PROGETTO DEFINITIVO/ESECUTIVO

Comune di Norcia

UFFICIO SPECIALE RICOSTRUZIONE UMBRIA U.S.R. UMBRIA

VICE COMMISSARIO STRAORDINARIO SISMA 2016

Ordinanza speciale n. 18 del 15 luglio 2021 ex articolo 11, secondo comma, del decreto legge 76 del 2020

"Interventi di ricostruzione del Centro Storico di Castelluccio di Norcia"

"Progettazione definitiva-esecutiva della piastra fondale ad isolatori sismici"



CODICE ELABORATO CDN_TRD_CA06_GE_Z_RL_E00.00

TITOLO ELABORATO Relazione idrologica

PROGETTAZIONE

MANDATARIA:

S.A.G.I. s.r.l.
Società per l'Ambiente, la Geologia e l'Ingegneria
Via Pasubio,20
63074 San Benedetto del Tronto (AP)
Tel. e Fax 0735.757580-757588
E-mail: info@sagistudio.it
Indirizzo web: sagistudio.it
P.IVA 01276770441

MANDANTI:

TREND PROJECT SERVIZI DI INGEGNERIA

EN.AR. Conti s.r.l. ENgineering & ARchitecture

BRIDGE CONSULTING DSD

TPS INGEGNERIA

M&E Management and Engineering

HYDEA

SAN GALLO Laboratori archeologici

STUDIO DUE ESSE DI SONIA STIPA

COMMITTENTE

UFFICIO SPECIALE RICOSTRUZIONE UMBRIA

TEL: 0742.630708
Via Romana Vecchia snc -06034 Foligno (PG)
PEC: ufficiospecialericostruzione@pec.regione.umbria.it

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO :
Ing Gianluca Fagotti

AGGIORNAMENTO	DATA	DESCRIZIONE	DISEGNATO	VERIFICATO	PROGETTATO	APPROVATO
0	10/2026					

Indice

1. Premessa 2
2.1. Elaborazione statistica di Gumbel 2
2.1.1. Dati elaborazione 5
2.2. Risultati elaborazione 10
2.3. Stima delle portate di piena utilizzando l'informazione pluviometrica 11

1. Premessa

La presente relazione ha lo scopo di illustrare i criteri per l'elaborazione dei dati di pioggia, necessaria per il dimensionamento delle linee destinate al convogliamento delle acque meteoriche.

2. Idrologia e pluviometria

Il dimensionamento della rete di drenaggio delle acque meteoriche, illustrato nell'elaborato "Relazione Idraulica", muove dalla conoscenza delle portate che affluiscono alla rete stessa dalle superfici scolanti afferenti al sistema fognario. Infatti, per la determinazione delle portate raccolte dalla fognatura bianca occorre partire dalle precipitazioni, la cui elaborazione determina la definizione dei parametri delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica.

2.1. Elaborazione statistica di Gumbel

Dopo aver reperito i dati necessari all'elaborazione dei dati di pioggia, si procede con lo studio della curva di possibilità pluviometrica, individuata dall'espressione di seguito riportata:

$$h = a * t^n$$

in cui h è l'altezza di pioggia cumulata nell'intervento di tempo t durante un evento pluviometrico avente Tempo di Ritorno T_R.

Il tempo di ritorno è definito dal numero di anni entro i quali l'evento climatico può in media verificarsi una volta: tanto più importante è l'evento, tanto più elevato è il tempo di ritorno corrispondente.

Per la stima dei parametri a e n della curva di possibilità pluviometrica si effettua un'analisi statistica dei dati pluviometrici, al fine di ottenere la legge probabilistica che lega l'altezza di precipitazione h alla probabilità che si verifichi.

Per l'analisi si utilizzerà il metodo di Gumbel, che considera ogni evento in relazione alla sua frequenza probabile, tenendo conto del concetto prettamente statistico di "tempo di ritorno"; considerare un tempo di ritorno, ad esempio, di 30 anni, significa trovare l'equazione che fornisce l'altezza idrometrica di un evento che si può mediamente verificare ogni 30 anni.

