

COMUNE DI MONTEROTONDO



PROVINCIA DI ROMA

CONCESSIONE DEL SERVIZIO DI GESTIONE DELLE AREE DI SOSTA A PAGAMENTO E REALIZZAZIONE DI VERDE ATTREZZATO, PIAZZA PUBBLICA E AUTORIZIMESSA IN PIAZZA DELLA LIBERTÀ MEDIANTE FINANZA DI PROGETTO, AI SENSI DELL'ART. 183 COMMA 15 DEL D.LGS 50/2016 E S.M.I.

CUP: I91B21001210005 - CIG: 927527463D

PROGETTO DEFINITIVO
(VARIANTE OTT. 2025)

Il Responsabile del Servizio

Arch. Andrea Cucchiaroni

IG.010

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

rev.	data	descrizione	verif.	approv.	scala
0	10.2025	prima emissione	v	v	-
					formato
					A4

RTI
mandataria



A.J. Mobilità s.r.l.

S.S. Flaminia km 131,15
06049 Spoleto (PG)

mandante



Via Provinciale delle Breccie, 40
80147 Napoli (NA)

RTP

mandataria

C.S.I. srl

Via Vincenzo Lamberti, 29
81100 Caserta (CE)

mandanti

Silvestrini Ingegneria srl

Via Guglielmo Oberdan, 71
00015 Monterotondo (RM)

Arch. Carmine Tirone

Ing. Vincenzo Caterino

Dott. Geol. Giuseppe Falzarano



IL SOGGETTO PROPONENTE

PROGETTAZIONE



RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

1 PREMESSA

In adempimento a quanto prescritto dalla normativa vigente, in particolare ai sensi dell'art. art. 26, comma 1 lettera i) del D.P.R. 207/10, viene predisposta la presente Relazione Idrologica e Idraulica, che costituisce uno degli elaborati a corredo del Progetto Definitivo della *"Concessione del servizio di gestione delle aree di sosta a pagamento e realizzazione di verde attrezzato, piazza pubblica e autorimessa in Piazza della Libertà mediante finanza di progetto"*.

Obiettivi del presente studio di carattere generale sono:

- la descrizione degli elementi tecnici conoscitivi del bacino di appartenenza e dell'area vasta;
- la determinazione delle portate di massima piena prevedibili per prefissati tempi di ritorno;

Il presente studio è articolato nelle fasi seguenti:

- Definizione e caratterizzazione del bacino idrografico mediante l'individuazione dei principali parametri morfologici quali: area, lunghezza dell'asta principale, quote massima, minima e media;
- Determinazione degli afflussi meteorici mediante analisi regionale delle piogge intense;
- Caratterizzazione del bacino relativamente ai parametri influenzanti la trasformazione afflussi-deflussi quali: la litologia, la pedologia, la copertura e la permeabilità;
- Calcolo delle portate di massima piena per diversi tempi di ritorno.

Le portate di piena sono state determinate per tempi di ritorno di 10, 50, 100 e 200 anni.

mandataria



mandante





2 METODOLOGIA VAPI-LAZIO

Per la determinazione delle leggi di pioggia /portate si utilizzano le considerazioni del Progetto VAPI (VALutazione PIene) sulla Valutazione delle Piene in Italia, portato avanti dalla Linea 1 del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche, ha come obiettivo quello di predisporre una procedura uniforme sull'intero territorio nazionale per la valutazione delle portate di piena naturali e delle piogge intense secondo criteri omogenei. Il modello TCEV (Two Component Extreme Value Distribution) permette di determinare le altezze di pioggia h e le relative intensità i , seguendo una tecnica di regionalizzazione dei dati pluviometrici messa a punto dal progetto VAPI1.

La regionalizzazione delle piogge mira a superare i limiti relativi alla scarsa informazione pluviometrica (spesso costituita da singole serie di durata limitata e poco attendibili per le elaborazioni statistiche), utilizzando in modo coerente tutta l'informazione pluviometrica disponibile sul territorio, per individuare la distribuzione regionale delle caratteristiche delle precipitazioni.

