cesarò è più piovosa di quella di Maniaci, fare riferimento alle precipitazioni di Cesarò è, oltre che più appropriato, anche più prudente.

4. Analisi delle precipitazioni e stima delle curve di probabilità pluviometrica

L'obiettivo dell'analisi è la stima della massima portata di piena che può defluire nel tratto d'interesse del corso d'acqua con una prefissata probabilità di essere raggiunta o superata.

La probabilità viene prefissata in relazione alla gravità degli effetti che potrebbero conseguire al superamento della portata, e in idrologia viene usualmente espressa in termini di “tempo di ritorno T_r ”. Il tempo di ritorno T_r è l'intervallo di tempo che mediamente intercorre, in un periodo di osservazione adeguatamente lungo, fra due eventi di gravità pari o superiore a quella dell'evento considerato. Viene espresso in anni.

In conformità ai valori assunti nella redazione del PAI Sicilia, nel presente studio si fa riferimento ai valori $T_r = 50, 100$ e 300 anni. Viene inoltre considerato il valore $T_r = 200$ anni cui fa riferimento il DPR 49/2010, art. 6.

Non essendo disponibili serie sufficientemente lunghe di misure di portata nel torrente, la stima delle portate di piena viene compiuta in modo indiretto, dallo studio delle precipitazioni che determinano le portate di piena. Vengono fatte le ipotesi (usuali in idrologia) che il processo di trasformazione delle piogge in deflussi sia *invariante nel tempo* e che la distribuzione delle probabilità con cui si verificano gli eventi di piena sia eguale a quella delle piogge che li hanno determinati (*ipotesi della linearità della trasformazione*). Si ricorda che si tratta di ipotesi cautelative che portano a sovrastimare le portate di piena di dato tempo di ritorno.

Considerate le modeste dimensioni dei bacini interessati, lo studio riguarda le piogge intense di breve durata. Le serie storiche di osservazioni delle precipitazioni massime annuali di durata 1, 3, 6, 12 e 24 ore vengono elaborate con metodi probabilistici al fine di estrarre le curve di probabilità pluviometrica (CPP)

Sono state estratte dagli *Annali Idrologici dell'Osservatorio delle Acque della Regione Siciliana* (ex Servizio Idrografico Italiano, Compartimento di Palermo) le serie storiche delle precipitazioni massime annuali di durata 1, 3, 6, 12 e 24 ore delle stazioni pluviografiche di Cesarò e di Maniaci, che sono le più vicine al bacino in esame.

Le principali caratteristiche delle stazioni pluviografiche sono riportate nelle tab. 2.1.1.1 e 2.2.1.1, mentre le serie storiche dell'intero periodo d'osservazione fino ad oggi pubblicato sono riportate nelle tab. 2.1.2.1 e 2.2.2.1. Nella prima parte delle tab. 2.1.2.2 e 2.2.2.2 sono stati calcolati i parametri statistici delle serie. Per scegliere la legge di distribuzione di probabilità che meglio si adatta alle serie di dati sono state poste a confronto, tramite il *test di Pearson* (detto anche *test del χ^2*) le quattro leggi di distribuzione di probabilità generalmente ritenute più adatte a rappresentare le variabili idrologiche: le *funzioni normale* (o di Gauss), *log-normale*, *normale delle radici cubiche* e di *Gumbel*. Dalla seconda parte delle medesime tabelle si ricava che le leggi *log-normale*, e *normale delle radici cubiche* conseguono i più bassi valori del test, rispettivamente per le stazioni di Cesarò e di Maniaci.

Nelle tab. 2.1.5.1 e 2.2.5.1 sono stati calcolati i parametri a ed n delle curve di probabilità pluviometriche, nei due casi usualmente considerati in idrologia: cioè sia ipotizzando parametri diversi per durate inferiori o superiori a 6 ore, sia ipotizzando parametri costanti da 1 a 24 ore. Poiché per entrambe le stazioni non accade che la pendenza per durate superiori a 6 ore risulti minore di quella per durate inferiori a 6 ore, è più appropriato adottare le curve con durate da 1 a 24 ore (tab. 2.1.6 e 2.2.6 e fig. 2.1.2 e 2.2.2). Il confronto dei risultati conferma che, anche per quanto riguarda le piogge intense, la stazione di Cesarò risulta più gravosa di quella di Maniaci.

Pertanto nel seguito si fa riferimento alla stazione di Cesarò, per la quale le curve di probabilità pluviometrica assumono la forma:

$$\begin{array}{ll}
 h(t, T_r) = 49,87 t^{0,267} & \text{per } T_r = 50 \text{ anni} \\
 h(t, T_r) = 55,44 t^{0,265} & \text{per } T_r = 100 \text{ anni} \\
 h(t, T_r) = 61,08 t^{0,262} & \text{per } T_r = 200 \text{ anni} \\
 h(t, T_r) = 64,4 t^{0,261} & \text{per } T_r = 300 \text{ anni}
 \end{array}$$

5. Stima delle portate di piena

5.1. Stima della portata di piena al colmo

La formazione del deflusso di piena viene stimata applicando il *metodo cinematico* e la *formula razionale*, detta anche “di Turazza”. Secondo tale modello, che è un modello “di pioggia netta”, la portata di piena al colmo risulta data dalla relazione seguente:

$$Q_{Tr}(t) = [\sum (C_i A_i)] [h_{Tr}(t)]/t$$

con:

$Q_{Tr}(t)$	(m ³ /s)	portata di piena al colmo, con tempo di ritorno T_r
$h_{Tr}(t)$	(m)	altezza di precipitazione di durata t , con tempo di ritorno T_r
t	(s)	durata di pioggia che determina la più gravosa piena sul bacino (cioè durata pari al <i>tempo di corrivazione del bacino</i> , che è il massimo tempo impiegato dalle gocce di pioggia che cadono sul bacino per raggiungere la sua sezione di chiusura)
A_i	(km ²)	area di ogni parte del bacino con omogenee condizioni di deflusso (cioè con omogenee caratteristiche geologiche, morfologiche, pedologiche e di uso e copertura del suolo)
C_i		coefficiente di deflusso, che tiene conto delle caratteristiche geologiche, morfologiche, pedologiche e di uso e copertura del suolo, e che viene valutato, per ogni parte omogenea del bacino, dai valori rilevati su un gran numero di bacini e riportati in letteratura.

Nel nostro caso, dall'esame delle caratteristiche del bacino, ricavate dall'esame delle carte topografiche (per la morfologia e le pendenze) e tematiche riprodotte nelle fig. 4.1 (carta litologica) e 4.2 (carta dell'uso del suolo), dalla conoscenza diretta e dall'osservazione delle foto da satellite, sono state individuate le 5 aree con caratteristiche omogenee ai fini della formazione del deflusso delimitate in fig. 4.3 e descritte nella tab. 3.1. A ciascuna area sono stati attribuiti (tab. 3.1) i valori del coefficiente di deflusso estratti dalla tabella dell'U.S. *Soil Conservation Service*, detta anche “di Frevèrt”.

Nella tab. 3.1. sono riportate le caratteristiche dei bacini di interesse, sottesi dalla sezione di monte e di valle del tratto d'intervento e da una sezione centrale. Inoltre è stata considerata la sezione della stazione idrometrica, che sarà utilizzata per confronto ed integrazione delle elaborazioni.

Nella prima parte della tabella sono riportate le caratteristiche globali (utili alla stima del tempo di corrivazione), nella seconda le caratteristiche di ogni parte omogenea del bacino, il

relativo coefficiente di deflusso C_i , l'area A_i ed il prodotto $C_i A_i$. Alla fine della tabella è calcolata l'area impermeabile equivalente $\Sigma C_i A_i$. Nella tab. 3.2 è stato stimato il tempo di corrivazione, utilizzando le formule generalmente ritenute le più adatte a stimare il tempo di corrivazione col metodo razionale nei piccoli bacini italiani (formule di Giandotti, di Ventura e della velocità fittizia) e facendo riferimento al valore medio. Nella tabella 3.3 è stata stimata la portata di piena al colmo, utilizzando la citata formula di Turazza che, come è noto, ipotizza un idrogramma di piena triangolare.

Dall'applicazione del metodo si ricavano i seguenti valori di portata di piena al colmo:

	sezione di monte (n. 5)	sezione di valle (n. 67)
tempo di ritorno $T_r = 50$ anni	$Q_{pc} = 99,37 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{pc} = 110,30 \text{ m}^3/\text{s}$
tempo di ritorno $T_r = 100$ anni	$Q_{pc} = 110,23 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{pc} = 122,35 \text{ m}^3/\text{s}$
tempo di ritorno $T_r = 200$ anni	$Q_{pc} = 121,04 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{pc} = 134,35 \text{ m}^3/\text{s}$
tempo di ritorno $T_r = 300$ anni	$Q_{pc} = 127,52 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{pc} = 141,54 \text{ m}^3/\text{s}$

Tali valori risultano molto superiori alla massima portata di piena al colmo registrata nella stazione idrometrica Martello a Petrosino nel corso dei 14 anni di osservazione ($22,51 \text{ m}^3/\text{s}$, il 7/4/1984).

5.2. Idrogramma di piena.

5.2.1. Idrogramma di piena alla sezione Martello a Petrosino e taratura del modello di calcolo

Lo sviluppo dell'idrogramma di piena è stato stimato applicando il metodo della corrivazione e utilizzando le fasce isocorrive individuate applicando l'ipotesi di Viparelli (tempo di corrivazione proporzionale all'energia potenziale e quindi al dislivello) e rappresentate nelle fig. 4.3 e 5.

Il metodo è stato innanzitutto applicato alla sezione di misura Martello a Petrosino, allo scopo di validare i coefficienti di deflusso precedentemente individuati, e procedere quindi alla taratura del modello di calcolo. Si è fatto riferimento all'evento del 7/4/1984, nel quale è stata registrata la massima portata di piena al colmo nella stazione di misura ($22,507 \text{ m}^3/\text{s}$) e per il quale si ha concordanza con il verificarsi di un evento pluviometrico di massima intensità (tab. 1).

Per il calcolo dell'idrogramma di piena è stato calcolato, per ogni fascia isocorriva, il prodotto $\Sigma (C_i A_i/A)$, da utilizzare nel calcolo dell'idrogramma in luogo dell'area A . Il calcolo è stato eseguito nella tab. 4.1.

Lo sviluppo dell'idrogramma di piena è stato eseguito nelle tab. 4.2 e 4.3, in termini discreti, sia ipotizzando una distribuzione uniforme della pioggia durante l'evento (idrogramma uniforme, tab. 4.2), sia ipotizzando una distribuzione della pioggia speculare a quella delle aree delle fasce isocorrive (notoriamente più gravosa, tab. 4.3).

Dal calcolo (tab. 4.2 e 4.3) risulta una portata di piena calcolata sempre superiore a quella registrata, e quindi bisognerebbe ridurre i coefficienti di deflusso secondo i coefficienti correttivi indicati nelle tabelle (0,89 e 0,60). Prudenzialmente è stato preferito mantenere i valori del coefficiente di deflusso originariamente stimati.

5.2.2. Idrogramma di piena alle sezioni d'interesse

Il metodo è stato applicato quindi alle sezioni di monte (n. 5) e di valle (n. 67) del tratto d'intervento.

In particolare, nelle tab. 5.1 e 6.1 sono state calcolate le aree delle fasce isocorive ed i prodotti delle sub-aree omogenee per i coefficienti di deflusso. Nelle tab. da 5.2 a 5.5 e da 6.2 a 6.5 sono stati calcolati gli idrogrammi di piena per i tempi di ritorno 50, 100, 200 e 300 anni. In tutti i casi sono stati mantenuti i coefficienti di deflusso originariamente stimati secondo il metodo USGS (senza la riduzione risultante dal confronto con le registrazioni nella stazione idrometrica) e si è fatto riferimento allo ietogramma di forma speculare a quella del diagramma delle aree delle fasce isocorive (che porta a maggiori valori della portata di piena).

Dall'applicazione del metodo si ricavano i seguenti valori di portata di piena al colmo:

	sezione di monte (n. 5)	sezione di valle (n. 67)
tempo di ritorno $T_r = 50$ anni	$Q_{pc} = 141,46 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{pc} = 145,46 \text{ m}^3/\text{s}$
tempo di ritorno $T_r = 100$ anni	$Q_{pc} = 157,11 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{pc} = 161,52 \text{ m}^3/\text{s}$
tempo di ritorno $T_r = 200$ anni	$Q_{pc} = 172,84 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{pc} = 177,63 \text{ m}^3/\text{s}$
tempo di ritorno $T_r = 300$ anni	$Q_{pc} = 182,20 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{pc} = 187,23 \text{ m}^3/\text{s}$

Tali valori sono -come prevedibile- superiori a quelli ottenuti dalla formula di Turazza (che ammette le ipotesi di ietogramma uniforme e idrogramma triangolare). Tali valori verranno utilizzati nel seguito.

6. Stima del trasporto solido

6.1. Inquadramento metodologico

Nel paragrafo 2 sono state descritte le condizioni dell'alveo del coso d'acqua e delle opere in esso realizzate. Dall'esame del materiale presente in alveo si è dedotto che il corso d'acqua si trova in condizioni di transizione fra le caratteristiche di un torrente montano e quelle di un corso d'acqua di pianura. Nel presente paragrafo vengono valutate le condizioni del corso d'acqua riguardo al trasporto solido utilizzando il metodo di Meyer-Peter che mette in relazione la portata solida trasportata G con la portata liquida Q mediante un'equazione del tipo:

$$f(q, G, i, d, T_r) = 0$$

con:

q (l/s m)	portata liquida per unità di larghezza
G (kgp/s m)	portata solida per unità di larghezza
i	pendenza di fondo
d (m)	dimensione del materiale
Tr (anni)	tempo di ritorno

La relazione di Meyer-Peter è stata formulata per alvei rettangolari e per materiale di dimensione uniforme, ma è usualmente applicata anche per alvei non rettangolari e per materiale di dimensione non uniforme. Si rileva, d'altra parte che nel caso in esame la larghezza dell'alveo è sempre molto maggiore del tirante idrico, e la profondità dell'alveo è pressochè costante, e si ricorda che, quando si verificano queste circostanze, le condizioni del moto sono molto simili a quelle che si sviluppano in un alveo rettangolare.

Dalla relazione di Meyer-Peter si possono ricavare la *portata liquida d'innescò* (cioè la portata liquida al di sopra della quale si avvia il movimento del materiale solido) e, nel caso che la portata liquida fluente sia superiore alla portata d'innescò, la *portata solida trasportata*.

L'applicazione della relazione va fatta per tentativi, in alternanza con la valutazione del tirante idrico e della larghezza della sezione bagnata ottenuta dalla verifica delle condizioni di moto della portata liquida.

6.2. Applicazione

Nel caso in esame è stata innanzitutto compiuta la ricognizione del profilo dell'alveo di piena nelle condizioni attuali e delle sezioni attuali dell'alveo, individuando i tratti (risultati essere 14) nei quali la pendenza di fondo e la sezione possono essere considerati omogenei. Per tali tratti si è proceduto alla costruzione delle scale delle portate ed alla valutazione del tirante idrico e della larghezza della sezione bagnata, con le pendenze e le sezioni attuali. I risultati sono riportati nella tab. 7.

Applicando le relazioni di Meyer-Peter a tali risultati sono state ottenute le tabelle 8.1 e 8.2 (rispettivamente per $Tr=300$ e $Tr=50$ anni). Da esse si ricava che alcuni tratti sono in fase d'erosione ed altri in fase di trasporto o deposito. Poiché non è possibile (né opportuno e neppure conveniente) azzerare il trasporto solido, si è valutato d'intervenire nei tratti nei quali il trasporto solido unitario supera il valore di soglia di $0,10 \text{ m}^3/\text{s m}$, modificando la pendenza di fondo in modo da ridurre il trasporto solido ad una frazione non superiore al 40% del trasporto solido originario. Dalle tab. 8.1 e 8.2 si ricava che ciò accade nei tratti n. 4, 9 e 14. In tali tratti risulta necessario inserire delle briglie, che potrebbero essere convenientemente ottenute dalla parziale demolizione e trasformazione degli attraversamenti esistenti.

Adottando le nuove pendenze sono state compiute le verifiche idrauliche che hanno comportato anche diverse iterazioni, con modifiche delle sezioni, del rivestimento ed anche delle pendenze, in alternanza con le nuove verifiche del trasporto solido, fino ad ottenere risultati soddisfacenti per le condizioni idrauliche (tab. da 9.1 a 9.14) e per il trasporto solido (tab. da 10.1 a 10.4).

6.3. Sintesi dei risultati

In sintesi, le elaborazioni compiute portano a confermare che nel corso d'acqua in esame si verificano condizioni di transizione fra le condizioni caratteristiche di un torrente montano (alveo in erosione) e quelle di un corso d'acqua di pianura (alveo in deposito) con presenza di entrambe le condizioni, ed anche della condizione di trasporto, a seconda dei tratti e della portata fluente. Per ridurre le condizioni di erosione è sufficiente correggere la pendenza di fondo nei tratti 4, 8, 9, 10 e 14, fino ad ottenere le pendenze indicate nelle tab. 10.1 e 10.2 per i tratti 4, 8n, 9n e 14 (i tratti 8, 9 e 10 sono unificati nei tratti 8n e 9n). Ciò può essere ottenuto mediante i seguenti interventi:

- parziale demolizione degli attraversamenti esistenti P2 e P4 sino a trasformarli in briglie di altezza 2,1 e 1,0 m rispettivamente;
- modesti lavori di movimento terra fra le sezioni 37 e 46, per ottenere le pendenze medie indicate per i tratti 8n e 9n.

Si precisa che le pendenze indicate nelle tabelle per ogni tratto d'alveo non devono essere considerate rigidamente e non devono essere ottenute con livellamenti, salvo che nelle poche sezioni specificatamente indicate. Esse sono solo le pendenze medie nel tratto. Oscillazioni di qualche decimetro intorno alle quote di fondo indicate nelle sezioni intermedie della tabella 12 sono ammesse e ben accette. Se il fondo ha una quota inferiore a quella indicata in tabella (fondo depresso) si formerà una pozza ed un piccolo aumento del tirante e rallentamento della corrente, con benefici effetti per l'ecosistema ed il paesaggio. Se il fondo ha una quota leggermente superiore, si formerà una piccola incisione ed un nuovo percorso di magra (anche con meandri o andamento pluricursale) ed un modesto innalzamento del tirante in caso di piena (ampiamente contenuto nel franco adottato).

7. Verifiche idrauliche

7.1. Verifica della capacità di trasporto dell'alveo

Le verifiche delle condizioni idrauliche sono state compiute nelle tabelle da 9.1 a 9.14, per ogni tratto prima definito. In esse è stata costruita la scala delle portate di moto uniforme, secondo l'equazione di Chezy e considerando l'equazione di Gauckler-Strickler per la stima del parametro di scabrezza.

La scala delle portate è stata costruita con un modello di calcolo che considera una generica sezione non simmetrica e politrapezia, con una savanella centrale (con sponde anche di diversa altezza, scarpa e materiale) e due golene (anch'esse con sponde anche di diversa altezza, scarpa e materiale). Qualora la sezione abbia una sola golena nel modello viene inserita una seconda golena fittizia di dimensioni ridottissime, che non inficiano i risultati. Il modello consente l'inserimento di diversi tipi di rivestimento del fondo e delle pareti della savanella e delle golene e provvede anche al calcolo dello sforzo di trascinamento esercitato dalla corrente sulle pareti, utile per verificare la resistenza del rivestimento all'azione della corrente.

Particolare cura è stata posta nella stima del parametro di scabrezza, che è stato attentamente valutato compiendo una attenta ricerca bibliografica per individuare i valori più adatti a tenere conto della presenza della vegetazione o delle sistemazioni di sponda realizzate con tecniche d'ingegneria naturalistica. I parametri adottati sono riportati nella tabella 9.0.

Nelle tabelle da 9.1 a 9.14 (risultato di numerose iterazioni eseguite in alternanza con le verifiche del trasporto solido) è riportata, per ogni tratto, la scala delle sezioni bagnate A, delle larghezze del pelo libero B, delle portate Q e delle velocità V, in condizioni di moto uniforme, di ogni tratto. E' stata pure calcolata la velocità di stato critico, al fine di valutare se la corrente di moto uniforme è in condizioni di corrente lenta o veloce (e conseguentemente, se l'alveo è a debole o a forte pendenza). Dall'esame delle tabelle si ricava che in tutti i tratti l'alveo è a forte pendenza; tuttavia i tratti n. 1, 3, 5, 6 e 13 presentano, per bassi valori del tirante, condizioni di debole pendenza.

Nel corso delle verifiche è stato necessario modificare alcune sezioni, per migliorare le condizioni di deflusso, o il tipo di rivestimento inizialmente previsto, al fine di ridurre la scabrezza o aumentare la resistenza allo sforzo di trascinamento. Si è data sempre la preferenza al rivestimento con vegetazione ripariale spontanea o, ove occorre, alle sistemazioni con tecniche d'ingegneria naturalistica (scogliera rinverdita, gabbioni rinverditi, palificata rinverdita).

7.2. Verifica degli attraversamenti esistenti e del ponte che li sostituisce

Come detto nel par.2, nel tratto d'intervento sono presenti tre attraversamenti, a servizio di strade comunali o interpoderali, realizzati con tubi di lamiera ondulata zincata annegati in un grande parallelepipedo in calcestruzzo. Quasi tutti i tubi presentano l'interno parzialmente (e qualcuno interamente) ostruito dai depositi.

La portata che può transitare attraverso tali tubi può essere stimata come quella di n luci circolari sotto battente in parete grossa (o munite di tubo addizionale esterno). In prima approssimazione si può ipotizzare che l'efflusso sia libero e che valgano le ipotesi di Borda (in realtà l'efflusso è quasi sicuramente rigurgitato e quindi la portata effettivamente defluente sarà minore di quella risultante dal calcolo).

