



COMUNE DI CALITRI

PROVINCIA DI AVELLINO



PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

D. lgs. 36/23-ALLEGATO I.7 - art. 6

REALIZZAZIONE IMPIANTO DI FITODEPURAZIONE DI ACQUE REFLUE IN LOCALITA' ORTO DI CIOGLIA E CAMPO DELLE MADONNELLE

CUP: H16H17000070002

IL SINDACO: Attilio Maria GALGANO

RUP: arch. Lucia TURRI

*Progettista: **STRUCTURA**
PROFESSIONISTI ASSOCIATI ing. Raffaele VALENTINO*

Timbro e Firma

STUDIO STRUCTURA - Via S. Soldi n. 9 - 83100 AVELLINO tel e fax: +39 0825 39071 e-mail: info@studiostructura.it

Studio di compatibilità idrologica e idraulica

Data **Settembre 2026**
Scala

R2.Int.

STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA E IDRAULICA

PREMESSA

Il presente **Studio di Compatibilità Idrologica ed Idraulica**, è redatto ai sensi delle NTA del PAI redatto dalla ex-Autorità di Bacino della Puglia, compresa nel Distretto dell'Appennino Meridionale, relativamente al progetto presentato dal comune di Calitri (AV), di **Realizzazione Impianto di Fitodepurazione di Acque Reflue in Località Orto di Cioglia e Campo delle Madonnelle**.

L'area su cui insisteranno le opere in argomento e segnatamente l'impianto di fitodepurazione in località Orto di Cioglia, rientra nel settore di territorio distrettuale su cui vige il Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico (PAI), dei territori dell'ex Autorità di Bacino della Puglia, approvato dal Comitato Istituzionale del 30/11/2005.

Dalla consultazione della cartografia PAI redatta dall'Autorità di Bacino, sulle aree interessate dall'opera in progetto dell'impianto di fitodepurazione in loc. Orto di Cioglia, non vi sono segnalazioni di alcun tipo di rischio idrogeologico, né di frana né di inondazione.

La presente relazione, è redatta, ai sensi degli art.5-6-10 delle NTA del PAI.

L'intervento, è soggetto alle NTA del PAI art. 10 *"Realizzazione di opere di interesse pubblico interessanti le fasce fluviali"*. Tali norme chiariscono che sono possibili interventi di realizzazione di opere di interesse pubblico interessanti gli alvei fluviali e le fasce di pertinenza fluviale di cui agli articoli 6 e 7 previo parere dell'AdB e previo presentazione di uno STUDIO IDROLOGICO IDRAULICO che attesti che l'intervento non determina in alcun modo, incrementi delle condizioni di pericolosità idrogeologica, né può determinare alcun pregiudizio alla realizzazione di interventi di rimozione e/o riduzione delle condizioni di pericolosità preesistenti.

Lo studio di compatibilità idrologica e idraulica serve a valutare come un'opera, un edificio o una nuova sistemazione del terreno influiscono sullo scorrimento delle acque e sul rischio di alluvioni in un territorio.

Esso, quindi, serve a:

- Prevenire allagamenti: Garantisce che il progetto non peggiori il deflusso delle acque piovane.
- Garantire l'invarianza idraulica: Assicura che la quantità e la velocità dell'acqua scaricata

dopo la costruzione siano uguali a quelle naturali prima dell'intervento.

- Ottenere autorizzazioni: È obbligatorio per ricevere permessi edilizi o ambientali da parte degli enti competenti (Comuni, Regioni, Autorità di Bacino).

Esso, di norma, è composto da:

1. Analisi idrologica: con la quale si studia il clima, le piogge della zona e si calcola quanta acqua piovana arriva nel bacino;
2. Analisi idraulica: con la quale attraverso software più o meno complessi si simula il comportamento di fiumi o canali di interesse e l'eventuale impatto dell'opera con l'onda di piena.
3. Misure di mitigazione: In caso di rischio molto elevato si propongono soluzioni tecniche mitigatrici come vasche di laminazione ecc.

Pertanto, è stato effettuato uno studio idrologico e idraulico, previa determinazione delle portate nell'alveo interessato, al variare del tempo di ritorno a 30, 200 e 500 anni, per il bacino idrografico con sezione di chiusura posta a valle del punto di intervento.

LE OPERE DI PROGETTO

In estrema sintesi con questo progetto si provvede a fornire il trattamento depurativo a due ampie aree di Calitri che, attualmente, sono fornite di sistema fognario che, però, non è collegato ad alcun impianto depurativo. Si provvederà anche alla sostituzione di alcuni tratti fognari esistenti danneggiati e mal funzionanti.

In particolare questo studio è finalizzato alla verifica della compatibilità idrologica e idraulica di un impianto di fitodepurazione dei liquami fognari che si realizzerà nel comune di Calitri.

Si prevede la costruzione di un impianto di fitodepurazione nei pressi dell'Ofanto in località Orto di Cioglia; l'impianto (capacità 250 AE) tratterà i liquami provenienti dall'area urbana circostante piazza san Bernardino e li recapiterà nel Vallone Cascina e, quindi, nell'Ofanto. Nell'impianto, i liquami in ingresso subiscono una grigliatura grossolana e, quindi, passano in una vasca Imhoff che ha la funzione di sedimentazione iniziale e pretrattamento. I liquami passano quindi in due bacini di fitodepurazione, collegati in serie, dove subiscono l'azione delle essenze vegetali presenti (*Cannucce di palude - Phragmites australis*) e delle associate colonie di microrganismi con abbattimento del carico inquinante fino a ricondurlo nei limiti di legge per lo scarico in acque superficiali. L'effluente depurato, verrà eventualmente disinfettato mediante clorazione, e, quindi immesso nel Vallone Cascina che delimita l'area dell'impianto.

L'impianto di fitodepurazione occuperà una superficie complessiva di circa m² 3400 e sarà posizionato nei pressi del Vallone Cascina in un'area di fondo valle, già destinata ad insediamenti industriali. Nelle aree confinanti con l'impianto di fitodepurazione esiste già l'isola ecologica del Comune di Calitri e una vasta superficie confinante con l'Isola Ecologica e con l'impianto di fitodepurazione ospiterà un importante Centrale Elettrica della Edison.

La necessità di non modificare le aree già destinate ad altre localizzazioni industriali, ha imposto che l'impianto di fitodepurazione fosse collocato in una fascia di terreno di fondovalle, pianeggiante e situata lungo il Vallone Cascina. Data la limitata disponibilità di spazi, i bacini di fitodepurazione saranno realizzati ad una distanza dalla sponda del Vallone Cascina, inferiore ai m 150 disposti dal PAI. I bacini di depurazione dell'impianto e tutti gli altri manufatti fuori terra saranno realizzati, comunque ad una distanza maggiore di m 10,0 dal Vallone Cascina e al di fuori delle aree a Media Probabilità di Inondazione (MP-200 anni) ed Alta Probabilità di Inondazione

(AP-30 anni) del fiume Ofanto (in All.1 è riportata la planimetria della Variante al PAI con le aree allagabili che interessano).

L'area dell'impianto sarà recintata con una rete metallica alta m 2,0. La recinzione, lungo il lato dell'impianto parallelo al Vallone Cascina, sarà realizzata ad una distanza di m 4,0 dal ciglio della sponda del canale, come indicato all'art. 133, lett. a) del R.D. n. 368/1904. (in All.2 è riportata la planimetria del bacino idrografico del Vallone Cascina e pianta e sezione schematiche dell'impianto di fitodepurazione).

Si evidenzia che gli adiacenti insediamenti dell'Isola Ecologica e della Centrale Elettrica Edison sono tutti localizzati all'interno della fascia dei m 150 dal Vallone Cascina per cui, se tali insediamenti sono avvenuti e avverranno in sicurezza idraulica, dovrebbe risultare in sicurezza anche l'insediamento dell'impianto di fitodepurazione.

Sarà obbligo del Comune di Calitri, ovvero del gestore dell'impianto, mantenere costantemente libera la fascia di m 4,00 da ogni e qualsiasi impedimento anche provvisorio. Questa fascia di rispetto idraulico, resta in manutenzione al richiedente che dovrà consentire il transito dei mezzi degli enti manutentori del canale. Lungo di essa non dovranno essere messe a dimora piantagioni o arbusti, né dovranno essere poste cordone, pavimentazioni o qualsivoglia tipo di costruzione, anche a titolo precario.

Comune di CALITRI (AV)

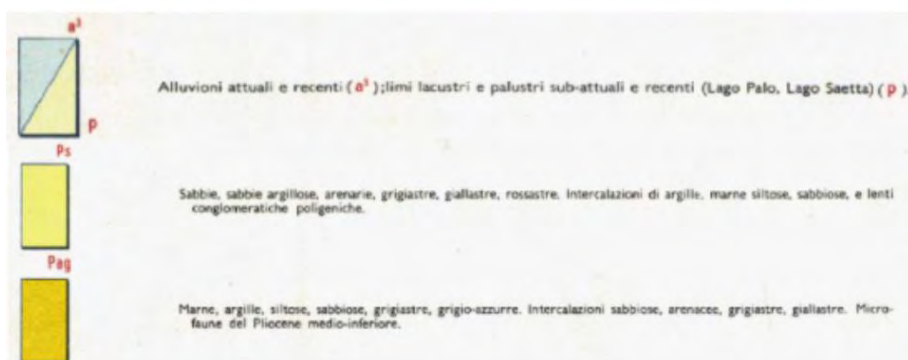
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

Realizzazione Impianto di Fitodepurazione di Acque Reflue in Località Orto di Cioglia e Campo delle Madonnelle

CARATTERISTICHE DEL BACINO IDROGRAFICO

L'area interessata dalla realizzazione delle opere in progetto ricade nel foglio 186 della Carta Geologica d'Italia (Sant'Angelo dei Lombardi), scala 1:100.000.

CARTA GEOLOGICA D'ITALIA
Foglio 186 "Sant'Angelo dei Lombardi"
Scala 1 : 100.000



Dal punto di vista geologico, in relazione a quanto riportato dalla Carta Geologica d'Italia, il territorio attraversato dal Vallone è, essenzialmente costituito da sabbie, sabbie argillose, arenarie e marne siltose sabbiose.

Il Vallone Cascina, è un modesto corso d'acqua che si sviluppa lungo il bordo Ovest dell'area SIC di Bosco Zampaglione. Il bacino idrografico del Vallone, con riferimento alla sezione del Vallone tracciata in corrispondenza del lato di valle del secondo bacino di fitodepurazione, ha una superficie pari a circa Km² 0,21 e la lunghezza complessiva del Vallone è di circa Km 1,426.

Il Vallone Cascina, nel tratto di monte lungo circa m 1104, ha una forte pendenza (circa 15,8 %) ed ha le caratteristiche proprie di un ruscello montano.

Il tratto più a valle del Vallone interessa la pianura alluvionale di fondo valle dell'Ofanto; in tale tratto, lungo circa m 322, la pendenza si riduce al 3,1 % ed il Vallone è stato trasformato, con interventi recenti, in un canale a sezione rettangolare con la parete prospiciente l'isola ecologica e la Centrale Edison costituita da un muro in cls.

I parametri geomorfologici caratteristici del bacino idrografico sono riassunti nella tabella seguente:

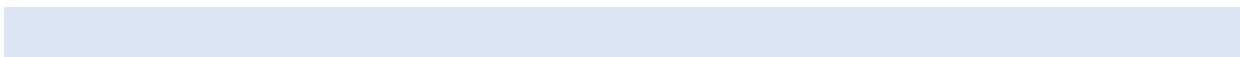
Bacino VALLONE CASCINA		
<i>Lungh. complessiva del Vallone</i>	<i>[Km]</i>	1,426
<i>H sorgente</i>	<i>[m]</i>	534,00
<i>H sezione confluenza con l'Ofanto</i>	<i>[m]</i>	350,00
<i>Pendenza media del Vallone</i>	<i>(%)</i>	12,9%
<i>H media del bacino</i>	<i>[m]</i>	429,00
<i>Lungh. dell'asta fluviale di monte.</i>	<i>[Km]</i>	1,104
<i>H sezione cambio pendenza</i>	<i>[m]</i>	360,00
<i>Pendenza dell'asta di monte</i>	<i>(%)</i>	15,8%
<i>H sezione di chiusura</i>	<i>[m]</i>	355,00
<i>Lungh. asta di valle fino alla sezione di chiusura</i>	<i>[Km]</i>	0,068
<i>Pendenza dell'asta di valle</i>	<i>(%)</i>	3,1%
<i>Superficie del Bacino</i>	<i>[Km²]</i>	0,210

Il Vallone ha portata molto variabile in dipendenza delle stagioni, ma in ogni caso si tratta di portate modeste. In tempo asciutto la portata è praticamente costituita dagli scarichi fognari dell'area circostante piazza san Bernardino.

Si evidenzia che con le opere previste in progetto saranno eliminati gli scarichi neri in alveo, bonificando così il Vallone Cascina.

L'impianto di fitodepurazione, che qui interessa, sarà realizzato proprio in adiacenza a questo tratto finale del Vallone Cascina.

Negli allegati sono fornite alcune foto del Vallone Cascina nella sezione corrispondente all'impianto di fitodepurazione.



ANALISI IDROLOGICA

Lo studio idrologico dell'area in esame è stato condotto determinando le curve di possibilità climatica applicando il metodo VAPI Campania e VAPI Puglia.. Questa doppia valutazione è opportuna in quanto il comune di Calitri è ai confini tra Puglia e Campania e, quindi, ricade in entrambe le zone soggette a valutazione con metodica VAPI.

In particolare, la valutazione di dette curve al variare del tempo di ritorno è stata condotta rifacendosi alle procedure individuate dal Gruppo Nazionale Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche.

La procedura adoperata e i risultati dei calcoli effettuati sono ampiamente descritti nella letteratura tecnico-scientifica disponibile. Si è omessa la descrizione dell'applicazione ai dati di precipitazione massima oraria delle analisi statistiche convenzionali (adattabilità delle serie campionarie a distribuzioni di probabilità), in quanto procedura ormai consolidata e nota nella pratica tecnica.

Per quanto concerne, invece, la valutazione dei deflussi naturali nelle sezioni di interesse si è fatto ricorso alla formula razionale e alle procedure di valutazione del valore della piena indice $E(Q)$ e dell'espressione asintotica del fattore di crescita delle portate $KT(Q)$.

Si evidenzia, infine, che i valori dei tempi di ritorno (TR) utilizzati per la definizione delle curve di possibilità climatica e, di conseguenza, per la stima degli eventi di piena sono quelli che il PAI definisce per la valutazione delle aree ad Alta, Media e Bassa probabilità di inondazione.

In particolare, essi sono per le aree a:

Alta Probabilità di Inondazione (AP)	TR = 30 anni.
Media Probabilità di Inondazione (MP)	TR = 200 anni.
Bassa Probabilità di Inondazione (BP)	TR = 500 anni.

L'analisi idrologica ha come obiettivo la valutazione delle portate di piena e dei relativi volumi che, per prefissati tempi di ritorno, interessano il bacino idrografico e, di conseguenza, il territorio e tutti gli elementi vulnerabili in esso presenti.

Poiché il comune di Calitri rientra in un'area in cui si sovrappongono la zonizzazione del VAPI Campania e la zonizzazione del VAPI Puglia, si è provveduto alla definizione della curva di probabilità pluviometrica utilizzando i risultati di sintesi dei due rapporti VAPI.

In congruenza con le finalità dello studio, volto a definire un assetto idraulico dei luoghi di interesse adeguato allo stato di fatto, si deve fare riferimento ad eventi con tempi di ritorno di 200 anni,

attraverso i quali si stabiliscono le condizioni di sicurezza idraulica.

Il D.P.C.M. 29.09.1998, in materia di difesa del suolo, stabilisce che *"Ove possibile è consigliabile che si traggano i valori di riferimento della portata al colmo di piena, con assegnato tempo di ritorno, dalle elaborazioni eseguite dal Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale, oppure dai rapporti tecnici del progetto Va.Pi. messo a disposizione dal G.N.D.C.I.- C.N.R."*.

Il progetto VAPI sulla valutazione delle piene in Italia, portato avanti dalla Linea 1 del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche, si prefigge l'obiettivo di predisporre una procedura uniforme sull'intero territorio nazionale per la valutazione delle portate di piena naturali. Scopo di tale rapporto è quello di fornire uno strumento ed una guida ai ricercatori ed ai tecnici operanti sul territorio, per comprendere i fenomeni coinvolti nella produzione delle portate di piena naturali e per effettuare previsioni sui valori futuri delle piene in una sezione di un bacino naturale con il minimo possibile di incertezza.

L'approccio più moderno per lo studio degli eventi estremi in idrologia viene condotto con un insieme di procedure atte a trasferire l'informazione idrologica, nota come "analisi regionale". Alla base di un modello di regionalizzazione vi è la preventiva individuazione del meccanismo fisico-stocastico che spiega la distribuzione della variabile idrologica di interesse nello spazio e nel dominio di frequenza statistica.

