

S.S. 260 "PICENTE"
**LAVORI DI ADEGUAMENTO PLANO ALTIMETRICO
DELLA SEDE STRADALE**

Lotto "3" – da San Pelino a Marana di Montereale (Aq)
**Convenzione di Cofinanziamento ANAS – Regione Abruzzo – Provincia di
L'Aquila in data 28/11/05 Rep. n°25597**

CUP: F11B07000480001 – CIG: 665875741B

PROGETTO ESECUTIVO

GRUPPO DI PROGETTAZIONE:



Sede di Firenze
Viale G. Amendola n.6 int.3
50121 Firenze – 0552001660
www.politecnica.it

Direttore della Progettazione Responsabile Opere stradali ed idrauliche	Responsabile Opere Strutturali Coordinatore Sicurezza in fase di progettazione	Responsabile Geologia	Direttore Tecnico Responsabile Opere Impiantistiche	Responsabile Ambientale
Ing. Marcello Mancone Ord. ing. di Firenze n.5723	Ing. Tommaso Conti Ord. ing. di Pistoia n.1149/A	Dott. Pietro Accolti Gil Ord. geol. della Toscana n.728	Ing. Francesco Frassinetti Ord. ing. Bologna n.5897/A	Arch. Maria Cristina Fregni Ord. arch. di Modena n.611

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. *FRANCESCO RUOCCO*

IMPRESA ESECUTRICE :

Responsabile di Commessa

Geom. *Giacomo Giona*

Direttore Tecnico

Ing. *Mauro Martini*



04—IDROLOGIA E IDRAULICA

—

RELAZIONE IDROLOGICA

CODICE PROGETTO	NOME FILE	PROGR. ELAB.	REV.	SCALA:
PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.	04.01_P00_ID00_IDR_RE01_A	04.01		
L0718B E 1801	CODICE ELAB. P00 ID00 IDR RE01		A	—
A	CONSEGNA LUGLIO 2018	07/2018	M. MANCONE	M. MANCONE M. MANCONE
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO

INDICE

INDICE.....	1
1. PREMESSA	2
2. RIFERIMENTI NORMATIVI.....	3
3. CARATTERIZZAZIONE GEOMORFOLOGICA ED IDROLOGICA DEI BACINI IDROGRAFICI.....	5
3.1. Analisi geomorfologica	5
3.2. Uso del suolo	7
4. AREE SOGGETTE A RISCHIO IDRAULICO	8
5. INDIVIDUAZIONE E RACCOLTA DATI.....	9
5.1. Dati pluviometrici	9
5.2. Analisi statistica dei dati pluviometrici.....	11
6. PORTATE DI PROGETTO.....	15

1. PREMESSA

Nel contesto del Progetto Esecutivo "S.S. 260 Picente. Lavori di adeguamento piano-altimetrico della sede stradale. Lotto 3° - Tratto da San Pelino a Marana di Montereale (AQ)" la presente "Relazione Idrologica" descrive la caratterizzazione idrologica dei bacini idrografici, l'individuazione delle possibili situazioni di rischio idraulico, in ottemperanza alla Normativa Regionale attualmente in vigore.

In particolare, si descrivono il regime normativo attualmente in vigore nella Regione Abruzzo in materia di rischio idrogeologico ed idraulico, le caratteristiche geomorfologiche e idrologiche dei bacini idrografici, le aree soggette a rischio idraulico, la raccolta dei dati per le successive analisi, l'analisi statistica delle registrazioni pluviometriche per la determinazione della pioggia di progetto e i calcoli delle portate massime da porre a base delle verifiche idrauliche e dello studio idraulico.

I fini idraulici della seguente relazione e della "Relazione idraulica" sono la progettazione e la definizione delle caratteristiche delle opere per lo smaltimento delle acque di versante e di piattaforma, e delle opere di difesa dalle piene.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

Nell'ambito dei propri compiti istituzionali connessi alla difesa del territorio l'Autorità dei Bacini di Rilievo Regionale dell'Abruzzo e del Bacino Interregionale del Fiume Sangro ha disposto, ai sensi dell'art. 17, comma 6-ter della Legge 18.05.1989 n. 183, la redazione del Piano Stralcio Difesa dalle Alluvioni, quale stralcio del Piano di Bacino, inteso come strumento di individuazione delle aree a rischio alluvionale e quindi, da sottoporre a misure di salvaguardia ma anche di delimitazione delle aree di pertinenza fluviale. Il Piano è funzionale a consentire, attraverso la programmazione di azioni (opere, vincoli, direttive) il conseguimento di un assetto fisico dell'ambito fluviale compatibile con la sicurezza idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo (ai fini insediativi, agricoli, industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali ed ambientali.

