

AUTOSTRADA (A1) : MILANO - NAPOLI

TRATTO: FIRENZE NORD - FIRENZE SUD

SVINCOLO DI SCANDICCI

ALLACCIAMENTO A1 - S.G.C. FI-PI-LI - VIABILITA' URBANA

PROGETTO DEFINITIVO

SVINCOLO DI SCANDICCI

IDROLOGIA E IDRAULICA

PARTE GENERALE

RELAZIONE IDROLOGICA E DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

IL PROGETTISTA SPECIALISTICO Ing. Paolo De Paoli Ord. Ingg. Pavia N.1739 RESPONSABILE IDRAULICA	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Michele Angelo Parrella Ord. Ingg. Avellino N. 933	IL DIRETTORE TECNICO Ing. Gianluca Salvatore Spinazzola Ord. Ingg. Milano N. 26796 TECHNICAL AUTHORITY STRADE
--	--	--

CODICE IDENTIFICATIVO											ORDINATORE 01
RIFERIMENTO PROGETTO			RIFERIMENTO DIRETTORIO				RIFERIMENTO ELABORATO				
Codice Commessa	Lotto, Sub-Prog. Cod. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	W B S	Parte d'opera	Tip.	Disciplina	Progressivo	Rev.	SCALA
119982	0000	PD	DG	IDR	GE000	00000	RI	DR	0001	- 0	

 Gruppo Autostrade per l'Italia	ENGINEER COORDINATOR:		SUPPORTO SPECIALISTICO:				REVISIONE	
	Ing. Michele Angelo Parrella Ord. Ingg. Avellino N. 933						n.	data
	REDATTO:		VERIFICATO:				0	FEBBRAIO 2021
							1	-
							2	-
						3	-	
						4	-	

VISTO DEL COMMITTENTE  IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. Furio Cruciani	VISTO DEL CONCEDENTE  Ministero delle Infrastrutture e della mobilità sostenibile <small>DIPARTIMENTO PER LA PROGRAMMAZIONE, LE INFRASTRUTTURE DI TRASPORTO A RETE E I SISTEMI INFORMATIVI</small>
---	---

**AUTOSTRADA A1 Milano- Napoli:
SVINCOLO DI SCANDICCI
Allacciamento A1 - FI-PI-LI – Viabilità urbana**

RELAZIONE IDROLOGICA E DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

Sommario

1	PREMESSA	3
2	CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE ED IDROLOGICHE GENERALI	4
2.1	IDROGRAFIA	4
2.2	IDROLOGIA	6
2.2.1	<i>Analisi delle piogge</i>	6
2.2.2	<i>Dati pluviometrici</i>	6
2.2.3	<i>Determinazione delle curve di possibilità climatica (inferenza)</i>	9
2.2.4	<i>Curva di possibilità della Regione Toscana</i>	12
2.2.5	<i>Piogge di brevissima durata</i>	13
2.2.6	<i>Metodo Razionale e tempo di corrivazione</i>	14
3	INQUADRAMENTO NORMATIVO NAZIONALE	17
4	VERIFICA DI COMPATIBILITÀ CON LA PIANIFICAZIONE IDRAULICA	21
4.1	NORMATIVA REGIONALE PREVIGENTE	21
4.2	PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI – ADBDAS	23
4.2.1	<i>Mappe di Piano: pericolosità</i>	23
4.2.2	<i>Mappe di Rischio</i>	26
4.2.3	<i>Mappe dei tiranti idrici</i>	27
4.3	LEGGE REGIONALE 41/2018	28
4.4	COMPENSO DEI VOLUMI DI ESONDAZIONE IN AREA P2	28

1 Premessa

La presente relazione idrologico-idraulica è parte del progetto definitivo del potenziamento del nodo di scambio esistente tra la A1 'Milano-Napoli' e la S.G.C. FI-PI-LI a Scandicci.

La soluzione studiata consente di collegare direttamente la strada comunale via 'del Pantano' sia con il piazzale di esazione dell'autostrada A1 che con la rampa che si immette sulla S.G.C. FI-PI-LI per la direzione Firenze. Questa nuova connessione permette di drenare una quota parte del flusso di traffico locale che attualmente va a gravare sullo svincolo di Scandicci della S.G.C. per raggiungere l'interconnessione con l'A1.

L'intervento è compreso principalmente nel Comune di Firenze e solo parzialmente nel Comune di Scandicci.

Il progetto definitivo sotto gli aspetti idrografici, idrologici ed idraulici è stato articolato secondo i seguenti argomenti principali:

- descrizione del sistema idrografico presente
- analisi del regime delle precipitazioni e dei deflussi, in termini statistico probabilistici;
- caratterizzazione della vulnerabilità del territorio con riferimento ai vincoli di tipo idraulico;
- progettazione degli interventi da attuarsi per il recupero dei volumi sottratti all'esonazione;
- definizione dei recapiti e del sistema di drenaggio delle rampe, delle viabilità e delle aree intercluse
- dimensionamento degli elementi di drenaggio, convogliamento ed attraversamento.

Nella presente relazione vengono affrontati i primi tre temi, mentre si rimanda alla relazione idraulica per quanto attiene alla progettazione del sistema di drenaggio.

2 Caratteristiche idrografiche ed idrologiche generali

Lo studio idrologico è stato condotto per descrivere le caratteristiche morfologiche dei bacini drenanti, l'analisi delle precipitazioni e dei deflussi (idrologia).

2.1 Idrografia

Il reticolo idrografico facente capo all'area oggetto di studio afferisce al fosso del Dogaione, che corre con direzione generale sud-nord e costituisce il recapito diretto dei canali minori ricadenti nell'area della viabilità esistente attuale (linea azzurra con verso di scorrimento da sud est verso nord ovest); esso riceve, più a valle, anche il sistema dei fossi dell'Autostrada A1 sul lato ovest dello svincolo attuale (linea tratteggiata arancio). Il reticolo idrografico si presenta quindi già fortemente antropizzato.

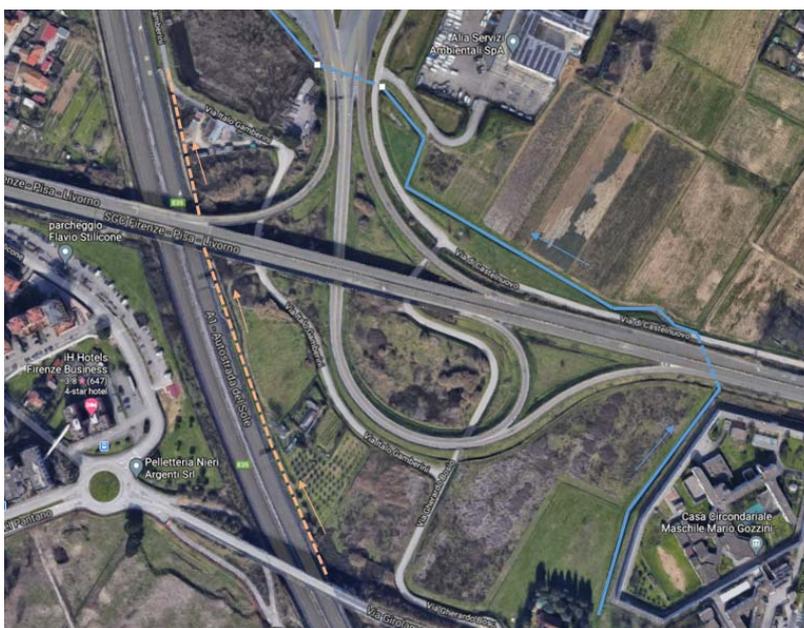


Figura 1 – reticolo idrografico nell'area di realizzazione dello svincolo

In particolare, la viabilità in attraversamento che sottopassa la Fi-Pi-Li (via Gherardo Bosio) recapita attualmente ad un sistema di sollevamento ubicato ove insiste il cerchio di colore giallo nella figura seguente (figura 2); il sollevamento ha a sua volta come ricettore ultimo il fosso del Dogaione. Anche parte delle acque incidenti sulle aree intercluse viene recapitata a tale sistema di sollevamento, attraverso un sistema di dreni che recapitano ad una condotta posta sotto via Bosio stessa. Le acque delle aree poste tra l'autostrada e la via Italo Gamberini sono attualmente intercettate dal fosso che corre longitudinalmente all'Autostrada Milano Napoli, con direzione di scorrimento verso Nord. Infine, le acque tra la rampa di allacciamento

alla Fi-Pi-Li, direzione Firenze, e la casa circondariale sono intercettate direttamente dal fosso del Dogaione.

