

Anas SpA

Direzione Centrale Progettazione

**AUTOSTRADA A3 SALERNO - REGGIO CALABRIA
AMMODERNAMENTO DEL TRONCO 1°- TRATTO 6° - LOTTO 3°
NUOVO SVINCOLO DI SALA CONSILINA SUD AL KM 95+200
(LOCALITA' TRINITA')**

PROGETTO PRELIMINARE

PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE CENTRALE PROGETTAZIONE

I PROGETTISTI:

Dott. Ing. **FULVIO MARIA SOCCODATO**
Ordine Ing. di Roma n. 18861

Dott. Ing. **ENRICO MITTIGA**
Ordine Ing. di Roma n. A2022

Dott. Ing. **GIANFRANCO FUSANI**
Ordine Ing. di Roma n. 18008

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. **FLAVIO CAPOZUCCA**
Ordine Geol. del Lazio n. 1599

IL RESPONSABILE DEL S.I.A. :

Dott. Ing. **FIRENZO FORCONE**
Ordine Ing. di Roma n. 16144

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Geom. **FABIO QUONDAM**

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO :

Dott. Ing. **ANTONIO VALENTE**

PROTOCOLLO

DATA

GRUPPO DI PROGETTAZIONE ANAS

Ing. Luca Zampaglione	- Responsabile di Progetto
Ing. Francesca Bario	- Strutture
Arch. Gianluca Bonoli	- Strutture
Ing. Adriana Corcelli	- Ambiente e Cantierizzazione
Ing. Pierluigi Fabbro	- Interferenze
Ing. Gabriele Giovannini	- Cartografia e Espropri
Ing. Attilio Petrillo	- Idraulica
Arch. Roberto Roggi	- Sicurezza
Ing. Pietro Valerio	- Impianti
Ing. Pier Giorgio D'Armini	- Studio Trasportistico
Geom. Emiliano Paiella	- Computi, Stime e Capitolati
Geom. Gianluca Viridis	- Strade

RESPONSABILI UNITA' DI INGEGNERIA :

Ing. Fulvio Maria Soccodato	- Ingegneria del Territorio
Ing. Alessandro Micheli	- Ingegneria Geotecnica e Impianti
Ing. Achille Devitofranceschi	- Ingegneria Opere Civili
Geom. Fabio Quondam	- Ingegneria Computi, Stime e Capitolati

**STUDI ED INDAGINI PRELIMINARI
IDROLOGIA ED IDRAULICA**

Relazione idrologico-idraulica

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG. N. PROG.	TOOID00IDRRE01_A.dwg			
L0411Z	P 1101	CODICE ELAB.	TOO IDOO IDR RE01	A	-
D	-	-	-	-	-
C	-	-	-	-	-
B	-	-	-	-	-
A	EMISSIONE	NOV 2011	RESP.TECNICO	ITINERARIO	SETTORE
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	3
2.1. Descrizione degli interventi.....	3
2.2. <i>Pianificazione di Assetto Idrogeologico</i>	3
3. STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO.....	13
3.1. <i>Metodologie per la valutazione della portata di progetto</i>	13
3.2. <i>Stima della portata al colmo con tecniche di regionalizzazione statistica</i>	13
3.3. <i>Stima della portata al colmo con metodo afflussi-deflussi</i>	17
3.3.1. <i>Analisi delle precipitazioni brevi e intense</i>	18
<i>Piogge di durata superiore all'ora</i>	19
<i>Piogge di durata inferiori all'ora</i>	20
3.3.2. <i>Stima della durata critica</i>	21
3.3.3. <i>Depurazione delle perdite</i>	22
3.4. <i>Opere di attraversamento</i>	26
3.5. <i>Idraulica di Piattaforma</i>	28
3.5.1. <i>Stima delle portate di progetto</i>	29
3.5.2. <i>Opere di drenaggio</i>	31
<u><i>Sezioni in rilevato</i></u>	31
<u><i>Sezioni in viadotto</i></u>	31
3.5.3. <i>Verifiche idrauliche preliminari delle opere di drenaggio</i>	32

ELENCO ALLEGATI:

ALLEGATO A - ELABORAZIONI PLUVIOMETRICHE

ALLEGATO B - ELABORAZIONI IDROLOGICHE

1. PREMESSA

La presente relazione riferisce lo studio eseguito per la definizione dei caratteri idrologici ed idraulici relativi alle interferenze con il reticolo idrografico di superficie degli assi stradali in progetto per la realizzazione del nuovo svincolo di Sala Consilina.

Nella presente relazione è fornita una prima caratterizzazione idrologica-idraulica dell'area d'interesse e sono individuate le principali problematiche legate all'interazione tra l'infrastruttura e il sistema delle acque superficiali.

In particolare vengono affrontati i seguenti punti:

- inquadramento dello stato di attuazione della Pianificazione di Assetto Idrogeologico nell'area di intervento;
- caratterizzazione dell'area e individuazione delle principali problematiche dal punto di vista idrologico e idraulico;
- individuazione dei principali bacini idrografici interagenti con l'opera di progetto e loro caratterizzazione idrologica e morfometrica;
- delineazione dello studio idrologico preliminare finalizzato alla determinazione delle portate massime attese con diversi tempi di ritorno in corrispondenza degli attraversamenti principali;
- individuazione delle aree di potenziale esondazione lungo i corsi d'acqua di interesse, nella configurazione ante e post operam;
- analisi preliminare dell'interferenza tra la viabilità di progetto e l'idrografia superficiale;
- studio preliminare del sistema di smaltimento delle acque di piattaforma stradale.

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

2.1. Descrizione degli interventi

Il progetto prevede due diverse soluzioni progettuali che differiscono esclusivamente sulle modalità di scavalco del Ramo 1 sull'Autostrada A3.

La soluzione 1, quella prescelta, prevede uno svincolo a "Trombetta" con lo scavalco dell'autostrada che avviene in elevazione tramite un viadotto L=424m e conseguenti tratti di approccio in rilevato in modo da consentire una quota del piano viabile superiore ai teorici livelli di piena in caso di fenomeni di esondazione in quanto l'intervento ricade nell'area del "Vallo di Diano".

La soluzione 2, invece, pur mantenendo lo stesso schema funzionale dello svincolo, differisce dal precedente in quanto oltrepassa l'autostrada con un sottovia scatolare e tratti di approccio in trincea.

Le rampe monodirezionali A, B, C e D presentano una piattaforma pavimentata di 6,50 m, sia in rilevato che in viadotto; la sezione è costituita dai seguenti elementi:

- ✓ banchina in sinistra da 1,00 m;
- ✓ corsia da 4,00 m;
- ✓ banchina in destra 1,50 m;
- ✓ in rilevato, arginello di larghezza totale pari a 1,50 m.

2.2. Pianificazione di Assetto Idrogeologico

Per quanto riguarda agli aspetti connessi alla difesa del suolo gli interventi in progetto ricadono nell'ambito del bacino idrografico del fiume Tanagro affluente in sinistra idrografica del Fiume Sele, di competenza della Autorità di Bacino Interregionale del fiume Sele.

Tale ambito territoriale è disciplinato dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino interregionale del fiume Sele, costituisce piano stralcio del piano di bacino, ai sensi dell'articolo 12 della legge 4 dicembre 1993, n.493, e possiede, per effetto dell'articolo 17 della legge 18 maggio 1989, n. 183, valore di piano territoriale di settore. Il piano stralcio è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, le norme d'uso del suolo e

gli interventi riguardanti l'assetto idrogeologico del territorio di competenza dell'Autorità di bacino interregionale del Sele.

Il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Interregionale del fiume Sele, con Deliberazione n. 1 del 4 aprile 2011, ha adottato la rivisitazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) con le norme di attuazione ed il programma degli interventi.

Il piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino interregionale del Sele:

- A) individua le aree a rischio idrogeologico molto elevato, elevato, medio e moderato, ne determina la perimetrazione, stabilisce le relative norme tecniche di attuazione;
- B) delimita le aree di pericolo idrogeologico quali oggetto di azione organiche per prevenire la formazione e l'estensione di condizioni di rischio;
- C) indica gli strumenti per assicurare coerenza tra la pianificazione stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico e la pianificazione territoriale in ambito regionale ed anche a scala provinciale e comunale;
- D) individua le tipologie, la programmazione degli interventi di mitigazione o eliminazione delle condizioni di rischio e delle relative priorità, anche a completamento ed integrazione dei sistemi di difesa esistenti.

In tutte le aree perimetrate con situazioni di rischio o di pericolo il piano persegue in particolare gli obiettivi di:

- A) salvaguardare al massimo grado possibile l'incolumità delle persone, l'integrità delle infrastrutture e delle opere pubbliche o di interesse pubblico, l'integrità degli edifici, la funzionalità delle attività economiche, la qualità dei beni ambientali e culturali;
- B) impedire l'aumento dei livelli attuali di rischio, non consentire azioni pregiudizievoli per la definitiva sistemazione idrogeologica del bacino, prevedere interventi coerenti con la pianificazione di protezione civile;
- C) prevedere e disciplinare i vincoli e le limitazioni d'uso del suolo, le attività e gli interventi antropici consentiti, le prescrizioni e le azioni di prevenzione nelle diverse tipologie di aree a rischio e di pericolo, nei casi più delicati subordinatamente ai risultati di appositi studi di compatibilità idraulica o idrogeologica;

D) stabilire norme per il corretto uso del territorio e delle risorse naturali nonché per l'esercizio compatibile delle attività umane a maggior impatto sull'equilibrio idrogeologico del bacino;

E) porre le basi per l'adeguamento della strumentazione urbanistico-territoriale e delle modalità d'uso del suolo in relazione ai diversi gradi di rischio;

F) conseguire condizioni di sicurezza del territorio mediante la programmazione degli interventi non strutturali ed interventi strutturali e la definizione delle esigenze di manutenzione, completamento ed integrazione dei sistemi di difesa esistenti;

G) e di conseguenza prevedere la sistemazione, la difesa e la regolazione dei corsi d'acqua, anche attraverso la moderazione delle piene e la manutenzione delle opere, adottando modalità di intervento che privilegino la conservazione ed il recupero delle caratteristiche naturali del territorio;

H) prevedere altresì la sistemazione dei versanti e delle aree instabili a protezione degli abitati e delle infrastrutture, adottando modalità di intervento che privilegino la conservazione ed il recupero delle caratteristiche naturali del territorio;

I) definire le necessità di manutenzione delle opere in funzione del grado di sicurezza compatibile ed il rispettivo livello di efficienza ed efficacia;

J) indicare le necessarie attività di prevenzione, di allerta e di monitoraggio dello stato dei dissesti.

A tali fini inoltre il piano stralcio:

A). costruisce un quadro conoscitivo dei processi di versante e fluviali attraverso la raccolta, l'organizzazione e l'integrazione delle conoscenze disponibili, in modo da rappresentare il quadro dei fenomeni dell'intero bacino su elaborati cartografici normalmente alla scala 1:25.000 o, per i casi particolarmente complessi, alla scala 1:5.000;

B) produce la definizione del quadro della pericolosità, del danno potenziale e del rischio idrogeologico esistente considerando le perimetrazioni dei dissesti e le rispettive interferenze con la presenza di beni e interessi vulnerabili;

C) contiene un atlante delle perimetrazioni alle scale indicate delle aree soggette a quattro livelli di rischio a gravosità decrescente.

Il piano stralcio è adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino interregionale del Sele, tenuto conto dei pareri delle Conferenze programmatiche indette dalle Regioni Campania e Basilicata, alle quali partecipano le Province ed i Comuni interessati.

Le limitazioni all'uso del territorio, i vincoli alle attività economiche, le limitazioni agli interventi sulle infrastrutture ed opere pubbliche e sul patrimonio edilizio, nonché tutte le altre prescrizioni poste dal presente piano a carico di soggetti pubblici e privati, rispondono all'interesse pubblico generale di tutela da situazioni di rischio idrogeologico, non hanno contenuto espropriativo e non comportano corresponsione di indennizzi.

All'Autorità di Bacino sono preventivamente sottoposti per un parere obbligatorio sulla compatibilità idrogeologica con le prescrizioni del piano stralcio:

- A) i piani territoriali di coordinamento provinciale;
- B) gli strumenti urbanistici comunali, loro varianti e piani attuativi formati dopo l'approvazione del piano;
- C) piani regolatori delle aree di sviluppo industriale;
- D) i piani regionali di settore nelle materie di cui all'articolo 17 della legge n. 183/1989;
- E) i piani regionali delle attività estrattive di cui all'art. 40;
- F) i progetti di realizzazione e/o manutenzione di opere pubbliche localizzate nelle aree delimitate dal piano come fasce fluviali A e B, come aree di pericolosità elevata e media da dissesti di versante e/o ricadenti nelle classi R4 e R3 del rischio idrogeologico.

Gli elaborati tecnici del Piano, individuati nell'articolo 2 delle Norme Tecniche, definiscono per il bacino idrografico del fiume Sele le aree a rischio idraulico molto elevato (R4), elevato (R3), medio (R2) e moderato (R1).

Definiscono altresì le seguenti fasce fluviali:

- Alveo di piena ordinaria. Si definisce alveo di piena ordinaria la parte della regione fluviale, interessata dal deflusso idrico in condizioni di piena ordinaria, corrispondente al periodo di ritorno $T=2-5$ anni. Nel caso di corsi d'acqua di pianura, l'alveo di piena ordinaria coincide con la fascia fluviale compresa tra le sponde dell'alveo incassato. Nel caso di alvei alluvionati, l'alveo di piena ordinaria coincide con il greto attivo,

interessato (effettivamente nella fase attuale oppure storicamente) dai canali effimeri in cui defluisce la piena ordinaria. La delimitazione può essere effettuata considerando il più esterno tra il limite catastale demaniale ed il piede esterno delle opere di arginatura e protezione esistenti.

- Alveo di piena standard (Fascia A). La Fascia A viene definita come l'alveo di piena che assicura il libero deflusso della piena standard, di norma assunta a base del dimensionamento delle opere di difesa. Nel presente Piano si è assunta come piena standard quella corrispondente ad un periodo di ritorno pari a 100 anni. Il "limite di progetto tra la Fascia A e la successiva Fascia B" coincide con le opere idrauliche longitudinali programmate per la difesa del territorio

- Fascia di esondazione (Fascia B). La Fascia B comprende le aree inondabili dalla piena standard, eventualmente contenenti al loro interno sottofasce inondabili con periodo di ritorno $T < 100$ anni. In particolare, sono state considerate tre sottofasce:

* la sottofascia B1 è quella compresa tra l'alveo di piena e la linea più esterna tra la congiungente l'altezza idrica $h=30$ cm delle piene con periodo di ritorno $T=30$ anni e altezza idrica $h=90$ cm delle piene con periodo di ritorno $T=100$ anni;

* la sottofascia B2 è quella compresa fra il limite della Fascia B1 e quello dell'altezza idrica $h=30$ cm delle piene con periodo di ritorno $T=100$ anni;

* la sottofascia B3 è quella compresa fra il limite della Fascia B2 e quello delle piene con periodo di ritorno $T=100$ anni.

- Fascia di inondazione per piena d'intensità eccezionale (Fascia C). La fascia C comprende le aree inondabili dalla piena relativa a $T=300$ anni odalla piena storica nettamente superiore alla piena

di progetto.

Tutte le nuove attività, opere e sistemazioni e tutti i nuovi interventi consentiti nelle aree a rischio idraulico, devono essere tali da non superare mai il livello di rischio sostenibile nella situazione attuale del territorio. Devono essere quindi tali da:

A. migliorare o comunque non aggravare o peggiorare le condizioni di funzionalità idraulica;

B. non costituire in nessun caso un fattore di aumento del rischio idraulico, né localmente né nei territori a valle o a monte, producendo significativi ostacoli al

normale libero deflusso delle acque ovvero causando una riduzione significativa della capacità di invaso delle aree interessate;

C. non costituire un elemento pregiudizievole all'attenuazione o all'eliminazione delle specifiche cause di rischio esistenti;

D. non pregiudicare le sistemazioni idrauliche definitive né la realizzazione degli interventi previsti dalla pianificazione di bacino o dagli strumenti di programmazione provvisoria e urgente;

E. garantire condizioni adeguate di sicurezza durante la permanenza del cantiere, in modo che i lavori si svolgano senza creare, neppure temporaneamente, un ostacolo significativo al regolare deflusso delle acque, un significativo aumento del livello di rischio o del grado di esposizione al rischio esistente.

F. impiegare modalità esecutive tali da limitare l'impermeabilizzazione superficiale del suolo, controllando la ritenzione temporanea delle acque attraverso adeguate reti di regimazione e di drenaggio;

G. impiegare ove possibile tecniche a basso impatto ambientale e tecniche di ingegneria naturalistica.

H. salvaguardare le risorse idriche del sottosuolo e del soprassuolo, con particolare riferimento alle riserve al minimo di deflusso vitale dei corsi d'acqua.

Nel caso in esame gli interventi connessi con la realizzazione dello svincolo autostradale di Sala Consilina, così come evidenziato nell'elaborato *T00_ID00_IDR_PL01 - Planimetria della Pericolosità da alluvione* interessa aree classificate, ai sensi del Piano Stralcio dell'Autorità di Bacino Interregionale del fiume Sele, come aree di esondazione del fiume Tanagro (Valle Diana). Più in particolare viene ad essere interessata la fascia A dalle rampe di collegamento con la SP 11 "del Corticato", la fascia B, nella sottofascia B2, dalla trombeta di svincolo, corrispondenti rispettivamente, come si evidenzia nell'elaborato *T00_ID00_IDR_PL02 - Planimetria del Rischio Idraulico*, ad area classificate a rischio idraulico R3 ed R1.

La documentazione fotografica, di seguito riportata, mostra gli allagamenti determinati nell'area in argomento dall'esondazione del fiume Tanagro – Valle Diana durante la recente alluvione del 10.1.2010

Progetto Preliminare





Per quanto l'analisi di sicurezza rispetto ai livelli idrometrici di piena raggiunti in prossimità dell'area interessata dalla realizzazione delle svincolo si è fatto riferimento ai

risultati dello studio idraulico, effettuato dalla AbiS, a moto monodirezionale permanente per il tratto del fiume Tanagro (Valle Diana), tra le sezioni 14 e 25, ed in particolare in corrispondenza della sez.23, a monte del Ponte dei Cappuccini sulla SP 11 "del Corticato", riportati nel seguente prospetto.