In particolare il PSDA individua e perimetra le aree di pericolosità idraulica attraverso la determinazione dei livelli corrispondenti a condizioni di massima piena valutati con i metodi scientifici dell'idraulica.

In tali aree di pericolosità idraulica il Piano ha la finalità di evitare l'incremento dei livelli di pericolo e rischio idraulico, impedire interventi pregiudizievoli per il futuro assetto idraulico del territorio, salvaguardare e disciplinare le attività antropiche, assicurare il necessario coordinamento con il quadro normativo e con gli strumenti di pianificazione e programmazione in vigore.

Inoltre, in linea con le politiche ambientali regionali, particolare attenzione è stata riservata alla promozione di interventi di riqualificazione e rinaturazione che favoriscono la riattivazione e l'avvio dei processi naturali e il ripristino degli equilibri ambientali e idrologici.

Allo scopo di individuare esclusivamente ambiti e ordini di priorità tra gli interventi di mitigazione del rischio, all'interno delle aree di pericolosità, il PSDA perimetra le aree a rischio idraulico secondo le classi definite dal D.P.C.M. del 29.09.1998.

La definizione del rischio idraulico adottata, esplicitata dalla grandezza che rappresenta la contemporanea presenza, all'interno della medesima area, di una situazione di pericolosità e di un danno potenziale, ben sintetizza il concetto di sovrapposizione tra ambiente naturale e attività antropiche, rendendo così immediata la sua rappresentazione grafica.

L'obiettivo prioritario della pianificazione regionale è quindi quello di costruire insieme al PSDA un Sistema di Supporto alle Decisioni (DSS) che risulti costantemente operativo. Nello specifico il DSS agevolerà l'avviamento e lo sviluppo di processi di governo delle aree fluviali, in modo che la Pubblica Amministrazione possa fornire risposte correlate alle variazioni dei "comportamenti" fluviali su scale spaziali e temporali variabili, anche in relazione agli effetti determinati dalle attività antropiche.

Con l'entrata in vigore del D.Lgs. n. 49 del 23 febbraio 2010, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 77 del 2 aprile 2010, è necessario porre in essere una serie di attività volte alla valutazione e gestione dei rischi di alluvione.

Ai sensi dell'art. 4 del D.Lgs. 10 dicembre 2010, n. 219, nelle more della costituzione delle Autorità di Bacino Distrettuali (di cui all'art. 63 del D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152), le Autorità di Bacino di rilievo nazionale e le Regioni, ciascuna per la parte di territorio di propria competenza, provvedono all'adempimento degli obblighi previsti dal D.Lgs. 49/2010:

- effettuare la valutazione preliminare del rischio di alluvione, fornendo una valutazione dei rischi potenziali, principalmente sulla base dei dati registrati, di analisi speditive e degli studi sugli sviluppi a lungo termine;
- individuare le zone ove possa sussistere un rischio potenziale significativo di alluvioni o si ritenga che questo si possa generare in futuro;
- predisporre, entro il 22 giugno 2013, le mappe della pericolosità da alluvione e le mappe del rischio di alluvioni che individuino le potenziali conseguenze negative derivanti da alluvioni;
- predisporre i piani di gestione per le zone ad alto rischio di alluvioni che dovranno essere ultimati e pubblicati entro il 22 dicembre 2015.

3. CARATTERIZZAZIONE GEOMORFOLOGICA ED IDROLOGICA DEI BACINI IDROGRAFICI

Il tratto stradale interessato alla progettazione corre parallelo e in stretta adiacenza al fiume Aterno, in sinistra idraulica. L'area quindi interessata allo studio geomorfologico si trova interamente in sinistra idraulica e a monte delle strada.