La peculiarità del modello TCEV è quella di tradurre in termini statistici la differente provenienza degli estremi idrologici, riconducendosi formalmente al prodotto di due funzioni di probabilità del tipo Gumbel. La prima, denominata componente base, assume valori non elevati ma frequenti, mentre la seconda (componente straordinaria) genera eventi più rari ma mediamente più rilevanti (appartenenti ad una differente fenomenologia meteorologica). La TCEV rappresenta pertanto la distribuzione del massimo valore di una combinazione di due popolazioni ed ha, quindi, la caratteristica di prestarsi all'interpretazione di variabili fortemente asimmetriche, con presenza di alcuni valori molto elevati, di cui difficilmente le distribuzioni usuali (Gumbel, Log-Normale, etc.) riescono a rendere conto.

Il presente paragrafo ha come oggetto la particolarizzazione del Metodo VAPI-piogge su un'ampia fascia dell'Italia Centrale, comprendente tra l'altro, tutti i bacini del Compartimento di Roma del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale, ossia il bacino del Tevere e i bacini minori con foce lungo il litorale del Lazio.

La procedura gerarchica di regionalizzazione si articola su tre livelli successivi in ognuno dei quali è possibile ritenere costanti alcuni statistici:

mandataria



mandante





- Al primo livello di regionalizzazione si è dovuta respingere l'ipotesi di un'unica regione omogenea rispetto al coefficiente d'asimmetria, che non è risultata accettabile. Il territorio è stato quindi suddiviso in tre regioni omogenee, che si potrebbero definire: regione tirrenica (regione A, che interessa la fascia del litorale tirrenico e si protende all'interno lungo le valli dei principali corsi d'acqua), regione appenninica (regione B, che interessa l'ampia fascia dell'Appennino propriamente detto, con le propaggini dei colli Albani, e i monti Lepini, Ausoni e Aurunci, nonché, separati da questa zona, i gruppi montuosi nell'entroterra tirrenico a nordovest del Tevere) e regione adriatica (regione C, che interessa una ristretta fascia del litorale adriatico e si protende con ristrette lingue lungo le valli dei corsi d'acqua.). I valori regionali dei parametri Θ^* e Λ^* sono costanti e indipendenti dalla durata t (tabella successiva: Parametri del primo livello di regionalizzazione - GNDC, 1994).

<i>regione</i>	<i>Λ^*</i>	<i>Θ^*</i>
<i>A</i>	<i>0,174</i>	<i>3,490</i>
<i>B</i>	<i>0,762</i>	<i>1,241</i>
<i>C</i>	<i>0,795</i>	<i>2,402</i>

Figura 1: Parametri del primo livello di regionalizzazione - GNDC, 1994

- Al secondo livello di regionalizzazione sono considerate le stesse tre regioni omogenee individuate al primo livello, nell'ipotesi che sia costante, oltre al coefficiente di asimmetria, anche il coefficiente di variazione della legge teorica. I valori regionali dei parametri Λ_1 e β (tabella successiva: Parametri del primo livello di regionalizzazione - GNDC, 1994).

<i>Regione</i>	<i>Λ_1</i>	<i>β</i>
<i>A</i>	<i>29,31</i>	<i>4,480</i>
<i>B</i>	<i>22,02</i>	<i>4,359</i>
<i>C</i>	<i>27,81</i>	<i>5,301</i>

Figura 2: Parametri del primo livello di regionalizzazione - GNDC, 1994



- In ogni regione omogenea la relazione fra tempo di ritorno T e valore del coefficiente probabilistico di crescita K_T è definita in maniera univoca dalla curva di crescita. K_T è definito "fattore di crescita" e misura la variabilità relativa degli eventi estremi alle diverse frequenze.
Esso è dunque indipendente dalla durata della precipitazione e funzione della posizione del sito per il quale si vogliono calcolare le altezze di pioggia e del tempo di ritorno T dell'evento meteorico.
- In questo caso, tuttavia, la curva di crescita non è analiticamente ottenibile ed i valori di K_T sono stati ottenuti numericamente dal GNDCI a partire dalla legge TCEV, per ogni regione omogenea e per alcuni valori del tempo di ritorno T (tabella successiva: Parametri del primo livello di regionalizzazione - GNDC, 1994).

