

S.S.4 SALARIA

INTERVENTI DI ADEGUAMENTO DEL TRATTO DELLA S.S.4 SALARIA IN LOCALITA' MOZZANO

PROGETTO DEFINITIVO

AN-259

PROGETTAZIONE: BONIFICA – SOIL - FRANCHETTI

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Franco Persio Bocchetto - Ordine Ing. Roma n.° 8664-Sez A

IL PROGETTISTA

Ing. Franco Persio Bocchetto - Ordine Ing. Roma n.° 8664-Sez A

Ing. Luigi Albert – Ordine Ing. Milano n.° 14725-Sez A

Ing. Paolo Franchetti – Ordine Ing. Vicenza n.° 2013-Sez A

IL GEOLOGO

Dott. Geol. Anna Maria Bruna - Ordine Geol. Lazio n. 1531

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Arch. Nadia Cannella – Ordine Arch. Salerno n.1352 – Sez. A

IL RESPONSABILE DI PROGETTO

Pianificatore Territoriale Marco Colazza

IL R.U.P.

Dott. Ing. Vincenzo Catone

PROTOCOLLO

DATA

A.T.I. di PROGETTAZIONE:

(Mandataria)

bonifica spa

(Mandante)



Geotechnics Geology Structures Offshore

(Mandante)

FRANCHETTI

SG – STUDI GENERALI

Studio Idrologico Idraulico

Relazione Idrologica

CODICE PROGETTO		NOME FILE:	REVISIONE	SCALA
PROGETTO LIV.PROG. ANNO		T00ID00IDRRE01B.DOCX		
D P A N 2 5 9	D 2 1	CODICE ELAB. T 0 0 I D 0 0 I D R R E 0 1	B	-
B	ISTRUTTORIA ANAS	Giugno 2022	K.Mesidoro	A.Iordanescu Ing.F.P.Bocchetto
A	EMISSIONE	Marzo 2022	K.Mesidoro	A.Iordanescu Ing.F.P.Bocchetto
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO

INDICE

1	PREMESSA.....	1
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	2
3	ASSETTO IDROGRAFICO.....	3
4	ANALISI IDROLOGICA.....	4
4.1	Elaborazione statistica dei dati di pioggia.....	4
4.2	studio di regionalizzazione delle precipitazioni	10
4.3	Calcolo delle altezze di pioggia per durate $\tau < 1$ ora.....	12
4.4	Determinazione delle portate al colmo	15
4.4.1	Metodo Giandotti	15
4.4.2	Metodo cinematico o razionale	16
4.4.3	Metodo di regionalizzazione	21
4.4.4	Metodo del Curve Number (SCS)	22
5	CONCLUSIONI: SINTESI DEI RISULTATI IDROLOGICI.....	27

1 PREMESSA

Il presente studio idrologico è parte integrante della progettazione definitiva riguardo l'adeguamento del tratto di viabilità della Strada Statale S.S. n.4 "Salaria" in località Mozzano nel Comune di Ascoli Piceno.

L'attività idrologica sviluppata è coerente con gli approcci regionali e nazionali, e tiene conto, mediante opportune assunzioni, delle necessarie cautele che gli eventi alluvionali meteorici impongono.

In particolare vengono riportati i risultati degli studi sulle caratteristiche morfologiche ed idrologiche del Torrente Fluvione, affluente principale in sinistra idraulica del fiume Tronto, finalizzati alla corretta progettazione delle opere di sistemazione idraulica e al loro dimensionamento in funzione delle portate di assegnato tempo di ritorno.

Nell'ambito del progetto è stato predisposto uno studio di compatibilità idraulica, così come disposto dal Titolo III, Cap I – articolo 24 delle Norme di Attuazione del Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Marche.

La viabilità di progetto si sviluppa interamente nel Comune di Ascoli Piceno, nella valle del Fiume Tronto e in corrispondenza della confluenza con il Torrente Fluvione, suo affluente di sinistra, e l'intervento prevede la risoluzione delle intersezioni a raso esistenti tra SS4 Salaria e le diverse strade confluenti, SS78 Picena al km 171+550, SP 207 al km 171+650 e via Romana al km 171+920, dando continuità senza interruzioni all'asse principale della Salaria.



Fig. 1 - Inquadramento territoriale: planimetria di progetto

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Le analisi sono state svolte nel rispetto della seguente normativa regionale e nazionale:

- R.D. 25/07/1904 n. 523 – “Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie”.
- D.Lgs. 03/04/2006 n. 152 - “Norme in materia ambientale” e s.m.i.;
- D.M. 11.03.1988 e Circolare 9.1.1996 n.218/24/3 del Ministero LL.PP.;
- D.M. 12/12/1985 – “Normativa tecnica per le tubazioni”;
- Circolare 20/03/1986, n.27291 – “Istruzione relativa alla normativa tecnica per le tubazioni”;
- D.M. 16/06/2008, n. 131 – “Criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici”;
- Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 06/06/2001 - "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia";
- D.M. 14.01.2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni e successive circolari;
- Legge Regionale della Lombardia n.62 del 1985;
- NTC del 17 gennaio 2018 – Norme Tecniche di Attuazione;
- D.L. n 284 del 8 Novembre 2006 – Disposizioni correttive ed integrative del Decreto legislativo 3 aprile 2006 n.152, recante norma in materia ambientale;
- Piano di Tutela delle Acque della Regione Marche
- Legge Regionale 12/11/2012, n.31 e s.m. - Norme in materia di gestione dei corsi d'acqua;
- Legge Regionale 23/11/2011, n.22 - Norme in materia di riqualificazione urbana sostenibile e assetto idrogeologico e modifiche alle Leggi regionali 5 agosto 1992, n. 34 "Norme in materia urbanistica, paesaggistica e di assetto del territorio" e 8 ottobre 2009, n. 22 "Interventi della regione per il riavvio delle attività edilizie al fine di fronteggiare la crisi economica, difendere l'occupazione, migliorare la sicurezza degli edifici e promuovere tecniche di edilizia sostenibile".
- D.G.R. n.53 del 27/01/2014 – Criteri, modalità e indicazioni tecnico – operative per la redazione della verifica di compatibilità idraulica degli strumenti di pianificazione territoriale e per l’invarianza idraulica delle trasformazioni territoriali (art.10, comma 4, L.R. 22/2011).

3 ASSETTO IDROGRAFICO

Lo studio ha previsto la preliminare definizione del reticolo idrografico: il reticolo ufficiale regionale è stato acquisito e verificato sia con carta IGM 25000 che mediante CTR 5000.

Dal punto di vista idrografico, il territorio di interesse ricade sull'alta valle del fiume Tronto, nei territori montani del Comune di Mozzano; l'area oggetto di intervento si estende in sinistra orografica del Fiume Tronto ed una distanza di circa $d=300\text{m}$ a monte della confluenza con il Torrente Fluvione.

Dal punto di vista amministrativo, il bacino imbrifero del Torrente Fluvione, avente superficie di circa $132,5\text{ km}^2$, ricade su una porzione occidentale del Comune di Montegallo e su una parte del Comune di Roccafluvione e di Ascoli Piceno.