3.1. Analisi geomorfologica

In questa fase di progettazione esecutiva è stata inoltre affinata l'analisi geomorfologica dei bacini. In particolare sono state individuate le superfici drenanti utilizzando un software di analisi GIS ed è stato calcolato per ciascun bacino lo specifico tempo di corrivazione utilizzando la formula di Kirpich. Attraverso un software GIS sono stati individuati:

- le linee d'acqua secondarie intercettate dalla strada, in corrispondenza delle quali sono già presenti tombini di attraversamento o ne dovranno essere posati di nuovi;
- I relativi bacini idrografici;
- I bacini idrografici interposti tra i precedenti, che interesseranno la progettazione dei fossi di guardia;

Per la planimetria dei bacini idrografici individuati si rimanda all'elaborato 04.03_P00_ID00_IDR_CO01_A

In totale sono stati individuati 26 bacini idrografici che interessano la progettazione dei tombini di attraversamento e 20 bacini idrografici per il dimensionamento dei fossi di guardia a monte della strada. Di questi bacini sono state individuate le seguenti caratteristiche geomorfologiche:

- Quota s.l.m. della sezione di chiusura
- Quota s.l.m. massima;
- Quota s.l.m. media;
- Area;
- Pendenza media del bacino;
- Lunghezza della linea d'acqua;
- Pendenza media della linea d'acqua;

Di seguito è riportata una tabella con le caratteristiche geomorfologiche di ciascun bacino idrografico:

Tabella 1 – Caratteristiche geomorfologiche dei bacini idrografici

BACINI	H_min (m s.l.m.)	H_max (m s.l.m.)	H_media (m s.l.m.)	A (kmq)	A (ha)	i_bacino (m/m)	L_asta (km)	H_max asta (m s.l.m.)	i_asta (m/m)
B1	758	1253	964	0.197	19.69	0.151	1.31	1035	0.211
B2	750	878	816	0.041	4.10	0.118	0.47	810	0.128
B3	767	1346	1160	0.800	80.00	0.154	2.02	1285	0.256
B4	760	1347	1123	0.272	27.20	0.147	2.41	1305	0.226
B5	749	1318	1026	0.107	10.70	0.169	1.47	910	0.110
B6	763	966	847	0.027	2.70	0.165	0.44	870	0.243
B7	767	1251	1014	0.100	10.00	0.188	1.10	870	0.094
B8	769	1117	903	0.041	4.10	0.199	0.65	860	0.140
B9	771	1352	1177	0.599	59.90	0.155	1.72	1275	0.293
B10	764	1295	1143	0.277	27.70	0.147	1.39	1265	0.360
B11	773	1118	931	0.078	7.80	0.226	0.60	825	0.087
B12	764	1297	1138	0.577	57.70	0.161	1.91	1280	0.270
B13	774	902	841	0.018	1.80	0.205	0.26	780	0.023
B14	775	1292	1107	0.474	47.40	0.151	1.60	1230	0.284
B15	775	869	820	0.010	1.00	0.187	0.22	780	0.023
B16	777	1011	891	0.052	5.20	0.147	0.60	880	0.172
B17	776	1300	1101	0.378	37.80	0.152	1.49	1235	0.308
B18	779	1316	1083	0.394	39.40	0.152	1.40	1270	0.351
B19	777	1286	1017	0.153	15.30	0.150	1.40	975	0.141
B20	779	1038	867	0.094	9.40	0.139	0.82	875	0.117
B21	774	1289	1052	0.428	42.80	0.165	1.47	1200	0.290
B22	774	1157	937	0.134	13.40	0.165	0.91	900	0.138
B23	777	1155	915	0.057	5.70	0.158	0.89	905	0.144
B24a	777	1155	915	0.190	19.00	0.166	0.89	905	0.144
B24	785	1155	951	0.045	4.50	0.100	0.83	905	0.145
B25	784	1311	1090	0.912	91.20	0.101	2.48	1240	0.184
F1				0.007	0.70				
F2				0.006	0.60				
F3				0.009	0.90				
F4				0.028	2.80				
F5				0.004	0.40				
F6				0.003	0.30				
F7				0.014	1.40				
F8				0.004	0.40				
F9				0.004	0.40				
F10				0.029	2.90				
F11				0.002	0.20				
F12				0.008	0.80				
F13				0.001	0.10				
F14				0.014	1.40				
F15				0.001	0.10				
F16				0.067	6.70				
F17				0.013	1.30				
F18				0.012	1.20				
F19				0.017	1.70				
F20				0.007	0.70				