In tali ipotesi, se si potesse ammettere (ma in realtà non si può) che il livello dell'acqua a monte dell'attraversamento raggiunga il livello del piano di transito, e considerando le sezioni interamente libere (ma in realtà non lo sono) la portata che potrebbe transitare attraverso i tubi è data dalla formula:

$$Q(\text{m}^3/\text{s}) = N \mu (\pi D^2/4) [2g(a + D/2)]^{0.5}$$

con:

- N numero di tubi
- D (m) diametro interno dei tubi
- a (m) battente della luce
- μ coefficiente d'efflusso (= 0,815 nelle ipotesi di Borda)

Risulta allora:

attraversamento P2 (sezione 20-21)

$$N= 8 \quad D=1,5 \text{ m} \quad a=0,50 \text{ m} \quad Q = 57,05 \text{ m}^3/\text{s}$$

attraversamento P3 (sezioni 41-43)

$$N= 10 \quad D=1,5 \text{ m} \quad a=0,40 \text{ m} \quad Q = 68,41 \text{ m}^3/\text{s}$$

attraversamento P4 (sezioni 63-64)

$$N= 15 \quad D=1,0 \text{ m} \quad a=0,42 \text{ m} \quad Q = 40,78 \text{ m}^3/\text{s}$$

Per quanto detto in precedenza, le reali capacità di deflusso degli attraversamenti sono molto inferiori ai valori ora calcolati (efflusso rigurgitato, parziale ostruzione delle luci, necessità di un franco di sicurezza) che sono già di gran lunga inferiori alle portate di progetto stimate per i tempi di ritorno di progetto. In prima approssimazione può stimarsi che la capacità di deflusso degli attraversamenti corrisponda alle portate di piena con T_r circa 2 anni.

Si rende necessaria pertanto la demolizione dei tre attraversamenti esistenti all'interno del tratto d'intervento, denominati P2, P3 e P4 in planimetria. Come visto nel par. 6.3, per gli attraversamenti P2 e P4 si tratterà di demolizioni parziali, con trasformazione della parte residua in briglia.

L'attraversamento P3 invece sarà demolito interamente e sostituito con un ponte. La verifica idraulica della luce del ponte è stata eseguita nella tab. 9.15 e risulta ampiamente soddisfatta. Si precisa che le spalle potrebbero essere anche coperte con una scogliera, come nella sezione tipo 9n.

8. Altre considerazioni sul corso d'acqua e sugli interventi proposti

Nel seguito vengono espresse alcune brevi considerazioni su alcune idee contenute nella consulenza specialistica sull'ingegneria naturalistica che non è risultato possibile accogliere.

1 e 5) Briglia selettiva a monte del ponte della strada provinciale.

L'attento esame del sito indicato (immediatamente a monte del ponte della strada provinciale) ha mostrato che esso non soddisfa tutti i requisiti idraulici richiesti da una briglia selettiva, che ha funzioni di ritenuta (e non solo di compensazione come le altre briglie esistenti) e richiede pertanto un'ampia varice a monte della sezione di ritenuta. Inoltre non vi è sufficiente distanza dalle abitazioni, necessaria sia per ragioni di sicurezza che per evitare i disagi conseguenti alle attività di escavazione che periodicamente devono essere eseguite a monte della briglia. Infine l'attenta osservazione delle pile del vicino ponte ha rivelato che attorno ad esse è in atto una situazione di erosione, per contrastare la quale sono state recentemente realizzate delle scogliere cementate, disposte "a corona".

4) Opere per il trasferimento parziale in riva destra del rischio idraulico (tagli degli attraversamenti e conversione in pennelli di deviazione).

Come risulta dalle verifiche idrauliche compiute nel paragrafo 7.2. gli attraversamenti esistenti costituiscono degli sbarramenti alle portate di piena, già con tempi di ritorno dell'ordine dei 2 anni. Pertanto, il proposto taglio di una piccola parte degli attraversamenti non può certamente far raggiungere alla sezione che ne risulterebbe una capacità di deflusso accettabile, e il corso d'acqua presenterebbe condizioni di sicurezza idraulica non accettabili.

Si rileva inoltre che l'inserimento di un pennello perpendicolare alla sponda ed alla corrente (e non obliquo) può comportare la formazione di un'eccessiva quantità di sedimenti a monte ed una zona d'erosione a valle.

Inoltre si rileva che la sponda destra del corso d'acqua è su suoli argillosi ed in pendio, ed in alcuni tratti si presenta in condizioni d'erosione. L'incremento di erosione determinato dal pennello, oltre a incrementare il trasporto solido, potrebbe provocare smottamenti nel pendio.

6) Cassa d'espansione in derivazione per il minimo deflusso vitale

Preliminarmente si rileva che l'intervento proposto non prevede alcuna derivazione di acque dal corso d'acqua, il cui deflusso proseguirà pertanto nelle condizioni naturali, senza alcuna diminuzione di sorta. Pertanto non si ha bisogno di prevedere alcuna opera per il rilascio del deflusso minimo vitale.

Il sito proposto per la cassa d'espansione è in pendio, pertanto la realizzazione dell'opera comporterebbe grandi scavi, costose opere di contenimento dell'alta parete (con sovrastante pendio argilloso), una costosa arginatura della vasca e dei suoi tre comparti (posti a differente livello, come tre gradoni). In definitiva l'opera proposta appare molto costosa, di grande impatto ambientale e paesaggistico e di dubbia utilità.

In sostituzione, è stata prevista una cassa d'espansione più a valle, fra le sezioni 52 e 56, in un'area pianeggiante in sponda destra, naturalmente vocata a tale funzione, e con minimi movimenti di terra. Essa avrà solo la funzione di laminare le piene, senza alcun manufatto di derivazione o restituzione.

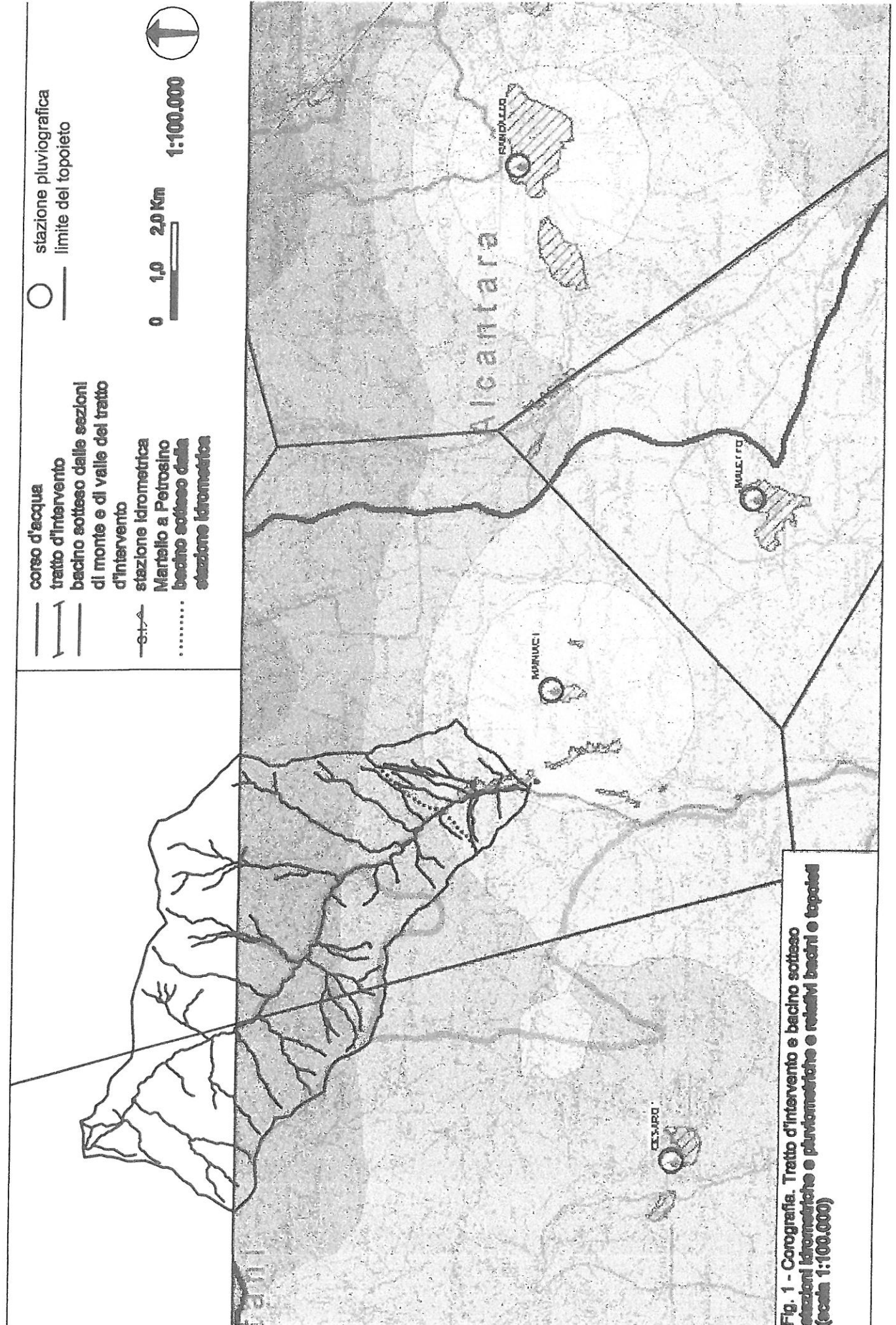
8) Graticciate in pali corten

Le proposte palizzate con pali corten (si veda anche la scheda IN.S.17 nell'allegato 3 alla consulenza di ingegneria naturalistica), hanno un impatto paesaggistico considerevole, comportando l'inserimento di un materiale metallico, e quindi del tutto estraneo all'ambiente fluviale. Per questo, normalmente esse vengono realizzate con pali in legno.

Si rileva inoltre che la resistenza allo sforzo di trascinamento è piuttosto modesta e, considerato anche l'elevato costo di tale tipologia d'intervento, si consiglia di sostituirle con scogliere rinverdite o gabbionate rinverdite.

15) Condotte d'alimentazione per la stabilizzazione delle pozze esistenti

L'esame dei luoghi ha rivelato che quelle che, nelle foto da satellite, appaiono come "pozze" e che farebbero pensare a relitti di paleoalvei, sono in realtà scavi realizzati per drenare il subalveo ed attingere acqua con piccoli impianti di sollevamento. E' da escludere pertanto la realizzazione delle proposte condotte, che avrebbero il solo effetto di depauperare di deflussi il corso d'acqua.



- corso d'acqua
- ▨ tratto d'intervento
- ▨ bacinii sotteso dalle sezioni di monte e di valle del tratto d'intervento
- stazione idrometrica
- ⋯ Martello a Petrosino
- bacinii sotteso dalla stazione idrometrica
- stazione pluviografica
- limite del topoteto

0 1,0 2,0 Km
 1:100.000

Fig. 1 - Corografia. Tratto d'intervento e bacinii sotteso stazioni idrometriche e pluviometriche e relativi bacinii e topoteti (scala 1:100.000)

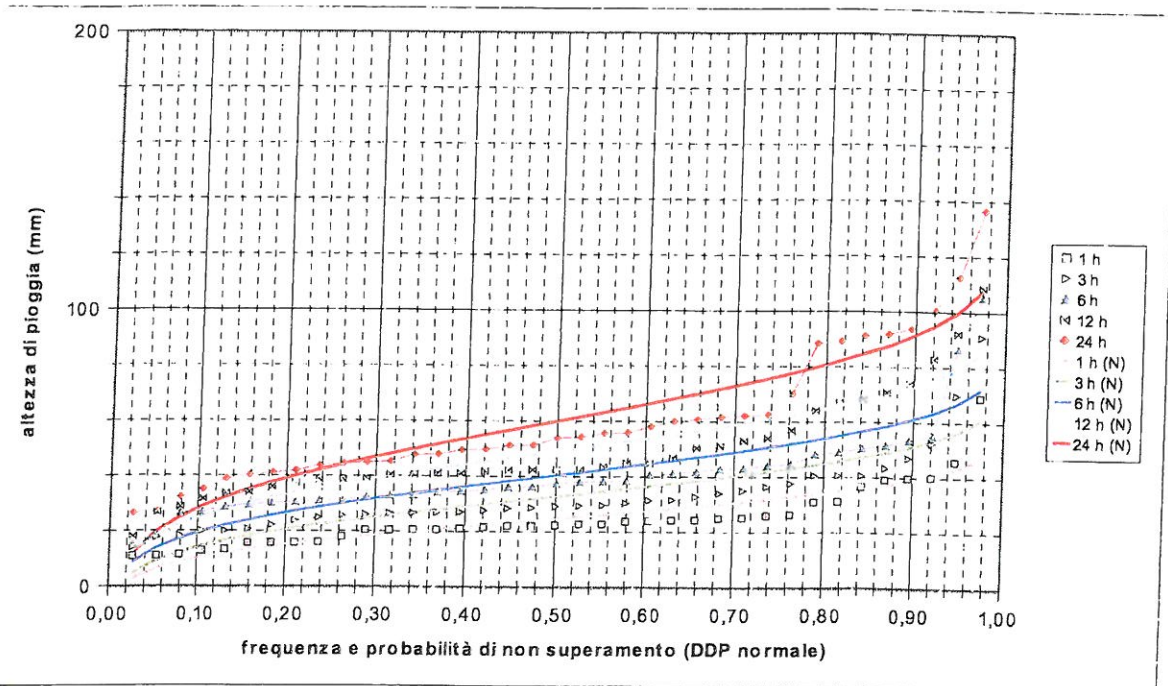


Figura 2,1.1.1 Frequenza e probabilità delle precipitazioni di massima intensità (DDP normale)

Stazione pluviografica: CESARO'

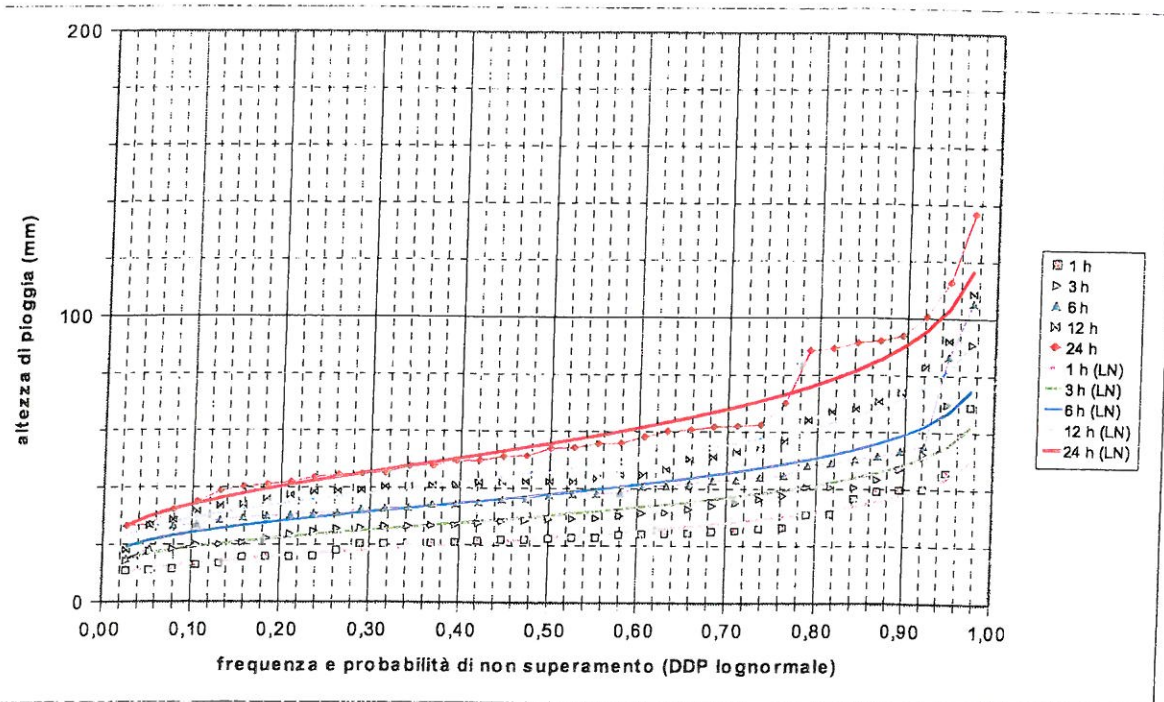


Figura 2,1.1.2 Frequenza e probabilità delle precipitazioni di massima intensità (DDP lognormale)

Stazione pluviografica: CESARO'

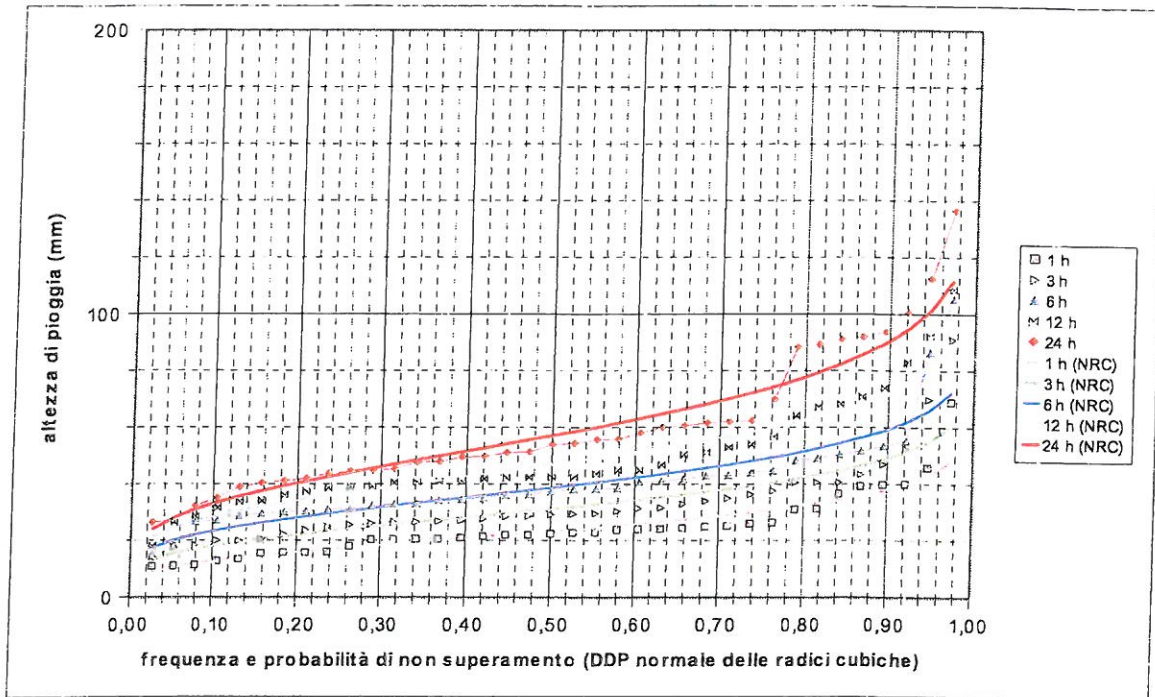


Figura 2.1.1.3 Frequenza e probabilità delle precipitazioni di massima intensità (DDP normale delle radici cubiche)

Stazione pluviografica: CESARO'

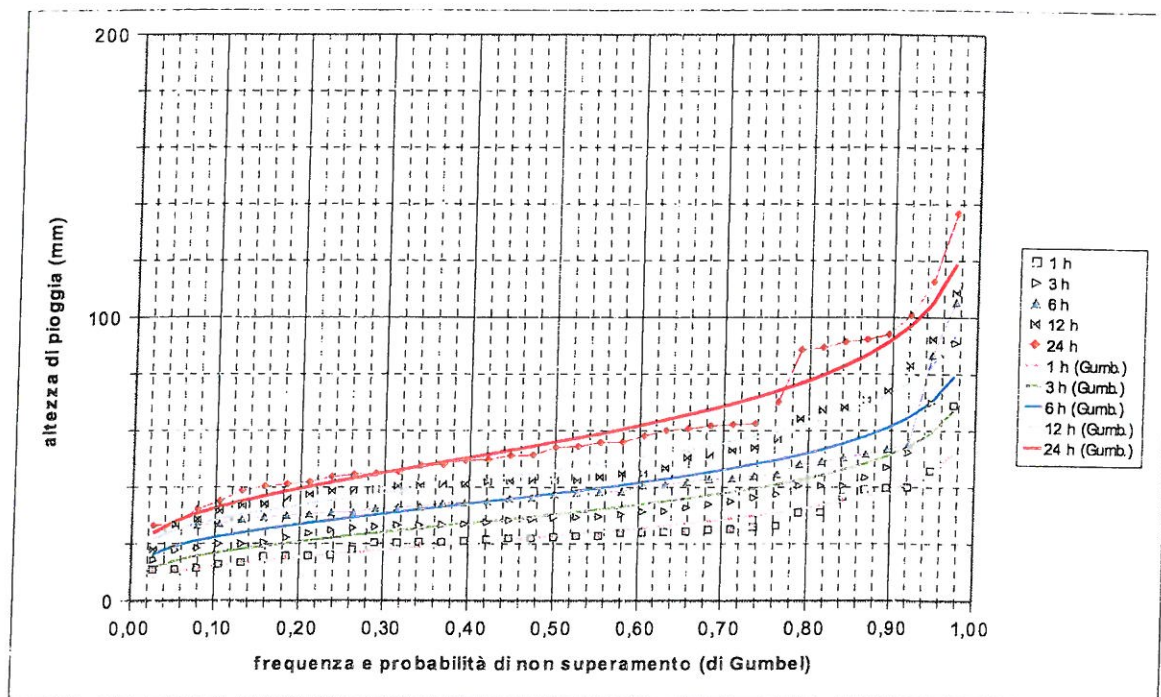


Figura 2.1.1.4 Frequenza e probabilità delle precipitazioni di massima intensità (DDP di Gumbel)

Stazione pluviografica: CESARO'

		tempo di ritorno T_r (anni)											
		2	5	10	20	25	30	50	100	200	300	500	1000
		parametri delle curve di probabilità pluviometrica $h(\text{mm}) = a t(\text{ore})^n$											
fino a	a	22,47	31,15	36,95	42,55	44,34	45,79	49,87	55,44	61,08	64,42	68,68	74,58
6 h	n	0,286	0,278	0,274	0,271	0,270	0,269	0,267	0,265	0,262	0,261	0,259	0,257
oltre 6	a	22,47	31,15	36,95	42,55	44,34	45,79	49,87	55,44	61,08	64,42	68,68	74,58
h	n	0,286	0,278	0,274	0,271	0,270	0,269	0,267	0,265	0,262	0,261	0,259	0,257