T (anni)	2	5	10	20	25	40	50	100	200	500	1000
K_T (SZOA)	0.89	1.22	1.49	1.84	1.97	2.29	2.45	2.98	3.52	4.23	4.77
K_T (SZOB)	0.96	1.25	1.45	1.64	1.70	1.83	1.89	2.07	2.26	2.51	2.70
K_T (SZOC)	0.90	1.29	1.59	1.90	2.01	2.22	2.32	2.64	2.96	3.38	3.70

Figura 3: Parametri del primo livello di regionalizzazione - GNDC, 1994

- Il terzo livello di regionalizzazione prevede, infine, la ricerca di relazioni regionali tra il parametro centrale della distribuzione di probabilità μ e le grandezze, prevalentemente geografiche (altitudine, distanza dal mare, superficie del bacino idrografico) relative al sito di misura. Nelle zone dell'Italia Centrale, per le piogge giornaliere, al terzo livello di regionalizzazione sono state individuate delle zone omogenee in cui è accettabile l'ipotesi che la media del massimo annuale dell'altezza giornaliera μ_{hd} , che prende il nome di pioggia indice, dipenda linearmente dalla sola quota z della stazione:

$$\mu_{hd} = cz + d$$

Sono state identificate, in particolare, 78 aree pluviometriche omogenee per ognuna delle quali i parametri della regressione sono stati tabellati.



Concessione del servizio di gestione delle aree di sosta a pagamento e realizzazione di verde attrezzato, piazza pubblica e autorimessa in Piazza della Libertà mediante finanza di progetto, ai sensi dell'art. 183 comma 15 del D.lgs. 50/2016 e s.m.i.

