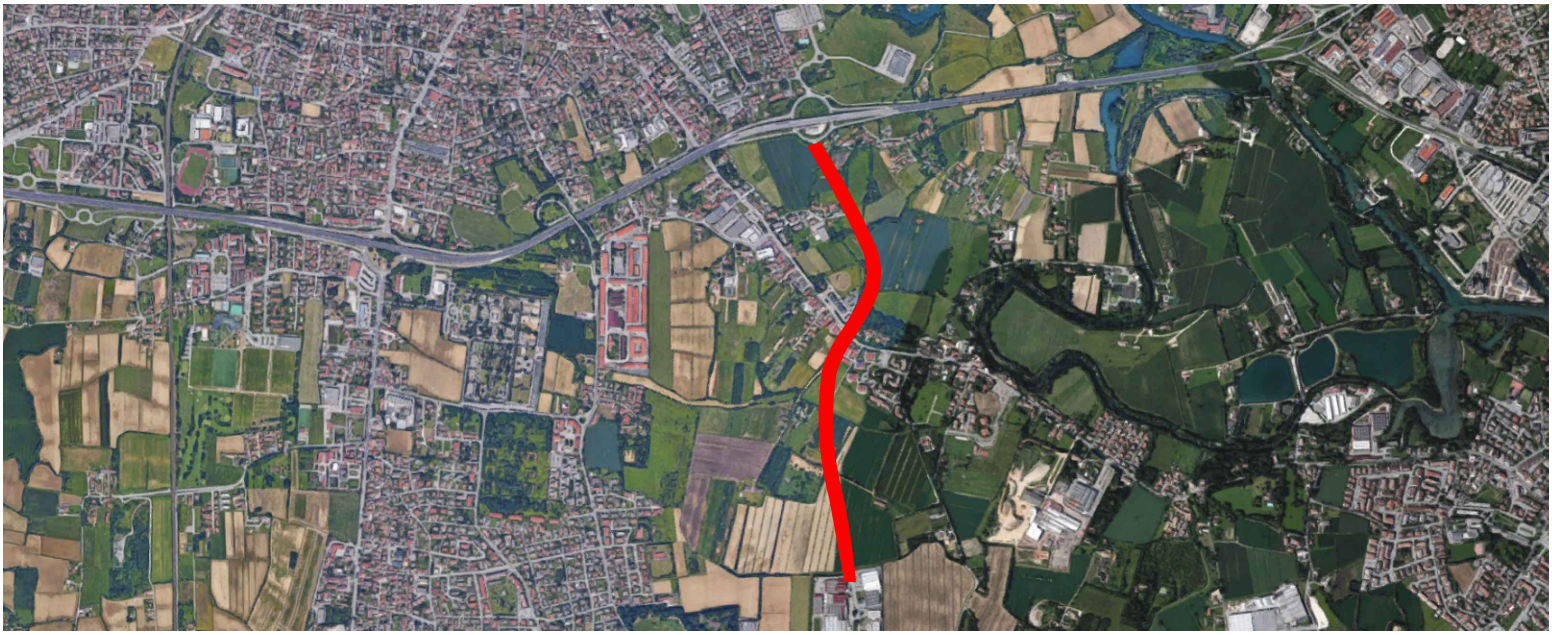
REGIONE DEL VENETO

GIUNTA REGIONALE
SEGRETERIA REGIONALE ALLE INFRASTRUTTURE E MOBILITA'
DIREZIONE INFRASTRUTTURE DI TRASPORTO

VENETO STRADE S.P.A.



OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
ING. GABRIELLA MANGINELLI

IL PROGETTISTA
ING. ALESSANDRO ZAGO

IL COORDINATORE TECNICO
ED AMMIINISTRATIVO
DOTT. ENRICO VESCOVO

VALIDATO
ING. ALESSANDRO ZAGO

APPROVATO
ING. GABRIELLA MANGINELLI

DATA VALIDAZIONE

DATA APPROVAZIONE

OPERE DI COMPLETAMENTO DEL "TERRAGLIO EST" TRA VIA ALTA IN COMUNE DI CASIER E LA TANGENZIALE DI TREVISO IN COMUNE DI TREVISO

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE - S.I.A

INTERVENTO N.
CPass/3_int. 31 – II° STRALCIO

ELABORATO
R007S0_REL_IDR

VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

DATA EMISSIONE	SCALA	NOME FILE
15/05/2020		20007R007S0_REL_IDR

REV.	DATA	DESCRIZIONE DELLA MODIFICA
1	20/08/2020	Recepimento integrazioni commissione VIA Provinciale
0	15/05/2020	Prima emissione

CONSULENZE SPECIALISTICHE – SERVICE DEL S.I.A. :

ANALISI AMBIENTALE
PROGETTAZIONE OPERE
DI MITIGAZIONE

DOTT.PIAN.
MARCO FASAN
Traffic&Environmental Planner
via Brunetti, 15
30173 - VENEZIA (VE)

PROGETTAZIONE
STRADALE E ANALISI
VIABILISTICHE

DIEGO GALIAZZO
INGEGNERIA
via De Regner, 13
35128 - Padova (PD)

PROGETTAZIONE IDRAULICA
AMBIENTALE, IMPIANTISTICA
ANALISI CHIMICHE TERRENI

IDEVA
INGEGNERIA
viale Udine, 42
30026 - Portogruaro (VE)

IL PRESENTE DOCUMENTO NON POTRA' ESSERE COPIATO, RIPRODOTTO O ALTRIMENTI PUBBLICATO, IN TUTTO O IN PARTE, SENZA IL CONSENSO DI VENETO STRADE S.P.A. VENEZIA. OGNI UTILIZZO NON AUTORIZZATO SARA' PUNITO A NORMA DI LEGGE
THIS DOCUMENT MAY NOT BE COPIED, REPRODUCED OR PUBLISHED, EITHER IN PART O IN ITS ENTIRETY, WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF VENETO STRADE S.P.A. VENEZIA. UNAUTHORIZED USE WILL BE PROSECUTED BY LAW

INDICE

1 PREMESSA 2

2 INQUADRAMENTO NORMATIVO E PIANIFICATORIO 3

3 ANALISI IDROLOGICA 4

3.1 GENERALITA' 4
3.2 ASPETTI IDROGRAFICI 4
3.3 ASPETTI IDROLOGICI 6
3.3.1 VOLUMI IDROLOGICI DI PROGETTO 9

4 COMPATIBILITA' IDRAULICA 15

4.1 ANALISI DELLA TRASFORMAZIONE 15
4.2 MISURE E PRESCRIZIONI DI COMPENSAZIONE IDRAULICA 16
4.2.1 Generalità 16
4.2.2 DIMENSIONAMENTO DEL VOLUME DI INVASO 16
4.2.3 Tratto in riqualificazione: da Rotatoria Viale delle Industrie – Via Alta a Ponte su Fosso Dosson 17
4.2.4 Tratto in riqualificazione: da Ponte su Fosso Dosson a fine tratto oggetto di riqualifica 18
4.2.5 Tratto di nuova realizzazione: da fine tratto oggetto di riqualifica a rampa sud Sottopasso Via Sant'Antonino 18
4.2.6 Tratto di nuova realizzazione: da rampa nord Sottopasso Via Sant'Antonino a Rotatoria con SR 53 – Tangenziale di Treviso 18

1 PREMESSA

La presente relazione si inserisce nell'ambito della progettazione definitiva dell'arteria stradale denominata "Terraglio est", nel tratto tra l'intersezione di via delle Industrie con via Alta, in Comune di Casier, fino al collegamento con la SR 53 Postumia in corrispondenza dell'intersezione a livelli sfalsati della tangenziale di Treviso.
L'opera, in parte già realizzata, è stata originariamente prevista nell'ambito del complesso degli interventi inseriti nel protocollo d'intesa, sottoscritto tra le parti, in qualità di Opera complementare al Passante di Mestre. Ad oggi, del Terraglio Est ne è stata realizzata solo una prima parte la quale si estende dalla S.P. 39 "Casalese" (e per esteso dal casello autostradale di Preganziol) verso Nord fino a raggiungere l'incrocio con Via Alta. Inoltre nel tratto più a nord è stata realizzata la rotatoria con via Peschiere mentre l'area dell'intersezione con via della Liberazione è predisposta per la realizzazione di una rotatoria con caratteristiche analoghe alle precedenti. Il tratto già realizzato presenta sezione stradale con larghezza minima di 9,00 m ed è affiancato da una pista ciclabile separata da un'aiuola di 1,50 m e, in alcuni tratti, da un cordolo invalicabile di 50 cm.

