

AEROPORTO DI SALERNO COSTA D'AMALFI

NAPOLI
SALERNO
AIRPORTS
GESAC

PROGETTO ESECUTIVO

REALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI PREVISTI PER LO SVILUPPO
DELL'AEROPORTO (FASE 1 DEL PROGRAMMA DEGLI INTERVENTI)

RELAZIONE IDROLOGICA

IL PH PROGETTAZIONE

Ing. Andrea Guglielmi
Ord. Ing. Napoli N. 16488



IL PROGETTISTA

Ing. Fabio Grande
Ing. Flavio Antonini
Ing. Franco Bochetto



ASSOCIAZIONE DI IMPRESE

De Sanctis Costruzioni S.p.A.
Edil Moter S.r.l.
S.F.E. Elettroimpianti S.r.l.

RIFERIMENTO ELABORATO

DIRETTORIO			FILE		
codice	commessa	N.Prog.	settore	n. progressivo	
000	903	GL	G006		

DATA:

Febbraio 2022

REVISIONE

n.	data
5	Febbraio 2022

IL PH MANUTENZIONE

Ing. Chiara Iannizzaro

IL PH TERMINAL
Raffaele De Stefano

IL PH AREA DI MOVIMENTO
Raffaele De Stefano

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Ing. Andrea Guglielmi
Ord. Ing. Napoli N. 16488

ACCOUNTABLE MANAGER

Dott. Rinaldo Monteneri

INDICE

1.	PREMESSA.....	2
2.	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DELL'AREA.....	2
3.	STIMA DELLE CURVE DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA.....	4
4.	STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO.....	9
5.	RISULTATI DEI CALCOLI.....	16

1. PREMESSA

La presente relazione descrive l'approccio metodologico adottato per il dimensionamento delle opere idrauliche relative ai principali interventi previsti nell'ambito del Progetto Definitivo riguardante gli "Interventi per lo sviluppo dell'Aeroporto di Salerno Pontecagnano (LIRI)".



Figura 1 – Vista aerea aeroporto di Salerno Costa D'Amalfi

Ciò premesso la presente relazione illustra l'aspetto idrologico concernente il dimensionamento e la verifica degli interventi di sistemazione idraulica che riguardano sia la riqualifica e la manutenzione dei Torrenti Diavolone e Volta Ladri, che si sviluppano in adiacenza ed attraversamento del futuro sedime aeroportuale, sia la regimentazione e l'allontanamento delle acque meteoriche di dilavamento delle nuove superfici pavimentate.

2. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DELL'AREA

L'area oggetto dell'intervento è ubicata all'interno dei confini amministrativi dei Comuni di Pontecagnano (SA) e di Bellizzi (SA) e risulta ricadente all'interno dell'area di competenza dell'Autorità di Bacino regionale Destra Sele.

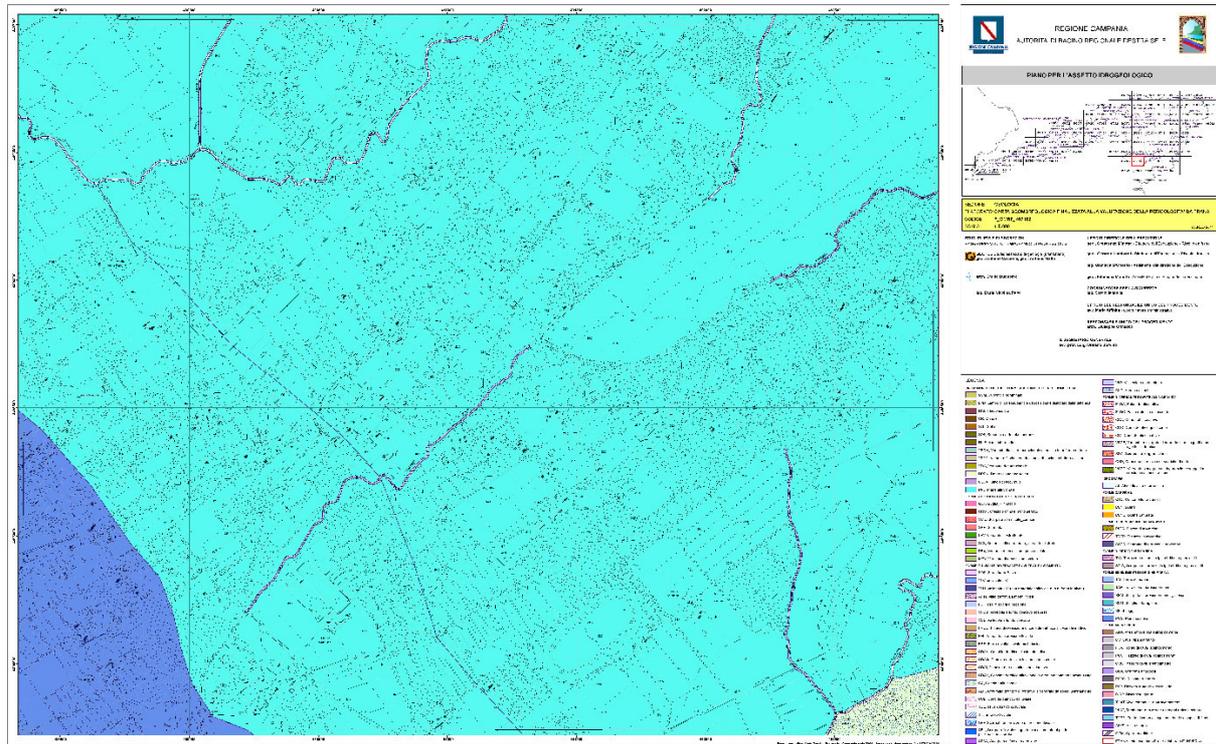
Come evidenziato nelle monografie contenute nel PAI dell'Autorità di Bacino Regionale Destra Sele, i terreni affioranti nella zona appartengono alla serie mesozoica calcareo-dolomitica del Sistema di Piattaforma Carbonatica e Bacini (CPBS sensu D'Argenio et alii 1993). La parte alta di tale successione (Giurassico - Cretacico), di natura essenzialmente calcarea, affiora nella parte settentrionale del comprensorio comunale in località Bosco San Benedetto. I termini calcarei sono in contatto tettonico con quelli appartenenti ai bacini interni Mesozoico - Terziari. Essi sono rappresentati, nell'area di studio, da argilliti, marne e torbiditi calcarei del Complesso Sicilide (Cretacico sup. - Miocene inf.).