S.A.G.I. s.r.l.
Società per l'Ambiente, la Geologia e l'Ingegneria
Via Pasubio,20
63074 San Benedetto del Tronto (AP)
Tel. e Fax 0735.757580
e-mail: info@sagistudio.it PEC: info@pec.sagistudio.it
STUDIO DUE ESSE DI SONIA STIPA

Analiticamente il tempo di ritorno ha espressione

$$T_r = \frac{1}{1 - P(h^*)}$$

dove *P(h*)* è la probabilità di non superamento di *h*; *P(h)=P(h<h*)*

Nel caso in cui i dati siano stati ordinati in senso decrescente, il T_r dell'evento in i-esima posizione può essere espresso con la formula di Weibul, cioè

$$T_r = \frac{N+1}{i} \quad .$$

L'aggiunta del termine +1 al numeratore è un artifizio per evitare che l'evento più piccolo abbia Tr = 1.

La massima precipitazione relativa ad una durata può essere espressa come:

$$X(T_r) = \overline{X} + FS_x$$

dove:

- $X(T_r)$ = valore dell'evento in funzione del dato tempo di ritorno
- $\overline{X}$ = valore medio degli eventi considerati

$$\overline{X} = \sum_{i=1}^{N} X_i$$

- F = fattore di frequenza:

$$F = \frac{y(T_r) - \overline{y_N}}{S_N}$$

- S_x = scarto quadratico medio della variabile considerata

$$S_x = \left(\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(X_i - \overline{X})^2\right)^{1/2} \quad .$$

L'uso di questa distribuzione, di espressione

$$P(y) = e^{-e^{-y}}$$

è una distribuzione di tipo "doppio esponenziale", e presuppone il verificarsi di due ipotesi:

y > 0 sempre;

y non limitata superiormente.

Queste ipotesi costituiscono esse stesse le motivazioni della scelta della distribuzione di Gumbel.

S.A.G.I. s.r.l.
Società per l'Ambiente, la Geologia e l'Ingegneria
Via Pasubio,20
63074 San Benedetto del Tronto (AP)
Tel. e Fax 0735.757580
e-mail: info@sagistudio.it PEC: info@pec.sagistudio.it

STUDIO DUE ESSE
DI SONIA STIPA

Y è la cosiddetta variabile ridotta che compare nell'espressione del fattore di frequenza; alcuni semplici passaggi consentono di legare quest'ultimo, tramite la variabile ridotta, al tempo di ritorno.

$$P(y) = e^{-e^{-y}}$$

$$y = -\ln(-\ln(P(y))$$

$$y = -\ln(-\ln(1-\frac{1}{T_r}))$$

utilizzando anche la definizione di tempo di ritorno, fissato il quale è possibile trovare il valore della variabile ridotta.

$\overline{y_N}$ ed S_N non costituiscono problema, in quanto utilizzando la formula di Weibul sopra citata è possibile legarli unicamente al numero di dati della serie N;

$T_r = \frac{N+1}{i}$, con indice *i* dal massimo al minimo; quindi

$$y(T_r) = -\ln(-\ln(1-\frac{i}{N+1}))$$

ma allora *y=y(i)* e quindi $\overline{y_N} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} y_i$, $\overline{y_N}$ è perciò solo relativo alla dimensione N-esima del campione, poiché ruotando *i*, ed essendo *y=y(i)*, alla fine *y=y(N)* dato che operando la sommatoria su *i* da 1 ad *N*, l'indice scompare.

Alla stessa maniera ci comportiamo con la varianza;

$$S_N = (\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(y_i - \overline{y_N}))^{1/2}$$

.

Per tal motivo $\overline{y_N}$ e S_N sono tabellati in funzione di N.

S.A.G.I. s.r.l.
Società per l'Ambiente, la Geologia e l'Ingegneria
Via Pasubio,20
63074 San Benedetto del Tronto (AP)
Tel. e Fax 0735.757580
e-mail: info@sagistudio.it PEC: info@pec.sagistudio.it
STUDIO DUE ESSE DI SONIA STIPA

2.1.1. Dati elaborazione

L'elaborazione è stata svolta partendo dai dati raccolti dalla stazione meteo idro pluviometrica situata a Castelluccio di Norcia, precisamente nella zona ad est del nucleo abitativo. Di seguito si riportano le coordinate del punto esatto sulla planimetria e una sua vista di dettaglio.