La scelta del tipo di modello richiede la conoscenza di alcuni aspetti fondamentali legati alla qualità dell'informazione disponibile ed alla precisione richiesta dai risultati. Pertanto, la struttura del modello richiede la costruzione del risolutore numerico e un'attenta identificazione dei parametri di taratura. Numerosi studi sono stati condotti in Inghilterra, negli Stati Uniti ed in Italia su questi modelli a più parametri che sono noti in letteratura con gli acronimi GEV (Jenkinson,1955), Wakeby (Houghton 1978) e TCEV (Rossi e Versace,1982; Rossi et al. 1984). Questa ultima sigla deriva dall'espressione inglese *Two Component Extreme Value*, che rappresenta la distribuzione di probabilità corrispondente ad un certo evento estremo, sia che provenga dalla distribuzione statistica di eventi ordinari sia che provenga da quella degli eventi straordinari. A tal fine occorre sottolineare che la principale fonte di incertezza deriva proprio dagli eventi estremamente intensi che hanno caratteristiche di rarità in ogni sito e aleatorietà per quel che riguarda il sito ove potranno verificarsi nel futuro. Da ciò deriva il fatto che se in un punto eventi straordinari di un certo tipo non si siano verificati storicamente, ciò non è garanzia di sicurezza sulla loro non occorrenza nel futuro.

La metodologia propria del progetto VA.PI. effettua la regionalizzazione delle piogge su sei zone omogenee, in cui sono state suddivise la Puglia e la Campania, con formulazioni diverse per ognuna di esse.

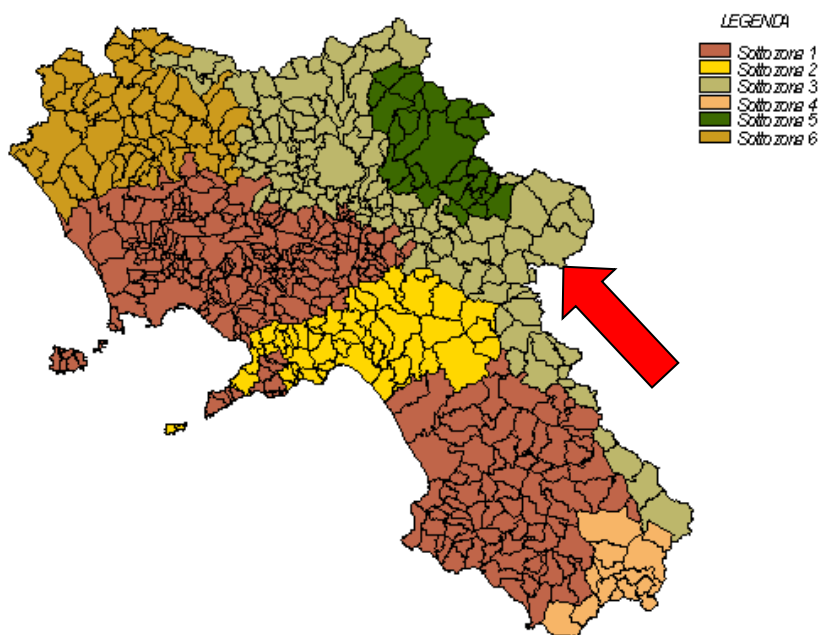
Lo studio idrologico per il *reblading* è stato condotto rifacendosi alle procedure individuate dal GNDCI del CNR nell'ambito degli studi per:

- la "Valutazione delle Piene in Puglia" (a cura di V. A. Copertino e M. Fiorentino, 1994), anche denominato "VAPI Puglia".
- la "Valutazione delle Piene in Campania" (a cura di Rossi F. e Villani, 1994) anche denominato "VAPI Campania".

L'identificazione dei parametri della distribuzione TCEV consente di costruire un modello regionale con struttura gerarchica, che utilizza tre differenti livelli di scala spaziale per la stima dei parametri del modello probabilistico utilizzato, in modo da ottimizzare l'informazione ricavabile dai dati disponibili e dal numero di stazioni della rete di misura.

La procedura VAPI Campania, prevede la suddivisione della regione in 6 zone pluviometriche e per ognuna di esse vengono forniti i parametri a base del calcolo statistico dei massimi annuali delle precipitazioni.

Calitri si trova nella zona 3



Comune di CALITRI (AV)

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

Realizzazione Impianto di Fitodepurazione di Acque Reflue in Località Orto di Cioglia e Campo delle Madonnelle

Analoga suddivisione su sei zone pluviometriche è applicata nella procedura VAPI Puglia.

Calitri si trova nella zona 4



La procedura per il calcolo delle precipitazioni e, quindi, delle portate di piena è stata effettuata mediante foglio Excell, applicando la metodica descritta dal VAPI Campania e dal VAPI Puglia.

Di seguito, a scopo esemplificativo, sono riportati i tabulati relativi al calcolo delle portate al colmo di piena con riferimento ad un tempo di ritorno di 200 anni (negli Allegati 3 e 4 sono riportati i tabulati completi di VAPI Campania e VAPI Puglia):

VAPI Campania BACINO DEL VALLONE CASCINA (Calitri)			
Tempo di ritorno pari ad anni 200			
VALUTAZIONE DEL COEFFICIENTE DI CRESCITA PROBABILISTICO			
Il metodo prevede l'uso di funzioni del tipo:			
$XT = KTx m(X)$			
dove XT può rappresentare il massimo annuale dell'intensità di pioggia			
massimo annuale delle portate al colmo di piena			
massimo annuale del volume di piena di durata fissata			
aventi tutti un periodo di ritorno T.			
m(X) rappresenta la media della distribuzione di X			
KT è il coefficiente di crescita probabilistico.			
Assegnato il tempo di ritorno T in anni : T= 200			
si hanno i due valori di KT validi per l'intera regione Campania:			
		KT(piogge)=	2,71
		KT(portate)=	3,53
		pioggia	portate
Parametri di forma e scala		$\vartheta^* =$	2,536
		$\Lambda^* =$	0,224
		$\Lambda 1 =$	37
		$\eta =$	4,909
		KT=	2,71
		T=	202
usare ricerca obiettivo (dati-analisi simulazione)			

Comune di CALITRI (AV)

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

Realizzazione Impianto di Fitodepurazione di Acque Reflue in Località Orto di Cioglia e Campo delle Madonnelle

VAPI Campania BACINO DEL VALLONE CASCINA (Calitri)			
Tempo di ritorno pari ad anni 200			
VALUTAZIONE DELLA PIENA MEDIA ANNUA			
Si definiscono le seguenti grandezze (in Km ²):			
Superficie carbonatica del bacino non coperta da bosco: A1 =			0,03
Superficie non carbonatica del bacino : A2 =			0,12
Superficie carbonatica del bacino con copertura boschiva: A3 =			0,06
Superficie per conche endoreiche: Ae =			0
REGRESSIONE EMPIRICA			
Si applica la seguente relazione empirica valida per l'intero bacino:			
$m(Q)=3,2160(A1+A2-Ae)^{0,7154}$			
si ottiene:	$m(Q)=$	1	mc/s
La portata con periodo di ritorno T (anni) = 200 è pari a:			
$QT=KT \times m(Q)=$		3	mc/s
MODELLO RAZIONALE			
Si applica la seguente relazione:			
$m(Q)=A \times C^{\circ} \times KA(tr) \times m(l(tr))/3,6$			
per i dati assegnati si ha che: il coefficiente di piena C°= 0,24714286			
il tempo di ritardo tr (in ore) = 0,1			
il fattore di riduzione areale valutato a tr, vale KA(tr) = 1,00			
la media del massimo annuale di intensità di pioggia a tr, m(l(tr))= 72,0			
sostituendo si ottiene: m(Q)=	1,0	mc/s	
La portata con periodo di ritorno T (anni) = 200 è pari a:			
$QT=KT \times m(Q)=$		4	mc/s
MODELLO GEOMORFOCLIMATICO			
Si applica la seguente relazione:			
$m(Q)=A \times C_f \times KA(d^*) \times m(l(d^*)) \times S(d^*)$			
S(d) è stato valutato con la formula integrale IUH di Nash.			
d* rappresenta il valore di d per il quale è massimo il prodotto KA(d)xm(l(d))xS(d)			
per i dati assegnati si ha che: il coefficiente di afflusso di piena Cf= 0,38			
il tempo di ritardo tr (in ore) = 0,1			
durata critica delle precipitazioni sul bacino d*= 0,3			
il fattore di riduzione areale valutato a d*, vale KA(d*) = 1,00			
la media del massimo annuale di intensità di pioggia a d*, m(l(d*))= 48			
il coefficiente di attenuazione di piena o funzione di picco S(d*)= 0,97			
sostituendo si ottiene: m(Q)=	1,0	mc/s	
La portata con periodo di ritorno T (anni) = 200 è pari a:			
$QT=KT \times m(Q)=$		4	mc/s

Comune di CALITRI (AV)

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

Realizzazione Impianto di Fitodepurazione di Acque Reflue in Località Orto di Cioglia e Campo delle Madonnelle

VAPI Puglia	BACINO DEL VALLONE CASCINA (Calitri)
Tempo di ritorno pari ad anni 200	
VALUTAZIONE DEL COEFFICIENTE DI CRESCITA PROBABILISTICO	
Il metodo prevede l'uso di funzioni del tipo:	
$XT = KT \times m(X)$	
dove XT può rappresentare il massimo annuale dell'intensità di pioggia	
massimo annuale delle portate al colmo di piena	
massimo annuale del volume di piena di durata fissata	
aventi tutti un periodo di ritorno T.	
m(X) rappresenta la media della distribuzione di X	
KT è il coefficiente di crescita probabilistico.	
Assegnato il tempo di ritorno T in anni : T= 200	
si hanno i due valori di KT validi per le zone 1, 2, 3, 4 della Puglia settentrionale:	
KT(piogge)= 2,76	
KT(portate)= 4,39	

VAPI Puglia	BACINO DEL VALLONE CASCINA (Calitri)
Tempo di ritorno pari ad anni 200	
VALUTAZIONE DELLA PIENA MEDIA ANNUA	
Si definiscono le seguenti grandezze (in Km ²):	
Superficie del bacino: A =	0,21
Superficie del bacino ad elevata permeabilità (carbonatica): A1 =	0,09
Superficie del bacino poco permeabile (non carbonatica): A2 =	0,12
Altezza media del bacino	429
Zona omogenea	4
MODELLO RAZIONALE	
Si applica la seguente relazione:	
$Q = A \times C^{\circ} \times KA(tr) \times I(tr) / 3,6$	
per i dati assegnati si ha che: il coefficiente di piena C°= 0,35857	
il tempo di ritardo del bacino tr (in ore) = 0,16	
il fattore di riduzione areale valutato a tr, vale KA(tr) = 1,00	
intensità di pioggia a tr, I(tr)= x(tr)/tr = 97,64	
sostituendo si ottiene: Q=	2,0 mc/s
La portata con periodo di ritorno T (anni) = 200 è pari a:	
QT=KT x Q =	9 mc/s

Le portate al colmo di piena del Vallone nella sezione corrispondente allo spigolo di valle del secondo bacino di fitodepurazione "B" calcolate con i due modelli VAPI per Campania e Puglia sono riassunte nella tabella che segue.

PORTATE AL COLMO DI PIENA DEL VALLONE CASCINA		
	VAPI Campania	VAPI Puglia
<i>Portata al colmo di piena a 30 anni in mc/s</i>	2.0	5.0
<i>Portata al colmo di piena a 200 anni in mc/s</i>	4.0	9.0
<i>Portata al colmo di piena a 500 anni in mc/s</i>	4.0	11.0

Data la differenza dei valori calcolati con i due modelli, per ovvi motivi di sicurezza, si sono effettuate le verifiche idrauliche con riferimento alle portate maggiori:

$$Q_{30} = 5 \text{ mc/s}$$

$$Q_{200} = 9 \text{ mc/s}$$

$$Q_{500} = 11 \text{ mc/s}$$

ANALISI IDRAULICA

L'analisi idraulica ha come obiettivo quello di verificare il comportamento del flusso idrico del corso d'acqua in esame. Si potranno calcolare i livelli dei tiranti idrici (l'altezza dell'acqua) e mappare le aree che verrebbero allagate durante una piena. Si deve anche verificare l'invarianza idraulica di nuove opere, quali l'impianto di fitodepurazione, per evitare che blocchino il libero deflusso dell'acqua.

Per effettuare uno studio del genere sono disponibili dei software economici e qualificati, quali HEC-RAS nelle sue varie versioni. Nel nostro caso, particolarmente semplice dal punto di vista orografico ed idraulico, si ritiene sufficiente verificare che il deflusso dell'onda di piena duecentennale possa avvenire naturalmente, senza ostacoli e difficoltà, nella sezione più stretta delimitata dalla sponda del canale e dalle opere di progetto.

La verifica verrà quindi condotta ipotizzando condizioni di moto uniforme nel canale a pelo libero in corrispondenza della sezione definita dallo spigolo a valle del 2° bacino di fitodepurazione e la sponda del Vallone.

La verifica è stata condotta applicando la formula Manning utilizzando un valore del coefficiente di scabrezza n pari a 0.035 sulle sponde e per il letto dell'alveo. Il valore adottato è quello usuale per alvei con presenza di vegetazione ed è cautelativo ai fini delle determinazioni idrauliche conseguenti.

Inoltre, il valore del coefficiente di Manning è stato scelto nell'ipotesi che l'alveo sia *"Clean, straight, full, no rifts or deep pools, but more stones and weeds"* (cfr tabella seguente), corrispondente ad alvei naturali interessati dalla presenza di pietre ed erbe, per meglio simulare il reale comportamento.

Trattandosi di corsi d'acqua naturali in cui non è evidente la differenza tra gola e savanella, a vantaggio di sicurezza è stato impiegato un coefficiente di scabrezza unico per l'intera sezione del canale.

1. Main Channels

a. Clean, straight, full, no rifts or deep pools	0.025	0.030	0.033
b. Same as above, but more stones and weeds	0.030	0.035	0.040

Valori del coefficiente di Manning ((Manning Table – Hec-Ras 3.1.3).

In modo analogo si è assegnato il valore di gamma $\gamma=2.30$ che è impiegato nella seconda formula di Bazin per calcolare il coefficiente di resistenza χ nel caso di alvei molto scabri o con ciottoli.

Si è, quindi, calcolata la scala di deflusso della sezione del Vallone corrispondente allo spigolo a valle del 2° bacino di fitodepurazione. La sezione è stata schematizzata come mostrato in figura (Allegato 2)

SCALA DI DEFLUSSO DI UNA SEZIONE RETTANGOLARE
tipo tratto

dati	B m	H0 m	H1 m	gamma(Bazin)	pendenza i %	n(Manning)
	2,850	0,000	1,300	2,300	3,100	0,035

TIRANTE h m	AREA mq	P. BAGNATCR. m	IDRAULICO m	K	V(Bazin) m/s	Q(Bazin) mc/s	V(Manning)	Q(Manning)
0,000	0,000	2,850	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	2,850	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	2,850	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	2,850	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,130	0,371	3,110	0,119	11,352	0,690	0,256	1,218	0,451
0,260	0,741	3,370	0,220	14,733	1,216	0,901	1,833	1,358
0,390	1,112	3,630	0,306	16,872	1,644	1,827	2,285	2,540
0,520	1,482	3,890	0,381	18,408	2,000	2,965	2,644	3,918
0,650	1,853	4,150	0,446	19,584	2,304	4,268	2,938	5,443
0,780	2,223	4,410	0,504	20,521	2,565	5,703	3,186	7,083
0,910	2,594	4,670	0,555	21,290	2,794	7,245	3,399	8,815
1,040	2,964	4,930	0,601	21,935	2,995	8,876	3,583	10,621
1,170	3,335	5,190	0,642	22,484	3,173	10,581	3,746	12,490
1,300	3,705	6,875	0,539	21,050	2,721	10,080	3,331	12,343

Come si vede la portata di piena duecentennale verrebbe smaltita dal Vallone nelle condizioni attuali con un tirante di circa un metro, impegnando soltanto il canale con la parete in cls, senza utilizzare le due possibili golene: quella determinata dalla strada esistente che costeggia il Vallone e quella che verrebbe creata con la realizzazione della recinzione dell'impianto parallela al letto del Vallone.

CONCLUSIONI

Dai risultati desunti in questo studio di compatibilità idrologica ed idraulica si è potuto calcolare il valore della portata al colmo di piena per il bacino idrografico del Vallone Cascina nella sezione di chiusura corrispondente all'impianto di fitodepurazione, sito, quest'ultimo, a meno di 150 m dalla sponda del Vallone.

Considerata l'entità della portata ricavata per l' asta torrentizia di interesse e la destinazione d'uso del terreno posto nelle vicinanze dell'area, si può certamente affermare che il passaggio delle portate di piena (a 30 anni, 200 anni e 500 anni) non determina situazioni di pericolo per l'area e per le opere a farsi e non interferisce con l'impianto di fitodepurazione.

Quindi **la realizzazione dell'impianto di fitodepurazione in località Orto di Cioglia del Comune di Calitri (AV), oltre a non essere interessata dagli eventi di piena, non comporterà alcuna modifica al perimetro delle aree ad alta probabilità di inondazione (AP), media probabilità di inondazione (MP) e bassa probabilità di inondazione (BP) (corrispondenti rispettivamente al passaggio nella lama delle portate di piena aventi tempo di ritorno pari a 30, 200 e 500 anni) e nessuna variazione del livello di sicurezza delle aree adiacenti.**

In ragione della tipologia di interventi previsti si può concludere che gli interventi, in generale, non avranno impatti significativi sull'ambiente se non quello legato alla fase di cantiere. Ad opere ultimate invece si avranno dei sensibili benefici per l'ambiente legati alla migliorata qualità delle acque scaricate nei corsi d'acqua esistenti.

