



# Comune di Fano

Provincia di Pesaro Urbino

SETTORE 5° LAVORI PUBBLICI  
U.O.C. COORDINAMENTO E PROGRAMMAZIONE LAVORI PUBBLICI

## LAVORI DI REALIZZAZIONE DELLA CICLOVIA ADRIATICA III STRALCIO DALL'HOTEL PLAYA AL FIUME METAURO

CUP E31B21000950001



### PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA

GEN 9-1-A  
RELAZIONE IDROLOGICA  
E IDRAULICA



#### Progettisti:

Arch. Irene Esposito  
Arch. Enrico Guaitoli Panini

**ASSESSORE ALLA QUALITÀ URBANA, MOBILITÀ  
SOSTENIBILE E INNOVAZIONI TECNOLOGICHE**  
Dott.ssa Fabiola Tonelli

#### Collaboratori:

Paes. Giulia Mazzali  
Arch. Eleonora Vaccari  
Paes. Ilaria Rinaldi  
Dott. Bruno Mine

**RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO**  
Dott. Ing. Federico Fabbri  
*Dirigente Settore V - Lavori Pubblici*

**Ingegnere idraulico**  
Marco Monaci

**ASSISTENTE AL RUP**  
Urb. Pia M. A. Miccoli  
*Coordinatrice del progetto Pinqua Metaurilia*

**COORDINATRICE MOBILITÀ SOSTENIBILE**  
Arch. Paola Stolfa

CODICE

GEN 9-1

REVISIONE

A

FORMATO

A4

DATA

Luglio 2022

## SOMMARIO

<b>SOMMARIO .....</b>	<b>1</b>
<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>VALUTAZIONE DELLA INVARIANZA IDRAULICA DEL PROGETTO DI CICLOVIA.....</b>	<b>4</b>
<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>4</b>
<b>AREA DI INDAGINE .....</b>	<b>5</b>
<b>INQUADRAMENTO NORMATIVO.....</b>	<b>7</b>
<b>INQUADRAMENTO IDROLOGICO-IDRAULICO.....</b>	<b>10</b>
<i>DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO.....</i>	<i>10</i>
<i>DESCRIZIONE DELLO STATO DI PROGETTO .....</i>	<i>10</i>
<b>ANALISI IDROLOGICA .....</b>	<b>14</b>
<i>METODO DI GUMBEL.....</i>	<i>15</i>
<i>TEST DI PEARSON .....</i>	<i>18</i>
<b>CALCOLO DEI VOLUMI DA RENDERE DISPONIBILI PER LA LAMINAZIONE.....</b>	<b>20</b>
<i>Vasca P1 (Tratto Pista 1) .....</i>	<i>25</i>
<i>Vasca P2 (Tratto Pista 2) .....</i>	<i>29</i>
<i>Vasca P3 (Tratto Pista 3) .....</i>	<i>32</i>
<i>Vasca P4 (Tratto Pista 4) .....</i>	<i>35</i>
<i>Vasca P5 (Tratto Pista 5) .....</i>	<i>38</i>
<i>Vasca P6 (Tratto Pista 6) .....</i>	<i>41</i>
<i>Vasca P7 (Tratto Pista 7) .....</i>	<i>43</i>
<i>Vasca P8 (Tratto Pista 8) .....</i>	<i>46</i>
<i>Vasca P9-10 (Tratto Pista 9-10).....</i>	<i>49</i>
<i>Vasca A1 (Accesso 1).....</i>	<i>53</i>
<i>Vasca A2 (Accesso 2).....</i>	<i>56</i>
<i>Vasca A3 (Accesso 3).....</i>	<i>59</i>
<i>Vasca A4 (Accesso 4).....</i>	<i>62</i>
<b>INDIVIDUAZIONE DEGLI SCARICHI A MARE.....</b>	<b>65</b>
<b>ANALISI DELL'INTERAZIONE TRA LE VASCHE DI LAMINAZIONE E LE SCOLINE DI DRENAGGIO DELL'AREA AGRICOLA.....</b>	<b>66</b>
<b>VALUTAZIONE DELLA COMPATIBILITÀ IDRAULICA DEL PROGETTO DI CICLOVIA.....</b>	<b>68</b>
<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>68</b>

<b>INQUADRAMENTO NORMATIVO.....</b>	<b>69</b>
<b>ANALISI DELLE PREVISIONI DEL PAI E DEL PGRA.....</b>	<b>71</b>
<i>IDROLOGIA</i> .....	71
<i>PAI</i> .....	72
<i>PGRA</i> .....	73
<b>INDIVIDUAZIONE DELLE MISURE PER LA MITIGAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA.....</b>	<b>75</b>
<b>VOLUMI DELLE VASCHE AI FINI DELL'INVARIANZA IDRAULICA E DELLA COMPATIBILITÀ IDRAULICA.....</b>	<b>79</b>
<b>LINEE DI INTERVENTO PER LA GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE NELL'AREA COMPRESA TRA LA SS16 E LA FERROVIA.....</b>	<b>80</b>
<b>AREA DI INDAGINE .....</b>	<b>80</b>
<b>LE PROBLEMATICHE DI GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE NELL'AREA DI INTERESSE .....</b>	<b>81</b>
<b>LINEE DI INTERVENTO PER LA GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE .....</b>	<b>82</b>
<b>NECESSITÀ DI STUDI DI APPROFONDIMENTO .....</b>	<b>83</b>
<b>VALUTAZIONI MODELLISTICHE PRELIMINARI PER INDIRIZZARE I FUTURI APPROFONDIMENTI.....</b>	<b>84</b>

## PREMESSA

Il presente documento costituisce la **relazione idrologica e idraulica** a corredo del “Progetto di fattibilità tecnico ed economica” inerente “Lavori di realizzazione della Ciclovia Adriatica III Stralcio dall'Hotel Playa al fiume Metauro”.

La relazione è organizzata in tre capitoli:

- Valutazione della invarianza idraulica del progetto di ciclovia;
- Valutazione della compatibilità idraulica del progetto di ciclovia;
- Linee di intervento per la gestione delle acque meteoriche nell'area compresa tra la SS16 e la ferrovia.

La definizione della metodologia di lavoro e la sua successiva applicazione sono state accompagnate da una serie di riunioni di confronto realizzate con Genio Civile Fano, Comune di Fano e RFI.

## VALUTAZIONE DELLA INVARIANZA IDRAULICA DEL PROGETTO DI CICLOVIA

### INTRODUZIONE

Il progetto di ciclovia modifica lo stato dei territori dal punto di vista della loro risposta idraulica agli eventi meteorici e richiede pertanto di individuare le soluzioni atte a garantire l'invarianza idraulica dell'intervento, alla luce di quanto previsto dalle norme in essere sul territorio regionale.

La valutazione dell'invarianza idraulica qui presentata consta dei seguenti punti:

- Individuazione dell'area di indagine;
- Inquadramento idrologico-idraulico dell'intervento;
- Analisi idrologica delle precipitazioni;
- Calcolo dei volumi da rendere disponibili per la laminazione;
- Individuazione degli scarichi a mare;
- Analisi dell'interazione tra le vasche di laminazione e le scoline di drenaggio dell'area agricola.

## AREA DI INDAGINE

L'area di indagine del presente studio comprende il sedime della ciclovia in progetto dall'Hotel Playa al fiume Metauro, nonché le vie di accesso al suddetto tracciato e le aree destinate a parcheggio per le auto (Figura 1).

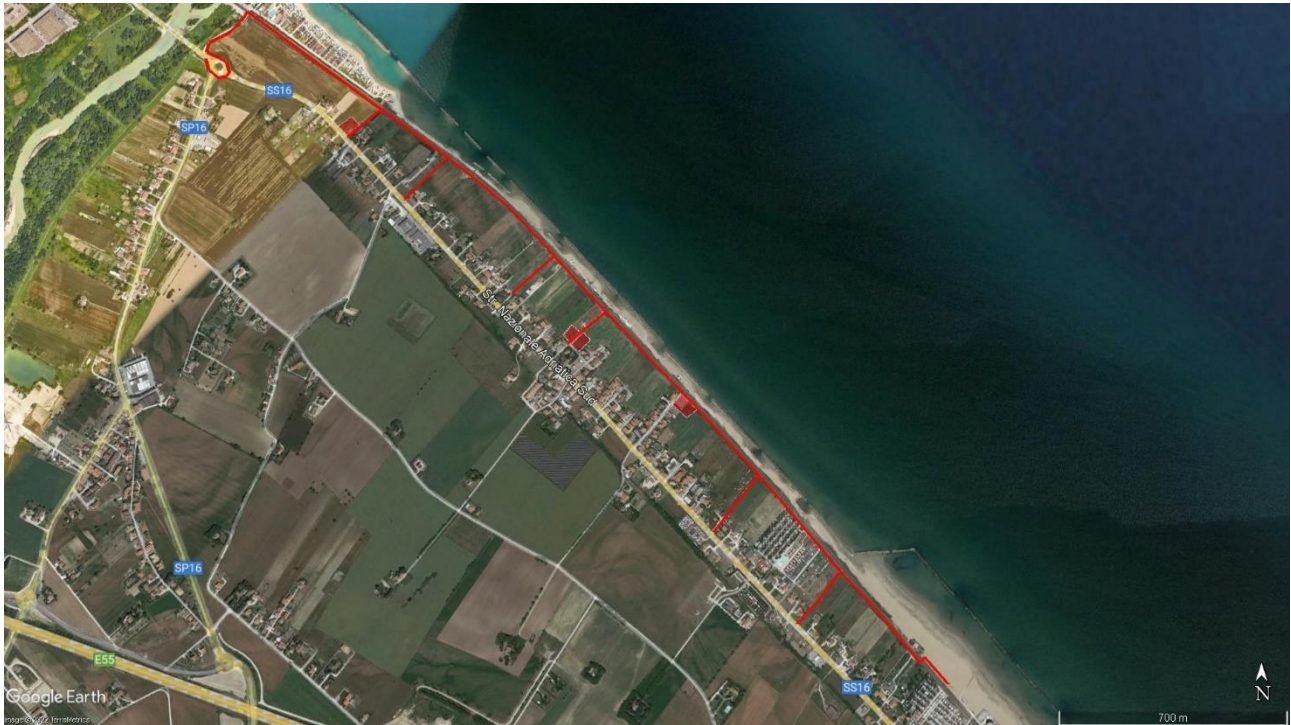


Figura 1 – Area di indagine (in rosso il sedime della pista e i parcheggi) (Fonte: Google Earth)

Ai fini della valutazione dell'invarianza idraulica dell'intervento, sono state considerate le sole opere che modificano, decrementandola, la permeabilità del terreno (Figura 2 e Figura 3):

- pista;
- piazzole di sosta;
- parcheggi;
- strade di nuova realizzazione;
- strade esistenti in ghiaia da asfaltare;
- sottopassi.

Sono state invece escluse dalle valutazioni idrauliche le porzioni di opera la cui permeabilità viene mantenuta invariata rispetto allo stato attuale:

- superfici che rimangono a verde;
- fossi esistenti;
- superfici già attualmente impermeabilizzate (strade).

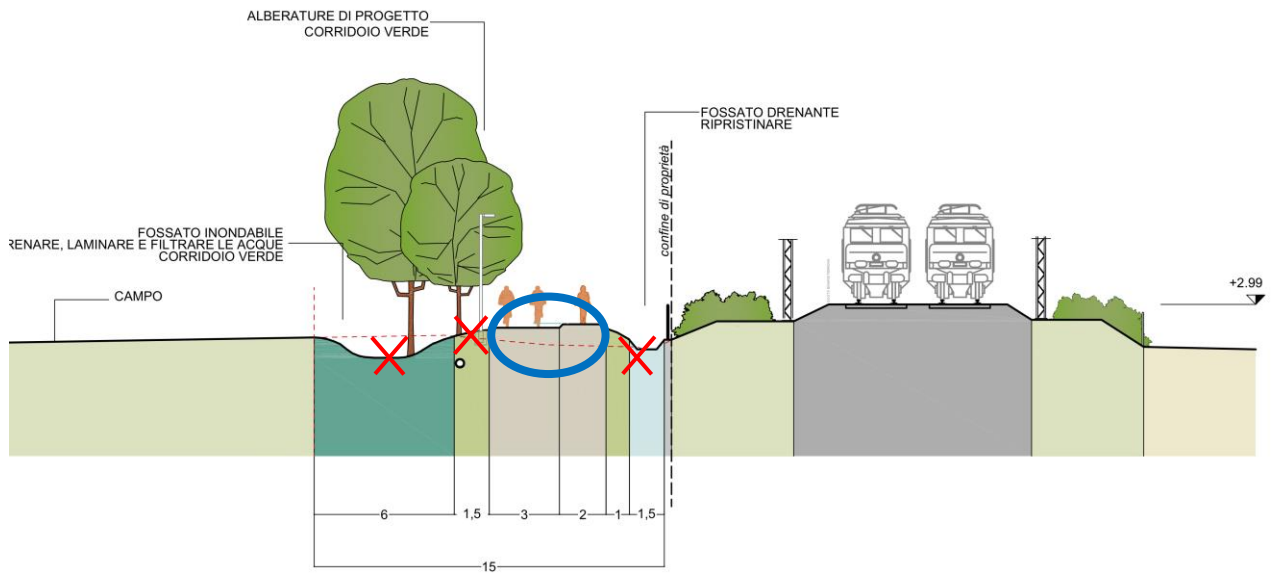


Figura 2 – Sezione di progetto tipologica. In blu, le superfici oggetto della valutazione di compatibilità idraulica, in rosso le superfici escluse dalla suddetta valutazione.

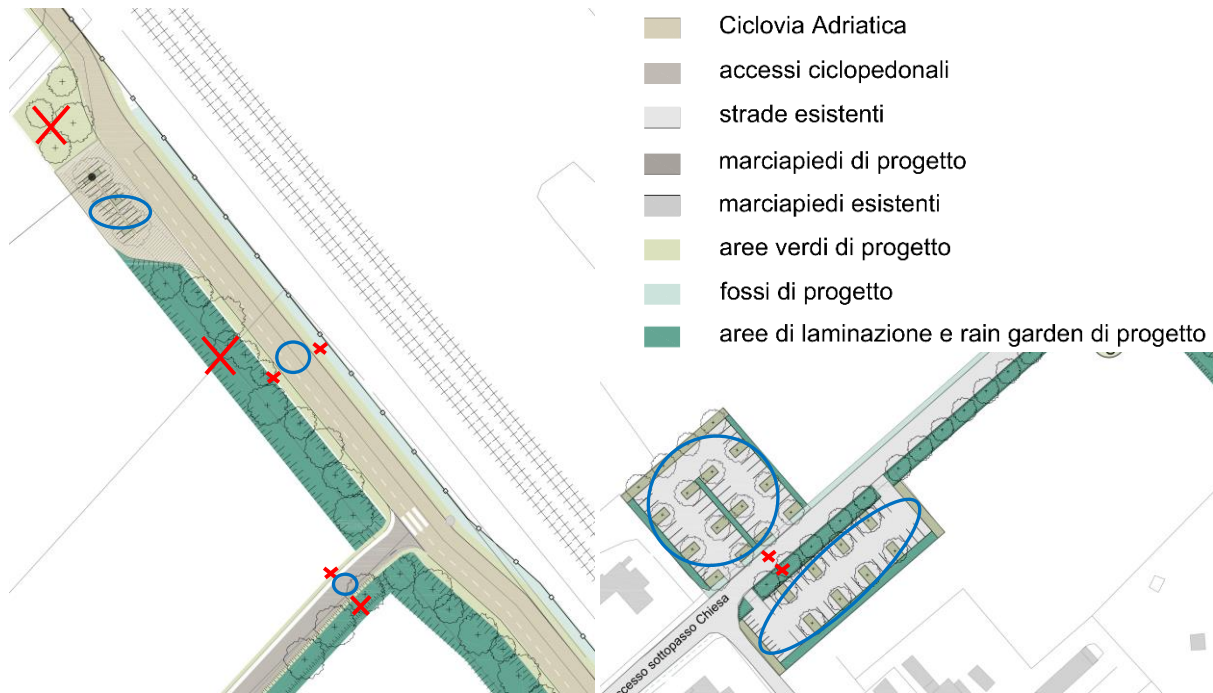


Figura 3 – In blu, le superfici oggetto della valutazione di compatibilità idraulica, in rosso le superfici escluse dalla suddetta valutazione.

## INQUADRAMENTO NORMATIVO

La Legge regionale 22/2011, approvata dopo gli eventi alluvionali del marzo 2011, tratta, al capo II, l'assetto idrogeologico del territorio e dispone:

- per “gli strumenti di pianificazione del territorio e loro varianti da cui derivi una trasformazione in grado di modificare il regime idraulico” l'esecuzione di una “verifica di compatibilità idraulica” (cfr commi 1 e 2 dell'art. 10);
- la previsione di misure compensative rivolte al perseguimento “dell'invarianza idraulica” per “ogni trasformazione del suolo che provochi una variazione di permeabilità superficiale” (cfr comma 3 dell'art. 10).

Il comma 4 del medesimo articolo 10 della legge contiene il mandato alla Giunta regionale a stabilire “criteri per la redazione della verifica di compatibilità idraulica ... nonché le modalità operative e le indicazioni tecniche relative ai commi 2 (n.d.r. valutazione dell'ammissibilità degli interventi di trasformazione) e 3 (n.d.r. invarianza idraulica)”.

I "CRITERI" sono stati approvati con Delibera di Giunta n. 53 del 21 gennaio 2014 (pubblicata sul B.U.R Marche n. 19 del 17/2/2014).

I "CRITERI" sono stati successivamente modificati con Delibera di Giunta n. 671 del 20 giugno 2017.

Per quanto riguarda il tema dell'invarianza idraulica, la sopraccitata DGR 53/2014 prevede quanto riportato di seguito (estratto direttamente dalla Delibera).



In linea generale, le misure da applicare sono diversificate in funzione della consistenza della trasformazione. A tal fine, vengono indicate nella seguente tabella le soglie dimensionali in base alle quali si applicano considerazioni differenziate in relazione all'effetto atteso dell'intervento.

Classe di Intervento	Definizione
Trascurabile impermeabilizzazione potenziale	intervento su superfici di estensione inferiore a 0.1 ha
Modesta impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese fra 0.1 e 1 ha
Significativa impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese fra 1 e 10 ha; interventi su superfici di estensione oltre 10 ha con $Imp < 0,3$
Marcata impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici superiori a 10 ha con $Imp > 0,3$

Tabella 1 - classificazione degli interventi di trasformazione delle superfici ai fini dell'invarianza idraulica

La misura del volume minimo d'invaso da prescrivere in aree sottoposte a una quota di trasformazione I (% dell'area che viene trasformata) e in cui viene lasciata inalterata una quota P (tale che  $I+P=100\%$ ) è data dal valore convenzionale:

$$w = w^0 (\phi / \phi^0)^{1/(1-n)} - 15 I - w^0 P \quad (1)$$

essendo  $w^0 = 50$  mc/ha,  $\phi$  = coefficiente di deflusso dopo la trasformazione,  $\phi^0$  = coefficiente di deflusso prima della trasformazione, I e P espressi come frazione dell'area trasformata e  $n=0.48$  (esponente delle curve di possibilità climatica di durata inferiore all'ora, stimato nell'ipotesi che le percentuali della pioggia oraria cadute nei 5', 15' e 30' siano rispettivamente il 30%, 60% e 75%, come risulta – orientativamente - da vari studi sperimentali; si veda ad es. CSDU, 1997).

Per le classi denominate come "Significativa" e "Marcata" impermeabilizzazione è ammesso l'utilizzo di un valore diverso del parametro n qualora opportunamente motivato da un'analisi idrologica specifica contestualizzata al sito oggetto di trasformazione.

Alla luce di queste considerazioni, si stabiliscono i seguenti criteri:

- a) nel caso di trascurabile impermeabilizzazione potenziale, è sufficiente che i volumi disponibili per la laminazione soddisfino i requisiti dimensionali della formula (1) ad esclusione degli interventi comportanti la realizzazione di impermeabilizzazione per una superficie pari o inferiore a 100 mq;
- b) nel caso di modesta impermeabilizzazione, oltre al soddisfacimento dei requisiti della formula (1) è opportuno che le luci di scarico nel corpo ricettore non eccedano le dimensioni di un tubo di diametro 200 mm e che i tiranti idrici ammessi nell'invaso non eccedano il metro;
- c) nel caso di significativa impermeabilizzazione, le luci di scarico e i tiranti idrici ammessi nell'invaso vanno dimensionati in modo da garantire la conservazione della portata massima defluente dall'area in trasformazione ai valori precedenti l'impermeabilizzazione, almeno per una durata di pioggia di 2 ore e un tempo di ritorno di 30 anni;
- d) nel caso di marcata impermeabilizzazione, è necessario uno studio idrologico-idraulico di maggiore dettaglio.

Per le previsioni degli strumenti di pianificazione territoriale, generale e attuativa vigenti alla data di entrata in vigore dei presenti criteri, solamente per i casi a) e b) sopra riportati, in alternativa all'utilizzo della formula (1) può essere adottato il dimensionamento per una capacità di invaso pari ad almeno 350 metri cubi per ogni ettaro di superficie impermeabilizzata.

Fatto salvo quanto previsto dal successivo Titolo IV, il valore determinato dal dimensionamento dell'invarianza idraulica rappresenta un elemento prestazionale da conseguire attraverso la realizzazione di interventi derivanti da un'opportuna combinazione di una o più soluzioni tipologiche.

## INQUADRAMENTO IDROLOGICO-IDRAULICO

### DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

L'ambito di intervento è caratterizzato prevalentemente da una porzione lineare di terreno posto parallelamente alla ferrovia adriatica, lungo il quale si svilupperà la ciclovia in progetto; la gran parte del percorso è posto a sud della suddetta ferrovia, ad eccezione della porzione prossima all'Hotel Playa (tratto sud) che sarà posizionata ad est del rilevato ferroviario. In prossimità del fiume Metauro (tratto nord), il tracciato devia invece verso sud, lungo l'argine destro del corso d'acqua, per poi intersecarsi con la rotatoria presente lungo la SS 16 Adriatica. Tutte queste superfici sono attualmente non urbanizzate e occupate da terreno, ad eccezione della porzione posta nei pressi dell'Hotel Playa, che in parte sarà realizzata su una strada esistente.

Come già anticipato al paragrafo "AREA DI INDAGINE", ai fini della valutazione dell'invarianza idraulica dell'intervento sono state considerate le sole superfici per le quali il progetto modifica, decrementandola, la permeabilità del terreno: la valutazione idraulica considera pertanto una superficie in trasformazione di circa 29.300 mq, costituita dal sedime della pista, dai parcheggi e dalle aree di sosta.

Dal punto di vista idrologico l'area di intervento nello stato di fatto è caratterizzata da un coefficiente di deflusso pari a 0,2, attribuito ai terreni permeabili, e da un'area efficace pari a 5.867 mq, come indicato nella tabella seguente.

Tabella 1 – Tipologie di superfici e relativo coefficiente di deflusso nell'area di indagine nello stato di fatto

STATO DI FATTO		
Tipologia del suolo	superficie mq	$\phi$
impermeabile		1.00
semipermeabile		0.90
verde	29,335.00	0.20
<b>Totale area</b>	<b>29,335.00</b>	<b>0.20</b>

### DESCRIZIONE DELLO STATO DI PROGETTO

Nello stato di progetto, dal punto di vista idrologico la superficie permeabile oggetto di intervento viene trasformata come indicato di seguito:

- realizzazione della ciclovia in calcestruzzo drenante. Coefficiente di deflusso in genere pari a 0,6-0,8 ma considerato pari a 0,9 per cautela;
- realizzazione di parcheggi e piazzole realizzati in materiale drenante. Anche in questo caso si adotta un coefficiente di deflusso cautelativo pari a 0,9, sebbene da letteratura possa essere considerato pari a 0,6-0,8;
- asfaltatura di strade. Coefficiente di deflusso pari a 1,0.

Al fine di valutare le dimensioni delle aree di laminazione necessarie per garantire l'invarianza idraulica (si veda il paragrafo "CALCOLO DEI VOLUMI DA RENDERE DISPONIBILI PER LA LAMINAZIONE"), il percorso in progetto è stato suddiviso in 10 porzioni, a cui si aggiungono i 5 accessi, le aree di sosta ed i parcheggi, come illustrato in Figura 4 e più in dettaglio al succitato paragrafo.



Figura 4 – Suddivisioni in porzioni della pista in progetto ai fini del dimensionamento delle vasche di laminazione.

Per ognuna delle suddette parti è stata calcolata la superficie occupata ed attribuito il relativo coefficiente di deflusso, come indicato in Tabella 2.

Tabella 2 – Estensione delle porzioni in studio della pista in progetto e relativo coefficiente di deflusso

	m	m	mq	materiale	Coeff Deflusso
<b>Pista 1</b>	400	5	2000	cls drenante	0.9
Area sosta A			150	drenante	0.9
Scatolare 1 e 2			320	asfalto	1
			<b>2470</b>		
<b>Accesso 1</b>	210	3	<b>630</b>	asfalto	1
<b>Pista 2</b>	70	5	350	cls drenante	0.9
Area sosta B			150	drenante	0.9
			<b>500</b>		
<b>Pista 3</b>	330	5	1650	cls drenante	0.9
Area sosta C			150	drenante	0.9
Area sosta D			90	drenante	0.9
			<b>1890</b>		
<b>Accesso 2</b>	150	3	<b>450</b>	asfalto	1
<b>Pista 4</b>	350	5	1750	cls drenante	0.9
Parcheggio 1			3130	drenante	0.9
Sottopasso			90	asfalto	1
			<b>4970</b>		
<b>Pista 5</b>	365	5	1825	cls drenante	0.9
Area sosta E			150	drenante	0.9
Parcheggio 2			1370	drenante	0.9
Parcheggio 3			1360	drenante	0.9
			<b>4705</b>		
<b>Pista 6</b>	250	5	1250	cls drenante	0.9
Area sosta F			150	drenante	0.9
			<b>1400</b>		
<b>Accesso 3</b>	190	3	<b>570</b>	asfalto	1
<b>Pista 7</b>	520	5	2600	cls drenante	0.9
Area sosta G			150	drenante	0.9
			<b>2750</b>		
<b>Accesso 4</b>	180	3	<b>540</b>	asfalto	1

<b>Pista 8</b>	265	5	<b>1325</b>	cls drenante	0.9
<b>Pista 9</b>	545	5	2725	cls drenante	0.9
Accesso 5	140	3	420	asfalto	1
Parcheggio 4			1890	drenante	0.9
			<b>5035</b>		
<b>Pista 10</b>	130	5	650	cls drenante	0.9
	290	5	1450	cls drenante	0.9
			<b>2100</b>		

Dal punto di vista idrologico l'area di intervento nello stato di progetto, composta dalle parti sopra indicate, è perciò caratterizzata da un coefficiente di deflusso pari a 0,91 e da un'area efficace pari a 26.703 mq, come indicato nella tabella seguente.