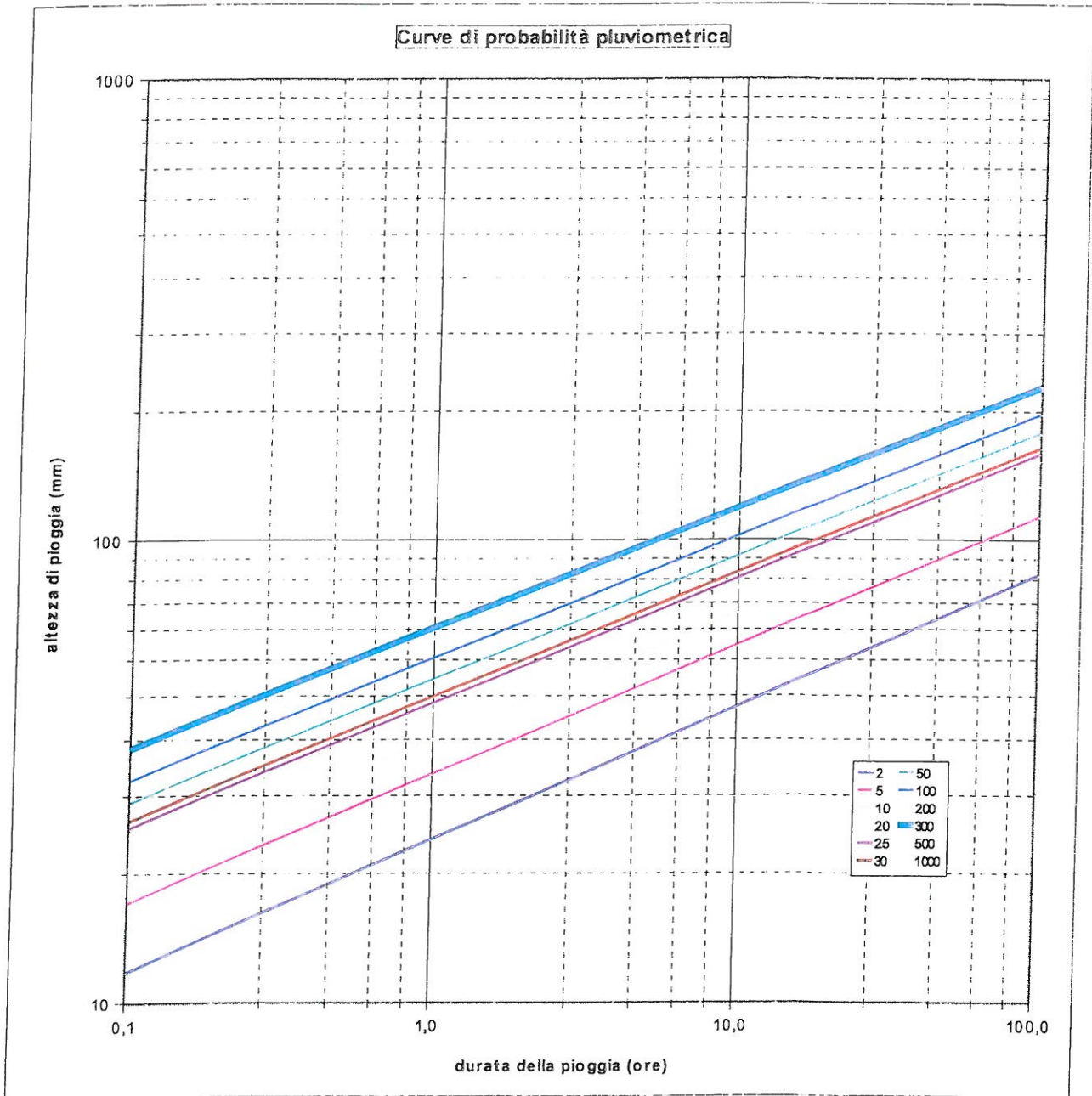


Figura 2.1.2 Curve di probabilità pluviometrica
log-normale Stazione pluviografica: CESARO'

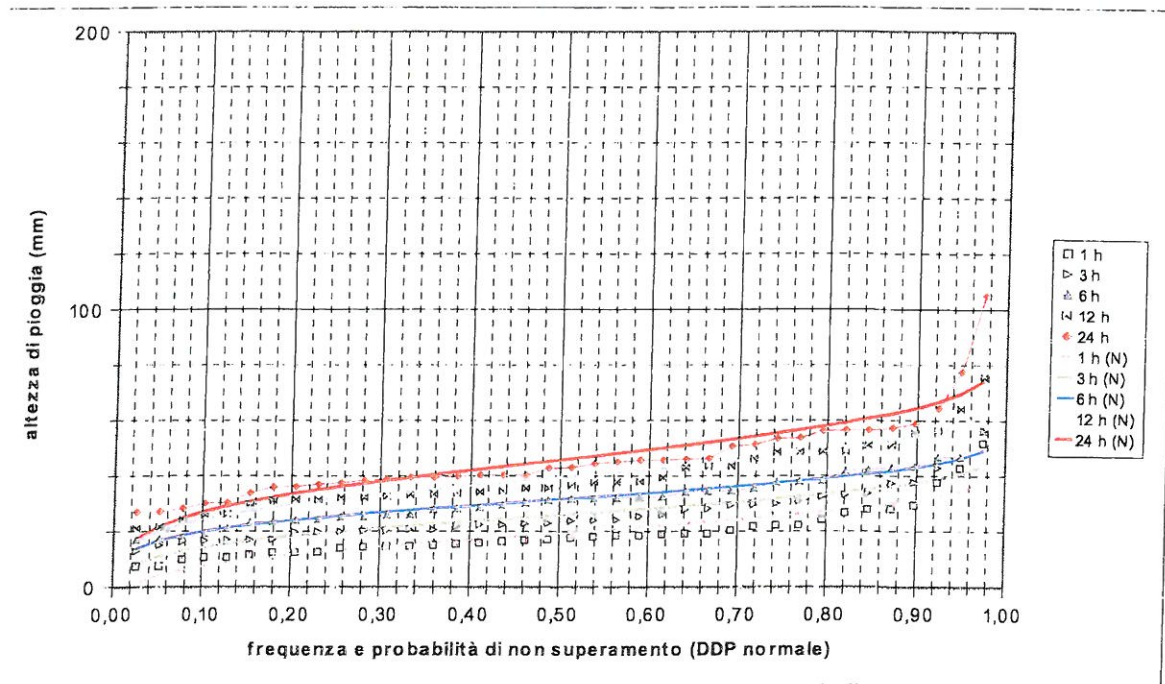


Figura 2.1.1 Frequenza e probabilità delle precipitazioni di massima intensità (DDP normale)

Stazione pluviografica: Maniaci

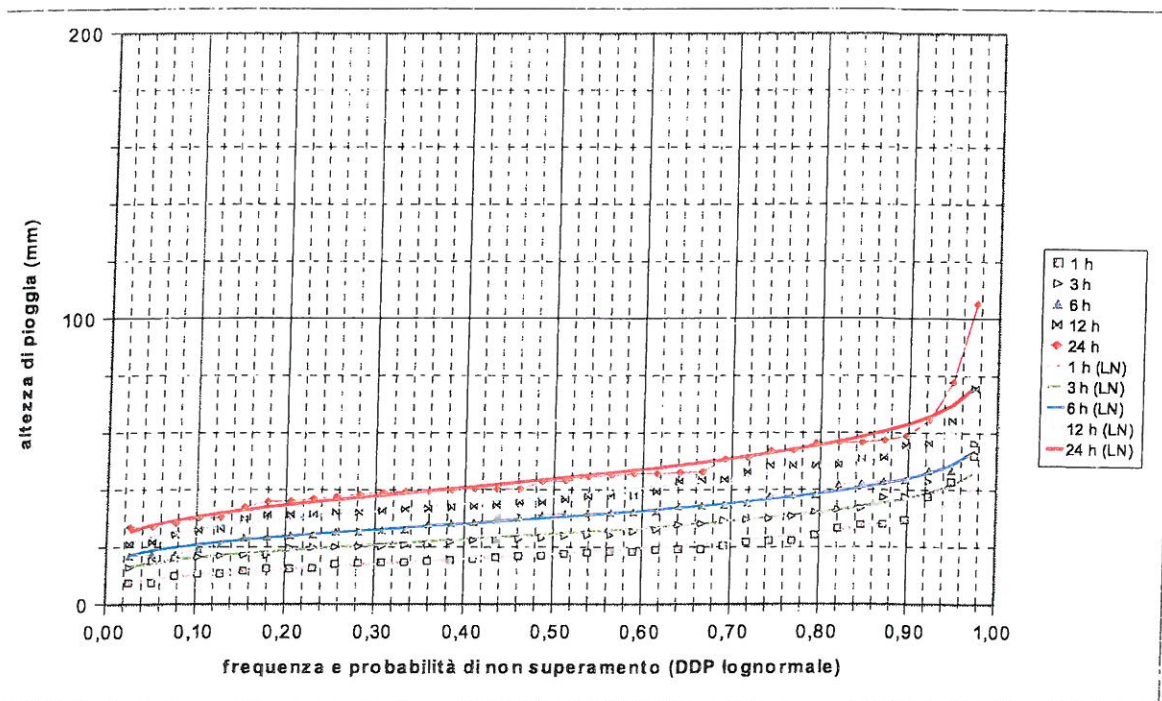


Figura 2.1.2 Frequenza e probabilità delle precipitazioni di massima intensità (DDP lognormale)

Stazione pluviografica: Maniaci

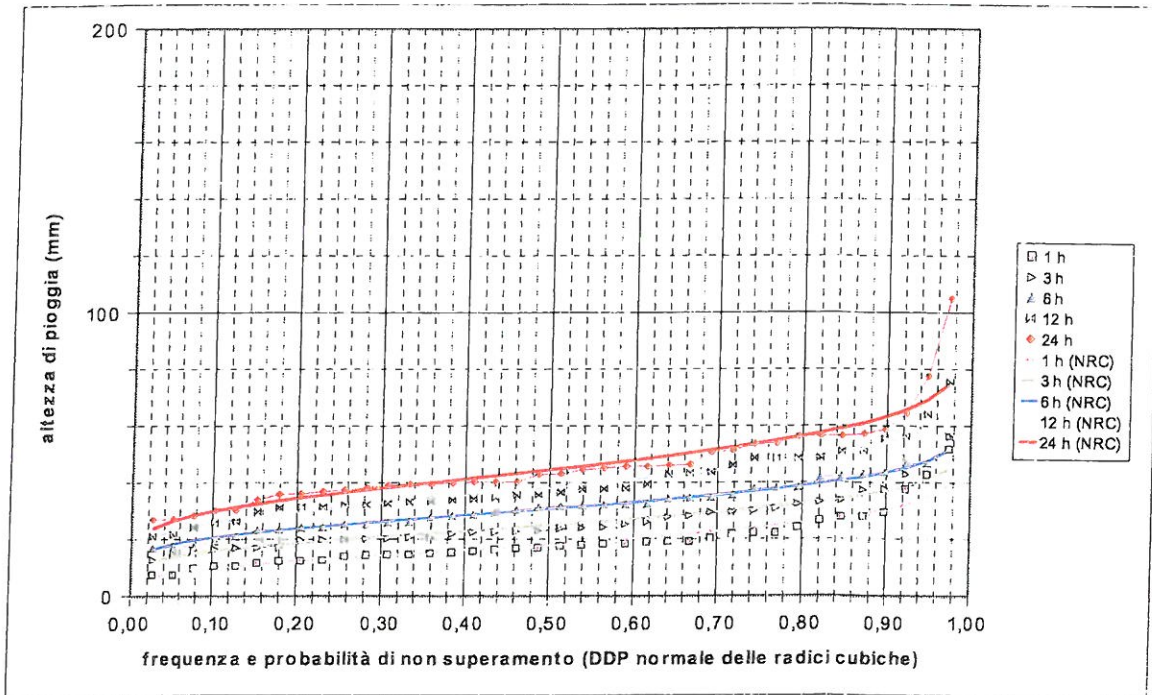


Figura 2.2.1.3 Frequenza e probabilità delle precipitazioni di massima intensità (DDP normale delle radici cubiche)

Stazione pluviografica: **Maniaci**

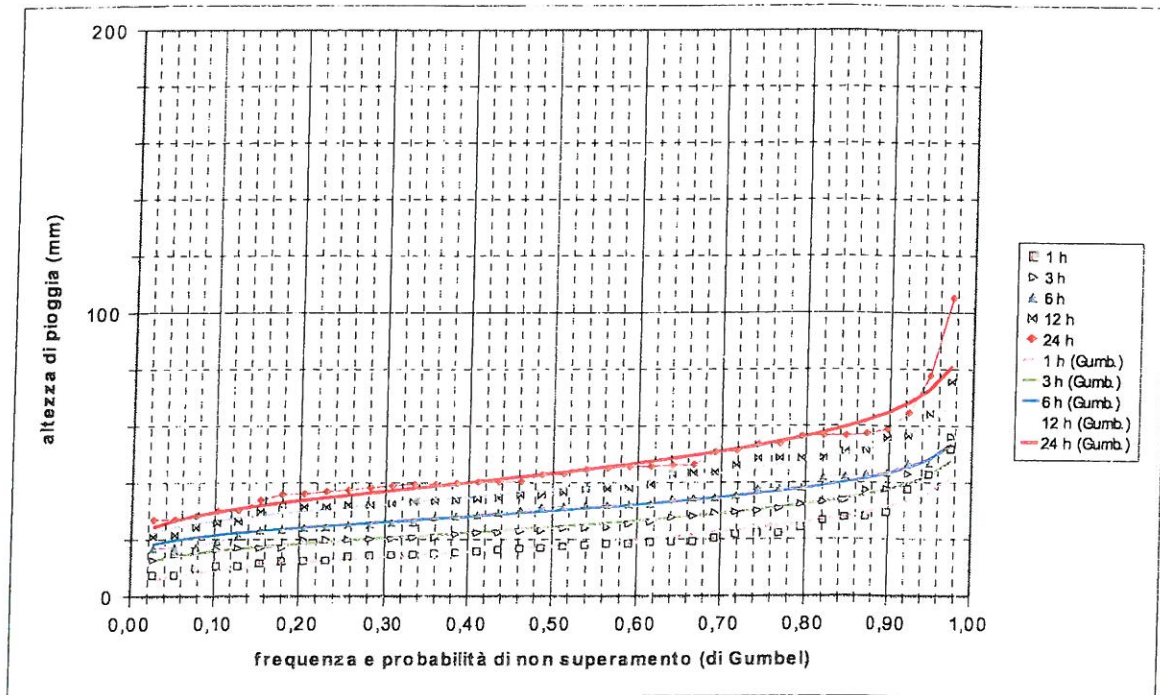


Figura 2.2.1.4 Frequenza e probabilità delle precipitazioni di massima intensità (DDP di Gumbel)

Stazione pluviografica: **Maniaci**

		tempo di ritorno Tr (anni)											
		2	5	10	20	25	30	50	100	200	300	500	1000
		<i>parametri delle curve di probabilità pluviometrica $h(mm) = a t(ore)^n$</i>											
fino a	a	18,22	25,21	29,48	33,35	34,54	35,50	38,10	41,50	44,78	46,65	48,98	52,08
6 h	n	0,288	0,253	0,237	0,224	0,221	0,218	0,212	0,204	0,197	0,193	0,189	0,184
oltre 6	a	18,22	25,21	29,48	33,35	34,54	35,50	38,10	41,50	44,78	46,65	48,98	52,08
h	n	0,288	0,253	0,237	0,224	0,221	0,218	0,212	0,204	0,197	0,193	0,189	0,184

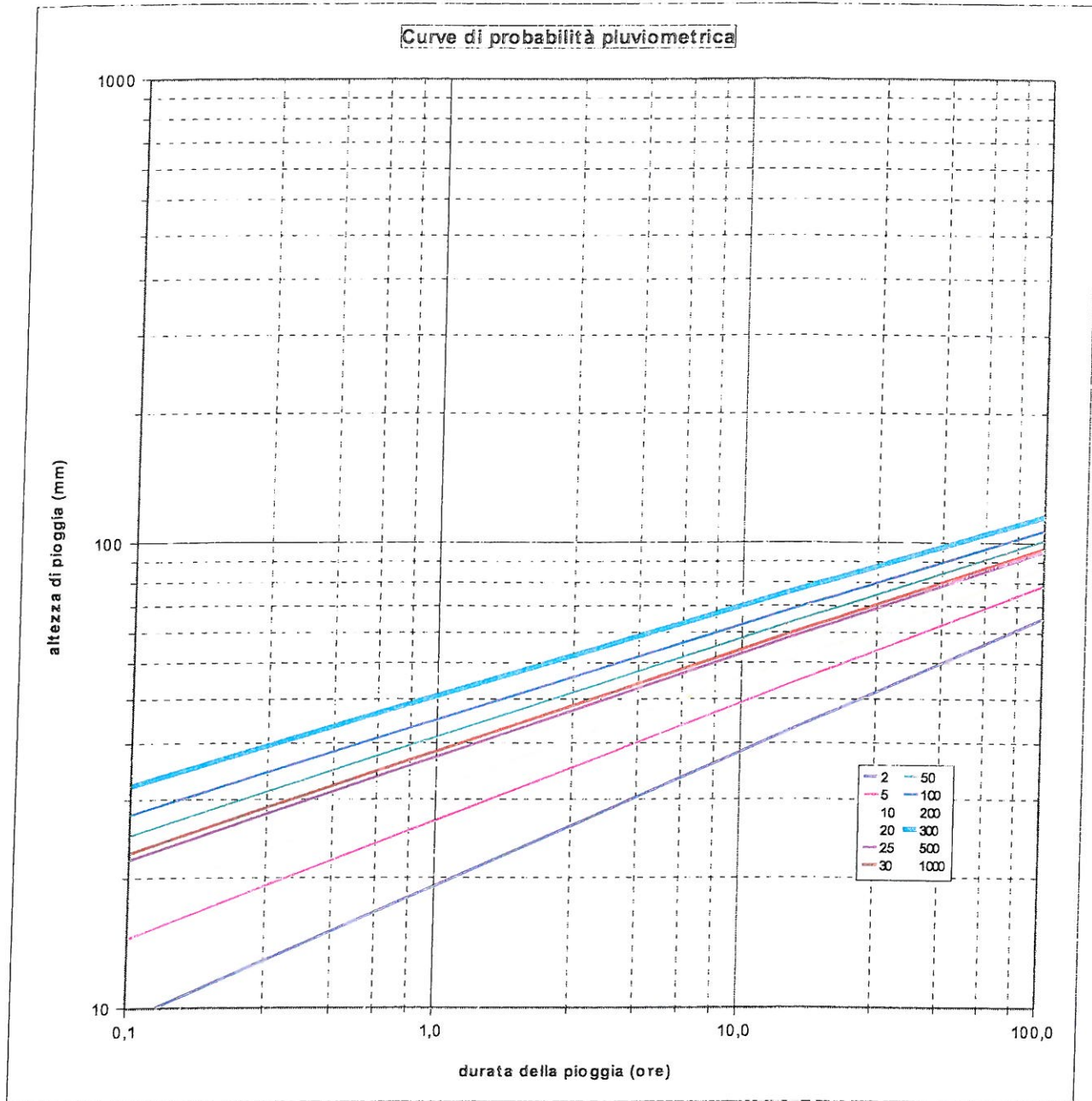
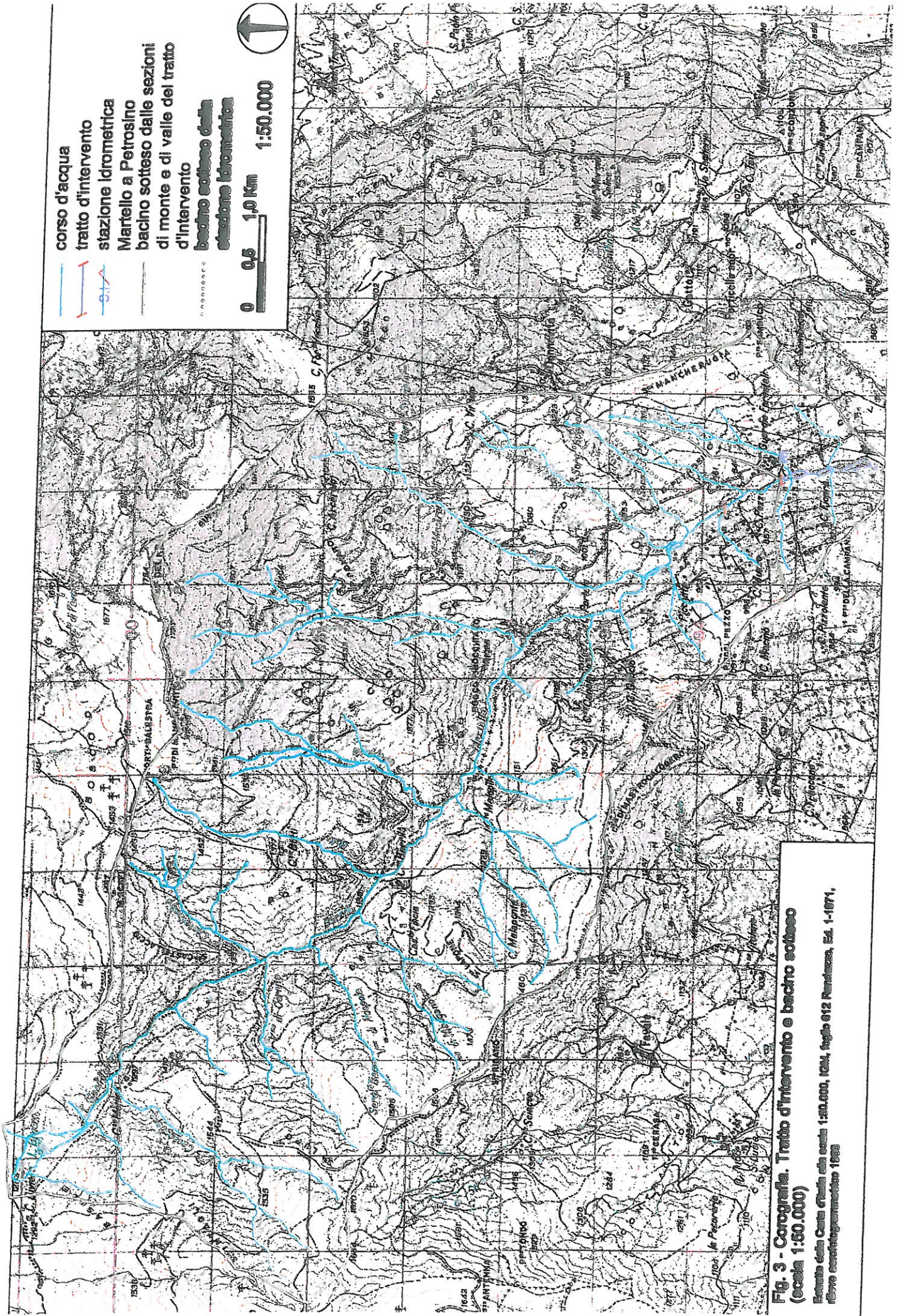
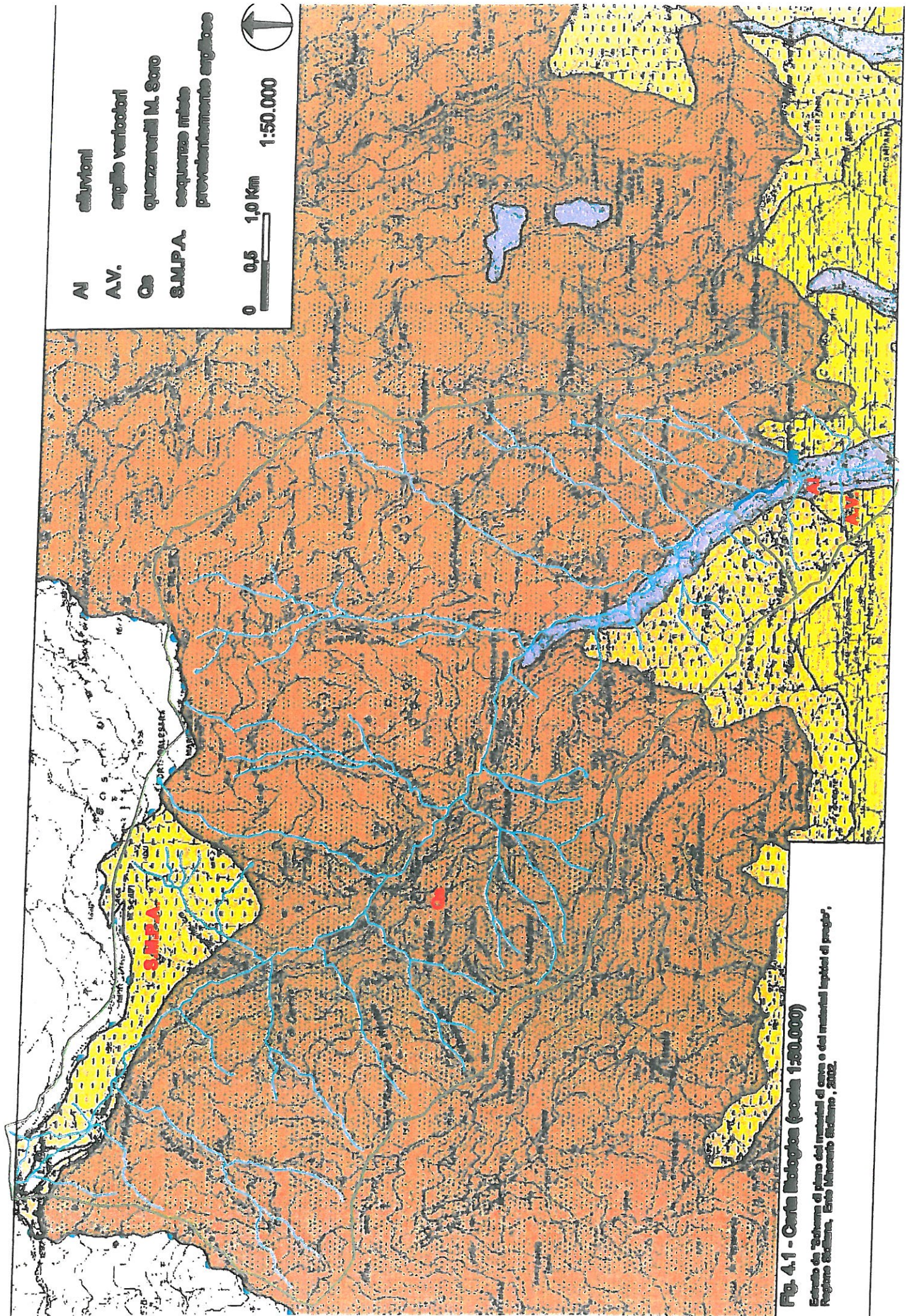