Avellino, Settembre 2026

il Progettista: ing. Raffaele VALENTINO



ALLEGATI

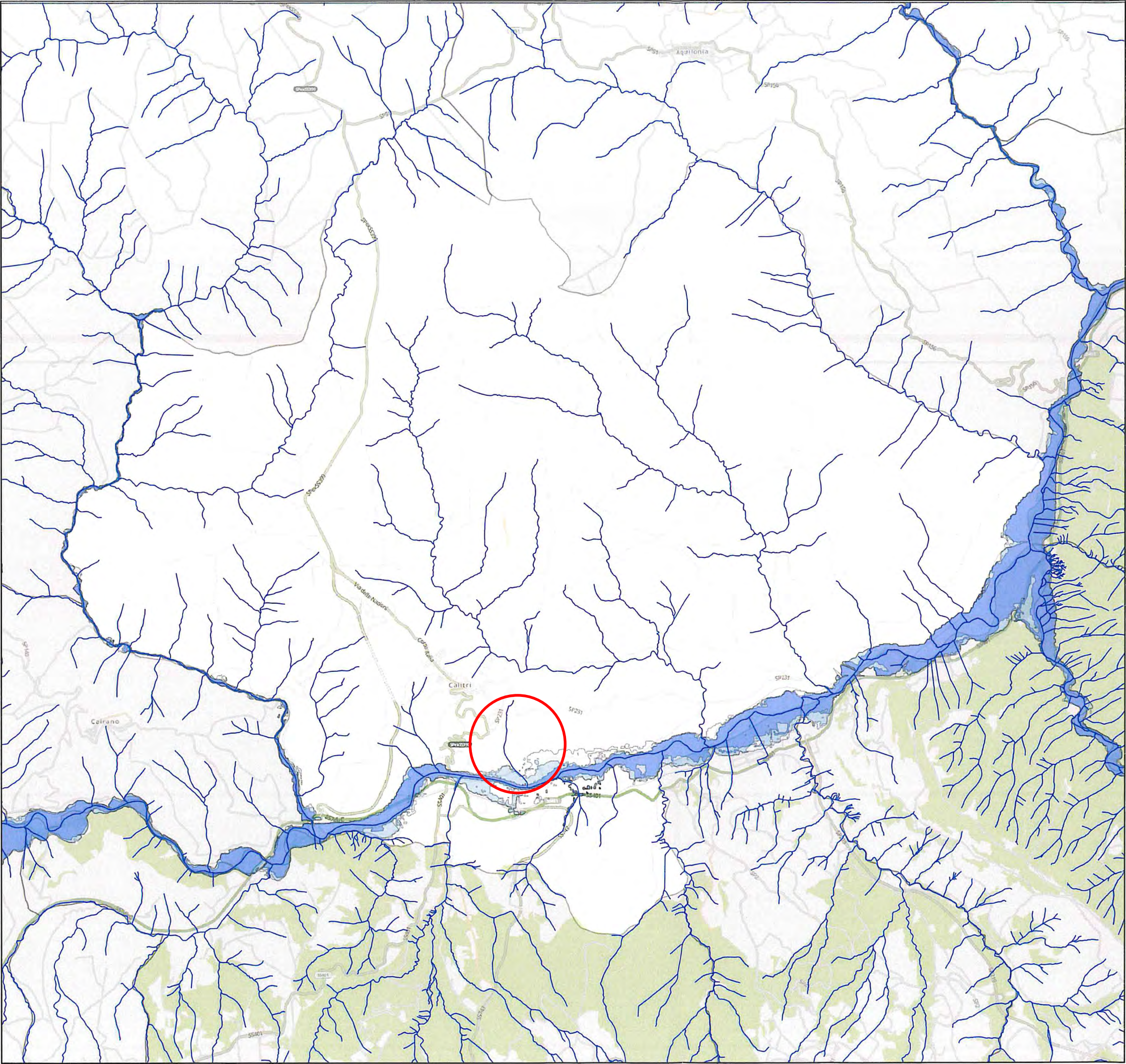
All.1 planimetria della Variante al PAI

All.2 planimetria del bacino idrografico del Vallone Cascina

All.3 tabulati di VAPI Campania

All.4 tabulati di VAPI Puglia

Foto del Vallone Cascina

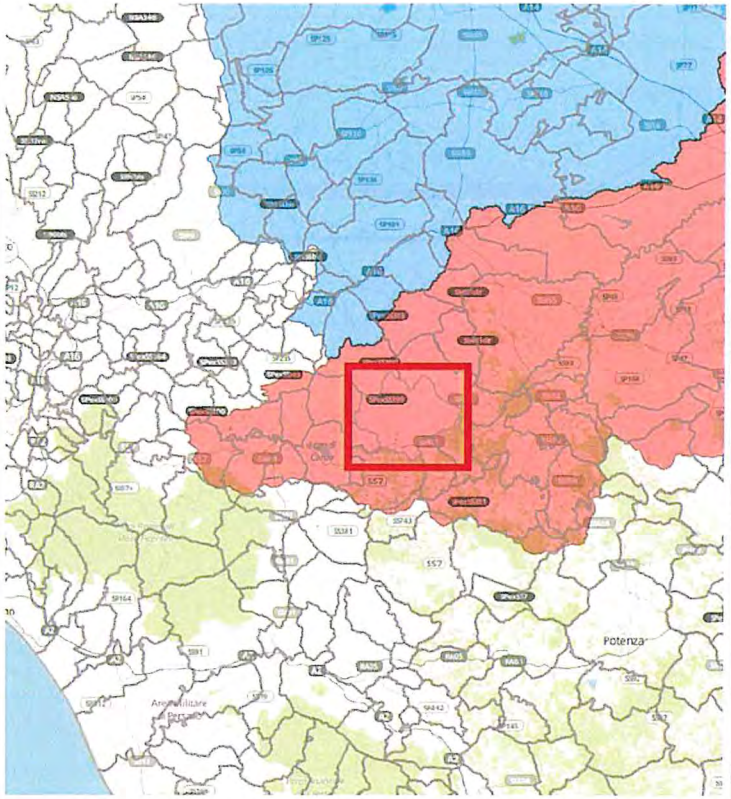


Autonomia di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale

Procedimento di Variante al PAI
Delibera n. 1 e n. 2 della C.I.P. del 20/12/2019
Decreto del S.G. n. 210 del 9/4/20 e n. 248 del 4/5/20

UoM Puglia Ofanto ITR161I020
PGRA - Ambito Territoriale Omogeneo Ofanto
Comune di Calitri (AV)

INQUADRAMENTO



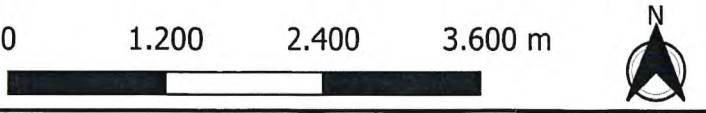
Legenda

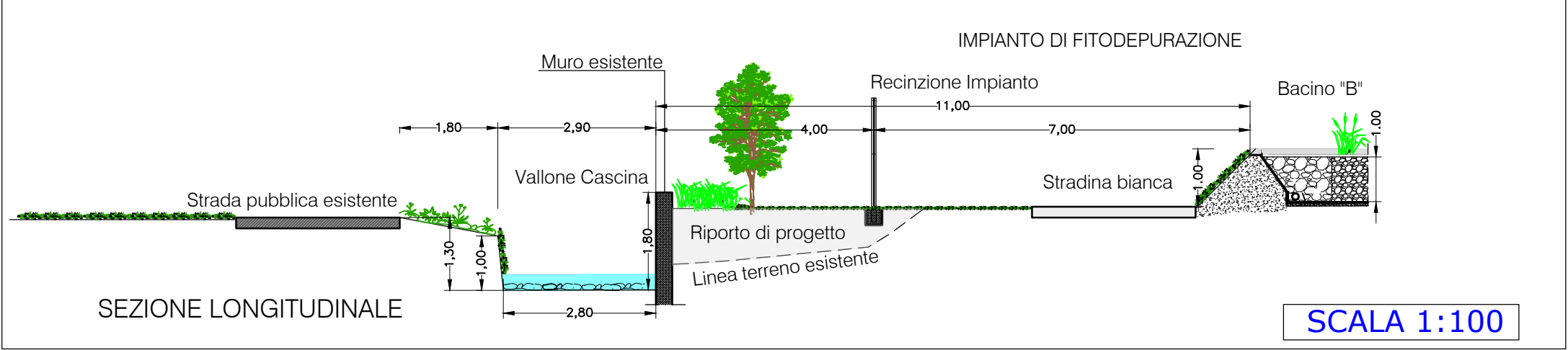
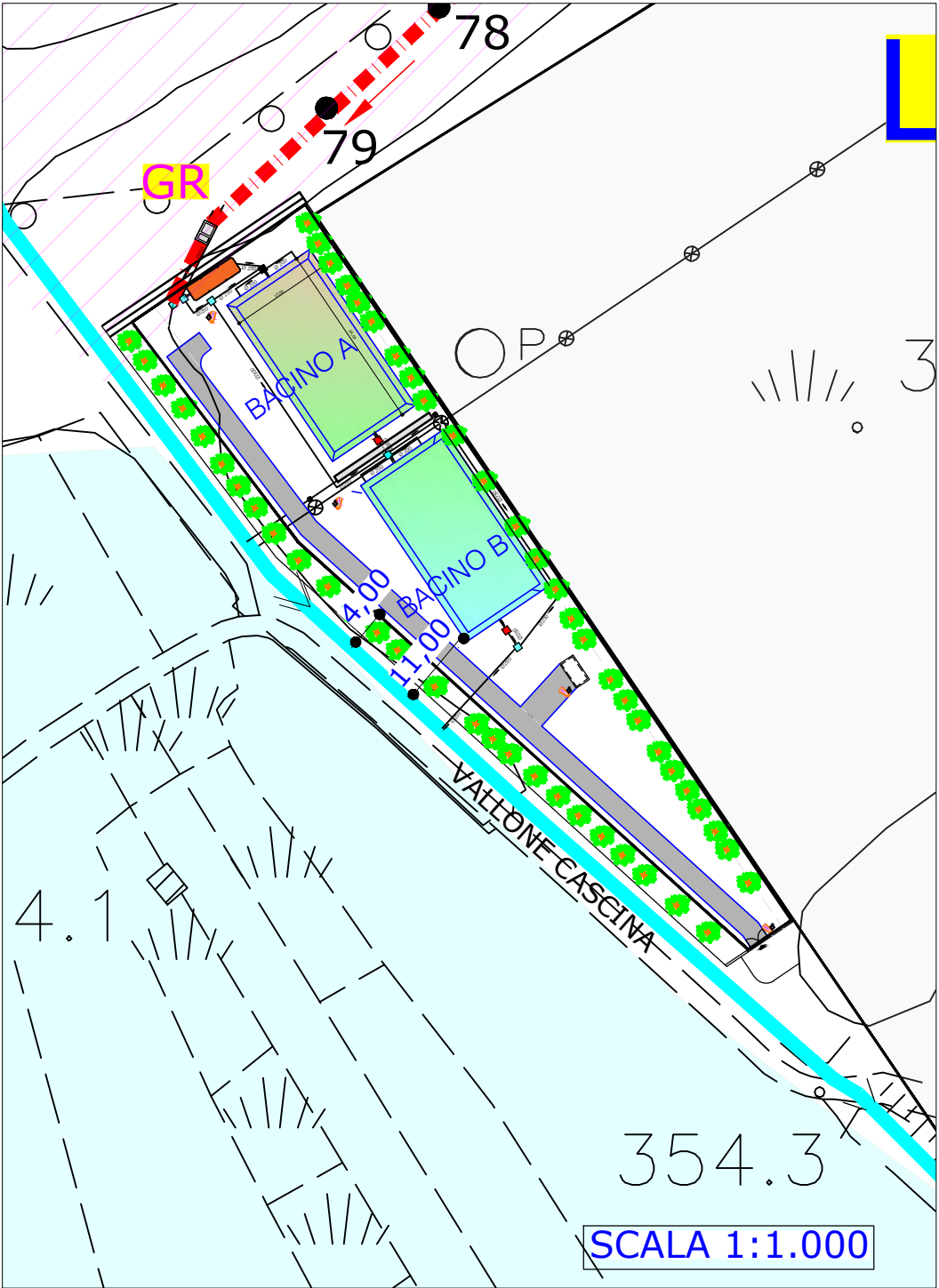
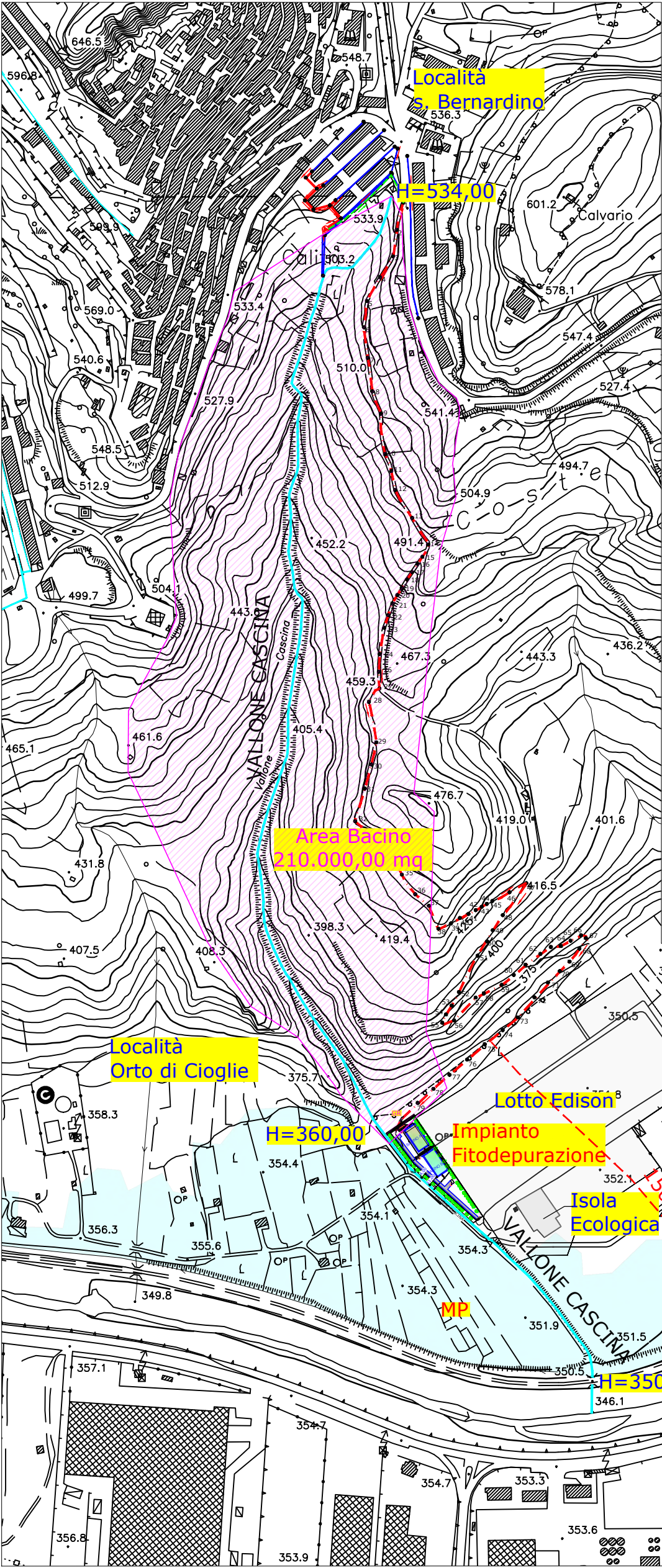
VARIANTE - PAI - ASSETTO IDRAULICO

- AP
- MP
- BP
- Reticolo Idrografico
- Limiti comunali

Ambiti_UOM

- ARCO IONICO
- BARI E BRINDISI
- FIUMI SETTENTRIONALI
- GARGANO
- OFANTO
- SALENTO





VAPI Campania **BACINO DEL VALLONE CASCINA (Calitri)**
Tempo di ritorno pari ad anni 30

VALUTAZIONE DEL COEFFICIENTE DI CRESCITA PROBABILISTICO

Il metodo prevede l'uso di funzioni del tipo:

$$X_T = K_T \times \mu(X)$$

dove X_T può rappresentare il massimo annuale dell'intensità di pioggia
 massimo annuale delle portate al colmo di piena
 massimo annuale del volume di piena di durata fissata
 aventi tutti un periodo di ritorno T .

$\mu(X)$ rappresenta la media della distribuzione di X

K_T è il coefficiente di crescita probabilistico.