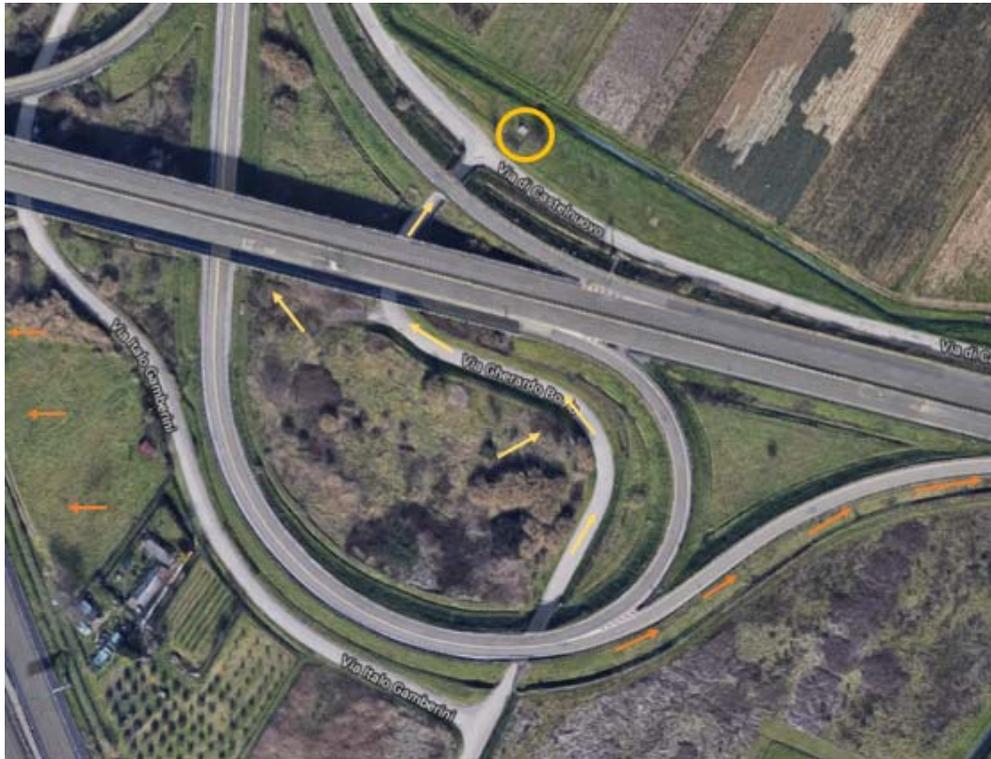


Figura 2 – direzioni di drenaggio e punti di recapito dello svincolo esistente

Le rampe dello svincolo, inoltre, pur non interferendo direttamente con il reticolo idrografico, interessano un'area soggetta ad allagamento, posta nelle vicinanze della confluenza del torrente Greve nel fiume Arno (figura 3). Questo determina l'esistenza di condizioni di pericolosità idraulica individuate dalla pianificazione di bacino relativa al rischio alluvioni (PGRA) ai sensi della Direttiva 2007/60, del D. Lgs. 49/2010 e della normativa regionale emanata in attuazione delle previsioni di Piano.

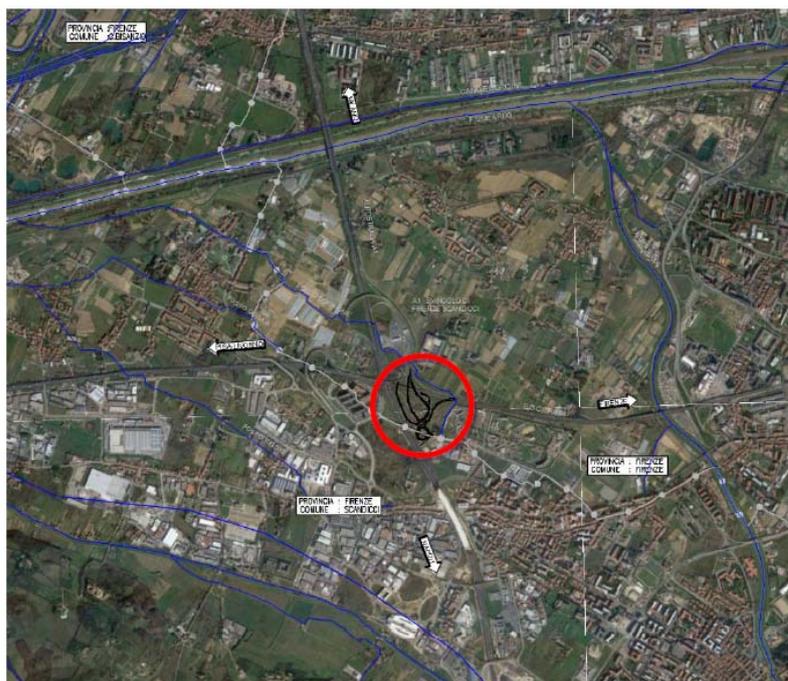


Figura 3 – localizzazione dell'intervento; ad est si nota la confluenza del torrente Greve nell'Arno

2.2 Idrologia

La verifica idrologica è stata realizzata per individuare gli eventi meteorici critici per i bacini idrografici interessati dalla realizzazione del nuovo svincolo, in modo da poter condurre il calcolo delle portate di piena aventi determinata ricorrenza statistica.

2.2.1 Analisi delle piogge

Di seguito è descritta l'analisi dei dati di pioggia e la relativa procedura di regolarizzazione ed inferenza che sono stati utilizzati per il calcolo delle portate dei corsi d'acqua minori.

2.2.2 Dati pluviometrici

L'analisi idrologica è stata effettuata definendo il regime delle piogge di breve durata e notevole intensità, considerando durate comprese tra 1 e 24 ore.

L'acquisizione dei dati pluviometrici ha considerato la stazione più limitrofa dotata di pluviometro registratore, strumento che permette di individuare le precipitazioni di massima intensità e breve durata

Per lo studio idrologico eseguito in progettazione definitiva, è stata utilizzata la stazione di *San Giusto*, per la quale si riportano nella tabella 2.1 la posizione e le caratteristiche della stazione (ID TOS01001215).

Tabella 2.1: Stazioni pluviografiche considerate in progettazione definitiva

ID	NOME
TOS01001215	S. Giusto

TOS01001215 - S. Giusto
(Stazione autom.)
Com. Scandicci (FI)
WGS84 [°] Lat 43.760 Lon 11.194
Quota staz. slm [m] 42.00
 anemometro
 barometro
 igrometro
 pluviometro

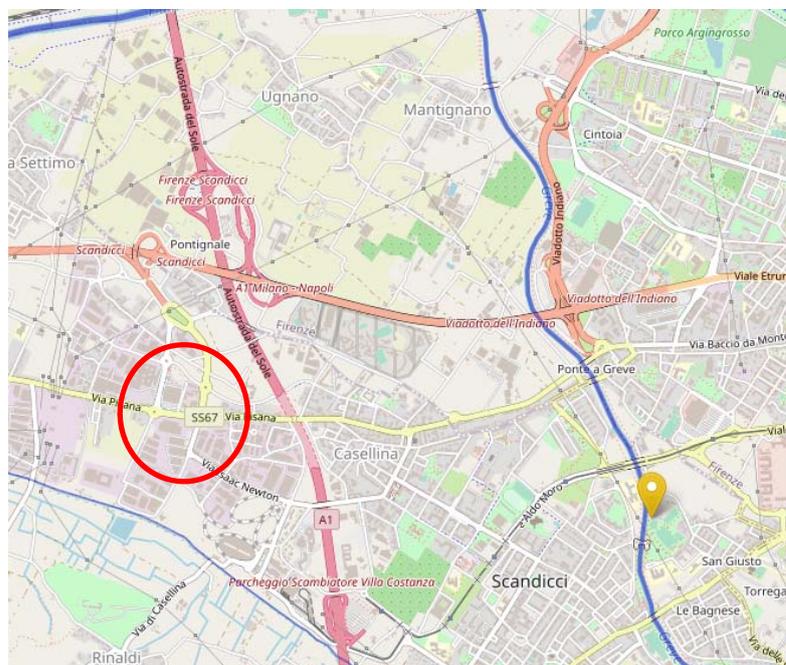


Figura 4 – Ubicazione del pluviografo registratore di San Giusto e ubicazione dell'area di intervento (cerchio rosso)

Nella pagina seguente è riportato l'elenco dei valori massimi annuali di precipitazione per le durate brevissime (da 5' a 30') e brevi (da 1 a 24 ore) registrate al medesimo pluviometro.

	5'	10'	15'	20'	30'	1h	3h	6h	12h	24h
1992			17		27.6	39.4	41	44.6	77.6	108.6
1993	7.4	12	15.4	18.6	23.2	25	33.6	40	45.2	63.8
1994		6.6		10	13.6	17.6	27	29	52.2	59.4
1995					8	12.4	23.6	33.2	33.8	37.5
1996		10.4		14.2	14.4	22.2	33.6	47.2	50.6	63.8
1997					14.6	15	20	27.4	38.4	49.6
1998					24.4	34.6	49.8	50	52.2	54.2
1999			12.2		18	26.6	40.2	56	76.6	78.2
2000			9.8		16.4	19	38.8	47.6	75	87.2
2001			13.6		24	39.4	42	42	50.4	55.4
2002			17.4		27.6	31	32.2	32.2	37.6	44.4
2003			13.8		21.4	32.6	38.8	39.8	52.2	55.4
2004			11.6		17.2	26.2	33.4	41.4	42.8	43.4
2005			17.4		29.4	44.4	65.4	71.2	71.4	71.4
2006			20		23	26	31.2	31.2	34	60.4
2007			13.6		21.8	34.8	42.6	44.4	44.6	44.8
2008			19.6		34	38.6	40.4	40.4	41.2	41.8
2009			9		15.8	19.2	19.4	31.4	42.2	49.2
2010			17.2		27.4	36	49.8	55.6	71.4	72.4
2011			6.4		9.4	16.8	26.2	38.4	45	46.2
2012			13.2		22.6	34.4	49.4	52.8	52.8	78.8
2013			18.2		22	26.8	31.8	52.8	54.2	54.2
2014			20.8		24.6	37.2	46.8	46.8	47	55.6
2015			14.6		26.8	44	52.4	52.4	52.4	52.4
2017			23.4		28.6	43.6	55.8	62.2	65.6	69.4

Tabella 2.2 – pluviografo registratore di San Giusto – dati raccolti per le durate tra 5' e 24 ore.