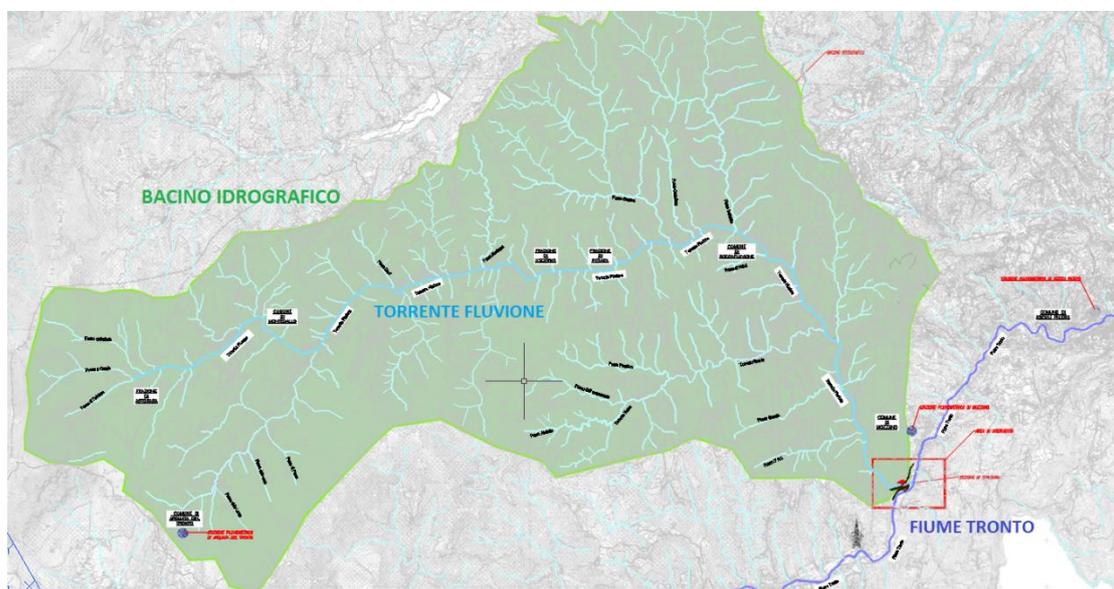


Fig. 2 - Bacino Idrografico del Torrente Fluvione

Il Torrente Fluvione, lungo circa $L=20,0\text{ Km}$, si forma nel Comune di Montegallo, dall'unione del fosso di Colleluce, fosso di Casale e fosso dell'Orinale, che raccolgono le acque del versante adriatico dei Monti Sibillini nella zona compresa tra il Monte Vettore e il Monte Torrone.

Il Torrente Fluvione, scorrendo da ovest verso est, percorre l'omonima Val Fluvione e presso Uscerno il letto del torrente si approfondisce fino a creare un vero e proprio canyon; infatti lungo il suo percorso, il fiume è caratterizzato dalla presenza di numerosi salti morfologici che danno origini a pittoresche cascate immerse ancora in un ambiente incontaminato e ricco di vegetazione.

Il torrente uscito, dal comune di Montegallo, entra nel territorio di Roccafluvione, dove il suo corso devia decisamente verso sud e viene affiancato dalla ex SS 78 Picena. Dopo aver attraversato la località Marsia, il

capoluogo di Roccafluvione, il torrente riceve in destra idraulica il suo principale affluente, il Torrente Noscia e raggiunge il territorio comunale di Ascoli Piceno, dove confluisce nel Fiume Tronto.

4 ANALISI IDROLOGICA

L'obiettivo dell'analisi idrologica è quello di determinare, per un periodo di ritorno di riferimento, le portate di piena dei corsi d'acqua alle interferenze con il tracciato stradale.

Il principale corso d'acqua, torrente Fluvione, che passa sotto all'asse viario S.S.n.4 Salaria, ha una linea di deflusso di lunghezza pari a circa $L = 24,0$ km e tale torrente delimita un bacino di circa $132,5$ km².

Considerando la necessaria attenzione che va riposta sulla previsione dei deflussi che possono interessare l'asta di scolo del Torrente Fluvione e in occasione di differenti eventi meteorici, la ricerca della massima portata che transita nelle sezioni trasversali di deflusso del torrente è stata sviluppata sull'appoggio di una ricerca cartografica e di un'analisi dei dati storici delle precipitazioni disponibili.

4.1 ELABORAZIONE STATISTICA DEI DATI DI PIOGGIA

Un passo fondamentale dell'analisi idrologica per la stima delle portate di piena è la determinazione delle curve di probabilità pluviometrica medie puntuali del bacino.

L'operazione deve essere condotta in modi differenti a seconda delle informazioni disponibili. Se, per esempio, nell'area di interesse cadono uno o più pluviografi appare ragionevole fare riferimento a metodi che stimano tale curva come media spaziale dei valori determinati per le singole stazioni pluviografiche. Quando invece nel bacino ricade una sola stazione, oppure nessuna, il modo più semplice è quello di fare riferimento alla curva di possibilità climatica relativa a quest'unica stazione oppure a quella più vicina.

Nel caso in esame, per intraprendere le necessarie elaborazioni dei dati di pioggia affinché si possa ottenere una stima delle portate di deflusso corrispondenti a periodi di ritorno prestabiliti, si è proceduto ad individuare preliminarmente, la stazione pluviografica del Servizio Idrografico Italiano ricadente nell'ambito della zona di interesse, ovvero nel bacino del Torrente Fluvione.

Successivamente i dati storici relativi alle precipitazioni sono stati elaborati con l'obiettivo di prevedere l'altezza di pioggia che, in occasione di un evento meteorico futuro, possa risultare condizionante alla scelta progettuale. A tal fine si è proceduto applicando le seguenti metodologie:

- analisi statistica diretta delle massime portate di piena, sviluppata nell'ipotesi di applicabilità della legge di Gumbel alla serie storica di dati di precipitazioni giornaliere, registrate nella stazione pluviometrica di riferimento;

Relazione Idrologica

- studio di regionalizzazione delle precipitazioni intense e delle portate massime proposta dalla Protezione Civile e Sicurezza della Regione Marche (Fondazione CIMA – Maggio 2016).

Per individuare le stazioni pluviometriche nell'area oggetto di studio, si è fatto riferimento alla Rete Meteo Idropluviometrica Regionale della Protezione civile delle Marche – Centro Funzionale Regionale, dove sono state individuate 7 stazioni pluviometriche riportate nella figura che segue ed elencate in Tabella 1.



Fig. 3 - Ubicazione delle Stazione Idropluviometriche nell'area di interesse

N.	Nome	Quota stazione (m s.m.)	Nr. osservazioni
1	Illice	760	5
2	Monte Vettore	2070	0
3	Astorara	1015	1
4	Porta Cartara	152	0
5	Mozzano	193	13
6	Ascoli Piceno	136	79
7	Arquatra di Tronto	700	29

Tab. 1 - Stazioni idropluviometriche di riferimento

Dalla tabella 1 si evince che la stazione con un numero significativo di registrazioni (ovvero, per un periodo di osservazione non inferiore a 30 anni) di altezze massime di pioggia disponibili è la Stazione pluviometrica di Ascoli Piceno (numero di osservazione pari a 79), sita nel bacino idrografico del Tronto, a monte della confluenza del Torrente Bretta. La serie dei dati pluviometrici disponibili nella suddetta stazione è relativa ad un arco temporale compreso fra il 1929 e il 2014 e dunque sono disponibili 79 serie di valori massimi di altezze di pioggia per eventi di durata pari a 1, 3, 6, 12, 24 ore.

Relazione Idrologica

Quota stazione pluviometrica	136 m s.l.m.
Latitudine	42° 51' 30''
Longitudine	13° 35' 43''
Periodo di funzionamento	1924 - 2014
Anni di funzionamento	79

Tab. 2 -Stazione Pluviometrica di Ascoli Piceno

Si riporta in tabella 3 i valori massimi di altezza di pioggia (h_{ij}) espressi in mm ed organizzati in 79 stringhe (righe) che contengono valori crescenti di h_{ij} per le 5 durate di evento meteorico (colonne, pedice j):

N. osser	Altezza di pioggia in ordine decrescente (mm)				
	D u r a t a (h)				
	1	3	6	12	24
1	59,00	88,40	117,00	155,20	222,80
2	54,80	76,40	101,40	145,40	206,40
3	49,40	72,80	100,80	138,20	204,20
4	46,00	63,00	89,60	130,80	141,20
5	44,60	62,40	86,80	125,20	137,80
6	43,20	60,20	82,00	110,00	135,40
7	42,00	60,00	75,40	103,60	135,20
8	42,00	58,60	72,80	103,20	126,20
9	40,00	58,40	71,00	103,00	117,20
10	37,60	57,20	67,20	94,20	117,00
11	37,00	55,60	64,80	90,60	115,80
12	36,00	54,00	63,20	85,60	109,80
13	34,00	53,00	63,20	83,00	109,40
14	34,00	50,40	60,80	80,60	106,20
15	33,60	50,20	60,40	79,80	104,20
16	33,00	49,60	60,40	78,00	103,60
17	32,00	48,00	58,80	77,60	103,00
18	31,20	47,00	57,60	76,60	95,00
19	31,20	46,60	56,80	74,00	92,20
20	30,20	44,80	56,60	74,00	91,00
21	30,00	44,00	56,00	72,00	89,20
22	29,40	43,60	55,60	70,40	89,00
23	29,00	43,00	55,20	67,40	88,00
24	29,00	42,60	54,20	67,00	87,60