Assegnato il tempo di ritorno T in anni : $T = 30$

si hanno i due valori di K_T validi per l'intera regione Campania:

$$K_T(\text{piogge}) = 1,88$$

$$K_T(\text{portate}) = 2,26$$

		pioggia	portate
Parametri di forma e scala	$\vartheta^* =$	2,536	2,634
	$\Lambda^* =$	0,224	0,35
	$\Lambda 1 =$	37	13
	$\eta =$	4,909	3,901
	$K_T =$	1,88	2,26
	$T =$	36	29

usare ricerca obiettivo (dati-analisi simulazione)

LEGGE DI PROBABILITA' PLUVIOMETRICA

$$\mu[I(d)] = \frac{\mu(I_0)}{\left(1 + \frac{d}{d_c}\right)^{(C-Dz)}}$$

Rappresenta la funzione che da la variazione in funzione di d della media del massimo annuale dell'intensità di pioggia per piogge di durata d ($\mu(h(d))=dx\mu(I(d))$).

z è l'altezza sul livello del mare

gli altri parametri sono funzione della zona omogenea.

Zona omogenea **A3**
 si ha $d_c = 0,0976$ hr
 $\mu(I_0) = 116,7$ mm/hr
 $C = 0,736$
 $D = 0,0000873$

 $z = 429$ m s.l.m.

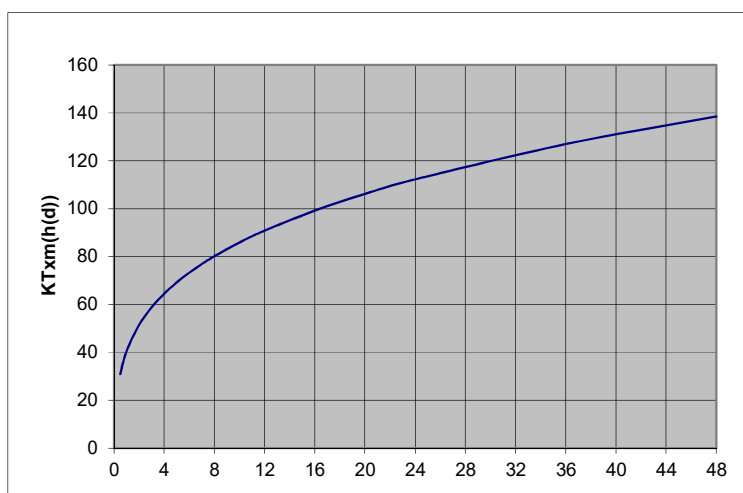
La valutazione dell'altezza di pioggia sull'intero bacino (pioggia media areale) si ottiene moltiplicando $\mu(h(d))$ per il fattore di riduzione areale $KA(d)$

$$KA(d) = 1 - (1 - \exp(-0,0021A)) \exp(-0,53d^{0,25})$$

dove A è l'area del bacino in kmq.

Area bacino A= **0,21** Km²

d (hr)	$\mu(h(d))$ mm	KA(d)	$\mu(hA(d))$ mm	per periodo di ritorno T= 30	
				$KTx\mu(h(d))$	$KTx\mu(hA(d))$
0,5	16	1,00	16	31	31
1	22	1,00	22	40	40
2	27	1,00	27	51	51
3	31	1,00	31	59	59
4	34	1,00	34	64	64
5	37	1,00	37	69	69
6	39	1,00	39	73	73
7	41	1,00	41	77	77
8	43	1,00	43	80	80
10	46	1,00	46	86	86
12	48	1,00	48	91	91
16	53	1,00	53	99	99
20	56	1,00	56	106	106
24	60	1,00	60	112	112
36	68	1,00	68	127	127
48	74	1,00	74	139	139



VALUTAZIONE DELLA PIENA MEDIA ANNUA

Si definiscono le seguenti grandezze (in Km²):

Superficie carbonatica del bacino non coperta da bosco: A1 =	0,03
Superficie non carbonatica del bacino : A2 =	0,12
Superficie carbonatica del bacino con copertura boschiva: A3 =	0,06
Superficie per conche endoreiche: Ae =	0

REGRESSIONE EMPIRICA

Si applica la seguente relazione empirica valida per l'intero bacino:

$$\mu(Q)=3,2160(A1+A2-Ae)^{0,7154}$$

si ottiene: $\mu(Q)=$ 1 mc/s

La portata con periodo di ritorno T (anni) = 30 è pari a:

$$QT=KT \times \mu(Q)= 2 \text{ mc/s}$$

MODELLO RAZIONALE

Si applica la seguente relazione:

$$\mu(Q)=A \times C^{\circ} \times KA(tr) \times \mu(I(tr))/3,6$$

per i dati assegnati si ha che: il coefficiente di piena $C^{\circ}= 0,24714286$

il tempo di ritardo tr (in ore) = 0,1

il fattore di riduzione areale valutato a tr , vale $KA(tr) = 1,00$

la media del massimo annuale di intensità di pioggia a tr , $\mu(I(tr))= 72,0$

sostituendo si ottiene: $\mu(Q)=$ 1,0 mc/s

La portata con periodo di ritorno T (anni) = 30 è pari a:

$$QT=KT \times \mu(Q)= 2 \text{ mc/s}$$

MODELLO GEOMORFOCLIMATICO

Si applica la seguente relazione:

$$\mu(Q)=A \times C_f \times KA(d^*) \times \mu(I(d^*)) \times S(d^*)$$

$S(d)$ è stato valutato con la formula integrale IUH di Nash.

d^* rappresenta il valore di d per il quale è massimo il prodotto $KA(d) \times \mu(I(d)) \times S(d)$

per i dati assegnati si ha che: il coefficiente di afflusso di piena $C_f= 0,38$

il tempo di ritardo tr (in ore) = 0,1

durata critica delle precipitazioni sul bacino $d^*= 0,3$

il fattore di riduzione areale valutato a d^* , vale $KA(d^*) = 1,00$

la media del massimo annuale di intensità di pioggia a d^* , $\mu(I(d^*))= 48$

il coefficiente di attenuazione di piena o funzione di picco $S(d^*)= 0,97$

sostituendo si ottiene: $\mu(Q)=$ 1,0 mc/s

La portata con periodo di ritorno T (anni) = 30 è pari a:

$$QT=KT \times \mu(Q)= 2 \text{ mc/s}$$

VALUTAZIONE DEL COEFFICIENTE DI CRESCITA PROBABILISTICO

Il metodo prevede l'uso di funzioni del tipo:

$$X_T = K_T \times \mu(X)$$

dove X_T può rappresentare il massimo annuale dell'intensità di pioggia
 massimo annuale delle portate al colmo di piena
 massimo annuale del volume di piena di durata fissata
 aventi tutti un periodo di ritorno T .

$\mu(X)$ rappresenta la media della distribuzione di X

K_T è il coefficiente di crescita probabilistico.

Assegnato il tempo di ritorno T in anni : $T = 200$

si hanno i due valori di K_T validi per l'intera regione Campania:

$$K_T(\text{piogge}) = 2,71$$

$$K_T(\text{portate}) = 3,53$$

		pioggia	portate
Parametri di forma e scala	$\vartheta^* =$	2,536	2,634
	$\Lambda^* =$	0,224	0,35
	$\Lambda 1 =$	37	13
	$\eta =$	4,909	3,901
	$K_T =$	2,71	3,53
	$T =$	202	201

usare ricerca obiettivo (dati-analisi simulazione)

LEGGE DI PROBABILITA' PLUVIOMETRICA

$$\mu[I(d)] = \frac{\mu(I_0)}{\left(1 + \frac{d}{d_c}\right)^{(C-Dz)}}$$

Rappresenta la funzione che da la variazione in funzione di d della media del massimo annuale dell'intensità di pioggia per piogge di durata d ($\mu(h(d))=dx\mu(I(d))$).

z è l'altezza sul livello del mare

gli altri parametri sono funzione della zona omogenea.

Zona omogenea **A3**
 si ha $d_c= 0,0976$ hr
 $\mu(I_0)= 116,7$ mm/hr
 $C= 0,736$
 $D= 0,0000873$

$z= 429$ m s.l.m.

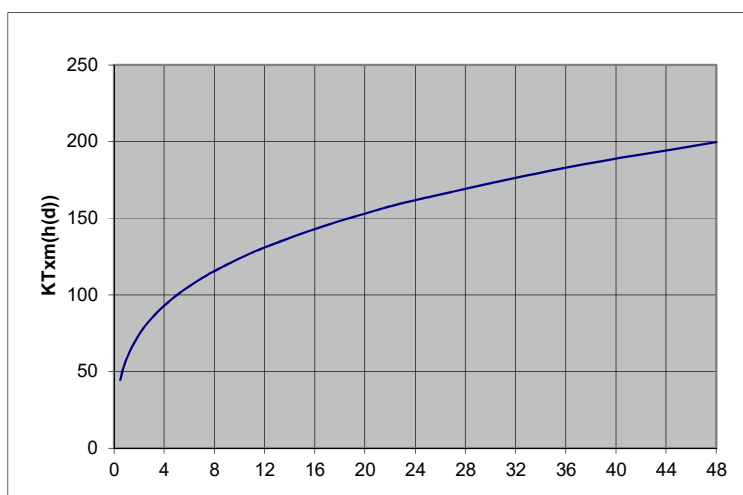
La valutazione dell'altezza di pioggia sull'intero bacino (pioggia media areale) si ottiene moltiplicando $\mu(h(d))$ per il fattore di riduzione areale $KA(d)$

$$KA(d) = 1 - (1 - \exp(-0,0021A)) \exp(-0,53d^{0,25})$$

dove A è l'area del bacino in kmq.

Area bacino A= **0,21** Km²

d (hr)	$\mu(h(d))$ mm	KA(d)	$\mu(hA(d))$ mm	per periodo di ritorno T= 200	
				$KTx\mu(h(d))$	$KTx\mu(hA(d))$
0,5	16	1,00	16	45	45
1	22	1,00	22	58	58
2	27	1,00	27	74	74
3	31	1,00	31	85	85
4	34	1,00	34	93	93
5	37	1,00	37	100	100
6	39	1,00	39	106	106
7	41	1,00	41	111	111
8	43	1,00	43	116	116
10	46	1,00	46	124	124
12	48	1,00	48	131	131
16	53	1,00	53	143	143
20	56	1,00	56	153	153
24	60	1,00	60	162	162
36	68	1,00	68	183	183
48	74	1,00	74	200	200



VALUTAZIONE DELLA PIENA MEDIA ANNUA

Si definiscono le seguenti grandezze (in Km²):

Superficie carbonatica del bacino non coperta da bosco: A1 =	0,03
Superficie non carbonatica del bacino : A2 =	0,12
Superficie carbonatica del bacino con copertura boschiva: A3 =	0,06
Superficie per conche endoreiche: Ae =	0

REGRESSIONE EMPIRICA

Si applica la seguente relazione empirica valida per l'intero bacino:

$$\mu(Q)=3,2160(A1+A2-Ae)^{0,7154}$$

si ottiene: $\mu(Q)=$ 1 mc/s

La portata con periodo di ritorno T (anni) = 200 è pari a:

$$QT=KT \times \mu(Q)=$$
 3 mc/s

MODELLO RAZIONALE

Si applica la seguente relazione:

$$\mu(Q)=A \times C^{\circ} \times KA(tr) \times \mu(I(tr))/3,6$$

per i dati assegnati si ha che: il coefficiente di piena $C^{\circ}= 0,24714286$

il tempo di ritardo tr (in ore) = 0,1

il fattore di riduzione areale valutato a tr , vale $KA(tr) = 1,00$

la media del massimo annuale di intensità di pioggia a tr , $\mu(I(tr))= 72,0$

sostituendo si ottiene: $\mu(Q)=$ 1,0 mc/s

La portata con periodo di ritorno T (anni) = 200 è pari a:

$$QT=KT \times \mu(Q)=$$
 4 mc/s

MODELLO GEOMORFOCLIMATICO

Si applica la seguente relazione:

$$\mu(Q)=A \times C_f \times KA(d^*) \times \mu(I(d^*)) \times S(d^*)$$

$S(d)$ è stato valutato con la formula integrale IUH di Nash.

d^* rappresenta il valore di d per il quale è massimo il prodotto $KA(d) \times \mu(I(d)) \times S(d)$

per i dati assegnati si ha che: il coefficiente di afflusso di piena $C_f= 0,38$

il tempo di ritardo tr (in ore) = 0,1

durata critica delle precipitazioni sul bacino $d^*= 0,3$

il fattore di riduzione areale valutato a d^* , vale $KA(d^*) = 1,00$

la media del massimo annuale di intensità di pioggia a d^* , $\mu(I(d^*))= 48$

il coefficiente di attenuazione di piena o funzione di picco $S(d^*)= 0,97$

sostituendo si ottiene: $\mu(Q)=$ 1,0 mc/s

La portata con periodo di ritorno T (anni) = 200 è pari a:

$$QT=KT \times \mu(Q)=$$
 4 mc/s

VALUTAZIONE DEL COEFFICIENTE DI CRESCITA PROBABILISTICO

Il metodo prevede l'uso di funzioni del tipo:

$$X_T = K_T \times \mu(X)$$

dove X_T può rappresentare il massimo annuale dell'intensità di pioggia
massimo annuale delle portate al colmo di piena
massimo annuale del volume di piena di durata fissata
aventi tutti un periodo di ritorno T .

$\mu(X)$ rappresenta la media della distribuzione di X

K_T è il coefficiente di crescita probabilistico.

Assegnato il tempo di ritorno T in anni : $T = 500$

si hanno i due valori di K_T validi per l'intera regione Campania:

$$K_T(\text{piogge}) = 3,17$$

$$K_T(\text{portate}) = 4,14$$

		pioggia	portate
Parametri di forma e scala	$\vartheta^* =$	2,536	2,634
	$\Lambda^* =$	0,224	0,35
	$\Lambda 1 =$	37	13
	$\eta =$	4,909	3,901
	$K_T =$	3,17	4,14
	$T =$	496	497

usare ricerca obiettivo (dati-analisi simulazione)

LEGGE DI PROBABILITA' PLUVIOMETRICA

$$\mu[I(d)] = \frac{\mu(I_0)}{\left(1 + \frac{d}{d_c}\right)^{(C-Dz)}}$$

Rappresenta la funzione che da la variazione in funzione di d della media del massimo annuale dell'intensità di pioggia per piogge di durata d ($\mu(h(d))=dx\mu(I(d))$).

z è l'altezza sul livello del mare

gli altri parametri sono funzione della zona omogenea.

Zona omogenea **A3**
 si ha $d_c= 0,0976$ hr
 $\mu(I_0)= 116,7$ mm/hr
 $C= 0,736$
 $D= 0,0000873$

$z= 429$ m s.l.m.

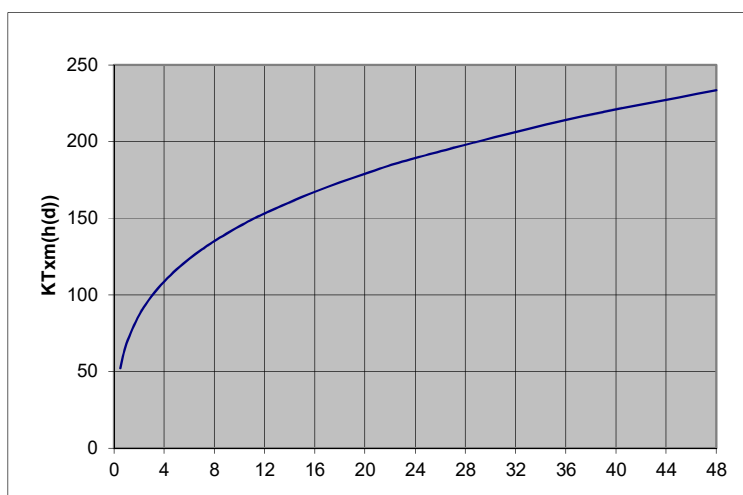
La valutazione dell'altezza di pioggia sull'intero bacino (pioggia media areale) si ottiene moltiplicando $\mu(h(d))$ per il fattore di riduzione areale $KA(d)$

$$KA(d) = 1 - (1 - \exp(-0,0021A)) \exp(-0,53d^{0,25})$$

dove A è l'area del bacino in kmq.