River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
23	T=30	344.05	453.9	480.13	458.5	480.39	0.000002	0.14	8426.38	2429.85	0.02
23	T=50	393.84	453.9	480.13	458.6	480.93	0.000001	0.13	9756.36	2429.85	0.02
23	T=100	464.76	453.9	480.38	459.44	481.58	0.000001	0.13	11332.35	2429.85	0.02
23	T=200	534.18	453.9	480.93	480.1	480.14	0.000063	0.88	1982.03	574.91	0.11
23	T=500	629.24	453.9	481.58	480.1	480.14	0.000087	1.03	1981.65	574.91	0.13
22.7	Bridge										

Tali livelli idrici sono riportati sulle quote del rilievo fotogrammetrico alla base del presente Progetto Preliminare, considerando lo sfalsamento altimetrico esistente tra le due cartografie, pari a circa 5.2 m.

La *soluzione 1*, con scavalco dell' autostrada in viadotto e con sezioni delle rampe in sempre in rilevato, cioè con quote del piano rotabile sempre superiori al p.c., risulta, rispetto al rischio idraulico, preferibile in quanto assicura maggiori livelli di sicurezza.

La *soluzione 2*, con scavalco dell' autostrada in sottopasso e presenza di tratti in scavo, con tratti in cui il piano rotabile risulta inferiore al piano di campagna e quindi alle quote di piena, presenta evidenti maggiori elementi di vulnerabilità, anche nell'ipotesi di adozione di specifiche misure di mitigazione del rischio quali muri di argine.

Per quanto invece attiene le specifiche verifica di compatibilità delle opere in progetto, in termini di modifica delle condizioni di deflusso e di invaso rispetto alle condizioni attuali, si rimanda ai necessari approfondimenti, che saranno sviluppati nelle successive fasi progettuali.

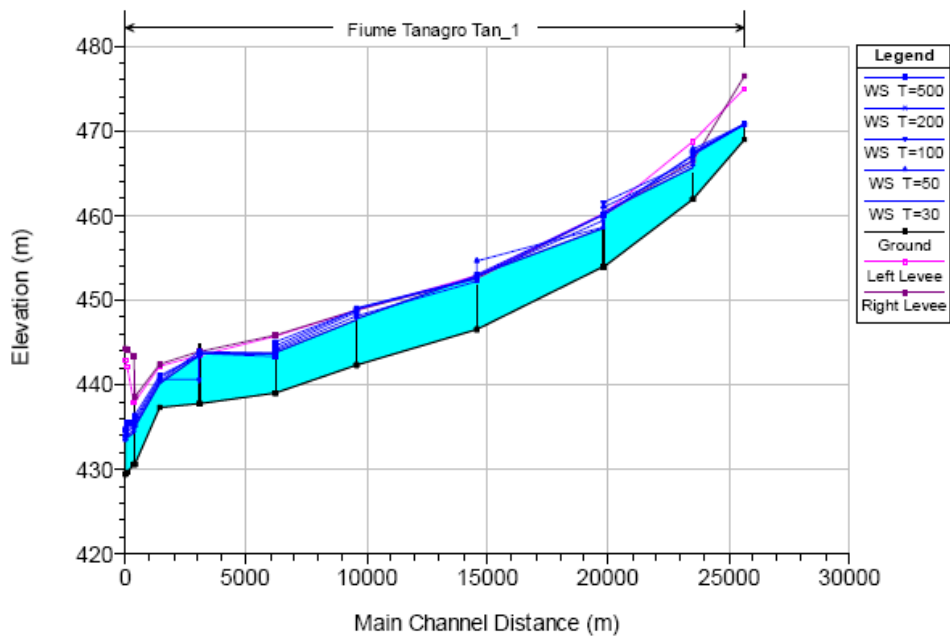


Figura 2.15 - Profili idraulici in condizioni di moto permanente.

2.1. FIUME TANAGRO (VALLO DI DIANO)

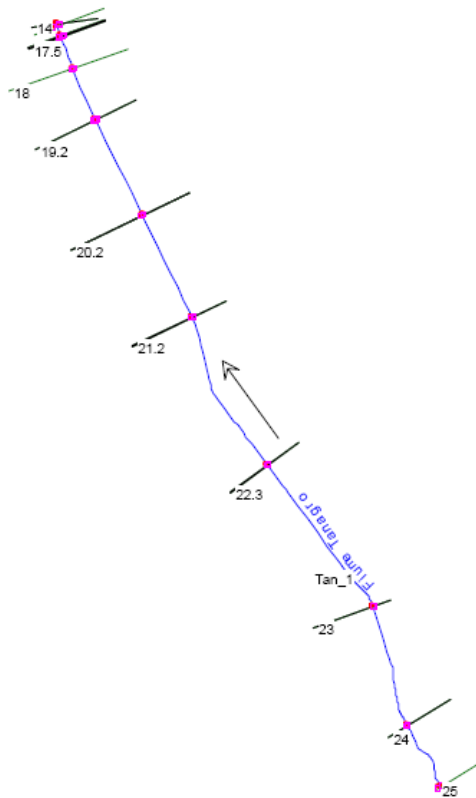


Figura 2.14 - Planimetria corso del fiume Tanagro nel Vallo di Diano con ubicate le sezioni.

3. STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO.

3.1. Metodologie per la valutazione della portata di progetto

Le opere connesse con la realizzazione dello svincolo di Sala Consilina interferiscono essenzialmente con il contro-fosso del fiume Tanagro (Valle Diano).

Per la valutazione della portata al colmo di piena necessaria al dimensionamento delle opere previste per il ripristino della continuità funzionale ed idraulica del detto colatore interferito sono in generale disponibili diversi metodi.

In generale, le soluzioni possibili dipendono da vari fattori; primi fra tutti, la disponibilità di dati osservati e la copertura spaziale della rete idrometeorologica. In relazione ai dati disponibili, sono possibili due percorsi:

1. l'analisi statistica dell'insieme delle osservazioni di portate e volumi di piena disponibili in una regione idrologica, la quale presenti caratteristiche di omogeneità in relazione al regime di piena;
2. l'analisi statistica delle osservazioni pluviometriche e la successiva trasformazione in probabilità delle portate e dei volumi di piena.

3.2. Stima della portata al colmo con tecniche di regionalizzazione statistica

In molti casi capita di dover stimare la portata di piena in siti fluviali sprovvisti di dati idrometrici adeguati a condurre elaborazioni statistiche che permettano un'analisi puntuale di frequenza delle piene. In questi casi è consigliabile utilizzare metodi di regionalizzazione statistica e, in particolare, quelli basati sul concetto di portata indice. Questi metodi stimano la portata al colmo in base alla relazione

$$Q_c = E[Q] \cdot K_T$$

dove con il simbolo $E[Q]$ si è indicata la portata indice, che rappresenta l'informazione relativa all'ordine di grandezza dell'evento temibile e solitamente viene assunto pari al valor medio delle portate al colmo massime annue, e con K_T il fattore di crescita delle portate, che rappresenta l'informazione relativa alla frequenza dell'evento e dipende dalla distribuzione di probabilità scelta per rappresentare la variabile aleatoria costituita dalla portata al colmo massima annuale.

La moderna metodologia della regionalizzazione statistica si basa sull'ipotesi di autosomiglianza statistica a livello di regione o zona omogenea. Essa comporta l'invarianza della distribuzione del massimo annuale della portata al colmo normalizzata rispetto ad un valore indice, rappresentato dal valore atteso o da quello del cosiddetto *L-moment*¹ di ordine zero (in pratica la media aritmetica). Per ogni zona omogenea o regione idrologica di piena è possibile stimare la *curva di crescita regionale*, $x_T = x(T)$ in base all'andamento della legge probabilistica che descrive la variabile $X = Q/E[Q]$, dove Q è la portata al colmo massima annuale e $E[Q]$ la portata indice.

Per identificare le regioni idrologiche di piena si possono utilizzare diverse tecniche, in modo da selezionare le aree omogenee all'interno dell'area vasta presa in esame. In caso di campioni di dimensioni modeste tratti da reti idrometriche relativamente lasche, si ottengono risultati soddisfacenti impiegando il criterio dell'invarianza di scala rispetto al bacino drenato. Curva di crescita del regime idrologico di piena

In base ad una consolidata esperienza d'impiego, in Italia le distribuzioni più adatte a rappresentare la portata massima annuale normalizzata X sono la GEV (distribuzione generalizzata del valore estremo) e la TCEV (distribuzione estrema a doppia componente esponenziale). La prima ha il vantaggio di presentare una coda che tende asintoticamente a un comportamento iperbolico, riscontrato nel comportamento estremo di numerosi fenomeni naturali. La seconda, invece, consente di descrivere modalità diverse nella genesi degli eventi estremi, associabili a fattori fisici differenti fra loro. A parità di prestazioni il modello GEV si presta ad un uso più immediato perché facilmente invertibile; in questa sede, però, si preferisce adottare il modello TCEV in quanto è quello adottato nell'ambito del *Progetto VAPI* del CNR – GNDCI².

Senza addentrarci nella descrizione dei modelli statistici adottati, per la quale si rimanda ai più moderni testi specialistici e alle opere citate in bibliografia³, si riporta l'espressione pratica del *fattore di crescita* calcolato in base alla distribuzione TCEV

$$K_T = \frac{1}{\eta} \cdot (\Theta^* \ln \Lambda^* + \ln \Lambda_1 + \Theta^* \ln T) \quad (3.6)$$

dove i parametri, da stimare in base alle osservazioni disponibili per la regione omogenea, per la Campania valgono

$$\Theta^* = 2.634$$

$$\Lambda^* = 0.350$$

$$\Lambda_1 = 13.00$$

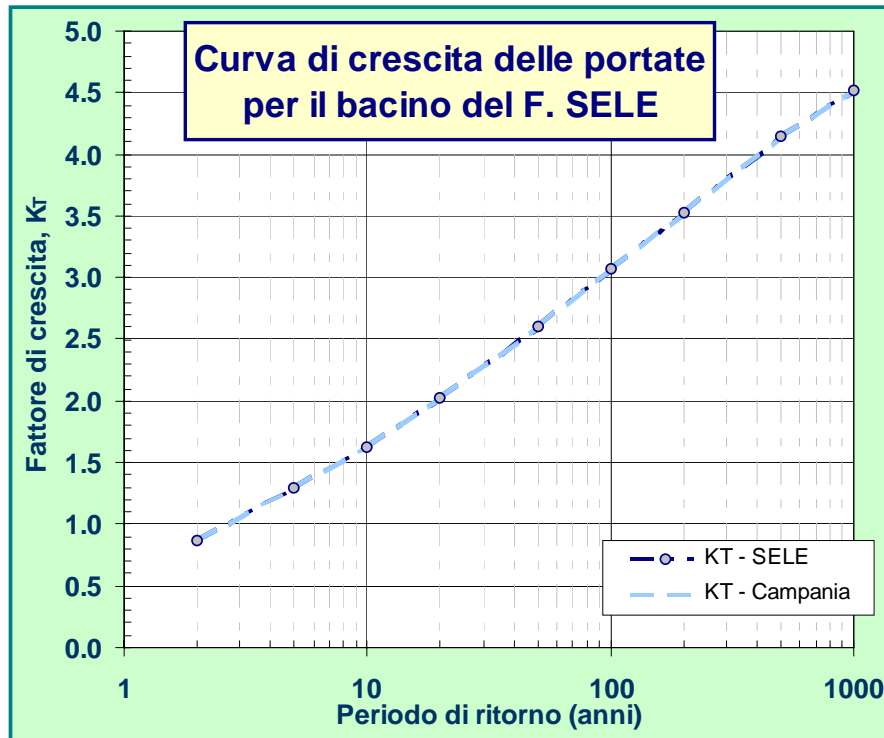
$$\eta = 3.901$$

Nell'ambito del citato Rapporto VAPI è stata condotta un'analisi specifica proprio per il bacino del F. Sele, che ha condotto alla stima dei valori di fattore di crescita, K_T , validi per l'intero bacino, per assegnati periodi di ritorno, e riportati in *Tabella 1*.

Tabella 1 - Fattore di crescita in frequenza delle portate (K_T) calcolato in base alla distribuzione TCEV, per assegnato periodo di ritorno (anni), stimato per il territorio del bacino del Sele.

	PERIODO DI RITORNO								
	2	5	10	20	50	100	200	500	1000
K_T	0.97	1.30	1.65	2.06	2.66	3.14	3.63	4.37	4.75

Figura 1 - Curva di crescita delle portate per i bacini del territorio campano confrontata con quella stimata per il territorio del bacino idrografico del F. Sele.



La stima della portata indice, nei casi in cui non si disponga di osservazioni idrometriche dirette, può essere condotta costruendo un modello che ponga in relazione alcune grandezze fisiche del bacino (superficie, pendenza, lunghezza asta principale, ecc.) con la portata indice, $E[Q]$.

Per la stima di quest'ultima si è fatto ricorso a modelli di regressione di tipo logaritmico: nell'ambito del *Progetto VAPI* è stato applicato un legame di regressione del tipo

$$\ln E[Q] = \ln a + b \ln A$$

corrispondente all'espressione monomia

$$E[Q] = a \cdot A^b$$

I valori dei parametri a e b , stimate alle sezioni del F. Sele, sono proposti in *Tabella 2*

Tabella 2 – Caratteristiche statistiche delle relazioni di regressione fra la portata indice $E[Q]$ (in m^3/s) e la superficie complessiva del bacino (in km^2):

		RELAZIONE	PARAMETRI		COEFFICIENTE DI CORRELAZIONE
			a	b	ρ^2_{corr}
1		$E[Q] = a \cdot A^b$	1.192 2	0.838 4	0.9029

La stima delle portate al colmo di fissata frequenza probabile, valutate attraverso i metodi di regionalizzazione sopradescritti è riportata per i colatori interferiti nella seguente tabella 3

VAPI - Parametri idrologici					VAPI - Portate al colmo di piena					
Bacino	Area	a	b	E(Q)	Q ₁₀₀	q ₁₀₀	Q ₂₀₀	q ₂₀₀	Q ₅₀₀	q ₅₀₀
(adim.)	(Km ²)	(adim.)	(adim.)	(mm)	(m ³ /s)	(m ³ /skm ²)	(m ³ /s)	(m ³ /skm ²)	(m ³ /s)	(m ³ /skm ²)
c. f. Tanagro	35.85	1.192	0.838	23.97	75.27	2.10	87.01	2.43	104.75	1.39

Tabella 3 – Metodo di Regionalizzazione - Portate e portate specifiche al colmo di fissato frequenza probabile

3.3. Stima della portata al colmo con metodo afflussi-deflussi

La stima della portata al colmo per siti sprovvisti di osservazioni dirette può essere condotta tramite un approccio del tipo afflussi-deflussi, basato cioè sulla trasformazione degli afflussi meteorici registrati o stimati sul bacino in deflussi alla sezione di interesse. La maggior diffusione di strumenti di misura delle piogge (pluviometri), infatti, consente molto spesso di disporre di serie storiche sufficientemente estese da permettere di effettuare questo tipo di stima.

Alla base di questo approccio vi è l'ipotesi che la portata al colmo ad assegnata frequenza venga prodotta da una pioggia caratterizzata dal medesimo periodo di ritorno: naturalmente questo non è sempre vero, dal momento che il processo fisico che regola la trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi di piena dipende da una serie di fattori, quali le condizioni iniziali del bacino, la morfologia, la distribuzione spazio-temporale dell'evento meteorico sul bacino, che difficilmente sono riproducibili in una modellazione matematica.

L'approccio classico è rappresentato dall'utilizzo della *formula razionale*, che consente di calcolare la portata al colmo di piena in base a una pioggia di intensità costante e durata corrispondente alla *durata critica del bacino*,

$$Q_c = A \cdot \Phi \cdot i(d_c, T, r)$$

dove A rappresenta la superficie del bacino, Φ il coefficiente di afflusso, $i(d_c, T, r)$ l'intensità di pioggia per assegnato periodo di ritorno, T , corrispondente alla durata critica d_c del bacino e ragguagliata alla superficie del bacino mediante il coefficiente r .

3.3.1. Analisi delle precipitazioni brevi e intense

Le previsioni dei nubifragi sono condotte valutando la sollecitazione meteorica temibile con assegnata frequenza, seguendo un'impostazione probabilistica o, meglio, stocastica. Infatti, la conoscenza del fenomeno delle precipitazioni e dei processi fisici di natura deterministica, che ne controllano la genesi e la dinamica, risulta tuttora abbastanza frammentaria e di limitata applicabilità, almeno in campo teorico.

La previsione statistica dei nubifragi comporta, in primo luogo, l'analisi del comportamento locale della pioggia nel tempo in termini globali. Analizzare il comportamento locale significa studiare il fenomeno in un punto dello spazio. Se in questo punto è localizzata una stazione di misura pluviometrica dotata di una serie di osservazioni sufficientemente lunga, l'analisi si basa sull'elaborazione statistica di tale serie. In caso contrario, l'informazione ottenuta dalle osservazioni nelle stazioni della rete pluviometrica viene estrapolata nello spazio allo scopo di fornire le informazioni sul sito in esame. Analizzare il comportamento globale del nubifragio significa valutare l'afflusso idrico complessivamente rovesciato sul sito in oggetto, durante un certo lasso di tempo, indipendentemente dalla variabilità del fenomeno stesso all'interno di questo intervallo temporale. Poiché il tasso di precipitazione varia nel tempo in modo assai marcato, l'afflusso idrico rilasciato dal nubifragio, in termini di volume specifico o tasso medio di precipitazione, varia notevolmente con la lunghezza dell'intervallo temporale considerato e bisogna, quindi, studiare la natura di tale variabilità. Le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica forniscono una risposta a tale necessità.

Per lo studio delle piogge brevi ed intense aventi incidenza sull'area in esame è stata applicata l'analisi statistica diretta sui campioni di pioggia desunti dagli Annali Idrologici

del Servizio Idrografico. La stazione dotata di pluviografo registratore più vicina all'area d'interesse sull'area è risultata quella di Sala Consilina.

Sono state pertanto acquisite le serie storiche delle precipitazioni relative alle durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore registrate al pluviografo.

Tali serie sono costituite dalle osservazioni dal 1928 al 1986, per complessive 30 serie di dati. I dati di pioggia disponibili relativi ai massimi annuali di durata caratteristica sono riportati nell'allegato A.