Sovrapposta ai terreni delle argille variegatae indifferenziate nell'area di Faiano affiora una placca di travertino che, da Faiano, si estende fino all'abitato di Pontecagnano.

I terreni più recenti sono rappresentati dai depositi continentali detritici e alluvionali del pleistocene e dell'olocene, oltre che dai depositi sciolti di copertura detritico-piroclastica.

L'elemento morfologico dominante dell'area in esame è rappresentato dalle estese superfici subpianeggianti della piana alluvionale e della placca di travertino.

Figura 2 – Carta geologica finalizzata alla pericolosità da frana



Dal punto di vista idrografico, l'intera zona è attualmente attraversata da modeste incisioni, quali il Torrente Asa ed il Torrente Rialto, e confina a nord-ovest con il fiume Picentino e a sud-est con il Tusciano ed il suo affluente Torrente Lama.

In particolare, in prossimità del sedime aeroportuale oggetto dell'intervento progettuale, si trovano due corsi d'acqua di modesta importanza denominati Torrente Diavolone e Torrente Volta Ladri. Tali torrenti, come segnalato all'interno del PAI, non rappresentano un elemento di pericolosità dal punto di vista idraulico.

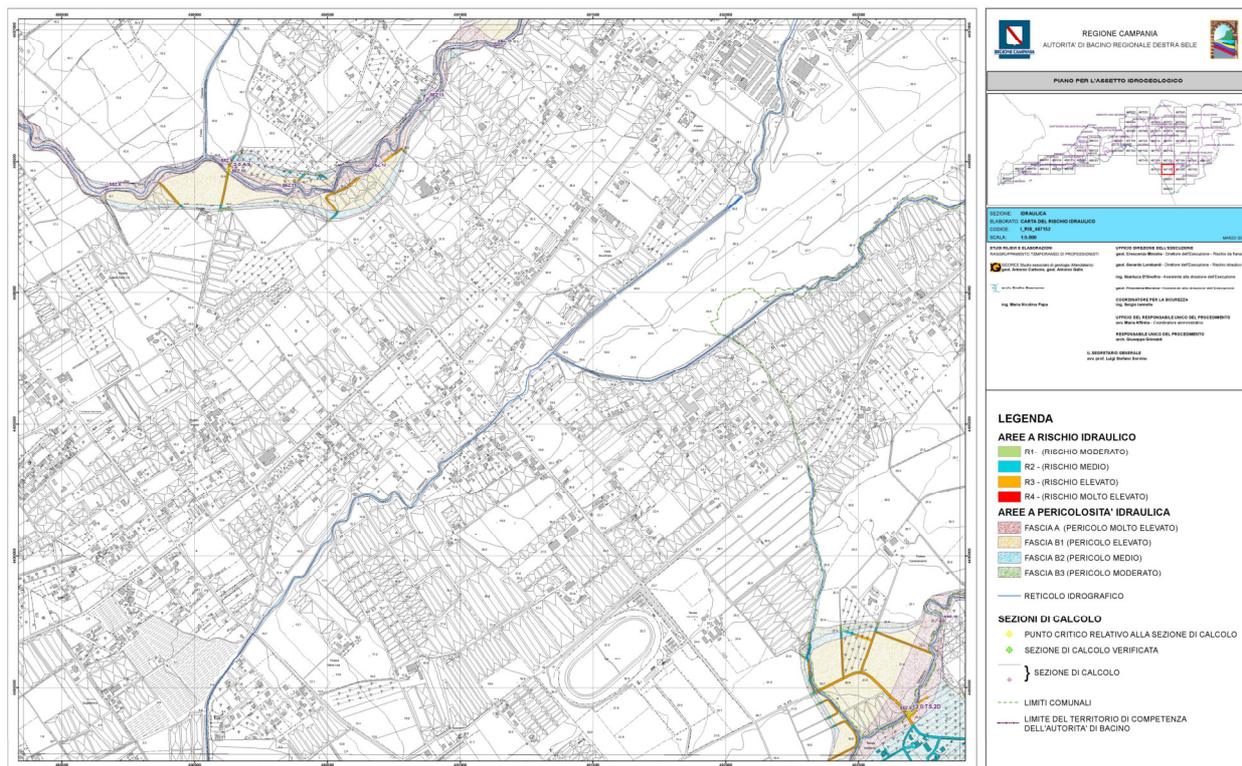


Figura 3 – Carta del rischio idraulico

3. STIMA DELLE CURVE DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA

La caratterizzazione pluviometrica di una data zona consiste nella definizione, attraverso analisi statistica, delle cosiddette curve di caso critico o curve di possibilità pluviometrica, le quali forniscono, per un assegnato valore del tempo di ritorno, la relazione tra la durata della pioggia e la relativa altezza di precipitazione h (o la relativa intensità di precipitazione i).