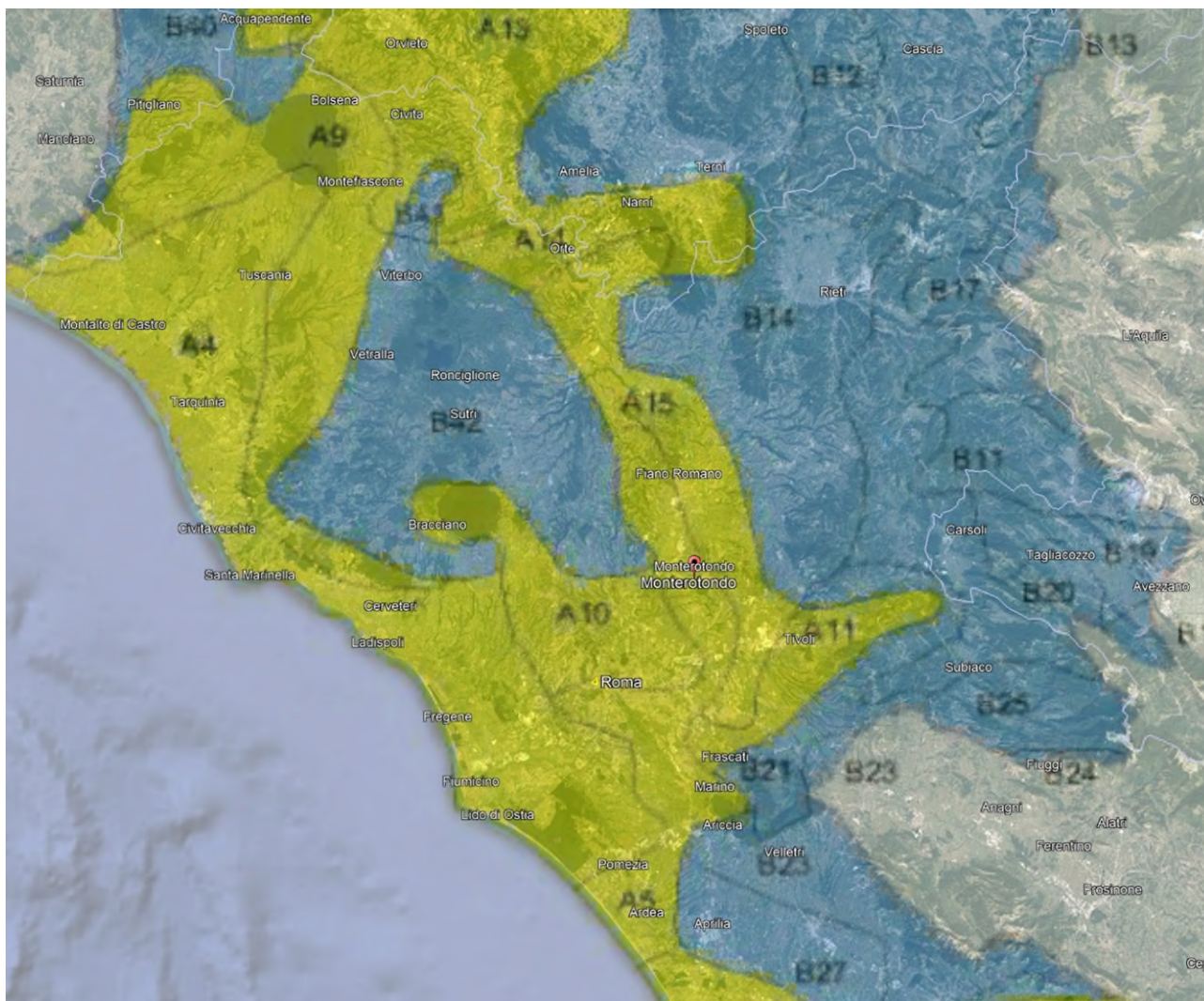


Figura 4: Suddivisione in sottozone omogenee e individuazione area di intervento

Per quanto concerne le piogge brevi, considerata la relativa limitatezza dei dati pluviografici rispetto alla quantità di dati pluviometrici, è stato elaborato dal VAPI un modello probabilistico che impiega l'informazione regionale stabilita per i massimi annuali delle piogge giornaliere. Per impiegare l'informazione regionale, è stata assunta l'ipotesi che la curva di crescita stabilita per i massimi delle piogge giornaliere, sia valida anche per rappresentare la distribuzione di probabilità dei coefficienti probabilistici di crescita dei massimi annuali delle piogge di durata inferiore. In pratica, si sono adottati gli stessi KT calcolati per le piogge giornaliere, differenziandosi la procedura solo per il calcolo della pioggia indice per le piogge brevi (1-24 ore). Infatti, il terzo livello di regionalizzazione per le piogge di massima intensità e breve durata è stato sviluppato a partire dalla legge

mandataria



mandante





intensità-durata-frequenza a 3 parametri, come di seguito illustrato.

Per ottenere le leggi di probabilità pluviometrica, l'elaborazione delle precipitazioni è stata volta a stabilire una relazione intensità-durata-frequenza (IDF) a tre parametri, attraverso una legge del tipo:

$$i_t(T) = \frac{a(T)}{(b+t)^m}$$

dove:

- T è il tempo di ritorno;
- t è la durata della pioggia critica
- b è un parametro di deformazione della scala temporale, indipendente sia dalla durata t , sia dal tempo di ritorno T ;
- m è un parametro adimensionale compreso tra 0 e 1, indipendente sia dalla durata, sia dal tempo di ritorno;
- $a(T)$ è un parametro dipendente dal tempo di ritorno, ma indipendente dalla durata.

La relazione IDF può essere esplicitata nella forma equivalente:

$$i_t(T) = i_0(T) \left(\frac{b}{b+t} \right)^m$$

dove $i_0(T)$ rappresenta l'intensità di pioggia istantanea.

La pioggia indice $\tilde{A}''$ data dalla media di i_t , che risulta:

$$\mu_{it} = \mu_{i0} \left(\frac{b}{b+t} \right)^m$$

dove μ_{i0} è la media dell'intensità istantanea.