2.2.3 Determinazione delle curve di possibilità climatica (inferenza)

Le elaborazioni condotte sui dati raccolti sono state finalizzate all'individuazione, per ogni stazione, della curva di possibilità climatica o pluviometrica, esprimibile con la relazione:

$$h(t) = a \cdot t^n$$

in cui l'altezza di pioggia (in mm) è legata alla durata (in ore) tramite i parametri a e n, ricavati dalla serie di dati mediante elaborazione statistica.

Nello studio idrologico è stata utilizzata la distribuzione di probabilità asintotica di Gumbel per le altezze di pioggia.

Questa elaborazione è stata applicata a tutte le stazioni analizzate, con riferimento ai tempi di ritorno di 10, 25, 50, 100, 200 e 500 anni.

A ciascuna stazione pluviografica e per ciascun tempo di ritorno risulta pertanto associata una curva di possibilità climatica per eventi di pioggia di durata da 0 a 24 ore.

Descrizione della metodologia utilizzata

La metodologia utilizzata è quella che prevede il tracciamento delle *curve di caso critico*, e successivamente la caratterizzazione statistica delle altezze di pioggia oraria.

Le curve di caso critico rappresentano le massime altezze annue di precipitazione (in mm di pioggia) misurate relativamente alle durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore. Indicate con M il numero delle durate prefissate ($j = 1, 2, \dots, M$) in base al quale si intende tracciare le curve, e con N il numero degli anni di osservazione ($i = 1, 2, \dots, N$), si ottengono M serie di N valori empirici $h_i(t_j)$.

Ordinata ogni serie M in senso decrescente, si ottengono, così, M serie di N valori empirici di altezze di pioggia $h_i(t_j)$ ordinati in senso decrescente, in cui i valori contrassegnati dallo stesso indice i prendono il nome di i-esimo caso critico; le linee che uniscono i punti rappresentativi dello stesso caso critico (per M durate t_j diverse) prendono il nome di curve di caso critico delle altezze di precipitazione.

Le curve così determinate presentano un andamento irregolare che varia notevolmente da caso a caso; ai fini pratici è utile regolarizzare gli andamenti delle curve empiriche con curve analitiche interpolatrici del tipo:

$$h(t) = a t^n, \tag{1}$$

valida per le altezze di pioggia, o l'equivalente, valida per le intensità:

$$i(t) = a t^{n-1}. \tag{2}$$

Volendo regolarizzare gli andamenti dei valori empirici delle altezze di pioggia, si linearizza la (1) passando alla forma logaritmica

$$\log h(t) = n \log t + \log a. \tag{3}$$

Ponendo poi $y(x) = \log h(t)$, $x = \log t$, $\alpha = n$, $\beta = \log a$, si ottiene la forma semplificata:

$$y(x) = \alpha x + \beta, \tag{4}$$

che rappresenta l'equazione di una retta.

Per determinare, per ogni i-esimo caso critico dei valori empirici, gli i-esimi coefficienti α_i e gli i-esimi coefficienti β_i della i-esima curva interpolante:

$$y_i(x_j) = \alpha_i x_j + \beta_i, \tag{5}$$

si è utilizzato il metodo dei minimi quadrati, imponendo, cioè, che essi assumano valori tali da rendere minima, per ogni caso critico, la somma dei quadrati degli scarti tra i valori empirici (osservati) $y_i(x_j)$ ed i corrispondenti valori $y_i(x_j)$ della retta interpolante:

$$S_i = \sum_{j=1}^M [y_i(x_j) - y'_i(x_j)]^2 = \sum_{j=1}^M [\alpha_i x_j + \beta_i - y'_i(x_j)]^2 \quad (6)$$

Derivando la (6) rispetto ai coefficienti α_i e β_i , uguagliando a zero tali derivate e risolvendo il sistema delle due equazioni nelle due incognite α_i e β_i si ottiene:

$$\alpha_i = \frac{\sum_{j=1}^M (x_j - \bar{x}) y'_i(x_j)}{\sum_{j=1}^M (x_j - \bar{x})^2} \text{ e } \beta_i = \bar{y}'_i - \alpha_i \bar{x} \quad (7)$$

Dove \bar{y}'_i , \bar{x} e sono le medie, rispetto alle M durate j, dei valori empirici $y'_i(x_j)$ e dei valori x_j delle durate stesse:

$$\bar{y}'_i = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M y'_i(x_j) \text{ e } \bar{x} = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M x_j \quad (8)$$

Per ogni caso critico, determinati i coefficienti α_i , si ottengono immediatamente i coefficienti n_i , mentre per ottenere i coefficienti ai basta invertire la $\beta_i = \log a_i$.

Con questo metodo può accadere che le rette rappresentanti i casi critici si incrocino; per ovviare a tale inconveniente si è imposto a priori il parallelismo tra le rette interpolatrici, imponendo, cioè, che esse abbiano tutte lo stesso coefficiente angolare:

$$y_i(x) = \alpha x + \beta_i, \quad (9)$$

In tal caso i coefficienti β_i e l'unico valore di α possono essere determinati imponendo che essi assumano valori tali da rendere minima la somma dei quadrati degli scarti tra i valori empirici $y'_i(x_j)$ ed i corrispondenti valori $y_i(x_j)$ delle rette interpolanti, per tutti i casi critici contemporaneamente:

$$S = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M [y_i(x_j) - y'_i(x_j)]^2 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M [\alpha x_j + \beta_i - y'_i(x_j)]^2 \quad (10)$$

Derivando la (10) rispetto ai coefficienti α e β_i , uguagliando a zero tali derivate e risolvendo il sistema di due equazioni nelle incognite α e β_i si ottiene:

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (x_j - \bar{x}) y'_i(x_j)}{N \sum_{j=1}^M (x_j - \bar{x})^2} \text{ e } \beta_i = \bar{y}'_i - \alpha \bar{x} \quad (11)$$

Dove \bar{y}'_i , \bar{x} hanno lo stesso significato del caso precedente.

I valori delle altezze di pioggia per ciascun caso critico ottenuti con la metodologia precedentemente descritta sono riportati nella tabella seguente per il pluviometro di Manfredonia. La figura 3 riporta la frequenza empirica di non superamento delle altezze orarie di pioggia secondo l'espressione di Weibull. Il valore del coefficiente di crescita n con la durata è risultato pari a 0.230. Successivamente si sono inferiti i parametri della distribuzione di Gumbel

$$P[h(t)] = e^{-e^{-\alpha[h(t)-x_0]}} = e^{-e^{-\alpha_1 t^{-n} (at^n - x_{01} t^n)}} = e^{-e^{-\alpha_1 (a-x_{01})}} = P(a) \quad (12)$$

relativi alla distribuzione delle altezze orarie di pioggia, per associare a ciascun tempo di ritorno il valore del parametro a che compare nella (1) e nella (2). I parametri della distribuzione di Gumbel si stimano in funzione di media e varianza secondo le note espressioni:

$$\alpha_1 = \frac{1,2825}{\sigma_1}$$

$$x_{01} = \mu_1 - 0.45006\sigma_1$$

L'adattamento della curva di Gumbel con i dati è rappresentato nelle successive figure 5 e 6.

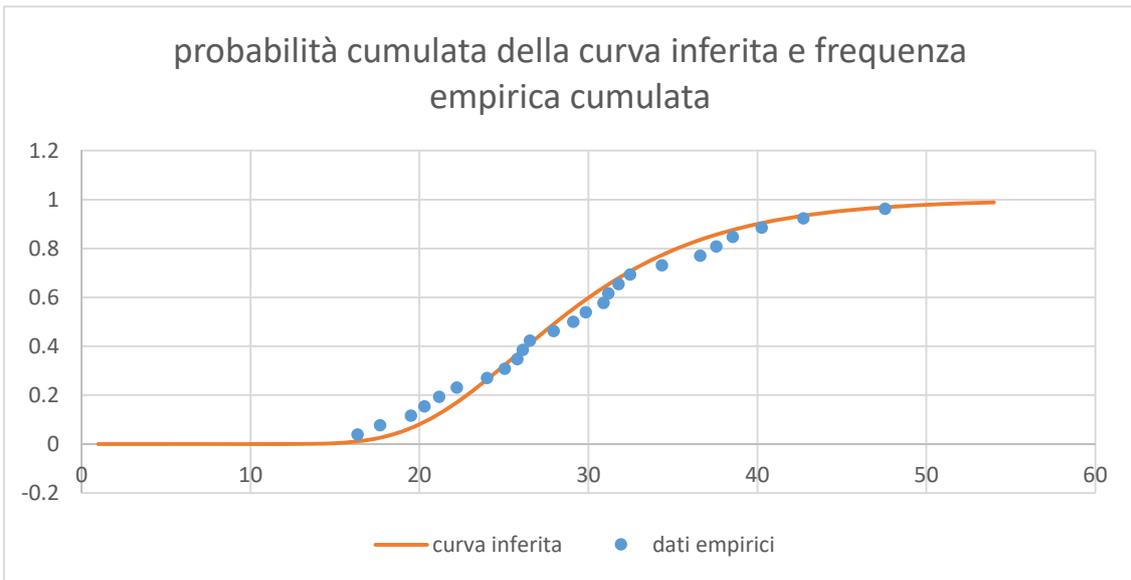


Figura 5 – Confronto tra le frequenze cumulate delle altezze di precipitazione orarie empiricamente osservate e la curva di probabilità cumulata inferita applicando il modello statistico EV-1