La definizione delle curve di possibilità pluviometrica relative al territorio di interesse per l'infrastruttura in progetto è derivata dal progetto VA.PI. sulla Valutazione delle Piene in Italia, sviluppato dalla Linea 1 del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche del Consiglio Nazionale delle Ricerche; esso ha per obiettivo la regionalizzazione delle piogge intense su tutto il territorio nazionale secondo criteri omogenei.

In particolare è stato preso a riferimento lo studio condotto nella Regione Campania (Ross F., Villani P. "Valutazione delle piene in Campania" CNR-GNDCI, Cava dei Tirreni (SA), 1995).

METODOLOGIA VAPI

In base alla procedura VA.PI., il "processo" dei massimi annuali delle piogge giornaliere (valore cumulato di precipitazione tra le ore 9 antimeridiane del giorno di registrazione e la stessa ora del giorno precedente) e delle piogge di breve durata e forte intensità è schematizzato con il modello probabilistico TCEV (Two-Component Extreme Value).

Tale modello ipotizza che i massimi annuali provengano da una miscela di due popolazioni di eventi: una per così dire "ordinaria" (in seguito indicata con il pedice b) e l'altra "straordinaria", rappresentata dai valori campionari più elevati (in seguito indicata col pedice s). Questa ipotesi si basa sul fatto che nelle serie storiche dei massimi annuali delle piogge esistono valori nettamente superiori agli altri (outliers), tali da non sembrare appartenenti alla stessa popolazione dei rimanenti dati.

La TCEV si rappresenta con una funzione di probabilità cumulata del tipo:

$$P(h_d) = e^{-e^{-\alpha_{b,d}(h_d - \varepsilon_{b,d})} - e^{-\alpha_{s,d}(h_d - \varepsilon_{s,d})}}$$

equivalendo formalmente al prodotto di due funzioni di distribuzione cumulata di Gumbel.

La funzione di probabilità cumulata è esprimibile in un'altra forma effettuando la seguente trasformazione di variabili:

$$\alpha_{b,d} = \frac{1}{\Theta_{b,d}} \quad \alpha_{s,d} = \frac{1}{\Theta_{s,d}} \quad \varepsilon_{b,d} = \Theta_{b,d} \ln \Lambda_b \quad \varepsilon_{s,d} = \Theta_{s,d} \ln \Lambda_s$$

e:

$$\Theta^* = \frac{\Theta_{s,d}}{\Theta_{b,d}} \quad \Lambda^* = \frac{\Lambda_s}{\Lambda_b^{1/\Theta^*}}$$

In questo caso, in modo del tutto equivalente, l'espressione precedente si scrive:

$$P(h_d) = e^{-\Lambda_b e^{-\left(\frac{h_d}{\Theta_{b,d}}\right) - \Lambda^* \Lambda_b^{1/\Theta^*} e^{-\left(\frac{h_d}{\Theta^* \Theta_{b,d}}\right)}}$$

e i quattro parametri che caratterizzano il modello diventano $\Lambda^*, \Lambda_b, \Theta^*, \Theta_{b,d}$.

Si può dimostrare che:

- il coefficiente di asimmetria $\xi(h_d)$ dipende soltanto dai parametri Θ^* e Λ^* ;
- il coefficiente di variazione $\gamma(h_d)$ dipende dai parametri $\Lambda^*, \Lambda_b, \Theta^*$;
- la media dipende da tutti e quattro i parametri $\Lambda^*, \Lambda_b, \Theta^*, \Theta_{b,d}$.

$$\mu_{h_d} = \left[\ln \Lambda_b + 0.5772 - \sum_{j=1}^{\infty} \frac{(-1)^j \Lambda^{*j}}{j!} \Gamma\left(\frac{j}{\Theta^*}\right) \right] \cdot \Theta_{b,d} = \beta \cdot \Theta_{b,d}$$

Grazie a tale formulazione della media, la distribuzione di probabilità può essere espressa come segue:

$$P(h_d) = e^{-\Lambda_b e^{-\beta \left(\frac{h_d}{\mu_{h_d}}\right) - \Lambda^* \Lambda_b^{1/\Theta^*} e^{-\left(\frac{\beta h_d}{\Theta^* \mu_{h_d}}\right)}}$$

Introducendo il coefficiente di crescita:

$$K = \frac{h_d}{\mu_{h_d}}$$

si ottiene

$$P(K) = e^{-\Lambda_b e^{-\beta K} - \Lambda^* \Lambda_b^{1/\Theta^*} e^{-\left(\frac{\beta K}{\Theta^*}\right)}}$$

che in forma implicita fornisce la curva di crescita $K(T)$ della variabile h_d dove T è il tempo di ritorno di h_d :

$$T = \frac{1}{1 - P(K)}$$

Da quanto detto precedentemente, i parametri della TCEV sono quattro ($\Lambda^*, \Lambda_b, \Theta^*, \Theta_{b,d}$) per cui è elevata l'incertezza della stima ottenuta con le serie storiche in genere disponibili la cui dimensione campionaria è spesso limitata.