Relazione Idrologica

25	28,40	42,00	54,00	66,60	87,60
26	28,40	41,00	53,80	66,40	86,80
27	28,20	40,40	53,40	66,00	86,60
28	28,00	40,20	47,40	65,20	86,40
29	27,80	39,00	46,60	64,00	84,00
30	27,40	38,60	46,40	63,20	82,60
31	27,00	38,40	46,40	63,20	78,00
32	26,80	38,00	46,20	62,00	77,60
33	26,60	38,00	45,20	59,40	77,60
34	26,20	37,60	45,20	59,40	76,40
35	25,80	34,60	44,40	58,80	74,80
36	25,60	34,60	44,20	58,00	74,40
37	25,20	34,40	44,00	57,60	74,20
38	25,20	33,80	42,80	56,60	73,20
39	24,60	33,80	42,80	55,20	72,20
40	24,40	33,60	42,20	54,40	72,20
41	24,20	33,40	40,60	54,20	72,00
42	24,00	33,40	40,20	53,00	70,40
43	23,40	32,00	40,00	53,00	70,40
44	22,40	31,00	39,80	51,00	69,20
45	22,40	30,20	39,00	50,80	68,40
46	22,40	29,60	38,60	50,40	67,40
47	22,00	29,00	38,00	48,20	67,00
48	21,80	29,00	37,60	48,00	65,20
49	21,80	29,00	36,40	48,00	64,60
50	21,60	29,00	36,40	47,60	64,20
51	21,60	27,80	36,20	46,60	64,20
52	21,40	27,40	36,00	46,00	61,60
53	21,20	27,40	35,40	45,40	60,60
54	20,60	27,40	34,80	45,40	60,40
55	20,40	26,80	34,20	45,20	59,60
56	20,20	26,40	34,00	45,00	59,00
57	20,00	26,40	33,60	45,00	58,80
58	20,00	26,40	32,60	44,00	58,60
59	19,80	25,60	32,40	43,80	57,80
60	19,60	25,60	32,40	43,20	57,60
61	19,00	25,00	32,40	43,00	54,40
62	18,40	24,80	31,80	43,00	53,00
63	18,40	24,60	31,80	42,80	50,60
64	18,00	23,40	31,60	42,20	50,20

Relazione Idrologica

65	17,20	23,20	31,20	41,00	49,80
66	17,00	23,20	31,20	40,60	49,00
67	16,80	23,00	31,00	39,80	48,80
68	16,60	22,20	30,40	38,60	48,00
69	16,00	22,20	29,40	37,80	47,60
70	16,00	21,40	28,20	37,40	47,40
71	14,40	20,60	28,20	37,40	46,00
72	14,20	20,00	27,80	35,40	44,60
73	13,60	20,00	27,60	34,40	41,80
74	13,20	19,80	27,20	34,40	41,60
75	12,40	19,80	27,00	33,60	38,60
76	12,20	18,80	25,80	33,20	37,80
77	12,00	16,80	25,40	32,80	35,80
78	11,60	16,80	25,00	30,80	35,60
79	11,20	12,80	22,00	30,40	35,40
TOT	2052,80	2899,00	3705,80	4923,80	6325,00

Tab. 3 - Stringhe dei valori della massima altezza di precipitazione ($h_{i,j}$ in mm) registrate nella stazione di riferimento per diverse durate (1, 3, 6, 12, 24 ore) dell'evento meteorico, in ordine decrescente.

Quindi, considerando i dati pluviometrici riportati in tabella 3, sono state ricavate le curve di probabilità pluviometriche mediante l'analisi delle piogge orarie, sviluppata applicando il metodo delle "Curve di Caso Critico Regolarizzate" alla serie dei valori di altezze di precipitazioni tramite la seguente espressione:

$$h_{i,j} = a_i * t_j^n$$

dove:

- $h_{i,j}$: altezza di precipitazione in mm;
- a_i : coefficiente che rappresenta l'altezza di pioggia, in funzione del tempo di ritorno T_r , (in mm per ora⁻ⁿ);
- t_j : durata delle precipitazioni in ore;
- n : coefficiente angolare, costante per tutte le curve di probabilità;

L'indice "j" rappresenta le differenti durate orarie di precipitazione utilizzate per il campionamento, e l'indice "i" fornisce la posizione della curva di caso critico considerata nell'ambito delle curve "p" osservate. La precedente relazione può essere linearizzata nel piano logaritmico mediante la formula:

$$\log h_{i,j} = \log a_i + n * \log t_j$$

I parametri a_i ed n sono stati stimati mediante l'analisi di regressione come intercetta e coefficiente angolare della retta interpolatrice del valore modale del massimo annuale.

Le serie dei massimi annuali di pioggia h_t , registrate nelle stazioni di misura, sono state considerate alla stregua di variabili casuali distribuite secondo la legge di Gumbel espressa come:

$$P(a_i) = e^{-e^{-\alpha*(\alpha_i - \epsilon)}}$$

dove α e σ sono due parametri caratteristici della distribuzione che si determinano mediante le seguenti espressioni:

$$\alpha = 1.2825 / \sigma$$

$$\epsilon = \mu - 0.45006 \times \sigma$$

Avendo indicato con μ e σ rispettivamente la media e lo scarto quadratico medio della successione delle a_i . Inoltre il legame tra la probabilità $P(a)$ ed il tempo di ritorno Tr , è dato dalla seguente relazione:

$$P(a) = 1 - 1 / Tr = (Tr - 1) / Tr$$

I risultati dell'elaborazione dei valori dei coefficienti sopra elencati e delle altezze di precipitazioni per durate pari a 1, 3, 6, 12, 24 ore, in funzione degli assegnati tempi di ritorno Tr , pari a 10, 30, 50, 100, 200 anni, sono riportati nella tabella seguente.

Coefficienti	D U R A T A (ore)				
	1	3	6	12	24
m	25,98	36,70	46,91	62,33	80,06
s	9,98	15,11	19,31	27,46	36,88
a	0,13	0,08	0,07	0,05	0,03
e	21,49	29,89	38,22	49,97	63,47
k'	0,83	0,91	0,91	0,99	1,04
K'	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
T_R	10,00	30,00	50,00	100,00	200,00
$\log T_R$	1,00	1,48	1,70	2,00	2,30
K_T	1,94	2,38	2,59	2,87	3,15
h t,T	41,60	57,86	73,98	96,72	122,85
	51,19	71,21	91,04	119,03	151,18
	55,66	77,41	98,98	129,40	164,36
	61,71	85,83	109,74	143,48	182,23
	67,76	94,25	120,51	157,55	200,11

Tab. 4 - Altezze di pioggia per durate pari ad 1,3,6,12 e 24 ore per la stazione di Ascoli Piceno

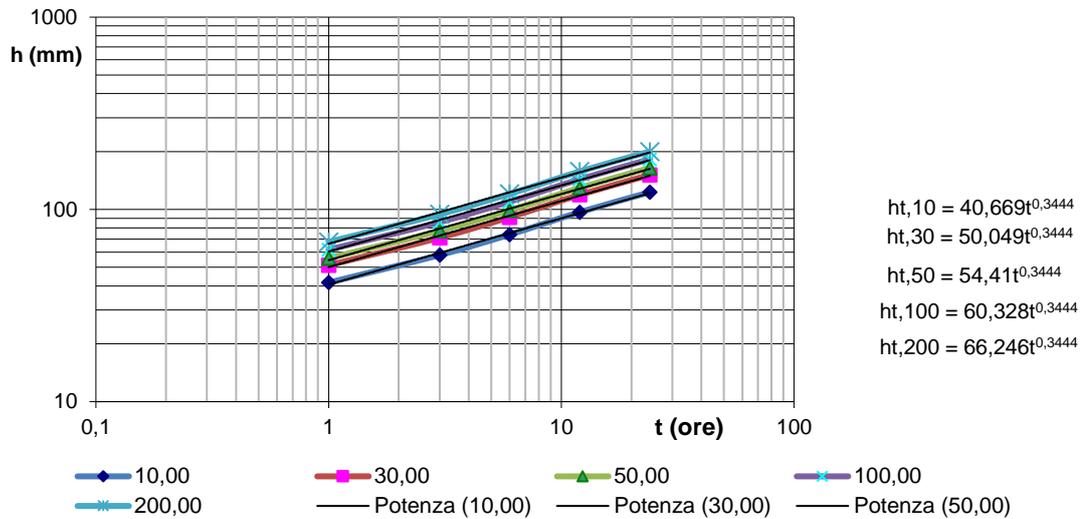


Fig. 4 - Curve di probabilità pluviometrica regolarizzate per la stazione di Ascoli Piceno

I valori di a e di n dell'equazione $[h = a \times t^n]$ che esprime la legge di probabilità pluviometrica, e che sono riportati nel grafico precedente, sono riassunti per chiarezza ed al variare del tempo di ritorno (Tr), nella tabella che si riporta di seguito:

CPP		
Tr	a	n
(anni)	(mm*ore ⁻ⁿ)	
10	40,67	0,3444
30	50,05	0,3444
50	54,41	0,3444
100	60,33	0,3444
200	66,25	0,3444

Tab. 5 - Valori di a ed n al variare del periodo di ritorno per durate superiori ad 1 ora.