Sono state fatte le seguenti ipotesi (GNDCl, 1994):

- costanza, su tutto il territorio, del coefficiente δ di proporzionalità tra l'intensità media di pioggia di 24ore μ_{i24} e l'intensità media giornaliera μ_{id} ; il valore assunto da δ è pari a 1,15. Tale ipotesi è confermata con buona approssimazione dall'esame dei rapporti δ di tutte le stazioni della area analizzata. Da essa discende che anche per μ_{i24} vale una relazione lineare con la quota:

mandataria



mandante





$$\mu_{i24} = \delta \frac{cz + d}{24}$$

- il rapporto tra l'intensità media della pioggia di 5 minuti e quella della pioggia oraria è costante su tutta l'area esaminata, ed assunto pari al valore ottenuto dallo studio delle piogge intense della stazione pluviometrica di Roma;
- l'esponente m e il parametro di deformazione temporale b sono stati assunti dal VAPI indipendenti dal tempo di ritorno T , in modo da imporre il parallelismo sul piano logaritmico delle leggi IDF relative a diversi tempi di ritorno; tale ipotesi è confermata con buona approssimazione dall'analisi delle curve di caso critico empiriche;
- la media dell'intensità istantanea μ_{i0} è dipendente dalla quota z della stazione pluviometrica secondo la relazione:

$$\frac{\mu_{i0}(z)}{\bar{\mu}_{i0}} = \frac{\mu_{hd}(z)}{\bar{\mu}_{hd}}$$

dove μ_{i0} e μ_{hd} sono la media, sulla zona omogenea, di μ_{i0} e μ_{hd} .

Date le ipotesi precedenti, e con opportuni passaggi, la media dell'intensità istantanea μ_{i0} può essere valutata attraverso la seguente relazione:

$$\mu_{i0}(z) = \frac{\bar{\mu}_{i0}}{\bar{\mu}_{i24}} \delta \frac{cz + d}{24}$$

I parametri necessari per utilizzare le espressioni precedenti (c , d , b , m , μ_{i0}/μ_{i24}) sono tabellati (vedi a seguire) per ciascuna delle 78 sottozone pluviometriche omogenee, prima definite in figura 5. Infine, l'espressione della curva di probabilità pluviometrica sarà la seguente:

$$h_{t,T} = K_T \cdot \mu_{it}(t) \cdot t$$

in cui $h_{t,T}$ è l'altezza di pioggia di assegnata durata t e fissato tempo di ritorno T .



3 SITO DI MONTEROTONDO

Con riferimento ai primi due livelli di regionalizzazione del VAPI, l'area d'intervento, ricade nella regione tirrenica (A).

Con riferimento al terzo livello di regionalizzazione, il sito dell'impianto eolico si trova nella sottozona pluviometrica omogenea A10 esso è inoltre situato ad una quota media di 178 metri sul livello del mare. I parametri necessari per potere utilizzare il modello TCEV sono tabellati all'interno del report VAPI (GNDICI, 1994); nelle tabelle del VAPI a seguire sono riportati in sintesi dei parametri relativi alla sottozona specifica d'impianto in Toscana che è la zona A9.

Sottozona	<i>N</i>	<i>c</i> (mm/m)	<i>d</i> (mm)	Sottozona	<i>b</i> (h)	<i>m</i>	μ_0/μ_{24}
A1	10	0,01892	55,64	A1	0,1660	0,7810	4,890
A2	8	0,02785	59,22	A2	0,1528	0,7597	4,683
A3	9	0,02738	64,43	A3	0,1454	0,7478	4,574
A4	13	0,03390	67,67	A4	0,1705	0,7881	4,962
A5	7	0,03031	60,09	A5	0,1621	0,7748	4,828
A6	8	0,13518	66,15	A6	0,1137	0,6955	4,150
A7	7	0,03582	67,72	A7	0,1054	0,6816	4,054
A8	16	0,01680	62,79	A8	0,1323	0,7263	4,389
A9	7	0,02671	61,61	A9	0,1502	0,7555	4,645
A10	5	0,06301	67,83	A10	0,1415	0,7415	4,518
A11	3	0,07624	41,70	A11	0,1744	0,7943	5,026
A12	6	0,01510	72,77	A12	0,1251	0,7145	4,293
A13	9	0,02714	50,42	A13	0,1484	0,7526	4,618
A14	4	0,02517	62,33	A14	0,1521	0,7586	4,673
A15	4	0,03647	68,78	A15	0,1326	0,7269	4,393
A16	4	0,02592	52,00	A16	0,1427	0,7434	4,535
A17	7	0,10165	15,14	A17	0,1728	0,7917	5,000
A18	11	0,02208	58,80	A18	0,1498	0,7549	4,639
A19	5	0,03408	41,11	A19	0,1729	0,7919	5,002
A20	7	0,03637	49,62	A20	0,1456	0,7482	4,577
A21	4	0,02854	43,38	A21	0,1437	0,7450	4,549