Per ridurre l'incertezza si utilizzano tecniche di analisi regionale che consentono di stimare almeno alcuni dei parametri sulla base di tutte le serie storiche ricadenti all'interno di vaste aree indicate come zone e sottozone omogenee.

La procedura VA.PI. considera tre livelli di regionalizzazione, individuando:

- al 1° livello, regioni omogenee rispetto ai due parametri di forma Λ^* , Θ^* , da cui deriva l'omogeneità rispetto al coefficiente di asimmetria $\xi(h_d)$;
- al 2° livello, zone omogenee anche rispetto al parametro di scala Λ_b (e quindi a β e a $K(T)$), da cui deriva l'omogeneità rispetto al coefficiente di variazione $\gamma(h_d)$;
- al 3° livello, sottozone omogenee rispetto alla dipendenza del parametro $\Theta_{b,d}$, e quindi della media μ_{h_d} , da alcune grandezze geografiche locali (quota, distanza dal mare, orientamento dei versanti).

La stima di h_d è più in generale della variabile x_T , nel modello TCEV, può essere alternativamente effettuata con il metodo del valore indice. Con tale metodo si analizza in luogo di X una variabile adimensionale X/X_i dove X_i è un valore caratteristico della distribuzione di X ed assume il nome di valore indice.

Nelle applicazioni quasi sempre si utilizza come valore indice la media μ e si analizza la variabile $K_T = X/\mu$ che viene indicata come fattore di crescita.

In generale seguendo tale approccio, la stima di x_T si ottiene con due passi distinti:

- stima del fattore di crescita x'_T , relativo al periodo di ritorno T ;
- stima del valore indice, μ .

In definitiva la stima di x_T si ottiene con il prodotto $x_T = x'_T \cdot \mu$.

Nello studio preso a riferimento, VAPI Regione Campania, sono stati ottenuti i seguenti valori per i parametri sopra menzionati:

ϑ	Λ	Λ_1	η
2,136	0,224	41	4,688

Tabella 1: Parametri del modello TCEV per la Regione Campania

Nella tabella seguente si riportano i valori del coefficiente di crescita di K_T per alcuni valori del tempo di ritorno T_R :

T (anni)	2	5	10	20	25	40	50	100	200	500	1000
K_T	0,93	1,22	1,43	1,65	1,73	1,90	1,98	2,26	2,55	2,95	3,26

Tabella 2: Parametri del coefficiente di crescita di K_T per le piogge in Campania per alcuni valori del tempo di ritorno T_R :

CURVE DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA

Per la stima della legge di probabilità pluviometrica, che definiscono la variazione della media del massimo annuale dell'intensità di pioggia su una fissata d , μ (I_d), con la durata stessa, il Rapporto VAPI Campania prevede per l'intero ambito regionale l'utilizzo di espressione del tipo:

$$\mu[I_d] = \frac{\mu[I_0]}{\left(1 + \frac{d}{d_c}\right)^\beta}$$

in cui d e d_c sono espressi in ore, μ [I_d] e μ [I_0] in mm/ora e β è dato dalla relazione seguente:

$$\beta = C - D \cdot Z$$

I parametri della precedente espressione sono costanti all'interno delle aree pluviometriche omogenee in cui la regione è stata suddivisa (Fig. 4) e variano al passare dall'una all'altra.

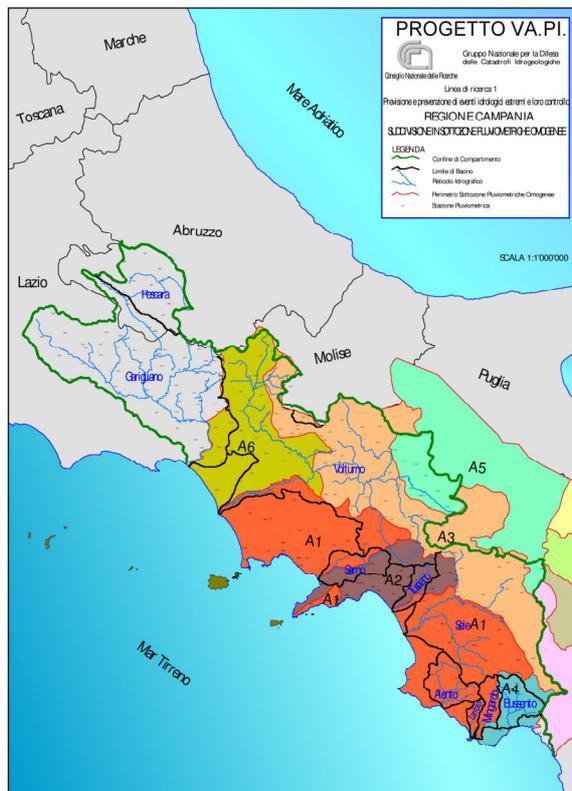


Figura 4- Suddivisione in aree pluviometriche omogenee

La stima dei parametri per la legge di piggia possono essere facilmente individuati facendo uso della tabella seguente:

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

Tabella 3: Parametri statistici delle leggi di probabilità pluviometrica regionali per ogni area pluviometrica omogenea

L'infrastruttura in progetto ricade all'interno dell' nell'area omogenea A1, cui corrispondono i valori dei parametri statistici della legge di probabilità pluviometrica di seguito riportati

Zona Omogenea	$\mu (I_0)$ (mm/ora)	d_c (ore)	C	$D*10^5$
A1	77.08	0.3661	0.7995	8.6077

Tabella 4: Parametri statistici delle leggi di probabilità pluviometrica regionali per l' area omogenea A1

In base ai dati di precipitazione delle zone omogenea A1, settore nel quale ricade l'infrastruttura in progetto, vengono calcolate la curva di possibilità pluviometrica per diversi tempi pioggia (piogge sub orarie ed orarie) e diversi tempi di ritorno, a secondo di quella che sia la struttura ed il sistema di drenaggio da dimensionare, in particolare per il dimensionamento delle opere di raccolta, drenaggio e allontanamento delle acque meteoriche afferenti le aree pavimentate della pista di volo, delle vie di rullaggio e dell'Apron Est.

