

INDICE

1	PREMESSA.....	2
2	PIANO DI BACINO STRALCIO PER L’ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)	3
3	CURVE DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA.....	5
4	STIMA DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE.....	8
5	CALCOLO DELLE PORTATE	13
6	VERIFICHE IDRAULICHE	15

1 PREMESSA

La presente relazione si riferisce alla verifica idraulica dei fossi di guardia e delle cunette del tratto stradale della SS.106 compreso tra le progressive km 489+500 e km 491+000.

Per tale tratto stradale è stato redatto il Progetto Esecutivo dei “Lavori di razionalizzazione delle intersezioni e miglioramenti degli standard di sicurezza nel tratto della SS. 106 dal km 489+500 al km 491+000” nell’ambito del “Programma per il miglioramento della sicurezza stradale sulla rete nazionale” di cui all’articolo 15 della Legge 1 agosto 2002, n. 166.

Il progetto in questione non prevede né la modifica, né tanto meno la realizzazione di un nuovo sistema per la regimentazione delle acque meteoriche di piattaforma.

La raccolta, il collettamento e lo smaltimento delle acque meteoriche, dalla sede stradale ai recapiti finali già disponibili, avverrà utilizzando le esistenti opere idrauliche (fossi di guardia e cunette), che saranno eventualmente risistemate e/o riqualificate per garantire la loro funzionalità.

2 PIANO DI BACINO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino della Puglia (PAI) è finalizzato al miglioramento delle condizioni di regime idraulico e della stabilità geomorfologica necessario a ridurre gli attuali livelli di pericolosità e a consentire uno sviluppo sostenibile del territorio nel rispetto degli assetti naturali, della loro tendenza evolutiva e delle potenzialità d'uso.

Il PAI, ai sensi dell'articolo 17 comma 6 ter della Legge 18 maggio 1989, n. 183, ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo ricadente nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia.

All'interno del territorio di propria competenza, il PAI individua e perimetra:

- aree a pericolosità idraulica;
- aree a pericolosità geomorfologica;
- aree a rischio idrogeologico

Gli interventi ricadenti nelle aree perimetrare sopra citate sono soggetti alle prescrizioni previste dalle Norme Tecniche di Attuazione allegate al PAI.

Dopo un'attenta analisi del tracciato in progetto con la cartografia regionale si può affermare che l'intervento NON INTERFERISCE con aree assoggettate a vincolo dal Piano di Assetto Idrogeologico (PAI).

Tale circostanza è stata confermata dalla stessa Autorità di Bacino della Puglia con le note prot. 13606 del 21/11/2012 e prot. 15745 del 29/11/2013.