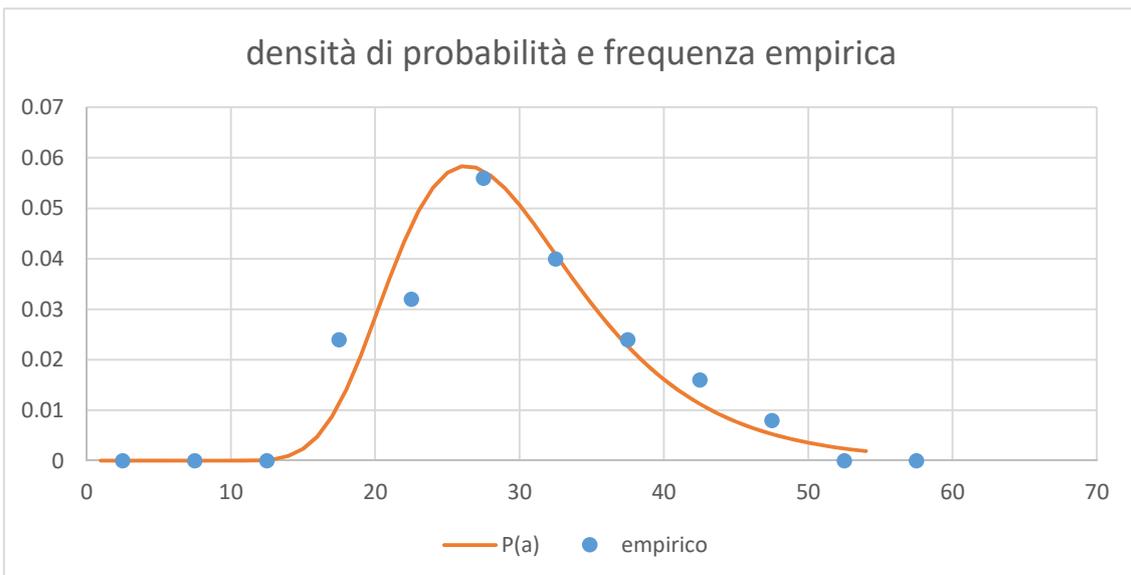


Figura 6 – Confronto tra le frequenze campionarie delle altezze di precipitazione orarie empiricamente osservate e la curva di densità di probabilità distribuita (pdf) inferita applicando il modello statistico EV-1.

Dalla regolarizzazione dei minimi quadrati per piogge di durata superiore all'ora, si ottiene un valore costante di "n" (unico per tutte le durate) pari a 0.23.

n*	curva di crescita 1-24 ore (esponente)
	0.230
Tr - tempo di ritorno in anni	a(Tr) - altezza oraria in mm/h
2	28.1
5	35.2
10	40.0
20	44.5
25	45.9
30	47.1
50	50.4
100	54.8
200	59.1
500	64.9

Tabella 2.3 – coefficiente di crescita delle precipitazioni superiori ad un'ora e valori di altezza oraria di pioggia inferiti con diversi tempi di ritorno per la stazione di San Giusto (Firenze)

2.2.4 Curva di possibilità della Regione Toscana

Il Settore Idrologico e Geologico Regionale della Regione Toscana mette a disposizione un servizio di elaborazione delle Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica (LSPP) in cui le elaborazioni effettuate vengono fornite su base georeferenziata.

Per l'area interessata dalla realizzazione dello svincolo, i valori di altezza oraria di pioggia e la curva di durata per le durate lunghe sono fornite di seguito (tabella 2.4) e rappresentati in figura 7.

dati SIR (Settore Idrologico Regione Toscana)		
ELABORAZIONI / Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica		
TR	a	n
20	46.18	0.23
30	50.3	0.241
50	55.5	0.249
100	62.73	0.259
200	70	0.266

Tabella 2.4 – caratteristiche delle curve di precipitazione per l'area dello svincolo di Scandicci

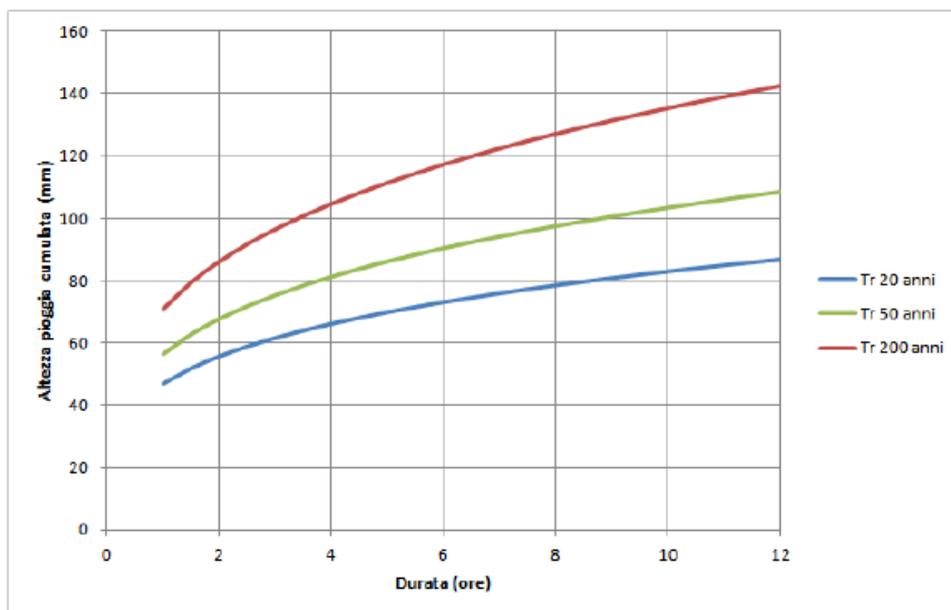


Figura 7 – andamento con la durata delle altezze di precipitazione per tempi di ritorno di 20, 50 e 200 anni.

Prendendo a riferimento i valori per TR= 30 anni, si osserva che i valori di altezza di pioggia oraria ottenuti dall’analisi dei dati del Settore Idrologico e Geologico Regionale della Regione Toscana sono leggermente più cautelativi rispetto all’inferenza diretta delle piogge ottenute al pluviografo di San Giusto.

Per quanto riguarda le precipitazioni orarie, inoltre, si sono utilizzate nei successivi calcoli le altezze ottenute dal SIR Toscana, a favore di sicurezza; inoltre, è stato usato il valore di altezza di precipitazione di 30 anni in luogo di quello corrispondente ad un tempo di ritorno di 25 anni.

2.2.5 Piogge di brevissima durata

Poiché per piogge di breve durata la quantità di osservazioni (inferiori a 1 ora) è piuttosto sparsa (vi sono solo dati relativi a 15’ e 30’), si è fatto riferimento ai valori osservati al pluviografo registratore di Milano Monviso (manuale di progettazione Hoepli) per la riduzione delle altezze di pioggia oraria alle durate inferiori. Tali valori sono superiori a quelli di Roma Macao, e per tale ragione sono stati impiegati nella presente stima.

applicazione dei coefficienti di riduzione di Milano Monviso

<i>R (coefficiente di riduzione)</i>	0.13	0.18	0.229	0.272	0.322	0.489	0.601	0.811	0.913	1
Durata (h)	0.02	0.03	0.05	0.07	0.08	0.17	0.25	0.50	0.75	1.00
Durata (min)	1	2	3	4	5	10	15	30	45	60
h in mm (Tr=30anni)	7	9	12	14	16	25	30	41	46	50
i (mm/h, TR=30 anni)	392	272	230	205	194	148	121	82	61	50
h in mm (Tr=50anni)	7	10	13	15	18	27	33	45	51	56
i (mm/h, TR= 50 anni)	433	300	254	226	214	163	133	90	68	56
h in mm (TR=100 anni)	8	11	14	17	20	31	38	51	57	63
i (mm/h, TR= 100 anni)	489	339	287	256	242	184	151	102	76	63
h in mm(TR=200 anni)	9	13	16	19	23	34	42	57	64	70
i (mm/h, TR= 200 anni)	546	378	321	286	270	205	168	114	85	70

Tabella 2.5 – Riduzione delle altezze di pioggia oraria per durate inferiori ad un’ora (coefficiente del pluviografo di Milano Monviso)

Nella tabella seguente si riportano, perciò i parametri “a” ed “n” delle curve di possibilità pluviometrica adottati tempi di ritorno di 30, 50, 100 e 200 anni e per durate inferiori ad un’ora, ottenute per interpolazione delle precedenti altezze.

Tempo di ritorno	Altezza oraria di pioggia (mm)	Esponente della curva di durata
30	50	0,52
50	56	0,52
100	63	0,52
200	70	0,52

Tabella 2.6 – Riduzione delle altezze di pioggia oraria per durate inferiori ad un’ora (coefficiente del pluviografo di Milano Monviso)

2.2.6 Metodo Razionale e tempo di corrivazione

Per la determinazione delle portate in corrispondenza delle opere di drenaggio, convogliamento ed attraversamento si è fatto riferimento al metodo razionale, procedimento particolarmente semplice ed efficace per calcolare la portata al colmo di piena Q con un tempo di ritorno T assegnato alla sezione di chiusura di un bacino.