Il legame funzionale tra l'altezza h_t di pioggia e la sua durata t per un determinato tempo di ritorno Tr è espresso mediante una equazione di tipo monomio:

$$h_{t,Tr} = a t^n$$

con

- h_t = altezza di precipitazione in mm;
- t = durata di pioggia in ore;
- a, n = parametri caratteristici della curva.

Per la stima dei parametri delle curve di possibilità pluviometrica si è proceduto ad una regressione lineare in campo logaritmico utilizzando il metodo dei minimi quadrati.

Si riportano di seguito in forma tabellare i parametri relativi alla curva di possibilità pluviometrica corrispondenti a diversi tempi di ritorno utilizzati per il dimensionamento del sistema di drenaggio a servizio dell'infrastruttura in progetto e a seguire la loro rappresentazione grafica

a_{TR10}	a_{TR25}	n ($d \geq 1$ ora)	n ($d < 1$ ora)
40.12	48.54	0.28	0.56

Tabella 5: parametri a e n curve di possibilità pluviometrica TR 10 e TR 25

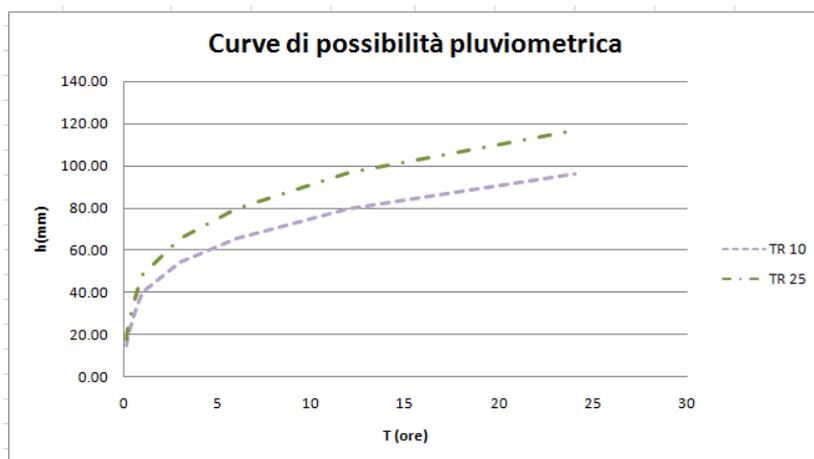


Figura 5 - Curve di possibilità pluviometrica per $Tr = 10, 25$ anni

4. STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO

Scopo del presente capitolo è la definizione, per i Torrenti Rialto, Diavolone e Volta Ladri, della portata di piena corrispondente ad un tempo di ritorno T_r pari a 200 anni. Tale operazione sarà condotta grazie all'utilizzo del metodo razionale.

METODO RAZIONALE

Alla base della procedura vi sono le seguenti assunzioni:

- la massima piena avviene per precipitazioni meteoriche con durata pari al tempo di corrivazione del bacino;
- il picco di piena ha il medesimo tempo di ritorno della precipitazione che lo ha generato;
- la formazione delle piene ed il suo trasferimento lungo il reticolo idrografico avviene senza la formazione di invasi significativi; nel caso si formino invasi significativi il colmo di piena calcolato con questa metodologia sarà sovrastimato.

La portata al colmo di piena è espressa dalla formula:

$$Q = \frac{\phi \cdot I(t) \cdot A}{360} \quad \left(\frac{m^3}{s} \right)$$

dove:

- ϕ = coefficiente di deflusso del bacino;
- $I(t)$ = intensità di pioggia per una durata pari al tempo di corrivazione (mm);
- S = superficie del bacino (ha);
- t_c = tempo di corrivazione del bacino (ore).

La procedura si articola nei seguenti passi:

- delimitazione del bacino idrografico di interesse su una base cartografica in opportuna scala;
- definizione del tempo di corrivazione;
- definizione della curva segnalatrice di probabilità pluviometrica per un tempo di ritorno paria $T_R=200$ anni da cui $I_{t,T} = K_T \cdot \mu(I_d)$
- analisi dei dati di uso del suolo, della litologia, di copertura e vegetazione per la valutazione del coefficiente di deflusso;
- calcolo della portata di massima piena duecentennale

La determinazione del valore del tempo di corrivazione è effettuata mediante l'applicazione della formula di Kirpich valida per bacini di piccola estensione. Viene di seguito riportata l'espressione di calcolo relativa al metodo adottato:

Kirpich

$$t_c = 0.066 \cdot \frac{L^{0.77}}{i^{0.385}} \quad (\text{ore})$$

dove:

- L = lunghezza dell'asta principale [km];
- i = pendenza asta principale [m/m].