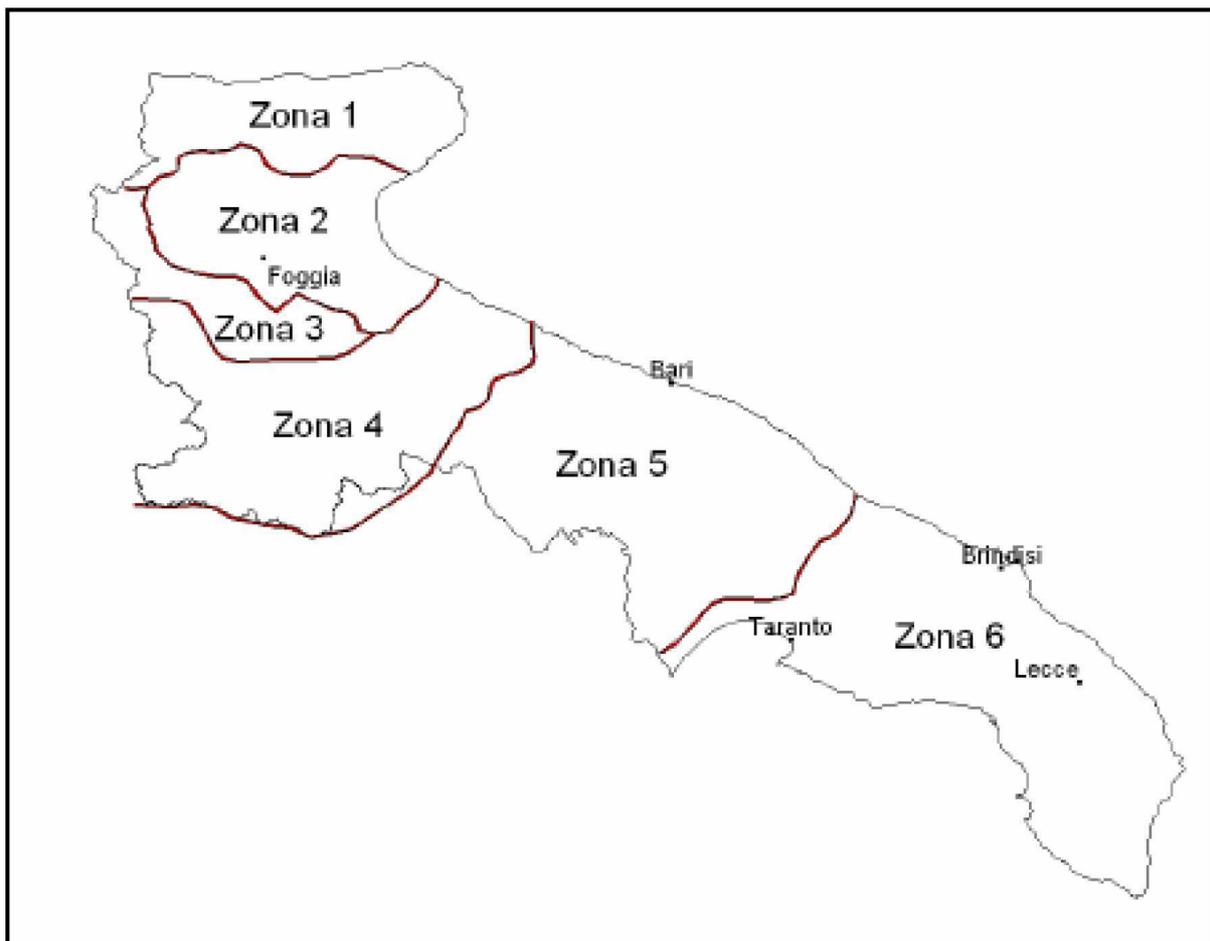


3 CURVE DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA

Per le verifiche delle portate meteoriche che affluiscono alle opere idrauliche si è fatto riferimento allo studio di Valutazione delle Piene (VAPI) a cura del Gruppo Nazionale Difesa Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche. Tale studio ha come obiettivo quello di predisporre una procedura uniforme sull'intero territorio nazionale per la valutazione delle portate di piena naturali.

Nel caso specifico della Puglia, il territorio è stato suddiviso in sottozone pluviometriche omogenee ed il territorio di Taranto, ricadente nell'area della Penisola Salentina, risulta inserito nella Zona 6.

VAPI Puglia: sottozone pluviometriche omogenee



La determinazione dell'altezza di pioggia corrispondente ad un determinato evento meteorico si ottiene avvalendosi della curva segnalatrice di probabilità pluviometrica, ovvero

una relazione tra l'altezza di pioggia “h” caduta in un intervallo di tempo di durata “d” e il tempo di ritorno T_R . La legge di probabilità pluviometrica ha una espressione del tipo:

$$m[h(d)] = a \cdot d^n$$

e definisce come varia la media del massimo annuale dell'altezza di pioggia su una fissata durata “d”, $m[h(d)]$, con la durata stessa.

In particolare per la Zona 6 la legge di probabilità pluviometrica viene generalizzata nella forma:

$$m[h(d,Z)] = a \cdot d^{n(Z)}$$

che tiene conto della variabilità di $m[h(d)]$ con la quota Z del sito in esame in cui:

$$n(Z) = (C Z + D + \text{Ln } \alpha - \text{Ln } a) / \text{Ln } 24$$

ove:

$$C = 0,0022 \quad Z = \text{quota sul mare} \quad D = 4,1223 \quad \alpha = 0,89 \quad a = 33,7$$

e quindi, per la Zona 6 si ha:

$$m[h(d,Z)] = 33,7 \cdot d^{[(0,488+0,0022 Z)/3,178]}$$

Dal valore del massimo annuale dell'altezza di pioggia su una fissata durata “d”, $m[h(d,Z)]$, si può calcolare il valore del massimo annuale dell'altezza di pioggia su una fissata durata “d”, $m[h(d,Z)]_{T_R}$, corrispondente ad un prefissato periodo di ritorno T_R in anni, attraverso la formula:

$$m[h(d,Z)]_{T_R} = m[h(d,Z)] \cdot K_T$$

ove K_T è il fattore probabilistico di crescita che, per le due Zone omogenee 5 e 6, può essere ricavato dalla seguente equazione:

$$K_T = 0,1599 + 0,5166 \text{Ln } T_R$$

I valori assunti da K_T sono riportati nella seguente tabella:

T_R (anni)	5	10	20	30	50	100
K_T	0,99	1,35	1,71	1,92	2,18	2,54

Nel presente caso, trattandosi di bacini imbriferi di limitate dimensioni, non viene applicato l'ulteriore fattore correttivo di Riduzione Areale (K_A) che dipende sia

dall'estensione dell'area interessata sia dalla durata dell'evento meteorico. La dimensione areale dei bacini in studio comporta che il relativo fattore di riduzione tenda all'unità; pertanto, a vantaggio di sicurezza, tale parametro non viene preso in considerazione nella valutazione della curva di probabilità pluviometrica.

È possibile tracciare, con le equazioni riportate in precedenza, le curve di probabilità pluviometrica secondo la distribuzione TCEV dello studio VAPI, per la zona dei lavori, che si trova a circa 20 m sul livello del mare, per tempi di ritorno di 10, 20 e 30 anni.

$$\text{Per } Z = 20 \text{ m} \rightarrow n(Z) = 0,1675$$

Si esprimono quindi le relazioni tra l'altezza massima di pioggia “m” (in millimetri) e la durata “d” (in ore), per un assegnato valore del periodo di ritorno T_R (anni):

curve di probabilità pluviometrica

$$T_R = 10 \quad m = 45,5 \cdot d^{0,1675}$$

$$T_R = 20 \quad m = 57,6 \cdot d^{0,1675}$$

$$T_R = 30 \quad m = 60,7 \cdot d^{0,1675}$$

4 STIMA DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE

Per quanto riguarda la durata della pioggia critica, è necessario stimare il tempo di corrivazione (corrispondente al tempo di pioggia critico) per i bacini in oggetto dello studio.

Causa la limitata estensione dei bacini, il tempo di corrivazione, definito come il tempo impiegato da una particella d’acqua a percorrere la distanza massima propria del bacino, sarà nell’ordine dei minuti. Il tempo di corrivazione (t_c) può essere espresso come somma di due contributi:

$$t_c = t_{\text{accesso in rete}} + t_{\text{percorrenza rete}}$$

$t_{\text{accesso in rete}}$ = il tempo impiegato dalla particella di pioggia più lontana, caduta sulla sede stradale, per raggiungere il fosso di guardia

$t_{\text{percorrenza rete}}$ = il tempo impiegato dalla particella di pioggia per la percorrenza del fosso di guardia fino al recapito finale

I tempi di corrivazione sono stati valutati utilizzando la formula suggerita nel 1971 dal Civil Engineering Department dell’Università del Maryland. In letteratura tecnica tale metodo è consigliato nel caso di cunette e fossi di guardia con superfici scolanti regolari e di limitata estensione prive di canalizzazioni, ed è espresso mediante la seguente formula:

$$(1) \quad t_c = \left[26.3 \frac{\left(\frac{L}{K_s} \right)^{0.6}}{3600^{(1-n)0.4} \cdot a^{0.4} \cdot i^{0.3}} \right]^{\frac{1}{0.6+0.4 \cdot n}}$$

dove:

t_c (secondi) tempo di corrivazione

L (m) lunghezza del percorso della particella

K_s ($m^{1/3}/s$) coefficiente di scabrezza Gauckler Strickler

a, n coefficienti della curva di probabilità pluviometrica

i (m/m) pendenza media della superficie

Esaminando il profilo longitudinale del progetto (rif. Tav. 0-14) in esame si rileva che:

- dalla sez. A001 (progressiva 0,00 m; quota di progetto 17,50 m) alla sez. A049 (progr. 700,00 m; quota di progetto 21,09 m) la strada ha una pendenza media di 0,51% in direzione Nord-Ovest, verso Reggio Calabria;
- dalla sez. A049 (progr. 700,00 m; quota di progetto 21,09 m) alla sez. A102 (progr. 1.380,00 m; quota di progetto 18,15 m) la strada ha una pendenza media di 0,43% in direzione Sud-Est, verso Taranto.