Tabella 3 – Tipologie di superfici e relativo coefficiente di deflusso nell'area di indagine nello stato di progetto

<b>STATO DI PROGETTO</b>		
<b>Tipologia del suolo</b>	<b>superficie mq</b>	<b><math>\phi</math></b>
impermeabile	3,020.00	1.00
semipermeabile	26,315.00	0.90
verde		0.20
<b>Totale area</b>	<b>29,335.00</b>	<b>0.91</b>

## ANALISI IDROLOGICA

Le curve di possibilità pluviometrica sono state stimate a partire dai dati delle massime altezze di precipitazione annuali registrati nella stazione più prossima (Candelara, in seguito Fano ed infine Lucrezia) registrati dal 1951 al 2009 (dati ripresi e rielaborati a partire dal documento "Verifica di compatibilità idraulica - Comune di Fano (PU) - Fosso demaniale in località Chiaruccia, 2018") (Tabella 4).

Tabella 4 – Piogge orarie oggetto di analisi

ANNO	PIOGGE ORARIE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
1951	22.4	33.8	33.8	43.8	60.4
1952	20.6	20.8	23.6	31.4	40.4
1953	17	25.2	36.8	59	67.2
1954	23.4	25.6	35	51.4	57.6
1955	21.6	28.4	45.4	56.6	77.2
1956	19	37.2	43.6	44	56.6
1957	18.2	22	32	52.6	59.2
1958	20.6	24.6	39.4	39.4	59
1959	24.4	30.8	46.4	64.2	64.8
1960	50.2	55.4	55.4	55.4	55.4
1961	10.4	18.2	24	32.2	40.6
1963	24.4	40.2	43.2	46.2	61.8
1965	37.6	42.6	42.6	43.4	51.6
1966	18.2	28	38.8	48.8	50.2
1967	15.4	18.4	19.2	24	36.2
1968	33.8	34	34.2	39.6	46.4
1969	31	83	86	91.2	91.2
1970	34.2	57.4	61.8	70.2	85
1971	13.2	15	22.8	35.8	55.2
1972	32	32.6	38.6	41.2	47.2
1973	33.8	38.2	49.6	60.6	85.8
1974	19.4	35.8	45.4	46.8	49.2
1975	46	55	71	85.4	109
1976	34	42	49.2	49.2	75
1977	26.8	50	52	53.4	68.8
1978	15.2	19.6	21.4	32.6	47.4
1979	35.2	41.8	47.4	55.4	90
1980	39	55.8	57	57	67.2
1981	23	37.6	45.6	51.4	58.4
1982	23.4	25.8	37.2	48	59.8
1983	32.6	67.6	91.4	91.4	97.8
1984	14.8	26.2	28.2	31	41.6
1985	14.2	22	36	50.6	55
1986	33.4	48	48.4	49	57
1987	26	35.4	37.8	46	50.2
1988	24.4	26.8	27	29.2	33.6
1989	22.8	33.6	49.8	50.6	60.8
1990	28.0	38.6	38.6	40.2	40.2
1991	23.8	34.8	46.2	57.2	69.0
1992	10.2	17.4	24.8	26.8	31.6
1993	21.8	33.6	36.0	36.6	36.6
1994	13.0	27.0	42.2	58.2	66.4
1995	23.8	39.8	49.8	51.8	59.2
1996	40.6	56.2	74.6	87.4	98.8
1997	21.0	32.8	40.8	53.0	54.6
1998	20.2	38.6	55.0	66.8	84.0
1999	24.6	45.4	47.4	48.6	75.8
2000	27.2	40.6	46.2	85.0	85.6
2001	29.8	31.0	39.8	48.2	49.0
2002	21.6	35.6	37.0	37.0	37.0
2003	22.6	23.0	23.2	32.8	33.4
2004	22.4	25.2	29.2	37.2	39.8
2005	46.4	80.8	117.6	138.4	141.8
2006	37.4	43.8	59.2	87.2	110.0
2007	23.4	24.0	24.4	40.0	40.0
2008	23.6	38.2	41.4	42.0	59.6
2009	21.4	28.6	32.6	32.6	42.8

Per ogni serie pluviometrica sono state calcolate le relazioni altezza-durata dei massimi annuali al variare del tempo di ritorno.

In questo studio per descrivere la curva di possibilità climatica o pluviometrica è stata utilizzata una legge monomia a due parametri del tipo:

$$h = a\tau^n$$

La suddetta formula serve a caratterizzare gli eventi di precipitazione rispetto alla loro intensità ed alla loro eccezionalità, essendo  $h$  l'altezza di precipitazione,  $\tau$  la durata,  $a$  una costante di proporzionalità, funzione dell'area  $A$  del bacino considerato e del tempo di ritorno  $T_r$ , ed  $n$  l'esponente della legge di potenza, funzione dell'area del bacino e tale che:  $0 < n < 1$ .

Il valore ottimale dei parametri viene determinato con il metodo di Gumbel.

## METODO DI GUMBEL

Il problema della determinazione della curva si risolve avvalendosi di metodi statistico-probabilistici. Si utilizza la distribuzione doppio esponenziale di Gumbel adattata con il metodo di Gumbel.

Alle precipitazioni massime di data durata, intese come eventi estremi che costituiscono una serie di elementi fra loro indipendenti, può applicarsi la seguente descrizione:

$$X(T_r) = \bar{X} + F * S_x$$

essendo:

- $X(T_r)$  : valore dell'evento caratterizzato da un periodo di ritorno  $T_r$ , ossia l'evento che viene eguagliato o superato, mediamente, ogni  $T_r$ , anni;
- $\bar{X}$  : valore medio degli eventi considerati;
- $S_x$  : scarto quadratico medio della variabile in esame;
- $F$  : fattore di frequenza.

La distribuzione doppio - esponenziale di Gumbel assegna ad  $F$  l'espressione:

$$F = \frac{Y(T_r) - \bar{Y}_N}{S_N}$$



dove :

- $Y(T_r)$  : variabile ridotta, funzione del periodo di ritorno  $T_r$ :

$$Y(T_r) = -\ln\left( -\ln \frac{T_r - 1}{T_r} \right)$$

- $\bar{Y}_N$  : media della variabile ridotta (è in funzione del numero di osservazioni);
- $S_N$  : scarto quadratico medio della variabile ridotta (è in funzione del numero di osservazioni).

Tali grandezze statistiche possono facilmente calcolarsi rispettivamente tramite le:

$$\bar{Y}_N = \frac{1}{N} \sum_1^N Y(T_{r_i})$$

$$S_N = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_1^N (Y(T_{r_i}) - \bar{Y}_N)^2}$$

Sostituendo la  $F$  nell'equazione scritta sopra ottengo la seguente relazione:

$$X(T_r) = \bar{X} - \frac{S_X}{S_N} \bar{Y}_N + \frac{S_X}{S_N} Y(T_r)$$

La quantità  $\bar{X} - \frac{S_X}{S_N} \bar{Y}_N$  è chiamata *moda* e rappresenta il valore con massima frequenza probabile; il

fattore  $\frac{S_X}{S_N}$  è invece indicato in tabella con il termine *alpha*.

Per quanto riguarda le piogge orarie si ottiene quanto riportato in figura seguente.

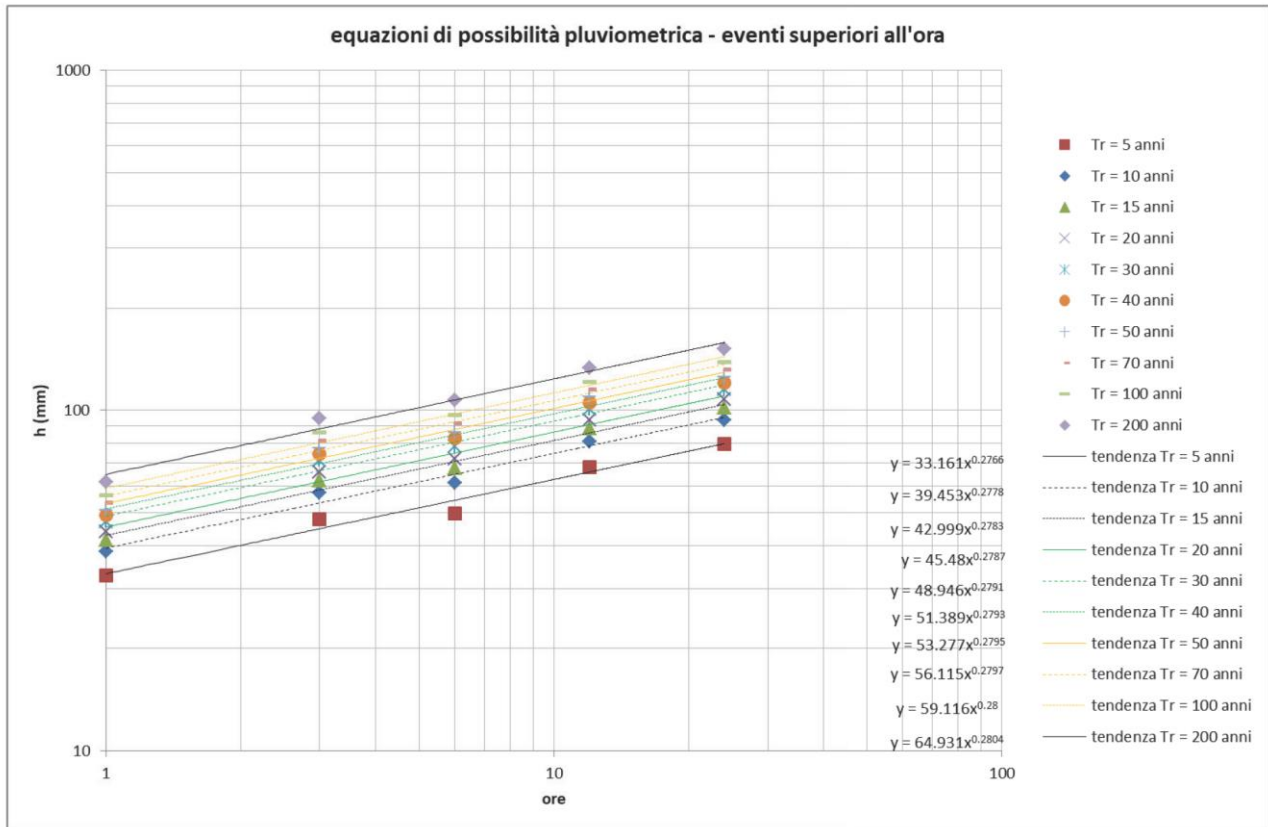


Figura 5 – Equazioni di possibilità pluviometrica per eventi superiori all'ora

Si riportano le **equazioni di possibilità climatica delle piogge orarie**, una per ciascun tempo di ritorno

$h = 64.93 \tau^{0.28}$	Tr = 200 anni
$h = 59.11 \tau^{0.28}$	Tr = 100 anni
$h = 56.11 \tau^{0.279}$	Tr = 70 anni
$h = 53.27 \tau^{0.279}$	Tr = 50 anni
$h = 51.38 \tau^{0.279}$	Tr = 40 anni
$h = 48.94 \tau^{0.279}$	Tr = 30 anni
$h = 45.48 \tau^{0.278}$	Tr = 20 anni
$h = 42.99 \tau^{0.278}$	Tr = 15 anni
$h = 39.45 \tau^{0.277}$	Tr = 10 anni
$h = 33.16 \tau^{0.276}$	Tr = 5 anni

## TEST DI PEARSON

L'adattamento della legge di Gumbel a ciascuna serie statistica può essere valutato mediante test statistici, per accettare o rifiutare l'ipotesi che la legge probabilistica ben si adatti al campione. È definito *livello di significatività* del test la probabilità di rifiutare l'ipotesi di buon adattamento, anche se vera. Si suddivide il campione in  $k$  intervalli non necessariamente equiprobabili. Per la suddivisione si segue generalmente il criterio empirico di delimitare le classi in modo che sia  $Np_i > 5$ . L'applicazione del test richiede che almeno 5 osservazioni ricadano mediamente nel medesimo intervallo. Per non ridursi a un *istogramma* con numero troppo esiguo di classi di frequenza, il numero di osservazioni deve essere sufficientemente elevato.

Il *test di Pearson* considera la grandezza statistica:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(N_i - Np_i)^2}{Np_i}$$

- $K$ : intervalli o classi in cui suddividere il campione non necessariamente equiprobabili = 5;
- $p_i = 1/k$ : probabilità che una osservazione qualsiasi ricada nell' $i$ -esimo intervallo =  $1/5 = 0,2$ ;
- $N_i$ : numero di osservazioni che ricadono nel medesimo intervallo, compreso tra i valori  $X_{i-1}$  e  $X_i$ ;
- $Np_i > 5$ : numero di osservazioni che, per la probabilità  $p_i$ , ci si aspetta ricadano nell' $i$ -esimo intervallo;
- $P_i = 1 - i/k$ : probabilità di non superamento dell'evento;
- $Y_i(P_i) = -\ln(-\ln(P_i))$ ;
- $X_i(P_i) = \text{moda} + \alpha Y_i(P_i)$ ;
- $\nu = k - m - 1 = 2$ : numero di gradi di libertà;
- $m = 2$ : numero dei parametri della distribuzione scelta (Gumbel);
- $\bar{\chi}^2 = 5,99$ : grandezza statistica in funzione di  $\nu = 2$  (tabulata).

Fissato il livello di significatività (assunto pari a 0.05) e calcolato il valore di  $\chi^2$ , lo si confronta con i valori  $\bar{\chi}^2$  tabulati in funzione dei gradi di libertà  $\nu$ . Se risulta  $\chi^2 < \bar{\chi}^2$  si ritiene soddisfatta l'ipotesi di buon adattamento della distribuzione della serie, nel caso contrario l'adattamento non si considera soddisfacente.

Tabella 5 - Risultati dell'applicazione del Metodo di Pearson

<b>Test di adattamento di Pearson della distribuzione di Gumbel, applicata al campione delle precipitazioni di durata T = 1 h</b>	<b>N</b>	<b>K</b>	<b>m</b>	<b>v</b>	<b>α</b>	<b>χ<sup>2</sup></b>
	57	9	2	6	0,05	12,6
	<b>Y<sub>med,N</sub></b>	<b>S<sub>N</sub></b>	<b>h<sub>med</sub></b>	<b>S<sub>h</sub></b>	<b>moda</b>	<b>alpha</b>
	0,5511	1,1708	25,5158	8,9281	21,3133	7,6257

1	2	3	4	5	6	7	8	9
50,2	37,6	31	28,0	24,6	22,8	20,6	18,2	15,2
46,4	37,4	29,8	27,2	24,4	22,6	20,6	18,2	14,8
46	35,2		26,8	24,4	22,4	20,2	17	14,2
40,6	34,2		26	24,4	22,4	19,4	15,4	13,2
39	34			23,8	21,8	19		13,0
	33,8			23,8	21,6			10,4
	33,8			23,6	21,6			10,2
	33,4			23,4	21,4			
	32,6			23,4	21,0			
	32			23,4				
				23				

classe	P <sub>i</sub>	h(P <sub>i</sub> )	N <sub>i</sub>	NP <sub>i</sub>	$\frac{(N_i - NP_i)^2}{NP_i}$	Per la suddivisione in classi equiprobabili deve risultare soddisfatta la seguente relazione:  $N \cdot p_i > 5$  Suddividendo in 9 classi si ottiene:  $p_i = 1/9 = 0,111$ $0,111 \cdot 57 = 6,327 > 5$
1			5	6,333	0,281	
2	0,889	37,62	10	6,333	2,123	
3	0,778	31,84	2	6,333	2,965	
4	0,667	28,20	4	6,333	0,860	
5	0,556	25,37	11	6,333	3,439	
6	0,444	22,91	9	6,333	1,123	
7	0,333	20,60	5	6,333	0,281	
8	0,222	18,20	4	6,333	0,860	
9	0,111	15,31	7	6,333	0,070	

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^K \frac{(N_i - NP_i)^2}{NP_i}$$

$$12,6 > 12$$

La distribuzione di Gumbel si adatta al campione

## CALCOLO DEI VOLUMI DA RENDERE DISPONIBILI PER LA LAMINAZIONE

Come anticipato al paragrafo "INQUADRAMENTO NORMATIVO", il metodo di valutazione del volume di laminazione necessario per garantire l'invarianza idraulica del progetto è funzione della dimensione spaziale dell'intervento.

La **DGR 53/2014** discrimina infatti in base alla "classe di intervento" per stabilire quale metodologia di lavoro seguire:

- "Trascurabile impermeabilizzazione potenziale" (intervento < 0.1 ha) e "Modesta impermeabilizzazione potenziale" (intervento tra 0.1 e 1 ha): utilizzo della formula semplificata

$$w = w^{\circ} (\phi / \phi^{\circ})^{1/(1-n)} - 15 \quad | \quad w^{\circ} P \quad (1)$$

già descritta in precedenza (con l'aggiunta di una luce di scarico pari a 200 mm e tiranti inferiori al metro nel bacino di laminazione, nel caso di modesta impermeabilizzazione)

- "Significativa impermeabilizzazione potenziale" (intervento tra 1 e 10 ha): è necessaria un'analisi specifica per garantire che la portata defluente dall'area di progetto sia pari a quella precedente l'impermeabilizzazione, dimensionando le luci di scarico e i tiranti idrici dell'invaso per una durata di pioggia di 2 ore e un tempo di ritorno di 30 anni

La DGR indica inoltre che per gli strumenti di pianificazione territoriale, generale e attuativa vigenti, per i soli casi rientranti nel primo punto (trascurabile e modesta impermeabilizzazione), in alternativa alla formula semplificata indicata più sopra è possibile adottare un **coefficiente di dimensionamento pari a 350 mc/ha di superficie impermeabilizzata**.

Stante quanto previsto dalla norma, sono stati adottati i seguenti **passi per definire i volumi di laminazione**:

- Calcolo del volume di laminazione mediante **applicazione della formula semplificata** sopra riportata (**w**);
- Calcolo del volume di laminazione mediante **applicazione del coefficiente di dimensionamento pari a 350 mc/ha** di superficie impermeabilizzata;
- Calcolo del volume di laminazione mediante **applicazione del metodo delle piogge** e utilizzando i parametri  $a$  ed  $n$  della curva di possibilità pluviometrica per un tempo di ritorno cautelativo TR 50 anni (superiore ai 30 anni previsto dalla DGR);
- **Scelta del volume maggiore tra i tre calcolati** e approssimazione alla decina successiva.

Al fine di garantire che la portata defluente dall'area di progetto sia pari a quella precedente l'impermeabilizzazione, si è adottata la **portata specifica di 10.00 l/s\*ha** per un tempo di ritorno di **50 anni**.

I **parametri della curva di possibilità pluviometrica** adottati nel calcolo sono stati i seguenti:

$$a = 53,27$$

$$n = 0,279$$

Il calcolo del volume di invaso mediante il metodo delle piogge si attua mediante l'uso dell'equazione seguente, mediante la quale si possono calcolare i massimi volumi di invaso relativi ad una determinata durata  $t$  della precipitazione:

$$W_i = W_e - W_u = S \cdot \varphi \cdot \left[ \frac{a}{(t+b)^c} \cdot t \right] - Q_u \cdot t$$

dove:

$W_i$  è il volume di invaso;

$W_e$  è il volume in ingresso;

$W_u$  è il volume in uscita;

$S$  è la superficie scolante;

$\varphi$  è il coefficiente di deflusso medio dell'area;

$t$  è la durata della precipitazione.

La durata critica, ossia la durata per la quale si ha il massimo volume di invaso da rendere disponibile, si ottiene ponendo nulla la derivata prima, in funzione del tempo, dell'equazione sopra riportata.

Si ottiene dunque:

$$t = \sqrt[c]{\frac{Q_u}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot \left[ -\frac{c \cdot t}{t+b} + 1 \right]}} - b$$

che, a convergenza, porta a determinare:

$$t_{critico} = \sqrt[c]{\frac{Q_u}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot \left[ -\frac{c \cdot t_{critico}}{t_{critico} + b} + 1 \right]}} - b$$

e conseguentemente:

$$W_i = W_e - W_u = S \cdot \varphi \cdot \left[ \frac{a}{(t_{critico} + b)^c} \cdot t_{critico} \right] - Q_u \cdot t_{critico}$$

L'applicazione di tale metodo, trascurando il processo di trasformazione afflussi-deflussi che avviene nel bacino scolante, comporta una sopravvalutazione delle portate di piena in ingresso alla rete e conseguentemente dei volumi in invaso.

L'applicazione della suddetta metodologia è stata eseguita per ognuna delle porzioni di pista indicate al paragrafo "DESCRIZIONE DELLO STATO DI PROGETTO": in questo modo si è potuto dimensionare il volume di laminazione necessario per garantire l'invarianza idraulica in corrispondenza dei singoli tratti della pista, coerentemente con il layout di progetto, andando ad individuare le vasche di laminazione illustrate nella figura seguente.

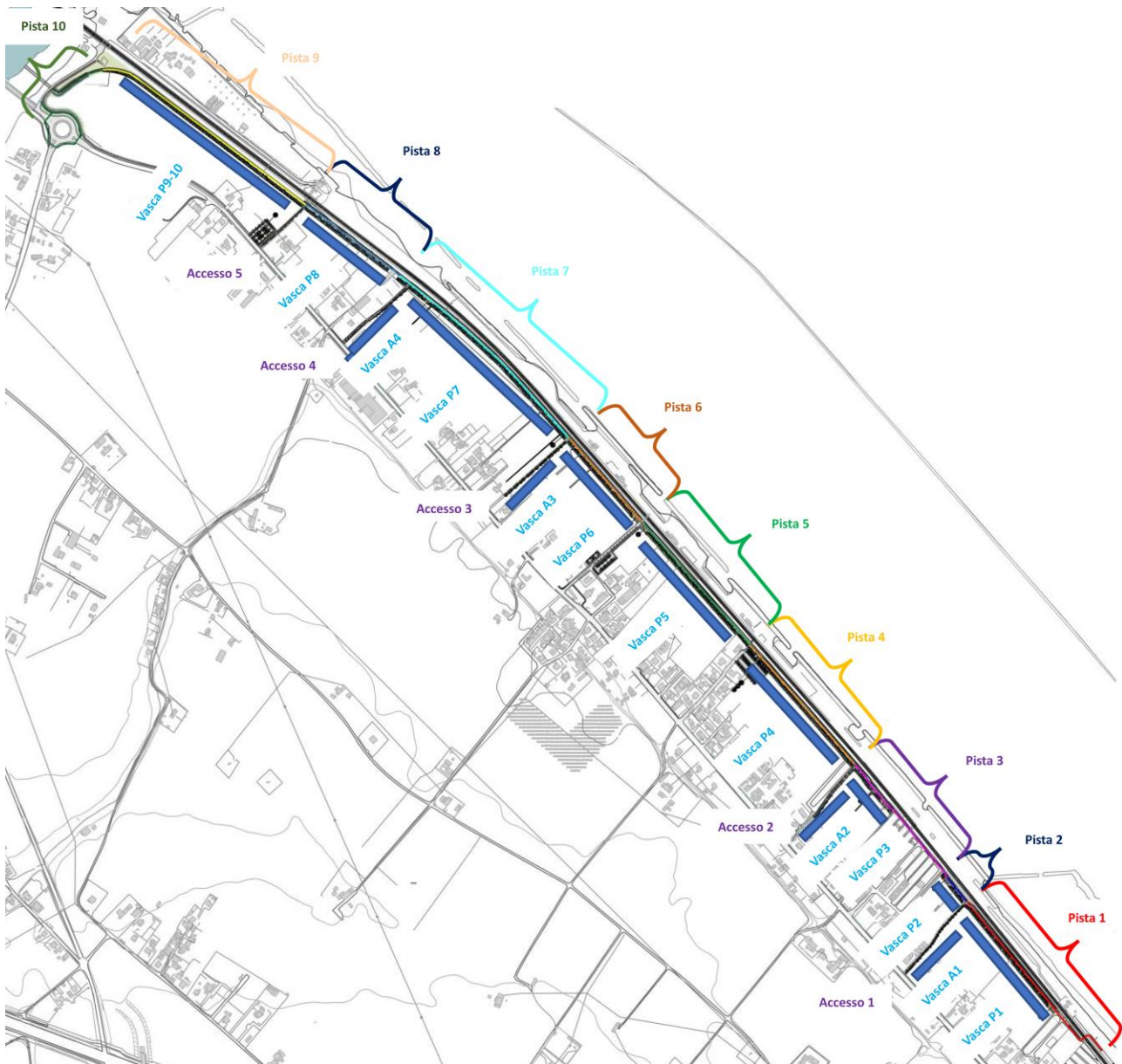


Figura 6 – Vasche di laminazione lungo la pista e gli accessi alla stessa

La sezione longitudinale tipologica delle vasche di laminazione, comprensiva della connessione con il fosso di scarico a mare, è indicata in Figura 7.

La quota del piano campagna è indicata essere pari a + 1,0 m s.l.m.m., ma tale quota è variabile in funzione della localizzazione esatta delle vasche; analogamente, la quota di fondo dei fossi con scarico a mare è indicata essere pari a + 0 s.l.m.m. mentre la quota di fondo della vasca è posta a quota + 0.5 s.l.m.m.: tutte

le quote dovranno essere verificate in sede di progettazione definitiva al fine di tarare il funzionamento e il layout delle singole vasche.

Il funzionamento delle vasche è in ogni caso previsto a gravità.

Il **dimensionamento della tubazione di scarico** di ogni singola vasca sarà valutato in sede di progettazione definitiva al fine garantire il transito della sola portata di scarico calcolata nei paragrafi seguenti, sulla base della portata specifica di 10 l/s\*ha.

Potrà inoltre essere previsto il posizionamento di un **manufatto di regolazione a pozzetto** in chiusura di ogni vasca, dotato di stramazzo per lo scarico nei fossi ricettori delle portate eccedenti quelle di progetto.