Il progetto prevede quindi di completare il tratto mancante a nord della Zona Industriale di Casier, ed adeguare e riqualificare quello esistente fino all'intersezione con Via Alta. Nello specifico il presente progetto può essere suddiviso in due distinti tratti di viabilità, di seguito brevemente descritti:

1) Il primo tratto, attualmente mancante ed oggetto di nuova realizzazione, si sviluppa per una estesa complessiva di circa 1.600 m. Dalla uscita della Tangenziale di Treviso, in Viale L. Pasteur, il tracciato prosegue verso sud, in un contesto prevalentemente agricolo, fino all'innesto con l'arteria esistente denominata Viale delle Industrie. Il progetto prevede la realizzazione di due sottopassi, uno in corrispondenza dell'intersezione con l'esistente Via Sant'Antonino, ed uno agricolo, per garantire il transito dei mezzi lungo la capezzagna di collegamento tra Via Fuin e Via Stretta. Dato il contesto in cui il nuovo tracciato è inserito, si prevedono attraversamenti di scoli e capofossi, tra cui il maggiore per importanza è il Rio Fuin;
2) Il secondo tratto, oggetto di riqualifica, si sviluppa per una estesa complessiva di circa 1.700 m, lungo l'esistente Viale delle Industrie, fino all'intersezione con Via Alta a sud, in attraversamento alle rotatorie con Viale della Liberazione e con Via Peschiere.

Alla luce di quanto sopra esposto, nella presente relazione sono trattati ed approfonditi gli aspetti idrologici e idraulici che caratterizzano l'opera ed i manufatti di progetto. In particolare vengono sviluppati i seguenti temi principali:

- analisi idrologica dell'ambito di intervento;
- dimensionamento e verifica della raccolta e smaltimento delle acque di piattaforma stradale, in relazione anche alle misure di compensazione ai fini dell'invarianza idraulica degli interventi;
- dimensionamento del drenaggio e smaltimento delle acque dei sottopassi stradali.

2 INQUADRAMENTO NORMATIVO E PIANIFICATORIO

La normativa a cui ci si riferisce nella redazione della presente Relazione di Compatibilità Idraulica è la seguente:

- D.G.R. n.3637 del 10.05.2002 e ss.mm.ii.
- D.G.R. n.1322 del 10.05.2006;
- D.G.R. n.2948 del 06.10.2009 – "Modalità operative e indicazioni tecniche" di cui all'Allegato A.

Si fa inoltre riferimento agli strumenti urbanistici vigenti ed in particolare alle relazioni specialistiche di supporto agli stessi ed alle prescrizioni degli Enti autorizzanti:

- Valutazione di compatibilità idraulica del Piano degli Interventi (P.I.) Variante n.7 del Comune di Casier – approvato con Delibera del Consiglio Comunale n.11 del 18.03.2019;
- Relazione di compatibilità idraulica del Piano di Assetto del Territorio (P.A.T.) del Comune di Treviso – anno 2015, approvato dalla Conferenza dei Servizi in data 27.05.2015, prot. 59853, ratificato dalla Giunta Provinciale con deliberazione n. 200 in data 08.06.2015

3 ANALISI IDROLOGICA

3.1 GENERALITA'

Nel presente paragrafo saranno illustrati i criteri generali utilizzati per il dimensionamento e per la progettazione delle opere idrauliche complementari alla nuova arteria stradale "Terraglio est". La realizzazione di una nuova strada su sedime attualmente agricolo, l'inserimento di sottopassi lungo il tracciato in progetto e la riqualificazione della viabilità esistente, con l'introduzione di elementi quali piste ciclabili e banchine, comportano la necessità di progettare, unitamente alla rete stradale, anche la rete di sottoservizi con funzione di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche.