Si riportano di seguito in forma tabellare per i corsi d'acqua in studio T.Rialto, T. Diavolone e T. Volta Ladri, le caratteristiche fisiografiche ed il tempo di corrivazione

Corso d'Acqua	A	L	i	T _c
	(Kmq)	(Km)	(m/m)	(ore)
T. Rialto	9.30	9.18	0.026	1.49
T. Diavolone	5.93	9.13	0.026	1.48
T. Volta Ladri	3.35	5.20	0.012	1.29

Tabella 6: Tempi di corrivazione relativo ai Bacini in Studio calcolato mediante applicazione Formula di Kirpich

Nota la legge di pioggia caratteristica del bacino in esame, ai fini della valutazione della portata di piena è necessario stimare la pioggia netta (P_{net}), ovvero quella che, attraverso il ruscellamento superficiale, effettivamente affluisce al canale. A tale scopo è dunque necessario stimare la frazione persa (per infiltrazione, per invaso nelle depressioni locali, ecc.) che non raggiunge l'alveo e quindi non contribuisce al deflusso del canale. Tale frazione dipende dalla natura della superficie scolante (permeabilità, scabrezza, pendenza, morfologia, presenza di depressioni del terreno, ecc.) e dall'uso del suolo. Il parametro rappresentativo della quantità di pioggia effettivamente ruscellata verso il collettore è il coefficiente di afflusso (φ) del bacino.

Il coefficiente di deflusso relativo al bacino idrografico dei corsi d'acqua oggetto del presente studio è stimato mediante il metodo del Curve Number, proposto dal Soil Conservation Service (1972), il quale si basa sull'assunzione che il volume specifico (altezza) di pioggia netta (efficace) P_{net} risulta legato al volume specifico (altezza) di pioggia lorda P (pioggia effettiva) caduta nel medesimo intervallo temporale dalla relazione:

$$P_{net} = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \text{ [mm]}$$

nella quale S è il massimo volume specifico di acqua che il terreno può trattenere in condizione di saturazione ed I_a è la cosiddetta perdita iniziale, vale a dire quel valore limite di altezza di pioggia che il terreno può trattenere nella fase iniziale del fenomeno senza che si abbia creazione di deflusso; il parametro S corrisponde al volume idrico trattenuto dal terreno e dalla vegetazione, e quindi sottratto al deflusso superficiale dopo l'istante in cui si ha P > I_a; fino all'istante in cui non si ha P < I_a il deflusso superficiale è da ritenersi praticamente assente.

In realtà con l'introduzione della perdita iniziale I_a si vuole tenere conto anche di quel complesso di fenomeni, quali l'intercettazione da parte della vegetazione e l'accumulo nelle depressioni superficiali del terreno, che ritardano il verificarsi del deflusso superficiale. In mancanza di adeguate osservazioni utili, per la stima di I_a si può fare ricorso alla seguente relazione:

$$I_a = 0.2 \cdot S \text{ [mm]}$$

che risulta verificata in buona approssimazione.

La valutazione del valore di S può invece essere ricondotta a quella dell'indice CN (Curve Number), cui esso risulta legato dalla relazione:

$$S = 254 \left(\frac{100}{CN} - 1 \right) \text{ [mm]}$$

L'indice CN è un numero adimensionale, compreso fra 0 e 100, funzione della permeabilità della litologia superficiale, dell'uso del suolo e del grado di saturazione del terreno prima dell'evento meteorico. Il Soil Conservation Service (SCS) sulla base della capacità di assorbimento del terreno nudo a seguito di prolungato adacquamento, ha classificato i vari tipi di suolo in quattro gruppi (A, B, C, D) le cui caratteristiche sono riportate nella tabella seguente

Tipo	CARATTERISTICHE DEI SUOLI	
A	(Ruscellamento di modesta entità). Suoli con alte velocità d'infiltrazione anche se completamente bagnati; suoli formati da strati sabbiosi e ghiaiosi di spessore elevato, ben drenati, caratterizzati da alti coefficienti di permeabilità.	- sabbie profonde -terriccio marnoso profondo -aggregati limosi e sabbiosi
B	Suoli con moderate velocità di infiltrazione anche se completamente bagnati, di spessore abbastanza elevato, abbastanza drenati; suoli di tessitura da moderatamente grossolana a moderatamente fine, caratterizzati da un moderato coefficiente di permeabilità.	- sabbie argillose - terriccio marnoso sottile.
C	Suoli con basse velocità d'infiltrazione anche se completamente bagnati; principalmente costituiti da uno strato che ostacola la percolazione dell'acqua nel terreno sottostante; suoli di tessitura da moderatamente fine a fine, caratterizzati da bassi coefficienti di permeabilità.	- argille sabbiose -suoli poveri di contenuti organici -suoli ricchi di componenti argillosi
D	(Ruscellamento di notevole entità). Suoli con modestissime velocità d'infiltrazione; principalmente suoli argillosi rigonfiabili oppure suoli situati poco al di sopra di una falda permanente; suoli con strati o lenti argillose in prossimità o in superficie; suoli di piccolo spessore con materiale impermeabile sottostante. Suoli caratterizzati da bassissimi coefficienti di permeabilità.	-suoli con tendenza al rigonfiamento in presenza di umidità, argille plastiche, suoli salini.

Tabella 7 – Classificazione idrologica dei suoli secondo l'U.S.D.A. - S.C.S.