Al fine di evitare eventuali fenomeni di ingressione della marea, potrà inoltre essere possibile valutare in sede di successiva progettazione la necessità di utilizzo di **valvole a clapis in chiusura di ogni vasca di laminazione**, nel medesimo pozzetto di regolazione delle portate (Figura 8).

La presenza di **falda elevata** si ritiene non essere pregiudizievole rispetto al funzionamento idraulico della vasca, in virtù della quota di fondo superiore alla quota + 0,0 del medio mare: tale aspetto sarà valutato nel dettaglio in sede di progettazione definitiva.

## VASCA DI LAMINAZIONE SEZIONE LONGITUDINALE

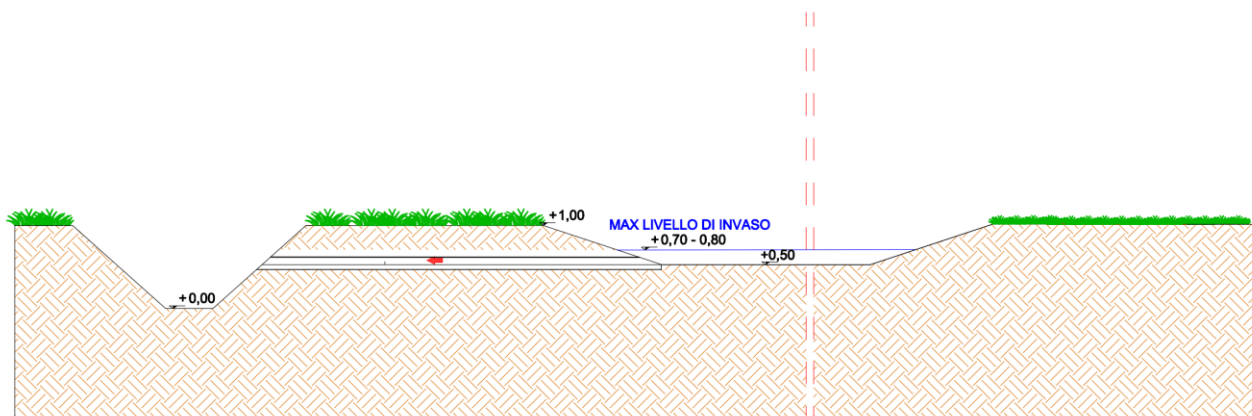


Figura 7 – Sezione longitudinale tipologica delle vasche di laminazione, comprensiva della connessione con il fosso di scarico a mare



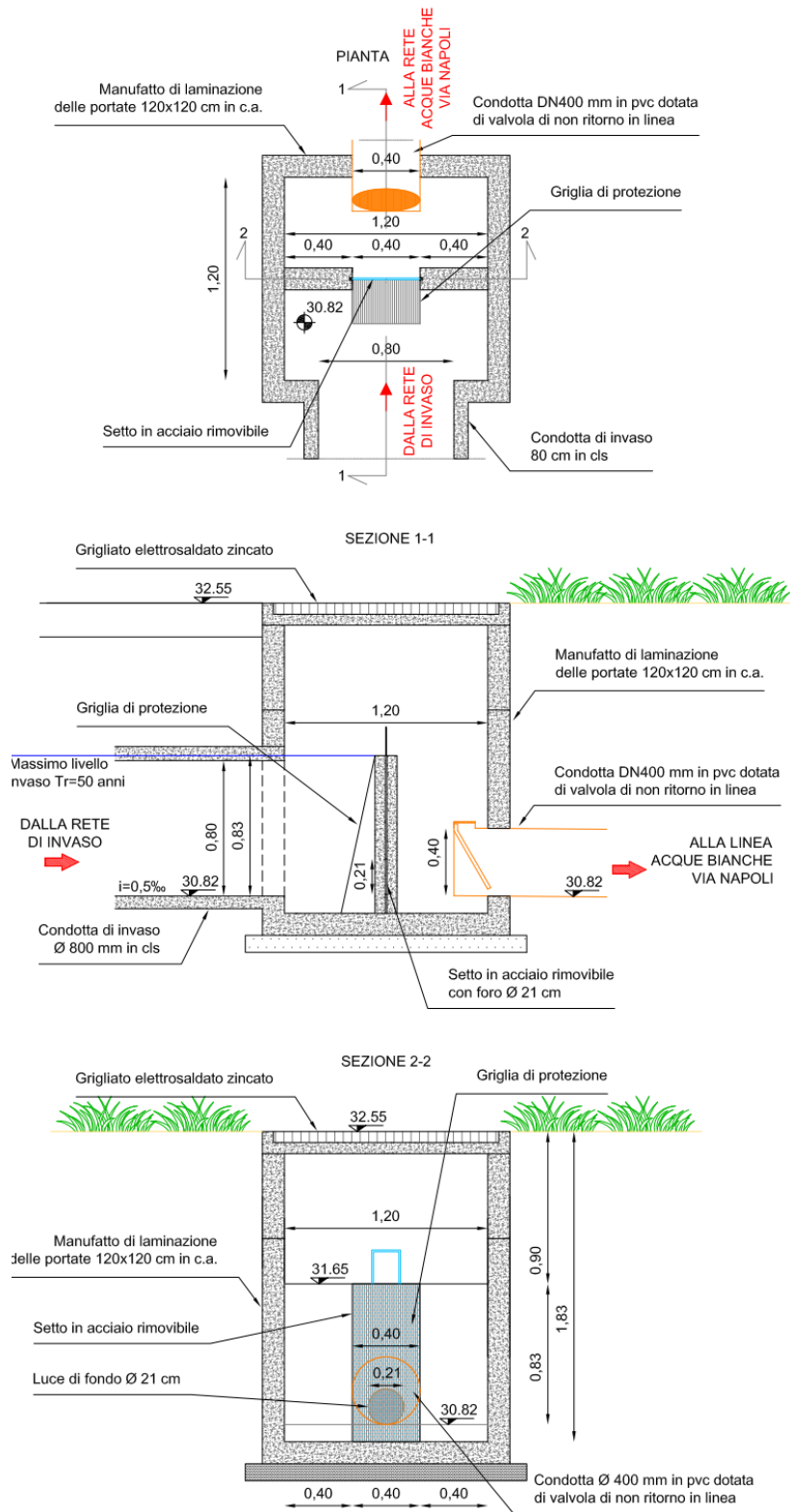


Figura 8 – Esempio tipico di manufatto di regolazione dotato di luce di uscita limitata, stramazzo e valvola a clapis.

## Vasca P1 (Tratto Pista 1)

Il tratto di pista in studio (Figura 9) prevede la trasformazione della permeabilità della superficie come indicato in Tabella 6;

L'applicazione della metodologia sopra indicata porta ad individuare i seguenti volumi di laminazione:

- Applicazione della formula semplificata della DGR 53/2014 (1 in Tabella 7): 225 mc;
- Applicazione del coefficiente di dimensionamento pari a 350 mc/ha (2 in Tabella 7): 86 mc;
- Applicazione del metodo delle piogge (Tabella 8): 144 mc.

Individuato in 225 mc il volume massimo di laminazione derivante dall'applicazione dei tre metodi sopra menzionati, si sceglie di realizzare un **volume di progetto pari a 230 mc**.

Ipotizzando di realizzare una vasca lineare di forma trapezoidale con sponde con pendenza 1:1, **le dimensioni della sezione** divengono quelle indicate in Tabella 9, pari a circa 2 m in sommità (base maggiore B1) e 1 m al fondo (base minore b1).

Tale volume di acqua viene in realtà accumulato in una vasca di dimensioni maggiori rispetto a quanto sopra indicato, avente larghezza in sommità pari a 6 m; la distribuzione su una superficie maggiore del volume d'acqua porta ad avere un tirante idrico di circa 16 cm e un franco di almeno 34 cm, supponendo di realizzare una vasca profonda 0,5 m.

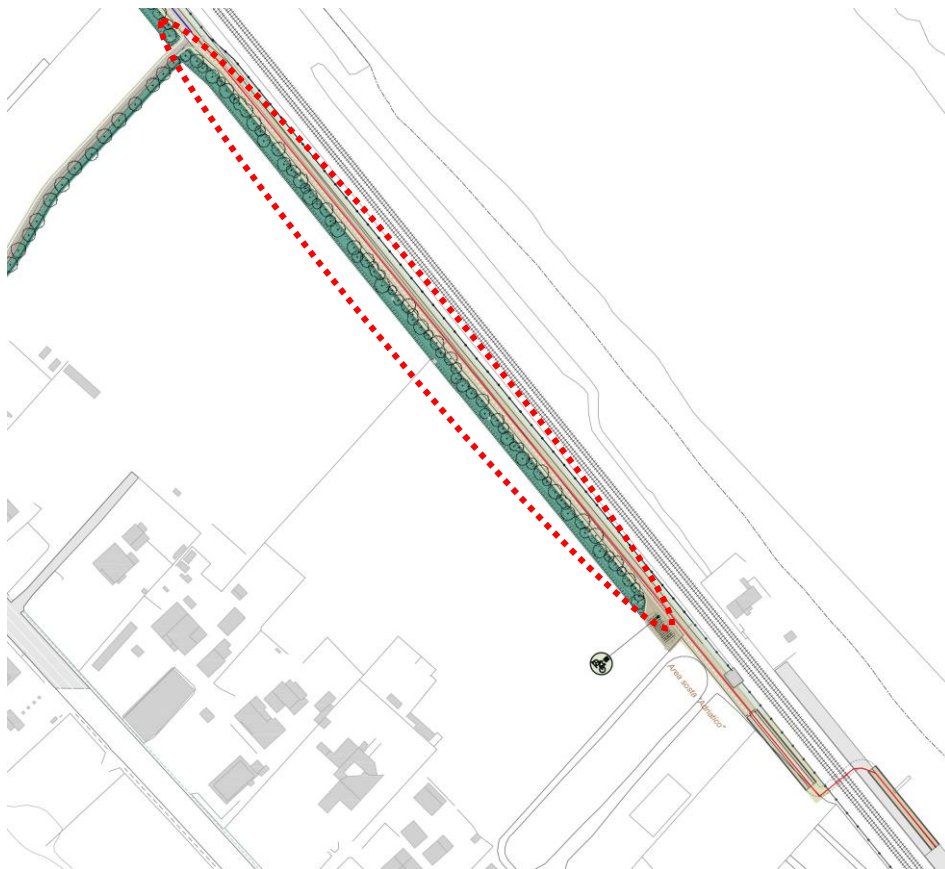


Figura 9 – Vasca P1 (Tratto Pista 1)

Tabella 6 – Tipologia superfici in progetto

	m	m	mq	materiale
<b>Pista 1</b>	400	5	2000	cls drenante
Area sosta A			150	drenante
Scatolare 1 e 2			320	asfalto
			<b>2470</b>	

Tabella 7 – Calcolo del volume minimo di invaso: 1) Applicazione della formula DGR 53/2014; 2) Applicazione del coefficiente parametrico 350 mc/ha

<b>1) w0 (mc/ha)</b>	50
fi	0.91
fi0	0.20
n	0.48
l (%)	1
P (%)	0
a fi/fi0	4.5648
b 1/(1-n)	1.9231
15*I	15
w0*P	0
a^b	18.54
w (mc/ha)	912.01
S (ha)	0.247
<b>V (mc)</b>	<b>225.27</b>

<b>2) Wmin (mc/ha)</b>	350
<b>Vmin (mc)</b>	<b>86.45</b>

Tabella 8 – Calcolo del volume di laminazione mediante il metodo delle piogge

STATO DI FATTO		
Tipologia del suolo	superficie mq	$\phi$
impermeabile		1.00
semipermeabile		0.90
verde	2470.00	0.20
<b>Totale area</b>	<b>2470.00</b>	<b>0.20</b>

STATO DI PROGETTO		
Tipologia del suolo	superficie mq	$\phi$
impermeabile	320.00	1.00
semipermeabile	2150.00	0.90
verde		0.20
<b>Totale area</b>	<b>2470.00</b>	<b>0.91</b>

$\phi =$	0.91	<b>tr 50</b>
a =	53.2700	
n =	0.2790	
S =	2470.00	mq
(Invaso minimo)	225.27	mc

METODO CINEMATICO PER CALCOLO t pioggia		
Portata specifica scaricata su area impermeabilizzata	10	l/s*ha
Q scaricata	2.47	l/s
Portata scaricata totale	0.00247	mc/s
Portata specifica scaricata su area totale	10.00	l/s*ha
Durata critica	6.30	ore
Volume di invaso	144.73	mc
Volume di invaso minimo	225.27	mc
Tempo di svuotamento	25.33	ore

Tabella 9 – Volume della vasca di laminazione e dimensioni della sezione (h: altezza sezione trapezia; b1: base inferiore della sezione; B1: base superiore della sezione)

<b>Volume Invaso Pista 1</b>	<b>230</b>	mc
L fosso	290	m
A fosso	0.79	mq
h fosso	0.5	m
b1	1.09	m
B1	2.09	m

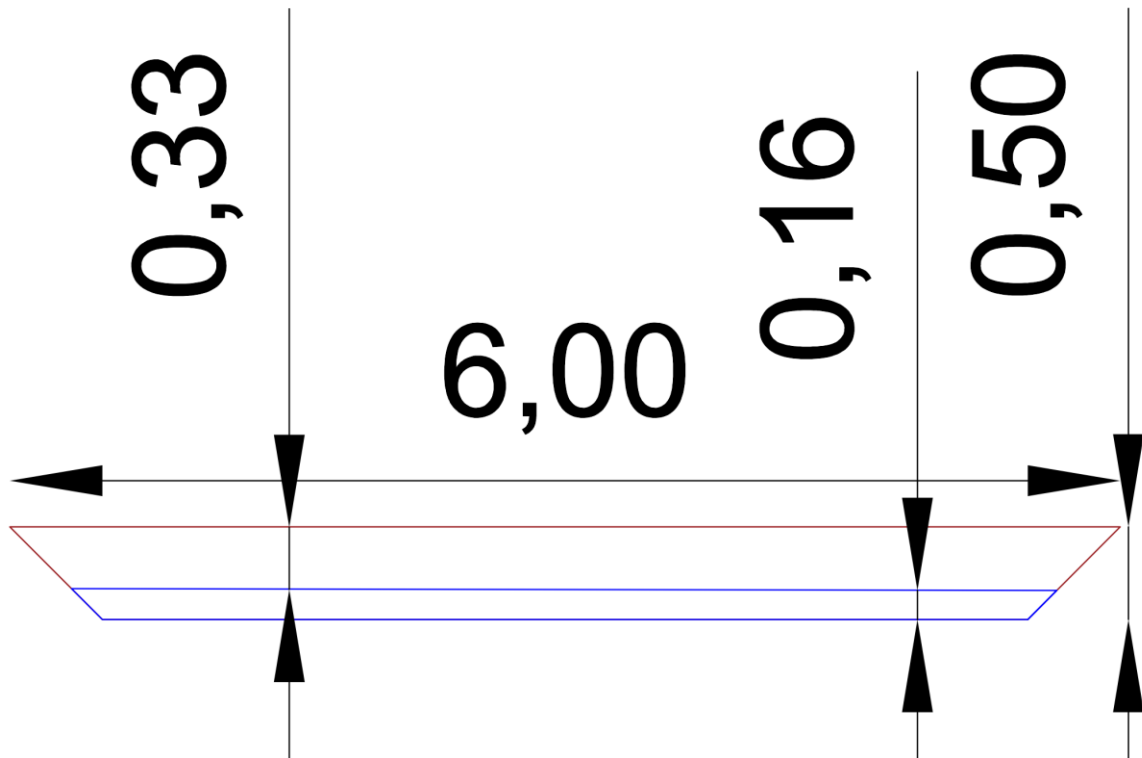


Figura 10 – Tirante idrico e franco di sicurezza - Vasca P1 (Tratto Pista 1)

## Vasca P2 (Tratto Pista 2)

Il tratto di pista in studio prevede la trasformazione della permeabilità della superficie come indicato nelle tabelle seguenti.

L'applicazione della metodologia sopra indicata porta ad individuare i seguenti volumi di laminazione:

- Applicazione della formula semplificata della DGR 53/2014: 44 mc;
- Applicazione del coefficiente di dimensionamento pari a 350 mc/ha: 17 mc;
- Applicazione del metodo delle piogge: 28 mc.

Individuato in 44 mc il volume massimo di laminazione derivante dall'applicazione dei tre metodi sopra menzionati, si sceglie di realizzare un **volume di progetto pari a 50 mc**.

Ipotizzando di realizzare una vasca lineare di forma trapezoidale con sponde con pendenza 1:1, **le dimensioni della sezione** divengono pari a circa 2,5 m in sommità (base maggiore B1) e 1,5 m al fondo (base minore b1).

Tale volume di acqua viene in realtà accumulato in una vasca di dimensioni maggiori rispetto a quanto sopra indicato, avente larghezza in sommità pari a 6 m; la distribuzione su una superficie maggiore del volume d'acqua porta ad avere un tirante idrico analogo a quanto mostrato per Vasca P1.

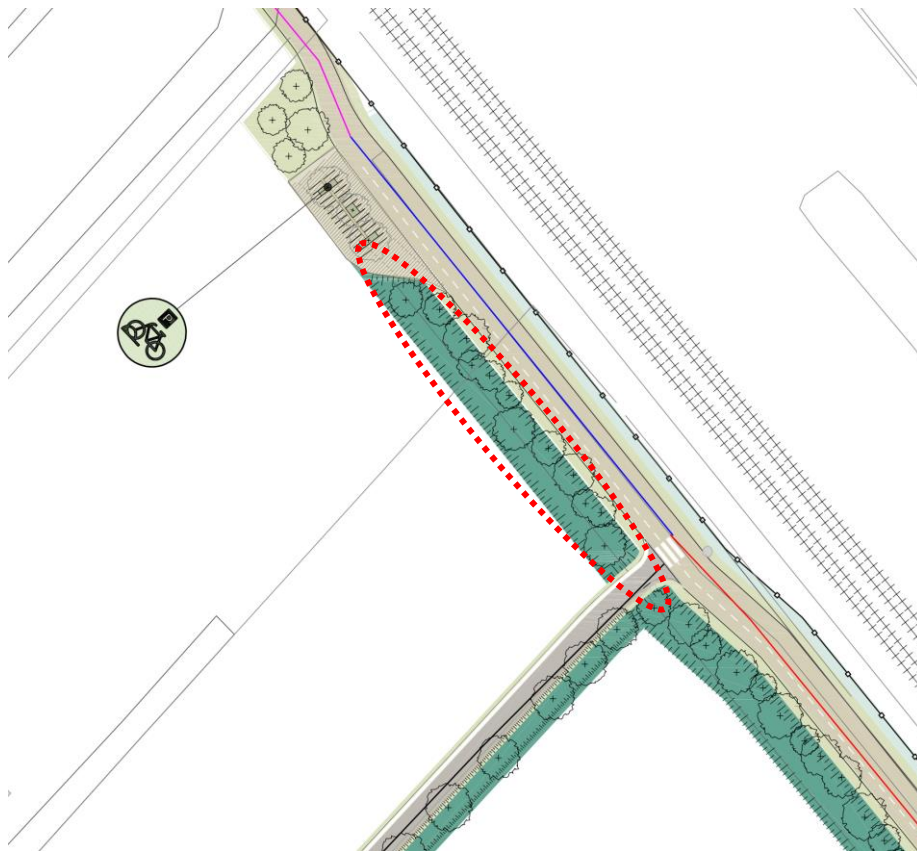


Figura 11 – Vasca P2 (Tratto Pista 2)

Tabella 10 – Tipologia superfici in progetto

	m	m	m <sup>q</sup>	materiale
<b>Pista 2</b>	70	5	350	cls drenante
Area sosta B			150	drenante
			<b>500</b>	

Tabella 11 – Calcolo del volume minimo di invaso: 1) Applicazione della formula DGR 53/2014; 2) Applicazione del coefficiente parametrico 350 mc/ha

<b>1) w0 (mc/ha)</b>	50.00
fi	0.90
fi0	0.20
n	0.48
I (%)	1.00
P (%)	0.00
a fi/fi0	4.50
b 1/(1-n)	1.92
15*I	15.00
w0*P	0.00
a^b	18.04
w (mc/ha)	886.88
S (ha)	0.05
<b>V (mc)</b>	<b>44.34</b>

<b>2) Wmin (mc/ha)</b>	350
<b>Vmin (mc)</b>	<b>17.5</b>

Tabella 12 – Calcolo del volume di laminazione mediante il metodo delle piogge

STATO DI FATTO		
Tipologia del suolo	superficie mq	$\phi$
impermeabile		1.00
semipermeabile		0.90
verde	500.00	0.20
<b>Totale area</b>	<b>500.00</b>	<b>0.20</b>

STATO DI PROGETTO		
Tipologia del suolo	superficie mq	$\phi$
impermeabile		1.00
semipermeabile	500.00	0.90
verde		0.20
<b>Totale area</b>	<b>500.00</b>	<b>0.90</b>

$\phi =$	0.90	<b>tr 50</b>
a =	53.2700	
n =	0.2790	
S =	500.00	mq
(Invaso minimo)	44.34	mc

METODO CINEMATICO PER CALCOLO t pioggia		
Portata specifica scaricata su area impermeabilizzata	10	l/s*ha
Q scaricata	0.50	l/s
Portata scaricata totale	0.00050	mc/s
Portata specifica scaricata su area totale	10.00	l/s*ha
Durata critica	6.17	ore
Volume di invaso	28.72	mc
Volume di invaso minimo	44.34	mc
Tempo di svuotamento	24.64	ore

Tabella 13 – Volume della vasca di laminazione e dimensioni della sezione (h: altezza sezione trapezia; b1: base inferiore della sezione; B1: base superiore della sezione)

<b>Volume Invaso Pista 1</b>	<b>50</b>	mc
L fosso	50	m
A fosso	1.00	mq
h fosso	0.5	m
b1	1.50	m
B1	2.50	m



### Vasca P3 (Tratto Pista 3)

Il tratto di pista in studio prevede la trasformazione della permeabilità della superficie come indicato nelle tabelle seguenti.

L'applicazione della metodologia sopra indicata porta ad individuare i seguenti volumi di laminazione:

- Applicazione della formula semplificata della DGR 53/2014: 167 mc;
- Applicazione del coefficiente di dimensionamento pari a 350 mc/ha: 66 mc;
- Applicazione del metodo delle piogge: 108 mc.

Individuato in 167 mc il volume massimo di laminazione derivante dall'applicazione dei tre metodi sopra menzionati, si sceglie di realizzare un **volume di progetto pari a 170 mc**.

Ipotizzando di realizzare una vasca lineare di forma trapezoidale con sponde con pendenza 1:1, **le dimensioni della sezione** divengono pari a circa 4 m in sommità (base maggiore B1) e 3 m al fondo (base minore b1).

Tale volume di acqua viene in realtà accumulato in una vasca di dimensioni maggiori rispetto a quanto sopra indicato, avente larghezza in sommità pari a 6 m; la distribuzione su una superficie maggiore del volume d'acqua porta ad avere un tirante idrico analogo a quanto mostrato per Vasca P1.

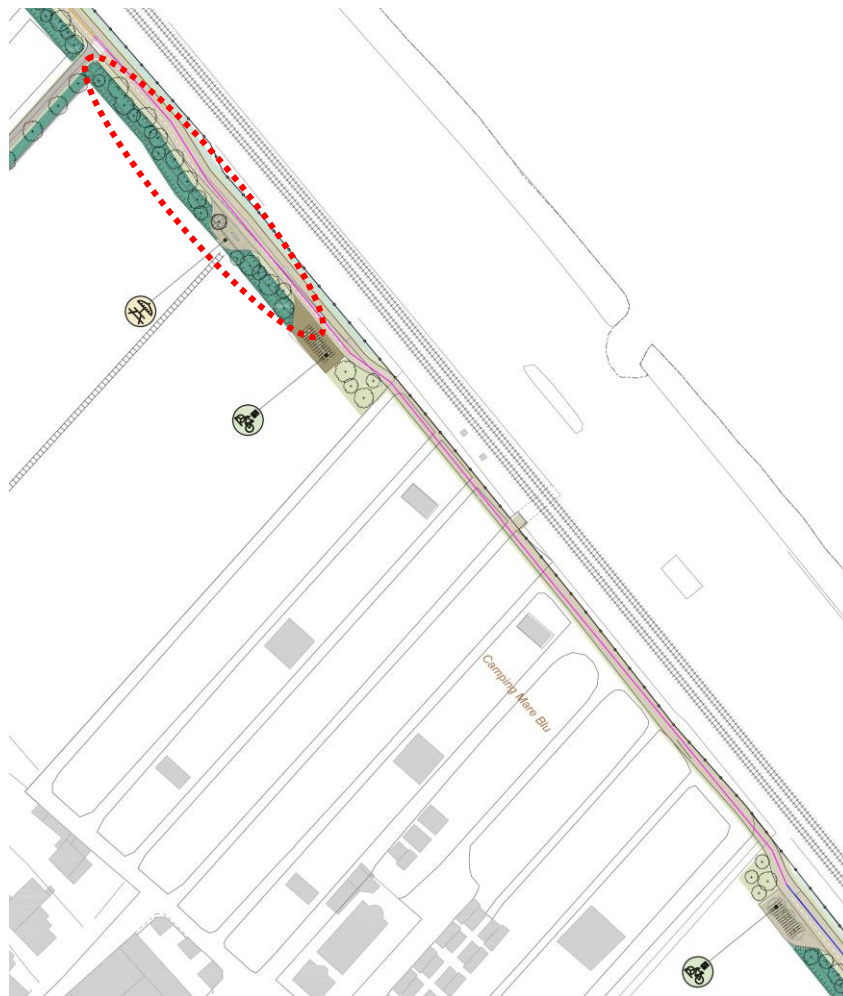


Figura 12 – Vasca P3 (Tratto Pista 3)

Tabella 14 – Tipologia superfici in progetto

	m	m	mq	materiale
<b>Pista 3</b>	330	5	1650	cls drenante
Area sosta C			150	drenante
Area sosta D			90	drenante
			<b>1890</b>	

Tabella 15 – Calcolo del volume minimo di invaso: 1) Applicazione della formula DGR 53/2014; 2) Applicazione del coefficiente parametrico 350 mc/ha

<b>1) w0 (mc/ha)</b>	50.00
fi	0.90
fi0	0.20
n	0.48
l (%)	1.00
P (%)	0.00
a fi/fi0	4.50
b 1/(1-n)	1.92
15*I	15.00
w0*P	0.00
a^b	18.04
w (mc/ha)	886.88
S (ha)	0.19
<b>V (mc)</b>	<b>167.62</b>

<b>2) Wmin (mc/ha)</b>	350
<b>Vmin (mc)</b>	<b>66.15</b>

Tabella 16 – Calcolo del volume di laminazione mediante il metodo delle piogge

STATO DI FATTO		
Tipologia del suolo	superficie mq	$\phi$
impermeabile		1.00
semipermeabile		0.90
verde	1890.00	0.20
<b>Totale area</b>	<b>1890.00</b>	<b>0.20</b>

STATO DI PROGETTO		
Tipologia del suolo	superficie mq	$\phi$
impermeabile		1.00
semipermeabile	1890.00	0.90
verde		0.20
<b>Totale area</b>	<b>1890.00</b>	<b>0.90</b>

$\phi =$	0.90	<b>tr 50</b>
a =	53.2700	
n =	0.2790	
S =	1890.00	mq
(Invaso minimo)	167.62	mc

METODO CINEMATICO PER CALCOLO t pioggia		
Portata specifica scaricata su area impermeabilizzata	10	l/s*ha
Q scaricata	1.89	l/s
Portata scaricata totale	0.00189	mc/s
Portata specifica scaricata su area totale	10.00	l/s*ha
Durata critica	6.17	ore
Volume di vasca	108.57	mc
Volume di vasca minimo	167.62	mc
Tempo di svuotamento	24.64	ore

Tabella 17 – Volume della vasca di laminazione e dimensioni della sezione (h: altezza sezione trapezia; b1: base inferiore della sezione; B1: base superiore della sezione)

<b>Volume Invaso Pista 1</b>	<b>170</b>	mc
L fosso	95	m
A fosso	1.79	mq
h fosso	0.5	m
b1	3.08	m
B1	4.08	m

## Vasca P4 (Tratto Pista 4)

Il tratto di pista in studio prevede la trasformazione della permeabilità della superficie come indicato nelle tabelle seguenti.