Con queste caratteristiche sono stati calcolati i tempi di corrivazione di ciascun bacino del primo tipo, mentre ai bacini idrografici relativi ai fossi di guardia è stato assegnato un tempo di corrivazione pari a 5 minuti, data l'impossibilità del calcolo specifico a causa della mancanza di una vera e propria linea d'acqua. In prima istanza si sono stimati i tempi di corrivazione utilizzando le più note formule presenti in letteratura, infine è stata utilizzata la formula di Kirpich, ritenuta la più cautelativa ed affidabile in

riferimento al territorio di tipo collinare/montano, caratterizzato da bacini di estensione limitata e pendenze significative.

La formula risulta essere la seguente:

$$t_c = \frac{0.066 L^{0.77}}{i^{0.385}}$$

Dove **L** è la lunghezza della linea d'acqua espressa in km ed **i** è la pendenza media del bacino idrografico espressa in valore assoluto.

Di seguito si riportano i tempi di corrivazione espressi in ore di ciascun bacino:

Tabella 2 – Tempi di corrivazione dei bacini idrografici

BACINI	Tc
B1	0.17
B2	0.08
B3	0.23
B4	0.27
B5	0.18
B6	0.07
B7	0.14
B8	0.09
B9	0.21
B10	0.18
B11	0.08
B12	0.22
B13	0.04
B14	0.20
B15	0.04
B16	0.09
B17	0.19
B18	0.18
B19	0.18
B20	0.12
B21	0.18
B22	0.12
B23	0.12
B24a	0.12
B24	0.14
B25	0.32

BACINI	Tc
F1	0.08
F2	0.08
F3	0.08
F4	0.08
F5	0.08
F6	0.08
F7	0.08
F8	0.08
F9	0.08
F10	0.08
F11	0.08
F12	0.08
F13	0.08
F14	0.08
F15	0.08
F16	0.17
F17	0.08
F18	0.08
F19	0.08
F20	0.08

3.2. Uso del suolo

Come nelle precedenti fasi di progetto e in fase di offerta tecnica di gara è stato assunto un coefficiente di deflusso pari a **0.48**.

4. AREE SOGGETTE A RISCHIO IDRAULICO

Tabella 3 – Definizioni delle classi di rischio (Tabella 2.III dell'allegato 8.1 del PSDA)

DANNO	PERICOLOSITÀ			
	Molto elevata	Elevata	Media	Moderata
Molto alto	R4	R4	R2	R2
Alto	R4	R3	R2	R1
Moderato	R2	R2	R1	R1
Basso o nullo	R1	R1	R1	R1

I comuni di Montereale e Cagnano Amiterno non rientrano, secondo l'allegato 8.1 del PSDA, nei comuni con presenza di aree di pericolosità idraulica e aree a rischio idraulico. Inoltre le aree interessate alla progettazione non risultano mappate nelle carte del rischio idraulico relative al Fiume Aterno.

5. INDIVIDUAZIONE E RACCOLTA DATI

5.1. Dati pluviometrici

Sulla base dei dati contenuti negli annali idrologici della Regione Abruzzo si è proceduto all'analisi dei dati pluviometrici della stazione di Campotosto - Diga, sita nel comune di Case Isaia (AQ) (coordinate geografiche: 42.536135N - 13.406388E, Quota s.l.m.: 1344 m). I dati reperiti sono riportati di seguito e si riferiscono a registrazioni di eventi di durata superiore e inferiore a un'ora.

In fase di progettazione definitiva e offerta di gara sono stati utilizzati dati di registrazioni pluviometriche di breve e lunga durata dall'anno 1933 all'anno 2004. In questa fase di progettazione definitiva sono stati implementati i dati da analizzare con registrazioni dall'anno 2004 all'anno 2017, relativi a piogge sia di breve che lunga durata.