Per tali gruppi si riportano sotto forma tabellare i valori del parametro CN corrispondenti a diverse tipologie di utilizzo del suolo

Tipologia di Uso del Territorio	Tipo idrologico Suolo			
	A	B	C	D
<u>Terreno coltivato</u>				
in presenza di pratiche di conservazione del suolo	62	71	78	81
in assenza di pratiche di conservazione del suolo	72	81	88	91
<u>Terreno a pascolo</u>				
in cattive condizioni	68	79	86	89
in buone condizioni	39	61	74	80
<u>Terreni boscosi o forestati</u>				
in presenza di copertura rada e senza sottobosco	45	66	77	83
in presenza di copertura fitta e con sottobosco	25	55	70	77
<u>Spazi aperti, prati rasati, parchi</u>				
con copertura erbosa superiore al 75% dell'area	39	61	74	80
con copertura erbosacompreso tra il 50 ed il 75% dell'area	49	69	79	84
con copertura erbosa inferiore al 50% dell'area	68	79	86	89
<u>Aree commerciali (area impermeabile 85%)</u>	89	92	94	95
<u>Distretti industriali (area impermeabile 72%)</u>	81	88	91	93
<u>Aree residenziali</u>				
impermeabilità media 65%	77	85	90	92
impermeabilità media 38%	61	75	83	87
impermeabilità media 30%	57	72	81	86
impermeabilità media 25%	54	70	80	85
impermeabilità media 20%	51	68	79	84
impermeabilità media 12%	46	65	77	82
<u>Parcheggi, tetti, autostrade</u>	98	98	98	98
<u>Strade</u>				
pavimentate o asfaltate, dotate di drenaggio	98	98	98	98
con letto in ghiaia	76	85	89	91
battute in terra	72	82	87	89

Tabella 8 – metodo SCS-CN; valori del "Curve Number" CN per i diversi tipi di suolo in funzione dell'uso del suolo per condizioni di umidità iniziale (antecedent moisture conditions – AMC) medie (classe II)

I valori del CN riportati nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** si riferiscono ad una condizione di umidità del suolo all'inizio dell'evento meteorico di tipo standard, precisamente quella intermedia indicata come AMC II (Antecedent Moisture Condition II).

Poiché il rifiuto del terreno è un fenomeno dinamico, che dipende dallo stato del sistema, ovvero dallo stato di imbibimento del bacino, si assume che il valore di CN possa variare in relazione alle condizioni iniziali di imbibimento all'atto della piena. Lo stato di imbibimento viene espresso, in modo quali-quantitativo, in base ad un indice di pioggia, dato dall'altezza totale di pioggia caduta nei cinque giorni che precedono l'evento di piena, API5. a seconda del valore di API5, vengono identificate le tre classi AMC I, II e III, che rappresentano rispettivamente terreno inizialmente asciutto, mediamente imbibito e fortemente imbibito.

CLASSE AMC	Altezza di pioggia nei 5 giorni precedenti (mm)	
	Stagione di riposo	Stagione di crescita
I - asciutta	< 12.7	< 35.5
II - media	12.7 - 28.0	35.5 - 53.3
III - umida	> 28.0	> 53.3

Tabella 9 – definizione della classe di umidità in base al parametro API5

Noto il valore di CN per le condizioni medie di imbibimento, per passare a condizioni di umidità iniziale asciutte (classe AMC I) o umide (classe AMC III), si utilizzano le curve riportate di seguito.

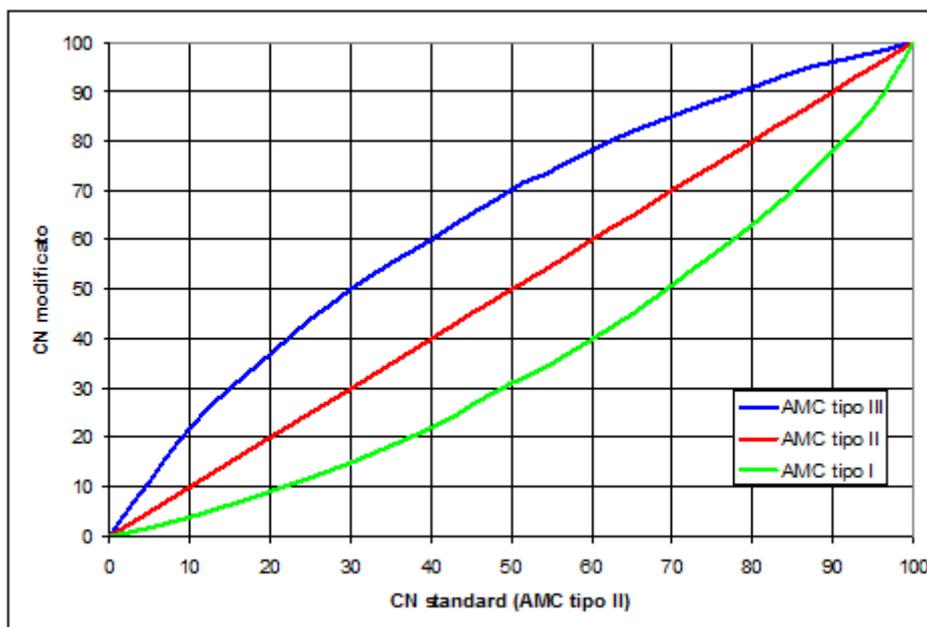


Figura 6 curve di conversione dei valori di CN per le diverse condizioni di umidità del suolo antecedenti l'evento

Tali curve possono essere interpolate mediante le seguenti relazioni:

$$CN(I) = \frac{4.2CN(II)}{10 - 0.058CN(II)}$$

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0.13CN(II)}$$

Nel caso di terreni variegati possono essere identificate alcune categorie fondamentali per definire un valore globale del CN, pesato in ragione dell'estensione delle sottozone con le quali si è suddiviso il bacino.