4.2 STUDIO DI REGIONALIZZAZIONE DELLE PRECIPITAZIONI

L'esperienza nell'ambito del progetto Valutazione delle Piene in Italia (VAPI) del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del CNR, ha mostrato che l'analisi regionale risulta per l'Italia, il metodo più adatto per la stima affidabile dei quantili dei massimi annuali di precipitazioni per elevato periodo di ritorno.

Le scelte adottate per la regionalizzazione delle precipitazioni intense sul territorio della Regione Marche sono state le seguenti:

Relazione Idrologica

- analisi di frequenza con approccio regionale: l'approccio di tipo regionale consente di utilizzare contemporaneamente tutta l'informazione pluviometrica disponibile sul territorio e di ridurre le incertezze relative alla disomogeneità spaziale attinente alla lunghezza delle serie storiche osservate ai diversi siti di misura.
- utilizzo dei valori massimi di precipitazione per le brevi durate: lo scopo dello studio è quello di arrivare ad una migliore caratterizzazione delle portate al colmo di piena nei bacini di medio - piccole dimensioni, ossia fino a 1500 km². I tempi di risposta di tali bacini ad eventi estremi sono contenuti in poche ore e comunque non superano le 24 ore. Sono quindi stati analizzati i massimi annuali per le durate di 1, 3, 6, 12, e 24 ore forniti da Centro Funzionale Regionale.

Nella convenzione stipulata tra il Commissario Delegato Maltempo Maggio 2014 e Fondazione CIMA per "La modellazione e definizione delle grandezze idrologiche utili alla progettazione per la messa in sicurezza strutturale e non strutturale del reticolo idrografico principale della Regione Marche" e messo a disposizione al seguente link: <https://www.regione.marche.it/Regione-Utile/Protezione-Civile/Progetti-e-Pubblicazioni/Studi-Meteo-Idro#Studi-Idrologici-e-Idraulici>, al capitolo 7 "Stima delle Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica" alla pag. 20, sono riportati i valori dei parametri **a** ed **n** e della **pioggia indice** in corrispondenza della Stazione Ascoli Piceno.

Pioggia indice = 25.2 mm

a = 37.35 (mm x ore⁻ⁿ)

n = 0.36

L'espressione finale della Linea Segnalatrice di Possibilità Pluviometrica (LSPP), in funzione del tempo di ritorno T(anni) e della durata d (ore) è:

$$H_{(d,T)} = 0,5711 \times [5,0286(-\ln((T-1)/T))^{-0,0524} - 4,1950] \times a \times d^n$$

Dove:

- H - altezza di pioggia in mm;
- D - durata di pioggia in ore;
- T - tempo di ritorno in anni;
- a e n - parametri della LSPP da stimare.

Sostituendo i coefficienti ed effettuando i calcoli relativi ad un tempo di ritorno $T_r = 200$ anni si ottiene un'altezza di pioggia pari a $H_{(d,T)} = 51,91 \times d^{0,36}$, dunque $a = 51,91$ (mm x ore⁻ⁿ) e $n = 0,36$.

In conclusione, possiamo dire che l'approccio di tipo Regionale consente di utilizzare contemporaneamente tutte le informazioni pluviometriche disponibili sul territorio di interesse; pertanto è da preferire ad un approccio a sito singolo, in quanto le valutazioni statistiche che ne risultano presentano una disomogeneità spaziale dovuta alle differenti lunghezze delle serie storiche osservate ai diversi siti di misura, in particolare per la stazione presa in considerazione.

Tuttavia, nel caso in esame, considerando che la stazione di Ascoli Piceno ha un elevato numero di stringhe dei valori delle massime altezze di pioggia, è più cautelativo il metodo dell'analisi statistica di Gumbel in cui l'altezza di pioggia è pari a $h=66,25$ mm, maggiore dell'altezza di pioggia $h = 51,91$ mm calcolata con il metodo della Regionalizzazione, pertinente alla medesima durata di pioggia $t_p = 1$ ora per entrambi i metodi.

4.3 Calcolo delle altezze di pioggia per durate $\tau < 1$ ora

Nei bacini di limitata estensione e di relativa rapidità dei deflussi, i tempi di concentrazione sono brevi e di conseguenza le precipitazioni che interessano sono le piogge intense di durata breve con tempi inferiori all'ora. Tale aspetto assume una notevole importanza nel dimensionamento del drenaggio di piattaforma. L'utilizzo della legge valida per durate maggiori dell'ora risulta spesso troppo cautelativa e poco rappresentativa.

Per le durate brevi ed intense si è proceduto adottando una metodologia di stima derivante da osservazioni sperimentali; in particolare nel caso in oggetto della presente relazione, per il calcolo delle curve di probabilità pluviometrica per tempi inferiori ad un'ora, è stata utilizzata la formula di Bell ("GeneralizedRainfallDurationFrequencyRelationship" – Journal of the HydraulicsDivision – Proceedings of american Society of CivilEngineers – volume 95, issue 1 – gennaio 1969). Bell ha osservato che i rapporti r_s tra le altezze di durata τ molto breve ed inferiori alle due ore e l'altezza oraria sono relativamente poco dipendenti dalla località in cui si verificano. Lo U.S. Water Bureau raccomanda per tempi di pioggia inferiore a mezz'ora l'adozione di una relazione empirica, derivata interamente da dati di breve durata; tale relazione mostra che il tempo in minuti in pioggia ha un rapporto costante con la pioggia della durata di 1 ora per lo stesso tempo di ritorno così come segue:

τ (minuti)	5	10	15	30
$r_{\theta}=h_{\theta}/h_{60}$	0.29	0.45	0.57	0.79

Tab. 6 - Rapporto tra altezza di pioggia di durata inferiore ad 1 ora - U.S. Water Bureau

Questi rapporti variano di molto poco negli Stati Uniti ed i loro valori sono indipendenti dal periodo di ritorno.

Bell, come sopra accennato, sulla scorta di osservazioni provenienti da oltre 150 stazioni con oltre 40 anni di osservazione, ha dimostrato che tale correlazione si può estendere fino a valori di durata sino alle due ore.

In relazione alla modesta variazione dei rapporti di intensità durata correlata al tempo di ritorno, ha proposto la seguente relazione che ben si adatta ai dati osservati:

$$\frac{h_{\tau,Tr}}{h_{60,Tr}} = (0.54\tau^{0.25} - 0.50)$$

applicabile per durate $5 \leq \tau \leq 120$ min dove:

- $h_{\tau,Tr}$ - indica l'altezza di pioggia relativa ad un evento pari al tempo τ riferita al periodo di ritorno Tr ;
- $h_{60,Tr}$ - l'altezza di pioggia relativa ad un evento di durata pari ad un'ora, con periodo di ritorno Tr ;
- τ - il tempo di pioggia espresso in minuti.

τ (min)=	5	10	15	30	60
Tr (anni)=	10	30	50	100	200
$h_{\tau,T}$	12,51	18,72	22,89	31,06	40,79
	15,39	23,04	28,16	38,23	50,19
	16,73	25,04	30,62	41,56	54,57
	18,55	27,77	33,95	46,08	60,50
	20,37	30,49	37,28	50,60	66,44

Tab. 7 - Altezze di pioggia per durate $t < 1$ ora valutate con la formula di Bell.