Figura 2.2.2 Curve di probabilità pluviometrica
 norm. rad. cub. Stazione pluviografica: Maniaci





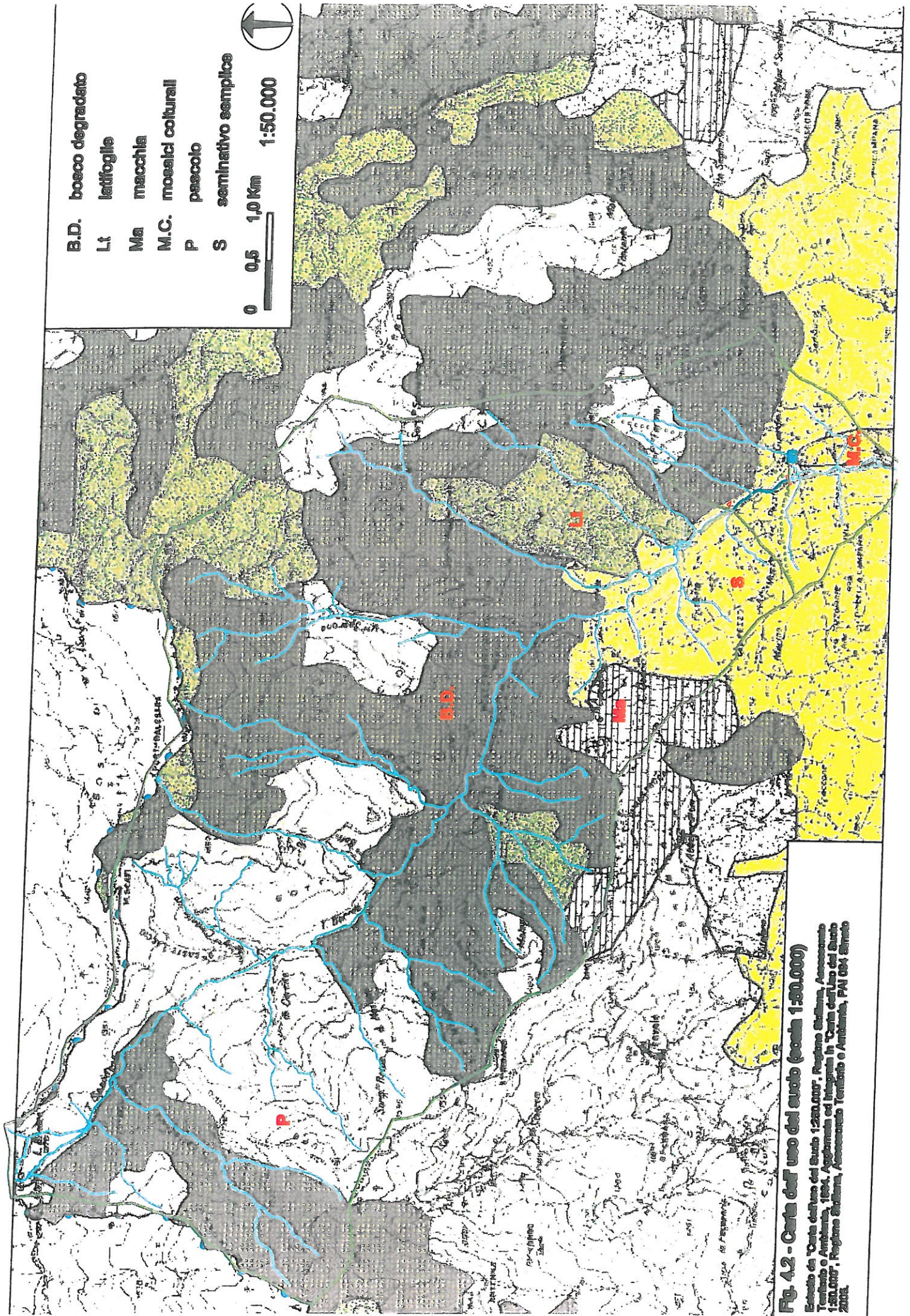
Al calcinioni
A.V. argille varicolori
Ca calcarenelle M. Soro
S.M.P.A. sequenze nitide
 prevalentemente argilose

0 0,5 1,0 Km 1:50.000

↑

Fig. 4.1 - Carta litologica (scala 1:50.000)

Estratto da "Sistema di piano dei materiali di cava e dei materiali lapidei di pregio",
 Regione Siciliana, Ente Minerario Siciliano, 2002.

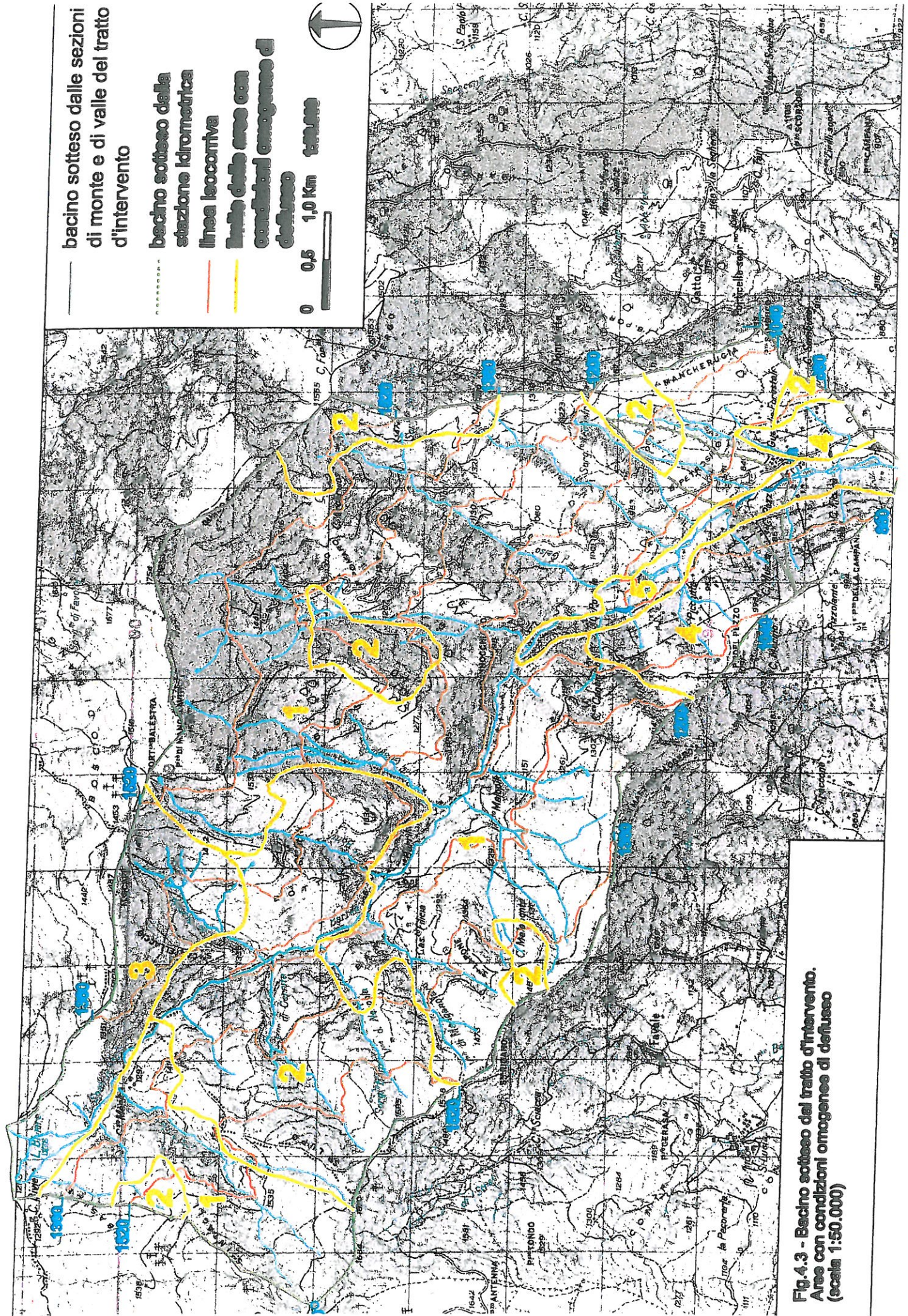


- B.D. bosco degradato
- Lt latifoglie
- Ma macchia
- M.C. mosaici colturali
- P pescolo
- S seminativo semplice

0 0,5 1,0 Km 1:50.000



Fig. 4.2 - Carta dell'uso del suolo (scala 1:50.000)
 Estratto da "Carta d'uso del Suolo 1:250.000", Regione Umbria, Arretramento
 Territorio e Ambiente, 1994. Aggiornata ed integrata in "Carta d'uso del Suolo
 1:50.000", Regione Umbria, Arretramento Territorio e Ambiente, PAI 054 Simeto
 2003.



bacino sotteso dalle sezioni di monte e di valle del tratto d'intervento

bacino sotteso della stazione idrometrica

linea locomtiva

linea delle aree con condizioni omogenee di deflusso



Fig.4.3 - Bacino sotteso dal tratto d'intervento. Aree con condizioni omogenee di deflusso (scala 1:50.000)

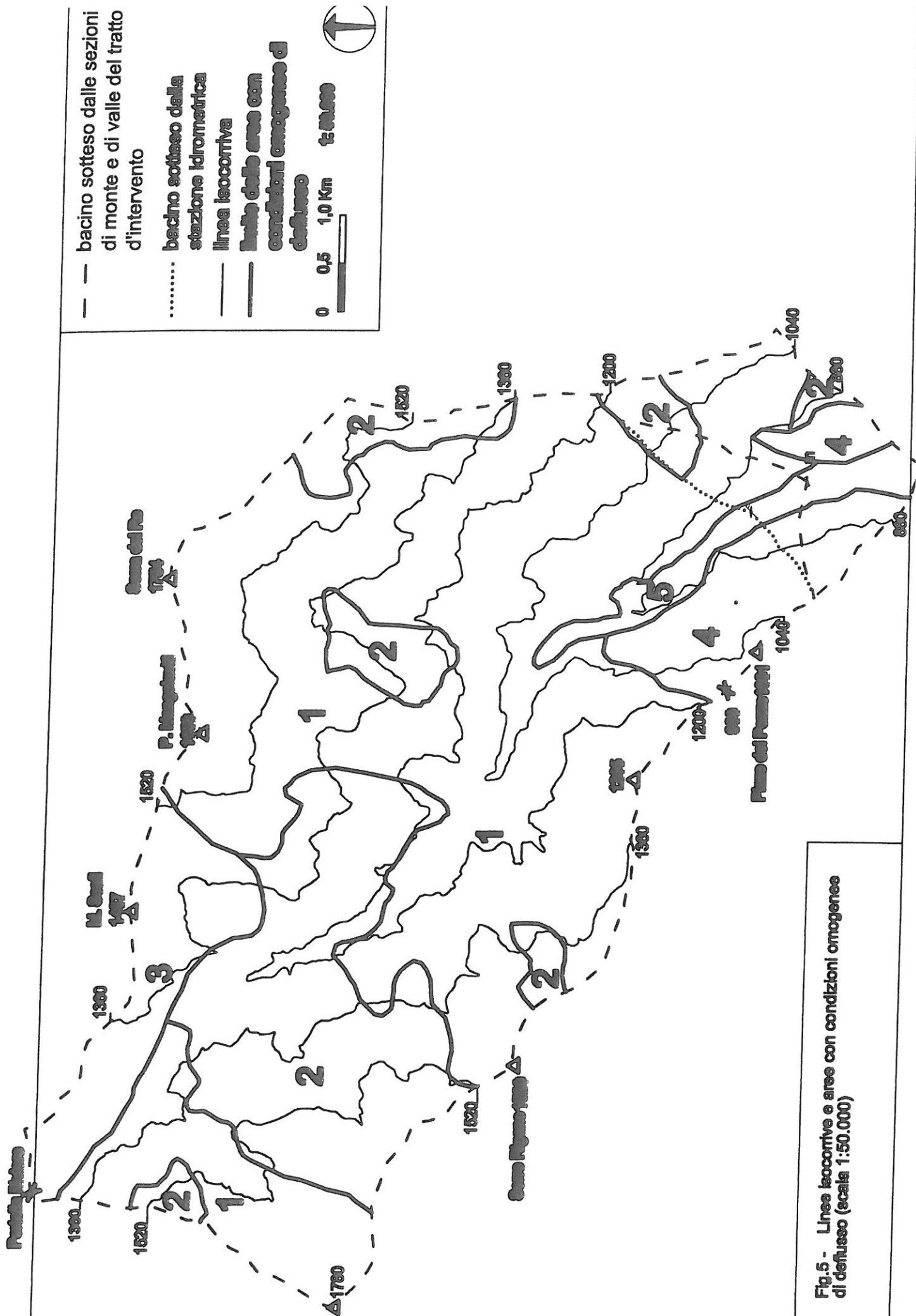
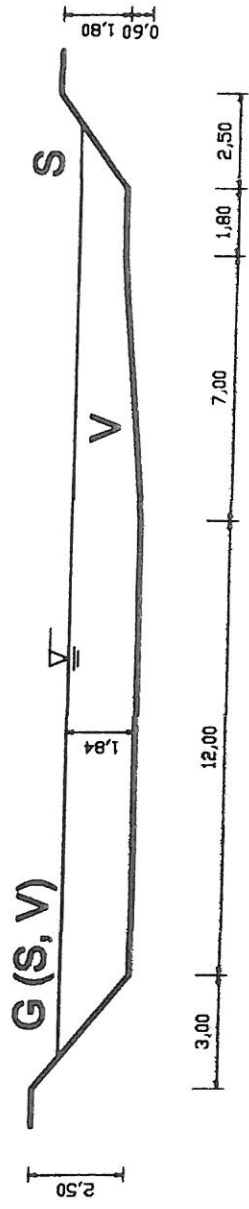
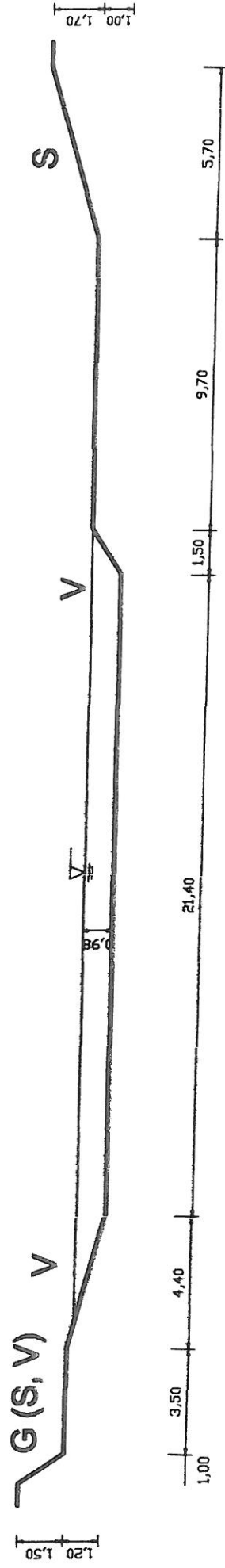


Fig.5 - Linee isocorrentive e aree con condizioni omogenee di deflusso (scala 1:50.000)

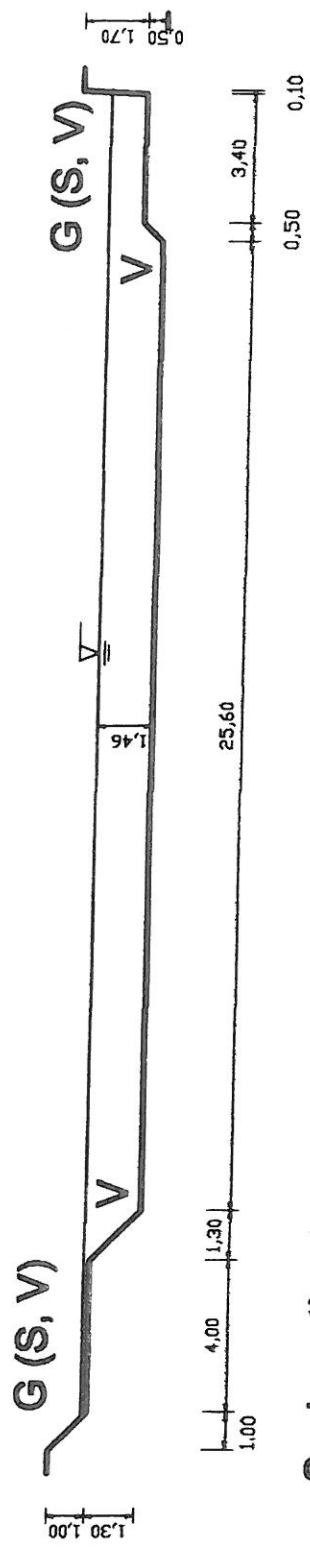


Sezione tipo tratto n. 1 (da sez. 5 a sez. 12)

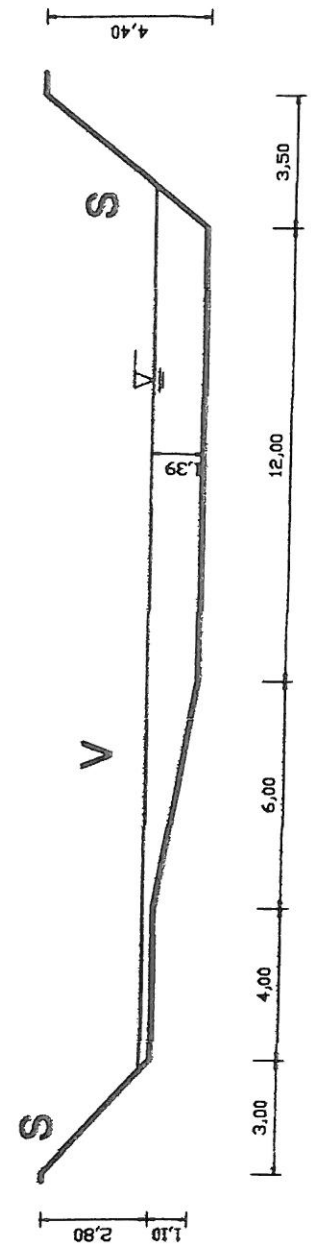


Sezione tipo tratto n. 2 (sez. 13)

Figura 6.1 Sezioni tipo. Trattati n. 1 e 2.