La progettazione della nuova rete dovrà quindi rispondere, nello specifico, a due esigenze, una prettamente idrologica, ed una di carattere idraulico.

Per quanto riguarda la prima, l'intervento in oggetto consiste principalmente in una estesa asfaltatura di terreni attualmente agricoli. Dal punto di vista idrologico, ciò comporta, allo stato di progetto, una più rapida e gravosa risposta del sistema, quando esso è sollecitato da un determinato evento meteorico. Le maggiori portate che il bacino produce, quindi, dovranno essere raccolte dalla nuova rete idraulica, che dovrà garantire l'invaso dei volumi in eccesso.

Dal punto di vista idraulico, invece, la nuova rete di smaltimento acque meteoriche sarà inserita nella esistente rete di canalizzazioni e tubazioni. Con essa, quindi, dovrà contribuire al regolare deflusso delle acque raccolte dalla piattaforma, rilasciandole in modo controllato ai corpi idrici ricettori ed evitando l'insorgere di criticità idrauliche quali allagamenti localizzati ed insufficienze della rete esistente.

A tali scopi il progetto prevede la realizzazione di fossi di guardia, tubazioni, bacini di lagunaggio in collegamento con manufatti accessori particolari e puntuali, quali caditoie, pozzetti, embrici ed impianti di sollevamento.

Nello specifico, nei contesti attualmente urbanizzati oggetto di riqualifica e già provvisti di una rete di sottoservizi (costituita da manufatti interrati o da canalizzazioni a cielo aperto), sia in corrispondenza di attraversamenti trasversali al tracciato in progetto sia in attraversamento ad arterie viabili esistenti, saranno posati nuovi scatolari e tubazioni, al fine di assicurare continuità idraulica all'esistente rete di smaltimento acque meteoriche. Nei tratti di tracciato di nuova realizzazione, invece, collocati in contesti prevalentemente agricoli, saranno scavati nuovi fossi di guardia laterali alla banchina.

Particolare importanza assumono anche le interferenze con la rete idraulica esistente. In corrispondenza dell'attraversamento con Via Sant'Antonino, dove è prevista la realizzazione di un nuovo sottopasso, sono presenti due linee: quella di acque bianche, e quella di acque nere in arrivo da nord ovest e destinate all'impianto di depurazione di Via C. Pavese in gestione al servizio A.T.S. Alto Trevigiano Servizi.

3.2 ASPETTI IDROGRAFICI

La nuova viabilità si sviluppa nella provincia di Treviso, tra i comuni di Casier e Treviso. Tale porzione di territorio è caratterizzata da una doppia pendenza: una principale orientata da ovest verso est, ed una secondaria da nord a sud, tipica degli scoli minori e dei collettori secondari, che costituiscono i primi elementi di drenaggio del bacino.

Come si evince dalla Figura 1, il territorio oggetto di intervento appartiene al bacino tributario direttamente scolante nel Fiume Sile. In generale, però, tale bacino recapita le acque in alcuni collettori di bonifica secondari, come lo Scolo Fuin, nella parte settentrionale dell'intervento, evidenziando comunque un certo disordine idraulico in cui è difficile riconoscere una direzione di deflusso principale.