Figura 1_Ortofoto con posizione stazione meteo idro pluviometrica



Figura 2_Dettaglio posizione stazione meteo idro pluviometrica

Lo studio è partito dall'elaborazione dei dati del Servizio Idrografico Regionale, presenti sul sito della Regione Umbria (https://servizioidrografico.regione.umbria.it/) da cui si rileva che il periodo di raccolta dei dati della stazione di misura è relativo al periodo dal 1921 al 2014; per i dati dal 1921 al 1998 risultano presenti negli annali idrologici solamente i dati derivanti da registrazioni pluviometriche disponibili con aggregazione temporale di 24h e 48h, non sufficienti per effettuare l'elaborazione statistica secondo Gumbel; di fatti, sono stati analizzati solamente i dati significativi dal 2007 al 2014, di cui si hanno sia i valori degli scrosci sia i dati di misurazione relativi a 1h, 3h, 6h, 12h e 24h.

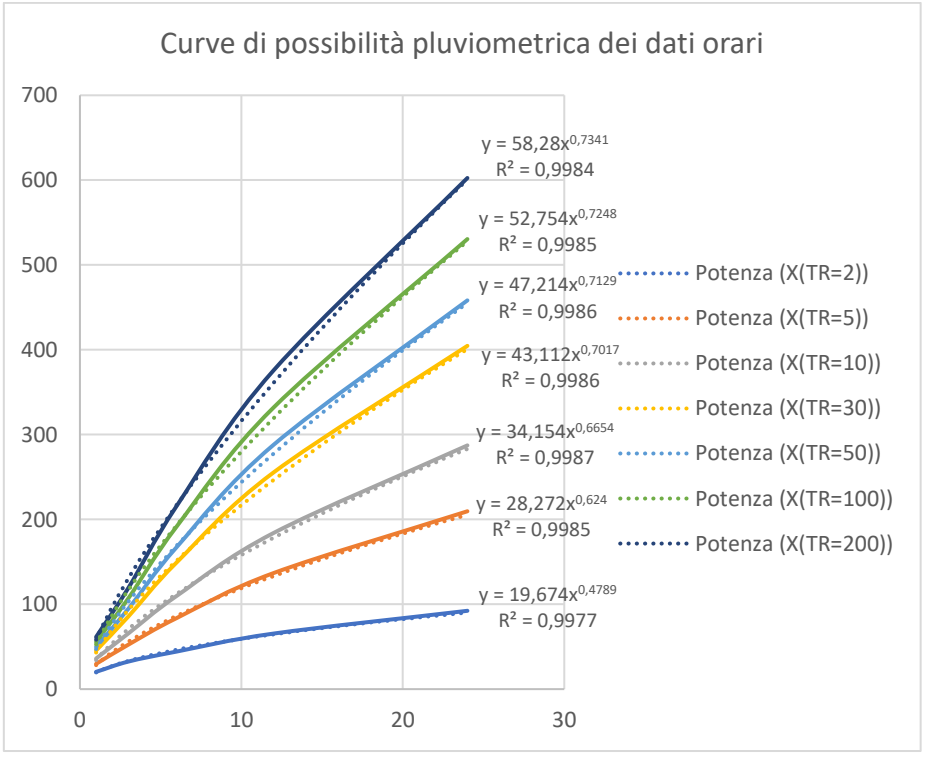
Codice sensore	Periodo di oss. 2007-2014					
	Anno	Durata di pioggia (ore)				
		1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
36061	2007	26,20	28,80	33,60	57,20	61,60
36061	2008	34,60	38,00	40,20	43,00	60,20
36061	2009	21,20	28,80	42,80	80,40	124,60
36061	2010	13,40	25,80	33,20	42,40	58,20
36061	2011	9,80	18,40	24,80	28,20	40,00
36061	2012	23,40	38,20	57,80	79,20	103,40
36061	2013	26,20	73,40	127,80	216,00	341,60
36061	2014	15,80	25,00	27,20	37,00	46,60