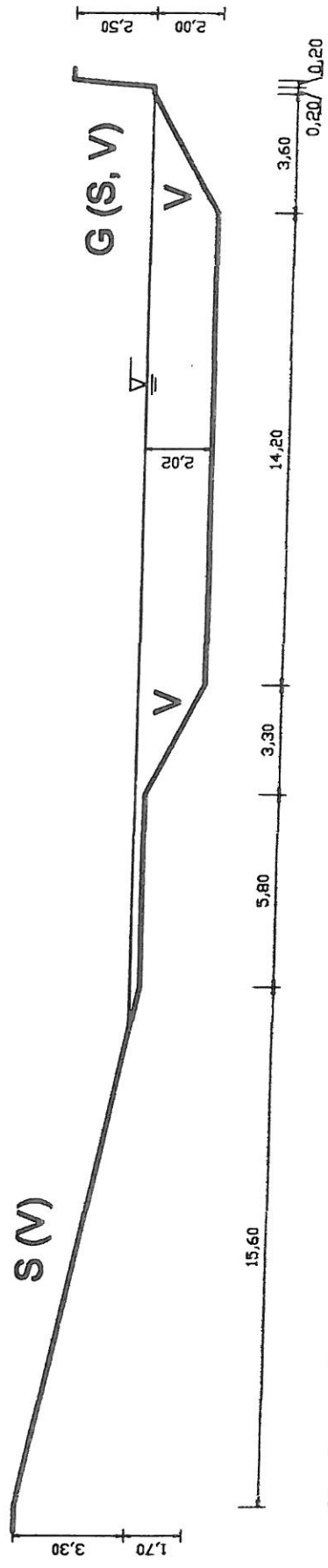


Sezione tipo tratto n. 3 (da sez. 14 a sez. 15)

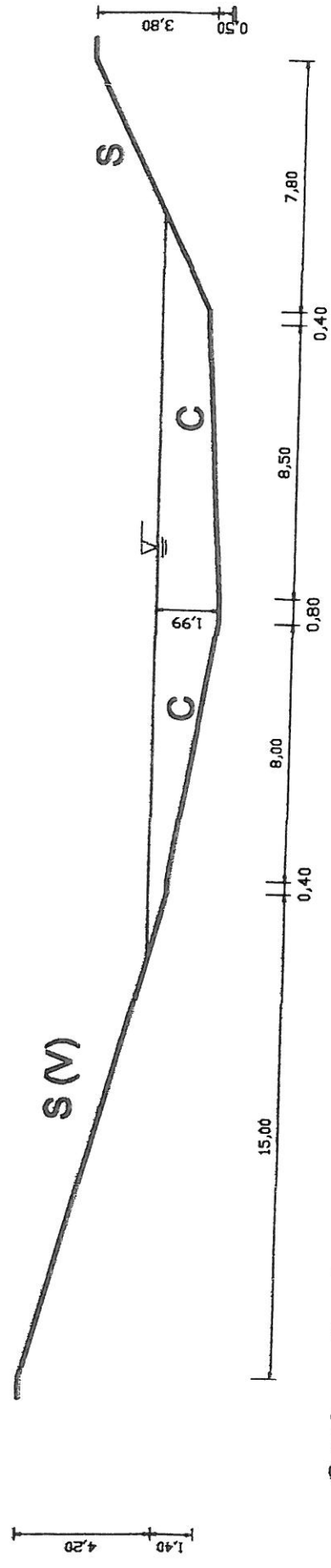


Sezione tipo tratto n. 4 (da sez. 16 a sez. 23)

Figura 6.2 Sezioni tipo. Trattii n. 3 e 4.

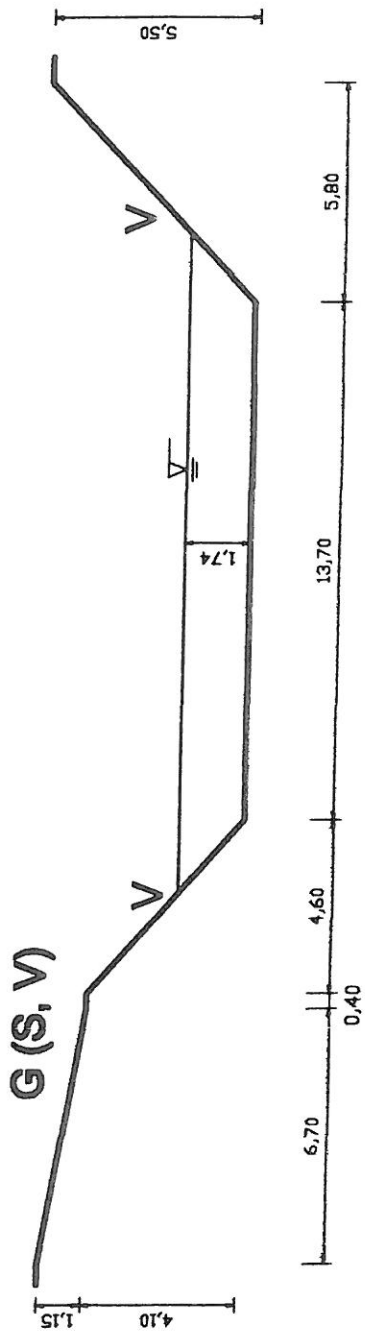


Sezione tipo tratto n. 5 (da sez. 24 a sez. 28)

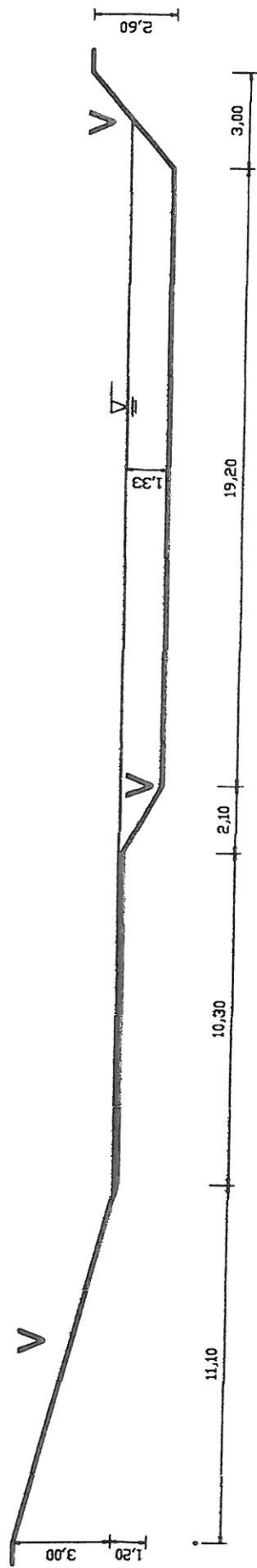


Sezione tipo tratto n. 6 (da sez. 29 a sez. 34)

Figura 6.3 Sezioni tipo. Trattti n. 5 e 6.

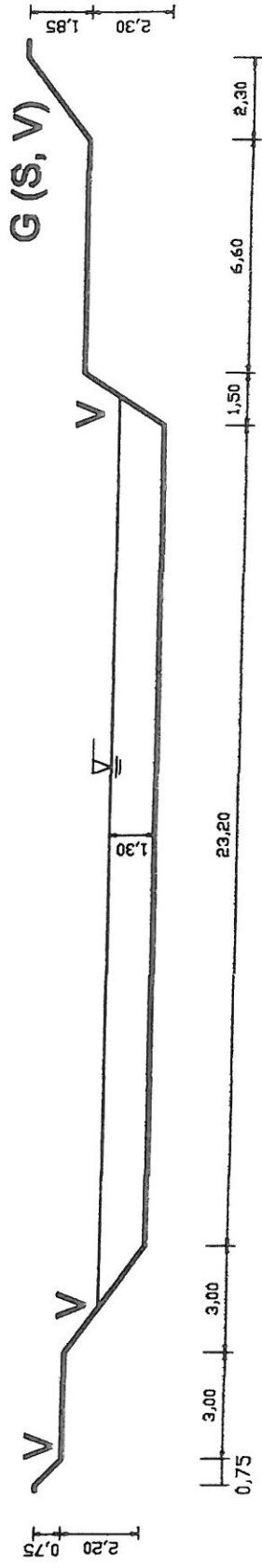


Sezione tipo tratto n. 7 (da sez. 35 a sez. 37)

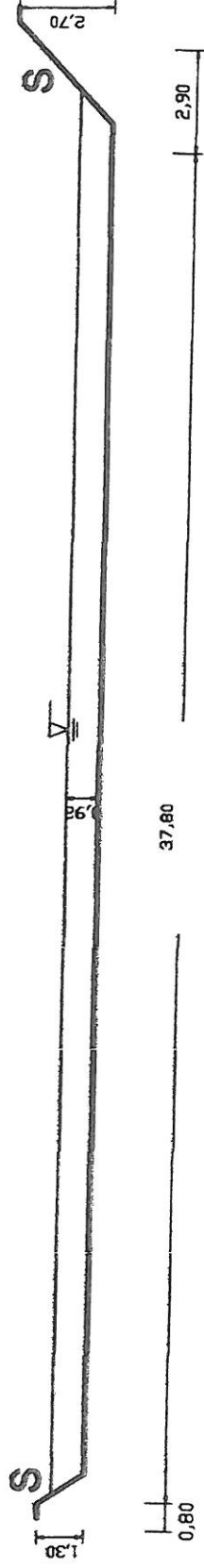


Sezione tipo tratto n. 8n (da sez. 38 a sez. 42)

Figura 6.4 Sezioni tipo. Trattati n. 7 e 8n.

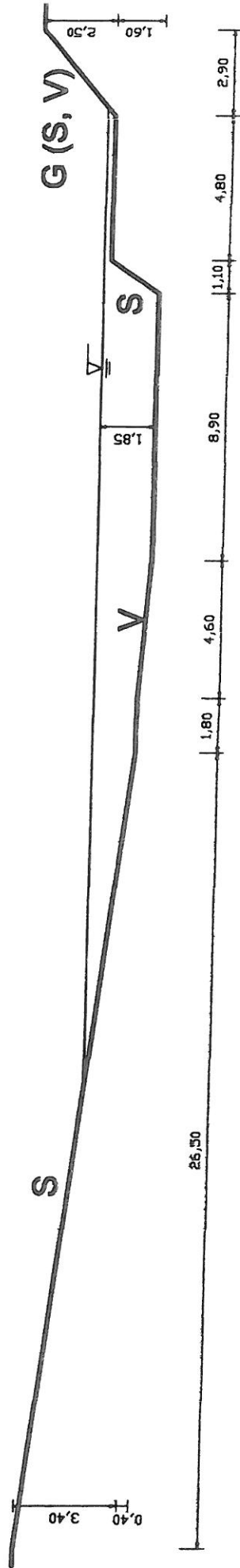


Sezione tipo tratto n. 9n (da sez. 43 a sez. 50)

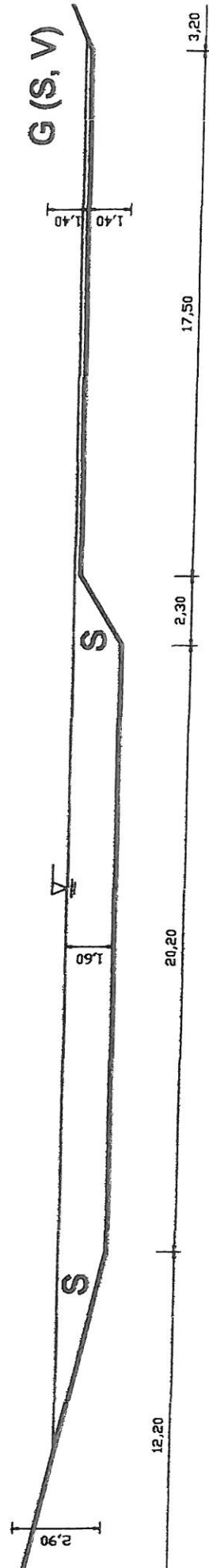


Sezione tipo tratto n. 11n (da sez. 51 a sez. 54)

Figura 6.5 Sezioni tipo. Tratti n. 9n e 11.

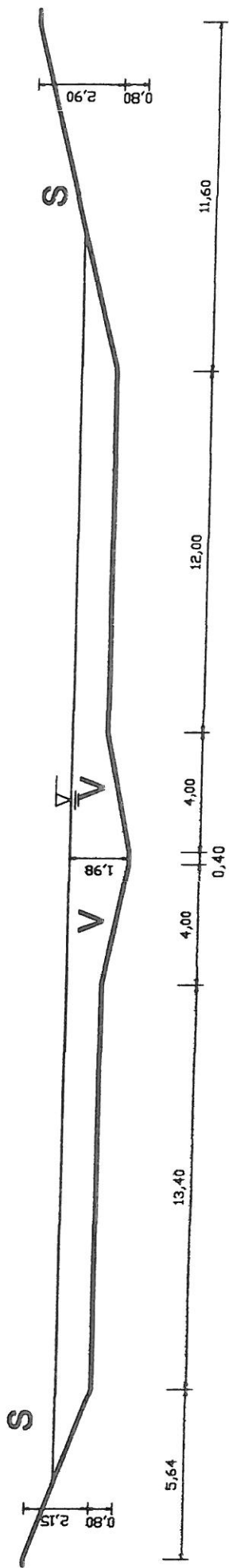


Sezione tipo tratto n. 12 (da sez. 55 a sez. 57)



Sezione tipo tratto n. 13 (da sez. 58 a sez. 60)

Figura 6.6 Sezioni tipo. Tratti n. 12 e 13.



Sezione tipo tratto n. 14 (da sez. 61 a sez. 67)

Figura 6.7 Sezione tipo. Tratto n. 14

Tab 2,1.1. Principali caratteristiche della stazione pluviografica

Stazione pluviografica:	CESARO'					
bacino idrografico:	Simeto					
periodo	1921-36	1937-39	1940-49	1950-86	1987-94	1994-.....
tipo di apparecchio	P	Pn	Pn	Pr	Pr	Pr
quota sul mare (m s.m.):	1100	1100	1100	1100	1100	1100
altezza della bocca dell'apparecchio sul suolo (m):	5,5	10,0	11,85	11,5	4,5	2,0
anno d'inizio delle osservazioni:	1903					
anno del primo dato disponibile	1948					
anno dell'ultimo dato disponibile:	2003					
lunghezza della serie (anni):	N	37				

Tab. 2.2.1

stazione pluviografica: CESARO'

Serie storiche delle altezze delle precipitazioni di massima intensità

anno		intervallo di tempo (ore)									
		1 h		3 h		6 h		12 h		24 h	
		(mm)	(data)	(mm)	(data)	(mm)	(data)	(mm)	(data)	(mm)	(data)
1	1948	39,8	15-set	69,8	15-set	86,6	15-set	92,2	14-set	136,6	14-set
2	1949	20,4	16-set	43,4	16-set	53,4	16-set	68,2	16-set	92,0	16-set
3	1953	15,8	4-ago	22,2	26-ott	31,0	26-ott	41,8	26-ott	55,8	26-ott
4	1954	23,8	28-gen	23,8	28-gen	30,4	9-nov	40,4	27-gen	47,6	12-dic
5	1956	31,0	21-nov	34,0	12-feb	44,6	12-feb	46,8	21-nov	51,2	12-feb
6	1957	40,0	5-ott	40,6	5-ott	51,6	23-gen	70,8	22-gen	88,4	21-gen
7	1959	24,2	7-ott	40,6	7-ott	42,8	7-ott	67,2	12-nov	89,2	12-nov
8	1960	12,8	9-dic	20,0	3-mar	32,8	7-dic	53,0	6-dic	61,6	6-dic
9	1961	20,4	24-nov	31,6	24-nov	38,2	24-nov	42,4	24-nov	49,4	8-dic
10	1962	22,8	23-giu	26,6	14-mar	32,4	14-mar	36,0	14-mar	51,0	19-ott
11	1963	39,2	30-lug	47,0	30-lug	50,4	30-lug	50,4	30-lug	62,0	3-ott
12	1966	20,6	30-set	20,6	30-set	38,0	7-mag	39,2	7-mag	45,2	7-mag
13	1968	25,0	24-ago	25,6	24-ago	27,0	24-ago	33,6	15-dic	35,0	15-dic
14	1969	31,2	8-ago	31,4	8-ago	34,4	24-set	42,2	24-set	55,6	16-gen
15	1970	11,0	22-giu	14,2	22-giu	15,0	30-mag	18,0	30-mag	26,4	5-gen
16	1971	36,6	22-ago	37,6	22-ago	48,2	27-nov	51,2	27-nov	53,8	24-nov
17	1976	22,0	1-lug	27,0	22-dic	44,0	22-dic	83,0	22-dic	100,6	21-dic
18	1977	22,4	3-giu	40,6	3-giu	41,0	3-giu	41,0	3-giu	41,0	3-giu
19	1978	69,0	20-ott	91,0	20-ott	105,4	20-ott	108,8	20-ott	112,6	20-ott
20	1979	45,8	29-ott	52,4	29-ott	55,2	16-dic	56,8	11-gen	60,0	16-dic
21	1980	24,0	9-ott	27,6	9-ott	33,0	6-mar	34,0	10-mar	43,6	9-ott
22	1981	26,4	7-set	26,6	7-set	26,6	7-set	26,6	7-set	27,0	19-gen
23	1982	25,2	22-ott	35,0	22-ott	36,2	22-ott	41,0	3-mar	49,6	2-mar
24	1983	21,0	24-ott	26,8	24-ott	36,0	24-ott	38,6	23-ott	40,2	23-ott
25	1984	11,4	15-ott	17,6	7-apr	30,0	6-apr	42,4	6-apr	70,0	6-apr
26	1985	15,6	16-gen	29,6	16-gen	41,8	16-gen	64,2	16-gen	93,8	16-gen
27	1986	16,0	17-set	29,2	7-mar	49,0	7-mar	54,0	7-mar	60,6	7-mar
28	1987	13,4	10-nov	18,4	7-ott	18,4	7-ott	31,6	14-feb	41,8	14-feb
29	1988	18,0	1-dic	26,0	1-dic	43,0	1-dic	74,0	1-dic	91,2	1-dic
30	1989	20,6	20-ago	32,8	22-set	38,4	22-set	38,8	22-set	38,8	22-set
31	1990	24,4	8-ott	29,4	8-ott	29,4	8-ott	44,8	13-feb	58,0	13-feb
32	1991	22,8	3-set	36,4	3-set	40,6	3-set	40,6	3-set	44,4	2-set
33	1998	10,8	27-set	20,0	27-set	31,0	2-ott	42,4	2-ott	62,4	2-ott
34	2000	15,8	3-ott	30,4	15-ott	34,2	15-ott	37,4	11-apr	44,8	13-gen
35	2001	22,0	23-ago	28,6	23-ago	28,6	23-ago	28,6	23-ago	32,2	19-giu
36	2002	21,6	20-ago	24,8	11-ott	37,4	11-ott	43,6	24-mag	47,8	24-mag
37	2003	26,0	1-ago	28,4	16-ott	35,0	16-ott	44,8	1-gen	54,2	1-gen

Tab. 2/1.2

stazione pluviografica: CESARO'

Parametri statistici delle serie storiche delle altezze delle precipitazioni di massima intensità

anno	intervallo di tempo (ore)				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
num. dati	37	37	37	37	37
minimo (mm)	10,8	14,2	15,0	18,0	26,4
medio (mm)	24,56	32,64	40,30	48,93	59,88
massimo (mm)	69,0	91,0	105,4	108,8	136,6
s.q.m. (mm)	11,328	14,481	16,362	18,682	24,777
Cv	0,461	0,444	0,406	0,382	0,414
<i>Parametri per la DDP lognormale</i>					
media (mm)	3,12	3,41	3,63	3,83	4,02
s.q.m. (mm)	0,407	0,367	0,351	0,355	0,382
<i>Parametri per la DDP normale delle radici cubiche</i>					
media (mm)	2,85	3,14	3,38	3,61	3,85
s.q.m. (mm)	0,398	0,405	0,407	0,433	0,502
<i>Parametri per la DDP di Gumbel</i>					
Xo (mm)	19,465	26,121	32,934	40,523	48,726
Xo+s.q.m. (mm)	30,792	40,602	49,296	59,205	73,503
Xo-s.q.m. (mm)	8,137	11,641	16,572	21,841	23,949
beta	0,113	0,089	0,078	0,069	0,052