Tabella 4 – Dati pluviometrici utilizzati per l'analisi idrologica

Anno	Precipitazione (mm)										
	10'	15'	20'	30'	40'	45'	1h	3h	6h	12h	24h
1933							15.00	32.00	53.60	68.80	74.60
1934							23.80	27.40	35.80	58.60	92.00
1936							28.20	41.60	52.70	80.20	104.20
1945				19.60			23.00	34.00	34.40	34.40	43.60
1947				14.80			16.00	21.00	21.20	31.00	45.00
1948				14.00			17.00	23.80	38.60	50.00	85.00
1950				13.60			15.20	19.40	22.80	26.60	37.20
1951	9.00						15.40	19.00	29.60	52.40	58.60
1952	13.60			19.20			24.20	56.40	58.40	77.00	78.40
1953					35.80		35.80	36.40	36.60	56.20	67.80
1954			14.20				32.00	33.80	34.20	53.40	53.40
1955				17.40			23.60	27.00	40.00	62.00	92.00
1957		15.00					15.00	30.00	43.00	65.00	120.00
1958			13.20				16.00	25.20	43.00	59.80	82.00
1959	15.40						30.80	35.80	41.20	79.00	123.40
1960							14.40	26.80	47.00	79.80	104.80
1961			11.00				13.80	20.20	34.00	51.00	61.20
1962			13.00				16.20	16.20	16.80	28.00	44.80
1963			15.00	16.20			23.80	31.80	31.80	56.80	88.40
1964	16.80						19.80	26.40	29.80	39.20	54.20
1965	14.40						17.00	31.60	40.60	47.40	53.00
1966	9.60						16.20	25.40	40.00	66.20	74.60
1967	17.00						21.60	22.60	38.60	67.60	97.00
1968			20.00				26.00	48.00	62.60	79.40	94.60
1969			16.00				17.80	18.80	23.60	40.60	71.00
1970	13.40						14.80	16.00	23.00	29.40	45.00
1971	9.80						18.00	19.60	19.60	26.40	51.80
1972				11.00			16.00	21.00	30.00	54.00	61.80
1973								40.60	42.60	48.20	52.40
1975	9.60						18.40	18.80	27.60	38.40	52.40
1976	12.80						21.40	27.60	31.80	58.40	67.60
1977							16.60	28.80	33.40	52.40	56.00
1979	14.60						31.20	38.40	41.80	41.80	47.80
1980				9.00			13.00	21.00	40.00	51.00	52.20
1981								17.40	23.00	30.40	38.40
1982	13.60						21.60	25.20	25.20	36.80	50.40
1984	7.40						8.80	15.60	24.40	38.60	56.20
1985		15.20					26.40	36.60	36.60	37.60	42.00
1986		16.20					19.00	26.20	43.20	68.00	117.00
1988				37.80			38.40	38.40	38.40	40.20	46.00
1989				9.40			20.00	21.80	35.00	61.60	91.80
1990				11.60			16.00	31.40	36.00	59.00	80.00
1991				17.00			21.00	30.00	45.20	50.00	55.60
1992				24.00			25.20	26.00	27.80	34.60	60.00
1994				28.00			45.00	61.60	63.40	76.20	78.40
1995				10.40			16.20	25.60	28.00	33.80	45.60
1996				12.80			17.20	22.60	34.00	40.20	75.00
1997				34.00			48.20	49.60	53.60	54.00	71.80
1998				26.40			20.80	28.40	43.20	43.20	65.00
2001				15.80			23.40	31.00	32.20	33.20	38.00
2002				15.00			17.60	27.40	34.00	65.80	115.00
2003							21.80	31.40	36.60	51.80	74.80
2004							13.40	20.60	33.00	47.20	64.20
2005		6.40		13.40		13.40	17.20	23.20	33.20	53.40	64.20
2006		20.60		33.60		41.40	53.60	73.40	73.60	73.80	82.20
2007		7.60		13.20		14.60	15.80	19.60	28.80	44.60	53.20
2008		15.20		19.60		19.60	19.60	22.00	31.60	54.60	80.40
2009		15.60		20.60		21.60	21.80	33.40	53.20	83.00	126.40
2010		6.00		9.40		10.40	10.60	24.40	41.80	46.80	69.20
2011		10.00		10.40		10.40	10.40	19.80	31.80	39.80	56.60
2012		8.00		12.80		15.20	17.60	36.00	58.40	94.20	113.00
2013		15.00		23.80		26.40	34.40	59.40	86.20	116.20	189.40
2014		7.60		10.60		14.20	15.40	22.60	35.60	44.00	54.60
2015		7.80		11.60		11.80	12.00	18.80	28.00	39.60	47.20
2016		18.40		29.00		30.20	30.40	30.40	30.40	43.60	57.60
2017		11.40		14.40		15.20	16.60	27.40	33.60	41.80	66.40