Piogge di durata superiore all'ora

La regolarizzazione dei dati di pioggia delle stazioni pluviometriche sopra riportate è stata svolta mediante elaborazione statistica con distribuzione di probabilità di Gumbel, espressa dalla legge seguente:

$$P(h) = e^{-e^{-\alpha(h-\beta)}}$$

dove

$$\alpha = 1,283/\sigma$$

$$\beta = M-0,577/\sigma$$

sono i parametri caratteristici della distribuzione valutati con il metodo dei momenti a partire dalla media M e dallo scarto quadratico medio σ del campione. Fissato il tempo di ritorno T dell'evento meteorico, legato alla probabilità di non superamento P

$$P = 1 - \frac{1}{T}$$

dall'espressione

si determinano, una volta calcolati i parametri α e β per ciascun campione di durata caratteristica, i corrispondenti quantili h , mediante esplicitazione della relazione precedentemente citata.

Per ciascun tempo di ritorno, le altezze massime di pioggia di fissata durata vengono interpolate con la legge caratteristica delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica espresse dalla relazione del tipo monomia a due parametri:

$$h_{Tr}(t) = a_{Tr} t^n$$

in cui:

- $h_{Tr}(t)$ è l'altezza di pioggia in mm caduta nell'intervallo t con tempo di ritorno Tr ;
- a_{Tr} è l'altezza della pioggia oraria t con tempo di ritorno Tr ;
- n è un esponente numerico.

Piogge di durata inferiori all'ora

La stazione pluviometrica analizzata non permette di effettuare un'analisi statistica significativa delle misure di pioggia di durata inferiore all'ora in quanto i campioni disponibili desunti dagli Annali Idrologici risultano in tal senso scarsamente numerosi.

Si è pertanto scelto di ricavare le massime altezze di pioggia di durata inferiore all'ora a partire dal dato disponibile delle altezze massime di durata oraria, prendendo a riferimento studi effettuati in altre località italiane. E' noto infatti da letteratura [Bell, 1969] che i rapporti r_δ tra le altezze di durata δ molto breve e l'altezza oraria sono relativamente poco dipendenti dalla località.

A partire dalla massima pioggia di durata oraria, si ricavano le corrispondenti altezze di pioggia di durata pari a frazioni di ora mediante l'utilizzo di un opportuno coefficiente correttivo, denominato nel seguito r_δ . Tale coefficiente può essere assunto sulla base delle indicazioni disponibili in letteratura tecnica e supportate da ricerche svolte su alcune stazioni di misura italiane appartenenti ad aree pluviometriche con diverse caratteristiche, in particolare i pluviografo di Roma Macao (riportati in "Sistemi di fognatura – Manuale di progettazione" del Centro Studi Deflussi Urbani).

Durata [minuti]	5	10	15	20	25	30
r_δ	0,278	0,435	0,537	0,632	0,709	0,758

Tab. 4 – Coefficienti riduttivi pluviografo di Roma Macao (Calenda et al., 1993)

3.3.2. Stima della durata critica

La durata critica di un bacino, d_c , è il tempo necessario affinché alla sezione di chiusura si osservi la portata massima in base alla pioggia di progetto scelta. Essa viene normalmente definita come

$$d_c = t_c + t_f \quad (3.22)$$

dove t_c rappresenta il tempo di corrivazione, definito come il tempo impiegato da una goccia di pioggia caduta nel punto estremo del bacino a giungere alla sezione di chiusura, mentre t_f rappresenta il tempo di ruscellamento, cioè il tempo trascorso dall'inizio della pioggia in cui effettivamente inizia lo scorrimento superficiale, dipendente dalla pioggia scelta e dalla durata critica.

In letteratura scientifica sono reperibili parecchie formule empiriche per la stima del tempo di corrivazione: in Italia è molto usata la formula di Giandotti, mentre negli Stati Uniti si utilizza la formula del Soil Conservation Service.

Nella successiva *Tabella 5* si riportano le espressioni delle formulazioni proposte, dove i simboli hanno il significato consueto.

Tabella 5- Formule empiriche per il calcolo del tempo di corrivazione (espresso in ore).

Formula del Soil Conservation Service	$t_c = 0.951918 \frac{L^{0.8} \cdot [(1000/CN) - 9]^{0.7}}{i_{\text{versante}}^{0.5}}$
Formula di Giandotti	$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m - h}}$

Il termine t_f sempre in base alla formulazione del Soil Conservation Service, è definito dall'espressione

$$t_f = \frac{I_a}{i(d_c)} \quad (3.23)$$

dove I_a rappresenta l'assorbimento iniziale e $i(d_c)$ l'intensità corrispondente alla durata critica.

Dal punto di vista metodologico la pioggia lorda, stimata puntualmente nel sito di interesse, deve essere ragguagliata alla superficie del bacino, in modo da poter essere

considerata distribuita uniformemente su tutta la superficie del bacino stesso. Tale operazione avviene attraverso l'utilizzo di formule empiriche che tentano di descrivere il legame fra l'altezza di pioggia puntuale (osservata al pluviometro) e quella areale o ragguagliata, imponendo che tale relazione dipenda dalla durata della pioggia, d , e dall'area del bacino, A , trascurando lecitamente (come emerso dalle evidenze sperimentale) il legame con il periodo di ritorno.

L'espressione utilizzata in Italia per il coefficiente di ragguaglio, r , è quella proposta da Moisello-Papiri⁴ (1986),

$$r = 1 - \exp\left\{-2.472 \cdot A^{-0.242} \cdot d^{[0.6 - \exp(-0.643 \cdot A^{0.235})]}\right\} \quad (3.24)$$

dove A rappresenta la superficie del bacino (km²) e d la durata della precipitazione (ore).

3.3.3. Depurazione delle perdite

Con il termine deflusso superficiale o precipitazione netta si intende quella parte della precipitazione meteorica che, non infiltrandosi nel suolo, scorre sulla superficie dei versanti fino al raggiungimento della rete idrografica e, attraverso questa, si propaga fino alla sezione di chiusura del bacino. Senza addentrarci sui processi che regolano l'infiltrazione dell'acqua nel terreno, in questa sede si ricorda che esistono due distinti meccanismi di formazione del deflusso superficiale, *hortoniano* e *dunniano*. Il meccanismo individuato da Horton (1933), si verifica quando l'intensità di pioggia, $p(t)$, supera la velocità di infiltrazione, $q(t)$, del suolo producendo un deflusso superficiale pari alla differenza fra il volume piovuto e capacità di assorbimento nell'unità di tempo. Il meccanismo individuato da Dunne (1978) è causato dalla saturazione degli strati superficiali per l'intercettazione del piano campagna da parte della superficie freatica dovuto ad un innalzamento della falda per il contributo combinato di acqua subsuperficiale e precipitazione meteorica.

Per quanto riguarda il calcolo della pioggia netta si può seguire il metodo del *Curve Number* proposto dal Soil Conservation Service del Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti⁵, in base al quale la pioggia netta si calcola con la seguente espressione

4

(derivata da un approccio di tipo hortoniano) dove h_{lorda} è la pioggia stimata per assegnata distribuzione di probabilità, S (in mm) rappresenta l'assorbimento del bacino, espresso dalla relazione

$$h_{netta} = \frac{(h_{lorda} - I)^2}{(h_{lorda} + S - I)} \quad (3.26)$$

Il valore di S dipende dal valore del parametro CN, caratteristico del terreno, attraverso

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

la relazione:

I valori del CN vengono normalmente determinati in funzione delle caratteristiche di permeabilità del terreno e dell'uso del suolo dello stesso.

Relativamente alla permeabilità, il Soil Conservation Service distingue quattro diversi tipi di suolo le cui caratteristiche vengono riportate nella tabella seguente.

TIPO DI SUOLO	DESCRIZIONE
A	<i>Scarsa potenzialità di deflusso</i> Compende forti spessori di sabbie con scarsissimo limo e argilla; anche forti spessori di ghiaie profonde e molto permeabili.
B	<i>Potenzialità di deflusso moderatamente bassa</i> Comprende la maggior parte degli strati sabbiosi meno spessi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità d'infiltrazione anche a saturazione.
C	<i>Potenzialità di deflusso moderatamente alta</i> Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità d'argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità d'infiltrazione a saturazione.
D	<i>Potenzialità di deflusso molto alta</i> Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.

Tabella 6. Classi di potenzialità di deflusso.

Con riferimento a condizioni standard di umidità del terreno agli inizi dell'evento di pioggia ("AMC", Antecedent Moisture Condition, di classe II) vengono riportati in

letteratura i valori del CN per i diversi usi del suolo possibili sul territorio di un bacino idrografico, come mostrato nella seguente tabella.

Tipo di copertura (uso del suolo):	Tipo di suolo			
	A	B	C	D
Terreno coltivato:				
senza trattamenti di conservazione	72	81	88	91
con interventi di conservazione	62	71	78	81
Terreno da pascolo:				
cattive condizioni	68	79	86	89
buone condizioni	39	61	74	80
Praterie:				
buone condizioni	30	58	71	78
Terreni boscosi o forestati:				
terreno sottile, sottobosco povero, senza foglie	45	66	77	83
sottobosco e copertura buoni	25	55	70	77
Spazi aperti, prati rasati, parchi:				
buone condizioni con almeno il 75% dell'area con copertura erbosa	39	61	74	80
condizioni normali, con copertura erbosa intorno al 50%	49	69	79	84
Aree commerciali (impermeabilità 85%)	89	92	94	95
Distretti industriali (impermeabilità 72%)	81	88	91	93
Aree residenziali (impermeabilità media %):				
65%	77	85	90	92
38%	61	75	83	87
30%	57	75	83	87
25%	54	70	80	85
20%	51	68	79	84
Parcheggi impermeabili, tetti	98	98	98	98
Strade:				
Pavimentate con cordoli - fognature	98	98	98	98
inghiaiate o selciate e con buche	76	85	89	91
in terra battuta (non asfaltate)	72	82	87	89

Tabella 7. CN per diverse tipologie di uso del suolo e potenzialità di deflusso.

Per condizioni antecedenti l'evento di precipitazione molto umide (AMC di classe III) o molto asciutte (AMC di classe I) i valori del parametro CN vanno modificati in relazione alle curve e tabelle sperimentali determinate dal Soil Conservation Service.

Per tali curve è stata determinata anche una funzione di interpolazione, per renderne

$$CN_{AMCI} = \frac{4.2CN}{10 - 0.058CN} \qquad CN_{AMCIII} = \frac{23CN}{10 + 0.13CN}$$

più agevole l'utilizzo.

La tabella seguente riporta i valori di conversione del CN dalle condizioni di classe AMC II alle classi AMC I e AMC III.

Classe AMC		
I	II	III
100	100	100
87	95	98
78	90	96
70	85	91
57	75	88
51	70	85
45	65	82
40	60	78
35	55	74
31	50	70
15	30	50
9	20	37
4	10	22
0	0	0

Tabella 8 - Tabella conversione CN per le differenti classi AMC.

Le condizioni di umidità antecedenti l'evento, secondo il Soil Conservation Service, possono essere ricavate sulla base della precipitazione complessivamente caduta nei 5 giorni precedenti l'evento considerato, secondo quanto riportato nella tabella seguente.

Classe di AMC	Precipitazione totale nei 5 giorni precedenti l'evento(mm)	
	<i>Stagione di riposo</i>	<i>Stagione di crescita</i>
I	< 12.7	< 35.5
II	12.7 - 28.0	35.5 - 53.3
III	> 28.0	> 53.3

Tabella 9. Classi AMC in funzione delle precipitazioni relative a 5 giorni antecedenti l'evento considerato.

Tramite l'utilizzo della procedura appena descritta sono stati stimati dapprima i parametri caratteristici del bacino ed valori del CN nelle condizioni AMC III (le più gravose).che vengono riportati nella seguente tabella

Caratteristiche morfologiche del bacino							
Denominazione	Area	L	Q _{max}	Q _{min}	DQ	DQ/L	Q _{med}
Corso d'acqua	(Km ²)	(m)	(m slm)	(m slm)	(m slm)	(m/m)	(m slm)
Controfosso f. Tanagro	35.9	10280.0	1400.00	455.00	945.0	0.09	841.9

Caratteristiche idrologiche del bacino							
Bacino	n	Kr	tc	CN II	CN III	S	I
(adim.)	(adim)	(m slm)	(h)	(m slm)	(adim)	(mm)	(mm)
c. f. Tanagro	0.34	0.70	1.50	72.600	85.90	41.68	8.34

Tabelle 10 e 10'– Caratteristiche morfologiche ed idrologiche del bacino

E' stato possibile, partendo dalla determinazione della durata critica, attraverso la quantificazione delle perdite con il CN, valutare le altezze nette, ragguagliate alle superfici dei bacini, che sono riportate nella seguente tabella

Pioggia lorda			Pioggia lorda ragguagliata			Pioggia netta ragguagliata					
h ₁₀₀	h ₂₀₀	h ₅₀₀	h ₁₀₀	h ₂₀₀	h ₅₀₀	h ₁₀₀	ϕ ₁₀₀	h ₂₀₀	ϕ ₂₀₀	h ₅₀₀	ϕ ₅₀₀
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(adim)	(mm)	(adim)	(mm)	(adim)
48,36	52,90	58,88	33,49	36,63	40,78	9,47	0,20	11,44	0,31	14,20	0,35

Tabella 11 – Altezze di pioggia critica lorda, lorda e netta ragguagliate

E quindi valutare, mediante la formula razionale, le portate e le portate specifiche al colmo di fissata frequenza probabile, riportate nella seguente tabella:

Portate al colmo di piena					
Q ₁₀₀	q ₁₀₀	Q ₂₀₀	q ₂₀₀	Q ₅₀₀	q ₅₀₀
(m ³ /s)	(m ³ /skm ²)	(m ³ /s)	(m ³ /skm ²)	(m ³ /s)	(m ³ /skm ²)
67,35	1,88	81,40	2,27	101,02	2,82

Tabella 12 – Portate e portate specifiche al colmo di fissata frequenza probabile

Come risulta dal confronto tra la tabella 3 e la tabella 12 i due metodi di stima delle portate al colmo di fissata frequenza conducono a risultati molto simili tra loro. Vengono pertanto assunti come valori di portate di progetto, ai fini della dimensionamento e verifica preliminare delle opere, i valori, leggermente superiori, derivanti dall'applicazione del metodo di regionalizzazione, caratterizzati da un tempo di ritorno di duecento anni, riportati in tab.3

3.4. Opere di attraversamento

Per il ripristino della funzionalità idraulica del reticolo idrografico interferito sono state pertanto sono state previste le opere riportate nel seguente prospetto:

Denominazione	Opera di
Corso d'acqua	attraversamento
Controfosso f. Tanagro	Ponte (l=25 m)

Tabella 13 – Opere di attraversamento

I criteri di progetto seguiti nel dimensionamento preliminare delle opere di attraversamento consistono essenzialmente in:

- assicurare con un periodo di ritorno di 200 anni la sicurezza dell'infrastruttura stradale.

- garantire l'assenza di rigurgiti sia in corrispondenza delle portate di modellamento che in quelle delle portate di progetto;

Nel dimensionamento delle opere si è cercato di non determinare restringimenti significativi delle sezioni del corso d'acqua verificando che i massimi livelli per l'evento di progetto garantiscano comunque un franco di 1 m.

In questa fase progettuale, in relazione alle livello di dettaglio dei dati disponibili, le verifiche sono state effettuate nell'ipotesi di moto uniforme con riferimento sia alle condizioni attuali che a quelle di progetto.

Le scale di deflusso in moto uniforme sono state calcolate utilizzando l'espressione di Chezy:

$$V = K\sqrt{Ri}$$

e l'equazione di continuità

$$Q = \sigma V$$

dove K, il coefficiente di scabrezza, è stato valutato secondo la formula di Strickler:

$$K = k_s R^{1/6}$$

Si è ottenuto:

$$Q = k_s \times R^{2/3} \times i^{1/2} \times \sigma$$

dove:

Q , la portata in m^3/s ;

R , il raggio idraulico in metri;

σ , la sezione idraulica in m^2 ;

i , la pendenza;

k_s , il coefficiente di scabrezza in $m^{1/2}s^{-1}$, posto pari a 70 per rivestimenti in cls, pari a 45 per rivestimenti in gabbioni e materassi metallici e pari a 30 nel caso di fossi naturali

Il calcolo della portata critica è stato valutato con la relazione:

$$V_c / (\sqrt{g \times \sigma_c / L}) = 1$$

con L pari alla lunghezza della sezione equivalente alla rettangolare.

La portata critica risulta pari a

$$Q_c = V_c \sigma = \sigma \times \sqrt{g \frac{A}{L}}$$

Il carico idraulico totale H viene calcolato con l'espressione:

$$H = h + \alpha \times \frac{V^2}{2g}$$

Dove h risulta l'altezza idrica e α il coefficiente di Coriolis assunto pari a uno.

Nella prospetto seguente sono sintetizzati i risultati delle verifiche idrauliche effettuate sulle opere di attraversamento.

Tabella 14 – Verifiche idrauliche di dimensionamento preliminare delle opere di attraversamento

Caratteristiche dell' opera di attraversamento					Verifica opera			
Opera d'attraversamento	Portata Qmax m ³ /s	aperture n.	Dimensioni Luce m		Inlet control			
					Carico idraulico m	Velocità m/s	quota estradosso m	Franco m
Ponte (L=30 m)	87.0	1	18.00	x	2.00	2.37	3.00	1.00

3.5. Idraulica di Piattaforma

Nel presente paragrafo si fornisce una descrizione delle opere di drenaggio della piattaforma stradale, fornendo gli elementi e i criteri utili per il corretto dimensionamento e verifica delle stesse.

Gli schemi della rete di smaltimento sono stati studiati per consentire lo scarico a gravità delle acque di drenaggio verso i recapiti finali costituiti prevalentemente dal controfosso del fiume Tanagro.

Per quanto riguarda il dimensionamento preliminare del drenaggio delle acque di piattaforma, la sollecitazione meteorica da assumere alla base del progetto è quella corrispondente ad un tempo di ritorno pari a 25 anni; per essa si dovrà verificare che

tutti gli elementi idraulici di drenaggio raggiungano un grado di riempimento massimo compatibile con la funzione svolta.

I criteri progettuali da rispettare sono i seguenti:

- mantenimento della sicurezza sul piano viario anche in caso di apporti meteorici eccezionali;
- protezione dall'erosione dei rilevati e delle opere d'arte che possono essere interessate dal deflusso della corrente di piena;
- protezione dall'erosione e mantenimento della sicurezza a valle dei recapiti della rete di drenaggio.