L'applicazione della metodologia sopra indicata porta ad individuare i seguenti volumi di laminazione:

- Applicazione della formula semplificata della DGR 53/2014: 442 mc;
- Applicazione del coefficiente di dimensionamento pari a 350 mc/ha: 173 mc;
- Applicazione del metodo delle piogge: 286 mc.

Individuato in 442 mc il volume massimo di laminazione derivante dall'applicazione dei tre metodi sopra menzionati, si sceglie di realizzare un **volume di progetto pari a 450 mc**.

Ipotizzando di realizzare una vasca lineare di forma trapezoidale con sponde con pendenza 1:1, **le dimensioni della sezione** divengono pari a circa 4 m in sommità (base maggiore B1) e 3 m al fondo (base minore b1).

Tale volume di acqua viene in realtà accumulato in una vasca di dimensioni maggiori rispetto a quanto sopra indicato, avente larghezza in sommità pari a 6 m; la distribuzione su una superficie maggiore del volume d'acqua porta ad avere un tirante idrico analogo a quanto mostrato per Vasca P1.

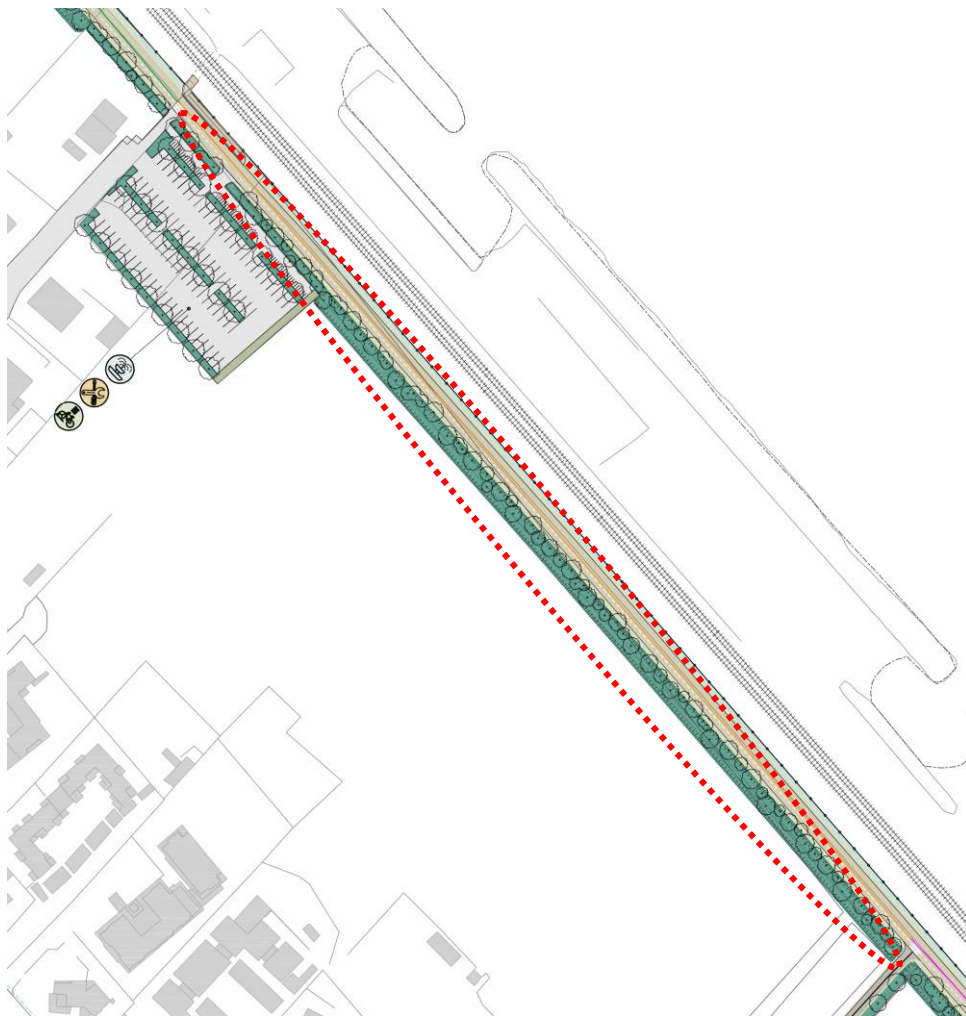


Figura 13 – Vasca P4 (Tratto Pista 4)

Tabella 18 – Tipologia superfici in progetto

<b>Pista 4</b>	350	5	1750	cls drenante
Parcheggio 1			3130	drenante
Sottopasso			90	asfalto
			<b>4970</b>	

Tabella 19 – Calcolo del volume minimo di invaso: 1) Applicazione della formula DGR 53/2014; 2) Applicazione del coefficiente parametrico 350 mc/ha

<b>1)</b>	w0 (mc/ha)	50
	fi	0.90
	fi0	0.20
	n	0.48
	I (%)	1
	P (%)	0
	a fi/fi0	4.5091
	b 1/(1-n)	1.9231
	15*I	15
	w0*P	0
	a^b	18.107
	w (mc/ha)	890.37
	S (ha)	0.497
	<b>V (mc)</b>	<b>442.51</b>
<b>2)</b>	<b>Wmin (mc/ha)</b>	<b>350</b>
	<b>Vmin (mc)</b>	<b>173.95</b>

Tabella 20 – Calcolo del volume di laminazione mediante il metodo delle piogge

STATO DI FATTO		
Tipologia del suolo	superficie mq	$\phi$
impermeabile		1.00
semipermeabile		0.90
verde	4970.00	0.20
<b>Totale area</b>	<b>4970.00</b>	<b>0.20</b>

STATO DI PROGETTO		
Tipologia del suolo	superficie mq	$\phi$
impermeabile	90.00	1.00
semipermeabile	4880.00	0.90
verde		0.20
<b>Totale area</b>	<b>4970.00</b>	<b>0.902</b>

$\phi =$	0.90	<b>tr 50</b>
a =	53.2700	
n =	0.2790	
S =	4970.00	mq
(Invaso minimo)	442.51	mc

METODO CINEMATICO PER CALCOLO t pioggia		
Portata specifica scaricata su area impermeabilizzata	10	l/s*ha
Q scaricata	4.97	l/s
Portata scaricata totale	0.00497	mc/s
Portata specifica scaricata su area totale	10.00	l/s*ha
Durata critica	6.19	ore
Volume di invaso	286.29	mc
Volume di invaso minimo	442.51	mc
Tempo di svuotamento	24.73	ore

Tabella 21 – Volume della vasca di laminazione e dimensioni della sezione (h: altezza sezione trapezia; b1: base inferiore della sezione; B1: base superiore della sezione)

<b>Volume Invaso Pista 4</b>	<b>450</b>	mc
L fosso	280	m
A fosso	1.61	mq
h fosso	0.5	m
b1	2.71	m
B1	3.71	m

## Vasca P5 (Tratto Pista 5)

Il tratto di pista in studio prevede la trasformazione della permeabilità della superficie come indicato nelle tabelle seguenti.

L'applicazione della metodologia sopra indicata porta ad individuare i seguenti volumi di laminazione:

- Applicazione della formula semplificata della DGR 53/2014: 417 mc;
- Applicazione del coefficiente di dimensionamento pari a 350 mc/ha: 164 mc;
- Applicazione del metodo delle piogge: 270 mc.

Individuato in 417 mc il volume massimo di laminazione derivante dall'applicazione dei tre metodi sopra menzionati, si sceglie di realizzare un **volume di progetto pari a 420 mc**.

Ipotizzando di realizzare una vasca lineare di forma trapezoidale con sponde con pendenza 1:1, **le dimensioni della sezione** divengono pari a circa 3 m in sommità (base maggiore B1) e 2 m al fondo (base minore b1).

Tale volume di acqua viene in realtà accumulato in una vasca di dimensioni maggiori rispetto a quanto sopra indicato, avente larghezza in sommità pari a 6 m; la distribuzione su una superficie maggiore del volume d'acqua porta ad avere un tirante idrico analogo a quanto mostrato per Vasca P1.

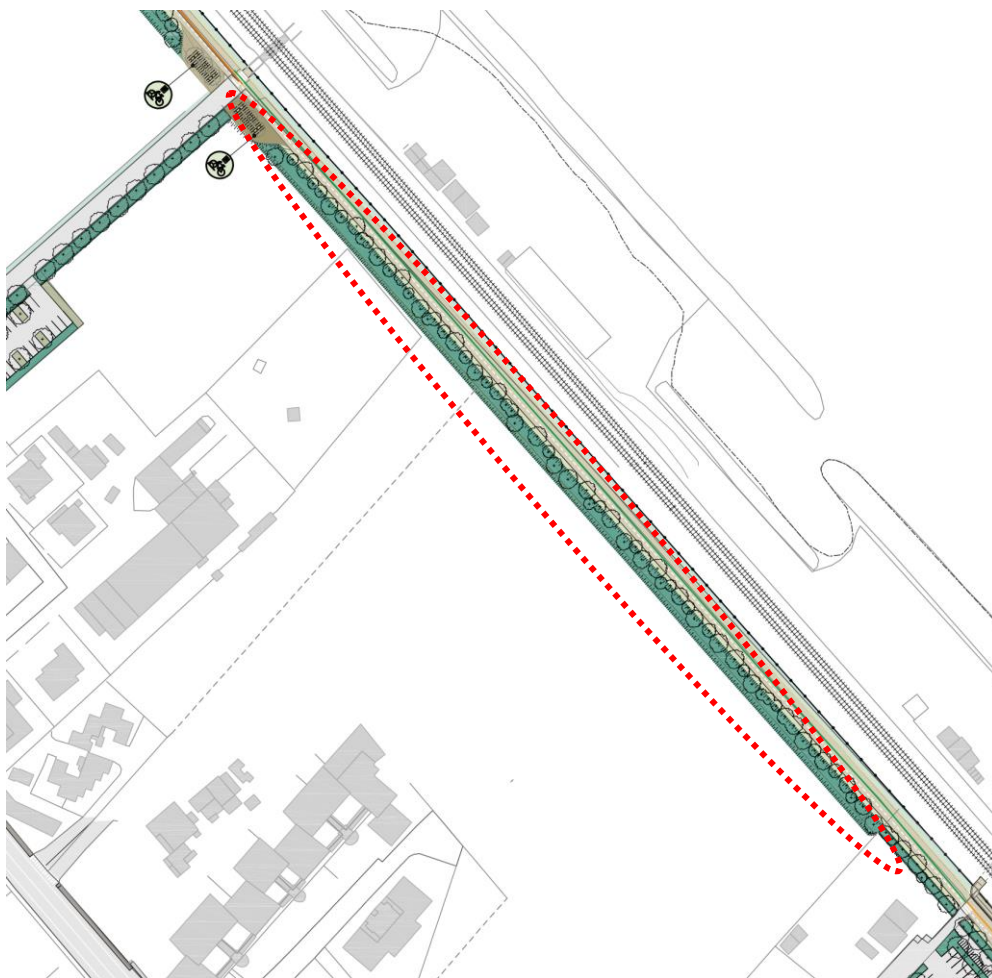


Figura 14 – Vasca P5 (Tratto Pista 5)

Tabella 22 – Tipologia superfici in progetto

<b>Pista 5</b>	365	5	1825	cls drenante
Area sosta E			150	drenante
Parcheggio 2			1370	drenante
Parcheggio 3			1360	drenante
			<b>4705</b>	

Tabella 23 – Calcolo del volume minimo di invaso: 1) Applicazione della formula DGR 53/2014; 2) Applicazione del coefficiente parametrico 350 mc/ha

<b>1)</b>	w0 (mc/ha)	50
	fi	0.90
	fi0	0.20
	n	0.48
	I (%)	1
	P (%)	0
	a fi/fi0	4.5
	b 1/(1-n)	1.9231
	15*I	15
	w0*P	0
	a^b	18.038
	w (mc/ha)	886.88
	S (ha)	0.4705
	<b>V (mc)</b>	<b>417.28</b>
<b>2)</b>	<b>Wmin (mc/ha)</b>	350
	<b>Vmin (mc)</b>	<b>164.68</b>



Tabella 24 – Calcolo del volume di laminazione mediante il metodo delle piogge

<b>STATO DI FATTO</b>		
<b>Tipologia del suolo</b>	<b>superficie mq</b>	<b><math>\phi</math></b>
impermeabile		1.00
semipermeabile		0.90
verde	4705.00	0.20
<b>Totale area</b>	<b>4705.00</b>	<b>0.20</b>

<b>STATO DI PROGETTO</b>		
<b>Tipologia del suolo</b>	<b>superficie mq</b>	<b><math>\phi</math></b>
impermeabile		1.00
semipermeabile	4705.00	0.90
verde		0.20
<b>Totale area</b>	<b>4705.00</b>	<b>0.900</b>

$\phi =$	0.90	<b>tr 50</b>
a =	53.2700	
n =	0.2790	
S =	4705.00	mq
(Invaso minimo)	417.28	mc

<b>METODO CINEMATICO PER CALCOLO t pioggia</b>		
Portata specifica scaricata su area impermeabilizzata	10	l/s*ha
Q scaricata	4.71	l/s
Portata scaricata totale	0.00471	mc/s
Portata specifica scaricata su area totale	10.00	l/s*ha
Durata critica	6.17	ore
Volume di invaso	270.27	mc
Volume di invaso minimo	417.28	mc
Tempo di svuotamento	24.64	ore

Tabella 25 – Volume della vasca di laminazione e dimensioni della sezione (h: altezza sezione trapezia; b1: base inferiore della sezione; B1: base superiore della sezione)

<b>Volume Invaso Pista 5</b>	<b>420</b>	mc
L fosso	300	m
A fosso	1.40	mq
h fosso	0.5	m
b1	2.30	m
B1	3.30	m

## Vasca P6 (Tratto Pista 6)

Il tratto di pista in studio prevede la trasformazione della permeabilità della superficie come indicato nelle tabelle seguenti.

L'applicazione della metodologia sopra indicata porta ad individuare i seguenti volumi di laminazione:

- Applicazione della formula semplificata della DGR 53/2014: 124 mc;
- Applicazione del coefficiente di dimensionamento pari a 350 mc/ha: 49 mc;
- Applicazione del metodo delle piogge: 80 mc.

Individuato in 124 mc il volume massimo di laminazione derivante dall'applicazione dei tre metodi sopra menzionati, si sceglie di realizzare un **volume di progetto pari a 125 mc**.

Ipotizzando di realizzare una vasca lineare di forma trapezoidale con sponde con pendenza 1:1, **le dimensioni della sezione** divengono pari a circa 1,6 m in sommità (base maggiore B1) e 0,6 m al fondo (base minore b1).

Tale volume di acqua viene in realtà accumulato in una vasca di dimensioni maggiori rispetto a quanto sopra indicato, avente larghezza in sommità pari a 6 m; la distribuzione su una superficie maggiore del volume d'acqua porta ad avere un tirante idrico analogo a quanto mostrato per Vasca P1.

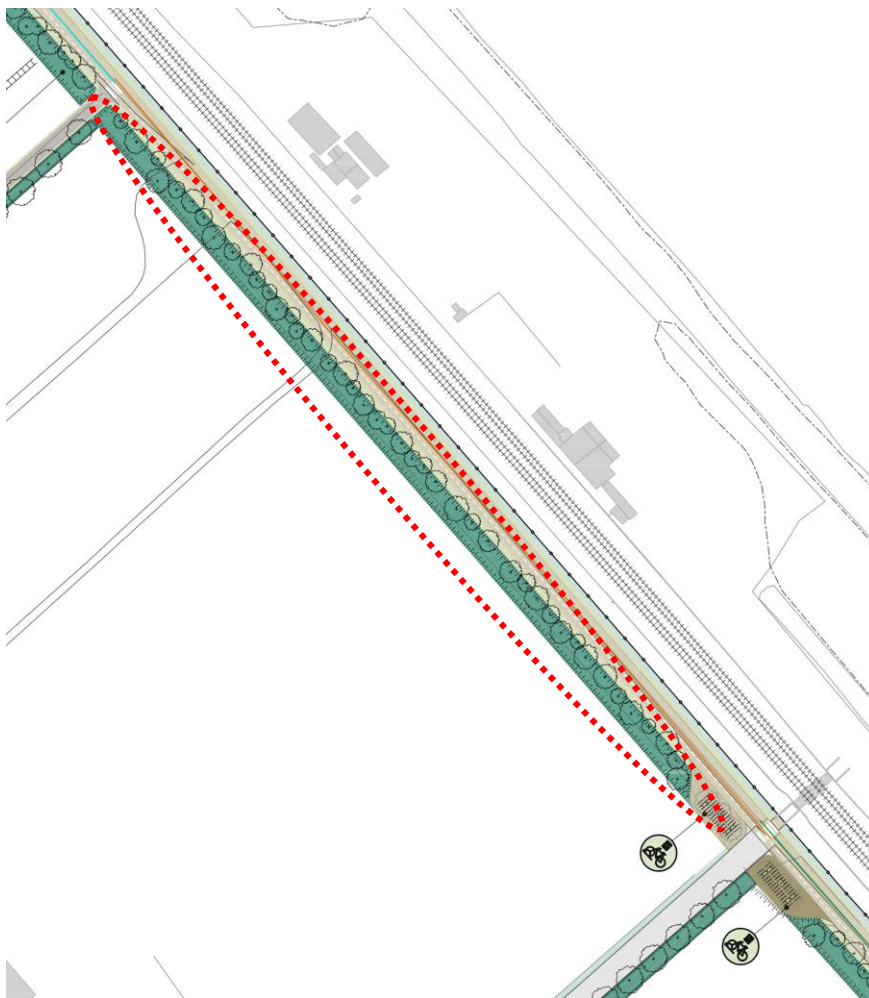


Figura 15 – Vasca P6 (Tratto Pista 6)

Tabella 26 – Tipologia superfici in progetto

<b>Pista 6</b>	250	5	1250	cls drenante
Area sosta F			150	drenante
			<b>1400</b>	

Tabella 27 – Calcolo del volume minimo di invaso: 1) Applicazione della formula DGR 53/2014; 2) Applicazione del coefficiente parametrico 350 mc/ha

<b>1) w0 (mc/ha)</b>	50
fi	0.90
fi0	0.20
n	0.48
I (%)	1
P (%)	0
a fi/fi0	4.5
b 1/(1-n)	1.9231
15*I	15
w0*P	0
a^b	18.038
w (mc/ha)	886.88
S (ha)	0.14
<b>V (mc)</b>	<b>124.16</b>
<b>2) Wmin (mc/ha)</b>	350
<b>Vmin (mc)</b>	<b>49</b>

## Vasca P7 (Tratto Pista 7)

Il tratto di pista in studio prevede la trasformazione della permeabilità della superficie come indicato nelle tabelle seguenti.

L'applicazione della metodologia sopra indicata porta ad individuare i seguenti volumi di laminazione:

- Applicazione della formula semplificata della DGR 53/2014: 243 mc;
- Applicazione del coefficiente di dimensionamento pari a 350 mc/ha: 96 mc;
- Applicazione del metodo delle piogge: 157 mc.

Individuato in 243mc il volume massimo di laminazione derivante dall'applicazione dei tre metodi sopra menzionati, si sceglie di realizzare un **volume di progetto pari a 250 mc**.

Ipotizzando di realizzare una vasca lineare di forma trapezoidale con sponde con pendenza 1:1, **le dimensioni della sezione** divengono pari a circa 1,5 m in sommità (base maggiore B1) e 0,5 m al fondo (base minore b1).

Tale volume di acqua viene in realtà accumulato in una vasca di dimensioni maggiori rispetto a quanto sopra indicato, avente larghezza in sommità pari a 6 m; la distribuzione su una superficie maggiore del volume d'acqua porta ad avere un tirante idrico analogo a quanto mostrato per Vasca P1.

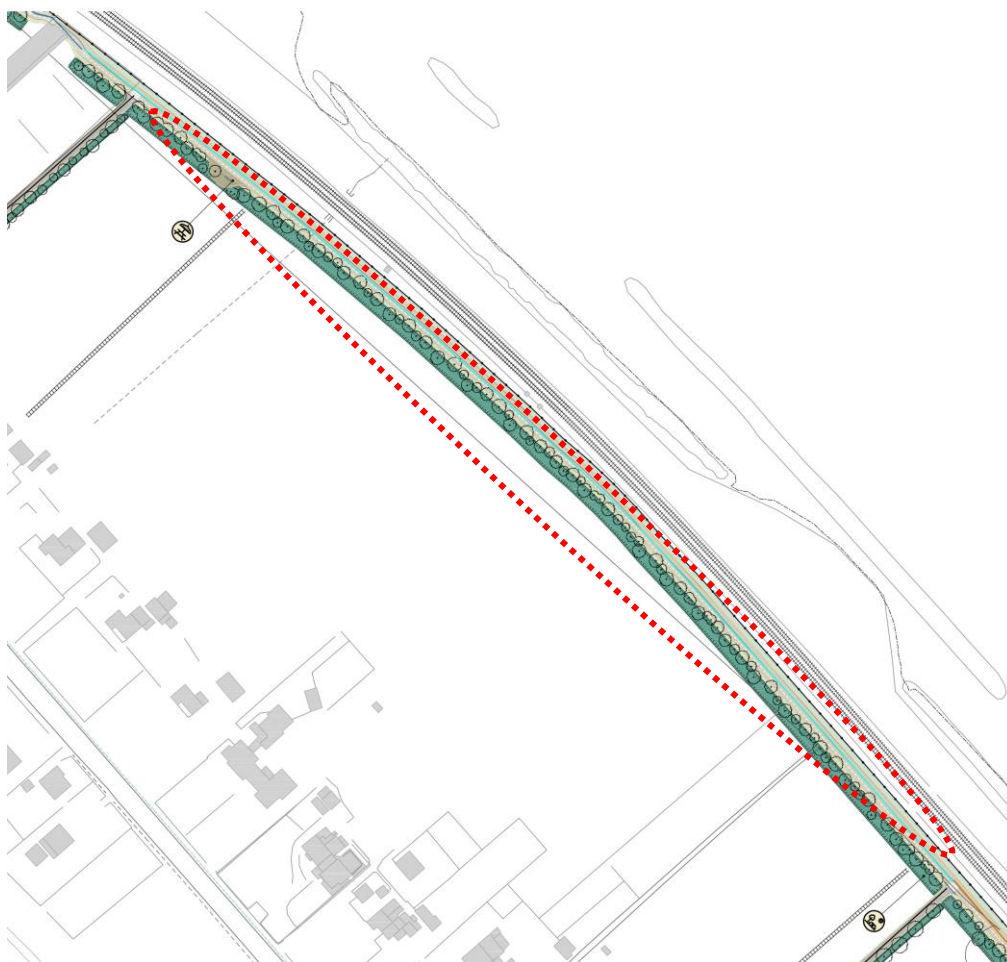


Figura 16 – Vasca P7 (Tratto Pista 7)

Tabella 28 – Tipologia superfici in progetto

<b>Pista 7</b>	520	5	2600	cls drenante
Area sosta G			150	drenante
			<b>2750</b>	

Tabella 29 – Calcolo del volume minimo di invaso: 1) Applicazione della formula DGR 53/2014; 2) Applicazione del coefficiente parametrico 350 mc/ha

<b>1)</b>	w0 (mc/ha)	50
	fi	0.90
	fi0	0.20
	n	0.48
	I (%)	1
	P (%)	0
a	fi/fi0	4.5
b	1/(1-n)	1.9231
	15*I	15
	w0*P	0
	a^b	18.038
	w (mc/ha)	886.88
	S (ha)	0.275
	<b>V (mc)</b>	<b>243.89</b>
<b>2)</b>	<b>Wmin (mc/ha)</b>	350
	<b>Vmin (mc)</b>	<b>96.25</b>

Tabella 30 – Calcolo del volume di laminazione mediante il metodo delle piogge

STATO DI FATTO		
Tipologia del suolo	superficie mq	$\phi$
impermeabile		1.00
semipermeabile		0.90
verde	2750.00	0.20
<b>Totale area</b>	<b>2750.00</b>	<b>0.20</b>

STATO DI PROGETTO		
Tipologia del suolo	superficie mq	$\phi$
impermeabile		1.00
semipermeabile	2750.00	0.90
verde		0.20
<b>Totale area</b>	<b>2750.00</b>	<b>0.900</b>

$\phi =$	0.90	<b>tr 50</b>
a =	53.2700	
n =	0.2790	
S =	2750.00	mq
(Invaso minimo)	243.89	mc

METODO CINEMATICO PER CALCOLO t pioggia		
Portata specifica scaricata su area impermeabilizzata	10	l/s*ha
Q scaricata	2.75	l/s
Portata scaricata totale	0.00275	mc/s
Portata specifica scaricata su area totale	10.00	l/s*ha
Durata critica	6.17	ore
Volume di invaso	157.97	mc
Volume di invaso minimo	243.89	mc
Tempo di svuotamento	24.64	ore

Tabella 31 – Volume della vasca di laminazione e dimensioni della sezione (h: altezza sezione trapezia; b1: base inferiore della sezione; B1: base superiore della sezione)

<b>Volume Invaso Pista 7</b>	<b>250</b>	mc
L fosso	520	m
A fosso	0.48	mq
h fosso	0.5	m
b1	0.46	m
B1	1.46	m

## Vasca P8 (Tratto Pista 8)

Il tratto di pista in studio prevede la trasformazione della permeabilità della superficie come indicato nelle tabelle seguenti.