5.2. Analisi statistica dei dati pluviometrici

Per la dimensione limitata e la forte pendenza dei bacini di indagine, ubicati sul versante Est a tergo della S.S.260, è stata in questa sede eseguita l'analisi statistica delle piogge di breve durata, al fine di individuare le Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica (nel seguito LSPP), per eventi di durata inferiore a un'ora. Ciò si giustifica per il fatto che il tempo di corrivazione dei sottobacini di interesse è sempre inferiore alla mezz'ora, come desunto dai calcoli riportati precedentemente.

I dati a disposizione sono stati implementati innanzitutto calcolando i dati mancanti relativi alle durate inferiori all'ora, calcolando la media e la deviazione standard dei rapporti tra durata inferiore all'ora e durata oraria. Di questi rapporti sono stati poi esclusi i rapporti al di fuori della deviazione standard e dei rapporti rimanenti è stata calcolata la media. Tali rapporti sono riportati di seguito:

Tabella 5 – Rapporti tra le altezze di pioggia inferiori all'ora e l'altezza di pioggia oraria

	15'	30'	45'	1h
d'/d	0.57	0.83	0.96	1.00

I rapporti sono stati poi applicati alle precipitazioni orarie per ricavare le precipitazioni relative alle durate di 15, 30 e 45 minuti.

Il campione utilizzato per la successiva fase di analisi statistica è quindi il seguente:

Tabella 6 – Applicazione dei rapporti alle piogge orarie

Anno	Durata				Anno	Durata			
	15'	30'	45'	1h		15'	30'	45'	1h
1933	8.5	12.5	14.4	15.0	1980	7.4	10.8	12.4	13.0
1934	13.5	19.9	22.8	23.8	1981	7.4	10.8	12.4	13.0
1936	15.9	23.5	27.0	28.2	1982	12.2	18.0	20.7	21.6
1945	13.0	19.2	22.0	23.0	1984	5.0	7.3	8.4	8.8
1947	9.0	13.3	15.3	16.0	1985	14.9	22.0	25.3	26.4
1948	9.6	14.2	16.3	17.0	1986	10.7	15.8	18.2	19.0
1950	8.6	12.7	14.6	15.2	1988	21.7	32.0	36.8	38.4
1951	8.7	12.8	14.7	15.4	1989	11.3	16.7	19.1	20.0
1952	13.7	20.2	23.2	24.2	1990	9.0	13.3	15.3	16.0
1953	20.2	29.9	34.3	35.8	1991	11.9	17.5	20.1	21.0
1954	18.1	26.7	30.6	32.0	1992	14.2	21.0	24.1	25.2
1955	13.3	19.7	22.6	23.6	1994	25.4	37.5	43.1	45.0
1957	8.5	12.5	14.4	15.0	1995	9.2	13.5	15.5	16.2
1958	9.0	13.3	15.3	16.0	1996	9.7	14.3	16.5	17.2
1959	17.4	25.7	29.5	30.8	1997	27.3	40.2	46.1	48.2
1960	8.1	12.0	13.8	14.4	1998	11.8	17.4	19.9	20.8
1961	7.8	11.5	13.2	13.8	2001	13.2	19.5	22.4	23.4
1962	9.2	13.5	15.5	16.2	2002	10.0	14.7	16.9	17.6
1963	13.5	19.9	22.8	23.8	2003	12.3	18.2	20.9	21.8
1964	11.2	16.5	19.0	19.8	2004	7.6	11.2	12.8	13.4
1965	9.6	14.2	16.3	17.0	2005	6.4	13.4	13.4	17.2
1966	9.2	13.5	15.5	16.2	2006	20.6	33.6	41.4	53.6
1967	12.2	18.0	20.7	21.6	2007	7.6	13.2	14.6	15.8
1968	14.7	21.7	24.9	26.0	2008	15.2	19.6	19.6	19.6
1969	10.1	14.8	17.0	17.8	2009	15.6	20.6	21.6	21.8
1970	8.4	12.3	14.2	14.8	2010	6.0	9.4	10.4	10.6
1971	10.2	15.0	17.2	18.0	2011	10.0	10.4	10.4	10.4
1972	9.0	13.3	15.3	16.0	2012	8.0	12.8	15.2	17.6
1973	9.3	13.7	15.7	16.4	2013	15.0	23.8	26.4	34.4
1975	10.4	15.3	17.6	18.4	2014	7.6	10.6	14.2	15.4
1976	12.1	17.9	20.5	21.4	2015	7.8	11.6	11.8	12.0
1977	9.4	13.8	15.9	16.6	2016	18.4	29.0	30.2	30.4
1979	17.6	26.0	29.9	31.2	2017	11.4	14.4	15.2	16.6