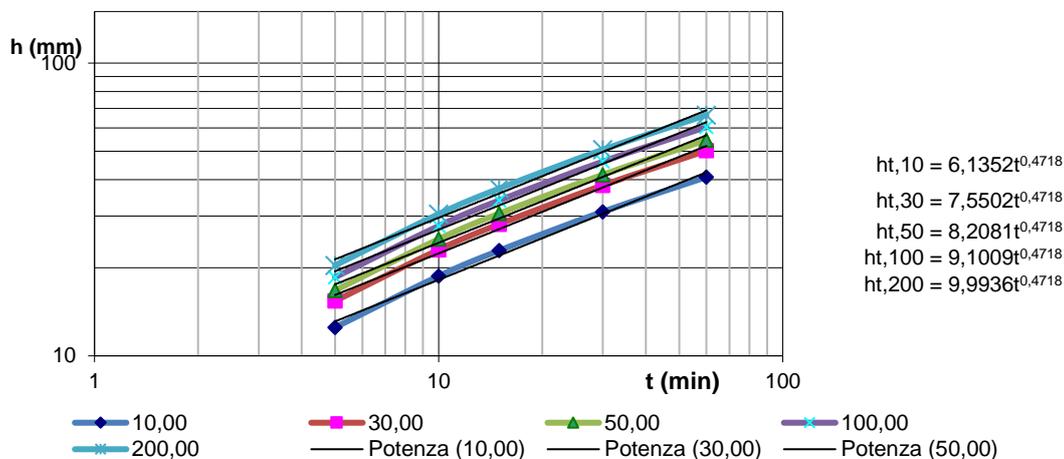


Fig. 5 – Curve di probabilità pluviometrica per durate $t < 1$ ora

Nota l'altezza di pioggia $h\tau$ relativa all'evento di durata τ ($5 \leq \tau \leq 120$ min), valutata sulla base dei parametri relative alle curve di probabilità pluviometrica considerate (parametro $a = h_{60,Tr}$) e la relazione di Bell, passando ai logaritmi, le coppie altezza di pioggia-durata vengono regolarizzate con l'equazione di una retta dove il termine noto indica il parametro a e il coefficiente angolare rappresenta il parametro n .

I parametri delle curve di possibilità pluviometrica per differenti tempi di ritorno e durata inferiore ad un'ora sono riportati di seguito, con tempo τ espresso sia in minuti a (mm/min^n) sia in ore a (mm/ora^n).

Tr (anni)	a (mm/min ⁿ)	n	a (mm/ora ⁿ)
10	6,135	0,4718	42,34
30	7,55	0,4718	52,10
50	8,208	0,4718	56,65
100	9,101	0,4718	62,81
200	9,993	0,4718	68,96

Tab. 8 - Valori dei parametri a ed n della CPP per durate inferiori all'ora, per diversi tempi di ritorno.

In particolare, per il dimensionamento idraulico della rete di drenaggio, si farà riferimento ai dati pluviometrici della curva di probabilità pluviometrica per durate inferiori ad 1 ora, con un tempo di corrvazione pari ad una durata di pioggia di 5 minuti.

4.4 Determinazione delle portate al colmo

La valutazione dei valori di portata al colmo di piena per determinati periodi di ritorno è stata eseguita applicando diversi metodi reperibili in bibliografia, in modo da ottenere una serie di valori e scegliere il più appropriato in funzione alle caratteristiche del bacino.

I metodi considerati sono:

- Metodo Giandotti;
- Metodo cinematico o razionale;
- Metodo di regionalizzazione con stima della portata;
- Metodo SCS CN - Curve Number.

4.4.1 Metodo Giandotti

Il metodo Giandotti rappresenta una particolare formulazione del metodo cinematico o razionale e fu elaborato utilizzando osservazioni di piena dei corsi d'acqua del bacino del Po e successivamente perfezionato da M. Visentini. In generale fornisce buoni risultati per i bacini montani e collinari di media estensione.

Il procedimento determina dapprima la durata t_c (tempo di corrivazione) della fase di crescita dalla piena nell'ipotesi che il colmo sia raggiunto quando tutto il bacino sotteso contribuisce alla formazione della piena:

$$t_c = \frac{4 \times \sqrt{S} + 1,5 \times L}{0,8 \times \sqrt{H_m}}$$

dove:

- t_c - tempo di corrivazione, in ore;
- L - lunghezza dell'asta del corso d'acqua, in km;
- S - superficie del bacino, in km²;
- H_m - altezza media del bacino, ragguagliata sulla sezione di chiusura, in m.

Quindi il valore della portata massima Q_{max} corrispondente ad un'altezza di pioggia h (mm) caduta in un tempo di pioggia pari al tempo di corrivazione.

$$Q = \lambda \times S \times h / 0,8 t_c$$

con i seguenti significati dei simboli:

- Q_{max} - portata al colmo di piena (m³/s);

- λ - coefficiente dipendente da S, pari a 166 per i bacini fino a 500 km²;
- S - superficie del bacino in km²;
- h - altezza di pioggia caduta sul bacino di durata pari al tempo di corrivazione (m);
- t_c - tempo di corrivazione (ore).

Tenuto conto delle caratteristiche morfometriche del bacino e dell'asta del Torrente Fluvione, sintetizzate di seguito:

Area bacino	Lunghezza asta deflusso	Altezza max bacino	Altezza media bacino	Altezza minima bacino	Pendenza media bacino	Quota max asta	Quota min asta	Pendenza media asta
km ²	km	ms.m.	ms.m.	ms.m.	%	ms.m.	ms.m.	ms.m.
132,5	24,0	2466	712	204	19,9	1166	198,8	4,03

Tab. 9 - Caratteristiche morfometriche del bacino e dell'asta del Torrente Fluvione

Quindi, si ricavano i valori delle portate di piena, corrispondenti a diversi valori del tempo di ritorno.

Tr	a (mm ore ⁻ⁿ)	tc (ore)	n	h (mm)	λ	Q(m ³ /s)
10	40,67	4,67	0,344	69.12	166	406.7
30	50,05	4,67	0,344	85.06	166	500.5
50	54,41	4,67	0,344	92.47	166	544.1
100	60,33	4,67	0,344	102.53	166	603.3
200	66,25	4,67	0,344	112.59	166	662.5

Tab. 10 - Valori delle portate di piena relativa al Torrente Fluvione secondo il metodo Giandotti

4.4.2 Metodo cinematico o razionale

Il metodo cinematico o metodo di corrivazione si presta di combinare le altezze di pioggia con la superficie tributaria; quest'ultima deve essere riguardata sia come estensione esposta e bagnata durante l'evento meteorico, sia con riguardo alle condizioni locali ed alle specifiche caratteristiche dell'area scolante.

Da queste condizioni dipende, infatti il rapporto afflussi – deflussi e la velocità dei livelli d'acqua e degli scorrimenti superficiali verso il recettore, in sintesi il tempo di corrivazione dell'area, o del bacino tributario, che contribuisce a generare la portata da allontanare.

Associando al tempo di corrivazione del bacino tributario (t_c) il valore di altezze di pioggia ($h = at^n$) prevista in occasione di eventi futuri con durata pari a t_c , si determina la combinazione superficie -precipitazione

Relazione Idrologica

più gravosa in termini di portata che scola nel recettore. Al variare del tempo di ritorno dell'evento meteorico, resta definita, inoltre, la probabilità che il fissato valore di altezza massima di pioggia sia superato in un prefissato intervallo temporale, quale la vita nominale o di riferimento dell'opera in progetto.

In queste condizioni, si considera il bacino del Torrente Fluvione di superficie $S = 132,5 \text{ km}^2$ sul quale cade, per una durata di pioggia t , una precipitazione d'altezza h_p .

Solo una frazione ϕ del volume meteorico $S_{\text{tot}} \times h$ risulta efficace agli effetti del deflusso, quindi il valore della portata è:

$$Q = i \times \phi \times S / 360$$

nella quale i diversi simboli hanno il significato seguente:

- Q - portata al colmo di piena (m^3/s);
- i - intensità della pioggia in funzione del tempo di corrivazione (mm/h);
- ϕ - coefficiente di deflusso del bacino;
- S - superficie del bacino in ettari (ha).