L'applicazione della metodologia sopra indicata porta ad individuare i seguenti volumi di laminazione:

- Applicazione della formula semplificata della DGR 53/2014: 117 mc;
- Applicazione del coefficiente di dimensionamento pari a 350 mc/ha: 46 mc;
- Applicazione del metodo delle piogge: 76 mc.

Individuato in 117 mc il volume massimo di laminazione derivante dall'applicazione dei tre metodi sopra menzionati, si sceglie di realizzare un **volume di progetto pari a 120 mc**.

Ipotizzando di realizzare una vasca lineare di forma trapezoidale con sponde con pendenza 1:1, **le dimensioni della sezione** divengono pari a circa 1,5 m in sommità (base maggiore B1) e 0,5 m al fondo (base minore b1).

Tale volume di acqua viene in realtà accumulato in una vasca di dimensioni maggiori rispetto a quanto sopra indicato, avente larghezza in sommità pari a 6 m; la distribuzione su una superficie maggiore del volume d'acqua porta ad avere un tirante idrico analogo a quanto mostrato per Vasca P1.

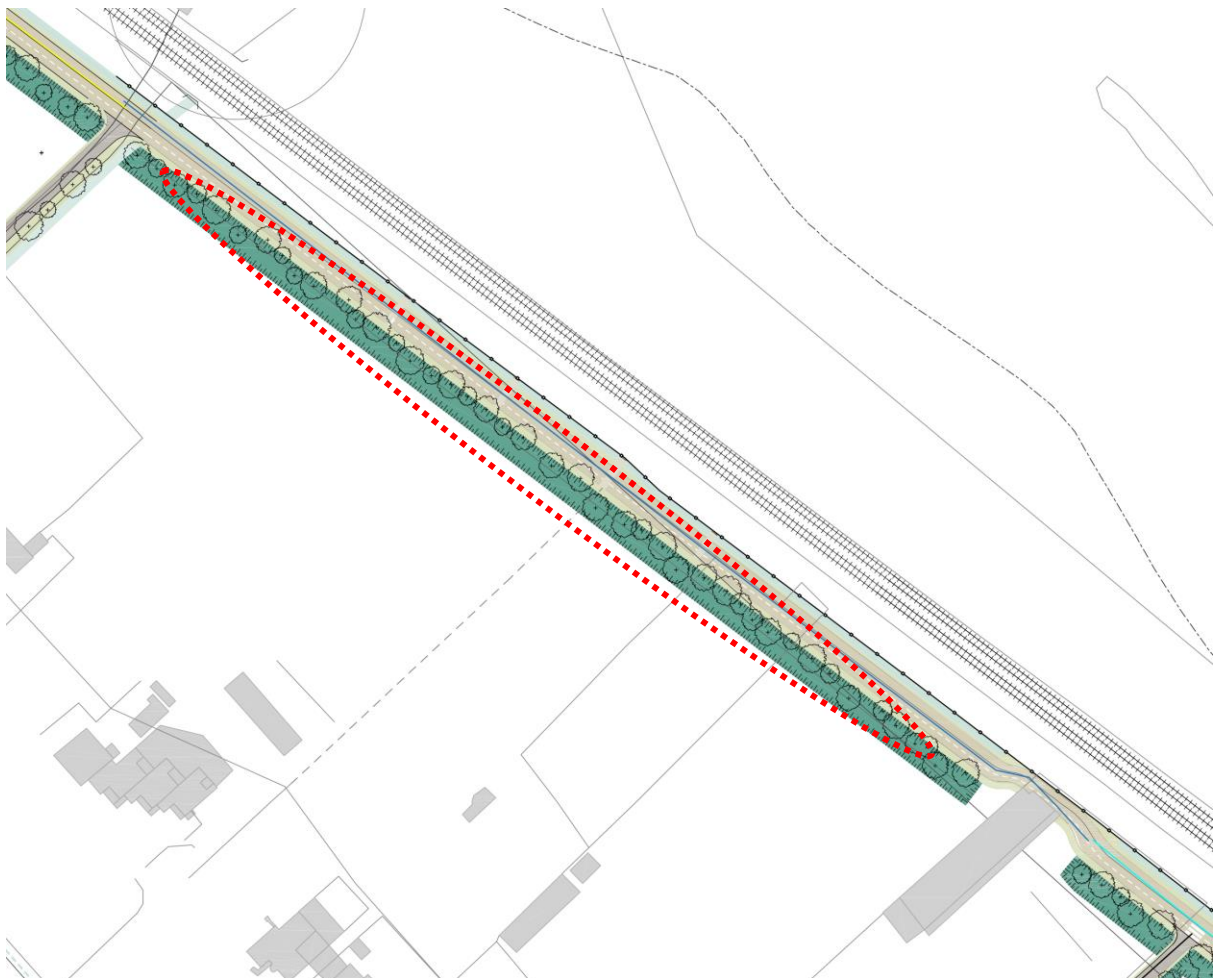


Figura 17 – Vasca P8 (Tratto Pista 8)

Tabella 32 – Tipologia superfici in progetto

<b>Pista 8</b>	265	5	<b>1325</b> cls drenante
----------------	-----	---	--------------------------

Tabella 33 – Calcolo del volume minimo di invaso: 1) Applicazione della formula DGR 53/2014; 2) Applicazione del coefficiente parametrico 350 mc/ha

<b>1)</b>	w0 (mc/ha)	50
	fi	0.90
	fi0	0.20
	n	0.48
	I (%)	1
	P (%)	0
<b>a</b>	fi/fi0	4.5
<b>b</b>	1/(1-n)	1.9231
	15*I	15
	w0*P	0
	a^b	18.038
	w (mc/ha)	886.88
	S (ha)	0.1325
	<b>V (mc)</b>	<b>117.51</b>
<b>2)</b>	<b>Wmin (mc/ha)</b>	350
	<b>Vmin (mc)</b>	<b>46.375</b>



Tabella 34 – Calcolo del volume di laminazione mediante il metodo delle piogge

STATO DI FATTO		
Tipologia del suolo	superficie mq	$\phi$
impermeabile		1.00
semipermeabile		0.90
verde	1325.00	0.20
<b>Totale area</b>	<b>1325.00</b>	<b>0.20</b>

STATO DI PROGETTO		
Tipologia del suolo	superficie mq	$\phi$
impermeabile		1.00
semipermeabile	1325.00	0.90
verde		0.20
<b>Totale area</b>	<b>1325.00</b>	<b>0.900</b>

$\phi =$	0.90	<b>tr 50</b>
a =	53.2700	
n =	0.2790	
S =	1325.00	mq
(Invaso minimo)	117.51	mc

METODO CINEMATICO PER CALCOLO t pioggia		
Portata specifica scaricata su area impermeabilizzata	10	l/s*ha
Q scaricata	1.33	l/s
Portata scaricata totale	0.00133	mc/s
Portata specifica scaricata su area totale	10.00	l/s*ha
Durata critica	6.17	ore
Volume di invaso	76.11	mc
Volume di invaso minimo	117.51	mc
Tempo di svuotamento	24.64	ore

Tabella 35 – Volume della vasca di laminazione e dimensioni della sezione (h: altezza sezione trapezia; b1: base inferiore della sezione; B1: base superiore della sezione)

<b>Volume Invaso Pista 8</b>	<b>120</b>	mc
L fosso	230	m
A fosso	0.52	mq
h fosso	0.5	m
b1	0.54	m
B1	1.54	m

## Vasca P9-10 (Tratto Pista 9-10)

Il tratto di pista in studio prevede la trasformazione della permeabilità della superficie come indicato nelle tabelle seguenti.

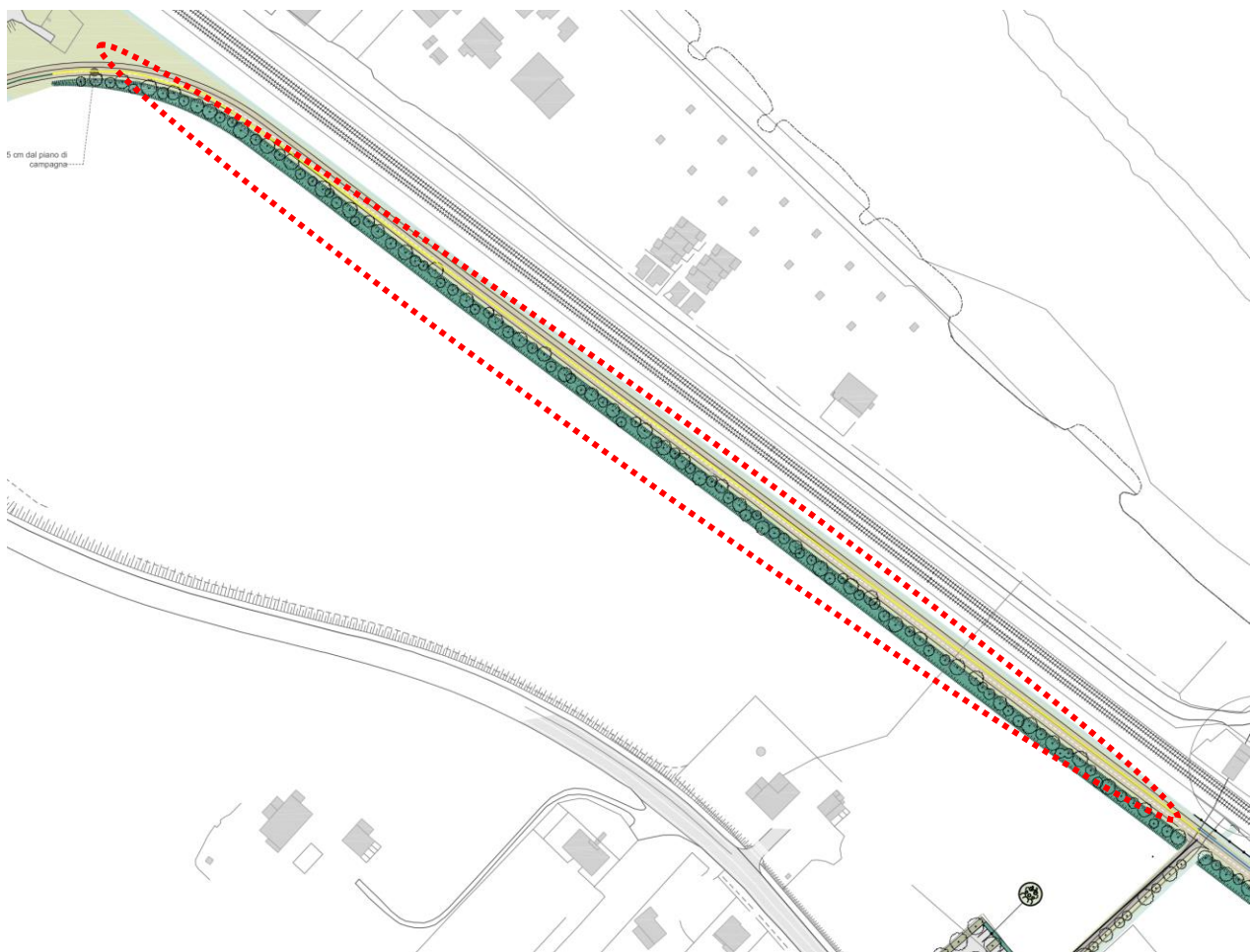
L'applicazione della metodologia sopra indicata porta ad individuare i seguenti volumi di laminazione:

- Applicazione della formula semplificata della DGR 53/2014: 640 mc;
- Applicazione del coefficiente di dimensionamento pari a 350 mc/ha: 249 mc;
- Applicazione del metodo delle piogge: 413 mc.

Individuato in 640 mc il volume massimo di laminazione derivante dall'applicazione dei tre metodi sopra menzionati, si sceglie di realizzare un **volume di progetto pari a 650 mc**.

Ipotizzando di realizzare una vasca lineare di forma trapezoidale con sponde con pendenza 1:1, **le dimensioni della sezione** divengono pari a circa 3 m in sommità (base maggiore B1) e 2 m al fondo (base minore b1).

Tale volume di acqua viene in realtà accumulato in una vasca di dimensioni maggiori rispetto a quanto sopra indicato, avente larghezza in sommità pari a 6 m; la distribuzione su una superficie maggiore del volume d'acqua porta ad avere un tirante idrico analogo a quanto mostrato per Vasca P1.



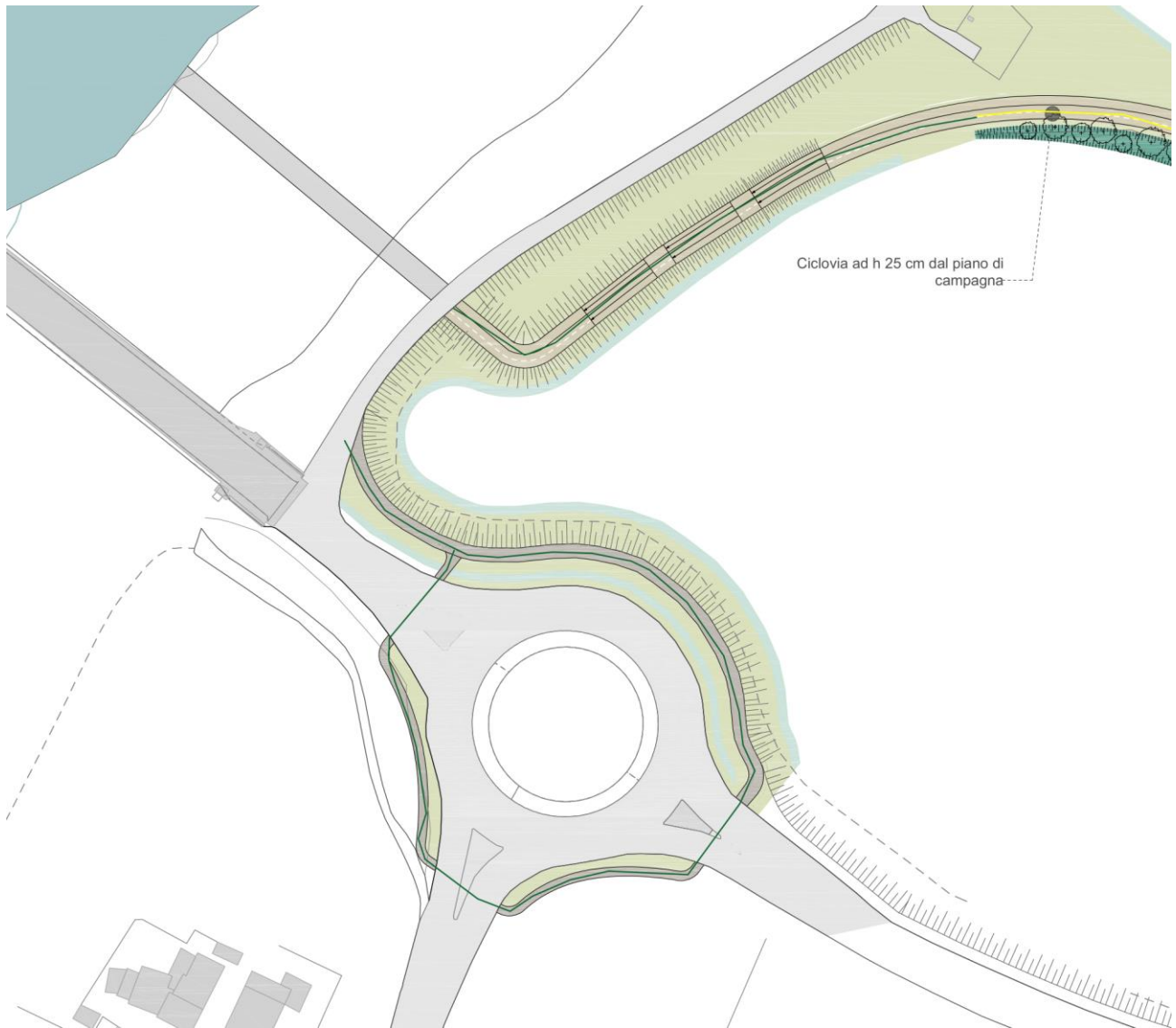


Figura 18 – In alto: Vasca P9-10 (Tratto Pista 9). In basso: Tratto Pista 10

Tabella 36 – Tipologia superfici in progetto

<b>Pista 9</b>	545	5	2725	cls drenante
Accesso 5	140	3	420	asfalto
Parcheggio 4			1890	drenante
			<b>5035</b>	
<b>Pista 10</b>	130	5	650	cls drenante
	290	5	1450	cls drenante
			<b>2100</b>	

Tabella 37 – Calcolo del volume minimo di invaso: 1) Applicazione della formula DGR 53/2014; 2) Applicazione del coefficiente parametrico 350 mc/ha

<b>1) w0 (mc/ha)</b>	50
fi	0.91
fi0	0.20
n	0.48
I (%)	1
P (%)	0
a fi/fi0	4.5294
b 1/(1-n)	1.9231
15*I	15
w0*P	0
a^b	18.265
w (mc/ha)	898.26
S (ha)	0.7135
<b>V (mc)</b>	<b>640.91</b>
<b>2) Wmin (mc/ha)</b>	350
<b>Vmin (mc)</b>	<b>249.73</b>

Tabella 38 – Calcolo del volume di laminazione mediante il metodo delle piogge

STATO DI FATTO		
Tipologia del suolo	superficie mq	$\phi$
impermeabile		1.00
semipermeabile		0.90
verde	7135.00	0.20
<b>Totale area</b>	<b>7135.00</b>	<b>0.20</b>

STATO DI PROGETTO		
Tipologia del suolo	superficie mq	$\phi$
impermeabile	420.00	1.00
semipermeabile	6715.00	0.90
verde		0.20
<b>Totale area</b>	<b>7135.00</b>	<b>0.906</b>

$\phi =$	0.91	<b>tr 50</b>
a =	53.2700	
n =	0.2790	
S =	7135.00	mq
(Invaso minimo)	640.91	mc

METODO CINEMATICO PER CALCOLO t pioggia		
Portata specifica scaricata su area impermeabilizzata	10	l/s*ha
Q scaricata	7.14	l/s
Portata scaricata totale	0.00714	mc/s
Portata specifica scaricata su area totale	10.00	l/s*ha
Durata critica	6.23	ore
Volume di invaso	413.58	mc
Volume di invaso minimo	640.91	mc
Tempo di svuotamento	24.95	ore

Tabella 39 – Volume della vasca di laminazione e dimensioni della sezione (h: altezza sezione trapezia; b1: base inferiore della sezione; B1: base superiore della sezione)

<b>Volumne Invaso Pista 9 e 10</b>	<b>650</b>	mc
L fosso	540	m
A fosso	1.20	mq
h fosso	0.5	m
b1	1.91	m
B1	2.91	m

## Vasca A1 (Accesso 1)

Il tratto di pista in studio prevede la trasformazione della permeabilità della superficie come indicato nelle tabelle seguenti.

L'applicazione della metodologia sopra indicata porta ad individuare i seguenti volumi di laminazione:

- Applicazione della formula semplificata della DGR 53/2014: 68 mc;
- Applicazione del coefficiente di dimensionamento pari a 350 mc/ha: 22 mc;
- Applicazione del metodo delle piogge: 41 mc.

Individuato in 68 mc il volume massimo di laminazione derivante dall'applicazione dei tre metodi sopra menzionati, si sceglie di realizzare un **volume di progetto pari a 70 mc**.

Ipotizzando di realizzare una vasca lineare di forma trapezoidale con sponde con pendenza 1:1, **le dimensioni della sezione** divengono pari a circa 1,2 m in sommità (base maggiore B1) e 0,2 m al fondo (base minore b1).

Tale volume di acqua viene in realtà accumulato in una vasca di dimensioni maggiori rispetto a quanto sopra indicato, avente larghezza in sommità pari a 3 m; la distribuzione su una superficie maggiore del volume d'acqua porta ad avere un tirante idrico analogo a quanto mostrato per Vasca P1.

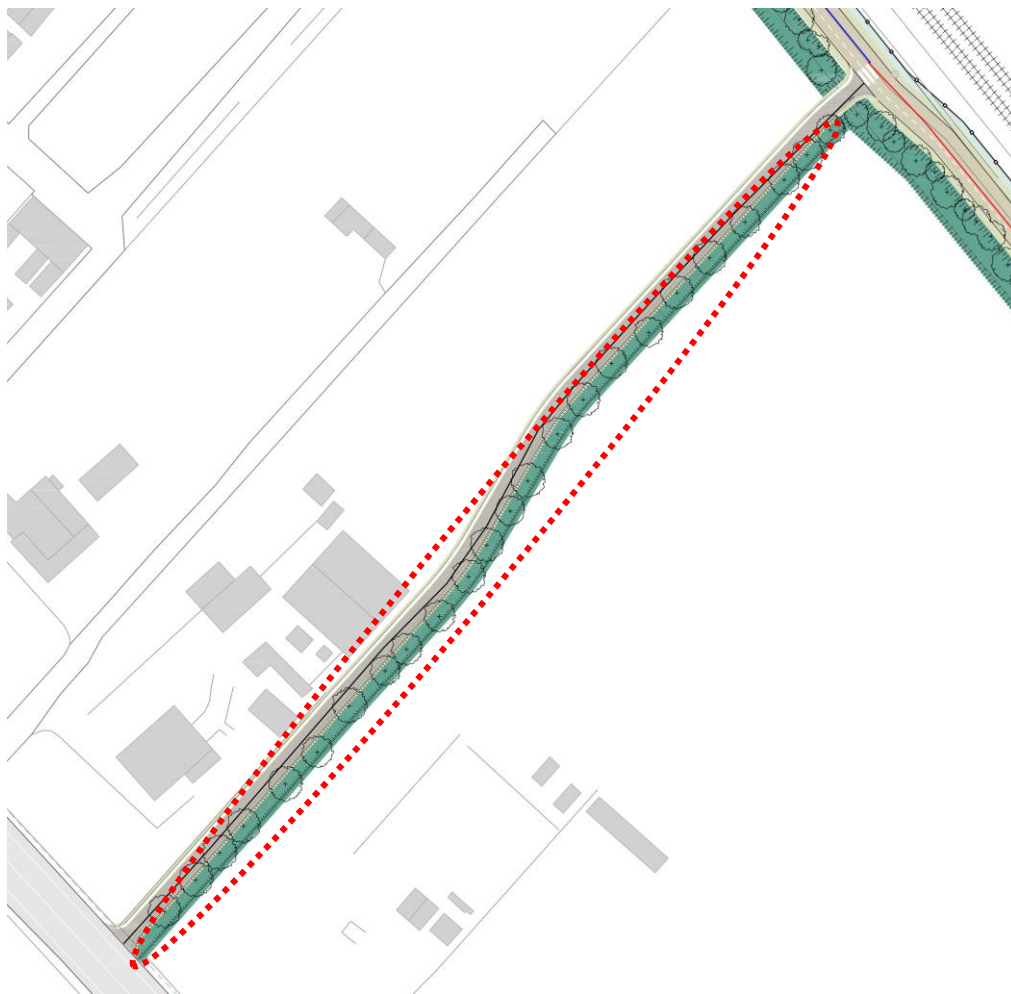


Figura 19 – Vasca A1 (Accesso 1)

Tabella 40 – Tipologia superfici in progetto

<b>Accesso 1</b>	210	3	<b>630</b> asfalto
------------------	-----	---	--------------------

Tabella 41 – Calcolo del volume minimo di invaso: 1) Applicazione della formula DGR 53/2014; 2) Applicazione del coefficiente parametrico 350 mc/ha

<b>1)</b>	w0 (mc/ha)	50
	fi	1.00
	fi0	0.20
	n	0.48
	I (%)	1
	P (%)	0
<b>a</b>	fi/fi0	5
<b>b</b>	1/(1-n)	1.9231
	15*I	15
	w0*P	0
	a^b	22.089
	w (mc/ha)	1089.4
	S (ha)	0.063
	<b>V (mc)</b>	<b>68.635</b>
<b>2)</b>	<b>Wmin (mc/ha)</b>	350
	<b>Vmin (mc)</b>	<b>22.05</b>

Tabella 42 – Calcolo del volume di laminazione mediante il metodo delle piogge

<b>STATO DI FATTO</b>		
<b>Tipologia del suolo</b>	<b>superficie mq</b>	<b><math>\phi</math></b>
impermeabile		1.00
semipermeabile		0.90
verde	630.00	0.20
<b>Totale area</b>	<b>630.00</b>	<b>0.20</b>

<b>STATO DI PROGETTO</b>		
<b>Tipologia del suolo</b>	<b>superficie mq</b>	<b><math>\phi</math></b>
impermeabile	630.00	1.00
semipermeabile		0.90
verde		0.20
<b>Totale area</b>	<b>630.00</b>	<b>1.000</b>

$\phi =$	1.00	<b>tr 50</b>
a =	53.2700	
n =	0.2790	
S =	630.00	mq
(Invaso minimo)	68.63	mc

<b>METODO CINEMATICO PER CALCOLO t pioggia</b>		
Portata specifica scaricata su area impermeabilizzata	10	l/s*ha
Q scaricata	0.63	l/s
Portata scaricata totale	0.00063	mc/s
Portata specifica scaricata su area totale	10.00	l/s*ha
Durata critica	7.15	ore
Volume di invaso	41.88	mc
Volume di invaso minimo	68.63	mc
Tempo di svuotamento	30.26	ore

Tabella 43 – Volume della vasca di laminazione e dimensioni della sezione (h: altezza sezione trapezia; b1: base inferiore della sezione; B1: base superiore della sezione)

<b>Volume Invaso Accesso 1</b>	<b>70</b>	mc
L fosso	210	m
A fosso	0.33	mq
h fosso	0.5	m
b1	0.17	m
B1	1.17	m



## Vasca A2 (Accesso 2)

Il tratto di pista in studio prevede la trasformazione della permeabilità della superficie come indicato nelle tabelle seguenti.