Il metodo si fonda sull'utilizzo della curva di possibilità climatica della pioggia ragguagliata e sulle seguenti ipotesi:

- la portata al colmo di piena Q con assegnato tempo di ritorno è la maggiore, tra le portate al colmo di tutti gli eventi di piena a intensità costante ricavati dalla curva di possibilità climatica con tempo di ritorno T;
- a parità di tempo di ritorno, la portata al colmo maggiore è prodotta dall'evento la cui durata è identica al tempo di corrivazione;

- la portata al colmo dell'evento di piena causato da una precipitazione ragguagliata rappresentata da un ietogramma a intensità costante di durata t_c è proporzionale al prodotto fra l'intensità di pioggia ragguagliata i_r e l'area del bacino A.

La portata al colmo sarà quindi data dalla relazione:

$$Q = \frac{\phi \cdot i(t_c, T) \cdot A}{3.6}$$

Dove:

- i è l'intensità di pioggia, calcolata tramite la curva di possibilità climatica, che è funzione del tempo di corrivazione t_c e del tempo di ritorno T;
- A è la superficie del bacino in Km²;
- ϕ è il coefficiente di deflusso che tiene conto delle caratteristiche geomorfologiche del bacino; nel caso in esame è stato posto pari a 1 per le superfici impermeabili e pari a 0,5 per le superfici permeabili.

Per quanto riguarda il tempo di corrivazione è stato scelto in primo luogo di utilizzare la formula di Ventura data la scarsa estensione dei bacini considerati.

$$t_c = 0.1272 \cdot \sqrt{\frac{A}{i_m}}$$

Dove:

- A è la superficie del bacino
- i_m è la pendenza media del corso d'acqua principale

Tuttavia, poiché le aree dei bacini afferenti ai diversi fossi e tombini sono minime (con valori di calcolo inferiori a 15 minuti), nella pratica si è sempre adottato il valore minimo pari a 15'.

Di seguito si riportano le caratteristiche dei bacini in esame ed il relativo tempo di corrivazione calcolato secondo la formulazione sopra esposta; una suddivisione di dettaglio delle aree afferenti a ciascun fosso (e ai relativi tombini di collegamento) è riportata nella relazione relativa al sistema di drenaggio.

Nome tombino	Area	Lunghezza	H _{max}	H _{min}	Tempo di concentrazione Ventura	Tempo conc. adottato	Q 30
	[m ²]	[km]	[m]	[m]	[h]	[h]	[m ³ /s]
TB001 IN002	15423	0.15	40	34	0.09	0.25	0.47
TB002 RS002	2258	0.14	38	34	0.04	0.25	0.07
TB001 RS001	4071	0.18	38	34	0.06	0.25	0.12
TB003 RS002	1042	0.12	37	34	0.03	0.25	0.03
TB004 RS003	3307	0.25	40	35	0.05	0.25	0.10
TB006 RS005	4116	0.10	39	34	0.04	0.25	0.12

<i>Nome tombino</i>	<i>Area</i>	<i>Lunghezza</i>	<i>H_{max}</i>	<i>H_{min}</i>	<i>Tempo di concentrazione Ventura</i>	<i>Tempo conc. adottato</i>	<i>Q 30</i>
	[m ²]	[km]	[m]	[m]	[h]	[h]	[m ³ /s]
TB005 RS005	7428	0.10	38	35	0.06	0.25	0.22
TB008 RS006	4133	0.12	38	34	0.05	0.25	0.13
TB009 RS008	1873	0.28	36	34	0.07	0.25	0.06
TB007 RS006	2632	0.10	40	34	0.05	0.25	0.08

Tabella 2.7 – caratteristiche dei bacini afferenti ai tombini, stima del tempo di concentrazione e della portata

3 Inquadramento normativo nazionale

In questo capitolo vengono descritti i principali riferimenti normativi a scala nazionale, al fine di fornire un quadro esaustivo della normativa vigente nel campo idrologico-idraulico, ambientale, di difesa del suolo e per la realizzazione di nuove opere, in modo da verificare la compatibilità degli interventi previsti con le prescrizioni dei suddetti strumenti di legge.

Di seguito vengono riportate le principali leggi nazionali in materia ambientale e di difesa del suolo, accompagnate da un breve stralcio descrittivo.

RD 25/07/1904 n° 523

Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie.

Regio Decreto Legislativo 30/12/1923, n° 3267

Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani.

La legge introduce il vincolo idrogeologico. Essa dispone in particolare le distanze minime delle opere di nuova edificazione dai rilevati arginali.

DPR 15/01/1972 n° 8

Trasferimento alle Regioni a statuto ordinario delle funzioni amministrative statali in materia di urbanistica e di viabilità, acquedotti e lavori pubblici di interesse regionale e dei relativi personali ed uffici.

L. 64/74

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

L. 319/76 (Legge Merli)

Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento.

La legge sancisce l'obbligo per le Regioni di elaborare il Piano di risanamento delle acque.

DPR 24/7/1977 n° 616

Trasferimento delle funzioni statali alle Regioni

L. 431/85 (Legge Galasso)

Conversione in legge con modificazioni del decreto legge 27 giugno 1985, n. 312 concernente disposizioni urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale.

L. 183/89

Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo.

Scopo della legge è la difesa del suolo, il risanamento delle acque, la fruizione e la gestione del patrimonio idrico per gli usi di razionale sviluppo economico e sociale, la tutela degli aspetti ambientali ad essi connessi (art. 1 comma 1).

Vengono inoltre individuate le attività di pianificazione, di programmazione e di attuazione (art. 3); vengono istituiti il Comitato Nazionale per la difesa del suolo (art. 6) e l'Autorità di Bacino (art. 12).

Vengono individuati i bacini idrografici di rilievo nazionale, interregionale e regionale (artt. 13, 14, 15, 16) e date le prime indicazioni per la redazione dei Piani di Bacino (artt. 17, 18, 19).

L. 142/90

Ordinamento delle autonomie locali.

DL 04-12-1993 n° 496

Disposizioni urgenti sulla riorganizzazione dei controlli ambientali e istituzione della Agenzia nazionale per la protezione dell'ambiente. (Convertito con modificazioni dalla L. 61/94).

L. 36/94 (Legge Galli)

Disposizioni in materia di risorse idriche.

DPR 14/4/94

Atto di indirizzo e coordinamento in ordine alle procedure ed ai criteri per la delimitazione dei bacini idrografici di rilievo nazionale ed interregionale, di cui alla legge 18 maggio 1989, N. 183.

DPR 18/7/95

Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento concernente i criteri per la redazione dei Piani di Bacino.

DPCM 4/3/96

Disposizioni in materia di risorse idriche (direttive di attuazione della Legge Galli).

Decreto Legislativo 31/3/1998, n° 112

Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed agli enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59

DPCM 29/9/98

Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1989, N. 180.

Il decreto indica i criteri di individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico (punto 2) e gli indirizzi per la definizione delle norme di salvaguardia (punto 3).

L. 267/98 (Legge Sarno)

Conversione in legge del DL 180/98 recante misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella Regione Campania.

La legge impone alle Autorità di Bacino nazionali e interregionali la redazione dei Piani Stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico e le misure di prevenzione per le aree a rischio (art. 1).

DL 152/99

Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole.

DL 258/00

Disposizioni correttive e integrative del DL 152/99.

L. 365/00 (Legge Soverato)

Conversione in legge del DL 279/00 recante interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato ed in materia di protezione civile, nonché a favore delle zone della Regione Calabria danneggiate dalle calamità di settembre e ottobre 2000.

La legge individua gli interventi per le aree a rischio idrogeologico e in materia di protezione civile (art. 1); individua la procedura per l'adozione dei progetti di Piano Stralcio (art. 1-bis); prevede un'attività straordinaria di polizia idraulica e di controllo sul territorio (art. 2).

Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152

Tale decreto ha riorganizzato le Autorità di bacino introducendo i distretti idrografici. Disciplina, in attuazione della legge 15 dicembre 2004, n. 308, la difesa del suolo e la lotta alla desertificazione, la tutela delle acque dall'inquinamento e la gestione delle risorse idriche. Modifica ed integra il DL 152/99.

Si riportano inoltre gli estremi di alcune leggi riguardanti la progettazione e la verifica dei ponti stradali:

L. 532/1904

Testo unico sulle opere idrauliche. Criteri generali e prescrizioni tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo dei ponti stradali

D. Min. LL.PP 4 maggio 1990

Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo dei ponti stradali.

“Quando il ponte interessa un corso d'acqua naturale o artificiale, il progetto dovrà essere corredato da una relazione riguardante i problemi idrologici, idrografici ed idraulici relativi alle scelte progettuali, alla costruzione e all'esercizio del ponte.

L'ampiezza e l'approfondimento della relazione e delle indagini che ne costituiscono la base saranno commisurati all'importanza del problema e al grado di elaborazione del progetto.

Una cura particolare è da dedicare, in ogni caso, al problema delle escavazioni dell'alveo ed alla protezione delle fondazioni delle pile e delle spalle.