Confronto fra DDP e calcolo del test di Pearson (o del χ^2)

probabilità (estremo superiore della classe)	frattile freq. oss.		frattile freq. oss.		frattile freq. oss.		frattile freq. oss.		frattile freq. oss.	
	(mm)	(n.)	(mm)	(n.)	(mm)	(n.)	(mm)	(n.)	(mm)	(n.)
<i>DDP normale</i>										
0,20	15,03	5	20,45	5	26,53	2	33,21	4	39,02	5
0,40	21,69	11	28,97	13	36,15	15	44,20	17	53,60	13
0,60	27,43	13	36,31	9	44,44	11	53,66	6	66,15	10
0,80	34,10	2	44,83	6	54,07	6	64,65	3	80,73	1
1,00	9999	6	9999	4	9999	3	9999	7	9999	8
χ^2	10,973		7,189		16,378		16,919		11,514	
<i>DDP lognormale</i>										
0,20	16,03	9	22,30	7	28,15	4	34,09	6	40,32	6
0,40	20,36	1	27,67	9	34,60	11	42,00	10	50,49	10
0,60	25,02	16	33,33	9	41,34	9	50,27	8	61,27	9
0,80	31,78	5	41,36	7	50,82	8	61,94	5	76,72	4
1,00	9999	6	9999	5	9999	5	9999,00	8	9999	8
χ^2	16,919		1,514		4,486		2,054		3,135	
<i>DDP normale delle radici cubiche</i>										
0,20	15,93	8	22,02	6	28,00	4	34,06	6	40,20	5
0,40	20,81	6	28,12	10	35,17	12	42,75	14	51,51	13
0,60	25,74	13	34,20	10	42,24	9	51,32	6	62,81	10
0,80	32,37	4	42,28	6	51,57	7	62,63	3	77,86	1
1,00	9999	6	9999	5	9999	5	9999	8	9999	8
χ^2	6,378		3,135		5,568		9,081		11,514	
<i>DDP di Gumbel</i>										
0,20	15,26	5	20,75	6	26,87	3	33,59	4	39,54	5
0,40	20,24	5	27,11	9	34,05	10	41,80	11	50,41	11
0,60	25,40	17	33,70	10	41,50	11	50,30	9	61,70	10
0,80	32,71	4	43,05	7	52,06	9	62,36	5	77,69	3
1,00	9999	6	9999	5	9999	4	9999	8	9999	8
χ^2	15,838		2,324		7,189		4,486		6,108	
<i>DPP con χ^2 minimo</i>	norm. rad. cub.		log-normale		log-normale		log-normale		log-normale	
<i>DPP scelta</i>	log-normale,		log-normale,		log-normale,		log-normale,		log-normale,	

Tab. 2/5.1. Altezze delle precipitazioni di breve durata con data probabilità di non superamento (DDP lognormale) e parametri delle curve di probabilità pluviometrica

Tr (anni)	P	altezza della precipitazione di breve durata con data probabilità di non superamento					parametri delle curve di probabilità pluviometrica						n(6-24) <n(1-6) ?
		durata della pioggia, in ore					da 1 a 6 ore		da 6 a 24 ore		da 1 a 24 ore		
		1	3	6	12	24	a	n	a	n	a	n	
2	0,500	22,57	30,37	37,82	45,95	55,62	22,454	0,287	22,990	0,278	22,470	0,286	si
5	0,800	31,78	41,36	50,82	61,94	76,72	31,581	0,260	29,758	0,297	31,153	0,278	NO
10	0,900	38,00	48,60	59,30	72,40	90,77	37,744	0,246	34,054	0,307	36,955	0,274	NO
20	0,950	44,05	55,53	67,37	82,35	104,29	43,732	0,235	38,066	0,315	42,552	0,271	NO
25	0,960	45,99	57,73	69,91	85,51	108,60	45,648	0,231	39,322	0,318	44,337	0,270	NO
30	0,967	47,57	59,52	71,99	88,07	112,11	47,214	0,229	40,338	0,320	45,793	0,269	NO
50	0,980	52,02	64,53	77,76	95,21	121,94	51,614	0,222	43,150	0,325	49,872	0,267	NO
100	0,990	58,12	71,31	85,57	104,88	135,32	57,643	0,213	46,911	0,331	55,439	0,265	NO
200	0,995	64,33	78,15	93,39	114,58	148,86	63,776	0,205	50,640	0,336	61,077	0,262	NO
300	0,997	68,02	82,19	98,00	120,30	156,88	67,423	0,201	52,816	0,339	64,419	0,261	NO
500	0,998	72,74	87,32	103,85	127,55	167,10	72,089	0,196	55,558	0,343	68,684	0,259	NO
1000	0,999	79,29	94,39	111,87	137,52	181,21	78,558	0,189	59,290	0,348	74,577	0,257	NO

Tab. 2.6. Curve di probabilità pluviometrica

Distribuzione di probabilità scelta: log-normale

<i>parametri delle curve di probabilità pluviometrica</i>													
		tempo di ritorno (anni)											
		2	5	10	20	25	30	50	100	200	300	500	1000
fino a 6 h	a	22,47	31,15	36,95	42,55	44,34	45,79	49,87	55,44	61,08	64,42	68,68	74,58
	n	0,286	0,278	0,274	0,271	0,270	0,269	0,267	0,265	0,262	0,261	0,259	0,257
oltre 6 h	a	22,47	31,15	36,95	42,55	44,34	45,79	49,87	55,44	61,08	64,42	68,68	74,58
	n	0,286	0,278	0,274	0,271	0,270	0,269	0,267	0,265	0,262	0,261	0,259	0,257

<i>massima altezza di pioggia (mm) di durata t, con tempo di ritorno Tr (anni)</i>														
t	t	tempo di ritorno (anni)												
(min)	(ore)	2	5	10	20	25	30	50	100	200	300	500	1000	
5	0,083	11,0	15,6	18,7	21,7	22,7	23,5	25,7	28,7	31,8	33,7	36,0	39,3	
10	0,167	13,5	18,9	22,6	26,2	27,3	28,3	30,9	34,5	38,2	40,4	43,1	47,0	
15	0,250	15,1	21,2	25,3	29,2	30,5	31,5	34,4	38,4	42,5	44,9	47,9	52,2	
20	0,333	16,4	22,9	27,3	31,6	33,0	34,1	37,2	41,5	45,8	48,4	51,6	56,2	
30	0,50	18,4	25,7	30,6	35,3	36,8	38,0	41,4	46,2	50,9	53,8	57,4	62,4	
45	0,75	20,7	28,8	34,2	39,4	41,0	42,4	46,2	51,4	56,6	59,8	63,7	69,3	
60	1,00	22,5	31,2	37,0	42,6	44,3	45,8	49,9	55,4	61,1	64,4	68,7	74,6	
75	1,25	24,0	33,1	39,3	45,2	47,1	48,6	52,9	58,8	64,8	68,3	72,8	79,0	
90	1,50	25,2	34,9	41,3	47,5	49,5	51,1	55,6	61,7	67,9	71,6	76,3	82,8	
	2,00	27,4	37,8	44,7	51,3	53,5	55,2	60,0	66,6	73,3	77,2	82,2	89,1	
	3,00	30,8	42,3	49,9	57,3	59,6	61,5	66,9	74,1	81,5	85,8	91,3	99,0	
	6,00	37,5	51,3	60,4	69,1	71,9	74,2	80,5	89,1	97,7	102,8	109,3	118,3	
(giorni)	6,00	37,5	51,3	60,4	69,1	71,9	74,2	80,5	89,1	97,7	102,8	109,3	118,3	
	9,00	42,1	57,4	67,5	77,2	80,2	82,7	89,7	99,1	108,7	114,3	121,5	131,3	
	12,00	45,8	62,2	73,1	83,4	86,7	89,4	96,9	107,0	117,2	123,2	130,9	141,4	
	18,00	51,4	69,7	81,7	93,1	96,7	99,7	107,9	119,1	130,3	137,0	145,4	157,0	
	24,00	55,8	75,5	88,4	100,7	104,5	107,7	116,6	128,5	140,6	147,6	156,6	169,0	
	1,5	36,00	62,7	84,5	98,7	112,3	116,6	120,1	129,9	143,1	156,3	164,1	174,0	187,6
	2	48,00	68,0	91,5	106,9	121,4	126,1	129,8	140,3	154,4	168,6	176,9	187,5	202,1
	3	72,00	76,4	102,5	119,4	135,5	140,6	144,8	156,3	171,9	187,5	196,7	208,3	224,3
	4	96,00	83,0	111,0	129,2	146,5	152,0	156,4	168,8	185,5	202,2	212,0	224,5	241,5
	5	120,00	88,4	118,1	137,4	155,7	161,4	166,1	179,1	196,7	214,4	224,7	237,8	255,8

Tab. 2.1) Principali caratteristiche della stazione pluviografica

Stazione pluviografica:	Maniaci			
	Simeto			
bacino idrografico:	1924-'42	1949-'87	1988-'94	1995-'06
periodo	P	Pr	Pr	Pr
tipo di apparecchio				
quota sul mare (m s.m.):	680	680	680	751
altezza della bocca dell'apparecchio sul suolo (m):	16,0	3,5	10,5	10,5
anno d'inizio delle osservazioni:	1923			
anno del primo dato disponibile	1953			
anno dell'ultimo dato disponibile.	2005			
lunghezza della serie (anni):	N	38		

Tab. 2.25.1 Altezze delle precipitazioni di breve durata con data probabilità di non superamento e parametri delle curve di probabilità pluviometrica (DDP normale delle radici cubiche)

Tr (anni)	P	altezza della precipitazione di breve durata con data probabilità di non superamento					parametri delle curve di probabilità pluviometrica						n(6-24) <n(1-6)?
		durata della pioggia, in ore					da 1 a 6 ore		da 6 a 24 ore		da 1 a 24 ore		
		1	3	6	12	24	a	n	a	n	a	n	
2	0,500	18,11	24,92	30,66	38,27	44,45	18,097	0,293	19,196	0,268	18,222	0,288	SI
5	0,800	25,70	32,51	38,78	48,37	56,33	25,593	0,228	24,212	0,269	25,212	0,253	NO
10	0,900	30,40	37,03	43,55	54,29	63,31	30,226	0,199	27,152	0,270	29,484	0,237	NO
20	0,950	34,69	41,07	47,77	59,54	69,49	34,450	0,176	29,751	0,270	33,355	0,224	NO
25	0,960	36,01	42,30	49,05	61,12	71,36	35,751	0,170	30,538	0,270	34,542	0,221	NO
30	0,967	37,07	43,28	50,07	62,39	72,85	36,797	0,165	31,167	0,271	35,496	0,218	NO
50	0,980	39,98	45,95	52,83	65,83	76,91	39,656	0,153	32,869	0,271	38,098	0,212	NO
100	0,990	43,78	49,41	56,40	70,26	82,13	43,403	0,138	35,064	0,271	41,496	0,204	NO
200	0,995	47,47	52,72	59,80	74,49	87,12	47,033	0,126	37,157	0,271	44,777	0,197	NO
300	0,997	49,59	54,60	61,73	76,88	89,95	49,113	0,119	38,343	0,272	46,654	0,193	NO
500	0,998	52,21	56,93	64,10	79,83	93,43	51,696	0,111	39,803	0,272	48,979	0,189	NO
1000	0,999	55,72	60,01	67,24	83,73	98,03	55,145	0,101	41,732	0,272	52,078	0,184	NO

Tab. 2.26.. Curve di probabilità pluviometrica

Distribuzione di probabilità scelta: norm. rad. cub.

		parametri delle curve di probabilità pluviometrica											
		tempo di ritorno (anni)											
		2	5	10	20	25	30	50	100	200	300	500	1000
fino a 6 h	a	18,22	25,21	29,48	33,35	34,54	35,50	38,10	41,50	44,78	46,65	48,98	52,08
	n	0,288	0,253	0,237	0,224	0,221	0,218	0,212	0,204	0,197	0,193	0,189	0,184
oltre 6 h	a	18,22	25,21	29,48	33,35	34,54	35,50	38,10	41,50	44,78	46,65	48,98	52,08
	n	0,288	0,253	0,237	0,224	0,221	0,218	0,212	0,204	0,197	0,193	0,189	0,184

		massima altezza di pioggia (mm) di durata t, con tempo di ritorno Tr (anni)											
t	t	tempo di ritorno (anni)											
(min)	(ore)	2	5	10	20	25	30	50	100	200	300	500	1000
5	0,083	8,9	13,5	16,4	19,1	19,9	20,6	22,5	25,0	27,4	28,9	30,6	33,0
10	0,167	10,9	16,0	19,3	22,3	23,2	24,0	26,1	28,8	31,5	33,0	34,9	37,5
15	0,250	12,2	17,8	21,2	24,4	25,4	26,2	28,4	31,3	34,1	35,7	37,7	40,4
20	0,333	13,3	19,1	22,7	26,1	27,1	27,9	30,2	33,2	36,1	37,7	39,8	42,6
30	0,50	14,9	21,2	25,0	28,5	29,6	30,5	32,9	36,0	39,1	40,8	43,0	45,8
45	0,75	16,8	23,4	27,5	31,3	32,4	33,3	35,8	39,1	42,3	44,1	46,4	49,4
60	1,00	18,2	25,2	29,5	33,4	34,5	35,5	38,1	41,5	44,8	46,7	49,0	52,1
75	1,25	19,4	26,7	31,1	35,1	36,3	37,3	39,9	43,4	46,8	48,7	51,1	54,3
90	1,50	20,5	27,9	32,5	36,5	37,8	38,8	41,5	45,1	48,5	50,5	52,9	56,1
	2,00	22,2	30,0	34,7	39,0	40,3	41,3	44,1	47,8	51,3	53,3	55,8	59,2
	3,00	25,0	33,3	38,2	42,7	44,0	45,1	48,1	51,9	55,6	57,7	60,3	63,7
	6,00	30,5	39,6	45,0	49,9	51,3	52,5	55,7	59,8	63,7	66,0	68,7	72,4
	6,00	30,5	39,6	45,0	49,9	51,3	52,5	55,7	59,8	63,7	66,0	68,7	72,4
	9,00	34,3	43,9	49,6	54,6	56,1	57,4	60,7	65,0	69,0	71,4	74,2	78,0
	12,00	37,2	47,2	53,1	58,3	59,8	61,1	64,5	68,9	73,1	75,4	78,4	82,2
	18,00	41,9	52,3	58,4	63,8	65,4	66,7	70,3	74,8	79,1	81,6	84,6	88,6
	24,00	45,5	56,3	62,5	68,1	69,7	71,1	74,7	79,3	83,8	86,3	89,3	93,4
(giorni)	1,5	36,00	51,1	62,3	68,8	74,6	76,3	77,7	81,4	86,2	90,7	93,3	96,5
	2	48,00	55,5	67,0	73,7	79,5	81,3	82,7	86,5	91,4	96,0	98,6	101,9
	3	72,00	62,4	74,2	81,1	87,1	88,9	90,4	94,3	99,3	104,0	106,7	110,0
	4	96,00	67,8	79,8	86,8	92,9	94,8	96,2	100,2	105,3	110,1	112,8	116,1
	5	120,00	72,3	84,5	91,5	97,7	99,5	101,0	105,0	110,2	115,0	117,8	121,1

Tabella 1. Stima della portata di piena. Caratteristiche idrografiche dei bacini

		tratto d'intervento bacini sottesi dalle sezioni			stazione idrometrica
		monte sez. 5	sez. 37	valle (sez. 67)	Martello a Petrosino
Bacino idrografico:	Simeto				
Sottobacino:	Torrente Martello				
Bacino imbrifero					
superficie	(km ²)	43,500	45,333	47,166	42,500
altitudine massima	(m s. m.)	1.780,00	1.780,00	1.780,00	1.780,00
altitudine media	(m s. m.)	1.270,00	1.260,00	1.250,00	1.290,00
altitudine minima	(m s. m.)	760,00	740,00	720,00	800,00
dislivello	(m)	1.020,00	1.040,00	1.060,00	980,00
Asta principale					
lunghezza	(m)	11.180,00	11.755,00	12.355,00	10.465,00
quota p.to emergenza	(m s. m.)	1.278,00	1.278,00	1.278,00	1.278,00
dislivello	(m)	518,00	538,00	558,00	478,00
pendenza	(%)	4,63	4,58	4,52	4,57
Coefficiente di deflusso					
<u>Area omogenea n° 1</u>	(quarzareniti boscate)				
manto vegetale	bosco				
morfologia del suolo	montuoso (p=10-30%)				
litologia	quarzareniti di Monte Soro				
granulometria	sabbiosa				
superficie	(km ²)	26,713	27,368	28,022	26,713
coeff. di deflusso		0,36	0,36	0,36	0,36
<u>Area omogenea n° 2</u>	(quarzareniti a pascolo)				
manto vegetale	pascolo				
morfologia del suolo	montuoso (p=10-30%)				
litologia	quarzareniti di Monte Soro				
granulometria	sabbiosa				
superficie	(km ²)	10,738	11,131	11,523	10,418
coeff. di deflusso		0,22	0,22	0,22	0,22
<u>Area omogenea n° 3</u>	argille boscate e a pascolo				
manto vegetale	bosco e pascolo				
morfologia del suolo	montuoso (p=10-30%)				
litologia	argille e sequenze argillose				
granulometria	argillosa				
superficie	(km ²)	2,907	2,907	2,907	2,965
coeff. di deflusso		0,60	0,60	0,60	0,60
<u>Area omogenea n° 4</u>	argille coltivate				
manto vegetale	coltivato				
morfologia del suolo	montuoso (p=10-30%)				
litologia	argille e sequenze argillose				
granulometria	argillosa				
superficie	(km ²)	2,357	2,881	3,405	1,870
coeff. di deflusso		0,82	0,82	0,82	0,82
<u>Area omogenea n° 5</u>	fondovalle				
manto vegetale	coltivato				
morfologia del suolo	pianeggiante (p=0-5%)				
litologia	alluvioni				
granulometria	limo-argillosa				
superficie	(km ²)	0,786	1,048	1,309	0,534
coeff. di deflusso		0,50	0,50	0,50	0,50
Area equiv. (SCA)	(km ²)	16,049	16,931	17,814	15,488
Coeff. medio ponderato di deflusso		0,37	0,37	0,38	0,36

Tabella 3.2. Stima della portata di piena. Calcolo del tempo di corrivazione.

Denominazione		tratto d'intervento bacini sottesi dalle sezioni			stazione idrometrica
		monte sez. 5	sez. 37	valle (sez. 67)	Martello a Petrosino
Bacino imbrifero					
superficie, A'	(km ²)	43,500	45,333	47,166	42,500
dislivello, Dzb	(m)	1020,00	1040,00	1060,00	980,00
Asta principale					
lunghezza, L'	(km)	11,180	11,755	12,355	10,465
dislivello, Dza	(m)	518,00	538,00	558,00	478,00
pendenza media	(%)	4,63	4,58	4,52	4,57
Velocità fittizia, Vf	(m/s)	1,2	1,2	1,2	1,2
Tempo di corrivazione					
Giandotti, Tcg	(h)	2,39	2,44	2,50	2,36
Ventura, Tcv	(h)	3,90	4,00	4,11	3,88
met. veloc. fittizia, Tcvf	(h)	2,59	2,72	2,86	2,42
valore medio, Tcm	(h)	2,96	3,06	3,16	2,89
valore adottato, Tc	(h)	3,00	3,00	3,00	3,00

Tabella 3.3 Stima della portata di piena. Calcolo della portata di piena

		tratto d'intervento bacini sottesi dalle sezioni			stazione idrometrica	
		monte sez. 5	sez. 37	valle (sez. 67)	Martello a Petrosino	
Bacino imbrifero						
superficie, A'		(km ²)	43,500	45,333	47,166	42,500
Area equivalente		(km ²)	16,049	16,931	17,814	15,488
tempo di corrivazione, Tc		(h)	3,00	3,00	3,00	3,00
Curve di probab. pluviometrica, c.p.p.: Cesarò						
Parametri della c.p.p.						
per Tr = 2 anni	a		22,470	22,470	22,470	22,470
	n		0,286	0,286	0,286	0,286
per Tr = 5 anni	a		31,150	31,150	31,150	31,150
	n		0,278	0,278	0,278	0,278
per Tr = 10 anni	a		36,950	36,950	36,950	36,950
	n		0,274	0,274	0,274	0,274
per Tr = 25 anni	a		44,340	44,340	44,340	44,340
	n		0,270	0,270	0,270	0,270
per Tr = 50 anni	a		49,870	49,870	49,870	49,870
	n		0,267	0,267	0,267	0,267
per Tr = 100 anni	a		55,440	55,440	55,440	55,440
	n		0,265	0,265	0,265	0,265
per Tr = 200 anni	a		61,080	61,080	61,080	61,080
	n		0,262	0,262	0,262	0,262
per Tr = 300 anni	a		64,420	64,420	64,420	64,420
	n		0,261	0,261	0,261	0,261
Pioggia critica (h), portata di piena (Q) contributo specifico (q) e						
per Tr = 2 anni	h	(mm)	30,77	30,77	30,77	30,77
	Q	(m ³ /s)	45,72	48,23	50,74	44,12
	q	(m ³ /s·km ²)	1,05	1,06	1,08	1,04
per Tr = 5 anni	h	(mm)	42,28	42,28	42,28	42,28
	Q	(m ³ /s)	62,82	66,28	69,73	60,63
	q	(m ³ /s·km ²)	1,44	1,46	1,48	1,43
per Tr = 10 anni	h	(mm)	49,93	49,93	49,93	49,93
	Q	(m ³ /s)	74,19	78,27	82,35	71,60
	q	(m ³ /s·km ²)	1,71	1,73	1,75	1,68
per Tr = 25 anni	h	(mm)	59,65	59,65	59,65	59,65
	Q	(m ³ /s)	88,64	93,52	98,39	85,54
	q	(m ³ /s·km ²)	2,04	2,06	2,09	2,01
per Tr = 50 anni	h	(mm)	66,87	66,87	66,87	66,87
	Q	(m ³ /s)	99,37	104,83	110,30	95,90
	q	(m ³ /s·km ²)	2,28	2,31	2,34	2,26
per Tr = 100 anni	h	(mm)	74,18	74,18	74,18	74,18
	Q	(m ³ /s)	110,23	116,29	122,35	106,37
	q	(m ³ /s·km ²)	2,53	2,57	2,59	2,50
per Tr = 200 anni	h	(mm)	81,45	81,45	81,45	81,45
	Q	(m ³ /s)	121,04	127,69	134,35	116,81
	q	(m ³ /s·km ²)	2,78	2,82	2,85	2,75
per Tr = 300 anni	h	(mm)	85,81	85,81	85,81	85,81
	Q	(m ³ /s)	127,52	134,53	141,54	123,06
	q	(m ³ /s·km ²)	2,93	2,97	3,00	2,90