3.5.1. Stima delle portate di progetto

Per un dimensionamento preliminare della rete di drenaggio occorre preventivamente definire, sulla base degli elementi idrologici, idraulici e geometrici disponibili, le portate generate da un evento meteorico, di preassegnata frequenza probabile, assunto come sollecitazione di progetto.

Come già illustrato in precedenza, le ipotesi alla base del progetto sono quelle di considerare un evento corrispondente ad un tempo di ritorno pari a 25 anni e proporzionare la rete di drenaggio in modo che tutti gli elementi della rete raggiungano un grado di riempimento accettabile.

Per la valutazione delle massime portate, affluenti nelle tubazioni e nelle canalizzazioni dei diversi tronchi del sistema di drenaggio, è stata utilizzata la formula, derivata dal metodo razionale:

$$Q_p = \frac{\phi_c \times b_c + \phi_s \times b_s + \phi_e \times b_e}{3600} \times L \times i_c \quad (l/s)$$

in cui:

- Q_p = portata massima di pioggia (l/s) ($T_r=25$ anni)
- ϕ_c = 0.9 coefficiente di deflusso della piattaforma stradale (adim.);
- ϕ_s = 0.5 coefficiente di deflusso delle scarpate (adim.);

- $\phi_e = 0.4$ coefficiente di deflusso delle aree esterne (adim.);
- bc = larghezza della piattaforma stradale (m²);
- bs = larghezza della scarpata stradale (m²);
- be = larghezza della fascia esterna (m²);
- L = lunghezza tratto (m);
- I_c = intensità della pioggia critica (mm/h) ($T_r=25$ anni, $T_c= 5$ minuti).

Per il calcolo dell'intensità di pioggia si fa riferimento alla legge precipitazione-durata-frequenza (HDF) del tipo monomia:

$$h(\text{mm}) = a t^n$$

e quindi

$$i(\text{mm/h}) = h/t = a t^{n-1}$$

dove:

- t è la durata della pioggia critica;
- a è coefficiente della curva di possibilità climatica che per un tempo di ritorno di 25 anni per la stazione pluviometrica Sala Consilina è pari a 35.0 mm/h
- n è l'esponente della curva di possibilità climatica che per un tempo di ritorno di 25 anni per la stazione pluviometrica Sala Consilina è pari a 0.515

Pertanto considerando un tempo di pioggia pari al tempo di corrivazione minimo, assunto quest'ultimo pari a 10 minuti, si ottiene rispettivamente per I_c , intensità della pioggia critica:

$$i(5') = a t^{n-1} = 35.0 (5/60)^{0.51-1} = 116,8 \text{ mm/h}$$

Nel seguente prospetto sono riportati, con riferimento al tempo di ritorno di 25 anni, I diversi contributi unitari delle diverse superfici, cioè le portate riferite alla superficie unitaria (ettaro).

CALCOLO CONTRIBUTI UNITARI		
Tipologia	ϕ	q
Superficie	(adm.)	(l/sec ha)
Piattaforma	0.9	292.0
Scarpate	0.5	162.2
Aree esterne	0.2	64.9

Tabella 15 – Calcolo dei contributi unitari delle diverse superfici

3.5.2. Opere di drenaggio

Nel seguito vengono descritte le principali tipologie di opere di drenaggio, in relazione alle sezioni stradali.

Sezioni in rilevato

Le acque meteoriche vengono raccolte in corrispondenza dei margini della carreggiata ed attraverso le discenderie in embrici, trovano recapito nei fossi di guardia rivestiti in cls collocati al piede dei rilevati. La geometria del fosso è di tipo trapezoidale, con larghezza di base ed altezza pari a 50 cm e sponde aventi pendenza pari a 1/1. Gli embrici vengono sistemati lungo le scarpate ad interasse di 20-25 m metri nei tratti rettilinei ed opportunamente infittiti nei tratti in curva lungo le rampe.

Sezioni in viadotto

Le acque meteoriche vengono attraverso le caditoie, disposte ad interasse di 8-12 m, lungo i margini della carreggiata ed attraverso, idonei discendenti, vengono recapitate in un collettore longitudinale, ancorato alle strutture dell'impalcato, che provvede a convogliare i drenaggi al piede delle pile o in corrispondenza delle spalle, dove trovano recapito nei fossi di guardia.

Sezioni in trincea

Nei tratti al piede delle trincee è prevista l'esecuzione, in fregio alla pavimentazione stradale, di cunette alla francese in cls di larghezza di fondo 1.0 m, con eventuale sottostante tubazione di collettamento.

Le acque raccolte dalla cunetta, saranno trasferite per mezzo di caditoie poste ad interasse di 25 m, protette da griglie carrabili in ghisa sagomate come la stessa

cunetta, alla sottostante tubazione di allontanamento in cls. Per i particolari costruttivi dei pozzetti di raccolta si rimanda ai relativi allegati grafici.

3.5.3. Verifiche idrauliche preliminari delle opere di drenaggio

La verifica di un idoneo dimensionamento delle canalizzazioni di drenaggio è stato effettuato, facendo riferimento alle condizioni di moto uniforme, attraverso la relazione di Chezy:

$$V = K \times R_i^{2/3} \times J^{1/2}$$

in cui:

- V= velocità media del flusso (m/s)
- K= coefficiente di scabrezza di Gaucker - Strickler ($m^{1/3}/s$)
- R_i = raggio idraulico (m), rapporto tra sezione idraulica $A(m^2)$ e contorno bagnato $C(m)$;
- J = pendenza longitudinale (m/m)

associata all'equazione di continuità:

$$Q_p = V \times A$$

ove:

- Q_p = portata (m^3/s)
- A = area bagnata (m^2).

Per quanto riguarda i valori dei coefficienti di scabrezza è stato assunto:

- $K=60 m^{1/3}/s$ per le canalizzazioni aperte in C.A.
- $K=70 m^{1/3}/s$ per le per le tubazioni.

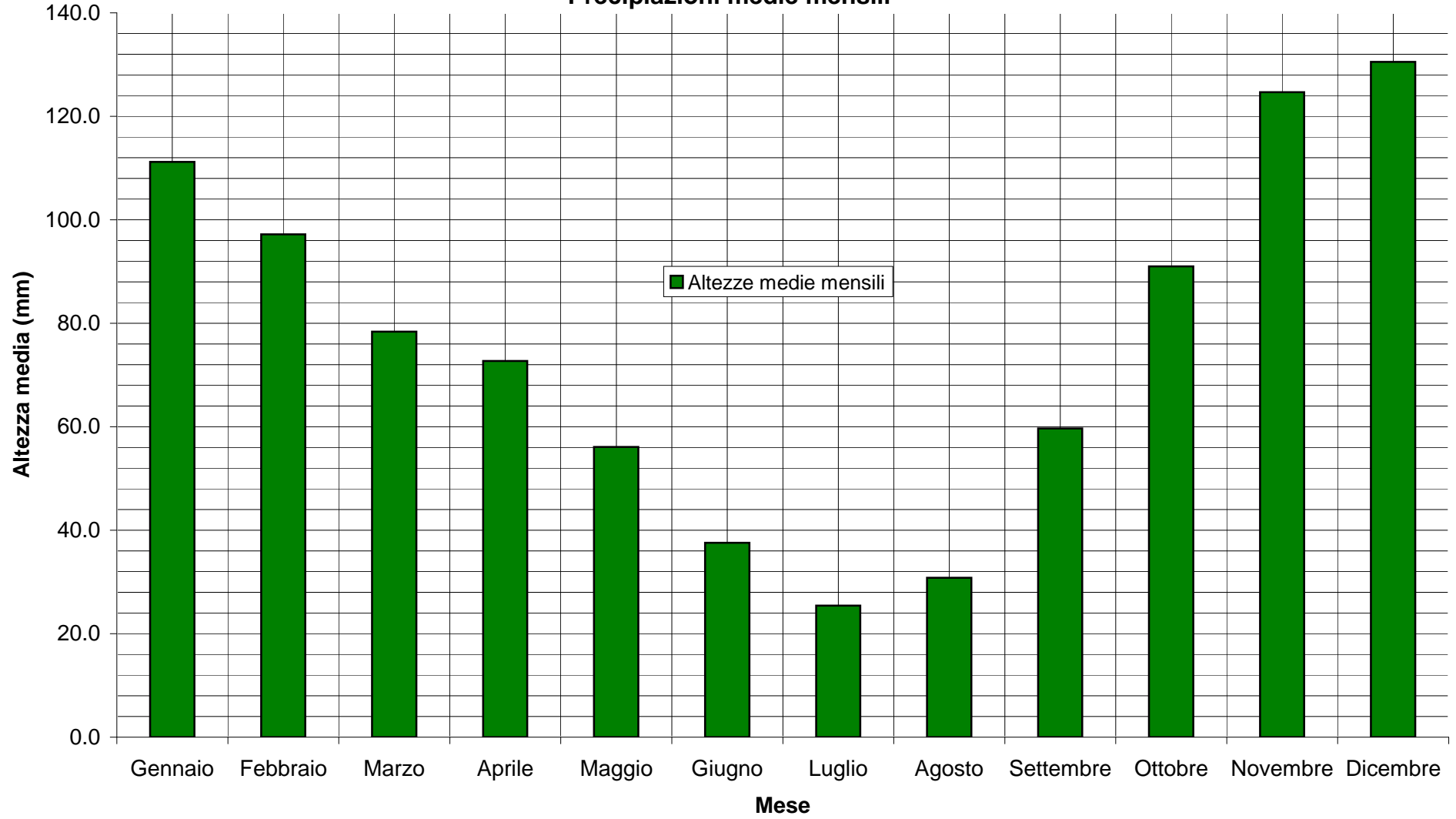
Sulla base della stima delle portate di progetto prima evidenziate, e della geometria prevista per canalette, fossi di guardia e collettori, sono stati preliminarmente verificati gli elementi di drenaggio secondo i criteri illustrati.

ALLEGATO A
ELABORAZIONI PLUVIOMETRICHE

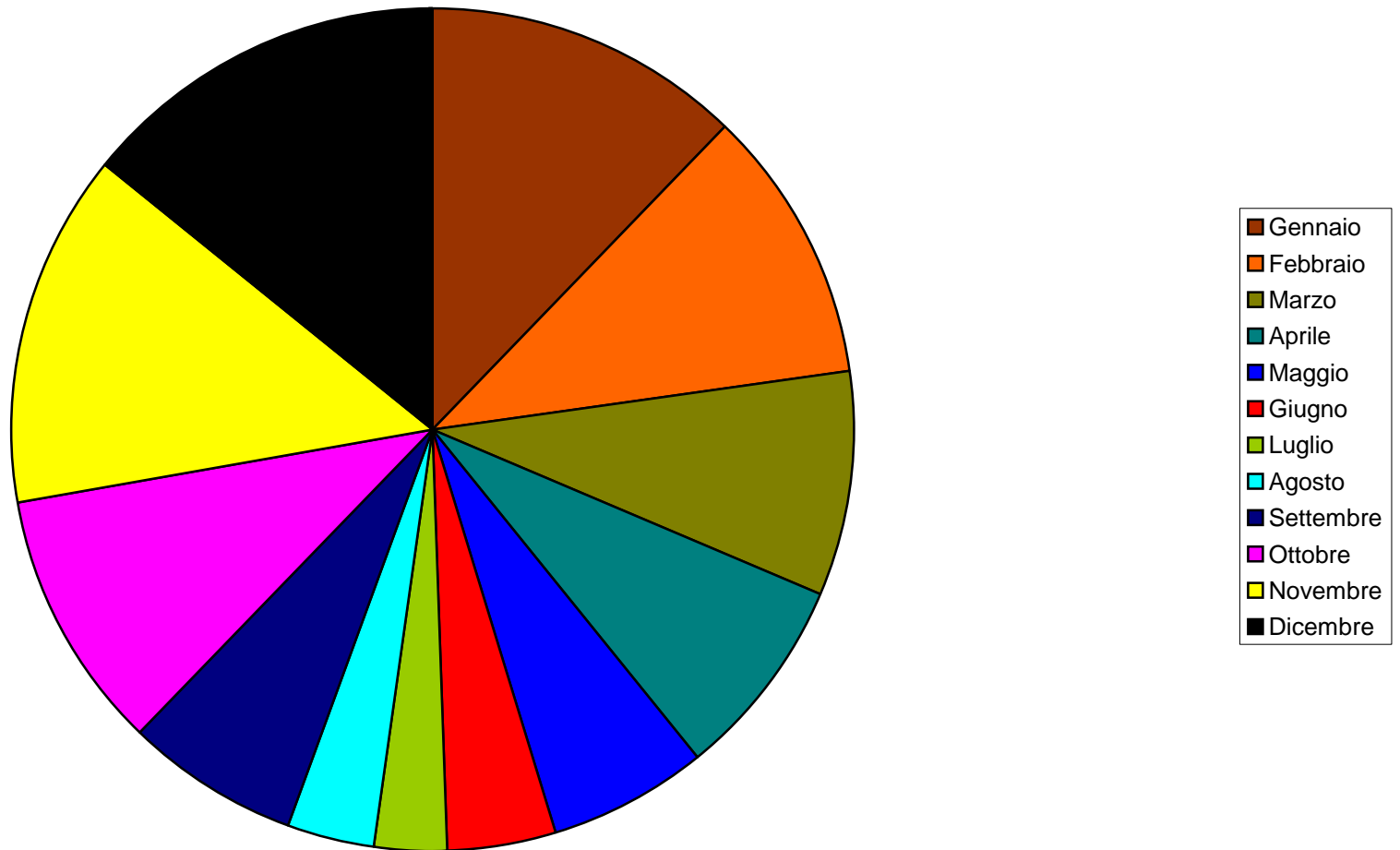
ALLEGATO B
ELABORAZIONI IDROLOGICHE

ALLEGATO A
ELABORAZIONI PLUVIOMETRICHE

Sala Consilina
Precipitazioni medie mensili



Sala Consilina - Distribuzione precipitazioni medie



Serie storica delle piogge medie mensili - mENSILI

STAZIONE	SALA CONSILINA
COMUNE	Sala Consilina (Sa)
BACINO	Sele (Tanagro)
QUOTA	580 (mslm)
LONG.	3°09'
LAT.	40°23'