La strada ha sezioni tipo (rif. Tav. 0-21) con sagoma della piattaforma “a doppia falda” con pendenza verso l’esterno di 2,50%, pertanto nel caso in studio si possono individuare quattro bacini:

- A1: superficie della “semi-piattaforma stradale” tra le sez. A001 e A049, con senso di percorrenza in direzione Reggio Calabria;
- A2: superficie della “semi-piattaforma stradale” tra le sez. A001 e A049, con senso di percorrenza in direzione Taranto;
- B1: superficie della “semi-piattaforma stradale” tra le sez. A049 e A102, con senso di percorrenza in direzione Reggio Calabria;
- B2: superficie della “semi-piattaforma stradale” tra le sez. A049 e A130, con senso di percorrenza in direzione Taranto.

Il progetto delle opere idrauliche è illustrato nella Tav. 0-7.1 “PLANIMETRIA REGIMAZIONE IDRAULICA” e nella Tav. 0-7.2 “PARTICOLARI COSTRUTTIVI IDRAULICI”.

CALCOLO DEL TEMPO DI ACCESSO IN RETE

Per quanto riguarda il “tempo di accesso in rete” in letteratura tecnica si riscontra frequentemente il valore di 5 minuti (300 secondi).

CALCOLO DEL TEMPO DI PERCORRENZA DELLA RETE

Per quanto riguarda il **bacino A1**, partendo da monte (sez. A049) la prima opera di drenaggio delle acque di piattaforma è una cunetta rettangolare (dim. 40 x 13 cm), che

termina alla progr. 366,00 m (all'incirca in corrispondenza della sez. A026). Applicando la formula (1) si ricava:

T _R (anni)	L (m)	K _S	a/1000	n	i (m/m)	t percorrenza rete (secondi)
10	162	70 (canali in cemento)	0,0455	0,1675	0,005	332
20	162	70 (canali in cemento)	0,0576	0,1675	0,005	288
30	162	70 (canali in cemento)	0,0607	0,1675	0,005	279

La seconda opera di drenaggio è un fosso di guardia in terra con sezione trapezoidale (dim. 50+50+50 cm, h 50 cm) che termina alla progr. 170,00 m (all'incirca in corrispondenza della sez. A010). Applicando la formula (1) si ricava:

T _R (anni)	L (m)	K _S	a/1000	n	i (m/m)	t percorrenza rete (secondi)
10	200	40 (canali in terra)	0,0455	0,1675	0,005	664
20	200	40 (canali in terra)	0,0576	0,1675	0,005	576
30	200	40 (canali in terra)	0,0607	0,1675	0,005	558

La terza e ultima opera di drenaggio è cunetta rettangolare (dim. 80 x 18 cm), che termina alla progr. 0,00 m recapitando le acque di piattaforma in una cunetta esistente. Applicando la formula (1) si ricava:

T _R (anni)	L (m)	K _S	a/1000	n	i (m/m)	t percorrenza rete (secondi)
10	170	70 (canali in cemento)	0,0455	0,1675	0,005	347
20	170	70 (canali in cemento)	0,0576	0,1675	0,005	301
30	170	70 (canali in cemento)	0,0607	0,1675	0,005	292

Per quanto riguarda il **bacino A2**, l'unica opera di drenaggio delle acque di piattaforma è un fosso di guardia in terra con sezione trapezoidale (dim. 50+50+50 cm, h 50 cm). Applicando la formula (1) si ricava:

T_R (anni)	L	K_s	a/1000	n	i (m/m)	$t_{\text{percorrenza rete}}$ (secondi)
10	500	40 (canali in terra)	0,0455	0,1675	0,005	1.513
20	500	40 (canali in terra)	0,0576	0,1675	0,005	1.314
30	500	40 (canali in terra)	0,0607	0,1675	0,005	1.273

Anche per il **bacino B1**, l'unica opera di drenaggio delle acque di piattaforma è un fosso di guardia in terra con sezione trapezoidale (dim. 50+50+50 cm, h 50 cm). Applicando la formula (1) si ricava:

T_R (anni)	L	K_s	a/1000	n	i (m/m)	$t_{\text{percorrenza rete}}$ (secondi)
10	836	40 (canali in terra)	0,0455	0,1675	0,0043	2.571
20	836	40 (canali in terra)	0,0576	0,1675	0,0043	2.232
30	836	40 (canali in terra)	0,0607	0,1675	0,0043	2.163

Infine, per quanto riguarda l'ultimo **bacino B2**, l'opera di drenaggio delle acque di piattaforma è un fosso di guardia in terra con sezione trapezoidale (dim. 50+50+50 cm, h 50 cm). Applicando la formula (1) si ricava:

T_R (anni)	L	K_s	a/1000	n	i (m/m)	$t_{\text{percorrenza rete}}$ (secondi)
10	916	40 (canali in terra)	0,0455	0,1675	0,0043	2.791
20	916	40 (canali in terra)	0,0576	0,1675	0,0043	2.423
30	916	40 (canali in terra)	0,0607	0,1675	0,0043	2.348

CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE

I tempi di corrivazione dei vari bacini saranno quindi pari a:

bacino	T_R (anni)	t_c (secondi)	t_c (ore)
A1	10	$300 + 332 + 664 + 347 = 1.643$	0,46
A1	20	$300 + 288 + 576 + 300 = 1.464$	0,41
A1	30	$300 + 279 + 558 + 292 = 1.429$	0,40
A2	10	$300 + 1.513 = 1.813$	0,50
A2	20	$300 + 1.314 = 1.614$	0,45
A2	30	$300 + 1.273 = 1.573$	0,44
B1	10	$300 + 2.571 = 2.871$	0,80
B1	20	$300 + 2.232 = 2.532$	0,70
B1	30	$300 + 2.163 = 2.463$	0,68
B2	10	$300 + 2.791 = 3.091$	0,86
B2	20	$300 + 2.423 = 2.723$	0,76
B2	30	$300 + 2.348 = 2.648$	0,74

5 CALCOLO DELLE PORTATE

La portata di piena delle acque di piattaforma drenata dalle varie opere idrauliche è determinata tramite il metodo razionale, espresso con la seguente formula:

$$Q_w = \Phi \cdot S \cdot I_p$$

dove:

- Q_w (l/s) portata (di piena) meteorica drenata
- Φ coefficiente di afflusso, pari a 1,00 per le superfici impermeabili
- S (m²) area della superficie scolante
- I_p (l/s/m²) intensità della precipitazione massima prevista in funzione del tempo di corrivazione t_c per un assegnato tempo di ritorno T_R .

Dalle curve di probabilità pluviometrica, sostituendo a “d” il valore di t_c e con opportuni coefficienti di trasformazione, si ricavano i valori I_p riportati nella seguente tabella:

d (ore)	0,40	0,41	0,44	0,45	0,46	0,50	0,68	0,70	0,74	0,76	0,80	0,86	1,00	T_R (anni)
I_p [l/(s m ²)]	0,027	0,027	0,025	0,025	0,024	0,023	0,017	0,017	0,016	0,016	0,015	0,014	0,013	10
I_p [l/(s m ²)]	0,034	0,034	0,032	0,031	0,031	0,028	0,022	0,022	0,021	0,020	0,019	0,018	0,016	20
I_p [l/(s m ²)]	0,036	0,035	0,033	0,033	0,032	0,030	0,023	0,023	0,022	0,021	0,020	0,019	0,017	30

Le portate di piena che affluiranno alle opere idrauliche saranno quindi pari a:

bacino	opera	S (m ²)	T _R (anni)	t _C (ore)	I _P (l/s/m ²)	Q _W (l/s)
A1	cunetta 40x5	1.540	10	0,46	0,024	37
		1.540	20	0,41	0,034	52
		1.540	30	0,40	0,036	55
A1	f. di g.	3.120	10	0,46	0,024	75
		3.120	20	0,41	0,034	106
		3.120	30	0,40	0,036	112
A1	cunetta 80x10	1.750	10	0,46	0,024	42
		1.750	20	0,41	0,034	59
		1.750	30	0,40	0,036	61
A2	f. di g.	6.100	10	0,50	0,023	140
		6.100	20	0,45	0,31	189
		6.100	30	0,44	0,33	201
B1	f. di g.	8.480	10	0,80	0,015	127
		8.480	20	0,70	0,022	187
		8.480	30	0,68	0,023	195
B2	f. di g.	10.700	10	0,86	0,014	160
		10.700	20	0,76	0,020	214
		10.700	30	0,74	0,022	235

6 VERIFICHE IDRAULICHE

Per la verifica idraulica delle opere di drenaggio, cunette in cls e fossi di guardia in terra, si è fatto riferimento alla classica formula del moto permanente di Chezy:

$$Q_{\max} = \chi \cdot A \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

dove:

Q_{\max} portata massima transitabile nella sezione idraulica

i pendenza motrice

R raggio idraulico pari a $R = A/C$ (con A = sezione e C = contorno bagnato)

χ coefficiente di Chezy e tiene conto della scabrezza, che nel caso in esame è stata determinata la formula di Gauckler Strickler:

$$\chi = K_S \cdot R^{1/6}$$

in cui il coefficiente di scabrezza K_S assume i seguenti valori:

fosso di guardia in terra $K_S = 40$

cunetta in cls liscio $K_S = 90$

tubazione PE, PVC $K_S = 120$

La verifica consiste nel dimostrare che la portata di piena Q_w risulta inferiore alla massima portata transitabile nella sezione idraulica Q_{\max} .