4.4.2.1 Stima del tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione t_c è il tempo necessario affinché il bacino sia integralmente contribuente, ovvero il tempo impiegato da una singola particella d'acqua, piovuta nel punto idraulicamente più lontano, a raggiungere la sezione di chiusura.

In letteratura esistono diverse formule empiriche per calcolare il tempo di corrivazione. Per sviluppare un utile confronto fra i diversi metodi, riportiamo di seguito le formule che sono state utilizzate:

Giandotti	$t_c = \frac{4 \times \sqrt{S} + 1,5 \times L}{0,8 \times \sqrt{H_m}}$
Pezzoli	$t_c = 0,055 \times (L/i^{0,5})$
Viparelli	$t_c = L/3,6$
Pasini	$t_c = (24 \times 0,045 \times (S \times L)^{1/3}) / (i \times 100)^{1/2}$
Kirpich	$t_c = 0,93 \left((L / (y_m / L)^{1/2})^{0,77} \right)$
Ventura	$t_c = 0,1272 (A/i)^{0,5}$

dove:

- t_c : tempo di corrivazione in ore;

- S: superficie del bacino in km²;
- L: lunghezza dell'asta principale, estesa fino alla sezione di chiusura (km)
- i: pendenza media dell'asta principale.

Utilizzando questi procedimenti si ricavano i valori del tempo di corrivazione riportati nella tabella 11.

N	Formula	tc(ore)
1	Giandotti	4,67
2	Pezzoli	5,99
3	Viparelli	4,57
4	Pasini	7,20
5	Kirpich	1,43
6	Ventura	6,63
7	Puglisi	3,80

Tab. 11 - Valori del tempo di corrivazione, ricavati mediante diverse relazioni

Nella scelta del tempo di corrivazione occorre tenere conto delle interpretazioni di osservazioni sperimentali, ogni formula è valida per i bacini per i quali è stata ricavata e tarata. Non sono state prese in considerazione: la formula di Kirpich, utilizzata di solito per i bacini con l'estensione minore di 20 km², la formula di Pasini, introdotto nell'ambito di uno studio sulle reti di bonifica della pianura renana, la formula di Ventura sperimentata nell'ambito delle reti di bonifica bolognese. Alla fine di minimizzare i possibili errori insiti nella stima di questo parametro, si assume come tempo di corrivazione quello derivante dalla formula di Giandotti, formula introdotta dall'esame dei fenomeni di corrivazione. Quindi per il calcolo della portata è stato scelto **tc = 4,67 ore**.

Per determinare il valore medio del coefficiente di deflusso (ϕ) si è tenuto conto della morfologia del bacino, dell'estensione e delle caratteristiche geologiche delle diverse unità in affioramento. A seguito della carta di permeabilità del Bacino Idrografico del Torrente Fluvione, riportata in Fig. 6, e in funzione della tipologia idrologica del suolo (Tab. 12), la superficie del bacino è stata divisa in quattro categorie (Tab 13) in funzione dei diversi valori del coefficiente di permeabilità (Fig. 6).

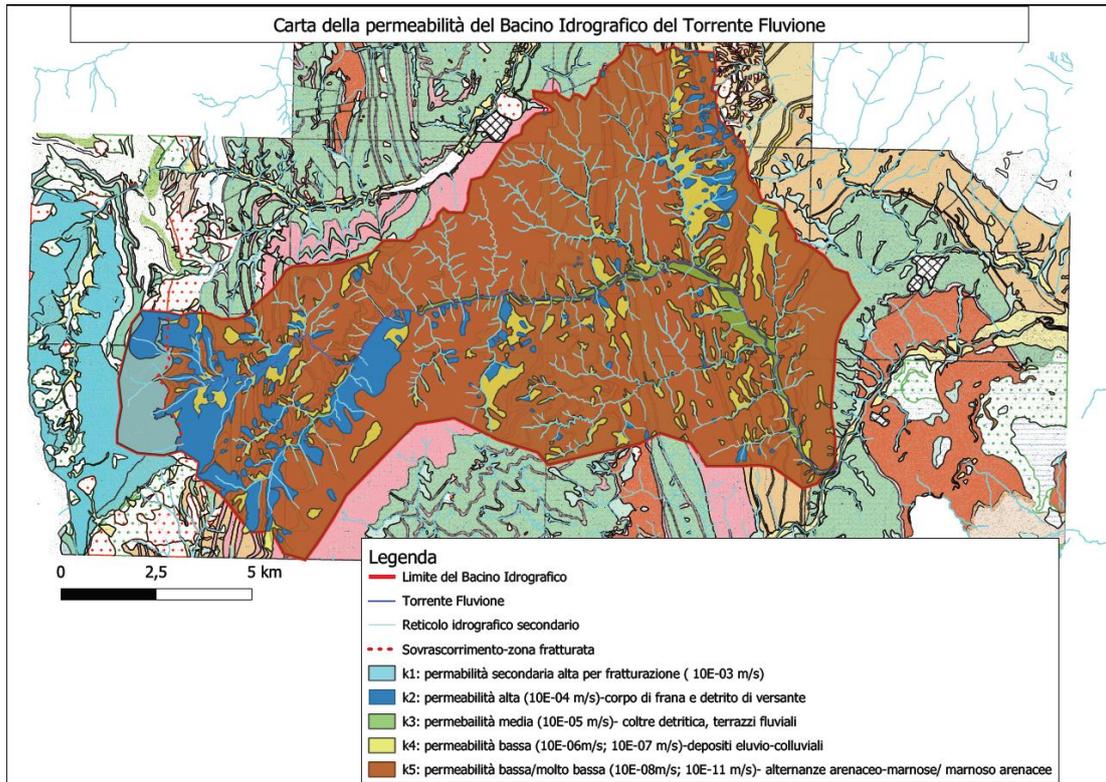


Fig. 6 - Carta di permeabilità del bacino del torrente Fluvione

Tipo idrologico di suolo	Descrizione
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
D	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza delle superfici.

Tab. 12 - Tipologia di suolo in funzione della capacità di assorbimento e della permeabilità

Relazione Idrologica

Categoria del suolo	Permeabilità m/s	Superficie Km ²	$\frac{S_{k_i}}{S_{TOT}}$
A	K1	9,27	7,0%
B	K2; K3	7,95	6,0%
C	K4	6,63	5,0%
D	K5	106,00	80,0%

Tab. 13 – classificazione del Bacino del Fluvione in funzione della permeabilità

Per la scelta del valore del coefficiente di deflusso esistono in letteratura scientifica numerose tabelle e grafici utili per la valutazione di questo parametro. In particolare, in una guida della F.A.O. (Food and Agriculture Organization of the United Nations) sono proposti i seguenti valori orientativi del coefficiente di deflusso (Tab 14).

Tipo di suolo	Copertura del bacino		
	Coltivi	Pascoli	Boschi
Suoli molto permeabili sabbiosi o ghiaiosi	0,20	0,15	0,10
Suoli mediamente permeabili (senza strati di argilla). Terreni di medio impasto o simili	0,40	0,35	0,30
Suoli poco permeabili Suoli fortemente argillosi o simili. con strati di argilla vicino alla superficie. Suoli poco profondi sopra roccia impermeabile.	0,50	0,45	0,40

Tab. 14 - Valori di ϕ proposti dalla guida F.A.O.

Altri valori di ϕ reperibili in letteratura, in funzione della tipologia e della pendenza del terreno, sono riportati nella tabella che segue (Tab 15):

Vegetazione e pendenza		Tipi di suolo		
		Terreno leggero	Terreno di medio impasto	Terreno compatto
Boschi	>10%	0,13	0,18	0,25
	<10%	0,16	0,21	0,36
Pascoli	>10%	0,16	0,36	0,56
	<10%	0,22	0,42	0,62
Colture agrarie	>10%	0,40	0,60	0,70
	<10%	0,52	0,72	0,82

Tab. 15 - Valori di ϕ in funzione della tipologia di terreno

Quindi, per determinare il ϕ medio del bacino, è stato assegnato ad ogni categoria di suolo affiorante un coefficiente di deflusso come riportato nella Tab 16.