Per l'elaborazione si è proceduto, per prima cosa alla disposizione dei dati in ordine decrescente e poi si sono applicate le formule riportate in precedenza per ottenere il tempo di ritorno; *Y* è la cosiddetta variabile ridotta, che compare nell'espressione del fattore di frequenza e che, con alcuni semplici passaggi, permette di legare il fattore di frequenza, tramite la variabile ridotta, al tempo di ritorno.

i	Durata precipitazioni (ore)					Grandezze calcolate		
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore	Tr (anni)	P	Yi
1	34,60	73,40	127,80	216,00	341,60	9,00	0,8889	2,14
2	26,20	38,20	57,80	80,40	124,60	4,50	0,7778	1,38
3	26,20	38,00	42,80	79,20	103,40	3,00	0,6667	0,90
4	23,40	28,80	40,20	57,20	61,60	2,25	0,5556	0,53
5	21,20	28,80	33,60	43,00	60,20	1,80	0,4444	0,21
6	15,80	25,80	33,20	42,40	58,20	1,50	0,3333	-0,09
7	13,40	25,00	27,20	37,00	46,60	1,29	0,2222	-0,41
8	9,80	18,40	24,80	28,20	40,00	1,13	0,1111	-0,79

RISULTATI ELABORAZIONE					
DURATA	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
media e scarto quadratico medio dei valori osservati					
X medio	21,3250	34,5500	48,4250	72,9250	104,5250
SX	8,0555	17,0263	33,6957	60,8642	100,0578
media e scarto quadratico medio della variabile ridotta					
YN	0,4843	0,4843	0,4843	0,4843	0,4843
SN	0,9668	0,9668	0,9668	0,9668	0,9668
valori dei parametri di Gumbel					
MODA	17,2898	26,0210	31,5459	42,4363	54,4032
ALPHA	8,3324	17,6117	34,8542	62,9569	103,4980
valori estremi per i periodi di ritorno considerati (mm)					
TR (ANNI)					
2	20,3437	32,4760	44,3204	65,5109	92,3365
5	29,7880	52,4375	83,8251	136,8680	209,6440
10	36,0408	65,6538	109,9807	184,1126	287,3118
30	45,4892	85,6242	149,5029	255,5012	404,6710
50	49,8025	94,7408	167,5450	288,0905	458,2462
100	55,6203	107,0375	191,8806	332,0477	530,5096
200	61,4169	119,2893	216,1274	375,8445	602,5093

Da questa elaborazione si sono ricavate le curve di possibilità pluviometrica relative ai differenti tempi di ritorno analizzati.



S.A.G.I. s.r.l.
Società per l'Ambiente, la Geologia e l'Ingegneria
Via Pasubio,20
63074 San Benedetto del Tronto (AP)
Tel. e Fax 0735.757580
e-mail: info@sagistudio.it PEC: info@pec.sagistudio.it
STUDIO DUE ESSE
DI SONIA STIPA

Allo stesso modo si è proceduto con l'analisi dei dati degli scrosci, quindi relative a da registrazioni pluviometriche disponibili con aggregazione temporale di 15', 30' e 1h.

Codice sensore	Periodo di osservazione 2007-2014			
	Anno	Durata di pioggia (ore)		
		15 min	30 min	1 ora
36061	2007	7,00	13,20	26,20
36061	2008	10,80	17,00	34,60
36061	2009	5,20	8,40	21,20
36061	2010	7,00	11,20	13,40
36061	2011	5,00	7,00	9,80
36061	2012	8,20	14,80	23,40
36061	2013	5,20	7,20	26,20
36061	2014	6,40	11,20	15,80