Tab. 4.1 Calcolo delle aree omogenee e delle fasce isocorrive
 bacino: T. Martello
 sezione staz. idrom. Petrosino configurazione:

Superficie (km²) delle aree omogenee e delle fasce isocorrive

fascia isocorriva area omogenea		720-880	880-1040	1040-1200	1200-1360	1360-1520	1520-1780	0,0000	totale
		0,8014	3,7398	6,4111	13,3564	11,2194	6,9720		
1		0,267	2,137	5,610	7,747	6,411	4,541		26,713
2				0,534	4,007	3,473	2,404		10,418
3					1,603	1,336	0,027		2,965
4		0,267	1,336	0,267					1,870
5		0,267	0,267						0,534
6									0,000
7									0,000
8									0,000
9									0,000
10									0,000

Prodotto CxA (km²) della superficie A per il coefficiente di deflusso C

fascia isocorriva area omogenea Cd		720-880	880-1040	1040-1200	1200-1360	1360-1520	1520-1780	0,000	totale
		0,449	1,998	2,356	4,632	3,873	2,180		
1	0,36	0,096	0,769	2,019	2,789	2,308	1,635		9,617
2	0,22			0,118	0,882	0,764	0,529		2,292
3	0,60				0,962	0,801	0,016		1,779
4	0,82	0,219	1,095	0,219					1,533
5	0,50	0,134	0,134						0,267
6	0,00								0,000
7	0,00								0,000
8	0,00								0,000
9	0,00								0,000
10	0,00								0,000

Tab. 4.2 Idrogramma di piena Martello a Petrosino massima piena registrata (evento del 7 aprile 1984) ietogramma uniforme

Corso d'acqua: T Martello
 Sezione: stazione idrometrica Petrosino
 configurazione: evento 7 aprile 1984

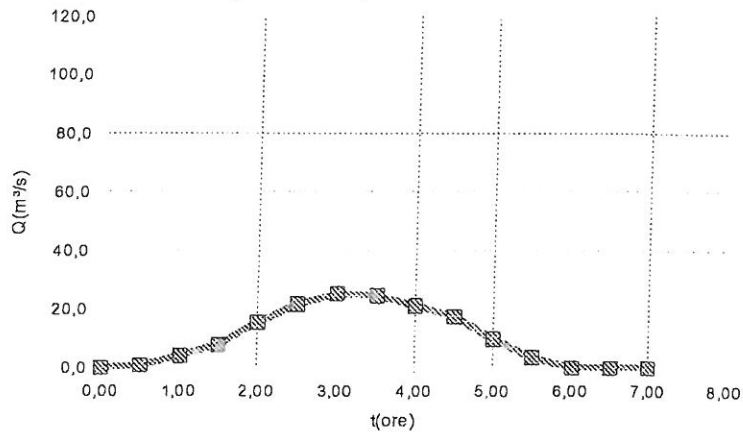
tempo di ritorno (anni) (anni) n. d.
 tempo di corrivazione (ore) (ore) 3,00
 tempo di corrivazione (minuti) (minuti) 180

stazione pluviografica Cesarò
 parametri della c.p.p.
 a [mm/(ora^n)]
 n

altezza di pioggia critica (mm) 17,6
 numero di fasce isocorrive (n.) 6
 intervallo di tempo (ore) (ore) 0,500

fascia isocorriva (n.) CxA (km²)			720	880	880-1040	40-120	200-136	360-152	520-1780	totale (km²)	
			0,449	1,998	2,356	4,632	3,873	2,180	0,000		15,488
intervallo	t (ore)	Δh (mm)	contributo di portata ΔQ di ogni fascia isocorriva							Q(t)	
			(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)		(m³/s)
	0,00	0,00	0,00							0,00	
1	0,500	2,93	0,73							0,73	
2	1,000	2,93	0,73	3,26						3,99	
3	1,500	2,93	0,73	3,26	3,84					7,83	
4	2,000	2,93	0,73	3,26	3,84	7,55				15,38	
5	2,500	2,93	0,73	3,26	3,84	7,55	6,31			21,69	
6	3,000	2,93	0,73	3,26	3,84	7,55	6,31	3,55		25,24	
7	3,500		0,00	3,26	3,84	7,55	6,31	3,55	0,00	24,51	
8	4,000			0,00	3,84	7,55	6,31	3,55	0,00	21,25	
9	4,500				0,00	7,55	6,31	3,55	0,00	17,41	
10	5,000					0,00	6,31	3,55	0,00	9,86	
11	5,500						0,00	3,55	0,00	3,55	
12	6,000							0,00	0,00	0,00	
13	6,500							0,00	0,00	0,00	
14	7,000							0,00	0,00	0,00	
totale		17,60								portata al colmo calcolata	25,24
										portata al colmo registrata	22,507
										coefficiente di correzione dei Cd	0,892

Idrogramma di piena - metodo Cd



Tab. 3 Idrogramma di piena sezione idrom. Martello a Petrosino massima piena registrata (7 aprile 1984)

Corso d'acqua:	T. Martello	
Sezione	monte (sez. 5)	
configurazione	(riferimento)	
tempo di ritorno (anni)	(anni)	50
tempo di corrivazione (ore)	(ore)	3,00
tempo di corrivazione (minuti)	(minuti)	180
stazione pluviografica	Cesarò	
parametri della c.p.p.		
a	(mm/(ora^n))	49,87
n		0,267
	(riferimento)	(registrata)
altezza di pioggia critica	(mm)	66,87
numero di fasce isocorrive	(n.)	6
intervallo di tempo (ore)	(ore)	0,500

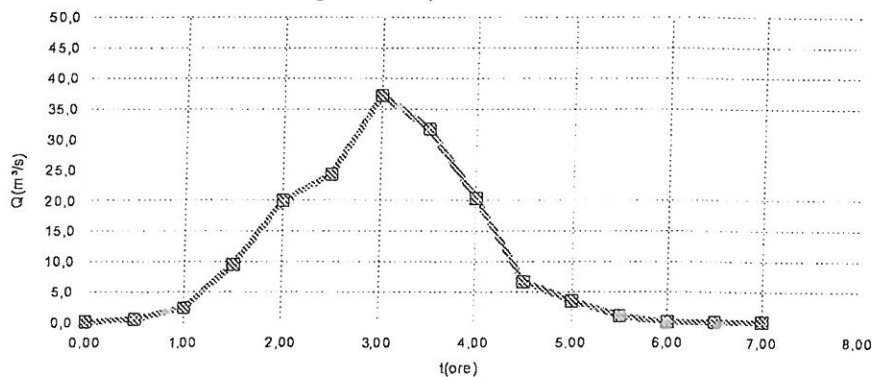
intervallo di tempo (n.)	durata della pioggia (h)	massima altezza di pioggia (mm)	massima altezza nell'intervallo (mm)	posiz. speculare a aree (n.)	altezza di pioggia nell'intervallo (mm)	altezza di pioggia nell'intervallo (tot. registr.) (mm)
1	0,50	41,44	41,44	3	3,68	0,97
2	1,00	49,87	8,43	2	8,43	2,22
3	1,50	55,57	5,70	5	41,44	10,91
4	2,00	60,01	4,44	4	4,44	1,17
5	2,50	63,69	3,68	1	5,70	1,50
6	3,00	66,87	3,18	6	3,18	0,84
			66,87		66,87	17,60

Costruzione dell'idrogramma di piena

fascia isocorriva (n.) CxA (km²) ord. decr	720-880	880-1040	1040-1200	1200-1360	1360-1520	1520-1780	totale (km²)
	0,880	2,326	2,367	4,541	3,797	2,137	
intervallo t (ore)	contributo di portata ΔQ di ogni fascia isocorriva						Q(t)
Δh (mm)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)
1	0,00						0,00
2	0,500	0,47					0,47
3	1,000	1,08	1,25				2,34
4	1,500	5,33	2,87	1,28			9,47
5	2,000	0,57	14,09	2,92	2,45		20,03
6	2,500	0,73	1,51	14,35	5,59	2,05	24,23
7	3,000	0,41	1,94	1,54	27,52	4,68	37,23
8	3,500	0,00	1,08	1,97	2,95	23,01	31,65
9	4,000		0,00	1,10	3,79	2,46	20,30
10	4,500			0,00	2,11	3,17	6,66
11	5,000				0,00	1,76	3,55
12	5,500					0,99	0,99
13	6,000					0,00	0,00
14	6,500					0,00	0,00
15	7,000					0,00	0,00
totale	17,60						

portata al colmo calcolata 37,23
portata al colmo registrata 22,507
coefficiente correttivo dei Cd 0,604

Idrogramma di piena - metodo Cd



Tab. 5.1 Calcolo delle aree omogenee e delle fasce isocorrive
 bacino: T. Martello
 sezione monte (n. 5) configurazione:

Superficie (km²) delle aree omogenee e delle fasce isocorrive

fascia isocorriva area omogenea		720-880	880-1040	1040-1200	1200-1360	1360-1520	1520-1780	totale
		1,5713	4,4521	6,5473	13,0945	10,9994	6,8353	
1		0,524	2,357	5,500	7,595	6,285	4,452	26,713
2			0,262	0,786	3,928	3,405	2,357	10,738
3					1,571	1,309	0,026	2,907
4		0,524	1,571	0,262				2,357
5		0,524	0,262					0,786
6								0,000
7								0,000
8								0,000
9								0,000
10								0,000

Prodotto CxA (km²) della superficie A per il coefficiente di deflusso C

fascia isocorriva area omogenea Cd		720-880	880-1040	1040-1200	1200-1360	1360-1520	1520-1780	totale
		0,880	2,326	2,367	4,541	3,797	2,137	
1	0,36	0,189	0,849	1,980	2,734	2,263	1,603	9,617
2	0,22		0,058	0,173	0,864	0,749	0,519	2,362
3	0,60				0,943	0,786	0,016	1,744
4	0,82	0,430	1,289	0,215				1,933
5	0,50	0,262	0,131					0,393
6	0,00							0,000
7	0,00							0,000
8	0,00							0,000
9	0,00							0,000
10	0,00							0,000

Tab. 5.2 Idrogramma di piena

sezione monte

Tr = 50 anni

Corso d'acqua: T. Martello
 Sezione monte (sez. 5)
 configurazione

tempo di ritorno (anni) (anni) 50
 tempo di corrivazione (ore) (ore) 3,00
 tempo di corrivazione (minuti) (minuti) 180

stazione pluviografica Cesarò

parametri della c.p.p.
 a [mm/(ora^n)] 49,87
 n 0,267

altezza di pioggia critica (mm) 66,87
 numero di fasce isocorrive (n) 6
 intervallo di tempo (ore) (ore) 0,500

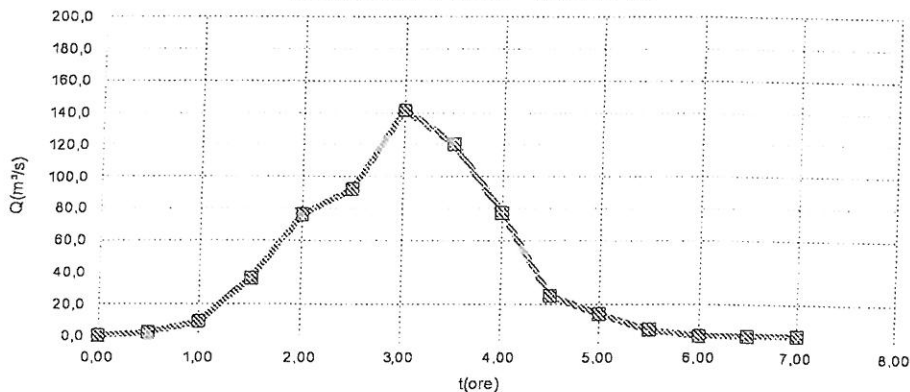
Costruzione dello ietogramma

intervallo di tempo (n.)	dureta della pioggia (h)	massima altezza di pioggia (mm)	massima altezza nell'intervallo (mm)	posiz. speculare a aree (n.)	altezza di pioggia nell'intervallo (mm)
1	0,50	41,44	41,44	3	3,68
2	1,00	49,87	8,43	2	8,43
3	1,50	55,57	5,70	5	41,44
4	2,00	60,01	4,44	4	4,44
5	2,50	63,69	3,68	1	5,70
6	3,00	66,87	3,18	6	3,18
			66,87		66,87

Costruzione dell'idrogramma di piena

fascia isocorriva (n., CxA (km²), ord. decr.)			720-880	880-1040	1040-1200	1200-1360	1360-1520	1520-1780	totale (km²)	
			0,880	2,326	2,367	4,541	3,797	2,137	0,000	16,049
			6	3	4	1	2	5		
intervallo	t (ore)	Δh (m:m)	contributo di portata ΔQ di ogni fascia isocorriva (m³/s)						Q(t) (m³/s)	
	0,00	0,00	0,00						0,00	
1	0,500	3,68	1,80						1,80	
2	1,000	8,43	4,12	4,76					8,88	
3	1,500	41,44	20,26	10,89	4,85				35,99	
4	2,000	4,44	2,17	53,55	11,08	9,29			76,09	
5	2,500	5,70	2,79	5,73	54,51	21,26	7,77		92,06	
6	3,000	3,18	1,55	7,37	5,84	104,56	17,78	4,37	141,46	
7	3,500		0,00	4,10	7,50	11,19	87,43	10,00	0,00	120,24
8	4,000			0,00	4,18	14,39	9,36	49,20	0,00	77,13
9	4,500				0,00	8,02	12,03	5,27	0,00	25,31
10	5,000					0,00	6,70	6,77	0,00	13,47
11	5,500						0,00	3,77	0,00	3,77
12	6,000							0,00	0,00	0,00
13	6,500							0,00	0,00	0,00
14	7,000							0,00	0,00	0,00
totale			66,87						portata al colmo	141,46

Idrogramma di piena - metodo Cd



Tab. 3 Idrogramma di piena

sezione monte

Tr = 100 anni

Corso d'acqua: T. Martello
 Sezione monte (sez. 5)
 configurazione

tempo di ritorno (anni) (anni) 100
 tempo di corrivazione (ore) (ore) 3,00
 tempo di corrivazione (minuti) (minuti) 180

stazione pluviografica Cesarò
 parametri della c.p.p.
 a [mm/(ora^n)] 55,44
 n 0,265

altezza di pioggia critica (mm) 74,18
 numero di fasce isocorrive (n.) 6
 intervallo di tempo (ore) (ore) 0,500

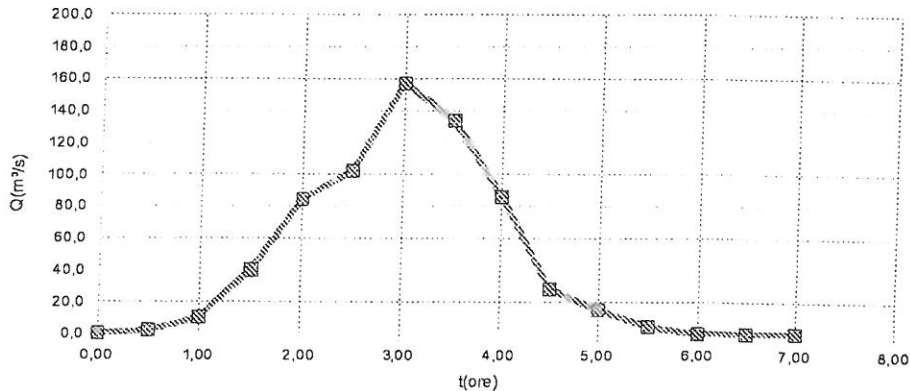
Costruzione dello ietogramma

intervallo di tempo (n.)	durata della pioggia (h)	massima altezza di pioggia (mm)	massima altezza nell'intervallo (mm)	posiz. speculare a aree (n.)	altezza di pioggia nell'intervallo (mm)
1	0,50	46,14	46,14	3	4,06
2	1,00	55,44	9,30	2	9,3
3	1,50	61,73	6,29	5	46,14
4	2,00	66,62	4,89	4	4,89
5	2,50	70,68	4,06	1	6,29
6	3,00	74,18	3,50	6	3,50
			74,18		74,18

Costruzione dell'idrogramma di piena

fascia isocorriva (n.)			720-880	880-1040	1040-1200	1200-1360	1360-1520	1520-1780	
CxA (km²)			0,880	2,326	2,367	4,541	3,797	2,137	0,000
ord. decr.			6	3	4	1	2	5	
intervallo	t (ore)	Δh (mm)	contributo di portata ΔQ di ogni fascia isocorriva (m³/s)						Q(t) (m³/s)
	0,00	0,00	0,00						0,00
1	0,50	4,06	1,98						1,98
2	1,00	9,30	4,55	5,24					9,79
3	1,50	46,14	22,55	12,02	5,34				39,91
4	2,00	4,89	2,39	59,61	12,24	10,24			84,47
5	2,50	6,29	3,07	6,32	60,68	23,47	8,56		102,11
6	3,00	3,50	1,71	8,13	6,43	116,40	19,63	4,82	157,11
7	3,50		0,00	4,52	8,27	12,34	97,33	11,04	133,51
8	4,00			0,00	4,60	15,87	10,32	54,78	85,56
9	4,50				0,00	8,83	13,27	5,81	27,90
10	5,00					0,00	7,38	7,47	14,85
11	5,50						0,00	4,15	4,15
12	6,00							0,00	0,00
13	6,50							0,00	0,00
14	7,00							0,00	0,00
totale		74,18	portata al colmo						157,11

Idrogramma di piena - metodo Cd



Tab. 5/4 Idrogramma di piena

sezione monte

Tr = 200 anni

Corso d'acqua: T. Martello
 Sezione monte (sez. 5)
 configurazione

tempo di ritorno (anni) (anni) 200
 tempo di corrivazione (ore) (ore) 3,00
 tempo di corrivazione (minuti) (minuti) 180

stazione pluviografica Cesarò
 parametri della c.p.p.
 a [mm/(ora^n)] 61,08
 n 0,262

altezza di pioggia critica (mm) 81,45
 numero di fasce isocorrive (n.) 6
 intervallo di tempo (ore) (ore) 0.500

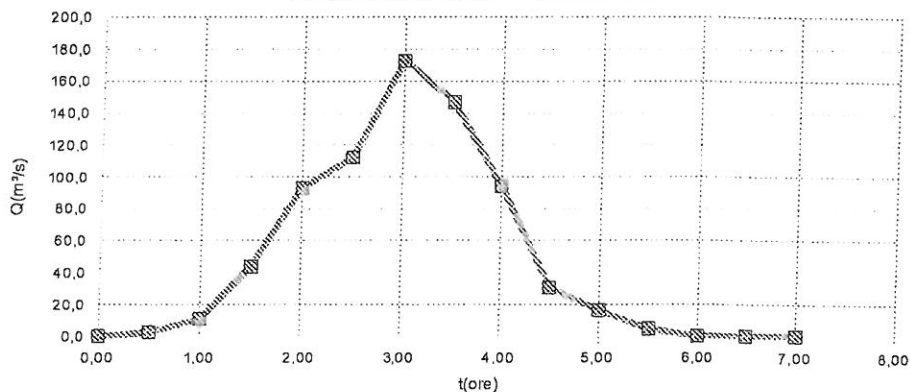
Costruzione dello ietogramma

intervallo di tempo (n.)	durata della pioggia (h)	massima altezza di pioggia (mm)	massima altezza nell'intervallo (mm)	posiz. speculare a aree (n.)	altezza di pioggia nell'intervallo (mm)
1	0,50	50,94	50,94	3	4,41
2	1,00	61,08	10,14	2	10,14
3	1,50	67,93	6,85	5	50,94
4	2,00	73,24	5,32	4	5,32
5	2,50	77,65	4,41	1	6,85
6	3,00	81,45	3,80	6	3,80
			81,45	81,45	

Costruzione dell'idrogramma di piena

			720-880	880-1040	1040-1200	1200-1360	1360-1520	1520-1780		
fascia isocorriva (n.)			6	3	4	1	2	5		
CxA (km²)			0,880	2,326	2,367	4,541	3,797	2,137	0,000	
ord. decr.			6	3	4	1	2	5		
intervallo	t (ore)	Δh (mm)	contributo di portata ΔQ di ogni fascia isocorriva						Q(t)	
			(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	
	0,00	0,00	0,00						0,00	
1	0,500	4,41	2,16						2,16	
2	1,000	10,14	4,96	5,70					10,66	
3	1,500	50,94	24,90	13,11	5,80				43,81	
4	2,000	5,32	2,60	65,81	13,34	11,13			92,88	
5	2,500	6,85	3,35	6,87	67,00	25,59	9,30		112,11	
6	3,000	3,80	1,86	8,84	6,99	128,51	21,40	5,24	172,84	
7	3,500		0,00	4,91	9,00	13,42	107,46	12,04	146,83	
8	4,000			0,00	5,00	17,27	11,22	60,47	93,96	
9	4,500				0,00	9,59	14,44	6,31	30,34	
10	5,000					0,00	8,02	8,13	16,14	
11	5,500						0,00	4,51	4,51	
12	6,000							0,00	0,00	
13	6,500							0,00	0,00	
14	7,000							0,00	0,00	
totale			81,45						portata al colmo	172,84

Idrogramma di piena - metodo Cd



Tab. 5.5 Idrogramma di piena

sezione monte

Tr = 300 anni

Corso d'acqua:	T. Martello	
Sezione	monte (sez 5)	
configurazione		
tempo di ritorno (anni)	(anni)	300
tempo di corrivazione (ore)	(ore)	3,00
tempo di corrivazione (minuti)	(minuti)	180
stazione pluviografica	Cesarò	
parametri della c.p.p.		
a	[mm/(ora^n)]	64,42
n		0,261
altezza di pioggia critica	(mm)	85,81
numero di fasce isocorrive	(n.)	6
intervallo di tempo (ore)	(ore)	0,500