Categoria suolo affiorante	Percentuale %	Area (A) Km ²	Coefficiente di deflusso (ϕ_i)	$\phi_i \times A$	Coefficiente deflusso medio (ϕ_{medio})
A	7	9,28	0,15	1,39	0,4495
B	8	10,60	0,30	3,18	
C	5	6,63	0,30	1,99	
D	80	106,00	0,50	53,00	
Bacino	100	132,50		59,56	

Tab. 16 - Coefficiente medio di deflusso in funzione del litotipo affiorante al bacino in esame

Risulta dunque:

$$\phi = \frac{\sum(\phi \times A)}{\sum A} = \frac{59,56}{132,50} = 0,45$$

Pertanto, in funzione delle caratteristiche peculiari del bacino in esame, il valore del coefficiente di deflusso stimato con la metodologia proposta è pari a $\phi = 0.45$.

Quindi, i valori della portata di piena assegnata ad un tempo di ritorno di $Tr = 200$ anni, calcolata per diversi tempi di corrivazione corrispondenti ai diversi metodi adottati ed in funzione delle caratteristiche geometriche del torrente sono riportati di seguito:

FORMULA	TR	a	n	tc	ϕ	h	i	Q
	anni	mm x ore ⁻ⁿ		ora		mm	mm/ora	m ³ /s
Giandotti	200	66,25	0,344	4,67	0,45	112,59	24,1	399,1
Pezzoli	200	66,25	0,344	5,99	0,45	122,64	20,47	339,1
Viparelli	200	66,25	0,344	4,57	0,45	111,74	24,45	405,00
Puglisi	200	66,25	0,344	3,8	0,45	104,89	27,58	456,8

Tab. 17 - Valori delle portate di piena Q (m³/s) relative al Torrente Fluvione

4.4.3 Metodo di regionalizzazione

Per il metodo della regionalizzazione delle portate massime annuali al colmo di piena in funzione del tempo di ritorno è stato utilizzato un approccio che prevede la generazione di eventi sintetici di precipitazioni, utilizzando i risultati ottenuti nella procedura di regionalizzazione delle piogge estreme e l'uso del modello Continuum, calibrato e validato sul territorio regionale per determinare la risposta dei bacini.

Lo studio dettagliato è messo a disposizione al seguente link: <https://www.regione.marche.it/Regione-Utile/Protezione-Civile/Progetti-e-Pubblicazioni/Studi-Meteo-Idro#Studi-Idrologici-e-Idraulici>

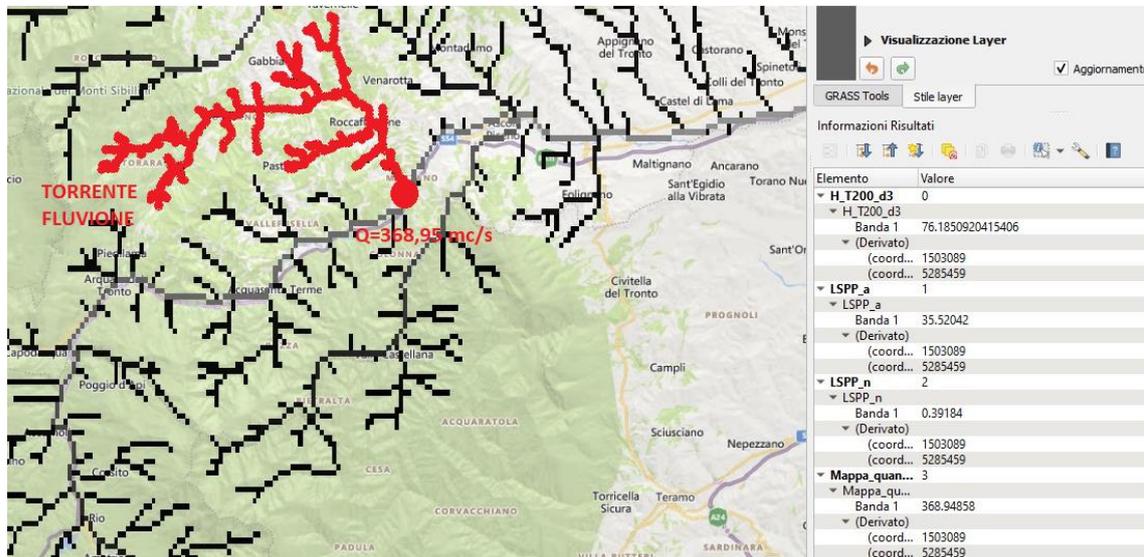


Fig. 7 - Valori delle portate di piena determinate con il metodo di regionalizzazione relative al Torrente Fluvione

Quindi il valore della portata di piena assegnata ad un tempo di ritorno di $T_r = 200$ anni, risultata dal metodo di regionalizzazione secondo la Regione Marche, è:

$$Q = 368,94 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.4.4 Metodo del Curve Number (SCS)

Il metodo del Curve Number (SCS), sviluppato dal Dipartimento dell'agricoltura degli Stati Uniti (Soil Conservation Service, S.C.S.), è diffuso in ambiente americano per la ricostruzione delle piene in bacini idrografici di superficie medio piccola.

Il metodo, noto anche come metodo "del numero di curva" consente la determinazione della portata e assume che nell'evento di piena il rapporto tra il volume specifico del deflusso superficiale (P_n [mm]) ed il volume specifico precipitato (I [mm]) depurato dell'assorbimento iniziale (I_a [mm]) sia uguale al rapporto tra il volume specifico infiltrato (F [mm]) ed un volume specifico (S [mm]) che caratterizza la massima ritenzione idrica potenziale del terreno:

$$(F/S) = P_n / (I - I_a)$$

Poiché la conservazione delle masse impone:

$$F = I - I_a - P_n$$

Relazione Idrologica

Si ha:

$$P_n = (I - I_a)^2 / (I - I_a + S)$$

che dà la misura della pioggia netta che si trasforma in deflusso, in funzione della pioggia totale caduta nel bacino (I) e di due parametri caratteristici di quest'ultimo: la capacità di assorbimento iniziale (I_a) e la massima ritenzione potenziale (S).

La massima ritenzione potenziale S espressa in mm è definita in funzione di un coefficiente CN, Curver Number, che dipende dalla natura del terreno e dall'uso del suolo secondo la seguente relazione:

$$S \text{ (mm)} = 25,4 \times ((1000/CN) - 10)$$

Il termine di assorbimento iniziale I_a descrive globalmente l'intercettazione da parte della vegetazione della precipitazione e, essendo difficilmente valutabile, si assume un valore cautelativo pari a I_a = 2 mm, per non sottostimare la portata di picco.

Il parametro CN, è un numero adimensionale e, come anticipato, dipende dalle caratteristiche del suolo in relazione alla maggiore o minore permeabilità e dal suo uso, ossia dalla sua copertura vegetale e dal suo grado di antropizzazione.

L'agenzia del Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti (USDA) Natural Resources Conservation Service (NRCS), ha fornito nel 1972 delle tabelle per facilitare la determinazione del parametro CN.

Considerando la carta di permeabilità (fig. 6) e la tabella 12 in cui si riportano le 4 classi di terreno in funzione alla capacità di assorbimento e alla permeabilità, la superficie del bacino è stata divisa in 4 categorie (tabella 13).

Una volta determinata la classe del suolo, si consulta la tabella riportata di seguito, dove sono riportati, per tali gruppi, i valori del parametro CN in relazione al tipo di copertura (uso del suolo).

Relazione Idrologica

Tipo di copertura (uso del suolo)	TIPO SUOLO			
	A	B	C	D
TERRENO COLTIVATO				
Senza trattamento di conservazione	72	81	88	91
Con interventi di conservazione	62	71	78	81
TERRENO DA PASCOLO				
Cattive condizioni	68	79	86	89
Buone condizioni	39	61	74	90
PRATERIE				
Buone condizioni	30	58	71	78
TERRENI BOSCOSE O FORESTATI				
Terrano sottile, sottobosco povero, senza foglie	45	66	77	83
Sottobosco e copertura buoni	25	55	70	77
SPAZI APERTI, PRATIRASATI, PARCHI				
Buone condizioni con almeno il 75% dell'area con copertura erbosa	39	61	74	80
Condizioni normali, con copertura erbosa intorno al 50%	49	69	79	84
AREE COMMERCIALI (impermeabilità 85%)	89	92	94	95
DISTRETTI INDUSTRIALI (imper. 72%)	81	88	91	93
AREE RESIDENZIALI				
Impermeabilità media %	77	81	90	92
65	61	75	83	87
38	57	72	81	86
30	54	70	80	85
25	51	68	79	84
PARCHIEGGI IMPERMEABILIZZATI	98	98	98	98
STRADE				
Pavimentate con cordoli e fognature	98	98	98	
Inghiaiate o selciate con buche	76	85	89	91
In terra battuta (non asfaltate)	72	82	87	89

Fig. 8 - Valori di CN in funzione al tipo di copertura o uso del suolo

Quindi il valore di CN dell'intero bacino si ottiene come media pesata sulla superficie dei valori stimati per le singole aree omogenee:

$$CN_{tot} = (\sum CN_i A_i) / A_{tot}$$

dove:

- CN_{tot} : CN dell'intero bacino;
- CN_i : CN della i-esima zona omogenea;
- A_i : area della i-esima zona omogenea;
- A_{tot} : area totale del bacino;

A fronte dei calcoli effettuati, si determina il coefficiente CN globale caratteristico dell'intero bacino pari a $CN = 72$ che indica una condizione di umidità del terreno media.