PIOGGE MEDIE MENSILI

ANNO	Gennai	Febbrai	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembr	Ottobre	Novembre	Dicembre	TOT.
1921													
1922													
1923													
1924													
1925													
1926													
1927													
1928	115.0	93.0	158.0	43.0	80.0	0.0	37.0	6.0	91.0	86.0	135.0	180.0	1024.0
1929	195.0	90.0	32.0	118.0	66.0	42.0	0.0	83.0	28.0	121.0	304.0	41.0	1120.0
1930	121.0	136.0	78.0	95.0	53.0	54.0	0.0	8.0	34.0	106.0	80.0	220.0	985.0
1931	150.3	168.7	93.4	117.8	16.3	0.2	0.0	0.0	70.2	34.0	222.9	55.6	929.4
1932	31.2	92.8	102.7	64.4	16.1	25.0	26.2	44.8	29.7	44.4	87.6	45.4	610.3
1933	131.7	177.7	58.6	103.1	71.9	27.6	0.0	20.4	55.4	82.7	206.7	351.1	1286.9
1934	51.6	95.0	98.6	73.4	122.9	80.5	10.3	6.8	67.9	73.3	130.8	55.3	866.4
1935	180.4	134.4	89.5	34.5	18.6	14.2	41.5	12.4	6.7	140.3	182.0	200.0	1054.5
1936	45.3	113.9	110.6	88.2	90.5	76.3	0.0	24.2	69.2	124.9	43.7	71.3	858.1
1937	50.4	97.1	118.3	83.4	105.4	20.9	37.8	73.2	163.6	68.4	103.7	182.5	1104.7
1938	138.3	138.6	14.2	105.3	87.6	9.8	28.3	31.3	20.8	60.6	27.1	134.4	796.3
1939	82.3	34.1	200.3	32.1	229.4	55.7	0.0	23.6	174.0	129.3	50.3	158.9	1170.0
1940	242.0	72.0	32.0	76.0	65.0	98.0	9.0	27.0	15.0	183.0	52.0	172.0	1043.0
1941	170.0	207.0	22.0	70.0	71.0	26.0	18.0	4.0	25.0	111.0	124.0	61.0	909.0
1942	173.0	153.0	96.0	31.0	21.0	102.0	34.0	8.0	10.0	23.0	70.0	119.0	840.0
1943	117.4	59.7	33.6	44.5	27.7	36.3	3.0	13.1					
1944													
1945	259.0	12.7	8.0	20.5	7.0	16.0	6.0	18.6	136.0	40.0	199.5	146.2	869.5
1946	66.8	24.7	74.3	30.4	24.1	13.0	7.0	15.6	0.0	156.7	174.9	177.9	765.4
1947	138.8	125.9	94.1	39.0	79.4	2.0	53.9	47.1	103.0	30.5	42.4	106.4	862.5
1948	74.0	34.4	0.0	65.0	74.1	25.3	29.6	4.9	96.4	77.4	67.1	15.1	563.3
1949	45.6	4.5	30.1	10.3	20.5	21.9	34.6	20.0	33.3	28.5	167.8	105.0	522.1
1950	65.1	57.2	59.2	84.2	45.0	15.6	4.7	5.8	64.4	78.9	70.9	203.3	754.3
1951	85.8	96.5	127.2	4.8	47.0	1.2	5.3	2.2	71.0	38.8	154.1	53.0	686.9
1952	74.4	56.2	22.6	40.6	34.8	0.0	46.8	27.0	103.3	70.9	129.6	158.7	764.9
1953	78.5	82.0	3.6	81.2	63.0	50.9	0.0	72.5	87.6	73.6	27.4	73.7	694.0
1954	221.5	173.7	76.3	66.7	101.5	17.0	11.5	2.1	1.8	40.7	171.5	65.4	949.7
1955	81.3	132.2	67.2	32.6	11.5	53.8	36.6	9.8	193.9	112.5	63.0	31.7	826.1
1956	50.2	230.2	49.4	40.5	62.6	23.9	6.0	7.5	8.1	85.8	208.1	83.6	855.9
1957	140.4	36.1	23.5	61.4	124.3	7.7	18.6	53.7	33.6	88.9	98.3	89.6	776.1
1958	132.1	111.2	155.2	126.3	42.4	13.4	4.2	0.0	38.5	66.4	132.8	108.8	931.3
1959	131.6	4.8	50.8	43.6	88.4	34.1	36.7	38.8	84.9	114.0	85.7	127.2	840.6
1960	107.8	78.5	118.9	97.4	42.1	27.4	21.8	0.0	46.4	131.3	144.2	194.3	1010.1
1961	166.2	42.6	45.8	134.0	56.0	102.8	35.4	56.0	14.0	229.4	166.8	95.0	1144.0
1962	74.0	58.2	157.8	60.6	21.2	59.8	14.0	2.0	55.0	39.6	231.8	169.4	943.4
1963	156.8	281.2	108.2	55.2	84.4	24.0	148.6	43.2	41.2	148.0	94.2	178.6	1363.6
1964	7.4	35.6	119.0	82.6	61.6	92.4	55.0	30.4	65.4	261.4	114.2	198.4	1123.4
1965	111.6	101.2	66.8	137.0	4.8	10.8	1.0	52.8	129.4	22.0	257.6	130.2	1025.2
1966	365.2	68.0	31.4	98.6	114.4	54.0	25.8	8.2	81.6	156.2	237.0	228.6	1469.0
1967	136.0	49.2	33.4	147.6	18.2	48.0	46.4	21.2	76.0	3.4	53.0	178.8	811.2
1968	145.6	33.1	21.0	2.4	64.8	85.6	12.8	92.6	38.8	32.8	296.2	241.6	1067.3
1969	82.6	117.8	128.6	88.2	30.0	109.2	29.4	83.0	144.0	14.4	116.0	354.2	1297.4
1970	134.8	141.6	208.2	37.0	30.6	62.8	34.8	23.0	45.2	93.0	95.6	129.0	1035.6
1971	147.2	116.4	167.4	105.8	47.4	28.4	70.4	5.8	99.4	83.4	232.4	51.6	1155.6
1972	161.6	128.4	39.8	105.0	44.8	2.0	69.8	41.8	115.4	103.2	44.4	118.2	974.4
1973	95.0	162.4	121.2	98.6	17.0	21.6	11.6	54.4	61.0	26.6	53.4	267.4	990.2
1974	54.0	182.2	82.6	168.8	132.2	18.6	16.8	71.0	82.0	215.8	110.2	82.2	1216.4
1975	31.8	74.2	72.6	57.2	73.4	24.0	23.4	85.0	9.6	131.6	179.6	111.4	873.8
1976	72.4	51.6	91.6	93.2	115.0	162.8	68.4	38.8	47.2	156.8	385.0	198.4	1481.2
1977	110.6	50.6	31.0	29.2	21.2	42.6	0.0	26.4	64.0	32.8	131.6	112.4	652.4
1978	242.1	128.8	231.6	177.6	103.8	44.0	0.0	73.4	57.6	114.6	111.8	115.0	1400.3
1979													
1980													
1981	141.8	112.0	26.4	58.0	56.4	22.2	26.8	51.6	25.8	146.4	42.4	236.0	945.8
1982	20.4	58.6	143.4	28.2	39.4	18.8	9.6	31.4	37.6	130.8	37.8	142.4	698.4
1983	15.4	126.8	50.0	33.0	15.0	35.2	58.8	57.6	16.6	85.2	59.6	104.6	657.8
1984	96.4	124.6	80.8	95.8	47.8	12.4	12.2	52.2	57.8	51.6	111.4	37.2	780.2
1985	100.6	57.6	149.4	77.6	24.2	9.0	0.0	7.4	9.2	89.8	177.6	10.6	713.0
1986	108.8	168.8	67.6	28.4	39.0	25.0	36.6	26.6	30.6	39.2	46.4	55.8	672.8
1987	151.4	167.6	33.0	34.0	50.0	34.8	48.6	6.0	15.2		77.2		
1988	102.0		121.4	30.8	23.8	24.8	0.0	16.0	88.8	56.2	96.2	64.2	
1989	1.6	88.4	42.4	80.0	23.4	78.6	46.0	48.4		106.2	53.2	103.2	
1990	28.4	15.0	53.0	101.6	30.2	1.4	59.6		37.2	91.0	75.6	172.4	
1991	33.4	54.2	15.6	152.0	46.0	21.2	31.0	21.4	12.2	83.8	134.8	28.0	633.6
1992	51.4	7.4	20.6	86.2	31.4	60.8	15.8	41.8			23.6		
1993													
1994													
1995													
1996													
MEDIA	111.2	97.2	78.4	72.7	56.1	37.6	25.4	30.8	59.7	91.0	124.7	130.5	935.6
SCARTO	67.5	58.7	53.9	40.5	39.7	33.0	25.8	25.5	44.7	54.3	77.2	75.9	227.1
C.VAR.	0.61	0.60	0.69	0.56	0.71	0.88	1.01	0.83	0.75	0.60	0.62	0.58	0.24
N. OSS.	62	61	62	62	62	62	62	61	59	59	61	59	56

Gennai	Febbrai	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembr	Ottobre	Noveml	Dicembre
111.2	97.2	78.4	72.7	56.1	37.6	25.4	30.8	59.7	91.0	124.7	130.5
30	58	89	119	150	180	211	242	272	303	334	365

STAZIONE PLUVIOMETRICA DI SALA CONSILINA

QUOTA STAZIONE 580 (mslm)

Latitudine 40°23'

Longitudine 3°09'

ANNO	1h	3h	6h	12h	24h
1928	18.2	24.2	33.3	52.0	63.1
1929	24.0	69.0	70.0	93.0	93.2
1930	14.0	24.5	42.0	50.0	78.0
1931	21.5	43.5	59.0	65.7	66.8
1932					
1933	15.5	25.0	29.0	38.3	55.5
1934					
1935					
1936					
1937					
1938					
1939					
1940					
1941					
1942					
1943					
1944	14.0	20.0	36.0	45.0	45.0
1945					
1946	19.3	23.3	36.8	48.9	58.4
1947					
1948	15.4	33.5	34.0	34.4	44.0
1949					
1950					
1951	11.3	17.8	22.0	33.0	38.0
1952					
1953	20.8	22.5	30.3	30.3	34.3
1954	10.0	23.0	31.5	40.5	49.0
1955	19.7	28.7	29.0	30.0	35.0
1956	12.0	18.0	28.0	30.7	40.0
1957	21.0	26.5	26.5	34.5	44.5
1958	10.0	14.5	20.4	40.0	50.5
1959					
1960	14.0	16.0	23.0	40.0	50.0
1961	29.0	30.0	50.0	63.0	86.0
1962	15.2	29.2	40.0	45.0	48.0
1963	32.0	48.0	52.6	52.6	57.2
1964	30.0	43.6	49.0	78.0	92.0
1965	24.2	29.0	33.0	44.6	54.0
1966					
1967					
1968	27.0	49.0	57.0	80.0	133.4
1969	43.0	54.0	54.0	68.0	62.2
1970	15.2	29.0	32.0	38.0	52.0
1971					
1972					
1973					
1974					
1975					
1976					
1977					
1978					
1979					
1980					
1981	33.0	33.0	35.0	47.0	50.0
1982	12.2	20.0	32.0	53.4	59.6
1983	16.4	23.0	25.0	33.0	42.8
1984	15.0	21.0	26.0	32.0	35.2
1985	14.6	24.0	33.2	38.0	38.4
1986	16.0	25.2	25.2	25.2	35.6

STAZIONE PLUVIOMETRICA DI SALA CONSILINA

CURVE DI CASO CRITICO Atezza h(mm) - Durata t (h)

CASO	DURATA (h)				
	1	3	6	12	24
1	43.0	69.0	70.0	93.0	133.4
2	33.0	54.0	59.0	80.0	93.2
3	32.0	49.0	57.0	78.0	92.0
4	30.0	48.0	54.0	68.0	86.0
5	29.0	43.6	52.6	65.7	78.0
6	27.0	43.5	50.0	63.0	66.8
7	24.2	33.5	49.0	53.4	63.1
8	24.0	33.0	42.0	52.6	62.2
9	21.5	30.0	40.0	52.0	59.6
10	21.0	29.2	36.8	50.0	58.4
11	20.8	29.0	36.0	48.9	57.2
12	19.7	29.0	35.0	47.0	55.5
13	19.3	28.7	34.0	45.0	54.0
14	18.2	26.5	33.3	45.0	52.0
15	16.4	25.2	33.2	44.6	50.5
16	16.0	25.0	33.0	40.5	50.0
17	15.5	24.5	32.0	40.0	50.0
18	15.4	24.2	32.0	40.0	49.0
19	15.2	24.0	31.5	38.3	48.0
20	15.2	23.3	30.3	38.0	45.0
21	15.0	23.0	29.0	38.0	44.5
22	14.6	23.0	29.0	34.5	44.0
23	14.0	22.5	28.0	34.4	42.8
24	14.0	21.0	26.5	33.0	40.0
25	14.0	20.0	26.0	33.0	38.4
26	12.2	20.0	25.2	32.0	38.0
27	12.0	18.0	25.0	30.7	35.6
28	11.3	17.8	23.0	30.3	35.2
29	10.0	16.0	22.0	30.0	35.0
30	10.0	14.5	20.4	25.2	34.3

STAZIONE PLUVIOMETRICA DI SALA CONSILINA

CURVE DI CASO CRITICO Intensita' i(mm/h) - Durata t (h)

CASO	DURATA (h)				
	1	3	6	12	24
1	43.0	23.0	11.7	7.8	5.6
2	33.0	18.0	9.8	6.7	3.9
3	32.0	16.3	9.5	6.5	3.8
4	30.0	16.0	9.0	5.7	3.6
5	29.0	14.5	8.8	5.5	3.3
6	27.0	14.5	8.3	5.3	2.8
7	24.2	11.2	8.2	4.5	2.6
8	24.0	11.0	7.0	4.4	2.6
9	21.5	10.0	6.7	4.3	2.5
10	21.0	9.7	6.1	4.2	2.4
11	20.8	9.7	6.0	4.1	2.4
12	19.7	9.7	5.8	3.9	2.3
13	19.3	9.6	5.7	3.8	2.3
14	18.2	8.8	5.6	3.8	2.2
15	16.4	8.4	5.5	3.7	2.1
16	16.0	8.3	5.5	3.4	2.1
17	15.5	8.2	5.3	3.3	2.1
18	15.4	8.1	5.3	3.3	2.0
19	15.2	8.0	5.3	3.2	2.0
20	15.2	7.8	5.1	3.2	1.9
21	15.0	7.7	4.8	3.2	1.9
22	14.6	7.7	4.8	2.9	1.8
23	14.0	7.5	4.7	2.9	1.8
24	14.0	7.0	4.4	2.8	1.7
25	14.0	6.7	4.3	2.8	1.6
26	12.2	6.7	4.2	2.7	1.6
27	12.0	6.0	4.2	2.6	1.5
28	11.3	5.9	3.8	2.5	1.5
29	10.0	5.3	3.7	2.5	1.5
30	10.0	4.8	3.4	2.1	1.4

STAZIONE PLUVIOMETRICA DI SALA CONSILINA
CARATTERISTICHE STATISTICHE DELLA SERIE a_i

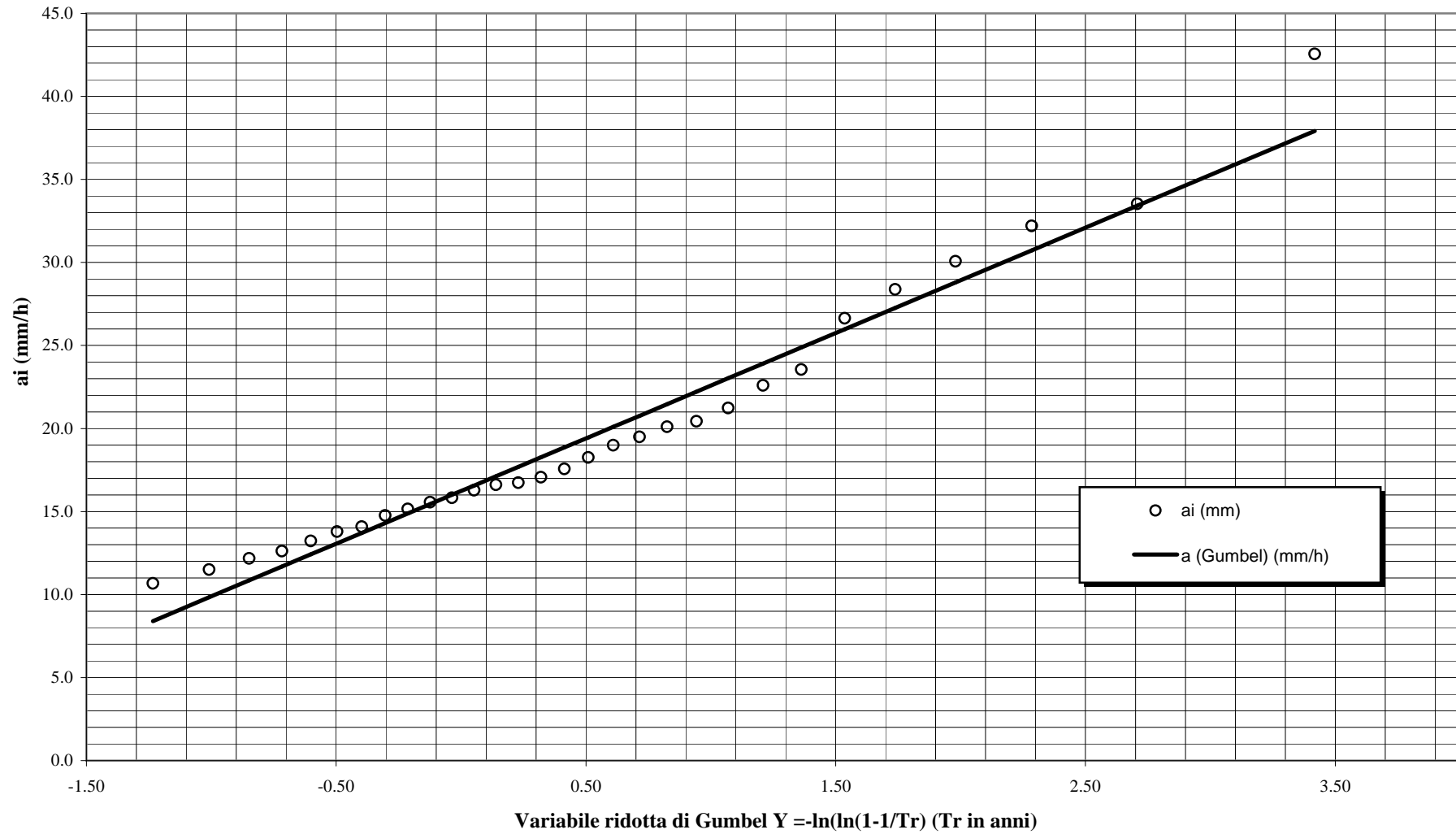
	a_i(mm)
N. dati serie	30.00
Media $m = \bar{x}$ (x_i)	19.72
Std. Dev. (x_i) s	7.46
Coeff. di variante	37.82
S_N	1.18
Y_N	0.55
Y_N/S_N	0.47
$1/\alpha$	0.16
MODA β	16.23
Max. (x_i)	42.56
min. (x_i)	10.67

STAZIONE PLUVIOMETRICA DI SALA CONSILINA

ADATTAMENTO SU CARTA PROBABILISTICA DI GUMBEL DELLA SERIE ai

CASO	ai	Trc	fc	Pc	lnPc	Y=-ln(-lnPc)	a (Gumbel)
(adim)	(mm/h)	(anni)	(anni ⁻¹)	(anni ⁻¹)	(anni ⁻¹)	(anni ⁻¹)	(mm/h)
1	42.6	31.00	0.03	0.97	-0.03	3.42	37.92
2	33.5	15.50	0.06	0.94	-0.07	2.71	33.42
3	32.2	10.33	0.10	0.90	-0.10	2.28	30.73
4	30.1	7.75	0.13	0.87	-0.14	1.98	28.79
5	28.4	6.20	0.16	0.84	-0.18	1.74	27.26
6	26.6	5.17	0.19	0.81	-0.22	1.54	25.98
7	23.6	4.43	0.23	0.77	-0.26	1.36	24.88
8	22.6	3.88	0.26	0.74	-0.30	1.21	23.91
9	21.2	3.44	0.29	0.71	-0.34	1.07	23.03
10	20.4	3.10	0.32	0.68	-0.39	0.94	22.22
11	20.1	2.82	0.35	0.65	-0.44	0.82	21.47
12	19.5	2.58	0.39	0.61	-0.49	0.71	20.77
13	19.0	2.38	0.42	0.58	-0.54	0.61	20.10
14	18.3	2.21	0.45	0.55	-0.60	0.51	19.47
15	17.6	2.07	0.48	0.52	-0.66	0.41	18.86
16	17.1	1.94	0.52	0.48	-0.73	0.32	18.27
17	16.7	1.82	0.55	0.45	-0.79	0.23	17.69
18	16.6	1.72	0.58	0.42	-0.87	0.14	17.12
19	16.3	1.63	0.61	0.39	-0.95	0.05	16.57
20	15.8	1.55	0.65	0.35	-1.04	-0.04	16.01
21	15.6	1.48	0.68	0.32	-1.13	-0.12	15.45
22	15.2	1.41	0.71	0.29	-1.24	-0.21	14.89
23	14.8	1.35	0.74	0.26	-1.35	-0.30	14.31
24	14.1	1.29	0.77	0.23	-1.49	-0.40	13.71
25	13.8	1.24	0.81	0.19	-1.64	-0.50	13.09
26	13.2	1.19	0.84	0.16	-1.82	-0.60	12.42
27	12.6	1.15	0.87	0.13	-2.05	-0.72	11.69
28	12.2	1.11	0.90	0.10	-2.34	-0.85	10.85
29	11.5	1.07	0.94	0.06	-2.74	-1.01	9.84
30	10.7	1.03	0.97	0.03	-3.43	-1.23	8.40

STAZIONE PLUVIOMETRICA DI SALA CONSILINA
Adattamento in carta di Gumbel della serie ai (mm/h)