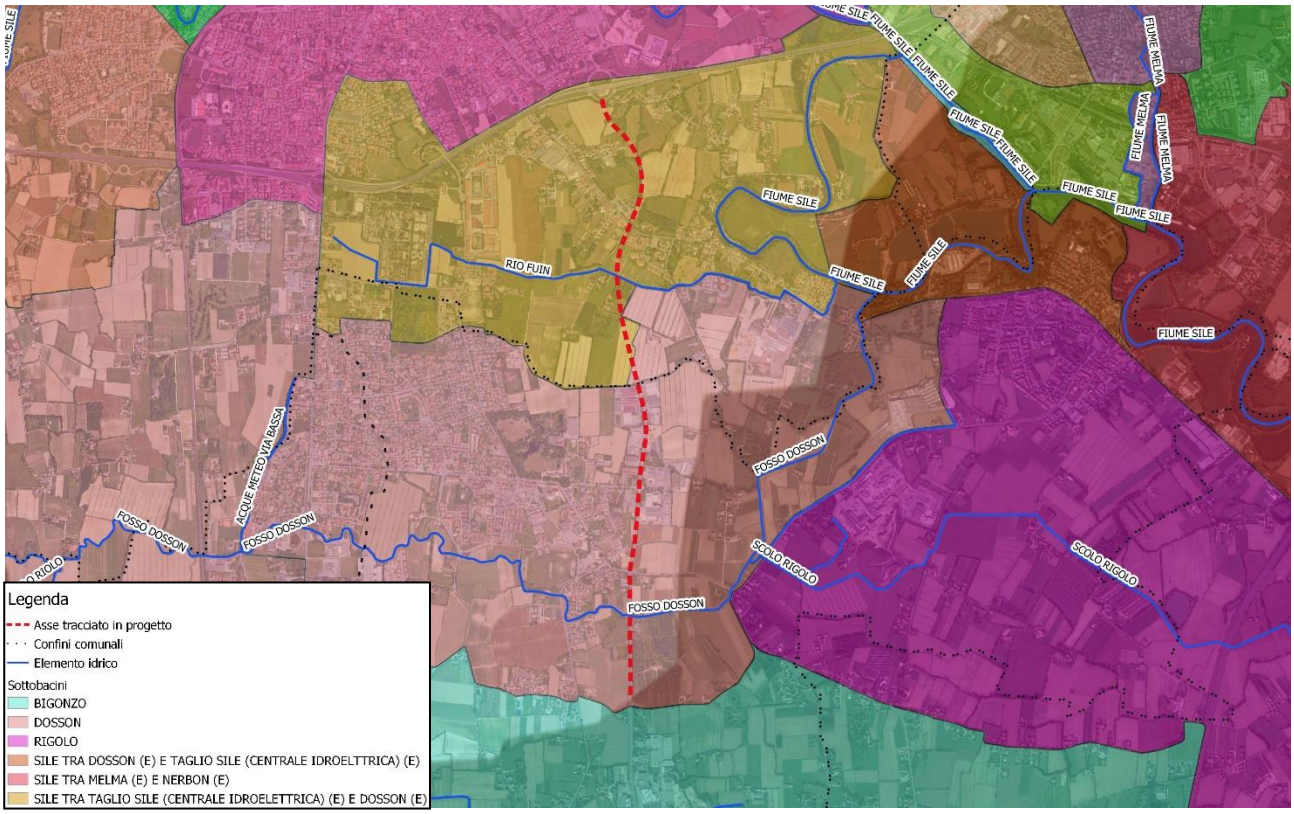


Figura 1: Carta idrografica del territorio tra i comuni di Treviso e Casier: in rosso l'asse del tracciato della nuova arteria stradale "Terraglio Est"

Dal punto di vista del Rischio idraulico si richiama lo Studio di Impatto Ambientale, S.I.A., elaborato nell'Aprile 2009 relativo le Opere Complementari al Passante di Mestre (Opera n.31 – Terraglio Est). Dall'estratto della "Carta delle aree a rischio idraulico", si evince che l'area oggetto di intervento non ricade in perimetrazioni a pericolosità idraulica.