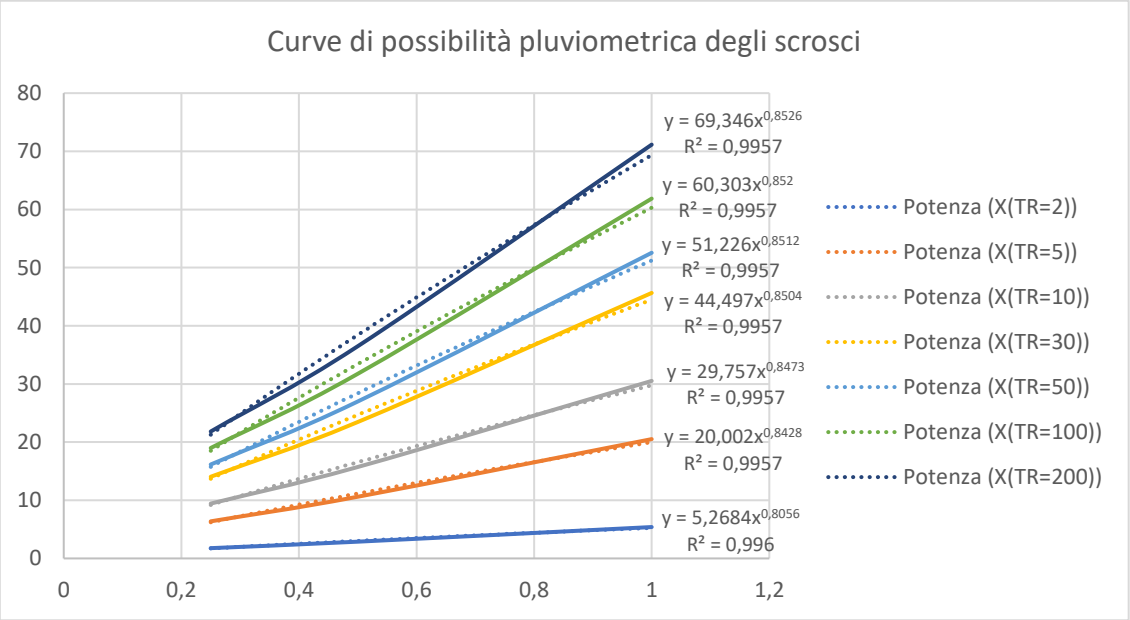
Allo stesso modo si sono elaborati i dati ottenendo i seguenti risultati.

i	Durata precipitazioni (ore)			Grandezze calcolate		
	15 min	30 min	1 ora	Tr (anni)	P	Yi
1	10,80	17,00	34,60	24,00	0,9583	3,16
2	8,20	14,80	26,20	12,00	0,9167	2,44
3	7,00	13,20	26,20	8,00	0,8750	2,01
4	7,00	11,20	23,40	6,00	0,8333	1,70
5	6,40	11,20	21,20	4,80	0,7917	1,45
6	5,20	8,40	15,80	4,00	0,7500	1,25
7	5,20	7,20	13,40	3,43	0,7083	1,06
23	5,00	7,00	9,80	1,04	0,0417	-1,16

RISULTATI ELABORAZIONE			
DURATA	15 min	30 min	1 ora
media e scarto quadratico medio dei valori osservati			
X medio	2,3826	3,9130	7,4174
SX	2,9092	4,8744	9,5385
media e scarto quadratico medio della variabile ridotta			
YN	0,5184	0,5184	0,5184
SN	0,7150	0,7150	0,7150
valori dei parametri di Gumbel			
MODA	0,2735	0,3793	0,5024
ALPHA	4,0688	6,8171	13,3401

S.A.G.I. s.r.l.
Società per l'Ambiente, la Geologia e l'Ingegneria
Via Pasubio,20
63074 San Benedetto del Tronto (AP)
Tel. e Fax 0735.757580
e-mail: info@sagistudio.it PEC: info@pec.sagistudio.it
STUDIO DUE ESSE
DI SONIA STIPA

valori estremi per i periodi di ritorno considerati (mm)			
TR (ANNI)			
2	1,7648	2,8779	5,3917
5	6,3764	10,6046	20,5118
10	9,4297	15,7203	30,5226
30	14,0434	23,4504	45,6493
50	16,1495	26,9792	52,5547
100	18,9904	31,7390	61,8689
200	21,8209	36,4814	71,1492