STAZIONE PLUVIOMETRICA DI SALA CONSILINA

Casi critici per le durate di 1,3,6,12,24 h

e valori a_i calcolati con $n = 0,3414$

STAZIONE PLUVIOMETRICA DI SALA CONSILINA

CALCOLO DELLA LEGGE: $h_i(t)=a_i t^n$ PER L'ESIMO CASO CRITICO(AD n VAR) E

CALCOLO DELLA PENDENZA MEDIA n DELLE RETTE NEL PIANO LOGARITMICO

STAZIONE PLUVIOMETRICA DI SALA CONSILINA

CALCOLO DELLA LEGGE: $h_i(t)=a_i t^n$ PER L'ESIMO CASO CRITICO

AD N COSTANTE CON

$n = 0.3414$

Caso critico (adim.)	t [h]					a_i (mm/h)	t [h]					$\log(a_i)$	CURVE CASO CRITICO(n var)				C.critico (adim.)	N durate = 5					a_i (mm/h)	
	t= 1 h	t= 3 h	t= 6 h	t= 12 h	t= 24 h		t= 1	t= 3	t= 6	t= 12	t= 24		C. critico	a_i	n_i	n_{med}		t [h]	t [h]	t [h]	t [h]	t [h]		
	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)		log(t)	log(t)	log(t)	log(t)	log(t)		(adim.)	(mm/h)	(adim.)	(adim.)		log(a _i)	log(a _i)	log(a _i)	log(a _i)	log(a _i)		log(a _i)
1	43	69	70	93	133.4	42.6	1.633468	1.838849	1.845098	1.968483	2.125156	1.635971	1	43.2	0.331	0.341	1	1.633	1.676	1.579	1.600	1.654	1.6290	42.6
2	33	54	59	80	93.2	33.5	1.518514	1.732394	1.770852	1.90309	1.969416	1.539212	2	34.6	0.323		2	1.519	1.570	1.505	1.535	1.498	1.5254	33.5
3	32	49	57	78	92	32.2	1.50515	1.690196	1.755875	1.892095	1.963788	1.513112	3	32.6	0.334		3	1.505	1.527	1.490	1.524	1.493	1.5079	32.2
4	30	48	54	68	86	30.1	1.477121	1.681241	1.732394	1.832509	1.934498	1.493855	4	31.2	0.320		4	1.477	1.518	1.467	1.464	1.463	1.4781	30.1
5	29	43.6	52.6	65.7	78	28.4	1.462398	1.639486	1.720986	1.817565	1.892095	1.475576	5	29.9	0.311		5	1.462	1.477	1.455	1.449	1.421	1.4530	28.4
6	27	43.5	50	63	66.8	26.6	1.431364	1.638489	1.69897	1.799341	1.824776	1.464847	6	29.2	0.288		6	1.431	1.476	1.433	1.431	1.354	1.4255	26.6
7	24.2	33.5	49	53.4	63.1	23.6	1.383815	1.525045	1.690196	1.727541	1.800029	1.395191	7	24.8	0.310		7	1.384	1.362	1.425	1.359	1.329	1.3721	23.6
8	24	33	42	52.6	62.2	22.6	1.380211	1.518514	1.623249	1.720986	1.79379	1.379896	8	24.0	0.306		8	1.380	1.356	1.358	1.353	1.323	1.3539	22.6
9	21.5	30	40	52	59.6	21.2	1.332438	1.477121	1.60206	1.716003	1.775246	1.332155	9	21.5	0.334		9	1.332	1.314	1.336	1.348	1.304	1.3270	21.2
10	21	29.2	36.8	50	58.4	20.4	1.322219	1.465383	1.565848	1.69897	1.766413	1.316596	10	20.7	0.333		10	1.322	1.303	1.300	1.331	1.295	1.3102	20.4
11	20.8	29	36	48.9	57.2	20.1	1.318063	1.462398	1.556303	1.689309	1.757396	1.313065	11	20.6	0.328		11	1.318	1.300	1.291	1.321	1.286	1.3031	20.1
12	19.7	29	35	47	55.5	19.5	1.294466	1.462398	1.544068	1.672098	1.744293	1.29791	12	19.9	0.331		12	1.294	1.300	1.278	1.304	1.273	1.2899	19.5
13	19.3	28.7	34	45	54	19.0	1.285557	1.457882	1.531479	1.653213	1.732394	1.290813	13	19.5	0.325		13	1.286	1.295	1.266	1.285	1.261	1.2785	19.0
14	18.2	26.5	33.3	45	52	18.3	1.260071	1.423246	1.522444	1.653213	1.716003	1.262408	14	18.3	0.340		14	1.260	1.260	1.257	1.285	1.245	1.2614	18.3
15	16.4	25.2	33.2	44.6	50.5	17.6	1.214844	1.401401	1.521138	1.649335	1.703291	1.225944	15	16.8	0.366		15	1.215	1.239	1.255	1.281	1.232	1.2446	17.6
16	16	25	33	40.5	50	17.1	1.20412	1.39794	1.518514	1.607455	1.69897	1.218568	16	16.5	0.359		16	1.204	1.235	1.253	1.239	1.228	1.2319	17.1
17	15.5	24.5	32	40	50	16.7	1.190332	1.389166	1.50515	1.60206	1.69897	1.203615	17	16.0	0.368		17	1.190	1.226	1.240	1.234	1.228	1.2236	16.7
18	15.4	24.2	32	40	49	16.6	1.187521	1.383815	1.50515	1.60206	1.690196	1.201581	18	15.9	0.366		18	1.188	1.221	1.240	1.234	1.219	1.2203	16.6
19	15.2	24	31.5	38.3	48	16.3	1.181844	1.380211	1.498311	1.583199	1.681241	1.197417	19	15.8	0.360		19	1.182	1.217	1.233	1.215	1.210	1.2115	16.3
20	15.2	23.3	30.3	38	45	15.8	1.181844	1.367356	1.481443	1.579784	1.653213	1.195705	20	15.7	0.346		20	1.182	1.204	1.216	1.211	1.182	1.1992	15.8
21	15	23	29	38	44.5	15.6	1.176091	1.361728	1.462398	1.579784	1.64836	1.187345	21	15.4	0.348		21	1.176	1.199	1.197	1.211	1.177	1.1921	15.6
22	14.6	23	29	34.5	44	15.2	1.164353	1.361728	1.462398	1.537819	1.643453	1.181159	22	15.2	0.340		22	1.164	1.199	1.197	1.169	1.172	1.1804	15.2
23	14	22.5	28	34.4	42.8	14.8	1.146128	1.352183	1.447158	1.536558	1.631444	1.165052	23	14.6	0.347		23	1.146	1.189	1.182	1.168	1.160	1.1692	14.8
24	14	21	26.5	33	40	14.1	1.146128	1.322219	1.423246	1.518514	1.60206	1.156277	24	14.3	0.331		24	1.146	1.159	1.158	1.150	1.131	1.1489	14.1
25	14	20	26	33	38.4	13.8	1.146128	1.30103	1.414973	1.518514	1.584331	1.15071	25	14.1	0.326		25	1.146	1.138	1.149	1.150	1.113	1.1395	13.8
26	12.2	20	25.2	32	38	13.2	1.08636	1.30103	1.401401	1.50515	1.579784	1.108714	26	12.8	0.358		26	1.086	1.138	1.136	1.137	1.109	1.1213	13.2
27	12	18	25	30.7	35.6	12.6	1.079181	1.255273	1.39794	1.487138	1.55145	1.092545	27	12.4	0.352		27	1.079	1.092	1.132	1.119	1.080	1.1008	12.6
28	11.3	17.8	23	30.3	35.2	12.2	1.053078	1.25042	1.361728	1.481443	1.546543	1.067655	28	11.7	0.365		28	1.053	1.088	1.096	1.113	1.075	1.0852	12.2
29	10	16	22	30	35	11.5	1	1.20412	1.342423	1.477121	1.544068	1.01134	29	10.3	0.407		29	1.000	1.041	1.077	1.109	1.073	1.0606	11.5
30	10	14.5	20.4	25.2	34.3	10.7	1	1.161368	1.30963	1.401401	1.535294	0.99288	30	9.8	0.389		30	1.000	0.998	1.044	1.033	1.064	1.0282	10.7

STAZIONE PLUVIOMETRICA DI SALA CONSILINA
ELABORAZIONE STATISTICA DELLA SERIE ai

PARAMETRI STATISTICI DELLA SERIE ai

Numero dati serie	N	30,00
Media ridotta	S_N	1,262590
Dev.Standard ridotta	Y_N	0,577202
	Y_N/S_N	0,458960
Media $\mu = \mu(x)$	μ	19,72
Std.Dev.(x) s	σ	7,46
Coeff. di variante	Cv	0,38
MODA β	$\beta = \mu - Y_N/S_N \cdot \sigma$	16,36
$1/\alpha$	$\alpha = S_{N+1}$	0,17

PARAMETRI DELLA SERIE Ina

Media (ln(x))	μ'	2,92
Std.Dev. (ln(x))	σ'	0,34
Coeff. di variante Log	Cv'	0,12
Moda	$\beta = \mu - Y_N/S_N \cdot \sigma$	2,77
Alfa	$\alpha = S_{N+1}$	3,77
exp(β)	β_{11}	15,94

STAZIONE PLUVIOMETRICA DI SALA CONSILINA
ELABORAZIONE STATISTICA DELLA SERIE ai

Caso critico (adm.)	Serie ordinata delle ai				Probabilità Cumulata							
	a (mm/h)	ln(a) (mm/h)	Tr (anni)	tc (anni ⁻¹)	GUMBEL		FRECHET		GULTON		FULLER	
					P(x)	P(x)-F(x)	P(x)	P(x)-F(x)	P(x)	P(x)-F(x)	P(x)	P(x)-F(x)
1	42.6	3.75	31.00	0.9677	0.9890	0.0213	0.9756	0.0078	0.99254	0.02479	0.98279	0.01505
2	33.5	3.51	15.50	0.9365	0.9491	0.0136	0.9411	0.0056	0.98984	0.02305	0.94227	0.00678
3	32.2	3.47	10.33	0.9032	0.9365	0.0233	0.9317	0.0285	0.94986	0.04364	0.93100	0.02778
4	30.1	3.40	7.75	0.8710	0.9096	0.0386	0.9125	0.0415	0.92126	0.05029	0.90813	0.03716
5	28.4	3.35	6.20	0.8387	0.8810	0.0423	0.8924	0.0537	0.89325	0.05454	0.88481	0.04610
6	26.6	3.28	5.17	0.8065	0.8430	0.0365	0.8654	0.0590	0.85499	0.04854	0.85453	0.04908
7	23.6	3.16	4.43	0.7742	0.7480	0.0262	0.7947	0.0205	0.75698	0.01722	0.78001	0.00582
8	22.6	3.12	3.88	0.7419	0.7097	0.0322	0.7641	0.0221	0.71681	0.02512	0.74954	0.00760
9	21.2	3.06	3.44	0.7097	0.6488	0.0609	0.7121	0.0024	0.66250	0.05717	0.69975	0.00993
10	20.4	3.02	3.10	0.6774	0.6083	0.0691	0.6751	0.0024	0.60960	0.06782	0.66543	0.01199
11	20.1	3.00	2.82	0.6452	0.5909	0.0543	0.6585	0.0133	0.59113	0.05403	0.65031	0.00515
12	19.5	2.97	2.58	0.6129	0.5578	0.0551	0.6258	0.0129	0.55600	0.05690	0.62081	0.00791
13	19.0	2.94	2.38	0.5806	0.5292	0.0515	0.5962	0.0156	0.52554	0.05510	0.59436	0.01371
14	18.3	2.90	2.21	0.5484	0.4858	0.0626	0.5489	0.0005	0.47941	0.06898	0.55244	0.00405
15	17.6	2.87	2.07	0.5161	0.4432	0.0729	0.4994	0.0167	0.43421	0.08191	0.50871	0.00742
16	17.1	2.84	1.94	0.4839	0.4116	0.0723	0.4606	0.0233	0.40070	0.08318	0.47421	0.00966
17	16.7	2.82	1.82	0.4516	0.3914	0.0602	0.4349	0.0167	0.37930	0.07232	0.45110	0.00052
18	16.6	2.81	1.72	0.4194	0.3832	0.0361	0.4242	0.0049	0.37064	0.04871	0.44148	0.02212
19	16.3	2.79	1.63	0.3871	0.3621	0.0250	0.3963	0.0092	0.34837	0.03873	0.41595	0.02885
20	15.8	2.76	1.55	0.3548	0.3335	0.0213	0.3572	0.0024	0.31823	0.03660	0.37937	0.02454
21	15.6	2.74	1.48	0.3226	0.3175	0.0061	0.3347	0.0121	0.30138	0.02120	0.35776	0.03518
22	15.2	2.72	1.41	0.2903	0.2917	0.0014	0.2978	0.0074	0.27438	0.01595	0.32110	0.03077
23	14.8	2.69	1.35	0.2581	0.2680	0.0099	0.2630	0.0049	0.24962	0.00845	0.28491	0.02685
24	14.1	2.65	1.29	0.2258	0.2279	0.0021	0.2033	0.0225	0.20808	0.01772	0.21720	0.00860
25	13.8	2.62	1.24	0.1935	0.2107	0.0171	0.1776	0.0160	0.19033	0.00322	0.18489	0.00866
26	13.2	2.58	1.19	0.1613	0.1797	0.0185	0.1323	0.0290	0.15880	0.00249	0.12084	0.04045
27	12.6	2.53	1.15	0.1290	0.1486	0.0196	0.0892	0.0399	0.12751	0.00153	0.04584	0.08320
28	12.2	2.50	1.11	0.0968	0.1278	0.0310	0.0629	0.0338	0.10683	0.01095	-0.01273	0.10950
29	11.5	2.44	1.07	0.0645	0.0983	0.0348	0.0325	0.0320	0.07923	0.01471	-0.10811	0.12262
30	10.7	2.37	1.03	0.0323	0.0689	0.0376	0.0107	0.0215	0.05166	0.01940	-0.23769	0.26995

STAZIONE PLUVIOMETRICA DI SALA CONSILINA
ELABORAZIONE STATISTICA DELLA SERIE ai

Test di Kolmogorov-Smirnov

e adattamento della legge di distribuzione di probabilità ai set di dati

Livello significativo	α	0,05
Valore critico	D'	0,248

Funzione di densità di probabilità	GUMBEL	FRECHET	GULTON	FULLER
Tutta la serie di dati				
MAX P(x)-F(x) =	0,073	0,059	0,083	0,270
Σ P(x)-F(x) =	1,062	0,578	1,123	1,126
Solo il 1° e 2° caso critico				
MAX P(x)-F(x) =	0,021	0,008	0,025	0,015
Σ P(x)-F(x) =	0,035	0,013	0,048	0,022

Piogge inferiori ora

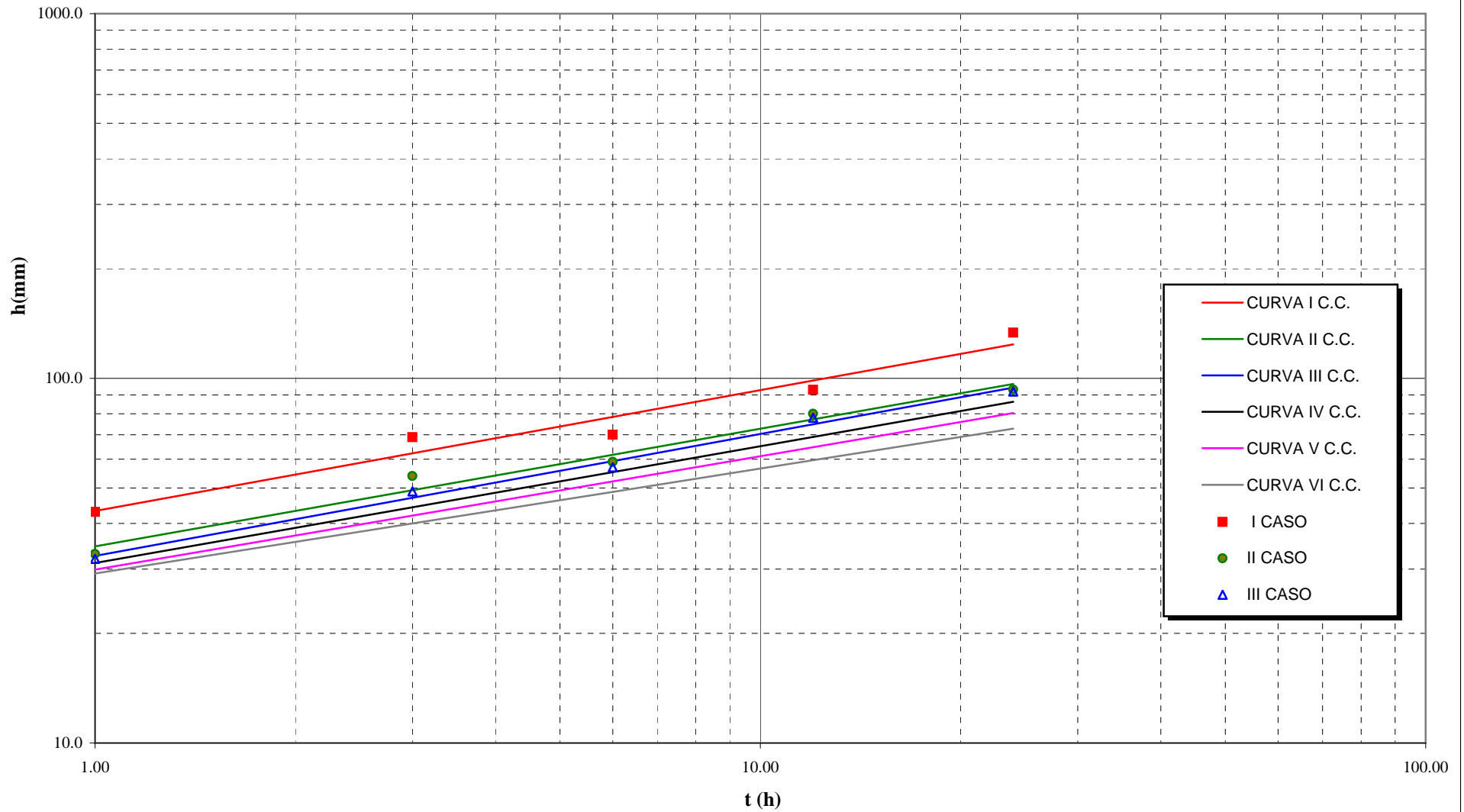
Tr (anni)	hC' (mm)	nC (adm)
500,00	14,59	0,52
200,00	13,11	0,52
100,00	11,99	0,52
25,00	9,72	0,52
10,00	8,19	0,52
5,00	6,97	0,52
2,00	5,14	0,52