Le condizioni di saturazione del terreno sono fondamentali per la corretta valutazione della curva di frequenza delle portate al colmo. Difatti, a parità di precipitazione, le diverse condizioni del terreno incidono sulla risposta del bacino e sulla portata al colmo. Il metodo SCS individua tre classi, AMC I, AMC II e AMC III, in relazione al valore assunto dall'altezza di pioggia caduta nei 5 giorni precedenti l'evento meteorico. L'attribuzione della classe AMC si basa sui criteri riportati nella tabella che segue:

Relazione Idrologica

Classe AMC	Stagione di riposo	Stagione di crescita
I	< 12.7 mm	<35.5 mm
II	12.7-28.0 mm	35.5-53.3 mm
III	>28.0 mm	>53.3 mm

Tab. 18 - classi di AMC

Per determinare le condizioni di terreno molto umido AMCIII, o molto asciutto AMCI si possono derivare i relativi valori di CN, determinati con le tabelle precedenti e riferiti ad una condizione media di umidità (classe II), usando le seguenti formule:

$$\text{CN(I)} = 4,2 \text{ CN(II)}/10 - 0,058\text{CN(II)} = \mathbf{51}$$

$$\text{CN(III)} = 23 \text{ CN(II)}/10 + 0,13\text{CN(II)} = \mathbf{85}$$

Per il calcolo della portata al colmo Q_{maxSCS} [m^3/s], il metodo considera un idrogramma approssimato di forma triangolare con una fase crescente di durata t_a (tempo di accumulo) ed una fase di esaurimento di durata t_e (tempo di esaurimento); il cui volume (m^3) ha la seguente espressione:

$$V = \frac{Q_p \cdot (t_a + t_e)}{2} = \frac{Q_p \cdot t_b}{2}$$

Poiché è stato stabilito sperimentalmente che nella fase crescente dell'idrogramma defluisce un volume idrico che è pari al 37,5% del volume totale V di deflusso, ne consegue che la durata della fase crescente è pari a 0,375 volte la durata dell'evento di piena t_b . Utilizzando le formule di cui sopra, esprimendo il volume di deflusso V in mm , il tempo t_a in ore e l'area del bacino S_{tot} in km^2 , la portata al colmo con il metodo CN avrà la seguente espressione:

$$Q_{\text{max-SCS}} = 0,278 (P_n \cdot S_{\text{tot}}) / t_a$$

Dove:

- $Q_{\text{max-SCS}}$ – la portata al colmo (m^3/s);
- P_n – altezza di pioggia netta (mm)
- S_{tot} - superficie del bacino (km^2)
- t_a – durata della fase crescente (ore)

La determinazione di $t_{a,r}$, nell'ipotesi di precipitazioni efficaci costante di durata t_p (ietogramma rettangolare) ed indicando con t_L il tempo di ritardo, si effettua con la relazione:

Relazione Idrologica

$$t_a = 0,5t_p + t_L$$

Il tempo di ritardo nel metodo S.C.S. viene valutato come:

$$t_L = 0,342 (L_{tot}^{0,8}/s^{0,5})((1000/CN)-9)^{0,7}$$

In cui:

- t_L – tempo di ritardo (ore)
- L_{tot} – lunghezza dell’asta principale in km;
- s – la pendenza media del bacino (%);

Tenendo conto delle caratteristiche morfologiche del bacino e delle proprietà geometriche dell’asta si calcola un tempo di ritardo $t_L = 3,01$ ore, quindi si determina un tempo di corrivazione di circa 60 % superiore al tempo di ritardo pari a $t_c = 5,02$ ore

Considerando che il tempo di pioggia è uguale al tempo di corrivazione, la durata della fase crescente è pari a $t_a = 5,52$ ore e la portata al colmo è circa $Q_{max-SCS} = 305,0 \text{ m}^3/\text{s}$

In sintesi si assumono i risultati, con l’obiettivo di definire la portata defluente nel torrente Fluvione relativa ad un tempo di ritorno $Tr = 200$ anni

N.	Metodo	Superficie (km ²)	Portata (m ³ /s)	Coefficiente udometrico (m ³ /sxkm ²)
1	Giandotti	132,5	662,50	5,00
2	Cinematico	132,5	399,09	3,01
3	Regionalizzazione	132,5	368,95	2,78
4	Curver Number	132,5	305,00	2,30

Tab. 19 - Portata defluente nel torrente Fluvione in funzione al metodo di calcolo considerato

L’ordine di grandezza del coefficiente udometrico, che rappresenta il contributo specifico di piena $u = Q_{max}/A$ dipende dall’estensione del bacino.

Da uno “Studio per la Mitigazione del Rischio idrogeologico” presentato dal Consorzio di Bonifica delle Marche sui bacini idrografici dei Fiumi Ete, Vivo, Aso e Tesina che presentano caratteristiche morfologiche simili, il coefficiente udometrico è circa $1,3 \text{ m}^3/\text{sxkm}^2$, come rappresentato nella tabella:

Nome Torrente	Tempo di ritorno	Lunghezza	Superficie bacino	Portata	Coefficiente udometrico
	anni	km	km ²	m ³ /s	m ³ /sxkm ²
Tesino	200	37	114,0	136,8	1,2
Ete vivo	200	35	250,0	324,0	1,3
Aso	200	63	242,0	260,0	1,1

Tab. 20 - Valori del coefficiente udometrico nei bacini idrografici marchigiani

5 CONCLUSIONI: SINTESI DEI RISULTATI IDROLOGICI

Di seguito si riportano i valori di pioggia e di portate ottenuti dall'analisi idrologica e di riferimento per le successive computazioni idrauliche.

Parametri idrologici: i parametri delle curve di probabilità pluviometrica per durate sia superiori che inferiori ad 1 ora in funzione del tempo di ritorno T_r sono riassunti di seguito:

	TR	10	30	50	100	200
d > 1ora	a (mm/ora ⁿ)	40,67	50,05	54,41	60,33	66,25
	n	0,344	0,344	0,344	0,344	0,344
d < 1ora	a (mm/ora ⁿ)	42,34	52,10	56,65	62,81	68,96
	n	0,472	0,472	0,472	0,472	0,472

Tab. 21 - Parametri a e n delle curve di probabilità pluviometrica per tempo di corrvazione minore e maggiore di un'ora in funzione del tempo di ritorno T_r

Portate al colmo: i valori di portata di progetto duecentennale ottenuti con i diversi metodi precedentemente descritti sono riportati di seguito:

Relazione Idrologica

METODO	$Q_{Tr=200\text{anni}}$ (m^3/s)
Giandotti	662,5
Cinematico o Razionale	399,09
Regionalizzazione	368,95
SCS – Curve Number	305,00

Tab. 22 - Valori di portata al colmo calcolata con i diversi metodi per un tempo di ritorno $Tr = 200$ anni

In definitiva, dai risultati ottenuti si osserva che il metodo Giandotti per il calcolo della portata al colmo di piena rileva valori elevati, e seppur cautelative, pertanto lo si è ritenuto meno affidabile nel confronto dei valori simili ottenute con gli altri metodi.

Di conseguenza fra i diversi risultati riportati nella Tab. 22, si ritiene ragionevole il valore calcolato col metodo razionale, dunque, per l'analisi dei deflussi in alveo si considera cautelativamente, una portata al colmo $Q = 400 m^3/s$.