Una volta calcolata la pioggia netta (efficace) P_{net} , il coefficiente di deflusso è pari a:

$$\phi = \frac{P_{net}}{P}$$

Nel caso in esame, al fine di definire il CN per le varie porzioni del bacino in studio, sono stati analizzati i seguenti documenti e fonti:

- Strati cartografici della copertura e uso del suolo prodotti nell'ambito del progetto Corinne Land Cover 2006 (CLC 2006) fonte servizio di consultazione WMS GeoPortale Nazionale curato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare;
- Carta Geolitologica d'Italia fonte servizio di consultazione WMS GeoPortale Nazionale curato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare;
- Immagini satellitari al fine di valutare eventuali variazioni significative rispetto a quanto riportato nelle suddette carte.

Per tutti i bacini in studio si è supposta, in sicurezza, una condizione iniziale "umida" cosicché i valori di CN (II) sono stati convertiti in CN (III).

Con riferimento ai bacini Idrografici dei corsi d'acqua in studio, si è proceduto all'individuazione delle categorie fondamentali per definire un valore globale del CN, pesato in ragione dell'estensione areale delle sottozone nelle quali si è suddiviso il bacino stesso. In relazione alla capacità di deflusso " il tipo di suolo" su cui risultano impostati i bacini di indagine è stato individuato nella colonna B della Tabella 7 .

Nella seguente tabella sono stati riassunti le superfici a differente uso in funzione della schematizzazione della tabella 8, il relativo CN ed il CN risultante, pesato in funzione della effettiva estensione

T.Rialto	livello			A	Amc II	Amc III	
I	II	III	Kmq	CN II	CN II Medio	CN III	CN III Medio
Terreni agricoli	Zone Agricole eterogenee	Sistemi culturali e particel. perm.	2.66	71	75.69	84.92	87.56
Terreni agricoli	Seminativi	Seminativi in aree nn irrigue	3.03	71		84.92	
Terreni agricoli	Colture permanenti	Frutteti e frutti minori	1.01	71		84.92	
Territori modellati artificialmente	Zone Ind. Comm. reti di Comun.	Aeroporti	1.20	88		94.40	
Territori modellati artificialmente	Zone urbanizzate	Tessuto urbano discontinuo	1.53	85		92.87	
Territori modellati artificialmente	Zone estrattive discariche e cantieri	Aree estrattive	0.37	82		91.29	

Tabella 10 – Valori del CN per il bacino del Torrente Rialto

Il valore medio del coefficiente risulta dunque CN III = 88. Ad esso può essere fatto corrispondere un coefficiente di deflusso pari a $\Phi(200) = 0,51$.

T.DIAVOLONE				Amc II		Amc III	
livello			A	CN II	CN II Medio	CN III	CN III Medio
I	II	III	Kmq				
Terreni agricoli	Zone Agricole eterogenee	Sistemi culturali partic. e perm.	2.00	71	75.41	84.92	87.42
Terreni agricoli	Seminativi	Seminativi in aree nn	1.85	71		84.92	
Terreni agricoli	Colture permanenti	Frutteti e frutti minori	0.25	71		84.92	
Territori modellati artificialmente	Zone Indus. Commerc. reti di Comunicaz.	Aeroporti	0.55	88		94.40	
Territori modellati artificialmente	Zone urbanizzate	Tessuto urbano discontinuo	0.91	85		92.87	
Territori modellati artificialmente	Zone estrattive discariche e cantieri	Aree estrattive	0.37	82		91.29	

Tabella 11 – Valori del CN per il bacino del Torrente Diavolone

Il valore medio del coefficiente risulta dunque CN III = 87. Ad esso può essere fatto corrispondere un coefficiente di deflusso pari a $\Phi(200) = 0,60$

T. VOLTA LADRI				Amc II		Amc III	
livello			A	CN II	CN II Medio	CN III	CN III Medio
I	II	III	Kmq				
Terreni agricoli	Zone Agricole eterogenee	Sistemi culturali particel. e perm.	0.64	71	76.13	84.92	87.81
Terreni agricoli	Seminativi	Seminativi in aree nn irrigue	1.18	71		84.92	
Terreni agricoli	Colture permanenti	Frutteti e frutti minori	0.76	71		84.92	
Territori modellati artificiali	Zone Ind. Comm. reti di Comun.	Aeroporti	0.65	88		94.40	
Territori modellati artificiali	Zone urbanizzate	Tessuto urbano discontinuo	0.62	85		92.87	

Tabella 11 – Valori del CN per il bacino del Torrente Volta Ladri

Il valore medio del coefficiente risulta dunque CN III = 88. Ad esso può essere fatto corrispondere un coefficiente di deflusso pari a $\Phi(200) = 0,61$

5. RISULTATI DEI CALCOLI

A valle delle considerazioni effettuate nei paragrafi precedenti, si riporta in forma tabellare, per ciascuno dei Corsi d'acqua oggetto del presente studio, la portata di progetto corrispondente ad un tempo di ritorno Duecentennale,

Corso d'Acqua	Q_{200}
	(mc/s)
T. Rialto	71.30
T. Diavolone	53.90
T. Volta Ladri	33.36

Tabella 12 – metodo razionale – portate di progetto