Assumendo una distribuzione statistica di tipo Gumbel, sono stati calcolati gli spessori di pioggia per eventi di durata inferiori a un'ora e per diversi tempi di ritorno, in modo da determinare i parametri "a" ed "n" delle LSPP, come segue.

$$h = u + \alpha \left\{ -\ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right] \right\}$$

dove:

$$\alpha = \frac{\sqrt{6} s}{\pi}$$

$$u = m - 0.5772 \alpha$$

T = tempo di ritorno

m = media dei dati del campione

s = deviazione standard dei dati del campione

Successivamente, attraverso una regressione logaritmica sono stati calcolati i valori di a ed n per i tempi di ritorno di 25, 50, 100, 200 e 300 anni:

Tabella 7 – Parametri delle LSPP

TR	25	50	100	200	300
n	0.449	0.452	0.454	0.456	0.457
a	40.39	45.30	50.18	55.04	57.88

Da cui è possibile calcolare con la formula $h = a t^n$ le altezze di pioggia per diverse durate e tempi di ritorno:

Tabella 8 – Altezze di pioggia di progetto

	Altezze di pioggia [mm]					
	5'	10'	15'	30'	45'	1h
TR₂₅	13.25	18.08	21.69	29.59	35.50	40.39
TR₅₀	14.75	20.17	24.22	33.12	39.78	45.30
TR₁₀₀	16.23	22.24	26.74	36.63	44.03	50.18
TR₂₀₀	17.71	24.30	29.24	40.12	48.27	55.04
TR₃₀₀	18.58	25.51	30.71	42.16	50.75	57.88

Per completezza espositiva si riportano anche i grafici delle LSPP:

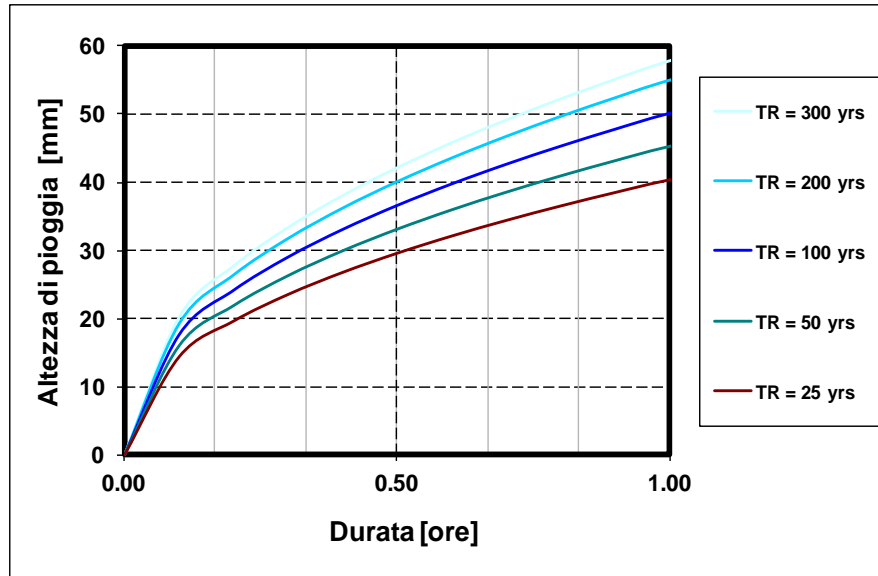


Figura 1 – Grafici delle LSP

6. PORTATE DI PROGETTO

Siccome i bacini analizzati non sono veri e propri bacini idrografici, ma limitate aree di drenaggio relative a singole linee d'acqua, per il calcolo delle portate in ciascuna sezione di chiusura si conferma l'utilizzo del metodo razionale. I valori delle massime portate di deflusso sono stimati mediante la seguente relazione:

$$Q = C i(T_r, t_c)A$$

dove:

C = coefficienti di deflusso

$i(T_r, t_c)$ = intensità media di pioggia, funzione del tempo di ritorno T_r e del tempo di corrivazione t_c

A = area del bacino idrografico

E' ora possibile stimare la massima portata di ciascun bacino, mostrate nella tabella seguente:

Tabella 9 – Portate di progetto alla sezione di chiusura di ciascun bacino idrografico

BACINI	A (kmq)	Tc (ore)	C	Q ₂₀₀ (mq/s)	Q ₁₀₀ (mq/s)	Q ₅₀ (mq/s)	Q ₂₅ (mq/s)
B1	0.197	0.168	0.48	3.81	3.49	3.16	2.84
B2	0.041	0.084	0.48	1.16	1.06	0.96	0.87
B3	0.800	0.233	0.48	12.98	11.87	10.75	9.63
B4	0.272	0.272	0.48	4.06	3.71	3.36	3.01
B5	0.107	0.176	0.48	2.02	1.85	1.68	1.50
B6	0.027	0.070	0.48	0.84	0.77	0.70	0.63
B7	0.100	0.135	0.48	2.18	2.00	1.81	1.62
B8	0.041	0.088	0.48	1.13	1.03	0.94	0.84
B9	0.599	0.205	0.48	10.40	9.51	8.62	7.73
B10	0.277	0.178	0.48	5.20	4.76	4.32	3.87
B11	0.078	0.079	0.48	2.28	2.09	1.90	1.70
B12	0.577	0.220	0.48	9.66	8.84	8.01	7.17
B13	0.018	0.043	0.48	0.73	0.67	0.61	0.55
B14	0.474	0.196	0.48	8.44	7.72	7.00	6.27
B15	0.010	0.039	0.48	0.43	0.39	0.36	0.32
B16	0.052	0.093	0.48	1.39	1.27	1.16	1.04
B17	0.378	0.185	0.48	6.94	6.35	5.76	5.16
B18	0.394	0.177	0.48	7.43	6.80	6.16	5.52
B19	0.153	0.178	0.48	2.88	2.63	2.39	2.14
B20	0.094	0.121	0.48	2.17	1.99	1.81	1.62
B21	0.428	0.178	0.48	8.05	7.36	6.68	5.98
B22	0.134	0.123	0.48	3.08	2.82	2.56	2.30
B23	0.057	0.123	0.48	1.31	1.20	1.09	0.98
B24a	0.190	0.120	0.48	4.42	4.05	3.67	3.30
B24	0.045	0.139	0.48	0.97	0.89	0.80	0.72
B25	0.912	0.321	0.48	12.42	11.35	10.27	9.19
F1	0.007	0.083	0.48	0.20	0.18	0.17	0.15
F2	0.006	0.083	0.48	0.17	0.16	0.14	0.13
F3	0.009	0.083	0.48	0.26	0.23	0.21	0.19
F4	0.028	0.083	0.48	0.79	0.73	0.66	0.59
F5	0.004	0.083	0.48	0.11	0.10	0.09	0.08
F6	0.003	0.083	0.48	0.09	0.08	0.07	0.06
F7	0.014	0.083	0.48	0.40	0.36	0.33	0.30
F8	0.004	0.083	0.48	0.11	0.10	0.09	0.08
F9	0.004	0.083	0.48	0.11	0.10	0.09	0.08
F10	0.029	0.083	0.48	0.82	0.75	0.68	0.62
F11	0.002	0.083	0.48	0.06	0.05	0.05	0.04
F12	0.008	0.083	0.48	0.23	0.21	0.19	0.17
F13	0.001	0.083	0.48	0.03	0.03	0.02	0.02
F14	0.014	0.083	0.48	0.40	0.36	0.33	0.30
F15	0.001	0.083	0.48	0.03	0.03	0.02	0.02
F16	0.067	0.167	0.48	1.30	1.19	1.08	0.97
F17	0.013	0.083	0.48	0.37	0.34	0.31	0.28
F18	0.012	0.083	0.48	0.34	0.31	0.28	0.25
F19	0.017	0.083	0.48	0.48	0.44	0.40	0.36
F20	0.007	0.083	0.48	0.20	0.18	0.17	0.15