CURVE DI POSSIBILITA' CLIMATICA DI FISSATO TEMPO DI RITORNO

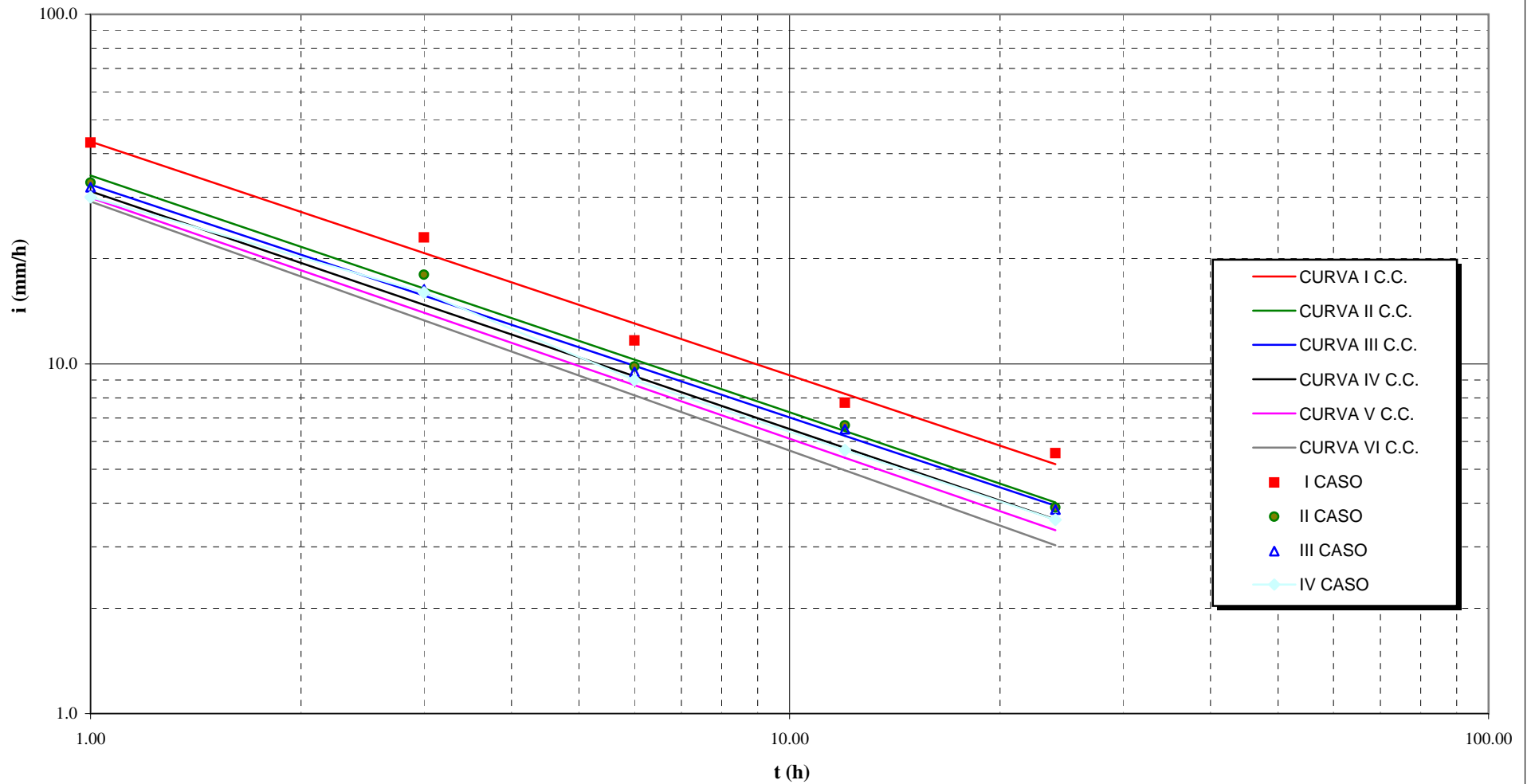
Esponente n	tp<th	tp>th
	0,515	0,341

Tr (anni)	Coefficiente a				
	GUMBEL al (mm/h)	FRECHET al (mm/h)	GULTON al (mm/h)	FULLER al (mm/h)	FULLER al (mm/h)
500	52.5	83.0	49.5	58.6	
200	47.2	65.0	44.7	51.8	
100	43.1	54.1	41.0	46.6	
25	35.0	37.3	33.7	36.3	
10	29.4	29.0	28.7	29.4	
5	25.1	23.7	24.7	24.3	
2	18.5	17.6	18.6	17.4	

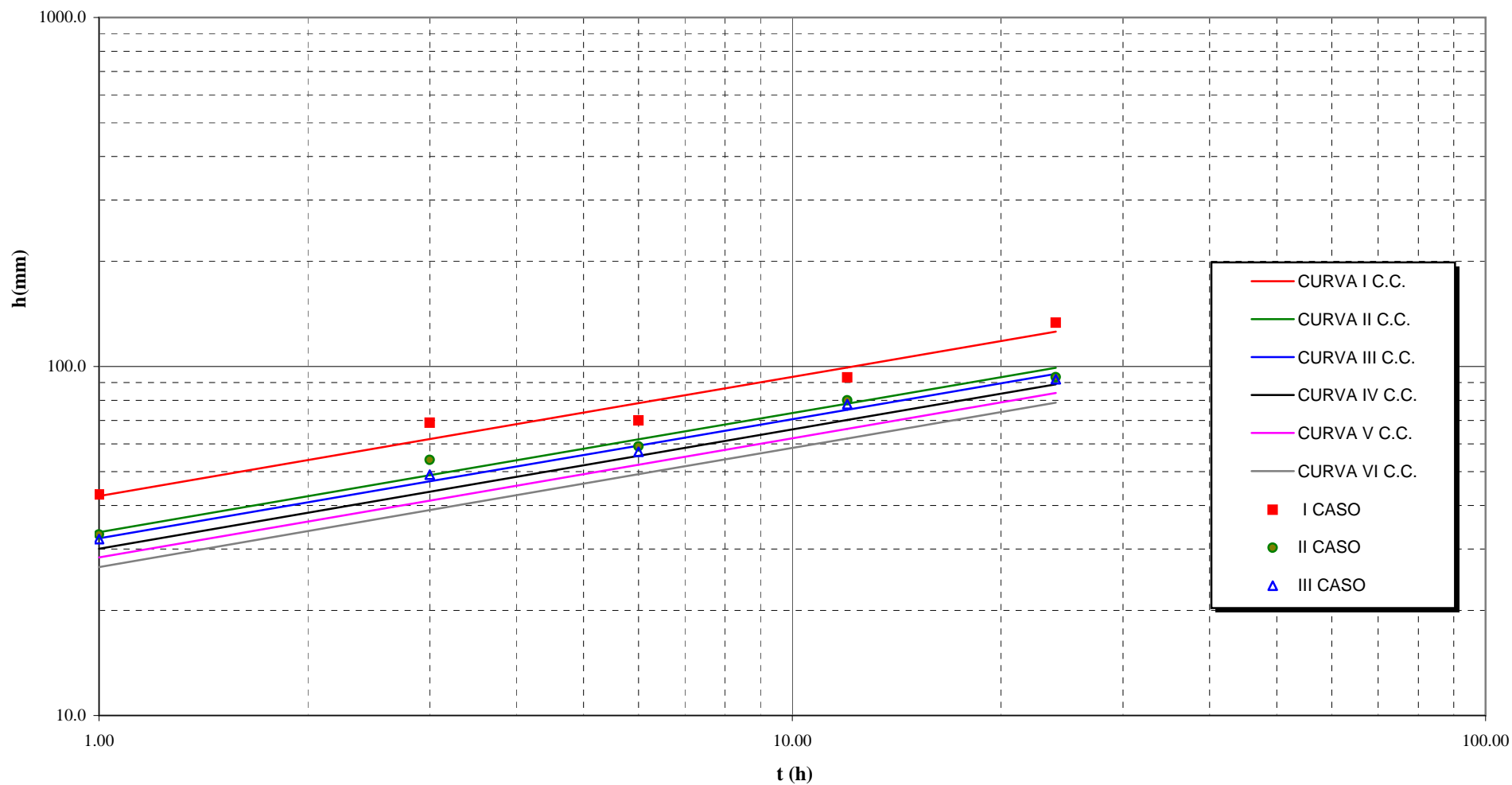
STAZIONE PLUVIOMETRICA DI SALA CONSILINA
REGOLARIZZAZIONE CURVE CASO CRITICO (n=var)
Altezza h(mm)- Durata t(h)



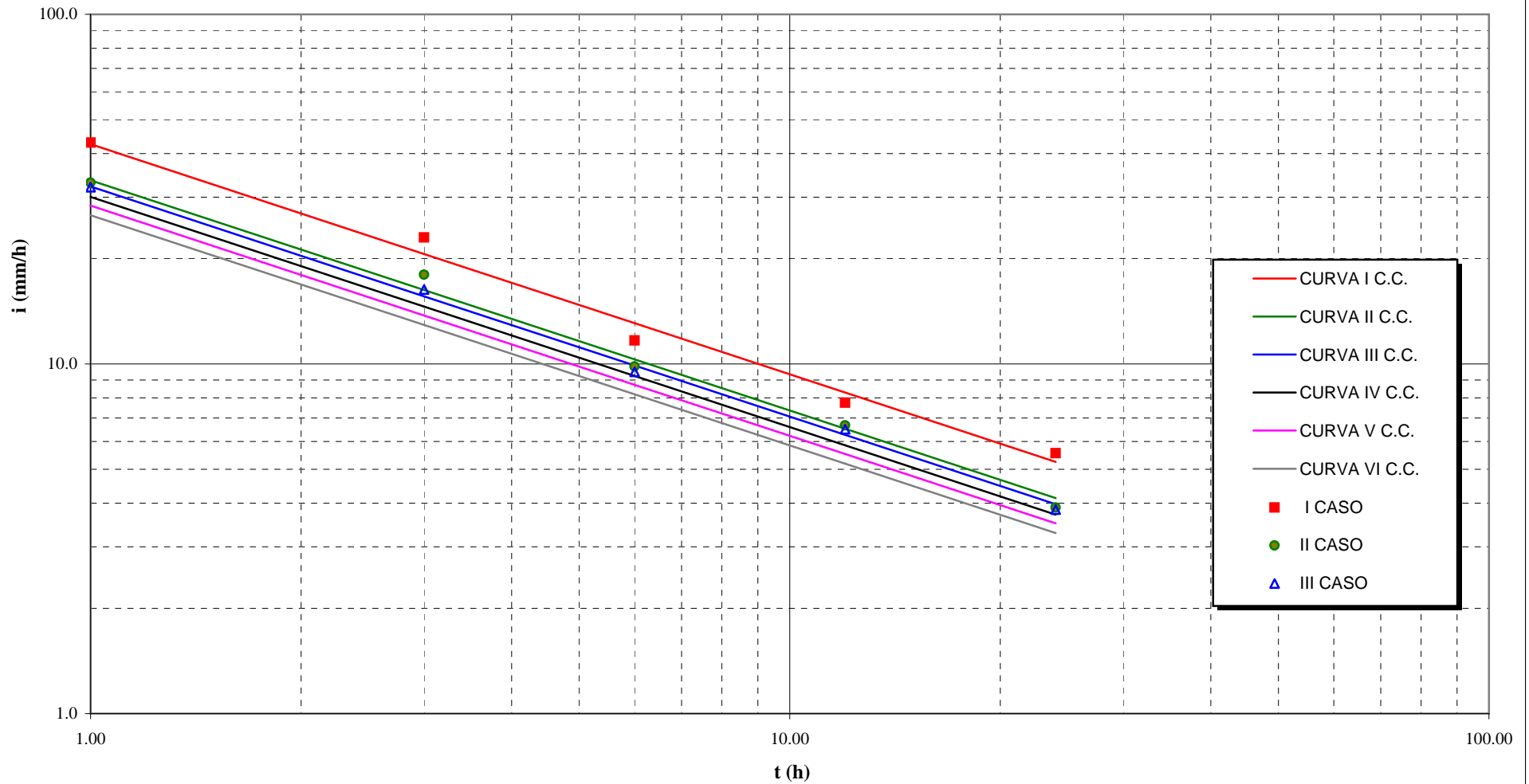
STAZIONE PLUVIOMETRICA DI SALA CONSILINA
REGOLARIZZAZIONE CURVE CASO CRITICO (n= var)
Intensità i(mm/h)-Durata t(h)



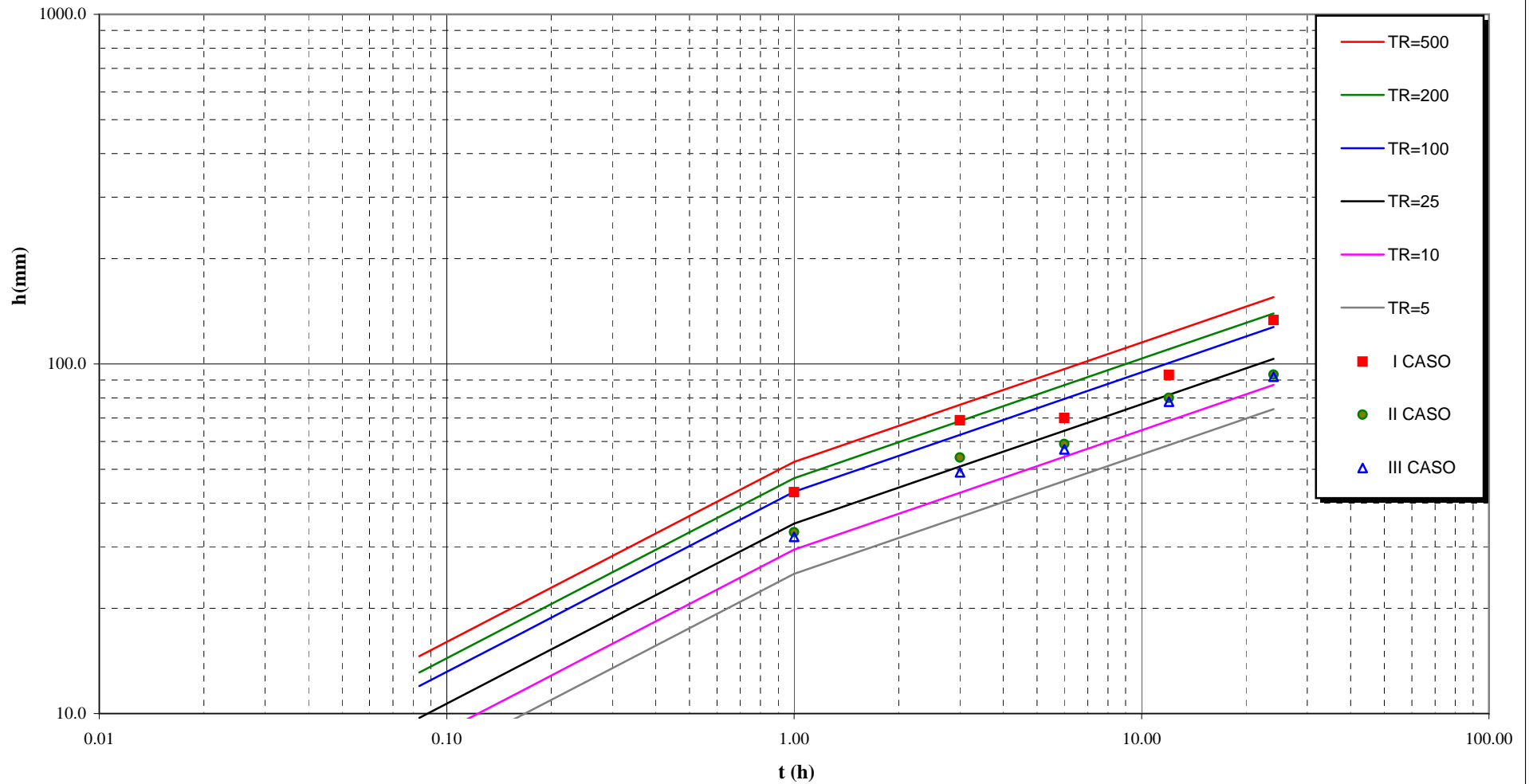
STAZIONE PLUVIOMETRICA DI SALA CONSILINA
REGOLARIZZAZIONE CURVE CASO CRITICO (n =cost.)
Altezza h(mm)- Durata t(h)



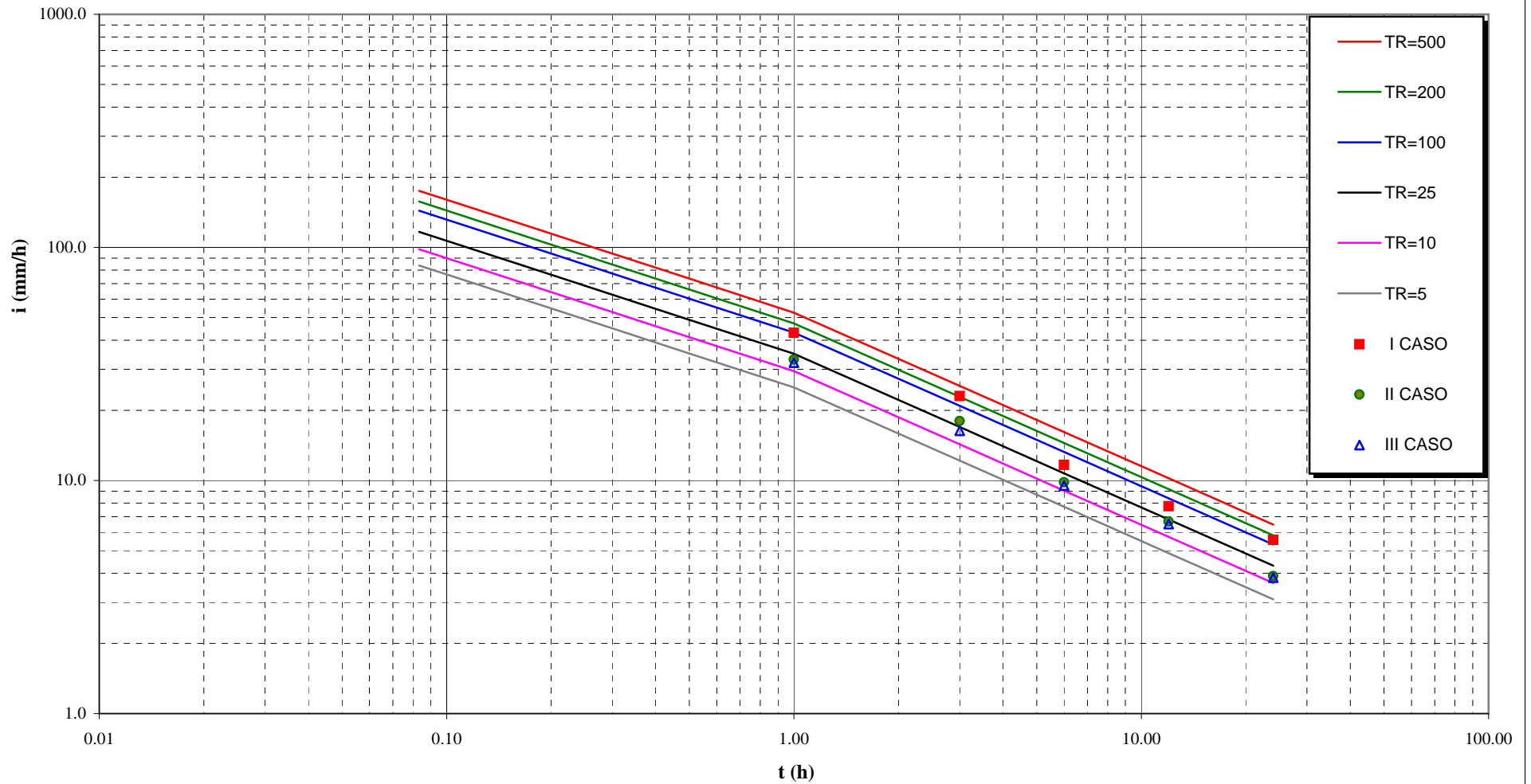
STAZIONE PLUVIOMETRICA DI SALA CONSILINA
REGOLARIZZAZIONE CURVE CASO CRITICO (n= cost)
Intensità i(mm/h)-Durata t(h)