Area bacino $A= 0,21$ Km²

d (hr)	$\mu(h(d))$ mm	KA(d)	$\mu(hA(d))$ mm	per periodo di ritorno T= 500	
				$KTx\mu(h(d))$	$KTx\mu(hA(d))$
0,5	16	1,00	16	52	52
1	22	1,00	22	68	68
2	27	1,00	27	87	87
3	31	1,00	31	99	99
4	34	1,00	34	109	109
5	37	1,00	37	117	117
6	39	1,00	39	124	124
7	41	1,00	41	130	130
8	43	1,00	43	135	135
10	46	1,00	46	145	145
12	48	1,00	48	153	153
16	53	1,00	53	167	167
20	56	1,00	56	179	179
24	60	1,00	60	189	189
36	68	1,00	68	214	214
48	74	1,00	74	234	234



VALUTAZIONE DELLA PIENA MEDIA ANNUA

Si definiscono le seguenti grandezze (in Km²):

Superficie carbonatica del bacino non coperta da bosco: A1 =	0,03
Superficie non carbonatica del bacino : A2 =	0,12
Superficie carbonatica del bacino con copertura boschiva: A3 =	0,06
Superficie per conche endoreiche: Ae =	0

REGRESSIONE EMPIRICA

Si applica la seguente relazione empirica valida per l'intero bacino:

$$\mu(Q) = 3,2160(A1 + A2 - Ae)^{0,7154}$$

si ottiene: $\mu(Q) = 1$ mc/s

La portata con periodo di ritorno T (anni) = 500 è pari a:

$$QT = KT \times \mu(Q) = 3 \text{ mc/s}$$

MODELLO RAZIONALE

Si applica la seguente relazione:

$$\mu(Q) = A \times C^{\circ} \times KA(tr) \times \mu(I(tr)) / 3,6$$

per i dati assegnati si ha che: il coefficiente di piena $C^{\circ} = 0,24714286$

il tempo di ritardo tr (in ore) = 0,1

il fattore di riduzione areale valutato a tr , vale $KA(tr) = 1,00$

la media del massimo annuale di intensità di pioggia a tr , $\mu(I(tr)) = 72,0$

sostituendo si ottiene: $\mu(Q) = 1,0$ mc/s

La portata con periodo di ritorno T (anni) = 500 è pari a:

$$QT = KT \times \mu(Q) = 4 \text{ mc/s}$$

MODELLO GEOMORFOCLIMATICO

Si applica la seguente relazione:

$$\mu(Q) = A \times C_f \times KA(d^*) \times \mu(I(d^*)) \times S(d^*)$$

$S(d)$ è stato valutato con la formula integrale IUH di Nash.

d^* rappresenta il valore di d per il quale è massimo il prodotto $KA(d) \times \mu(I(d)) \times S(d)$

per i dati assegnati si ha che: il coefficiente di afflusso di piena $C_f = 0,38$

il tempo di ritardo tr (in ore) = 0,1

durata critica delle precipitazioni sul bacino $d^* = 0,3$

il fattore di riduzione areale valutato a d^* , vale $KA(d^*) = 1,00$

la media del massimo annuale di intensità di pioggia a d^* , $\mu(I(d^*)) = 48$

il coefficiente di attenuazione di piena o funzione di picco $S(d^*) = 0,97$

sostituendo si ottiene: $\mu(Q) = 1,0$ mc/s

La portata con periodo di ritorno T (anni) = 500 è pari a:

$$QT = KT \times \mu(Q) = 4 \text{ mc/s}$$

7. SINTESI DEL RAPPORTO REGIONALE CAMPANIA

7.1 Premessa

In questa breve nota vengono sintetizzati i risultati salienti del Progetto VAPI per la stima delle portate di assegnato tempo di ritorno, per qualsiasi sezione del reticolo idrografico dei corsi d'acqua monitorati dal Compartimento di Napoli del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (SIMN).

La sintesi è stata articolata con riferimento a:

- indagini effettuate nella modellazione dei dati pluviometrici ed idrometrici della regione, contenute nel Rapporto Regionale pubblicato, *Valutazione delle Piene in Campania* [Rossi e Villani, 1995];
- indagini derivate da analisi e materiali effettuati in data successiva, che costituiscono la base per l'aggiornamento del Rapporto stesso, che si prevede sarà effettuato durante il prossimo triennio di attività dell'U.O. 1.9 del GNDCl, presso il CUGRI e l'Università di Salerno.

La presentazione sintetica dei risultati, che si riporta nel seguito, fornisce unicamente le indicazioni essenziali all'applicazione delle procedure proposte.

7.2 Base dati utilizzata

7.2.1 Pluviometria

L'area interessata dallo studio riguarda i bacini del versante Tirrenico che vanno dal F. Liri-Garigliano al F. Bussento. I dati idropluviometrici relativi sono gestiti dalla sezione di Napoli del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (SIMN).

La rete pluviometrica del SIMI al 1980 risultava composta da 319 stazioni di misura delle piogge con almeno 10 anni di osservazione, di cui 227 ricadono all'interno dell'area di studio; in particolare, 44 di esse posseggono anche 10 o più anni di osservazioni pluviografiche relative ai massimi annuali delle altezze di pioggia di durata inferiore al giorno.

7.2.2 Idrometria

L'area relativa al presente studio riguarda solamente i bacini del versante Tirrenico della Campania, mentre quelli sul versante Adriatico sono stati esaminati da Copertino e Fiorentino [1992]; nello stesso tempo, una parte dei bacini del Sele, del Volturno e del Liri-Garigliano ricade in regioni limitrofe alla Campania, per cui, complessivamente, l'area indagata non coincide del tutto con i limiti amministrativi della Regione Campania.

La consistenza della rete di misura idrometrica è molto variata nel corso degli anni; nel 1970 risultavano complessivamente, per il Compartimento di Napoli, 29 stazioni idrometriche. Considerando anche stazioni dismesse nel tempo si arriva, per le portate giornaliere, a 33 stazioni idrometriche con almeno 5 anni di registrazioni.

Si distinguono nel seguito i dati relativi a:

- **massimi annuali delle portate giornaliere ed a più giorni consecutivi:** il data-base complessivo riguarda 33 stazioni idrometriche con numerosità fra 5 e 37 anni;
- **massimi annuali delle portate istantanee:** si tratta complessivamente di 36 stazioni idrometrografiche con numerosità compresa fra 5 e 46 anni.
- **massimi annuali delle portate in più ore consecutive:** in tal caso si tratta di dati che nella quasi totalità non sono mai stati pubblicati e sono stati ricavati appositamente ricorrendo alla

lettura delle strisce idrometrografiche originali o delle tabelle in cui il dato idrometrico è stato già corretto, attraverso la scala di deflusso appropriata, in dato di portata. Complessivamente sono stati analizzati 1214 idrogrammi di piena e sono state ottenute 25 serie idrometrografiche con numerosità fra i 4 ed i 36 anni per durate fra 0.5 e 48 ore.

7.3 Leggi di variazione dei coefficienti di crescita con il periodo di ritorno

7.3.1 Pluviometria

7.3.1.1 Piogge giornaliere

Fissati i parametri di forma e di scala della distribuzione di probabilità cumulata (DPC) all'interno della sottozona pluviometrica omogenea previamente identificata, resta univocamente determinata la relazione fra periodo di ritorno T e valore del coefficiente di crescita K_T :

$$T = \frac{1}{1 - F_K(k)} = \frac{1}{1 - \exp(-\Lambda_1 e^{-\eta k} - \Lambda_* \Lambda_1^{1/\theta_*} e^{-\eta k/\theta_*})} \quad (7.1)$$

I parametri ottenuti per l'intero compartimento di Napoli sono riportati in Tab. 1.

Piogge	$\theta_* = 2.136$	$\Lambda_* = 0.224$	$\Lambda_1 = 41$	$\eta = 4.688$
--------	--------------------	---------------------	------------------	----------------

Tab. 7.1: Parametri della distribuzione di probabilità dei massimi annuali delle piogge in Campania

Più utile dal punto di vista pratico è la forma inversa della (7.1) per cui, fissato un valore T del periodo di ritorno, si ricava il corrispondente valore del coefficiente di crescita K_T . Per la distribuzione TCEV tale relazione non è analiticamente ottenibile. Si riportano di seguito, nella Tab. 7.2, i valori di K_T ottenuti numericamente dalla (7.1) per alcuni valori del periodo di ritorno.

T (anni)	2	5	10	20	25	40	50	100	200	500	1000
K_T (piogge)	0.93	1.22	1.43	1.65	1.73	1.90	1.98	2.26	2.55	2.95	3.26

Tab. 7.2: valori teorici del coefficiente probabilistico di crescita K_T per le piogge in Campania, per alcuni valori del periodo di ritorno T .

Nelle pratiche approssimazioni, è possibile anche fare riferimento ad una espressione semplificata del tipo:

$$K_T = \left(\frac{\theta_* \ln \Lambda_*}{\eta} + \frac{\ln \Lambda_1}{\eta} \right) + \frac{\theta_*}{\eta} \ln T \quad (7.2)$$

che, dati i valori assunti dai parametri della distribuzione TCEV in Campania, diventa:

$$K_T = 0.110 + 0.456 \ln T \quad (7.3)$$

Per valori del periodo di ritorno superiori a 25 anni, l'errore nell'uso delle (7.33) in luogo della (7.1) è sempre inferiore al 10 %.

7.3.1.2 Piogge brevi

Solitamente si assume che il fattore probabilistico di crescita sia costante al variare della durata soprattutto a causa del numero ridotto di serie storiche disponibili per tale analisi e della loro generalmente più piccola dimensione campionaria [ad es., Versace et al., 1989], che non ne permettono un'analisi sistematica come nel caso delle piogge giornaliere.

In Campania, il S.I.M.N. gestisce 68 stazioni pluviografiche con serie $n \geq 10$ anni dei massimi annuali delle altezze di pioggia h_d per $d = 1, 3, 6, 12$ e 24 ore consecutive, per un totale di 1957 anni-stazione ed una numerosità media di 26 anni, ma un'ampia variabilità campionaria. La consistenza di tale rete è, quindi, di gran lunga inferiore a quella pluviometrica; inoltre, le piccole dimensioni campionarie renderebbero inaffidabili le stime dei parametri statistici necessarie per l'analisi al primo e secondo livello di regionalizzazione.

Un test per la verifica dell'ipotesi che i parametri di forma e di scala dei massimi annuali delle piogge giornaliere siano validi anche per le h_d non possa essere rigettata, è stato effettuato confrontando la distribuzione osservata dei coefficienti di asimmetria C_s e di variazione C_v per le h_d , con quella campionaria teorica ottenuta con simulazioni MonteCarlo per 5000 serie sintetiche aventi assortimento di dimensioni simile a quello delle serie osservate (vedi anche la Tab. 7.3).

Ca	Valori teorici	Valori osservati				
	campionari	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Media	1.284	1.128	1.195	1.229	1.289	1.191
Varianza	0.539	0.622	0.683	0.743	0.757	0.699
Cv	Valori teorici	Valori osservati				
	campionari	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Media	0.363	0.417	0.434	0.423	0.411	0.388
Varianza	0.006	0.015	0.023	0.023	0.020	0.014

Tabella 7.3: valori osservati e teorici dei parametri statistici campionari Ca e Cv per i massimi annuali delle altezze di pioggia di diversa durata.

7.3.2 Idrometria

7.3.2.1 Portate istantanee al colmo di piena

Al primo livello di regionalizzazione, Fiorentino et al. [1987] hanno mostrato che l'Italia Appenninica, inclusa la Sicilia ed esclusa parte della Liguria, può essere considerata una zona omogenea. Utilizzando una procedura di stima di Massima Verosimiglianza (MV), sono state utilizzate 28 serie di piena annuale (SPA) aventi $n \geq 35$ anni, per un totale di 1091 anni-stazione, ottenendo le seguenti stime dei parametri di forma della DPC:

$$\theta^* = 2.654 \quad (7.4a)$$

$$\Lambda^* = 0.350 \quad (7.4b)$$

a cui corrispondono, secondo le formule date da Beran et al., [1986], un coefficiente di asimmetria teorico γ_1 e di kurtosi teorica β pari a:

$$\gamma_1 = 2.32$$

$$\beta = 16.0$$

mentre la probabilità p_2 che il massimo annuale delle portate al colmo possa provenire dalla componente straordinaria è:

$$p_2 = 0.261$$

I parametri ottenuti per l'intero compartimento di Napoli sono riportati in Tab. 7.4.

Portate	$\theta^* = 2.634$	$\Lambda^* = 0.350$	$\Lambda_1 = 13$	$\eta = 3.901$
---------	--------------------	---------------------	------------------	----------------

Tab. 7.4: Parametri della distribuzione di probabilità dei massimi annuali delle portate in Campania

Si riportano di seguito, nella Tab. 7.5, i valori di K_T ottenuti numericamente dalla (7.2) per alcuni valori del periodo di ritorno.

T (anni)	2	5	10	20	25	40	50	100	200	500	1000
K_T (portate)	0.87	1.29	1.63	2.03	2.17	2.47	2.61	3.07	3.53	4.15	4.52

Tab. 7.5: valori teorici del coefficiente probabilistico di crescita K_T per le portate in Campania, per alcuni valori del periodo di ritorno T.

Nelle pratiche approssimazioni, è possibile anche fare riferimento ad una espressione semplificata del tipo:

$$K_T = -0.0567 + 0.680 \ln T \quad (7.5)$$

Per le portate, per valori del periodo di ritorno superiori a 10 anni, l'errore nell'uso della (7.5) in luogo della (7.2) è sempre inferiore al 5 %.

7.3.2.2 Volumi di piena

Portate giornaliere e plurigiornaliere: Il massimo annuale della portata media giornaliera è il dato idrometrico generalmente più disponibile, anche se nel caso di piccoli bacini, con tempo di risposta molto minore della giornata, tale dato presenta informazioni distorte in quanto riferentesi ad un giorno di calendario. Prendendo in considerazione le sole 12 stazioni con numerosità superiore a 15 anni, esse presentano una variabilità campionaria molto simile a quella vista per le serie dei massimi annuali delle portate istantanee. Si può concludere, quindi, che i parametri riportati nella Tab. 4 identifichino

una distribuzione che si adatta alle serie osservate dei massimi annuali delle portate medie giornaliere e a più giorni consecutivi (fino a 10) perlomeno allo stesso modo in cui si adatta alle serie osservate dei massimi annuali delle portate istantanee.

Portate orarie: Prendendo in considerazione le sole 4 serie storiche con $n \geq 10$ anni di osservazione si ricavano le statistiche riportate nella Tabella 7.6:

	Q	0.5ore	1 ore	2 ore	3 ore	4 ore	5 ore	6 ore	9 ore	12 ore	18 ore	24 ore	48 ore
Media	0.3733	0.3750	0.3750	0.3750	0.3775	0.3770	0.3775	0.3783	0.3817	0.3850	0.3933	0.3933	0.3917
Variana	0.0055	0.0054	0.0054	0.0054	0.0055	0.0056	0.0053	0.0053	0.0053	0.0062	0.0070	0.0073	0.0073

Tabella 7.6: media e varianza dei coefficienti di variazione delle serie storiche dei massimi annuali delle portate medie in più ore consecutive in Campania

Si nota come anche in questo caso vi sia una forte stabilità dei parametri statistici osservati. Questa osservazione, unita alle altre fatte nel corso del capitolo, conferma che per lo meno per durate da istantanee fino a 3-5 giorni, pur nelle grandi incertezze dovute alla carenza dei dati di partenza, **il fattore probabilistico di crescita delle portate può ritenersi costante con la durata.**

7.4 Stima del valor medio

7.4.1 Leggi di probabilità pluviometriche

7.4.1.1 Piogge puntuali

Le **leggi di probabilità pluviometriche** definiscono come varia la media del massimo annuale dell'intensità di pioggia su una fissata durata d , $\mu[I(d)]$, con la durata stessa.

Tali leggi devono essere strettamente monotone, in quanto mediamente l'intensità di pioggia media per una durata superiore deve essere necessariamente minore di quella per una durata inferiore. Inoltre, per una durata molto piccola devono raggiungere un valore finito, rappresentante al limite per d che tende a zero, la media del massimo annuale dell'intensità di pioggia istantanea.

Per la Campania è stata adottata una espressione del tipo:

$$m[I(d)] = m(I_0) / \left(1 + \frac{d}{d_c} \right)^\beta \quad (7.6)$$

in cui d e d_c vanno espressi in ore, $m[I_0]$ e $m[I(d)]$ in mm/ora e vale:

$$\beta = C - D * Z \quad (7.7)$$

I parametri delle (7.6) e (7.7) sono costanti all'interno di singole **aree pluviometriche omogenee**, e variano nel passare dall'una all'altra.

Per identificare in quale area omogenea rientra il bacino in studio, si può fare riferimento alla corografia in Fig. 1. I parametri delle (7.6) e (7.7) sono forniti in Tab. 7.7.

Area omogenea	n. staz.	$\mu(h_0)$ (mm/ora)	d_c (ore)	C	$D * 10^5$	ρ^2
1	21	77.08	0.3661	0.7995	8.6077	0.9994
2	18	83.75	0.3312	0.7031	7.7381	0.9991
3	11	116.7	0.0976	0.7360	8.7300	0.9980
4	7	78.61	0.3846	0.8100	24.874	0.9930
5	12	231.8	0.0508	0.8351	10.800	0.9993
6	28	87.87	0.2205	0.7265	8.8476	0.9969
7	11	83.75	0.3312	0.7031	7.7381	0.9989

Tab. 7.7: parametri statistici delle leggi di probabilità pluviometriche regionali per ogni area pluviometrica omogenea.

7.4.1.2 Piogge areali

La valutazione della intensità di pioggia media sull'intero bacino (**pioggia media areale**) viene effettuata moltiplicando la (7.6) per il fattore di riduzione areale K_A :

$$K_A(d) = 1 - (1 - \exp(-c_1 A)) \exp(-c_2 d^{c_3}) \quad (7.8)$$

dove A è l'area del bacino, espressa in km^2 , d la durata della pioggia, espressa in ore, ed i coefficienti valgono

$$c_1 = 0.0021$$

$$c_2 = 0.53$$

$$c_3 = 0.25$$

in cui c_3 non è ottenuto dai dati pluviometrici dell'area in studio, ma viene desunto da analoghe indagini condotte negli Stati Uniti.

7.4.2 Piena media annua

7.4.2.1 Portata al colmo di piena istantanea

Quando nella sezione terminale del bacino in studio esiste una stazione di misura idrometrica, la stima della piena media annua può essere effettuata direttamente sulla serie osservata dei massimi annuali al colmo di piena, essendo tale stima piuttosto affidabile non appena la serie osservata sia di lunghezza appena sufficiente (4-5 anni)

Nel caso più frequente in cui tali dati dovessero mancare del tutto, possono essere utilizzati diversi modelli per la stima indiretta della piena media annua; nel seguito ne vengono riportati i principali risultati applicativi.