Figura 5: Terzo livello di regionalizzazione - parametri di regressione



Concessione del servizio di gestione delle aree di sosta a pagamento e realizzazione di verde attrezzato, piazza pubblica e autorimessa in Piazza della Libertà mediante finanza di progetto, ai sensi dell'art. 183 comma 15 del D.lgs. 50/2016 e s.m.i.

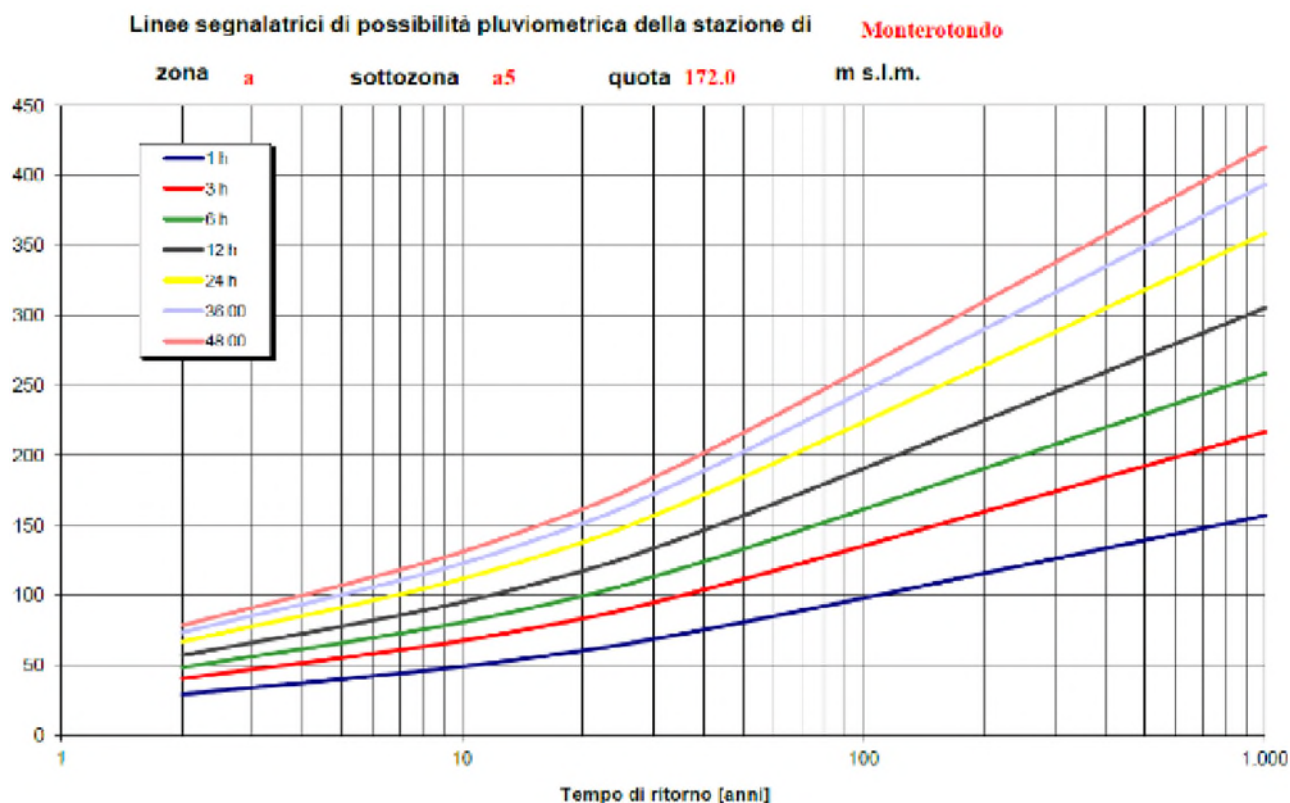


Figura 6: Curva di possibilità pluviometrica Monterotondo

È necessario osservare che poiché gli eventi di pioggia brevi e quelli lunghi seguono differenti dinamiche meteorologiche, dai campioni di altezze h_t aventi durate $1 \div 2 \text{ ore} \leq t \leq 24$ non può essere tratta alcuna informazione inerente agli eventi brevi.