I fossi di guardia in terra dei bacini A1 e A2 hanno una pendenza motrice $i = 0,0051$, pertanto sostituendo nella formula di Chezy si ricava:

h (m)	C (m)	A (m ²)	$R^{2/3}$ (m)	K_S (m ^{1/3} /s)	\sqrt{i}	Q_{\max} (m ³ /s)	Q_{\max} (l/s)
0,50	1,91	0,50	0,41	40	0,071	0,58	580

Le portate di piena, alle sezioni terminali dei tronchi sono:

$$\text{bacino A1} \quad (T_R = 30) \quad Q_W = 55 + 112 = 167 \text{ (l/s)} \quad < \quad Q_{\max} = 580 \text{ (l/s)}$$

$$\text{bacino A2} \quad (T_R = 30) \quad Q_W = 201 \text{ (l/s)} \quad < \quad Q_{\max} = 580 \text{ (l/s)}$$

Entrambe le sezioni risultano verificate anche per un tempo di ritorno di 30 anni.

Le cunette in cls del bacino A1 hanno una pendenza motrice $i = 0,0051$, pertanto sostituendo nella formula di Chezy si ricava:

h (m)	b (m)	A (m ²)	R ^{2/3} (m)	K _S (m ^{1/3} /s)	\sqrt{i}	Q _{max} (m ³ /s)	Q _{max} (l/s)
0,13	0,40	0,052	0,660	90	0,071	0,061	61
0,18	0,80	0,144	0,249	90	0,071	0,228	228

Le portate di piena, alle sezioni terminali dei tronchi delle cunette in cls sono:

$$\text{cunetta 40 x 13} \quad (T_R = 30) \quad Q_W = 61 \text{ (l/s)} \quad = \quad Q_{\max} = 61 \text{ (l/s)}$$

$$\text{cunetta 80 x 18} \quad (T_R = 30) \quad Q_W = 61 + 112 + 55 = 228 \text{ (l/s)} \quad = \quad Q_{\max} = 228 \text{ (l/s)}$$

Entrambe le sezioni risultano verificate anche per un tempo di ritorno di 30 anni.

I fossi di guardia in terra dei bacini B1 e B2 hanno una pendenza motrice $i = 0,0043$, pertanto sostituendo nella formula di Chezy si ricava:

h (m)	C (m)	A (m ²)	R ^{2/3} (m)	K _S (m ^{1/3} /s)	\sqrt{i}	Q _{max} (m ³ /s)	Q _{max} (l/s)
0,50	1,91	0,50	0,41	40	0,066	0,54	540

Le portate di piena, alle sezioni terminali dei tronchi sono:

$$\text{bacino B1} \quad (T_R = 30) \quad Q_W = 195 \text{ (l/s)} \quad < \quad Q_{\max} = 540 \text{ (l/s)}$$

$$\text{bacino B2} \quad (T_R = 30) \quad Q_W = 235 \text{ (l/s)} \quad < \quad Q_{\max} = 540 \text{ (l/s)}$$

Entrambe le sezioni risultano verificate anche per un tempo di ritorno di 30 anni.

Il progetto prevede anche delle canalizzazioni interrato (realizzate con tubazioni in PE AD diametro nominale 800, \varnothing_{int} 700 mm) per l’attraversamento delle sedi stradali.

Sono stati eseguiti i calcoli idraulici anche alle sezioni degli attraversamenti idraulicamente più significativi:

bacino	\varnothing_{int} mm	K_S ($m^{1/3}/s$)	livello riempimento	i (m/m)	Q_{max} (l/s)	Q_w (l/s)	verifica
A1	700	120	50%	0,0050	510	112	SI
A2	700	120	50%	0,0050	510	201	SI
B1	700	120	50%	0,0043	470	195	SI
B2	700	120	50%	0,0043	470	235	SI

Le condotte interrato risultano verificate anche per un tempo di ritorno di 30 anni.

IL TECNICO

(Ing. A. Caruso)