L'applicazione della metodologia sopra indicata porta ad individuare i seguenti volumi di laminazione:

- Applicazione della formula semplificata della DGR 53/2014: 49 mc;
- Applicazione del coefficiente di dimensionamento pari a 350 mc/ha: 15 mc;
- Applicazione del metodo delle piogge: 29 mc.

Individuato in 49 mc il volume massimo di laminazione derivante dall'applicazione dei tre metodi sopra menzionati, si sceglie di realizzare un **volume di progetto pari a 50 mc**.

Ipotizzando di realizzare una vasca lineare di forma trapezoidale con sponde con pendenza 1:1, **le dimensioni della sezione** divengono pari a circa 1,2 m in sommità (base maggiore B1) e 0,26 m al fondo (base minore b1).

Tale volume di acqua viene in realtà accumulato in una vasca di dimensioni maggiori rispetto a quanto sopra indicato, avente larghezza in sommità pari a 3 m; la distribuzione su una superficie maggiore del volume d'acqua porta ad avere un tirante idrico analogo a quanto mostrato per Vasca P1.

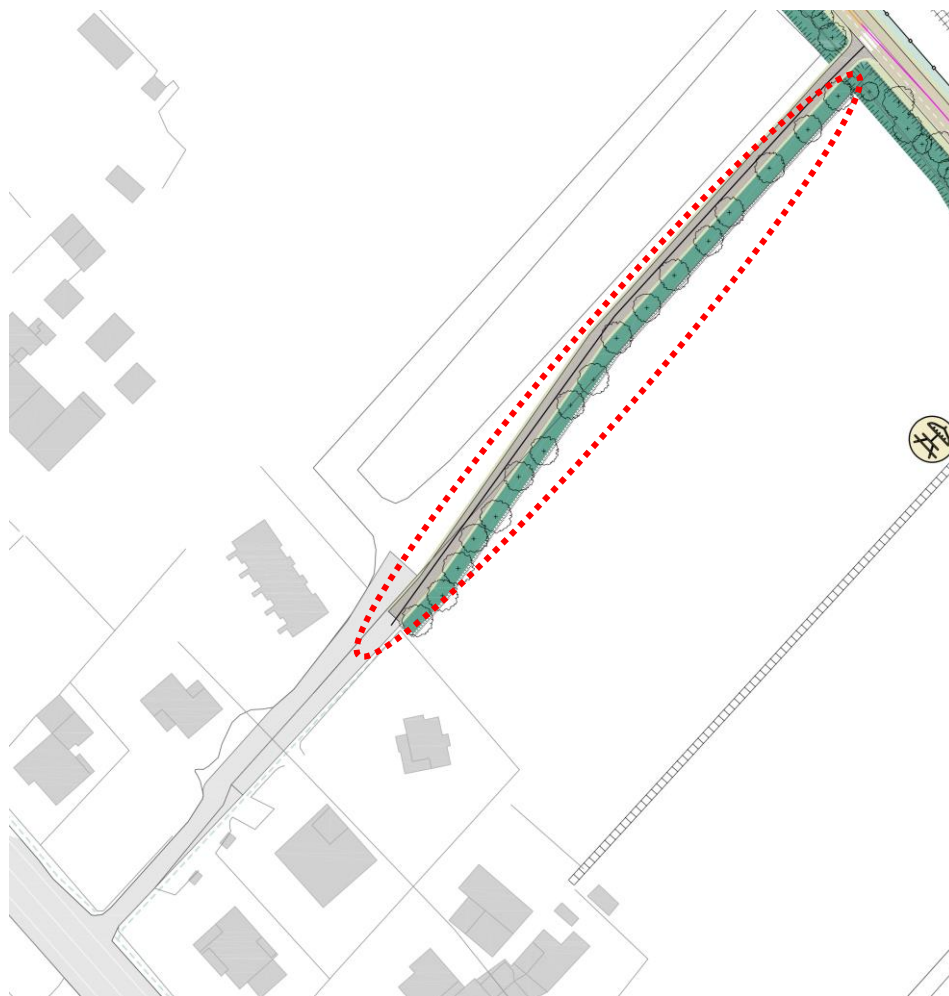


Figura 20 – Vasca A2 (Accesso 2)

Tabella 44 – Tipologia superfici in progetto

<b>Accesso 2</b>	150	3	<b>450</b> asfalto
------------------	-----	---	--------------------

Tabella 45 – Calcolo del volume minimo di invaso: 1) Applicazione della formula DGR 53/2014; 2) Applicazione del coefficiente parametrico 350 mc/ha

<b>1)</b>	w0 (mc/ha)	50
	fi	1.00
	fi0	0.20
	n	0.48
	I (%)	1
	P (%)	0
a	fi/fi0	5
b	1/(1-n)	1.9231
	15*I	15
	w0*P	0
	a^b	22.089
	w (mc/ha)	1089.4
	S (ha)	0.045
	<b>V (mc)</b>	<b>49.025</b>
<b>2)</b>	<b>Wmin (mc/ha)</b>	350
	<b>Vmin (mc)</b>	<b>15.75</b>

Tabella 46 – Calcolo del volume di laminazione mediante il metodo delle piogge

<b>STATO DI FATTO</b>		
<b>Tipologia del suolo</b>	<b>superficie mq</b>	<b><math>\phi</math></b>
impermeabile		1.00
semipermeabile		0.90
verde	450.00	0.20
<b>Totale area</b>	<b>450.00</b>	<b>0.20</b>

<b>STATO DI PROGETTO</b>		
<b>Tipologia del suolo</b>	<b>superficie mq</b>	<b><math>\phi</math></b>
impermeabile	450.00	1.00
semipermeabile		0.90
verde		0.20
<b>Totale area</b>	<b>450.00</b>	<b>1.000</b>

$\phi =$	1.00	<b>tr 50</b>
a =	53.2700	
n =	0.2790	
S =	450.00	mq
(Invaso minimo)	49.02	mc

<b>METODO CINEMATICO PER CALCOLO t pioggia</b>		
Portata specifica scaricata su area impermeabilizzata	10	l/s*ha
Q scaricata	0.45	l/s
Portata scaricata totale	0.00045	mc/s
Portata specifica scaricata su area totale	10.00	l/s*ha
Durata critica	7.15	ore
Volume di invaso	29.92	mc
Volume di invaso minimo	49.02	mc
Tempo di svuotamento	30.26	ore

Tabella 47 – Volume della vasca di laminazione e dimensioni della sezione (h: altezza sezione trapezia; b1: base inferiore della sezione; B1: base superiore della sezione)

<b>Volume Invaso Accesso 2</b>	<b>50</b>	mc
L fosso	150	m
A fosso	0.33	mq
h fosso	0.5	m
b1	0.17	m
B1	1.17	m

### Vasca A3 (Accesso 3)

Il tratto di pista in studio prevede la trasformazione della permeabilità della superficie come indicato nelle tabelle seguenti.

L'applicazione della metodologia sopra indicata porta ad individuare i seguenti volumi di laminazione:

- Applicazione della formula semplificata della DGR 53/2014: 62 mc;
- Applicazione del coefficiente di dimensionamento pari a 350 mc/ha: 19 mc;
- Applicazione del metodo delle piogge: 37 mc.

Individuato in 62 mc il volume massimo di laminazione derivante dall'applicazione dei tre metodi sopra menzionati, si sceglie di realizzare un **volume di progetto pari a 65 mc**.

Ipotizzando di realizzare una vasca lineare di forma trapezoidale con sponde con pendenza 1:1, **le dimensioni della sezione** divengono pari a circa 1,2 m in sommità (base maggiore B1) e 0,2 m al fondo (base minore b1).

Tale volume di acqua viene in realtà accumulato in una vasca di dimensioni maggiori rispetto a quanto sopra indicato, avente larghezza in sommità pari a 3 m; la distribuzione su una superficie maggiore del volume d'acqua porta ad avere un tirante idrico analogo a quanto mostrato per Vasca P1.

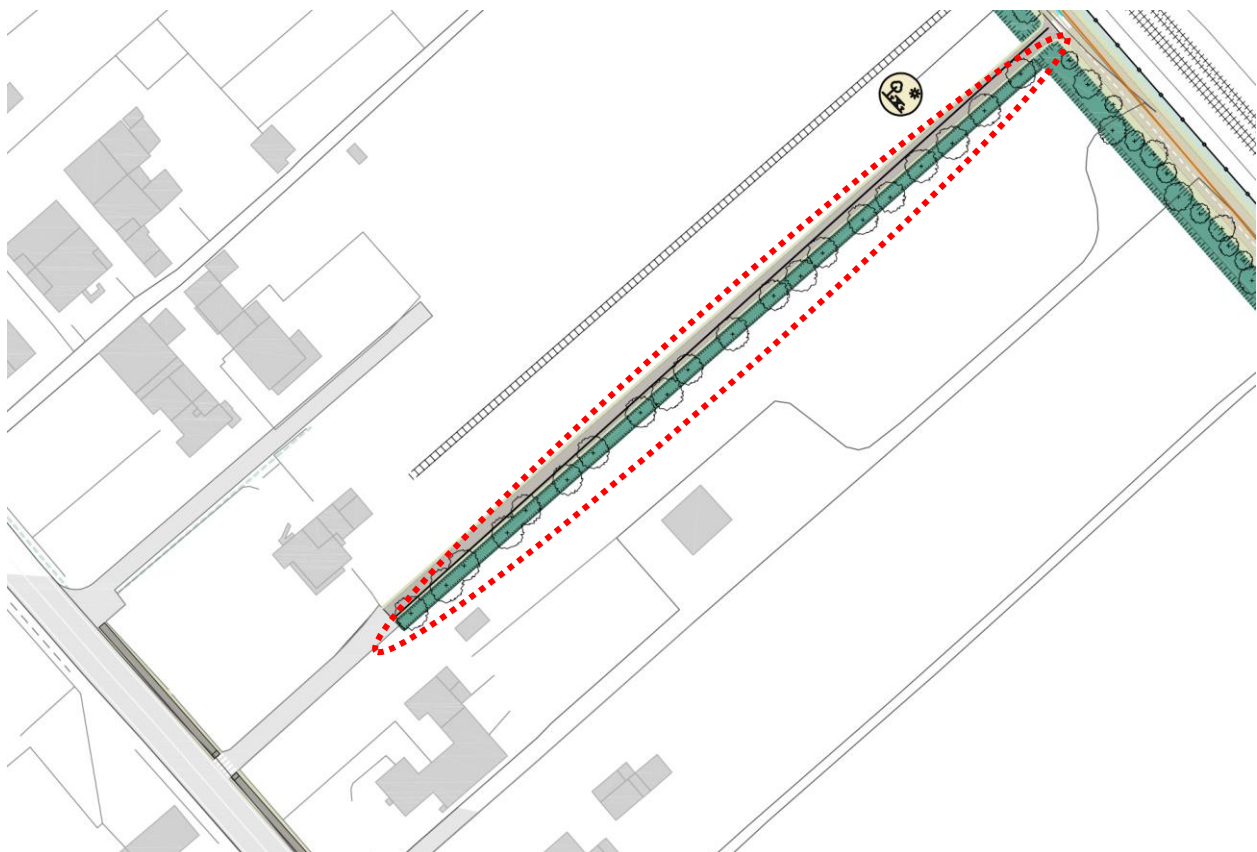


Figura 21 – Vasca A3 (Accesso 3)

Tabella 48 – Tipologia superfici in progetto

<b>Accesso 3</b>	190	3	<b>570</b> asfalto
------------------	-----	---	--------------------

Tabella 49 – Calcolo del volume minimo di invaso: 1) Applicazione della formula DGR 53/2014; 2) Applicazione del coefficiente parametrico 350 mc/ha

<b>1)</b>	w0 (mc/ha)	50
	fi	1.00
	fi0	0.20
	n	0.48
	I (%)	1
	P (%)	0
a	fi/fi0	5
b	1/(1-n)	1.9231
	15*I	15
	w0*P	0
	a^b	22.089
	w (mc/ha)	1089.4
	S (ha)	0.057
	<b>V (mc)</b>	<b>62.098</b>
<b>2)</b>	<b>Wmin (mc/ha)</b>	350
	<b>Vmin (mc)</b>	<b>19.95</b>

Tabella 50 – Calcolo del volume di laminazione mediante il metodo delle piogge

STATO DI FATTO		
Tipologia del suolo	superficie mq	$\phi$
impermeabile		1.00
semipermeabile		0.90
verde	570.00	0.20
<b>Totale area</b>	<b>570.00</b>	<b>0.20</b>

STATO DI PROGETTO		
Tipologia del suolo	superficie mq	$\phi$
impermeabile	570.00	1.00
semipermeabile		0.90
verde		0.20
<b>Totale area</b>	<b>570.00</b>	<b>1.000</b>

$\phi =$	1.00	<b>tr 50</b>
a =	53.2700	
n =	0.2790	
S =	570.00	mq
(Invaso minimo)	62.10	mc

METODO CINEMATICO PER CALCOLO t pioggia		
Portata specifica scaricata su area impermeabilizzata	10	l/s*ha
Q scaricata	0.57	l/s
Portata scaricata totale	0.00057	mc/s
Portata specifica scaricata su area totale	10.00	l/s*ha
Durata critica	7.15	ore
Volume di invaso	37.89	mc
Volume di invaso minimo	62.10	mc
Tempo di svuotamento	30.26	ore

Tabella 51 – Volume della vasca di laminazione e dimensioni della sezione (h: altezza sezione trapezia; b1: base inferiore della sezione; B1: base superiore della sezione)

<b>Volume Invaso Accesso 3</b>	<b>65</b>	mc
L fosso	190	m
A fosso	0.34	mq
h fosso	0.5	m
b1	0.18	m
B1	1.18	m

## Vasca A4 (Accesso 4)

Il tratto di pista in studio prevede la trasformazione della permeabilità della superficie come indicato nelle tabelle seguenti.

L'applicazione della metodologia sopra indicata porta ad individuare i seguenti volumi di laminazione:

- Applicazione della formula semplificata della DGR 53/2014: 58 mc;
- Applicazione del coefficiente di dimensionamento pari a 350 mc/ha: 18 mc;
- Applicazione del metodo delle piogge: 35 mc.

Individuato in 58 mc il volume massimo di laminazione derivante dall'applicazione dei tre metodi sopra menzionati, si sceglie di realizzare un **volume di progetto pari a 60 mc**.

Ipotizzando di realizzare una vasca lineare di forma trapezoidale con sponde con pendenza 1:1, **le dimensioni della sezione** divengono pari a circa 1,2 m in sommità (base maggiore B1) e 0,2 m al fondo (base minore b1).

Tale volume di acqua viene in realtà accumulato in una vasca di dimensioni maggiori rispetto a quanto sopra indicato, avente larghezza in sommità pari a 3 m; la distribuzione su una superficie maggiore del volume d'acqua porta ad avere un tirante idrico analogo a quanto mostrato per Vasca P1.

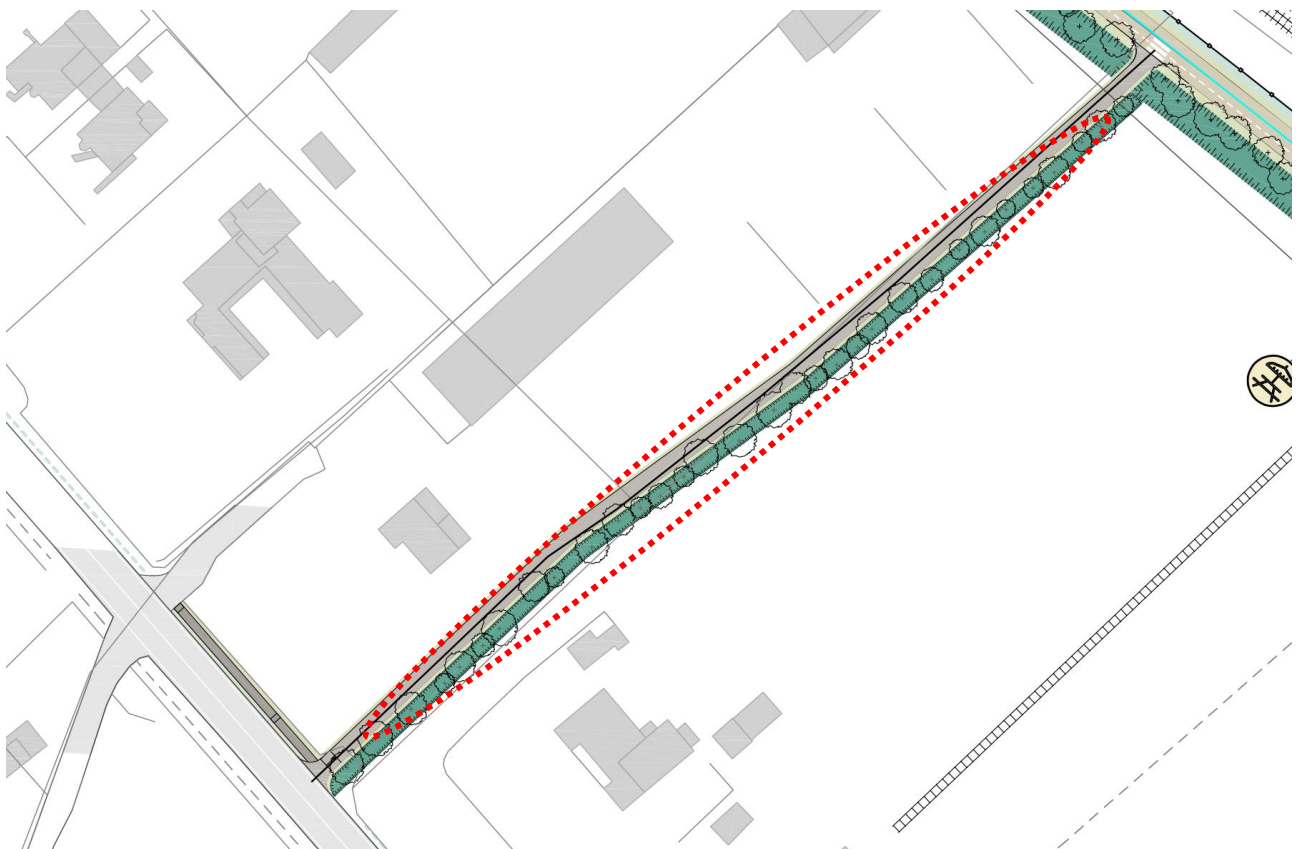


Figura 22 – Vasca A4 (Accesso 4)

Tabella 52 – Tipologia superfici in progetto

<b>Accesso 4</b>	180	3	<b>540</b> asfalto
------------------	-----	---	--------------------

Tabella 53 – Calcolo del volume minimo di invaso: 1) Applicazione della formula DGR 53/2014; 2) Applicazione del coefficiente parametrico 350 mc/ha

<b>1)</b>	w0 (mc/ha)	50
	fi	1.00
	fi0	0.20
	n	0.48
	I (%)	1
	P (%)	0
a	fi/fi0	5
b	1/(1-n)	1.9231
	15*I	15
	w0*P	0
	a^b	22.089
	w (mc/ha)	1089.4
	S (ha)	0.054
	<b>V (mc)</b>	<b>58.83</b>
<b>2)</b>	<b>Wmin (mc/ha)</b>	350
	<b>Vmin (mc)</b>	<b>18.9</b>



Tabella 54 – Calcolo del volume di laminazione mediante il metodo delle piogge

STATO DI FATTO		
Tipologia del suolo	superficie mq	$\phi$
impermeabile		1.00
semipermeabile		0.90
verde	540.00	0.20
<b>Totale area</b>	<b>540.00</b>	<b>0.20</b>

STATO DI PROGETTO		
Tipologia del suolo	superficie mq	$\phi$
impermeabile	540.00	1.00
semipermeabile		0.90
verde		0.20
<b>Totale area</b>	<b>540.00</b>	<b>1.000</b>

$\phi =$	1.00	<b>tr 50</b>
a =	53.2700	
n =	0.2790	
S =	540.00	mq
(Invaso minimo)	58.83	mc

METODO CINEMATICO PER CALCOLO t pioggia		
Portata specifica scaricata su area impermeabilizzata	10	l/s*ha
Q scaricata	0.54	l/s
Portata scaricata totale	0.00054	mc/s
Portata specifica scaricata su area totale	10.00	l/s*ha
Durata critica	7.15	ore
Volume di invaso	35.90	mc
Volume di invaso minimo	58.83	mc
Tempo di svuotamento	30.26	ore

Tabella 55 – Volume della vasca di laminazione e dimensioni della sezione (h: altezza sezione trapezia; b1: base inferiore della sezione; B1: base superiore della sezione)

<b>Volume Invaso Accesso 4</b>	<b>60</b>	mc
L fosso	180	m
A fosso	0.33	mq
h fosso	0.5	m
b1	0.17	m
B1	1.17	m

## INDIVIDUAZIONE DEGLI SCARICHI A MARE

Lungo la ciclovia in progetto sono presenti tre scarichi a mare che permettono di convogliare le acque raccolte ad ovest del rilevato ferroviario tramite il fosso presente alla base dello stesso.

Tali scarichi non risultano essere sufficienti per poter convogliare a mare le acque raccolte nelle vasche di laminazione in progetto descritte al paragrafo precedente.

Si ritiene pertanto di dover prevedere il posizionamento di almeno altri 2 scarichi a mare che sottopassano il rilevato ferroviario, così da prevedere uno smaltimento delle acque raccolte nelle vasche di laminazione indicativamente come indicato nella figura seguente.

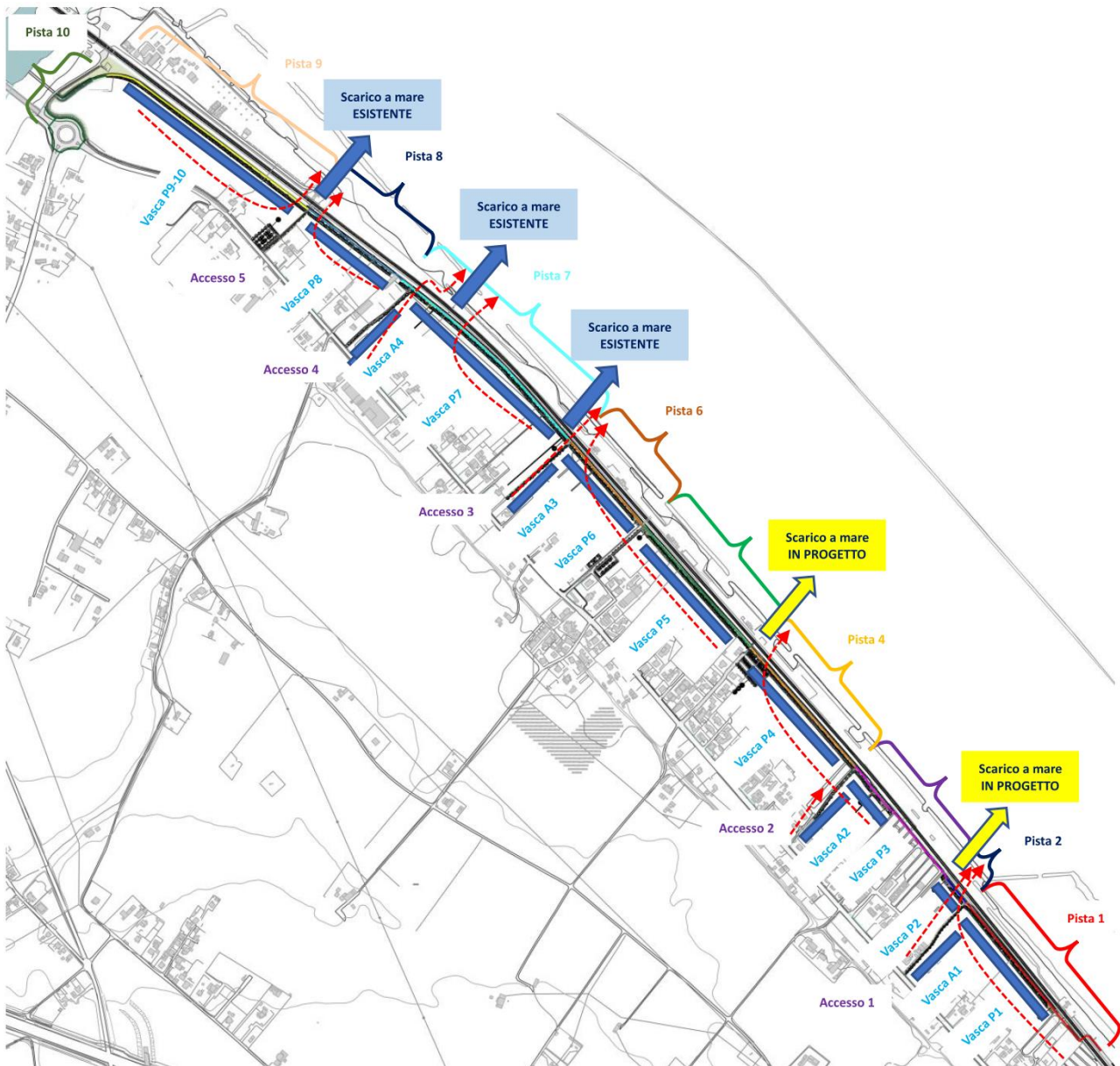


Figura 23 –Scarichi a mare esistenti e in progetto e indicazione di una possibile via di deflusso delle acque raccolte dalle vasche di laminazione (frecche rosse)

## ANALISI DELL'INTERAZIONE TRA LE VASCHE DI LAMINAZIONE E LE SCOLINE DI DRENAGGIO DELL'AREA AGRICOLA

L'area agricola compresa tra il rilevato ferroviario e la SS16 Adriatica è attraversata da una rete di scoline poste in direzione ovest-est che si immettono nel fosso di guardia che scorre al piede del rilevato ferroviario; le acque così raccolte vengono veicolate verso il mare attraverso i tre varchi esistenti sotto il rilevato ferroviario indicati in Figura 23.