La trattazione dei citati problemi dovrà avvenire nel rispetto del testo unico 25 luglio 1904, n. 523 e successivi aggiornamenti." (Criteri generali e prescrizioni tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo dei ponti stradali – par. 2.4)

D.Lgs. 49/2010

Recepisce per l'Italia le prescrizioni contenute nella cosiddetta Direttiva Alluvioni (Direttiva 2007/60/CE)

Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni 2018 (decreto 17 gennaio 2018)

Il paragrafo 5.1.2 di tale DM contiene prescrizioni generali relative alla verifica di "Compatibilità idraulica" delle opere d'arte.

Circolare n 7/2019 relativa alle NTC 2018

Contiene prescrizioni e linee guida relative all'applicazione delle NTC 2018

4 Verifica di compatibilità con la pianificazione idraulica

4.1 Normativa regionale previgente

L'area di interesse ricade interamente all'interno dei confini amministrativi della Regione Toscana. Si riporta una breve sintesi del quadro normativo vigente in materia di vincoli idraulici sul territorio della Regione.

Il quadro legislativo storico è costituito dal T.U. sulle OO.PP. di cui al R.D. 25/7/1904 n.523 in cui le opere idrauliche sono il centro di tutto il sistema di difesa idraulica e vengono divise in cinque categorie. Nel tempo sono state modificate le varie competenze idrauliche dei vari organismi (Provveditorato alle OO.PP. per la Toscana, Ufficio Regionale Tutela del Territorio, Provincia, Consorzi di Bonifica) all'interno di tale classificazione, che non viene riportata nel presente studio, la Regione Toscana con delibera in data 13 dicembre 1993 ha sospeso temporaneamente le trasformazioni di destinazione d'uso e le costruzioni su aree interessate da inondazioni o ristagni nel 1991 - 1992 - 1993, ai sensi dell'art.6 della L.R. 31/12/1984, n° 74 prevedendosi in una seconda fase (Del. C.R. n° 90 dell'8 marzo 1994) la sospensione del rilascio di autorizzazioni e concessioni edilizie in prossimità dei corsi d'acqua.

Successivamente con la Delibera 21/6/1994, n° 230 "Provvedimenti sul rischio idraulico" ed aggiornata con delibera C.R.T. n.12/2000, il Consiglio Regionale della Toscana ha definito fasce proporzionali alla larghezza dei corsi d'acqua nelle quali è sospesa l'edificazione, chiedendo ai singoli Comuni di esprimersi dopo opportune indagini al fine di mitigare con fasce definite da un punto di vista più consono, geomorfologico - storico, penalizzazioni indotte da un criterio puramente geometrico.

L'**Autorità di Bacino del fiume Arno** ha redatto ai sensi della legge 183/89 il "**Piano di Bacino del Fiume Arno stralcio Rischio idraulico**" approvato con DPCM del 5 novembre 1999 e pubblicato sulla G.U. n. 226 del 22/12/1999. Tale Piano prevede una serie di vincoli e prescrizioni per la riduzione del rischio idraulico nel Bacino dell'Arno (che verranno analizzati nei successivi paragrafi).

In data 11 novembre 2004 il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino ha definitivamente adottato il Piano di bacino del Fiume Arno, Stralcio Assetto Idrogeologico (P.A.I.). La normativa è entrata in vigore con D.P.C.M. del 6 maggio 2005 "Approvazione del Piano di Bacino del Fiume Arno, stralcio assetto idrogeologico" pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 230 del 3/10/2005.

Nelle aree P.I.4, P.I.3, P.F.4, P.F.3 così come individuate nella cartografia di Piano si applicano le misure di salvaguardia riportate negli articoli 8-9-10 e 11 della delibera del Comitato Istituzionale n. 85 dell'11 novembre 2004 e della delibera del Comitato Istituzionale n. 187 del 15 febbraio 2005.

Legge Regionale n. 79/2012

Nuova disciplina in materia di Consorzi di Bonifica. Modifica alla L.R. 69/2008 e alla L.R. 91/1998. Abrogazione della L.R. 34/1997.

Con Delibera n. 101 del 21/12/2016 il Consiglio Regionale ha approvato il secondo aggiornamento del reticolo idrografico e di gestione, previsto dalla normativa regionale ai fini della difesa del suolo e della manutenzione dei corsi d'acqua da parte dei Consorzi di Bonifica.

Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale

Il 17 febbraio 2017 entra in vigore il decreto del Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare n. 294 del 25 ottobre 2016 (pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 27 del 2 febbraio 2017) in materia di **Autorità di bacino distrettuali**.

Tale decreto, ai sensi dell'art. 63 comma 3 del d.lgs. 152/2006, dà avvio alla riforma distrettuale ed è finalizzato a disciplinare le modalità e i criteri per il trasferimento del personale e delle risorse strumentali e finanziarie dalle vecchie Autorità di bacino alla nuova Autorità distrettuale. Dal 17 febbraio 2017 risultano soppresse, per espressa disposizione di legge (rif. art. 51 comma 4 della legge n. 221/2015), tutte le Autorità di bacino di cui alla legge 183/1989 e quindi anche l'Autorità di bacino del fiume Arno, sostituita dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale.

A tal riguardo, il decreto ministeriale all'art. 12 contiene importanti disposizioni, volte a garantire la continuità delle funzioni tecniche e amministrative delle soppresse Autorità di bacino, nelle more del completamento della riforma e del perfezionamento del d.p.c.m., previsto all'art. 63 comma 4 del d.lgs. 152/2006, con il quale si darà l'avvio operativo ai nuovi enti.

Il nuovo impianto organizzativo che scaturisce dalla legge n. 221/2015 e dal decreto n. 294 razionalizza e semplifica le competenze del settore, con l'esercizio da parte di un solo ente – l'Autorità di bacino distrettuale – delle funzioni di predisposizione del Piano di bacino distrettuale e dei relativi stralci, tra cui il **Piano di Gestione delle Acque** e il **Piano di Gestione del Rischio Alluvioni**, a livello di distretto idrografico.

Legge Regionale n. 41/2018

Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n.49. Modifiche alla L.R. 80/2015 e L.R.65/2014. **abroga**

la legge regionale 21 maggio 2012, nr. 21 (Disposizioni urgenti in materia di difesa dal rischio idraulico e tutela dei corsi d'acqua).

4.2 Piano di gestione del Rischio Alluvioni – AdBDAS

In accordo con quanto previsto dalla Direttiva 2007/60/CE e dal D.Lgs. 49/2010, l'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale nell'ambito delle attività del II ciclo di pianificazione dei PGRA ha predisposto:

- La definizione delle Aree a Potenziale Rischio Significativo di Alluvione (APSR)
- L'aggiornamento delle mappe di rischio
- È in fase di aggiornamento anche il Piano di gestione, la cui redazione sarà completata nel Dicembre 2021.

4.2.1 Mappe di Piano: pericolosità

Le mappe di piano dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale sono state adottate con delibera del 20/12/2019.

Esse rappresentano un aggiornamento delle mappe già prodotte nel corso del I ciclo di pianificazione del PGRA

La Direttiva Alluvioni stabilisce che le mappe di pericolosità mostrino l'area geografica che può essere inondata in corrispondenza di tre diversi scenari di probabilità:

- a) scarsa probabilità o scenari di eventi estremi
- b) media probabilità di alluvioni (tempo di ritorno ≥ 100 anni)
- c) elevata probabilità di alluvioni, se opportuno

In corrispondenza di ciascuno scenario le Autorità di Bacino Distrettuali devono fornire le informazioni sull'estensione delle alluvioni e sulla profondità o livello delle acque e dove opportuno sulle velocità del flusso o sulle portate.

Alle Autorità di Bacino è, dunque, consentita una flessibilità nell'assegnazione dei valori di probabilità d'inondazione ai diversi scenari. A tale proposito il DLgs 49/2010, attuativo della Direttiva Alluvioni, stabilisce che siano da considerarsi scenari di elevata probabilità o alluvioni frequenti quelli corrispondenti a tempi di ritorno fra 20 e 50 anni (ad es., per lo scenario c = Tr

≤ 30 anni), mentre sono da considerarsi scenari di probabilità media o alluvioni poco frequenti quelli corrispondenti a tempi di ritorno fra 100 e 200 anni (ad es., per lo scenario b = $Tr \leq 200$ anni). Ne consegue che siano da considerarsi scenari di scarsa probabilità o scenari di eventi estremi, quelli corrispondenti a tempi di ritorno superiori a 200 anni (ad es., per lo scenario a = $Tr \leq 500$ anni).

L'estensione delle alluvioni va intesa come l'intera superficie che sarebbe ricoperta d'acqua in caso di occorrenza di un determinato scenario (quindi non escludendo l'alveo fluviale).

Nella relazione metodologica allegata a tale delibera, vengono indicate le modalità di definizione delle aree allagabili:

- attraverso modelli 1D
- attraverso modelli 1D in alveo e quasi 2D in golena (per involucro dei battenti)
- attraverso criteri morfologici e storico-inventariali ove non sono stati applicati i modelli di cui ai due punti precedenti.

Le mappe di pericolosità contenute nel PGRA sono state emesse nel secondo Ciclo dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale e suddividono il territorio in funzione della probabilità di accadimento di fenomeni alluvionali con i seguenti riferimenti:

- P1 alluvioni rare (bassa probabilità di accadimento): tempo di ritorno superiore a 200 anni.
- P2 alluvioni poco frequenti (media probabilità di accadimento): tempo di ritorno compreso tra 30 e 200 anni.
- P3 alluvioni frequenti (elevata probabilità di accadimento): tempo di ritorno fino a 30 anni.