Le curve di probabilità pluviometrica, costruite con riferimento alle piogge aventi durata compresa tra 1 e 24 ore, non possono essere pertanto estrapolate (in modo corretto) per valori della durata t inferiore ad un'ora. È stato però dimostrato che il rapporto tra l'altezza di pioggia $h_{t,T}$ con t minore di 60 minuti, e l'altezza di pioggia $h_{60,T}$ di durata pari a 60 minuti e pari tempo di ritorno T è relativamente poco dipendente dalla località e dipendente solo dalla durata t espressa in minuti.

Il legame funzionale, per la Regione Lazio, può essere pertanto espresso nella forma seguente, utilizzando la formula di Bell.

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = 0.54 \cdot t^{0.25} - 0.5$$

mandataria



mandante





4 MODELLI AFFLUSSI-DEFLUSSI

Le portate di progetto sono state calcolate attraverso metodi indiretti, che consentono la determinazione delle portate di piena a partire dalle precipitazioni che si abbattano sui diversi bacini.

Nello specifico, si è valutata la portata di piena con la formula razionale.

La formula razionale consente la valutazione della portata di piena di assegnato tempo di ritorno T mediante la seguente relazione:

$$Q_T = \frac{\varphi \cdot i_T \cdot S}{3,6}$$

Dove:

- Q_T è la portata di piena di assegnato tempo di ritorno T ed è espressa in m³/s;
- φ è il coefficiente di afflusso, adimensionale;
- i_T è l'intensità critica della precipitazione di assegnato tempo di ritorno (corrispondente al tempo di corrivazione) in mm/h;
- S è la superficie del bacino espressa in km²;
- 3,6 è un fattore di conversione delle unità di misura.

La modellazione matematica dei fenomeni idrologico-idraulici, innescati dalle precipitazioni sull'area di progetto, viene quindi espletata attraverso il processo di seguito descritto.

SIMBOLO	DESCRIZIONE	U.M.	VALORE
S	superficie bacino	[m ²]	4 100,00
φ	coefficiente di afflusso	[-]	0,90
T_R	tempo di ruscellamento	[s]	300,00
T_P	tempo di percorrenza	[s]	60,00
T_C	tempo di corrivazione	[s]	360,00
T	tempo di ritorno	[anni]	20,00
$h_{c,T}$	altezza di pioggia per $t=T_C$ e periodo di ritorno T	[mm]	22,43
Q_T	portata di piena al periodo di ritorno T	[m ³ /s]	0,02
Q_T	portata di piena al periodo di ritorno T	[l/s]	23

Figura 7: portata di progetto



5 CALCOLO DELLE CONDOTTE FOGNARIE (BIANCHE)

Al fine di garantire la maggior velocità possibile ed evitare depositi si è deciso di utilizzare condotte in PVC, materiale molto liscio che garantisce maggiore velocità del fluido.

Il dimensionamento delle condotte è stato eseguito nell'ipotesi di moto uniforme, utilizzando la formulazione di Gauckler-Strickler valida per condotte a pelo libero:

$$v = k R^{2/3} i^{1/2}$$

Dove:

- k rappresenta il Coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler (pari a 110 per tubazioni plastiche);
- R il raggio idraulico;
- i la pendenza della tubazione.

Utilizzando una condotta in PVC SN8 DN250 avente diametro interno di 237,6 mm si ricavano, nell'ipotesi di condizioni di moto uniforme e pendenza del 4 ‰, i valori di portata, per un riempimento del tubo pari al 70%, equivalenti a quelli di progetto.

Ne deriva che:

- la linea principale di scarico presso la fognatura comunale sarà in PVC SN8 DN250 con pendenza minima pari al 4 ‰;
- le linee di collegamento dalla caditoia alla linea principale saranno in PVC SN8 DN160 con pendenza minima pari al 4 ‰.