Regressione empirica: Diverse formulazioni di tipo regressivo fra la piena media annua e le principali grandezze fisiche del bacino possono essere considerate; in particolare, per le sue prestazioni statistiche, valutate attraverso una tecnica di *cross-validation*, si propone qui la seguente

relazione:

$$\mu(Q) = a A_{\text{rid}}^b \quad (7.9a)$$

in cui con A_{rid} si intende l'area del bacino ridotta delle sue parti carbonatiche con copertura boschiva, espressa in km^2 , mentre $\mu(Q)$ è in m^3/s , ed i parametri valgono

$$a = 3.2160$$

$$b = 0.7154 \quad (7.9b)$$

Modelli concettuali: L'area interessata è stata suddivisa in tre tipologie idrogeomorfologiche:

- A_1 la superficie carbonatica del bacino non coperta da bosco
- A_2 la superficie non carbonatica del bacino;
- A_3 la superficie carbonatica del bacino con copertura boschiva

in ognuna delle quali vengono considerate costanti alcune delle grandezze utilizzate per l'analisi regionale della piene media annua utilizzando due diversi modelli concettuali, i cui risultati sono nel seguito sintetizzati:

i) Formula razionale: Il modello razionale ha caratteristiche previsionali non molto inferiori a quelle di un modello concettuale più completo, che si espone in seguito, ma risulta di uso piuttosto agevole. In sintesi, tale modello si riassume nella seguente espressione:

$$\mu(Q) = C^* K_A(t_r) \mu[I(t_r)] A / 3.6 \quad (7.10)$$

in cui i parametri del modello, cioè il **coefficiente di piena** C^* ed il **tempo di ritardo** del bacino, t_r , possono essere valutati in base alle seguenti espressioni:

$$C^* = C^*_1 \frac{A_1}{A} + C^*_2 \frac{A_2}{A} \quad (7.11)$$

$$t_r = \frac{C^*_1 A_1}{C^* A} \frac{1.25 \sqrt{A_1}}{3.6 c_1} + \frac{C^*_2 A_2}{C^* A} \frac{1.25 \sqrt{A_2}}{3.6 c_2} \quad (7.12a)$$

con:

$$C^*_1 = 0.29$$

$$C^*_2 = 0.36$$

$$c_1 = 0.23 \text{ m/s}$$

$$c_2 = 1.87 \text{ m/s}$$

Nelle (10)-(12) le aree sono in km^2 , t_r in ore, $\mu[I(t_r)]$ in mm/ora ed $\mu(Q)$ in m^3/s . I valori di

A_1 ed A_2 , per i 12 bacini presi in considerazione nel presente Rapporto, sono riportati in Tab. 7.8, mentre una suddivisione del territorio regionale nei complessi idrogeologici omogenei necessari alla derivazione delle stesse grandezze in una sezione qualsiasi, è riportata nella corografia schematica in Fig. 7.2.

- ii) Modello geomorfoclimatico: Il modello geomorfoclimatico è il modello i cui parametri possiedono maggiore significato fisico; purtroppo, la sua applicazione è anche quella che richiede il maggiore impegno elaborativo.

In sintesi, tale modello conduce alla seguente espressione:

$$\mu(Q) = C_f S(d^*) K_A(d^*) \mu[I(d^*)] A \quad (7.13)$$

in cui d^* è la durata critica delle precipitazioni sul bacino che dipende in maniera complessa sia dalle caratteristiche geomorfologiche della risposta del bacino, sia dalle caratteristiche climatiche delle precipitazioni intense sul bacino stesso: in particolare, dipende dal **tempo di ritardo** del bacino, t_r ; C_f è il **coefficiente di afflusso di piena** del bacino, che tiene conto delle trasformazioni della pioggia totale precipitata sul bacino nell'aliquota netta efficace ai fini dei deflussi superficiali di piena: le perdite sono essenzialmente dovute all'infiltrazione e all'intercettazione da parte dell'apparato fogliare. Infine, $S(d^*)$ è il **coefficiente di attenuazione** della portata al colmo di piena, che tiene conto delle attenuazioni indotte sul picco di piena dalla propagazione e laminazione dell'onda all'interno del reticolo dei canali.

In prima approssimazione, la (7.13) può anche essere riscritta come:

$$\mu(Q) = C_f q K_A(t_r) \mu[I(t_r)] A / 3.6 \quad (7.14)$$

in cui q è il **coefficiente di attenuazione corretto del colmo di piena** e dipende in maniera complessa da tutti i parametri in gioco nel modello, ma che può essere valutato, in prima approssimazione, come:

$$q = \begin{cases} 0.60 & \text{se } 0.25 \leq n' = 1 + k_1 A - \frac{\beta t_r / d_c}{1 + t_r / d_c} \leq 0.45 \\ 0.65 & \text{se } 0.45 \leq n' = 1 + k_1 A - \frac{\beta t_r / d_c}{1 + t_r / d_c} \leq 0.65 \end{cases} \quad (7.15)$$

in cui β e d_c sono i parametri della legge di probabilità pluviometrica per l'area omogenea considerata, mentre k_1 è un coefficiente numerico pari a:

$$k_1 = 1.44 \cdot 10^{-4}$$

se le aree sono in km^2 , le durate in ore e le intensità di pioggia in mm/ora .

La (7.14) consente il calcolo della piena media annua, noti i valori dei parametri della legge di

probabilità pluviometrica sul bacino, l'area del bacino ed i valori dei parametri della risposta del bacino, che sono il coefficiente di afflusso C_f ed il tempo di ritardo t_r del bacino, valutabili attraverso le seguenti espressioni:

$$C_f = C_{f1} \frac{A_1}{A} + C_{f2} \frac{A_2}{A} \quad (7.16)$$

$$t_r = \frac{C_{f1} A_1}{C_f A} \frac{1.25 \sqrt{A_1}}{3.6 c_1} + \frac{C_{f2} A_2}{C_f A} \frac{1.25 \sqrt{A_2}}{3.6 c_2} \quad (7.12b)$$

in cui:

$$C_{f1} = 0.42$$

$$C_{f2} = 0.56$$

$$c_1 = 0.23 \text{ m/s}$$

$$c_2 = 1.87 \text{ m/s}$$

7.4.2.2 Volumi di piena

Nei casi in cui sia necessaria la valutazione dei volumi di piena per assegnato periodo di ritorno e durata, nel presente Rapporto si è fatto riferimento al **massimo annuale della portata media nella durata D**, Q_D , ed al suo valore con assegnato periodo di ritorno T, $Q_{D,T}$, e si è visto che può porsi:

$$Q_{D,T} = K_T \mu(Q_D) \quad (7.17)$$

in cui il coefficiente di crescita K_T assume le stesse espressioni precedentemente richiamate per i massimi annuali delle portate di piena al colmo.

Per la valutazione del valor medio $m(Q_D)$ si fa riferimento alla seguente espressione:

$$\mu(Q_D) = \mu(Q) r(D) \quad (7.18)$$

in cui $\mu(Q)$ è la piena media annua, per la cui stima si è riferito al paragrafo appena sopra, mentre $r(D)$ prende il nome di **fattore di riduzione dei colmi di piena**. Per la sua valutazione si può ricorrere allo stesso modello geomorfoclimatico adottato per la valutazione della piena media annua.

In prima approssimazione si può fare riferimento alla seguente espressione:

$$r(D) = (1 + \alpha D / t_r)^{n'} \quad (7.19)$$

con:

$$\alpha = 1/2 (1 - 1/2 n')$$

ed in cui n' è lo stesso parametro introdotto nelle (15) e t_r è il tempo di ritardo del bacino.

Stazione	Area (km ²)	A ₁ (km ²)	A ₂ (km ²)	t _r (ore)	m[I ₀] (mm/ora)	1/d _c ore-1	β	t _c (ore)	ARF	m _A [I(t _c)] (mm/ora)	S(t _c)	q	m[Q] ^{ARF} (m ³ /s)	μ _A [I(t _r)] (mm/ora)	c (m/s)	C _f	%imp
Volturno ad Amorosi	2015	423	1229	8.5	87	4.98	0.330	12.5	0.636	3.44	0.803	0.6593	642 0.601	4.19	1.83	0.42	61
Calore Irpino a Montella	106	17	17	3.4	76	2.66	0.380	4.5	0.908	14.17	0.766	0.6573	52 0.903	16.51	1.05	0.16	16
Calore Irpino ad Apice	533	53	394	4.8	71	3.33	0.280	6.0	0.706	5.64	0.732	0.6411	335 0.693	6.44	1.67	0.55	74
Tammaro a Pago Veiano	556	39	500	4.5	70	3.57	0.270	5.8	0.697	5.14	0.746	0.6412	211 0.682	5.98	1.82	0.36	90
Tammaro a Paduli	673	107	552	4.9	70	3.60	0.260	6.3	0.673	4.53	0.740	0.6361	259 0.656	5.27	1.84	0.41	92
Calore Irpino a Solopaca	2966	176	2580	9.1	70	3.52	0.260	12.0	0.628	2.71	0.757	0.6472	974 0.602	3.17	2.08	0.58	87
Volturno a Ponte Annibale	5542	998	3879	19.2	78	3.88	0.710	25.5	0.700	2.07	0.761	0.6470	1291 0.670	2.44	1.35	0.53	70
Tuscolano ad Olevano	95	23	21	5.8	76	2.66	0.370	7.5	0.925	10.40	0.749	0.6456	40 0.921	12.06	0.58	0.19	22
Tanagro a Polla	659	224	343	11.2	73	3.31	0.290	14.3	0.732	3.41	0.741	0.6413	221 0.716	3.94	0.79	0.48	52
Sele a Persano	2428	775	2070	-	74	3.10	0.290	-	-	-	-	-	917 -	-	-	-	60
Sele ad Albanella	3235	3	276	12.1	75	3.07	0.270	16.0	0.654	2.82	0.759	0.6486	1239 0.628	3.30	1.63	0.64	64
Alento a Casalvelino	285	36	34	3.6	77	2.99	0.250	4.3	0.790	8.47	0.710	0.6337	290 0.783	9.49	1.63	0.61	97
Bussento (Cas. in Pittari)	113			3.0	79	2.60	0.340	4.0	0.900	14.20	0.766	0.6495	56 0.895	16.74	1.23	0.16	30

Tab. 7.8: Parametri geomorfologici, idrogeologici, pluviometrici e idrometrici dei bacini campani con più di 10 anni di osservazione e con indicazione delle grandezze necessarie alla stima dei parametri t_r=tempo di ritardo e C_f=coefficiente di afflusso del modello geomorfologico

VAPI Puglia **BACINO DEL VALLONE CASCINA (Calitri)**
Tempo di ritorno pari ad anni 30

VALUTAZIONE DEL COEFFICIENTE DI CRESCITA PROBABILISTICO

Il metodo prevede l'uso di funzioni del tipo:

$$X_T = K_T \times \mu(X)$$

dove X_T può rappresentare il massimo annuale dell'intensità di pioggia
 massimo annuale delle portate al colmo di piena
 massimo annuale del volume di piena di durata fissata
 aventi tutti un periodo di ritorno T .

$\mu(X)$ rappresenta la media della distribuzione di X

K_T è il coefficiente di crescita probabilistico.

Assegnato il tempo di ritorno T in anni : $T=30$

si hanno i due valori di K_T validi per le zone 1, 2, 3, 4 della Puglia settentrionale:

$K_T(\text{piogge})= 1,98$

$K_T(\text{portate})= 2,67$

LEGGE DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA

Rappresenta la funzione che da la variazione in funzione di t
dell'intensità di pioggia per piogge di durata tra 1 ora e 1 giorno

Zona omogenea 4
Area bacino A= 0,21 Km²
z (altezza sul livello del mare) = 429 m s.l.m.
gli altri parametri sono funzione della zona omogenea.

$$x(t) = 24.70 t^{0.256}$$

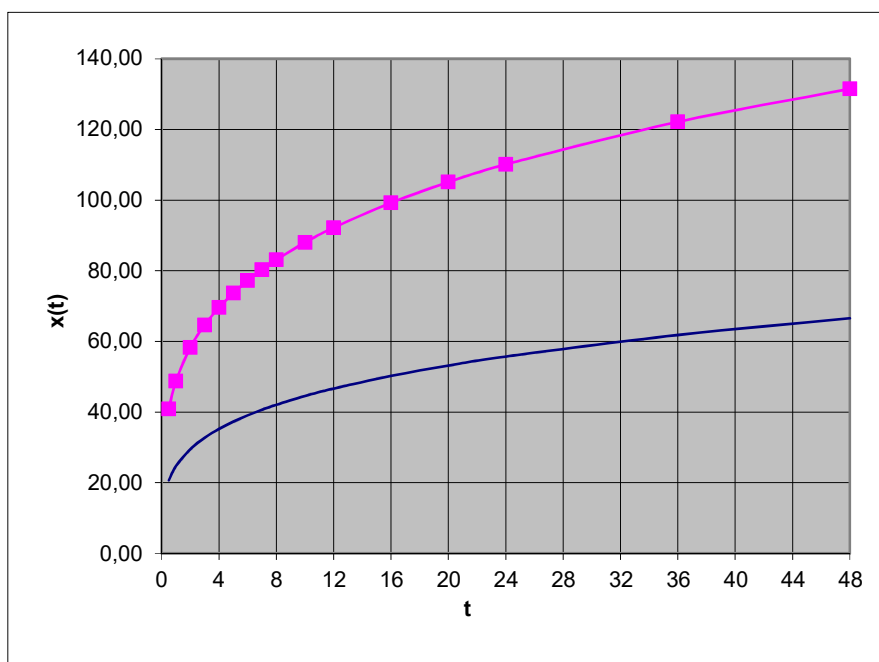
La valutazione dell'altezza di pioggia sull'intero bacino (pioggia media areale)
si ottiene moltiplicando x(t) per il fattore di riduzione areale KA(t)

$$KA(t) = 1 - (1 - \exp(-0.0021A)) \exp(-0.53t^{0.25})$$

dove A è l'area del bacino in km².

per periodo di
ritorno T=30

t (hr)	x(t)= mm	KA(t)	KA(t)x(t)= mm	KTKA(t)x(t)= mm
0,5	20,68	1,00	21	41
1	24,70	1,00	25	49
2	29,50	1,00	29	58
3	32,72	1,00	33	65
4	35,22	1,00	35	70
5	37,29	1,00	37	74
6	39,08	1,00	39	77
7	40,65	1,00	41	80
8	42,06	1,00	42	83
10	44,53	1,00	45	88
12	46,66	1,00	47	92
16	50,23	1,00	50	99
20	53,18	1,00	53	105
24	55,72	1,00	56	110
36	61,82	1,00	62	122
48	66,54	1,00	67	131



VALUTAZIONE DELLA PIENA MEDIA ANNUA

Si definiscono le seguenti grandezze (in Km²):

Superficie del bacino: A =	0,21
Superficie del bacino ad elevata permeabilità (carbonatica): A1 =	0,09
Superficie del bacino poco permeabile (non carbonatica): A2 =	0,12
Altezza media del bacino	429
Zona omogenea	4

MODELLO RAZIONALE

Si applica la seguente relazione:

$$Q = A \times C^{\circ} \times KA(tr) \times I(tr) / 3,6$$

per i dati assegnati si ha che: il coefficiente di piena $C^{\circ} = 0,35857$

il tempo di ritardo del bacino tr (in ore) = 0,16

il fattore di riduzione areale valutato a tr , vale $KA(tr) = 1,00$

intensità di pioggia a tr , $I(tr) = x(tr)/tr = 97,64$

sostituendo si ottiene: $Q = 2,0$ mc/s

La portata con periodo di ritorno T (anni) = 30 è pari a:

$$QT = KT \times Q = 5 \text{ mc/s}$$

VALUTAZIONE DEL COEFFICIENTE DI CRESCITA PROBABILISTICO

Il metodo prevede l'uso di funzioni del tipo:

$$X_T = K_T \times \mu(X)$$

dove X_T può rappresentare il massimo annuale dell'intensità di pioggia
massimo annuale delle portate al colmo di piena
massimo annuale del volume di piena di durata fissata
aventi tutti un periodo di ritorno T .

$\mu(X)$ rappresenta la media della distribuzione di X

K_T è il coefficiente di crescita probabilistico.