Esse sono rappresentate in figura 8 e mostrano che

- l'area oggetto di intervento non è interessata dallo scenario di alluvioni molto frequenti o HPH (High probability hazard);

- l'area oggetto di intervento è interessata dagli scenari di alluvioni mediamente frequenti o MPH (medium probability hazard), rappresentato sotto dalla campitura in azzurro e dagli scenari di alluvioni poco frequenti o LPH (low probability hazard), rappresentato in figura 8 in magenta.

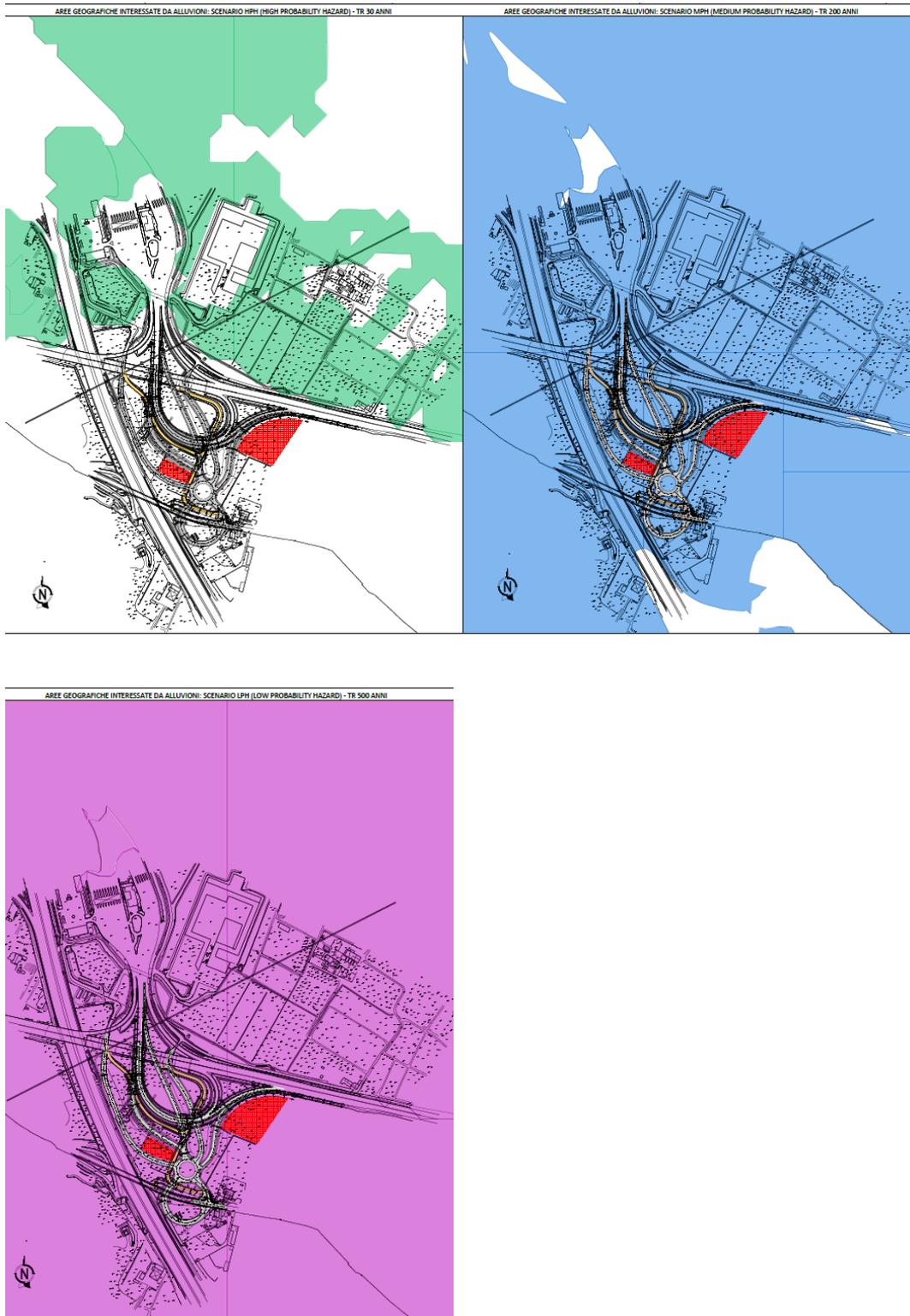


Figura 8 – Scenari di elevata pericolosità (tempo di ritorno di 30 anni), media pericolosità (tempo di ritorno di 200 anni), bassa pericolosità di alluvione (tempo di ritorno di 500 anni)

4.2.2 Mappe di Rischio

La classificazione del rischio è stata effettuata nei PGRA sulla base dell'art 2 del DPCM 29 settembre 1998 (4 classi di rischio); in particolare, le mappe del rischio idraulico prevedono le seguenti suddivisioni del rischio sul territorio:

- Rischio moderato (R1): danni sociali, economici e al patrimonio ambientale solo marginali
- Rischio medio (R2): danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche
- Rischio elevato (R3): possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture, interruzione di funzionalità socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale
- Rischio molto elevato (R4): possibili perdita di vite umane o lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edificio, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, distruzione di attività socio-economiche

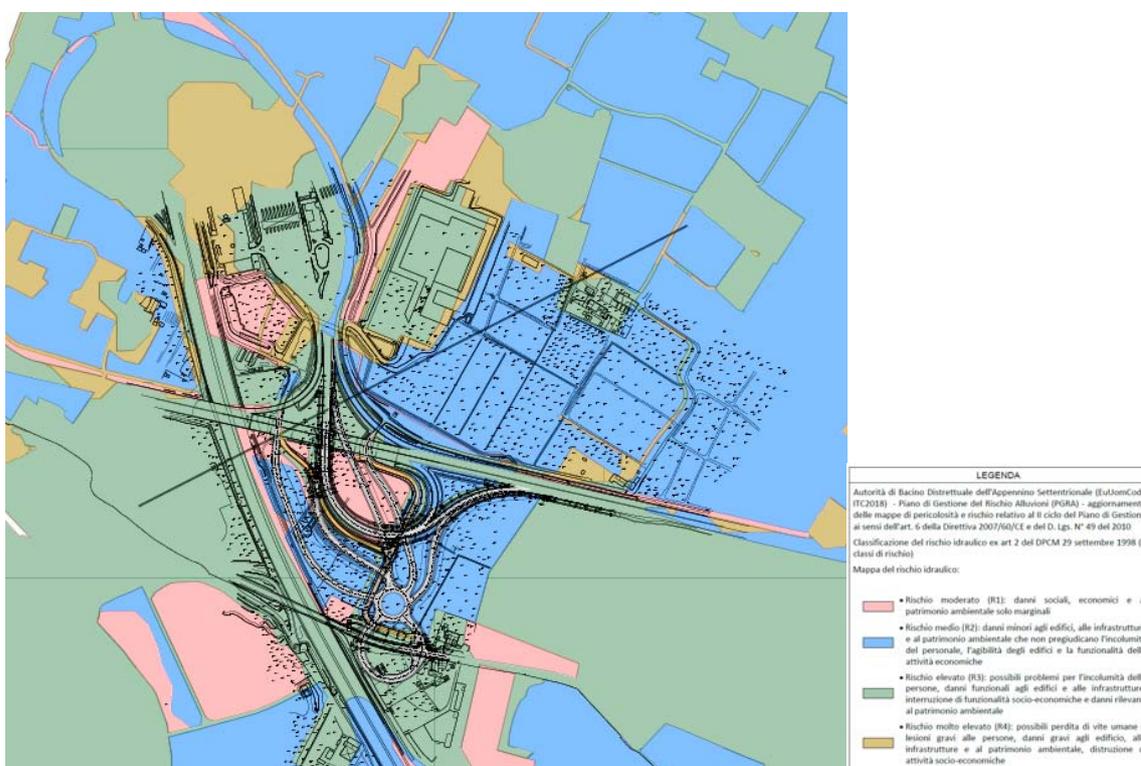


Figura 9 – Definizione del rischio idraulico

La presenza di infrastrutture determina per lo scenario con tempo di ritorno di 200 anni (MPH) un moderato grado di rischio (R1) in alcune aree intercluse e un medio grado di rischio (R2) sulle rampe.