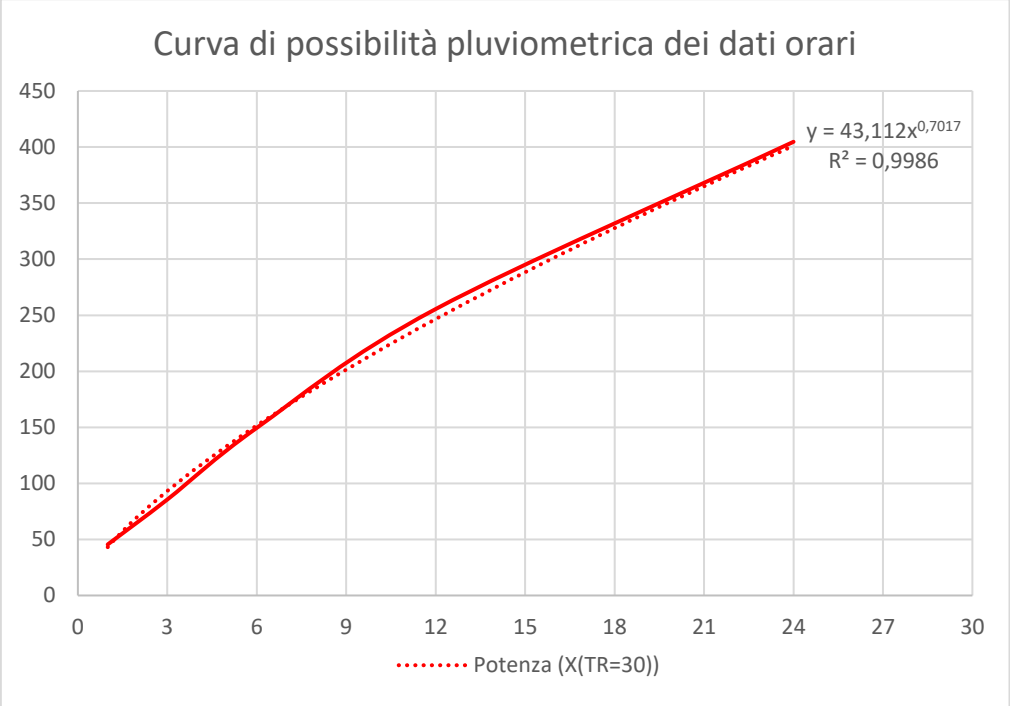


S.A.G.I. s.r.l.
Società per l'Ambiente, la Geologia e l'Ingegneria
Via Pasubio,20
63074 San Benedetto del Tronto (AP)
Tel. e Fax 0735.757580
e-mail: info@sagistudio.it PEC: info@pec.sagistudio.it
STUDIO DUE ESSE
DI SONIA STIPA

2.2. Risultati elaborazione

Dalle analisi effettuate precedentemente risulta più affidabile l'elaborazione dei dati orari, pertanto, si utilizzeranno i risultati di quest'ultime per le elaborazioni successive. Si ottiene la curva di possibilità pluviometrica di seguito riportata:

$$h=43{,}112*t^{0{,}7017} \quad \text{con} \quad Tr=30 \text{ anni}$$

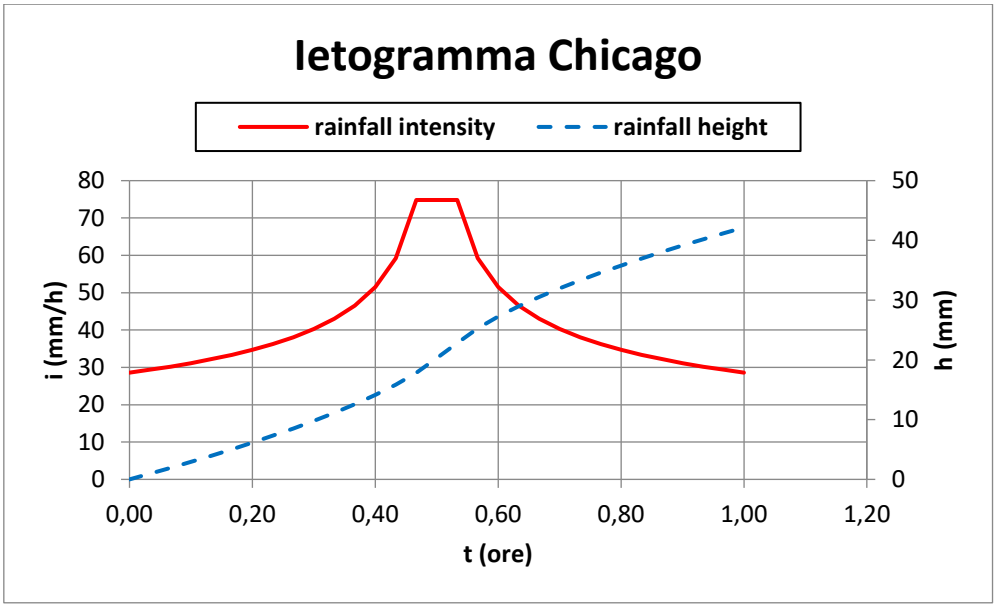


2.3. Stima delle portate di piena utilizzando l'informazione pluviometrica

Si utilizza un modello di trasformazione afflussi-deflussi che fornisce l'idrogramma corrispondente ad un assegnato evento meteorico. Con le piogge di progetto si va a rappresentare la variabilità spaziale e temporale osservata. In genere, uno ietogramma di progetto riesce a riprodurre, con il tempo di ritorno assegnato, solo alcune delle caratteristiche degli ietogrammi osservati (intensità media, intensità di picco, altezza di pioggia totale, etc.).

Lo ietogramma utilizzato per le elaborazioni successive è quello Chicago che rappresenta meglio la presenza del picco di intensità, le precipitazioni antecedenti e seguenti l'istante del picco e i volumi totali. Nello ietogramma Chicago, la massima altezza di precipitazione cumulata su qualsiasi durata τ è sempre pari all'altezza di precipitazione dedotta dalla curva di possibilità pluviometrica per la medesima durata τ.

Partendo dai dati della curva di possibilità pluviometrica riferita ad un tempo di ritorno pari a 30 anni e considerando una pioggia di durata oraria con picco pari a r=0,5, per semplicità di calcolo, si è ottenuto il seguente ietogramma Chicago.



La durata di pioggia considerata critica, che determina, cioè, il valore di colmo dell'idrogramma di piena, è stata assunta pari al tempo di corrivazione tc del bacino preso in esame, calcolato utilizzando la formula:

$$tc(A_i) = ta_i + tr_i$$

S.A.G.I. s.r.l.
Società per l'Ambiente, la Geologia e l'Ingegneria
Via Pasubio,20
63074 San Benedetto del Tronto (AP)
Tel. e Fax 0735.757580
e-mail: info@sagistudio.it PEC: info@pec.sagistudio.it
STUDIO DUE ESSE
DI SONIA STIPA

dove:

ta_i = 5 min è il tempo di ingresso in rete stimato

tr_i = è il tempo di rete che viene stimato in min secondo la seguente espressione:

$tr_i = \sum L_i/Vu_i$

Il calcolo della portata può essere condotto con la formula razionale:

$$Qc,_{max} = C \cdot i(tp) \cdot S \cdot \lambda(tp)$$

Considerando come parametri del modello il tempo di pioggia critico tp e il valore di λ(tp) essendo C il coefficiente di afflusso, i(tp) l'intensità media della pioggia di durata (tp) ed S la superficie del bacino.

La portata di piena corrispondente alla portata di afflusso efficace (o di pioggia netta) al bacino si può stimare pertanto con il metodo cinematico lineare.

Stando queste ipotesi si ha:

$$Qc,_{max} = C \cdot i \cdot A/3,6 \ [m^3/s]$$

Dove: A = superficie del bacino in km2;

i = intensità della precipitazione in mm/h;

C = coefficiente di afflusso

Il coefficiente di deflusso è stato stimato sulla base del calcolo della superficie impermeabile effettiva dell'intero bacino afferente. Tale intensità massima si verifica in corrispondenza del tempo di corrivazione. In base alle precedenti considerazioni è stato possibile ottenere il valore delle portate, i valori del tempo di corrivazione, dell'intensità critica e della superficie di intervento oltre al tempo di ritorno di progetto. I calcoli vengono riportati nello specifico nell'elaborato "Relazione Idraulica".