Le vasche di laminazione dimensionate al paragrafo "CALCOLO DEI VOLUMI DA RENDERE DISPONIBILI PER LA LAMINAZIONE" sostituiscono nei fatti il fosso di guardia posto alla base della ferrovia e dovranno pertanto collettare verso il mare anche le acque raccolte nell'area agricola sopra indicata; tali acque saranno quindi temporaneamente accumulate nelle vasche di laminazione e verranno riversate a mare attraverso il manufatto di regolazione posto a valle di ogni vasca, che limita la portata scaricabile rispetto allo stato attuale (Figura 24).

Al fine di valutare preliminarmente il volume necessario per accumulare le acque raccolte nell'area agricola, è stata considerato il medesimo evento pluviometrico utilizzato per il dimensionamento delle vasche (Tr 50 anni), a cui corrisponde una pioggia di intensità pari a circa 55 mm/h; ipotizzando un evento di 60 minuti e un contributo al runoff superficiale pari al 20% rispetto al totale piovuto, si ottengono i volumi da accumulare nelle vasche di laminazione, che vanno ad aggiungersi a quelli raccolti dalla ciclovia (Tabella 56). Le vasche appaiono quindi essere in grado di gestire anche una parte delle acque meteoriche raccolte nelle aree agricole, mentre la parte eccedente sfiorerà sopra al manufatto di regolazione delle singole vasche per immettersi nel fosso di scarico a mare, come accade attualmente.

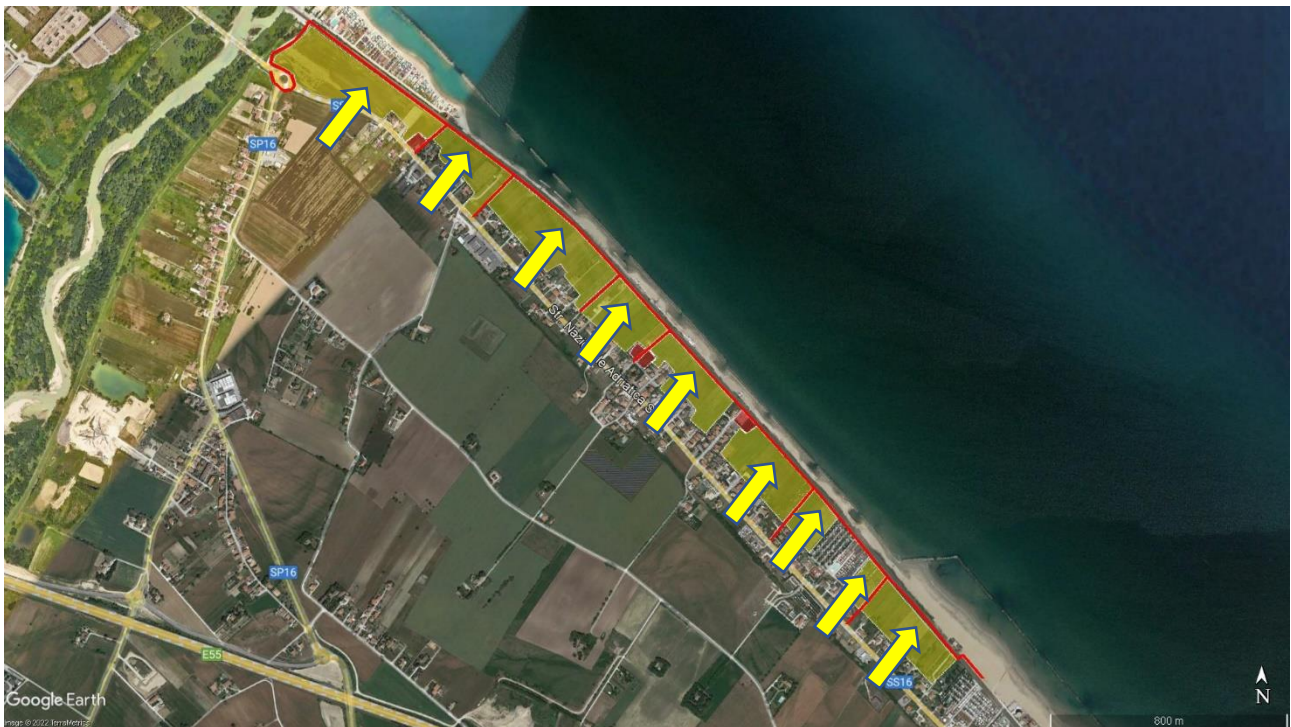


Figura 24 – Aree agricole (in giallo) e connessione alle vasche di laminazione

Tabella 56 – Valutazione dei volumi necessari per accumulare nelle vasche di laminazione il runoff generato dalle aree agricole

Aree agricole afferenti alle vasche di laminazione	Superficie delle aree agricole afferenti alle vasche di laminazione (mq)	Intensità di pioggia (mm/h)	Intensità di pioggia (m/h)	Volume piovuto dalle aree agricole (mc)	Volume generato dalle aree agricole - runoff (mc)	Volume residuo nella vasche di laminazione al netto del volume generato dalla pista (mc)	Delta Volume tra runoff e residuo (mc)
Area Vasca P1	43,000	55	0.055	2365	473	567.5	95
Area Vasca P2	11,000			605	121	87.5	-34
Area Vasca P3	18,000			990	198	91.25	-107
Area Vasca P4	46,000			2530	506	320	-186
Area Vasca P5	38,000			2090	418	405	-13
Area Vasca P6	37,000			2035	407	480	73
Area Vasca P7	70,000			3850	770	1180	410
Area Vasca P8	30,000			1650	330	512.5	183
Area Vasca P9-P10	74,000			4070	814	835	21

## VALUTAZIONE DELLA COMPATIBILITÀ IDRAULICA DEL PROGETTO DI CICLOVIA

### INTRODUZIONE

Il progetto di ciclovia si inserisce in un contesto di pericolosità idraulica di cui tener conto al fine di dimostrare da una parte che l'opera non sarà soggetta a danni causati da eventi alluvionali e dall'altra che l'opera non peggiora la situazione di pericolosità del territorio circostante.

A tal fine si rende necessario realizzare una valutazione della compatibilità idraulica dell'opera, alla luce di quanto previsto dalle norme in essere sul territorio regionale.

La valutazione della compatibilità idraulica qui presentata consta dei seguenti punti:

- Analisi delle previsioni del PAI e del PGR;
- Individuazione delle misure di mitigazione della pericolosità idraulica.

## INQUADRAMENTO NORMATIVO

Come per la valutazione dell'invarianza idraulica dell'opera, fa riferimento la Legge regionale 22/2011, approvata dopo gli eventi alluvionali del marzo 2011, che tratta, al capo II, l'assetto idrogeologico del territorio e dispone:

- per "gli strumenti di pianificazione del territorio e loro varianti da cui derivi una trasformazione in grado di modificare il regime idraulico" l'esecuzione di una "verifica di compatibilità idraulica" (cfr commi 1 e 2 dell'art. 10);
- la previsione di misure compensative rivolte al perseguimento "dell'invarianza idraulica" per "ogni trasformazione del suolo che provochi una variazione di permeabilità superficiale" (cfr comma 3 dell'art. 10).

Il comma 4 del medesimo articolo 10 della legge contiene il mandato alla Giunta regionale a stabilire "criteri per la redazione della verifica di compatibilità idraulica ... nonché le modalità operative e le indicazioni tecniche relative ai commi 2 (n.d.r. valutazione dell'ammissibilità degli interventi di trasformazione) e 3 (n.d.r. invarianza idraulica)".

I "CRITERI" sono stati approvati con Delibera di Giunta n. 53 del 21 gennaio 2014 (pubblicata sul B.U.R Marche n. 19 del 17/2/2014).

I "CRITERI" sono stati successivamente modificati con Delibera di Giunta n. 671 del 20 giugno 2017.

Per quanto riguarda il tema della compatibilità idraulica, la sopraccitata DGR 53/2014 prevede quanto riportato di seguito (estratto direttamente dalla Delibera).

### **TITOLO II VERIFICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA DEGLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE DEL TERRITORIO**

#### **2.1. INDICAZIONI GENERALI E PREMESSE**

Il presente Titolo fornisce le modalità operative e le indicazioni tecniche, richieste all'articolo 10, comma 4, della legge, per l'espletamento della Verifica di Compatibilità Idraulica degli strumenti di pianificazione del territorio e delle loro varianti (nel seguito denominata più semplicemente Verifica di Compatibilità, oppure VCI) richiesta ai commi 1 e 2 del suddetto articolo.

Lo scopo fondamentale della verifica è di fare in modo che le scelte pianificatorie, fin dalla fase della loro ideazione, valutino la pericolosità idraulica presente e potenziale delle aree e le possibili alterazioni del regime idraulico indotte dalle scelte.

## **2.4. CONTENUTI DELLA VERIFICA DI COMPATIBILITA' IDRAULICA**

La verifica si sviluppa su differenti livelli di approfondimento, che possono corrispondere a fasi successive.

### **2.4.1 LIVELLI DELLA VERIFICA DI COMPATIBILITA' IDRAULICA**

I livelli/fasi di analisi della Verifica di Compatibilità Idraulica sono:

- a) Verifica Preliminare: Analisi Idrografica-Bibliografica-Storica;
- b) Verifica Semplificata: Analisi Idrografica-Bibliografica-Storica e Analisi Geomorfologica;
- c) Verifica Completa: Analisi Idrografica-Bibliografica-Storica, Analisi Geomorfologica e Analisi Idrologica-Idraulica di dettaglio.

La Verifica Preliminare (Analisi Idrografica-Bibliografica-Storica), ove non diversamente previsto nel presente atto, è da sviluppare sempre.

I successivi livelli di approfondimento della Verifica di Compatibilità Idraulica, attraverso l'Analisi Geomorfologica ed eventualmente l'Analisi Idrologica-Idraulica, vanno sviluppati per i corsi d'acqua:

- a) che rientrano tra quelli demaniali, individuati nelle Mappe catastali;
- b) per i quali sono individuate criticità legate a fenomeni di esondazione/allagamento in strumenti di programmazione o in altri studi eventualmente disponibili;
- c) sui quali si sono verificati in passato eventi di esondazione/allagamento.

### **2.4.2. VERIFICA PRELIMINARE: ANALISI IDROGRAFICA-BIBLIOGRAFICA-STORICA**

La Verifica Preliminare, condotta attraverso l'analisi idrografica-bibliografica-storica, è necessaria per verificare la presenza del reticolo idrografico, di aree inondabili mappate in strumenti di programmazione delle Autorità di bacino/Autorità di distretto (es: PAI) o individuate in studi preesistenti e l'eventuale esistenza di segnalazioni di criticità per inondazioni/allagamenti a seguito di passati eventi, al fine dell'eventuale assoggettamento ai successivi livelli di analisi della Verifica di Compatibilità Idraulica.

## ANALISI DELLE PREVISIONI DEL PAI E DEL PGRA

### IDROLOGIA

L'area oggetto del presente studio è ubicata in destra idrografica del Fiume Metauro.

Il Fiume Metauro si origina dalla confluenza, presso la località Borgo Pace (PU), dei torrenti Meta e Auro alla quota di 470 m. Entrambi nascono dalla dorsale appenninica, rispettivamente dalle pendici di Bocca Trabaria a quota 1044 m e da quelle del Monte Maggiore situato in provincia di Arezzo ad una quota di 1384 m. Il Fiume Metauro riceve durante il suo corso vari affluenti (i torrenti S. Antonio e Tarugo, il Rio Puto, il Rio Maggiore ed infine il Candigliano che con i subaffluenti Burano, Bosso e Biscubio, fornisce il maggior apporto idrico).

Tale fiume, dopo un percorso di 110 Km, sbocca nel mare Adriatico all'altezza della frazione Madonna del Ponte, situata 3 km a sud dell'abitato di Fano.

Il suo bacino idrografico ha un'estensione complessiva di 1325 km<sup>2</sup> ed è il più vasto dell'intera regione Marche.

Il Metauro ha un regime marcatamente torrentizio di tipo appenninico, ma con portate minime estive che tuttavia nel medio corso non scendono quasi mai sotto i 2 m<sup>3</sup>/s, grazie ad una certa permeabilità del suo alto bacino.

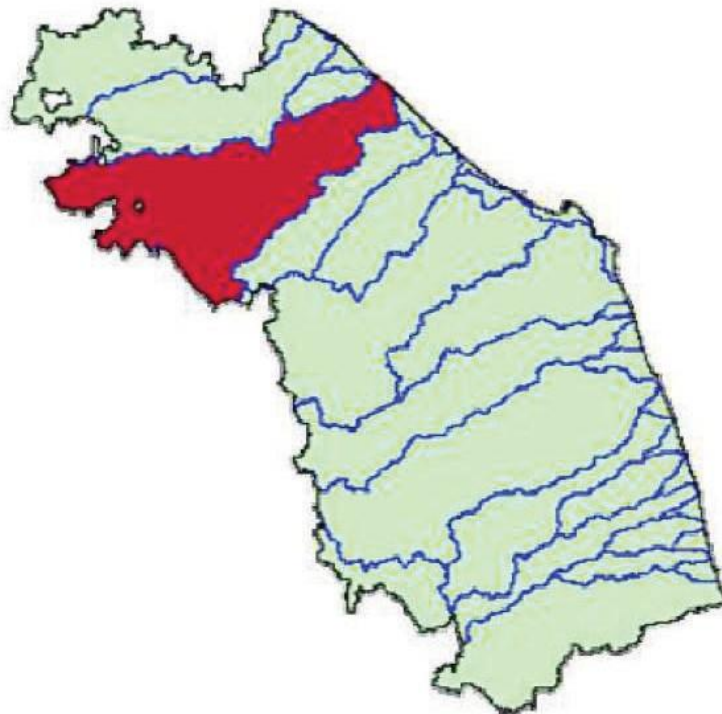


Figura 25 – Bacino del Fiume Metauro



**PAI**

L'area di progetto ricade nel territorio oggetto del "Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Marche".

Il PAI, richiesto dalle LL. 267/98 e 365/00, si configura come stralcio funzionale del settore della pericolosità idraulica ed idrogeologica del Piano generale di bacino previsto dalla L. 183/89 e dalla L.R. 13/99.

La cartografia del PAI Marche vigente è aggiornata alla data del 10/05/2022 (pubblicazione del DPCM 14/03/2022 nella GU Serie Generale n. 108).

L'ultima modifica ordinaria alle aree è intervenuta con Decreto Segretariale n. 140 del 27/10/2021.

L'area di interesse ricade parzialmente nelle zone a rischio di inondazione riportate nella figura seguente.

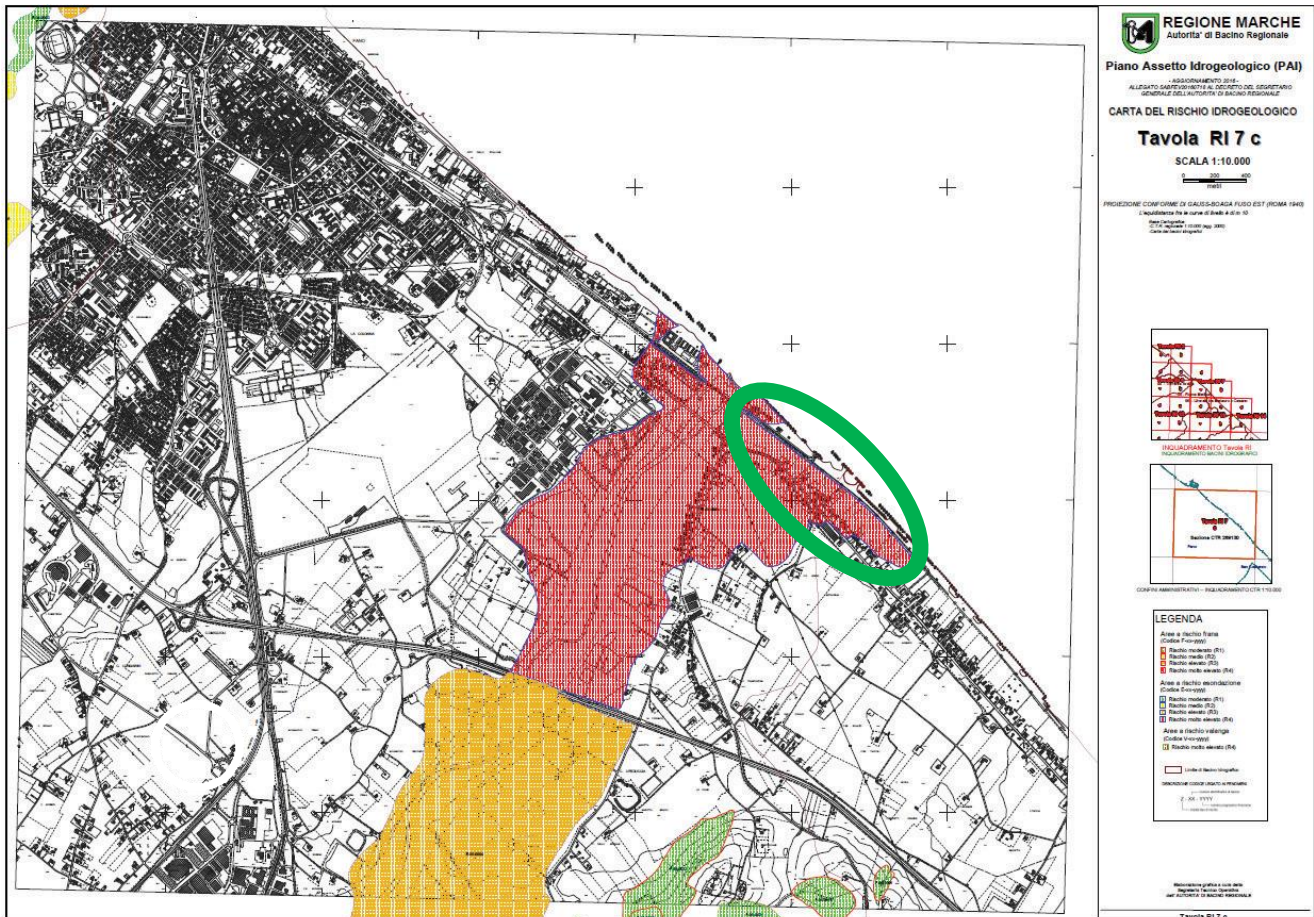


Figura 25 – Zone a rischio esondazione – Piano Assetto Idrogeologico (PAI) Regione Marche

## **PGRA**

Il Piano di gestione del Rischio Alluvioni, redatto in forza della direttiva 2007/60 recepita nell'ordinamento italiano dal D. lgs. n. 49/2010, è stato approvato dal Presidente del Consiglio dei Ministri con DPCM Pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 28 del 3 febbraio 2017.

Il Piano è stato preceduto, come previsto dalle normative sopra ricordate, da una lunga fase di attività preparatorie tra le quali – la più importante – la fase di mappatura della pericolosità e del rischio del Distretto idrografico dell'Appennino centrale.

Nell'ambito del II ciclo di pianificazione secondo la FD 2007/602/CE sono state implementate tutte le fasi fino ad oggi previste dalla direttiva:

- dicembre 2018 – Valutazione preliminare del rischio (PFRA) ed identificazione delle aree a potenziale rischio significativo di alluvione (APSEFR)
- dicembre 2019 – Mappe della pericolosità e del rischio di alluvione e Valutazione globale provvisoria.

Come previsto dalla filiera, sulla base della valutazione preliminare sono state individuate le zone per le quali esiste un rischio significativo di alluvioni e per dette aree sono state predisposte le mappe di pericolosità e rischio del II ciclo in aggiornamento di quelle già prodotte nel dicembre 2013 alla fine del I ciclo di pianificazione.

Le mappe di inondazione sono elaborate in scala 1:10.000 e contengono il limite che raggiungerebbero le acque dei fiumi in corrispondenza dei diversi tempi di ritorno (Tr 50, Tr 200, Tr 500). Sono elaborate sulla base della modellazione topografica dei suoli e delle elaborazioni di modelli matematici in moto vario e moto permanente.

L'area di progetto ricade parzialmente nelle aree soggette a inondazione indicate nella mappa di pericolosità di Figura 25.

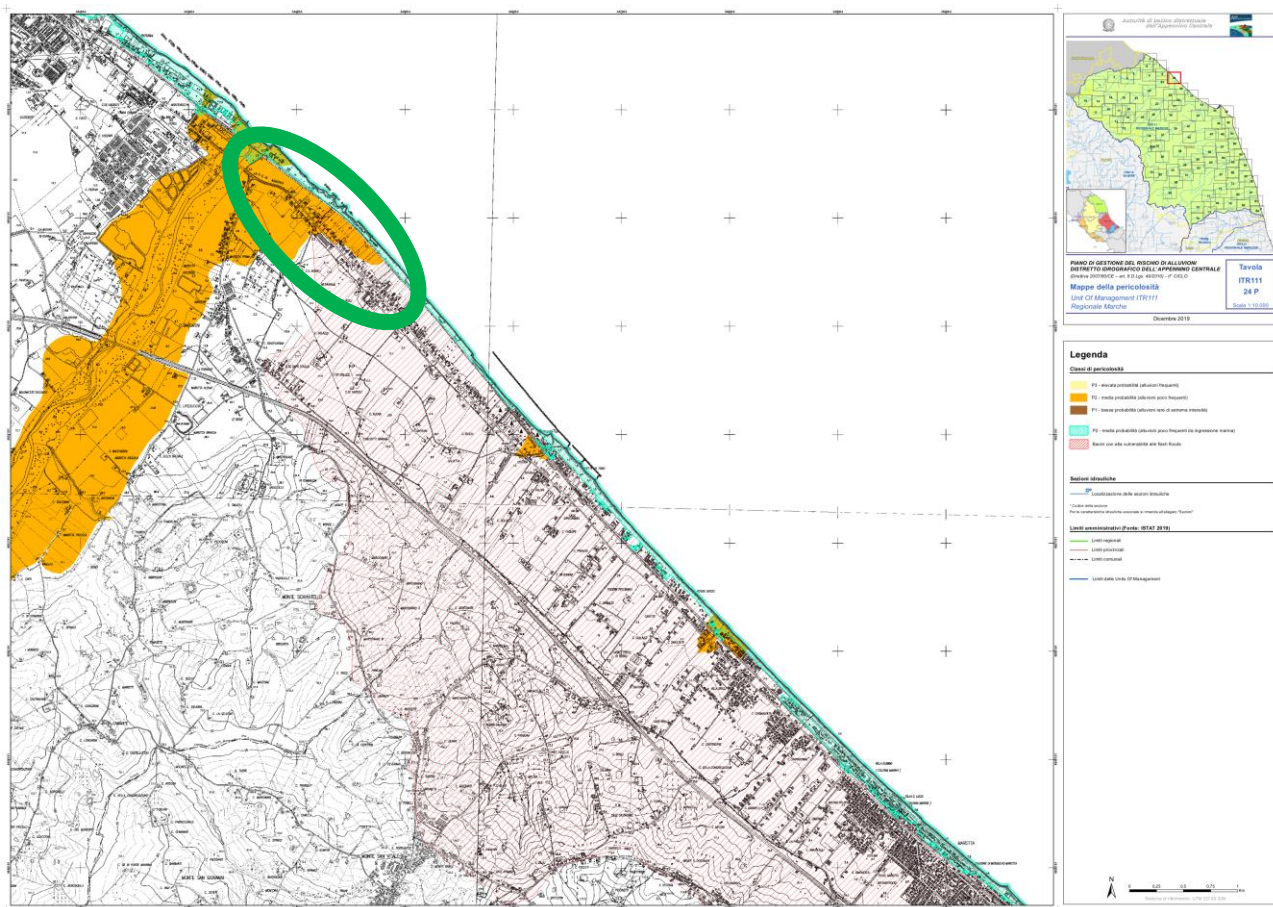


Figura 25 – Mappa della pericolosità (PGRA) nell'area di interesse

## INDIVIDUAZIONE DELLE MISURE PER LA MITIGAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA

Nel presente lavoro la verifica di compatibilità idraulica è stata realizzata mediante “verifica preliminare” basata sull’analisi dei documenti esistenti in relazione alla pericolosità idraulica messi a disposizione dall’Autorità di Bacino Distrettuale Appennino Centrale, il cui contenuto è stato riassunto al paragrafo precedente.

Ai fini della **protezione della ciclovia nei confronti delle esondazioni del fiume Metauro**, durante il confronto avuto con gli Enti competenti è stata concordata la scelta progettuale di realizzare la ciclovia su un rilevato posto a + 0,5 sul piano campagna. Questa scelta si discosta parzialmente da quanto previsto in sede di progettazione di massima, ove era previsto un rilevato posto a circa + 2,5 m rispetto al piano campagna.

Il confronto con gli Enti ha però fatto emergere la soluzione del rilevato più basso come ottimale in quanto:

- permette una maggior trasparenza dell’opera rispetto alle esondazioni del Metauro, occupando minor volume utile per l’accumulo delle piene del corso d’acqua;
- diminuisce comunque la frequenza di inondazione della pista;
- tiene conto, seppur non formalmente, del progetto esecutivo “*Manutenzione argini di 2<sup>a</sup> categoria del fiume Metauro: sponda sx tratto foce/autostrada, sponda dx tratto foce/fosso di Caminate - Comune di Fano – Indagini in sito - 1<sup>a</sup> fase - sugli argini di 2<sup>a</sup> cat. in destra e sinistra idraulica tratto dalla foce sino a monte del viadotto A14 - CUP: B36B19000110001*”, il quale una volta realizzato permetterà di evitare totalmente le esondazioni della pista, lasciando al rilevato la funzione di protezione del percorso da eventuali esondazioni causate dal reticolo minore.