4.2.3 Mappe dei tiranti idrici

La mappa dei tiranti idrici contenuta nell'aggiornamento delle mappe di pericolosità e rischio del II ciclo del Piano di Gestione è stata redatta ai sensi dell'art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e del D. Lgs. N° 49 del 2010. Sono presenti due scenari:

- Mappa dei tiranti (profondità delle acque) per gli scenari di elevata probabilità o HPH (*high probability hazard* - Tempo di ritorno di 30 anni) - tale mappa, non essendo allagata, non riporta il valore del tirante sull'area
- Mappa dei tiranti (profondità delle acque) per gli scenari di media probabilità di accadimento o MPH (*medium probability hazard* - TR= 200 anni), per o quali la rappresentazione e la relativa leggenda sono indicati nella successiva figura10

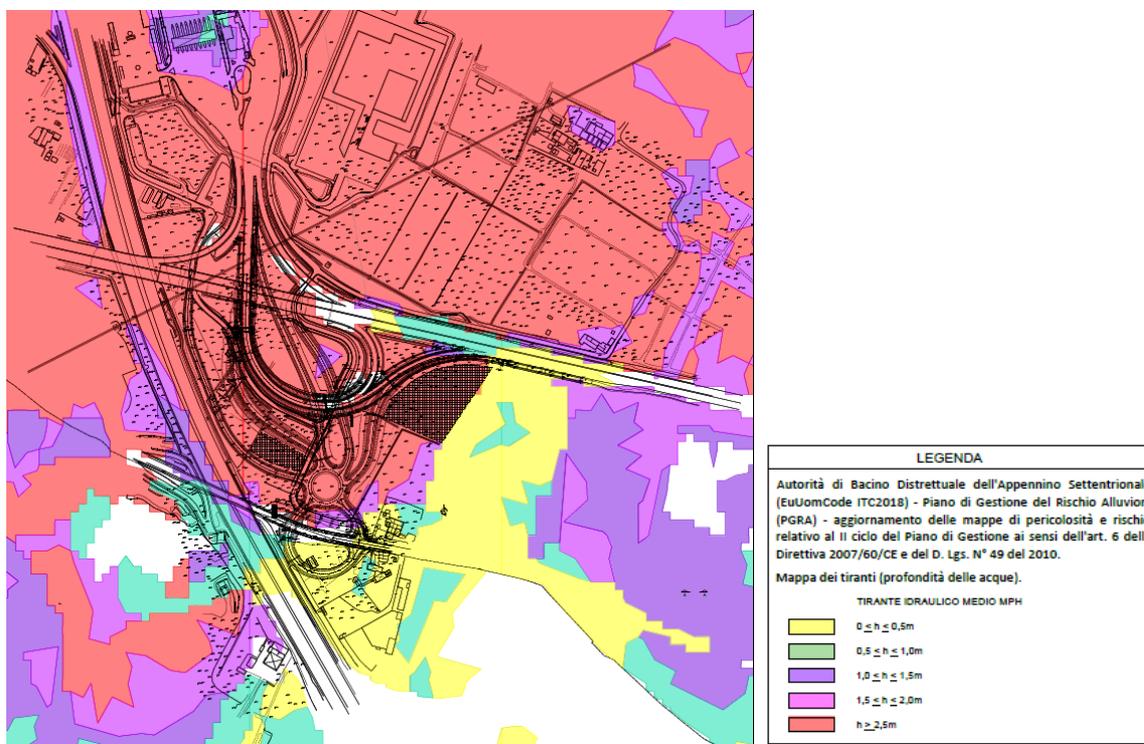


Figura 10 – Valori dei tiranti idraulici attesi

4.3 Legge regionale 41/2018

La legge regionale della Toscana n°41/2018 del 14 luglio 2018 contiene “Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d’acqua in attuazione Sito del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 (Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni)” e modifica la legislazione previgente, in particolare le leggi regionali 80 del 2015 e 65 del 2014.

Dal punto di vista della condizione per l’infrastruttura di progetto, la Norma fa ricadere la realizzazione dello svincolo nell’art. 13 comma 3:

“L’adeguamento e l’ampliamento di infrastrutture a sviluppo lineare esistenti e delle relative pertinenze può essere realizzato nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, che non sia superato il rischio medio R2 e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l’utilizzo in caso di eventi alluvionali”.

Inoltre, vale quanto indicato nel successivo comma 6 data la presenza di sottopassi viari:

“Nelle aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, possono essere realizzati sottopassi, solo se non diversamente localizzabili, a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, che non sia superato il rischio medio R2 e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l’utilizzo in caso di eventi alluvionali.”

Non risulta invece pertinente l’applicazione dell’articolo 14 in quanto il fosso del Dogaione non appare provvisto di arginature.

4.4 Compenso dei volumi di esondazione in area P2

Come indicato nel paragrafo precedente, l’articolo 13 della Legge Regionale 41/2018 prevede che le “ che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, che non sia superato il rischio medio R2 e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l’utilizzo in caso di eventi alluvionali.”

In tal senso, si è valutato il possibile aggravio delle condizioni idrauliche determinate dalla realizzazione del nuovo intervento in termini di due indicatori significativi: (1) la riduzione del volume utile all’esondazione e (2) l’incremento dei volumi di deflusso meteorico.

Sono stati quindi valutati i seguenti due termini:

- il volume di laminazione sottratto dall'inserimento delle nuove rampe (a sua volta determinato come la differenza tra i nuovi volumi di progetto presenti in area di esondazione e il volume presente nella configurazione attuale);
- il volume di precipitazione aggiuntiva contribuente alla piena, dovuta alla mancata infiltrazione nel terreno nelle aree di nuova impermeabilizzazione.

Per la valutazione dei volumi sottratti all'esondazione si sono valutati i tiranti forniti dal Distretto dell'Appennino Settentrionale relativi alla profondità delle acque per lo scenario di media pericolosità. Nel complesso la valutazione dei due termini sopra descritti conduce a stimare un volume di piena da compensare pari a circa 12500 m³, come emerge dal seguente calcolo:

- volumi di nuova realizzazione: V1 31368 m³
- volumi già impegnati da opere ricadenti in area P2: V2 19552 m³
- volumetria complessiva aggiuntiva realizzata in area P2: V3= V1-V2 =11816 m³

il dettaglio del calcolo dei volumi è riportato nelle seguenti tabelle:

	classe del tirante (mappe del battente idrico, PGRA II ciclo AdB Distrettuale Appennino Settentrionale)	tirante massimo valutato	altezza media del rilevato	altezza limitante (tirante/altezza del rilevato)	Area della superficie impermeabilizzata	Lunghezza	Volume sottratto parte impermeabile	volume sottratto rilevati	volume totale
		m	m	m	m ²	m	m ³	m ³	m ³
RS01	h5	2.5	3.18	2.5	2079	285	5198	2538	7736
RS02	h5	2.5	3.37	2.5	3018	279	7545	2485	10030
RS03	h5	2.5	5.53	2.5	493	73	1233	650	1883
RS04	h5	2.5	5.40	2.5	1044	153	2610	1363	3973
RS05	h5	2.5	2.53	2.5	1472	170	3680	1514	5194
RS06	h1	0.4	0.20	0.2	1290	121	258	7	265
RS07	h1	0.5	1.90	0.5	331	85	166	32	197
RS08	h5	2.5	0.00	0	2339	341	0	0	0
ROT1	h1	0.5	2.13	0.5	1038	156	519	59	578

IN01	h5	2.5	0.00	0.1	1545	218	155	3	158
IN02	h5	2.5	0.50	0.5	2450	350	1225	131	1356
TOTALE					17099		22587	8781	31368

Tabella 2.8 - volumi realizzati nelle condizioni post operam

	classe del tirante (mappe del battente idrico, PGRA II ciclo AdB Distrettuale Appennino)	tirante massimo valutato	altezza media del rilevato	altezza limitante (tirante/altezza del rilevato)	Area della superficie impermeabilizzata	Lunghezza	Volume sottratto parte impermeabile	volume sottratto rilevati	volume totale
		m	m	m	m ²	m	m ³	m ³	m ³
via Italo Gamberini	h5	2.5	0.5	0.5	1654	272	827	102	929
via Gherardo Bosio	h5	2.5	0.5	0.5	2535	452	1267	169	1437
rampa svincolo esistente	h5	2.5	4.93	2.5	3235	279	8087	2615	10703
rampe di innesto su FI-PI	h5	2.5	3.13	2.5	1745	226	4364	2118	6483
					9169				19552

Tabella 2.9 - volumi già presenti nelle condizioni ante operam

Per quanto riguarda la variazione di volume dovuto alla ridotta capacità di infiltrazione, si è proceduto come segue.

Dalle precedenti tabelle, si evince che l'area complessivamente urbanizzata è pari a 7929 m²; considerando un evento di piena con tempo caratteristico di 24 ore, l'altezza di pioggia con tempo di ritorno di 200 anni è pari a 173 mm. Assunto nelle condizioni ante operam un CN pari a 65 e nelle condizioni post operam, in via cautelativa, un CN pari a 98, la variazione di altezza di pioggia non infiltrata è pari a 76 mm, cui corrisponde un incremento di volume di 702 m³.

Il volume complessivamente sottratto all'inondazione è quindi pari a circa 12500 m³.

La compensazione di questo volume sottratto è stata operata andando a ricavare un volume aggiuntivo in area di esondazione, per un totale di circa 13000 m³, realizzato tramite lo scavo di alcune aree intercluse poste in particolare: tra la rampa A (RS01) e la viabilità B (IN02); tra la rampa B (RS02) e la rampa H (RS08); tra la viabilità B (IN02) e l'autostrada Roma Milano, lato est; in adiacenza alla rampa E (RS05).

Nel complesso, la realizzazione del potenziamento dello svincolo di Scandicci secondo le modalità e gli accorgimenti previsti:

- assicura il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, non determinando una riduzione dei volumi di esondazione;
- non modifica la pericolosità né il rischio idraulico nell'area di realizzazione, rimanendo quindi il rischio di grado medio (R2).
- Al fine di regolare l'utilizzo delle rampe di svincolo da parte degli utenti in caso di alluvione, il gestore dovrà prevedere l'installazione di strumenti di monitoraggio in continuo dei livelli in particolare nei punti più depressi delle rampe IN001 e RS008, al fine di poter monitorare le condizioni di rischio effettivo in tempo reale, stabilire dei meccanismi progressivi di allerta per l'utenza e provvedere in caso di necessità alla chiusura dello svincolo stesso, in funzione dei livelli misurati.