Assegnato il tempo di ritorno T in anni : $T=200$

si hanno i due valori di K_T validi per le zone 1, 2, 3, 4 della Puglia settentrionale:

$K_T(\text{piogge})= 2,76$

$K_T(\text{portate})= 4,39$

LEGGE DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA

Rappresenta la funzione che da la variazione in funzione di t
dell'intensità di pioggia per piogge di durata tra 1 ora e 1 giorno

Zona omogenea 4
Area bacino A= 0,21 Km²
z (altezza sul livello del mare) = 429 m s.l.m.
gli altri parametri sono funzione della zona omogenea.

$$x(t) = 24.70 t^{0.256}$$

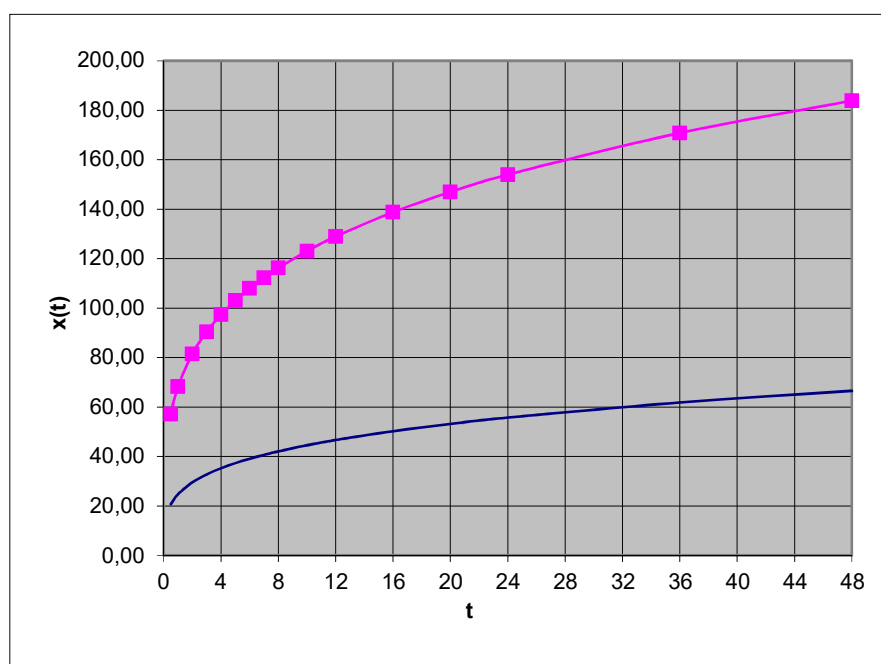
La valutazione dell'altezza di pioggia sull'intero bacino (pioggia media areale)
si ottiene moltiplicando x(t) per il fattore di riduzione areale KA(t)

$$KA(t) = 1 - (1 - \exp(-0.0021A)) \exp(-0.53t^{0.25})$$

dove A è l'area del bacino in km².

per periodo di
ritorno T=200

t (hr)	x(t)= mm	KA(t)	KA(t)x(t)= mm	KTKA(t)x(t)= mm
0,5	20,68	1,00	21	57
1	24,70	1,00	25	68
2	29,50	1,00	29	81
3	32,72	1,00	33	90
4	35,22	1,00	35	97
5	37,29	1,00	37	103
6	39,08	1,00	39	108
7	40,65	1,00	41	112
8	42,06	1,00	42	116
10	44,53	1,00	45	123
12	46,66	1,00	47	129
16	50,23	1,00	50	139
20	53,18	1,00	53	147
24	55,72	1,00	56	154
36	61,82	1,00	62	171
48	66,54	1,00	67	184



VALUTAZIONE DELLA PIENA MEDIA ANNUA

Si definiscono le seguenti grandezze (in Km²):

Superficie del bacino: A =	0,21
Superficie del bacino ad elevata permeabilità (carbonatica): A1 =	0,09
Superficie del bacino poco permeabile (non carbonatica): A2 =	0,12
Altezza media del bacino	429
Zona omogenea	4

MODELLO RAZIONALE

Si applica la seguente relazione:

$$Q = A \times C^{\circ} \times KA(tr) \times I(tr) / 3,6$$

per i dati assegnati si ha che: il coefficiente di piena $C^{\circ} = 0,35857$

il tempo di ritardo del bacino tr (in ore) = 0,16

il fattore di riduzione areale valutato a tr , vale $KA(tr) = 1,00$

intensità di pioggia a tr , $I(tr) = x(tr)/tr = 97,64$

sostituendo si ottiene: $Q = 2,0$ mc/s

La portata con periodo di ritorno T (anni) = 200 è pari a:

$$QT = KT \times Q = 9 \text{ mc/s}$$

VALUTAZIONE DEL COEFFICIENTE DI CRESCITA PROBABILISTICO

Il metodo prevede l'uso di funzioni del tipo:

$$X_T = K_T \times \mu(X)$$

dove X_T può rappresentare il massimo annuale dell'intensità di pioggia
massimo annuale delle portate al colmo di piena
massimo annuale del volume di piena di durata fissata
aventi tutti un periodo di ritorno T .

$\mu(X)$ rappresenta la media della distribuzione di X

K_T è il coefficiente di crescita probabilistico.

Assegnato il tempo di ritorno T in anni : $T=500$

si hanno i due valori di K_T validi per le zone 1, 2, 3, 4 della Puglia settentrionale:

$K_T(\text{piogge})= 3,14$

$K_T(\text{portate})= 5,22$

LEGGE DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA

Rappresenta la funzione che da la variazione in funzione di t
dell'intensità di pioggia per piogge di durata tra 1 ora e 1 giorno

Zona omogenea 4
Area bacino A= 0,21 Km²
z (altezza sul livello del mare) = 429 m s.l.m.
gli altri parametri sono funzione della zona omogenea.

$$x(t) = 24.70 t^{0.256}$$

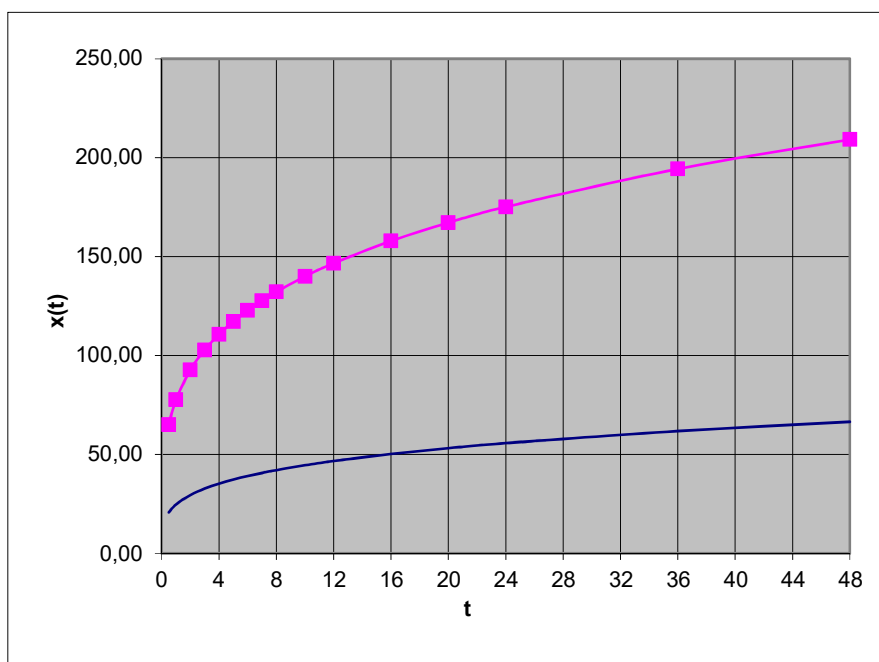
La valutazione dell'altezza di pioggia sull'intero bacino (pioggia media areale)
si ottiene moltiplicando x(t) per il fattore di riduzione areale KA(t)

$$KA(t) = 1 - (1 - \exp(-0.0021A)) \exp(-0.53t^{0.25})$$

dove A è l'area del bacino in km².

per periodo di
ritorno T=500

t (hr)	x(t)= mm	KA(t)	KA(t)x(t)= mm	KTKA(t)x(t)= mm
0,5	20,68	1,00	21	65
1	24,70	1,00	25	78
2	29,50	1,00	29	93
3	32,72	1,00	33	103
4	35,22	1,00	35	111
5	37,29	1,00	37	117
6	39,08	1,00	39	123
7	40,65	1,00	41	128
8	42,06	1,00	42	132
10	44,53	1,00	45	140
12	46,66	1,00	47	147
16	50,23	1,00	50	158
20	53,18	1,00	53	167
24	55,72	1,00	56	175
36	61,82	1,00	62	194
48	66,54	1,00	67	209



VALUTAZIONE DELLA PIENA MEDIA ANNUA

Si definiscono le seguenti grandezze (in Km²):

Superficie del bacino: A =	0,21
Superficie del bacino ad elevata permeabilità (carbonatica): A1 =	0,09
Superficie del bacino poco permeabile (non carbonatica): A2 =	0,12
Altezza media del bacino	429
Zona omogenea	4

MODELLO RAZIONALE

Si applica la seguente relazione:

$$Q = A \times C^{\circ} \times KA(tr) \times I(tr) / 3,6$$

per i dati assegnati si ha che: il coefficiente di piena $C^{\circ} = 0,35857$

il tempo di ritardo del bacino tr (in ore) = 0,16

il fattore di riduzione areale valutato a tr , vale $KA(tr) = 1,00$

intensità di pioggia a tr , $I(tr) = x(tr)/tr = 97,64$

sostituendo si ottiene: $Q = 2,0$ mc/s

La portata con periodo di ritorno T (anni) = 500 è pari a:

$$QT = KT \times Q = 11 \text{ mc/s}$$

8. SINTESI DEL RAPPORTO REGIONALE PUGLIA

8.1 Premessa

In questa breve nota vengono sintetizzati i risultati salienti del Progetto VAPI per la stima delle portate di assegnato tempo di ritorno, per qualsiasi sezione del reticolo idrografico dei corsi d'acqua della Puglia, con particolare riguardo ai bacini compresi tra il fiume Ofanto a sud e il torrente Candelaro a nord.

La sintesi è stata articolata con riferimento a indagini effettuate nella modellazione dei dati pluviometrici ed idrometrici della regione, contenute nel Rapporto Regionale pubblicato, *Valutazione delle Piene in Puglia* [Copertino e Fiorentino, 1994], a cui si rimanda per ogni ulteriore approfondimento.

La presentazione sintetica dei risultati, che si riporta nel seguito, fornisce unicamente le indicazioni essenziali all'applicazione delle procedure proposte.

8.2 Base dati utilizzata

8.2.1 Pluviometria

I dati pluviometrici utilizzati sono gestiti quasi tutti dalla sezione di Bari del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (SIMN).

La rete pluviometrica del SIMN al 1985 risultava composta da 100 stazioni di misura delle piogge con almeno 1 anni di osservazione.

8.2.2 Idrometria

La consistenza della rete di misura idrometrica è molto variata nel corso degli anni; fino al 1970 risultavano complessivamente, per il Compartimento di Bari, 20 stazioni idrometriche.

Si distinguono nel seguito i dati relativi a:

- **massimi annuali delle portate istantanee:** si tratta complessivamente di 20 stazioni idrometrografiche con numerosità compresa fra 7 e 53 anni.
- **massimi annuali delle portate in più ore consecutive:** in tal caso si tratta di dati che nella quasi totalità non sono mai stati pubblicati e sono stati ricavati appositamente ricorrendo alla lettura delle strisce idrometrografiche originali o delle tabelle in cui il dato idrometrico è stato già corretto, attraverso la scala di deflusso appropriata, in dato di portata. Complessivamente sono state analizzate 8 serie idrometrografiche con numerosità fra i 12 e 24 anni per durate fra 0.5 e 48 ore.

Una particolare attenzione è stata posta nell'analisi delle scale di deflusso delle stazioni idrometrografiche, con ricostruzione dei valori incerti attraverso una metodologia statistica per la messa a punto di una **scala di deflusso di piena**.

8.3 Leggi di variazione dei coefficienti di crescita con il periodo di ritorno

8.3.1 Pluviometria

8.3.1.1 Piogge giornaliere

Fissati i parametri di forma e di scala della distribuzione di probabilità cumulata (DPC) all'interno della sottozona pluviometrica omogenea previamente identificata, resta univocamente determinata la relazione fra periodo di ritorno T e valore del coefficiente di crescita K_T :

$$T = \frac{1}{1 - F_K(k)} = \frac{1}{1 - \exp(-\Lambda_1 e^{-\eta k} - \Lambda_* \Lambda_1^{1/\theta_*} e^{-\eta k/\theta_*})} \quad (8.2)$$

I parametri ottenuti per l'intera regione Puglia sono riportati in Tab. 8.1.

Piogge	$\theta_* = 2.352$	$\Lambda_* = 0.772$	$\Lambda_1 = 45$	$\eta = 5.662$
--------	--------------------	---------------------	------------------	----------------

Tab. 8.1: Parametri della distribuzione di probabilità dei massimi annuali delle piogge in Puglia.

Più utile dal punto di vista pratico è la forma inversa della (8.2) per cui, fissato un valore T del periodo di ritorno, si ricava il corrispondente valore del coefficiente di crescita K_T . Per la distribuzione TCEV tale relazione non è analiticamente ottenibile. Si riportano di seguito, nella Tab. 8.2, i valori di K_T ottenuti numericamente dalla (8.2) per alcuni valori del periodo di ritorno.

T (anni)	2	5	10	20	25	40	50	100	200	500	1000
K_T (piogge)	0.91	1.26	1.53	1.81	1.90	2.10	2.19	2.48	2.77	3.15	3.43

Tab. 8.2: valori teorici del coefficiente probabilistico di crescita K_T per le piogge in Puglia, per alcuni valori del periodo di ritorno T .

Nelle pratiche approssimazioni, è possibile anche fare riferimento all'espressione semplificata del tipo:

$$K_T = \left(\frac{\theta_* \ln \Lambda_*}{\eta} + \frac{\ln \Lambda_1}{\eta} \right) + \frac{\theta_*}{\eta} \ln T \quad (8.3)$$

che, dati i valori assunti dai parametri della distribuzione TCEV in Puglia, diventa:

$$K_T = 0.5648 + 0.415 \ln T \quad (8.4)$$

Per le piogge, per valori del periodo di ritorno superiori a 5 anni, l'errore nell'uso delle (8.3) in luogo della (8.2) è sempre inferiore al 3 %.

8.3.1.2 Piogge brevi

In Puglia, il SIMN gestisce 73 stazioni pluviografiche, di cui 60 con serie $n \geq 10$ anni dei massimi annuali delle altezze di pioggia h_d per $d = 1, 3, 6, 12$ e 24 ore consecutive. La consistenza di tale rete è, quindi, paragonabile a quella pluviometrica, anche per le dimensioni campionarie.

In ogni caso, si assume che il fattore probabilistico di crescita sia costante al variare della durata.

8.3.2 Idrometria

8.3.2.1 Portate istantanee al colmo di piena

Al primo livello di regionalizzazione, Fiorentino et al. [1987] hanno mostrato che l'Italia Appenninica, inclusa la Sicilia ed esclusa parte della Liguria, può essere considerata una zona omogenea. Utilizzando la procedura di stima Massima Verosimiglianza richiamata in Appendice A, sono state utilizzate 15 serie di piena annuale (SPA) aventi $n \geq 15$ anni, ottenendo le seguenti stime dei parametri di forma della DPC:

$$\theta^* = 2.654$$

$$\Lambda^* = 0.350$$

a cui corrispondono, secondo le formule date da Beran et al., [1986], un coefficiente di asimmetria teorico γ_1 e di kurtosi teorica β pari a:

$$\gamma_1 = 2.32$$

$$\beta = 16.0$$

mentre la probabilità p_2 che il massimo annuale delle portate al colmo possa provenire dalla componente straordinaria è:

$$p_2 = 0.261$$

I parametri ottenuti per l'intera regione Puglia sono riportati in Tab. 8.3.

Portate	$\theta^* = 2.654$	$\Lambda^* = 0.350$	$\Lambda_1 = 5$	$\eta = 2.937$
---------	--------------------	---------------------	-----------------	----------------

Tab. 8.3: Parametri della distribuzione di probabilità dei massimi annuali delle portate in Puglia

Si riportano di seguito, nella Tab. 8.4, i valori di K_T ottenuti numericamente dalla (8.2) per alcuni valori del periodo di ritorno.

T (anni)	2	5	10	20	25	40	50	100	200	500	1000
----------	---	---	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	------

$K_T(\text{portate})$	0.83	1.39	1.85	2.37	2.55	2.95	3.15	3.76	4.39	5.22	5.84
-----------------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Tab. 8.4: valori teorici del coefficiente probabilistico di crescita K_T per le portate in Puglia, per alcuni valori del periodo di ritorno T .

Nelle pratiche approssimazioni, è possibile anche fare riferimento all'espressione semplificata (8.3) che, dati i valori assunti dai parametri della distribuzione TCEV in Puglia, diventa:

$$K_T = -0.4007 + 0.904 \ln T \quad (8.5)$$

Per le portate, per valori del periodo di ritorno superiori a 10 anni, l'errore nell'uso della (8.5) in luogo della (8.2) è sempre inferiore al 10 %.

In via preliminare, è stato anche proposto un legame per la variabilità del coefficiente di variazione $C_v(Q)$ del massimo annuale della portata al colmo di piena istantanea Q , con l'area A del bacino, del tipo:

$$C_v(Q) = 1.163 A^{-0.105} \quad (8.6)$$

da cui discende un legame tra il parametro Λ_1 e l'area A come mostrato in tab. 8.5.

Area km^2	30	50	100	300	500	1000	3000
Λ_1	3.7	4.2	5.3	7.6	8.9	11.8	18.4

Tab. 8.5: variabilità del parametro di scala Λ_1 delle portate con l'area del bacino.