STAZIONE PLUVIOMETRICA DI SALA CONSILINA
CURVE DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA
Altezza h(mm)- Durata t(h)

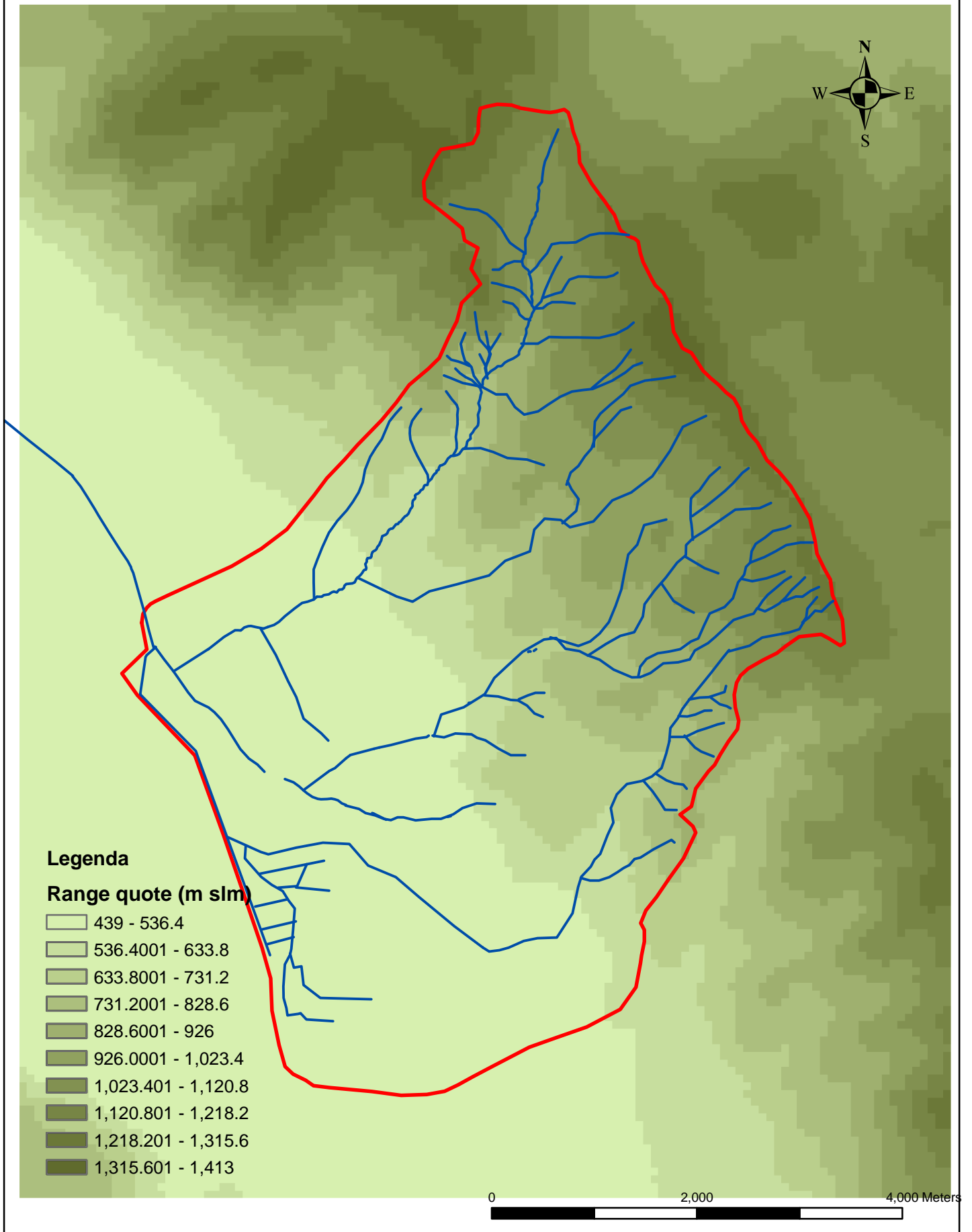


STAZIONE PLUVIOMETRICA DI SALA CONSILINA
CURVE DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA
Intensità i (mm/h)-Durata t (h)

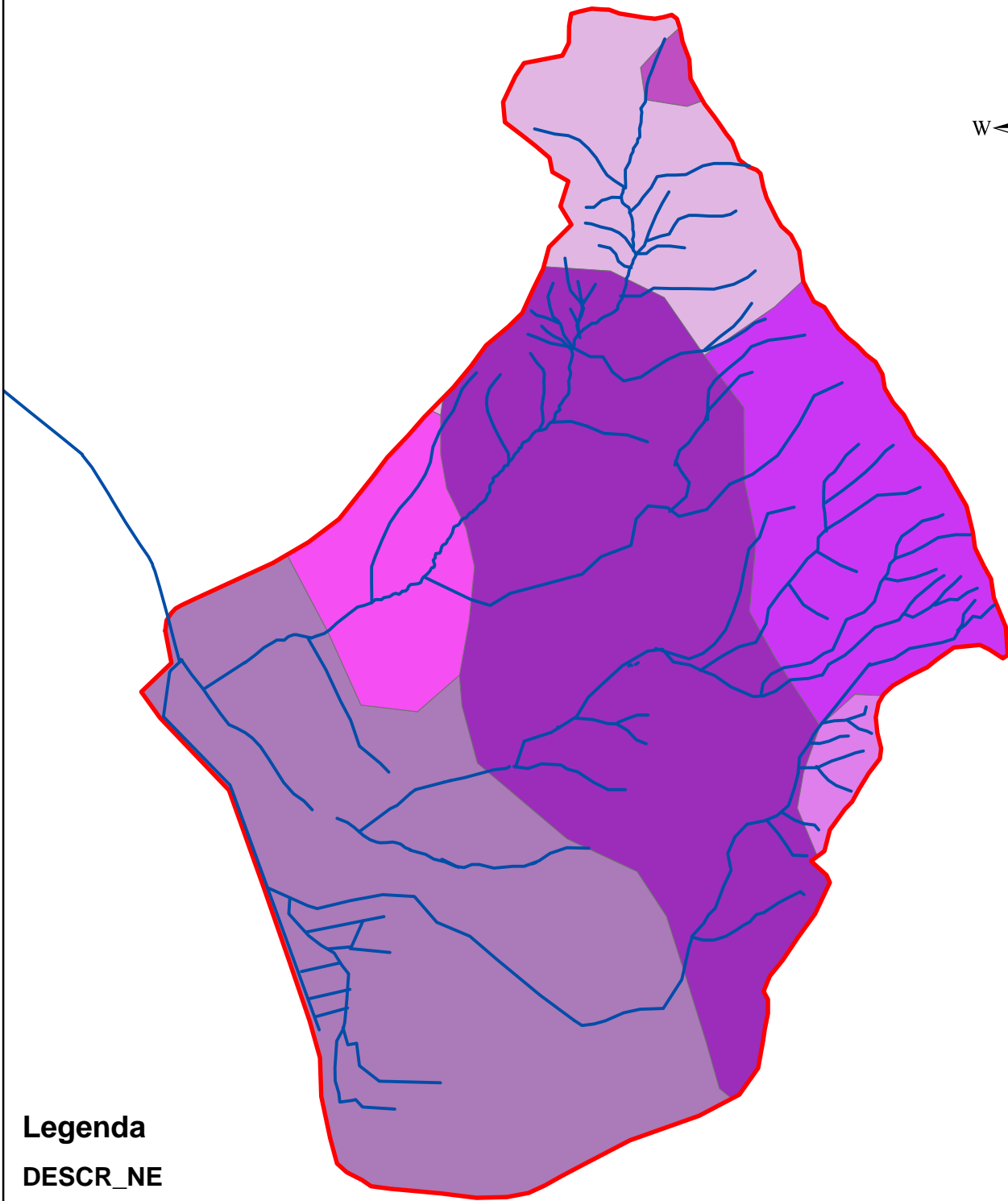


ALLEGATO B
ELABORAZIONI IDROLOGICHE

ALTIMETRIA










LITOLOGIA



Legenda

DESCR_NE

-  Calcari neritici e di piattaforma (Paleogene-Cretacico superiore)
-  Calcari, calcari marnosi e argille marnose pelagici (Triassico superio)
-  Calcari, calcari marnosi e marne, selciferi, pelagici (Giurassico)
-  Detriti, alluvioni terrazzate, fluviolacustri e fluvioglaciali (Pleist)
-  Detriti, depositi alluvionali e fluviolacustri, spiagge attuali (Oloce)
-  Unita' arenacee e arenaceo-marnose (Miocene medio-inferiore)
-  Unita' calcareo-marnose (torbiditi) (Paleogene-Cretacico superiore)















0 2,000 4,000 Meters

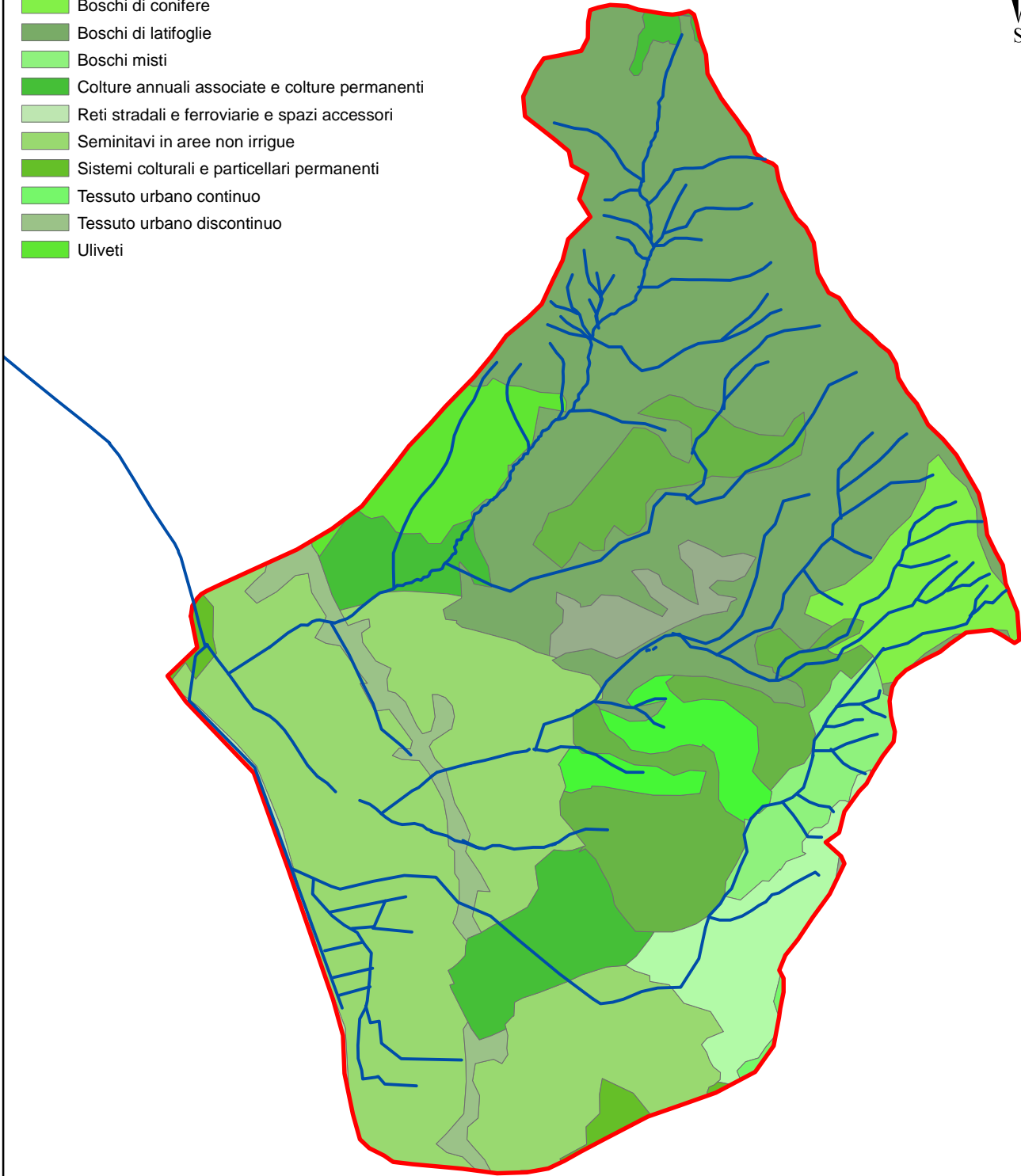
USO DEL SUOLO

Legenda

usosuolo

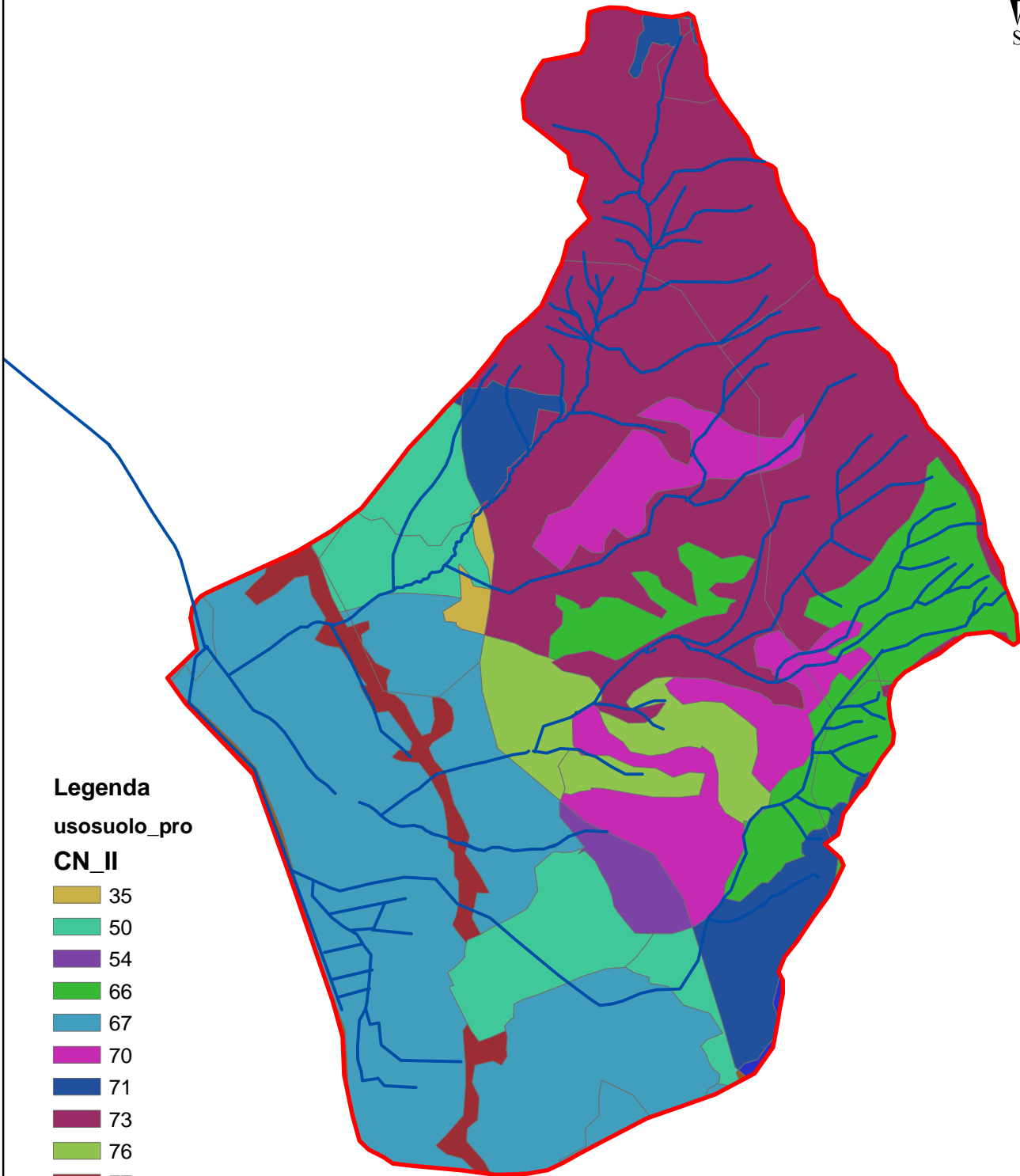
LIVELLO3

-  Aree a pascolo naturale e praterie d'alta quota
-  Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione
-  Aree a vegetazione sclerofilia
-  Aree prev. occup. da colture agrarie, con spazi nat.
-  Boschi di conifere
-  Boschi di latifoglie
-  Boschi misti
-  Colture annuali associate e colture permanenti
-  Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori
-  Seminitavi in aree non irrigue
-  Sistemi colturali e particellari permanenti
-  Tessuto urbano continuo
-  Tessuto urbano discontinuo
-  Uliveti



0 2,000 4,000 Meters













CARTA DEL CN (CURVE NUMBER)



Legenda

usosuolo_pro

CN_II

-  35
-  50
-  54
-  66
-  67
-  70
-  71
-  73
-  76
-  77
-  84
-  89

0 2,000 4,000 Meters