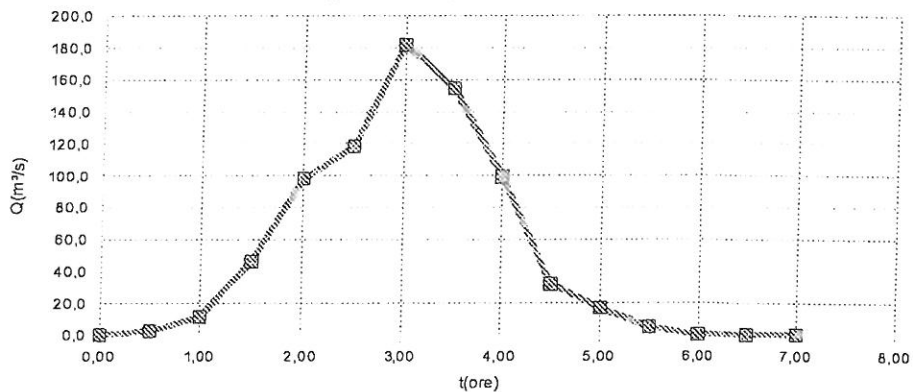
Costruzione dello ietogramma

intervallo di tempo (n.)	durata della pioggia (h)	massima altezza di pioggia (mm)	massima altezza nell'intervallo (mm)	posiz. speculare a aree (n.)	altezza di pioggia nell'intervallo (mm)
1	0,50	53,76	53,76	3	4,63
2	1,00	64,42	10,66	2	10,66
3	1,50	71,61	7,19	5	53,76
4	2,00	77,20	5,58	4	5,58
5	2,50	81,82	4,63	1	7,19
6	3,00	85,81	3,99	6	3,99
			85,81		85,81

Costruzione dell'idrogramma di piena

fascia isocorriva (n.) CxA (km²) ord. decr			720-880	880-1040	1040-1200	1200-1360	1360-1520	1520-1780	totale (km²)	
			0,880	2,326	2,367	4,541	3,797	2,137		0,000
intervallo t (ore) Δh (m:n)			contributo di portata ΔQ di ogni fascia isocorriva						Q(t)	
			(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	
	0,00	0,00	0,00						0,00	
1	0,500	4,63	2,26						2,26	
2	1,000	10,66	5,21	5,98					11,19	
3	1,500	53,76	26,28	13,77	6,09				46,14	
4	2,000	5,58	2,73	69,46	14,02	11,68			97,89	
5	2,500	7,19	3,52	7,21	70,71	26,90	9,77		118,10	
6	3,000	3,99	1,95	9,29	7,34	135,63	22,49	5,50	182,20	
7	3,500		0,00	5,15	9,46	14,09	113,41	12,66	154,77	
8	4,000			0,00	5,25	18,14	11,78	63,82	98,99	
9	4,500				0,00	10,06	15,17	6,63	31,86	
10	5,000					0,00	8,41	8,54	16,95	
11	5,500						0,00	4,73	4,73	
12	6,000						0,00	0,00	0,00	
13	6,500						0,00	0,00	0,00	
14	7,000						0,00	0,00	0,00	
totale			85,81	portata al colmo						182,2

Idrogramma di piena - metodo Cd



Tab. 6.1 Calcolo delle aree omogenee e delle fasce isocorrive
 bacino: T. Martello
 sezione valle (n. 67) configurazione:

Superficie (km²) delle aree omogenee e delle fasce isocorrive

fascia isocorriva		Superficie (km ²) delle aree omogenee e delle fasce isocorrive						totale	
		720-880	880-1040	1040-1200	1200-1360	1360-1520	1520-1780		
area omogenea		3,4046	5,7616	7,0710	13,0945	10,9994	6,8353	0,0000	47,166
	1	0,786	3,143	5,762	7,595	6,285	4,452		28,022
2	0,262	0,524	1,048	3,928	3,405	2,357		11,523	
3				1,571	1,309	0,026		2,907	
4	1,309	1,833	0,262					3,405	
5	1,048	0,262						1,309	
6								0,000	
7								0,000	
8								0,000	
9								0,000	
10								0,000	

Prodotto CxA (km²) della superficie A per il coefficiente di deflusso C

fascia isocorriva		Prodotto CxA (km ²) della superficie A per il coefficiente di deflusso C						totale	
		720-880	880-1040	1040-1200	1200-1360	1360-1520	1520-1780		
area omogenea	Cd	1,938	2,881	2,519	4,541	3,797	2,137	0,000	17,814
	1	0,36	0,283	1,131	2,074	2,734	2,263	1,603	10,088
2	0,22	0,058	0,115	0,230	0,864	0,749	0,519	2,535	
3	0,60				0,943	0,786	0,016	1,744	
4	0,82	1,074	1,503	0,215				2,792	
5	0,50	0,524	0,131					0,655	
6	0,00							0,000	
7	0,00							0,000	
8	0,00							0,000	
9	0,00							0,000	
10	0,00							0,000	

Tab. 2 Idrogramma di piena sezione valle Tr = 50 anni

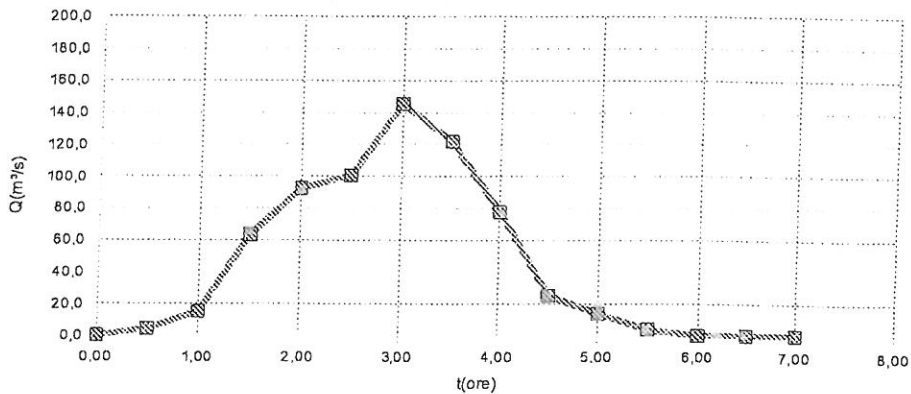
Corso d'acqua:	T. Martello	
Sezione configurazione	valle (sez. n. 67)	
tempo di ritorno (anni)	(anni)	50
tempo di corrivazione (ore)	(ore)	3,00
tempo di corrivazione (minuti)	(minuti)	180
stazione pluviografica	Cesarò	
parametri della c.p.p.		
a	[mm/(ora^n)]	49,87
n		0,267
altezza di pioggia critica	(mm)	66,87
numero di fasce isocorrive	(n.)	6
intervallo di tempo (ore)	(ore)	0,500

intervallo di tempo (n.)	durata della pioggia (h)	massima altezza di pioggia (mm)	massima altezza nell'intervallo (mm)	posiz. speculare a aree (n.)	altezza di pioggia nell'intervallo (mm)
1	0,50	41,44	41,44	3	3,68
2	1,00	49,87	8,43	2	8,43
3	1,50	55,57	5,70	5	41,44
4	2,00	60,01	4,44	4	4,44
5	2,50	63,69	3,68	1	5,70
6	3,00	66,87	3,18	6	3,18
			66,87		66,87

Costruzione dell'idrogramma di piena

intervallo	t (ore)	Δh (m:n)	fascia isocorriva (n.)						totale (km ²)	
			720-880	880-1040	1040-1200	1200-1360	1360-1520	1520-1780		
			1,938	2,881	2,519	4,541	3,797	2,137	0,000	17,814
			6	3	4	1	2	5		
			contributo di portata ΔQ di ogni fascia isocorriva						Q(t)	
			(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
1	0,00	0,00	0,00							0,00
2	0,500	3,68	3,97							3,97
3	1,000	8,43	9,07	5,90						14,97
4	1,500	41,44	44,62	13,48	5,16					63,26
5	2,000	4,44	4,78	66,33	11,79	9,29				92,19
6	2,500	5,70	6,14	7,10	58,01	21,26	7,77			100,28
7	3,000	3,18	3,42	9,13	6,21	104,56	17,78	4,37		145,46
8	3,500		0,00	5,09	7,98	11,19	87,43	10,00	0,00	121,70
9	4,000			0,00	4,45	14,39	9,36	49,20	0,00	77,40
10	4,500				0,00	8,02	12,03	5,27	0,00	25,31
11	5,000					0,00	6,70	6,77	0,00	13,47
12	5,500						0,00	3,77	0,00	3,77
13	6,000							0,00	0,00	0,00
14	6,500							0,00	0,00	0,00
14	7,000							0,00	0,00	0,00
	totale	66,87								portata al colmo 145,46

Idrogramma di piena - metodo Cd



Tab. 3 Idrogramma di piena

sezione valle

Tr = 100 anni

Corso d'acqua: T. Martello
 Sezione valle (sez. n. 67)
 configurazione

tempo di ritorno (anni) (anni) 100
 tempo di corrivazione (ore) (ore) 3,00
 tempo di corrivazione (minuti) (minuti) 180

stazione pluviografica Cesarò

parametri della c.p.p.
 a [mm/(ora^n)] 55,44
 n 0,265

altezza di pioggia critica (mm) 74,18
 numero di fasce isocorrive (n.) 6
 intervallo di tempo (ore) (ore) 0,500

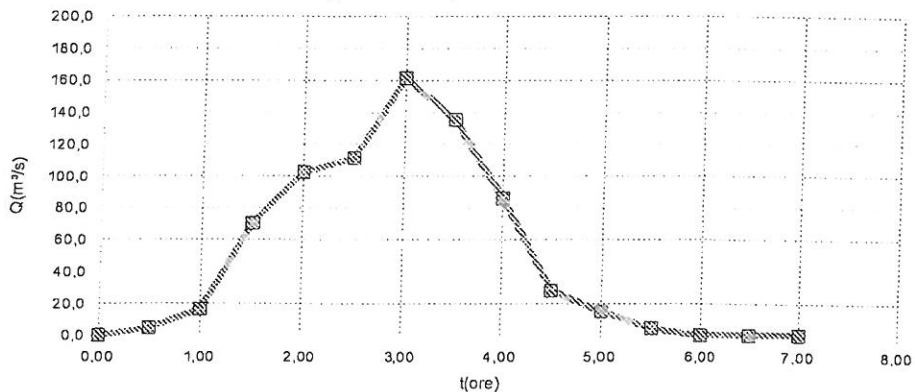
Costruzione dello ietogramma

intervallo di tempo (n.)	durata della pioggia (h)	massima altezza di pioggia (mm)	massima altezza nell'intervallo (mm)	posiz. speculare a aree (n.)	altezza di pioggia nell'intervallo (mm)
1	0,50	46,14	46,14	3	4,06
2	1,00	55,44	9,30	2	9,3
3	1,50	61,73	6,29	5	46,14
4	2,00	66,62	4,89	4	4,89
5	2,50	70,68	4,06	1	6,29
6	3,00	74,18	3,50	6	3,50
			74,18		74,18

Costruzione dell'idrogramma di piena

fascia isocorriva (n.)			720-880	880-1040	1040-1200	1200-1360	1360-1520	1520-1780	totale (km²)	
CxA (km²)			1,938	2,881	2,519	4,541	3,797	2,137	0,000	17,814
ord. decr.			6	3	4	1	2	5		
intervallo	t (ore)	Δh (m:m)	contributo di portata ΔQ di ogni fascia isocorriva						Q(t)	
			(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	
	0,00	0,00	0,00						0,00	
1	0,500	4,06	4,37						4,37	
2	1,000	9,30	10,02	6,49					16,51	
3	1,500	46,14	49,67	14,89	5,68				70,24	
4	2,000	4,89	5,26	73,84	13,02	10,24			102,36	
5	2,500	6,29	6,77	7,83	64,58	23,47	8,56		111,20	
6	3,000	3,50	3,77	10,06	6,84	116,40	19,63	4,82	161,52	
7	3,500		0,00	5,60	8,80	12,34	97,33	11,04	135,12	
8	4,000			0,00	4,90	15,87	10,32	54,78	85,85	
9	4,500				0,00	8,83	13,27	5,81	27,90	
10	5,000					0,00	7,38	7,47	14,85	
11	5,500						0,00	4,15	4,15	
12	6,000						0,00	0,00	0,00	
13	6,500						0,00	0,00	0,00	
14	7,000						0,00	0,00	0,00	
totale			74,18	portata al colmo						161,52

Idrogramma di piena - metodo Cd



Tab. 4.4 Idrogramma di piena sezione valle Tr = 200 anni

Corso d'acqua: T. Martello
 Sezione valle (sez. n. 67)
 configurazione

tempo di ritorno (anni) (anni) 200
 tempo di corrivazione (ore) (ore) 3,00
 tempo di corrivazione (minuti) (minuti) 180

stazione pluviografica Cesarò
 parametri della c.p.p.
 a [mm/(ora^n)] 61,08
 n 0,262

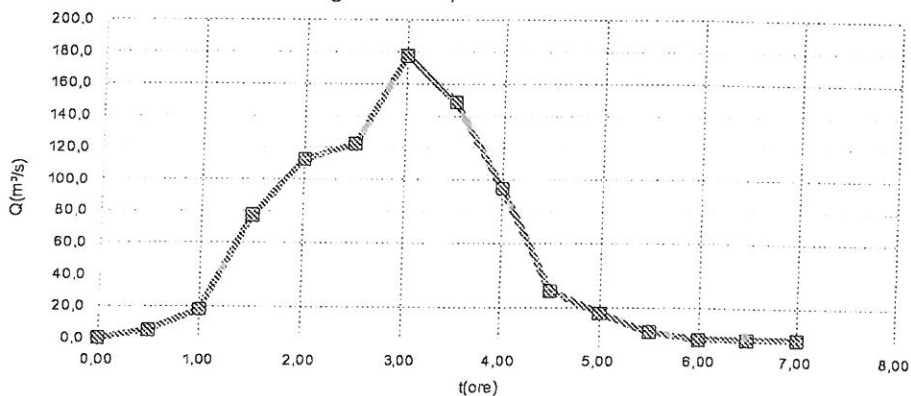
altezza di pioggia critica (mm) 81,45
 numero di fasce isocorrive (n.) 6
 intervallo di tempo (ore) (ore) 0,500

intervallo di tempo (n.)	durata della pioggia (h)	massima altezza di pioggia (mm)	massima altezza nell'intervallo (mm)	posiz. speculare a aree (n.)	altezza di pioggia nell'intervallo (mm)
1	0,50	50,94	50,94	3	4,41
2	1,00	61,08	10,14	2	10,14
3	1,50	67,93	6,85	5	50,94
4	2,00	73,24	5,32	4	5,32
5	2,50	77,65	4,41	1	6,85
6	3,00	81,45	3,80	6	3,80
			81,45		81,45

Costruzione dell'idrogramma di piena

intervallo	t (ore)	Δh (mm)	fascia isocorriva (n.) CxA (km ²) ord. decr						totale (km ²) 17,814	
			720-880	880-1040	1040-1200	1200-1360	1360-1520	1520-1780		
			contributo di portata ΔQ di ogni fascia isocorriva						Q(t)	
			(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	
	0,00	0,00	0,00						0,00	
1	0,500	4,41	4,75						4,75	
2	1,000	10,14	10,92	7,06					17,98	
3	1,500	50,94	54,84	16,23	6,17				77,25	
4	2,000	5,32	5,73	81,52	14,20	11,13			112,57	
5	2,500	6,85	7,37	8,51	71,29	25,59	9,30		122,07	
6	3,000	3,80	4,09	10,96	7,44	128,51	21,40	5,24	177,63	
7	3,500		0,00	6,08	9,58	13,42	107,46	12,04	148,58	
8	4,000			0,00	5,32	17,27	11,22	60,47	94,28	
9	4,500				0,00	9,59	14,44	6,31	30,34	
10	5,000					0,00	8,02	8,13	16,14	
11	5,500						0,00	4,51	4,51	
12	6,000							0,00	0,00	
13	6,500							0,00	0,00	
14	7,000							0,00	0,00	
totale			81,45	portata al colmo						177,63

Idrogramma di piena - metodo Cd



Tab. 4.5 Idrogramma di piena sezione valle Tr = 300 anni

Corso d'acqua: T. Martello
 Sezione valle (sez. n. 67)
 configurazione:

tempo di ritorno (anni) (anni) 300
 tempo di corrivazione (ore) (ore) 3,00
 tempo di corrivazione (minuti) (minuti) 180

stazione pluviografica: Cesarò

parametri della c.p.p.
 a [mm/(ora^n)] 64,42
 n 0,261

altezza di pioggia critica (mm) 85,81
 numero di fasce isocorrive (n.) 6
 intervallo di tempo (ore) (ore) 0,500

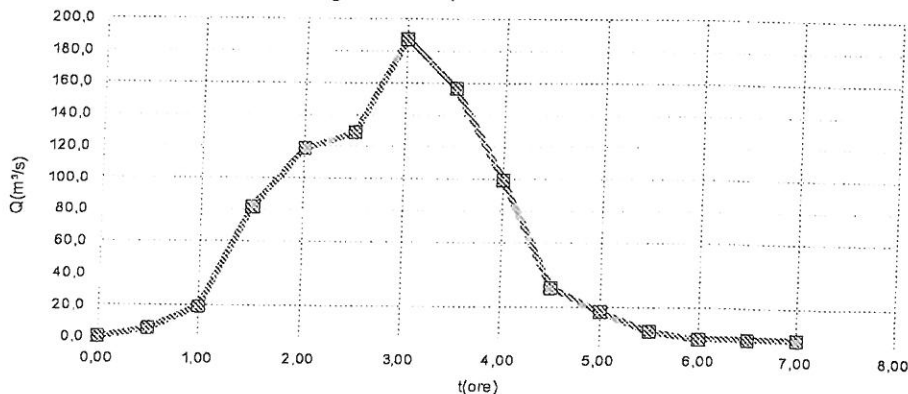
Costruzione dello ietogramma

intervallo di tempo (n.)	durata della pioggia (h)	massima altezza di pioggia (mm)	massima altezza nell'intervallo (mm)	posiz. speculare a aree (n.)	altezza di pioggia nell'intervallo (mm)
1	0,50	53,76	53,76	3	4,63
2	1,00	64,42	10,66	2	10,66
3	1,50	71,61	7,19	5	53,76
4	2,00	77,20	5,58	4	5,58
5	2,50	81,82	4,63	1	7,19
6	3,00	85,81	3,99	6	3,99
			85,81		85,81

Costruzione dell'idrogramma di piena

intervallo t (ore)	Δh (mm)	fascia isocorriva (n.)						Q(t) (m³/s)	
		720-880	880-1040	1040-1200	1200-1360	1360-1520	1520-1780		
		1,938	2,881	2,519	4,541	3,797	2,137	0,000	totale (km²) 17,814
		6	3	4	1	2	5		
		contributo di portata ΔQ di ogni fascia isocorriva							
		(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	(m³/s)	
0,00	0,00	0,00						0,00	
1	0,500	4,98						4,98	
2	1,000	11,48	7,41					18,89	
3	1,500	57,88	17,06	6,48				81,42	
4	2,000	6,01	86,04	14,92	11,68			118,65	
5	2,500	7,74	8,94	75,24	26,90	9,77		128,59	
6	3,000	4,29	11,51	7,82	135,63	22,49	5,50	187,23	
7	3,500	0,00	6,38	10,07	14,09	113,41	12,66	156,61	
8	4,000		0,00	5,58	18,14	11,78	63,82	99,33	
9	4,500			0,00	10,06	15,17	6,63	31,86	
10	5,000				0,00	8,41	8,54	16,95	
11	5,500					0,00	4,73	4,73	
12	6,000						0,00	0,00	
13	6,500						0,00	0,00	
14	7,000						0,00	0,00	
totale	85,81							portata al colmo 187,23	

Idrogramma di piena - metodo Cd



Tab. 9.0 Parametri di scabrezza e di resistenza allo sforzo di trascinamento

caratteristiche delle pareti o del fondo		situazione: a fine lavori				situazione: a regime (dopo il terzo anno)			
codice	descrizione	parametro di scabrezza di Gauckler-Strickler		resistenza allo sforzo di trascinamento		parametro di scabrezza di Gauckler-Strickler		resistenza allo sforzo di trascinamento	
		Ks (m ^{1/3} /s)	()	τ_{max} (kgf/m ²)	()	Ks (m ^{1/3} /s)	()	τ_{max} (kgf/m ²)	()
C	alveo con ciottoli e ghiaia	35	(1)			35	(1)		
R	alveo con rocce e grossi ciottoli	30	(1, 2)			30	(1, 2)		
V	copertura vegetale con buon portamento eretto, non tagliata	20	(3)	10	(1)	12,5	(3)	20	(1)
S	scogliera rinverdita (massi con talee)	20	(6)	10	(1, 4)	7,5	(6)	35	(1, 4)
G	gabbioni rinverditi	30	(6)	35	(1)	10	(6)	40	(1)
P	palificata corten	30	(7)	40	(5)	25	(7)	15	(5)

- (1) Cornellini P., Preti F., Sauli G.: Le sistemazioni idrauliche con tecniche di ingegneria naturalistica, in *Manuale di Ingegneria Naturalistica della Regione Lazio*
- (2) Di Fidio M., *I corsi d'acqua. Sistemazioni naturalistiche e difesa del territorio*, Pirola, 1995
- (3) Maione U., *La sistemazione dei corsi d'acqua montani*, Bios, 1998
- (4) Calò P., Palmeri F., Influenza della vegetazione sul deflusso: analisi comparata di diverse esperienze. Coefficiente di scabrezza. Manutenzioni, in *"Sistemazioni idrauliche con metodi naturalistici; un programma di calcolo*, AIPIN, 1996
- (5) per analogia con la palificata in legno, da (1)
- (6) Begemann W., Schiechl H.M.: *Ingenieurbiologie - Handbuch zum naturnahen Wasser und Erdbau*, 1986
- (7) per analogia con l'alveo con alberi e cespugli lungo le sponde e con ciottoli e massi sparsi, da (1) e da (8)
- (8) Marchi E.: Moto permanente delle correnti a pelo libero, in *Manuale di Ingegneria Civile*, Cremonese, 1981