8.4 Stima del valor medio

8.4.1 Leggi di probabilità pluviometriche

8.4.1.1 Piogge puntuali

Le **leggi di probabilità pluviometriche** definiscono come varia la media del massimo annuale dell'altezza di pioggia su una fissata durata d , $m[h(d)]$, con la durata stessa. Per la Puglia è stata adottata una espressione del tipo:

$$m[h(d)] = a d^n \quad (8.7)$$

I parametri della (8.7) sono costanti all'interno di singole **aree pluviometriche omogenee**, e variano nel passare dall'una all'altra.

L'identificazione delle aree omogenee viene effettuata con riferimento al valor medio del massimo annuale dell'altezza di pioggia giornaliera, $m(h_g)$: è stato infatti osservato che è possibile suddividere l'area indagata in 4 aree pluviometriche omogenee in funzione del legame caratteristico tra $m(h_g)$ e la quota Z , nelle stazioni di misura. Questo permette di generalizzare la (7) per tener conto della variabilità di $m[h(d)]$ con la quota Z , attraverso un'espressione del tipo:

$$m[h(d,Z)] = a d^{n(Z)} \quad (8.8a)$$

$$n(Z) = \frac{C Z + D + \text{Ln } \alpha - \text{Ln } a}{\text{Ln } 24} \quad (8.8b)$$

in cui $\alpha = x_g/x_{24}$ è il rapporto fra le medie delle piogge giornaliere e di durata 24 ore per serie storiche relative ad uno stesso periodo di misure. Per la Puglia il valore del coefficiente α è risultato praticamente costante sull'intera regione e pari a 0.89.

Per identificare in quale area omogenea rientra il bacino in studio, si può fare riferimento alla corografia in Fig. 8.1. I parametri delle (8.8) sono forniti in Tab. 8.6.

Si noti come, nel caso delle aree omogenee 2 e 4, non essendo stata rinvenuta una significativa variabilità di $m[h(d)]$ con la quota, è stato fornito il valor medio regionale del coefficiente di potenza n della (8.7).

Figura 8.1. Zone omogenee rispetto al valore medio dei massimi annuali delle piogge giornaliere.

Area omogenea	α	a (mm/ora)	$C * 10^4$	D	n
1	0.89	28.7	50.3	3.959	-
2	0.89	22.2	-	-	0.247
3	0.89	25.3	5.31	3.811	-
4	0.89	24.7	-	-	0.256

Tab. 8.6: parametri statistici delle leggi di probabilità pluviometriche regionali per ogni area pluviometrica omogenea.

8.4.1.1 Piogge areali

La valutazione della intensità di pioggia media sull'intero bacino (**pioggia media areale**) viene effettuata moltiplicando la (8.8) per il fattore di riduzione areale K_A :

$$K_A(d) = 1 - (1 - \exp(-c_1 A)) \exp(-c_2 d^{c_3}) \quad (8.9)$$

dove A è l'area del bacino, espressa in km^2 , d la durata della pioggia, espressa in ore, ed i coefficienti valgono

$$c_1 = 0.0021$$

$$c_2 = 0.53$$

$$c_3 = 0.25$$

in cui c_3 non è ottenuto dai dati pluviometrici dell'area in studio, ma viene desunto da analoghe indagini condotte negli Stati Uniti.

8.4.2 *Piena media annua*

8.4.2.1 Portata al colmo di piena istantanea

Quando nella sezione terminale del bacino in studio esiste una stazione di misura idrometrica, la stima della piena media annua può essere effettuata direttamente sulla serie osservata dei massimi annuali al colmo di piena, essendo tale stima piuttosto affidabile non appena la serie osservata sia di lunghezza appena sufficiente (4-5 anni)

Nel caso più frequente in cui tali dati dovessero mancare del tutto, possono essere utilizzati diversi modelli per la stima indiretta della piena media annua; nel seguito ne vengono riportati i principali risultati applicativi.

Regressione empirica: diverse formulazioni di tipo regressivo fra la piena media annua e le principali grandezze fisiche del bacino possono essere considerate; in particolare, per le sue prestazioni statistiche e per la semplicità d'uso, si propone qui la seguente relazione:

$$m(Q) = 1.556 A^{0.71} \quad (8.10)$$

anche se, ad una verifica strettamente statistica, essa si mostri valida solo per una stima in prima approssimazione

Modelli concettuali: la formula razionale. In sintesi, tale modello si riassume nella seguente espressione:

$$m(Q) = C * K_A(t_r) m[I(t_r)] A / 3.6 \quad (8.11)$$

in cui i parametri del modello, cioè il **coefficiente di piena** C_* (fig. 8.2) ed il **tempo di ritardo** del bacino, t_r , possono essere valutati in base alle seguenti espressioni:

$$C_* = 0.09 + 0.47 (1 - p.p.) \quad (8.12a)$$

$$t_r = 0.344 \sqrt{A} \quad (8.12b)$$

con p.p. = frazione ad elevata permeabilità del bacino.

Nelle (8.11) e (8.12) le aree sono in km^2 , t_r in ore, $m[I(t_r)]$ in mm/ora ed $m(Q)$ in m^3/s .

Nella (8.11) si è indicato con $m[I(d)]$ la media del massimo annuale dell'intensità di precipitazione in durata d , che si ottiene come:

$$m[I(d)] = m[h(d)] / d \quad (8.13)$$

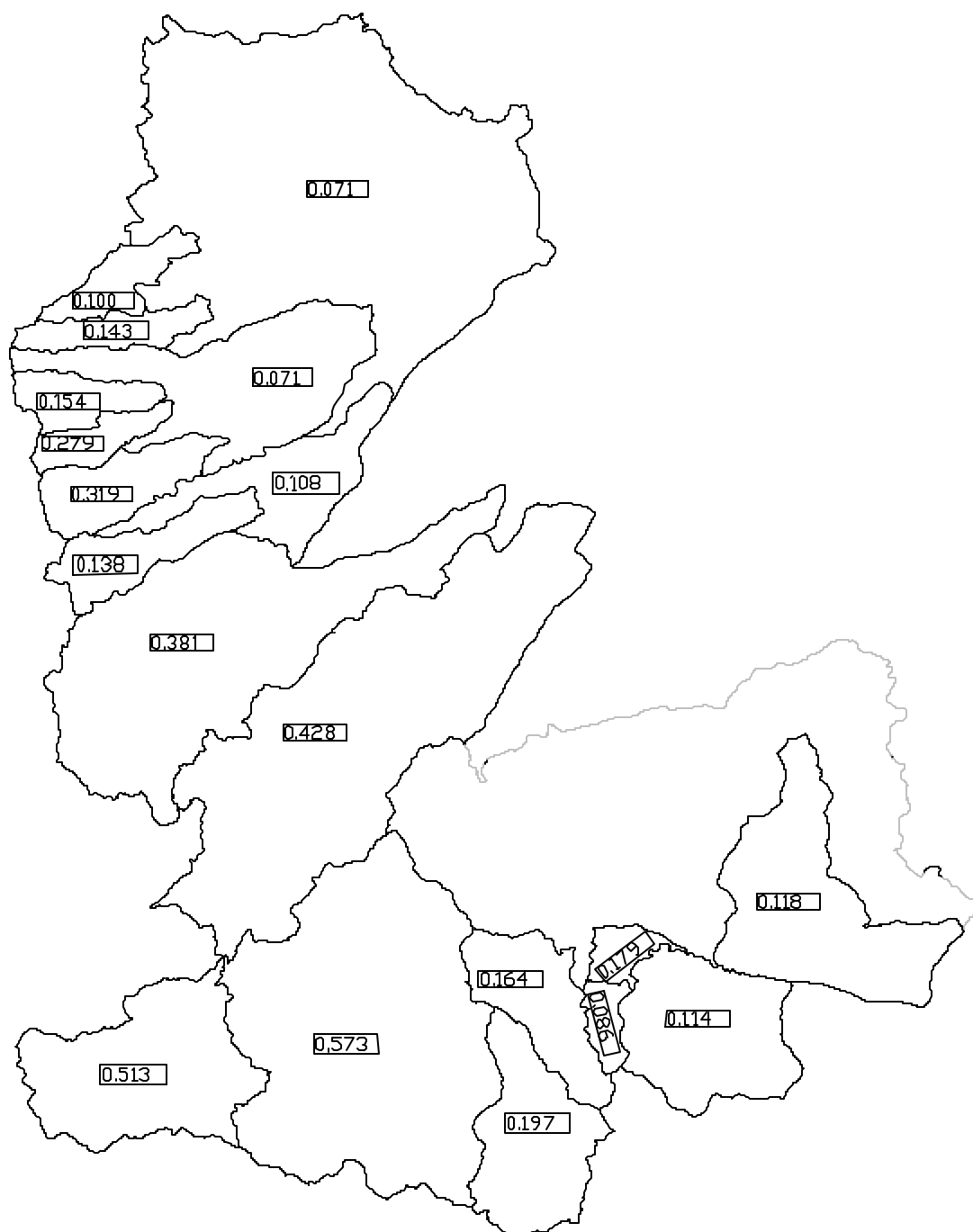


Figura 8.2 Coefficienti probabilistici di piena (C^*) relativi alle diverse aree delimitate dai bacini idrografici della Puglia Settentrionale sottesi dalle stazioni del S.I.M.I.

Cod.	Sezione	Area (Km ²)	m(Q) (m ³ /s)	$t_r(A)$ (h)	p.p.	m[I(t_p)] (mm/h)	C^*	$\frac{A^* m[I(t_p)]}{3.6}$
1.0	Ofanto a S.Samuele di Cafiero	2702.8	517.60	17.93	0.62	3.70	0.185	2793.5
1.1	Ofanto a Cairano	266.4	208.00	5.67	0.15	5.36	0.513	405.3
1.2	Atella a P.te sotto Atella	175.9	61.30	4.32	0.45	7.09	0.197	311.2
1.4	Ofanto a Rocchetta S. Antonio	1111.0	436.70	11.52	0.25	2.78	0.505	864.1
1.5	Arcidiaconata a P. Rap.-Lavello	123.9	44.90	3.83	0.83	7.97	0.164	274.4

1.6	Lapilloso a P.te s.s. 168	28.5	10.40	1.87	0.38	14.74	0.086	120.8
1.7	Venosa a P.te Ferroviario	204.0	39.90	4.88	0.83	6.29	0.114	350.9
1.8	Venosa a P.te S.Angelo	263.0	55.80	5.56	0.80	5.48	0.140	397.6
1.9	Locone a P.te Brandi	219.4	43.30	5.09	0.87	6.01	0.118	365.8
2.0	Carapelle a Carapelle	714.9	283.70	9.23	0.54	3.31	0.428	662.4
3.0	Cervaro ad Incoronata	539.3	215.80	7.99	0.37	3.78	0.381	566.5
4.0	Candelaro a Str. Bonifica N.24	1777.9	140.70	14.55	0.86	2.79	0.102	1384.2
4.1	Celone a S.Vincenzo	92.5	31.80	3.19	0.61	9.70	0.138	231.1
4.3	Celone a P.te Foggia-S.Severo	233.5	45.70	5.50	0.84	5.44	0.118	386.8
4.4	Vulgano a P.te Troia-Lucera	94.1	74.70	3.34	0.67	8.98	0.319	234.5
4.5	Salsola a Casanova	44.1	45.50	2.26	0.72	13.63	0.279	163.2
4.6	Casanova a P.te Lucera-Motta	57.3	27.50	2.49	0.64	12.28	0.154	178.4
4.7	Salsola a P.te Foggia-S.Severo	455.4	76.10	7.40	0.83	3.94	0.150	506.4
4.8	Triolo a P. Lucera-Torremagg.	55.9	36.50	2.52	0.82	17.04	0.143	254.6
4.9	Canale S.Maria	58.1	18.90	2.66	0.94	11.43	0.100	189.8

Tab. 8.7: Caratteristiche delle serie inerenti il terzo livello di regionalizzazione delle piene.

8.4.2.2 Volumi di piena

Nei casi in cui sia necessaria la valutazione dei volumi di piena per assegnato periodo di ritorno e durata, nel presente Rapporto si è fatto riferimento al **massimo annuale della portata media nella durata D**, Q_D , ed al suo valore con assegnato periodo di ritorno T, $Q_{D,T}$, e si è visto che può porsi:

$$Q_{D,T} = K_T \mu(Q_D) \quad (8.14)$$

in cui il coefficiente di crescita K_T assume le stesse espressioni precedentemente richiamate per i massimi annuali delle portate di piena al colmo.

Per la valutazione del valor medio $m(Q_D)$ si fa riferimento alla seguente espressione:

$$\mu(Q_D) = \mu(Q) r(D) \quad (8.15)$$

in cui $\mu(Q)$ è la piena media annua, per la cui stima si è riferito al paragrafo appena sopra, mentre $r(D)$ prende il nome di **fattore di riduzione dei colmi di piena**. Per la sua valutazione si può ricorrere allo stesso modello geomorfoclimatico adottato per la valutazione della piena media annua.

In prima approssimazione si può fare riferimento alla seguente espressione:

$$r(D) = (1 + \alpha D / t_r)^{n'} \quad (8.16)$$

con:

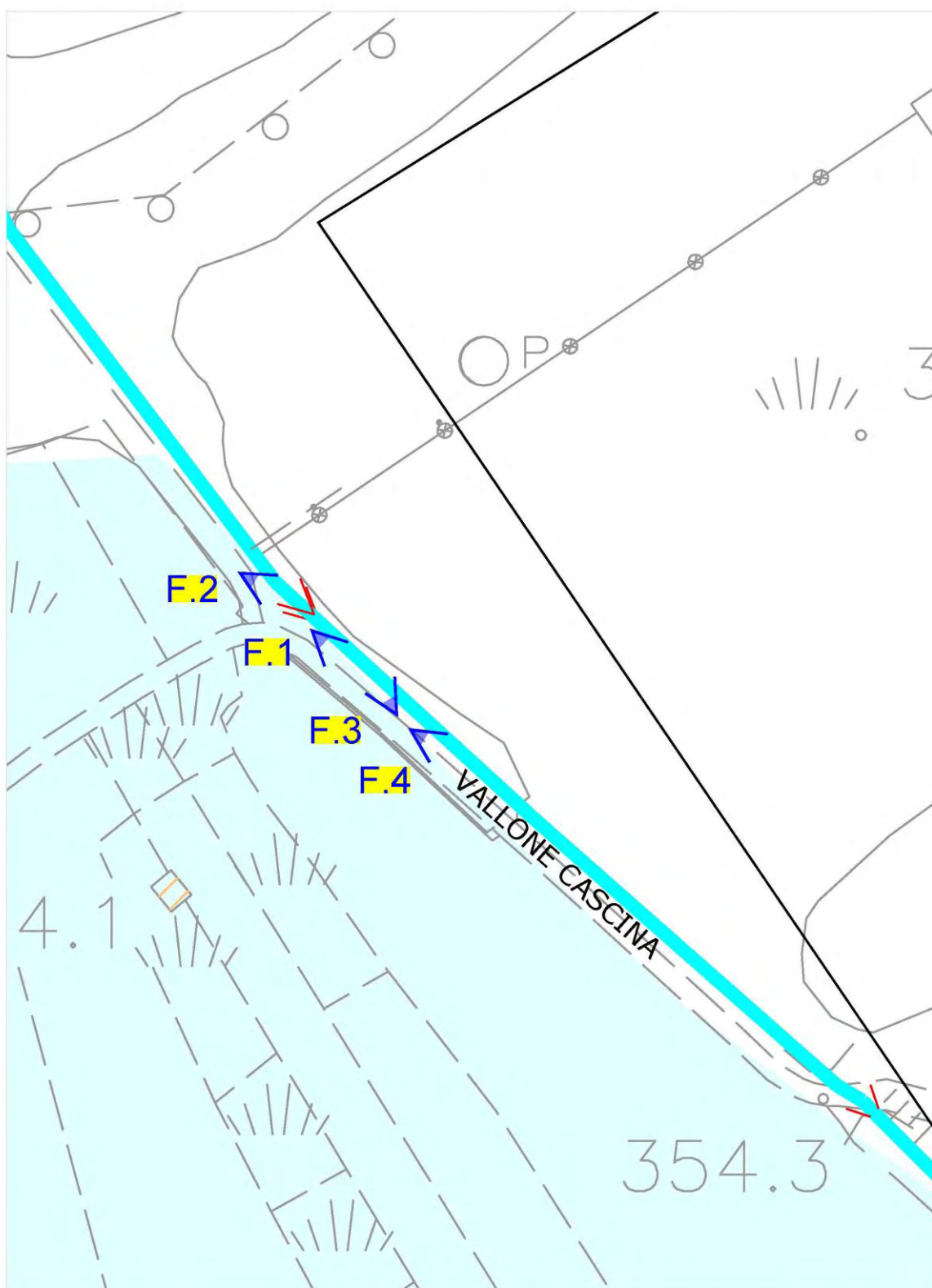
$$\alpha = 1/2 (1 - 1/2 n')$$

$$n' = n + k_1 A$$

in cui n è il parametro di potenza della legge di probabilità pluviometrica per l'area omogenea considerata, A è l'area del bacino, mentre k_1 è un coefficiente numerico pari a: $k_1 = 1.44 \cdot 10^{-4}$

Riferimenti bibliografici

Copertino, V. A. e M. Fiorentino (a cura di), *Valutazione delle Piene in Puglia*, CNR-GNDICI, Pubbl. n. 1437, La Modernissima, Lamezia Terme (CZ), 1994.



CONO OTTICO 



Foto 1



Foto 2



Foto 3



Foto 4