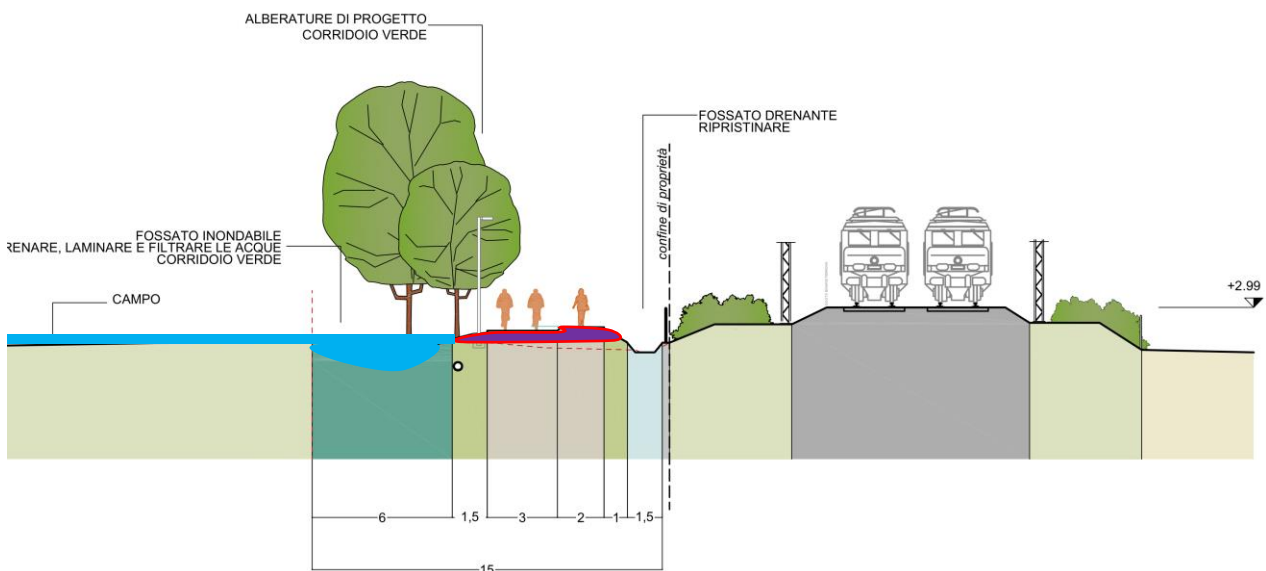


Figura 26 – In viola: rilevato della ciclovia. In blu: eventuali esondazioni generate dal fiume Metauro o dal reticolo secondario che non interessano la sommità del rilevato della ciclovia



Tabella 57 – Volumi sottratti dal rilevato della ciclovia alle esondazioni del fiume Metauro e volumi compensati dalle vasche di laminazione progettate per garantire l'invarianza idraulica

Pista/Vasca	Lunghezza Rilevato (m)	Superficie unitaria sezione trapezoidale rilevato (mq)	Volume Rilevato (mc)	Volume Vasca	
Pista P6-Vasca P6	80	3.125	250	742.5	
Pista P7-Vasca P7	520	3.125	1,625	1430	
Pista P8-Vasca P8	265	3.125	828	728.75	
Pista P9-P10-Vasca P9-P10	965	3.125	3,016	2653.75	
			<b>5,719</b>	<b>5,555</b>	
Pista Accesso/Vasca	Lunghezza Rilevato (m)	Superficie unitaria Pista Accesso (mq)	Larghezza pista accesso (m)	Volume Rilevato (mc)	Volume Vasca
Pista Accesso A3-Vasca A3	190	47.5	3	143	237.5
Pista Accesso A4- A4	180	45	3	135	225
				<b>278</b>	<b>463</b>
			<b>Totale volume sottratto (mc)</b>		<b>5,996</b>
			<b>Totale Volume compensato (mc)</b>		<b>6,018</b>

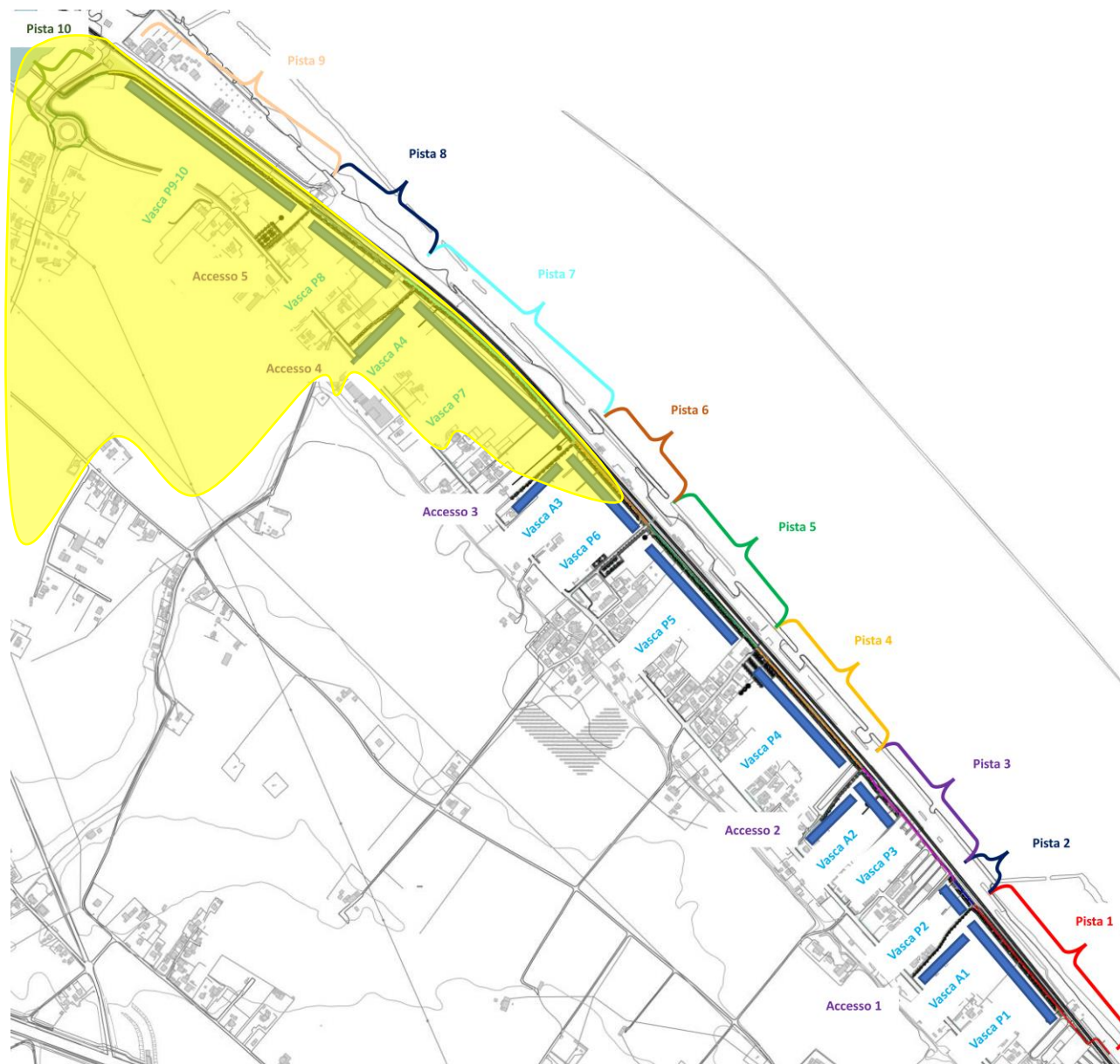


Figura 28 – In giallo: aree allagabile PAI (fiume Metauro). Vasche di laminazione P6, P7, P8, P9-10, A3 e A4 atte a compensare i volumi di esondazione del fiume Metauro sottratti dal rilevato della ciclovia

## VOLUMI DELLE VASCHE AI FINI DELL'INVARIANZA IDRAULICA E DELLA COMPATIBILITÀ IDRAULICA

Ai capitoli precedenti sono state dimensionate le vasche di laminazione (Cap. VALUTAZIONE DELLA INVARIANZA IDRAULICA DEL PROGETTO DI CICLOVIA) e le necessità di volumi per la compatibilità idraulica da ricavare grazie al sovradimensionamento delle succitate vasche (Cap. VALUTAZIONE DELLA COMPATIBILITÀ IDRAULICA DEL PROGETTO DI CICLOVIA).

Tale dimensionamento è riassunto nella tabella seguente, mettendo in evidenza i diversi usi dei volumi messi a disposizione dalle vasche di laminazione.

*Tabella 58 – Sintesi dei volumi e degli usi delle vasche di laminazione ai fini dell'invarianza e della compatibilità idraulica*

Vasche di laminazione	Invarianza idraulica			Compatibilità idraulica	
	Volume delle vasche (a)	Volume necessario per l'invarianza (b)	Extra Volume delle vasche (a-b)	Volume del rilevato pista da compensare per esondazioni Metauro (c)	Confronto tra Volume vasche e volume da compensare (a-c)
Vasca P1	797.5	230	568		
Vasca P2	137.5	50	88		
Vasca P3	261.25	170	91		
Vasca P4	770	450	320		
Vasca P5	825	420	405		
Vasca P6	742.5	125	618	250	493
Vasca P7	1430	250	1,180	1,625	-195
Vasca P8	728.75	120	609	828	-99
Vasca P9-P10	2653.75	650	2,004	3,016	-362
Accesso 1	245	70	175		
Accesso 2	175	50	125		
Accesso 3	237.5	65	173	143	95
Accesso 4	225	60	165	135	90
	<b>9228.75</b>	<b>2710</b>	<b>6518.75</b>	<b>5996.25</b>	
<b>Totale volume sottratto dal rilevato x esondazioni Metauro (mc)</b>					<b>5,996</b>
<b>Totale Volume compensato (mc)</b>					<b>6,018</b>



## LINEE DI INTERVENTO PER LA GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE NELL'AREA COMPRESA TRA LA SS16 E LA FERROVIA

### AREA DI INDAGINE

Nell'ambito delle aree prossime alla ciclovia in progetto è presente una porzione di territorio, compresa tra il rilevato ferroviario e la SS16 Adriatica (Figura 29), che soffre di problemi di smaltimento delle acque meteoriche e che necessita quindi di essere attentamente studiato per ottimizzare la gestione delle acque.



Figura 29 – Area di indagine (urbanizzata, in azzurro, agricola, in giallo), scarichi a mare esistenti (frecche azzurre) e in progetto (frecche gialle)

## LE PROBLEMATICHE DI GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE NELL'AREA DI INTERESSE

Nell'**area agricola** presente nell'ambito di indagine, come già anticipato al paragrafo "ANALISI DELL'INTERAZIONE TRA LE VASCHE DI LAMINAZIONE E LE SCOLINE DI DRENAGGIO DELL'AREA AGRICOLA", le acque sono raccolte mediante un sistema di scoline poste in direzione ovest-est ed immesse nel fosso di guardia che intercetta tali fossi, posto alla base del rilevato ferroviario; tramite quest'ultimo fosso le acque vengono scaricate a mare mediante tre vie d'acqua che sottopassano la ferrovia. Tali aree sono frequentemente soggette a fenomeni di allagamento per via delle difficoltà a raccogliere le acque tramite il sistema di scoline e a smaltirle verso il mare, a causa sia della scarsa manutenzione dei fossi, spesso interrati e occupati da vegetazione, sia della presenza di falda alta e maree che rendono difficoltoso il convogliamento delle acque verso il mare.

Nell'**area urbanizzata** non è invece presente un vero e proprio sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche: le case presenti sono infatti state costruite a partire dal dopoguerra senza un'adeguata programmazione del sistema di gestione delle acque meteoriche, che attualmente paiono essere disperse nel terreno. Durante gli eventi meteorici tali aree soffrono pertanto di problemi di allagamento.

Infine, lungo il margine ovest dell'area urbanizzata menzionata, corre la **SS16 Adriatica**, per la quale lo smaltimento delle acque meteoriche era originariamente stato affidato a due fossi stradali posti su entrambi i lati della carreggiata, destinati a raccogliere ed allontanare le acque di pioggia cadute sul nastro d'asfalto. Attualmente, la continuità idraulica di tali fossi non è certa, considerate le tombature che si sono succedute negli anni al di fuori di programmi formalizzati di gestione delle acque meteoriche.

## LINEE DI INTERVENTO PER LA GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE

Stante le problematiche idrauliche individuate in precedenza, appare chiaro come occorra ripensare l'intero sistema di smaltimento delle acque meteoriche dell'area di interesse, sulla base di un'attenta analisi delle criticità idrauliche e della valutazione di alternative progettuali e gestionali.

Sulla base delle conoscenze attualmente disponibili è possibile ipotizzare le linee d'intervento da seguire per la soluzione dei problemi idraulici esistenti, in funzione del comparto di interesse.

### Area urbanizzata

- Creazione di una capillare rete di condotte per la raccolta delle acque meteoriche;
- Creazione di nuove direttrici verso il mare per lo smaltimento delle acque raccolte dalle condotte
  - Tubazioni interrato;
  - Fossi a cielo aperto (in parte già previsti dal progetto della ciclovia in corrispondenza degli accessi 1, 2, 3, 4 e 5);
- Realizzazione di aree di accumulo delle acque piovane, interrate o a cielo aperto;
- Collettamento delle acque piovane raccolte lungo la SS16 verso le direttrici in direzione mare (con eventuale pretrattamento);
- Realizzazione di nuovi passaggi per lo scarico a mare (già previsti dal progetto della ciclovia).

### Area agricola

- Risezionamento delle scoline e individuazione di un soggetto atto alla loro manutenzione;
- Collettamento delle scoline nelle vasche di laminazione a servizio della ciclovia, per il successivo scarico a mare (già previsto dal progetto della ciclovia);
- Creazione/ampliamento dei fossi di scarico a mare (in parte già previsti dal progetto della ciclovia in corrispondenza degli accessi 1, 2, 3, 4 e 5).



Figura 30 – Schema di massima per lo smaltimento delle acque meteoriche nell'area di indagine (in blu la rete capillare di collettamento delle acque meteoriche in area urbana, in giallo le direttrici di smaltimento verso il mare e il sistema di vasche di laminazione parallele alla costa atte a raccogliere e smaltire verso il mare le acque di pioggia drenate dall'area urbana e agricola)

## NECESSITÀ DI STUDI DI APPROFONDIMENTO

Al fine individuare la soluzione ottimale per lo smaltimento delle acque meteoriche dell'area di interesse, risulta necessario realizzare uno specifico "Piano delle Acque".

Finalità primaria del suddetto Piano è quella di mettere a disposizione degli Enti amministratori e gestori del territorio uno strumento che permetta di affrontare le problematiche derivanti dagli eventi meteorici che mettono in crisi il territorio in analisi, consentendo così di predisporre una programmazione attenta dell'attività urbanistica, della manutenzione dei corpi ricettori e della regolamentazione delle acque.

Ai fini della redazione del Piano delle Acque, è necessario svolgere le seguenti attività:

- Rilievo della rete di smaltimento delle acque meteoriche (diametri e scorrimenti nei nodi principali delle condotte) e restituzione GIS, ad integrazione e completamento dei rilievi già esistenti;
- Rilievo del reticolo a cielo aperto e restituzione GIS, ad integrazione e completamento dei rilievi già esistenti;
- Verifica degli eventi meteorici che hanno creato allagamenti nell'area di interesse;
- Recepimento di studi ed analisi esistenti;
- Verifica ed aggiornamento dei dati cartografici sulla base di informazioni reperite dagli Enti ed indagini a campione;
- Modellazione idraulica di dettaglio dell'ambito;
- Redazione del Piano;
- Descrizione e computo degli interventi.

## VALUTAZIONI MODELLISTICHE PRELIMINARI PER INDIRIZZARE I FUTURI APPROFONDIMENTI

Al fine di valutare preliminarmente il layout e le prestazioni di una rete di smaltimento delle acque meteoriche nell'area di indagine, è stata eseguita una simulazione idraulica basata sull'utilizzo del **software di modellizzazione idraulica SWMM (EPA)** su due aree campione.

Le aree prescelte sono indicate in Figura 31 e riguardano i tratti di pista P3, P4, P5 e P6, nonché le rampe di accesso A2 e A3.

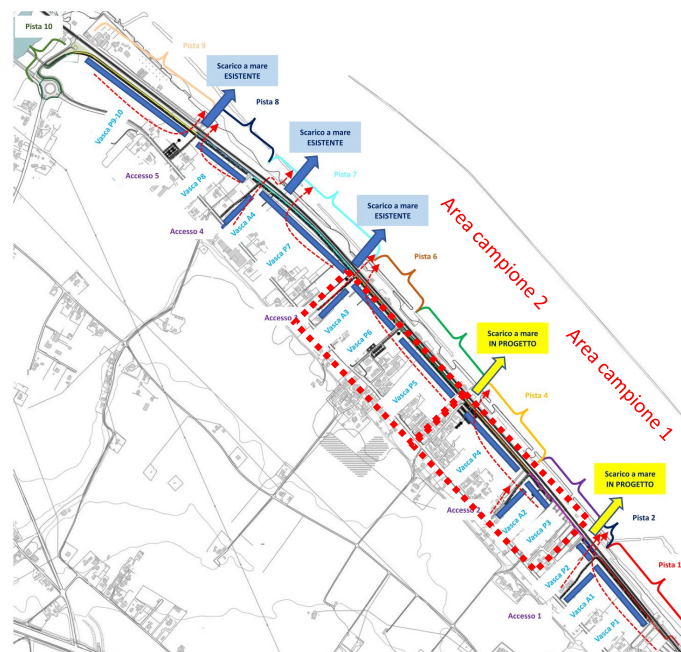


Figura 31 – Aree campione simulate mediante il modello idraulico SWMM

Il modello idraulico è stato costruito secondo il seguente schema di massima:

### Area campione 1

- 1 direttrice di scarico a mare a servizio dell'area urbana basata sulla vasca di laminazione posta lungo la rampa di accesso A2;
- 1 direttrice di scarico a mare a servizio dell'area urbana basata sulla posa di una condotta interrata;
- Drenaggio delle aree agricole basato sulle vasche di laminazione a servizio della pista;
- Connessione delle vasche di laminazione e della condotta interrata e invio delle acque allo scarico a mare.

### Area campione 2

- 2 direttrici di scarico a mare a servizio dell'area urbana basate sulle vasche di laminazione poste lungo le rampe di accesso;
- Drenaggio delle aree agricole basato sulle vasche di laminazione a servizio della pista;
- Connessione delle vasche di laminazione e della condotta interrata e invio delle acque allo scarico a mare.

Lo schema non scende quindi nel dettaglio della rete da realizzarsi nell'area urbana, che dovrà essere dettagliata mediante successivi approfondimenti, ma definisce lo scheletro delle direttrici di flusso principali (si veda nella figura seguente lo schema della rete utilizzata nel modello SWMM).



Figura 32 – Schema della rete nel modello SWMM nelle aree a campione selezionate

La simulazione è stata eseguita utilizzando i medesimi parametri pluviometrici presi in considerazione al paragrafo “CALCOLO DEI VOLUMI DA RENDERE DISPONIBILI PER LA LAMINAZIONE”: evento di durata 1 ora, con tempo di ritorno di 50 anni, ietogramma di pioggia rettangolare.

I risultati della simulazione evidenziano il corretto funzionamento della rete impostata, con portate in uscita dai due scarichi a mare che si attestano intorno a 0,5-1 mc/s.

Si riportano a titolo esemplificativo nelle figure seguenti alcuni risultati della simulazione.

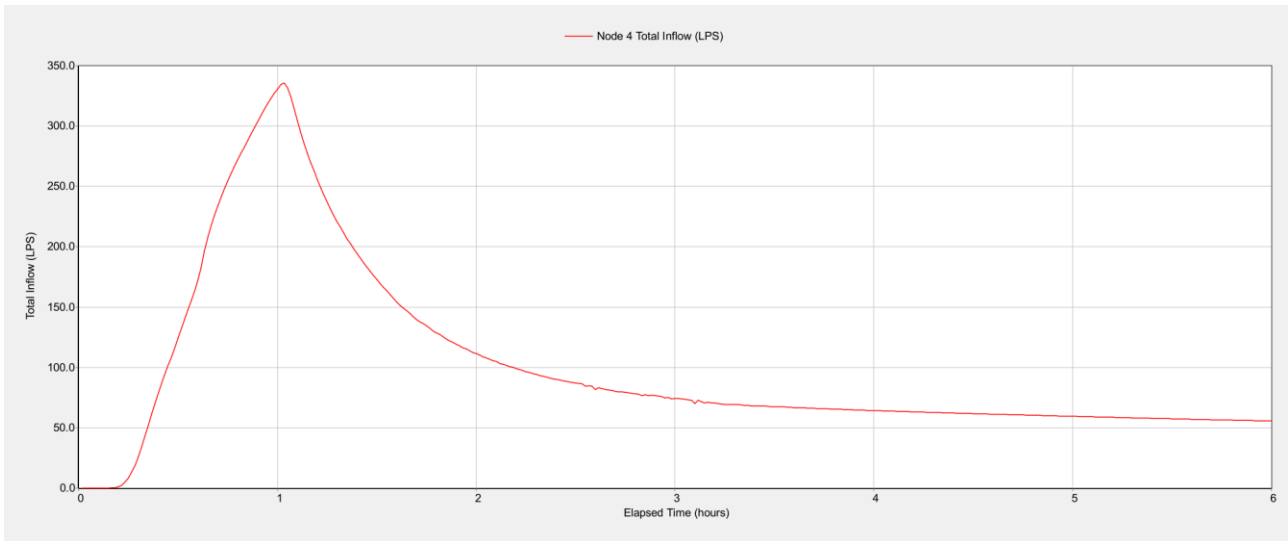


Figura 33 – Andamento della portata allo scarico dell'area campione 1

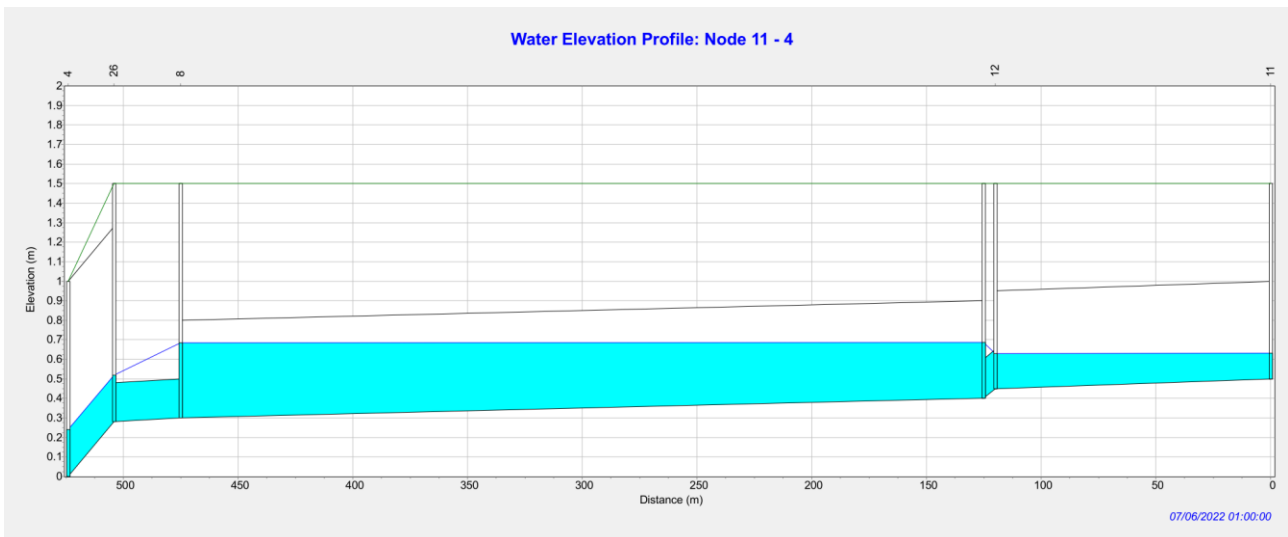


Figura 34 – Livelli nel sistema di vasche di laminazione dell'area campione 1

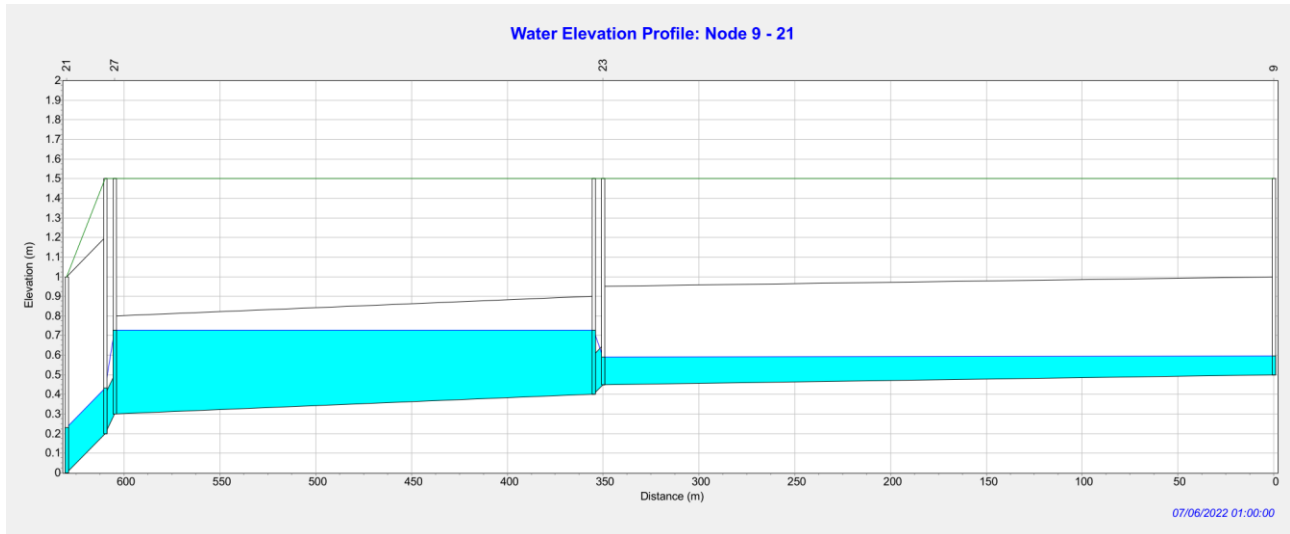


Figura 35 – Livelli nel sistema di vasche di laminazione dell'area campione 2

**I risultati della simulazione devono essere considerati come una prima valutazione atta a indirizzare la definizione del modello di dettaglio della rete.**

La simulazione effettuata fa emergere le seguenti **necessità di approfondimento**:

- Definizione puntuale delle quote di scorrimento delle condotte e del fondo delle vasche di laminazione, nonché del piano campagna nell'intorno delle opere idrauliche;
- Valutazione della necessità di affiancare condotte interrato alle vasche di laminazione poste lungo le direttrici di accesso alla pista;
- Definizione del manufatto di regolazione delle vasche di laminazione e dei diametri delle condotte di collegamento tra vasche contigue;
- Valutazione sul funzionamento del sistema con il posizionamento di valvole a clapis in corrispondenza degli scarichi a mare, al fine di evitare la risalita della marea.