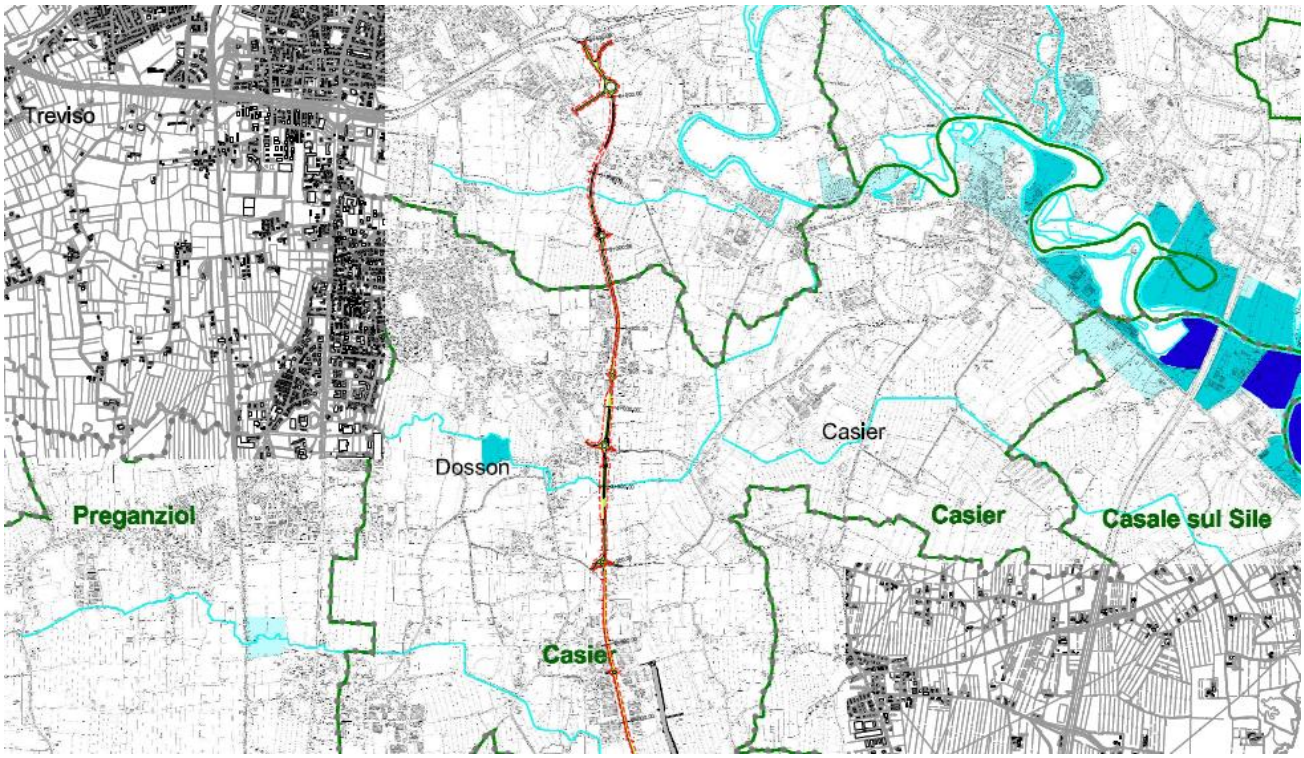


Figura 2: Estratto della "Carta delle aree a rischio idraulico" . S.I.A. Aprile 2009.

L'ambito di intervento ricade, per la parte settentrionale del comune di Treviso, nel Comprensorio di Bonifica del Fiume Piave, mentre, per quella meridionale del Comune di Casier, nel Comprensorio di Bonifica Acque Risorgive.

3.3 ASPETTI IDROLOGICI

L'intervento in oggetto, caratterizzato principalmente da una estesa asfaltatura di terreni agricoli, comporta un significativo aumento del grado di impermeabilizzazione del territorio, che si traduce in una più rapida e gravosa risposta idrologica del sistema. I maggiori volumi e portate prodotti dal bacino, nel rispetto di quanto indicato nella D.G.R. 2948 del 06/10/2009, dovranno quindi essere intercettati dalla rete di drenaggio di progetto, e convogliate nei corpi idrici ricettori senza creare condizioni di allagamento, ristagno o insufficienza della rete esistente. Per il calcolo dei volumi di progetto utili ai fini del dimensionamento della rete, sono state utilizzate le indicazioni del *"Commissario Delegato per l'Emergenza concernente gli eccezionali eventi meteorologici del 26 settembre 2007 che hanno colpito parte del territorio della Regione Veneto"*.

In riferimento a quanto riportato dalle *"Linee Guida per la Valutazione della Compatibilità Idraulica"*, per il calcolo dell'altezza della precipitazione, sono state utilizzate le curve di possibilità pluviometrica a tre parametri. L'altezza di precipitazione è data dalla seguente relazione:

$$h = \frac{at}{(b+t)^c}$$

dove *a*, *b* e *c* sono i tre parametri della curva, funzione del tempo di ritorno considerato, *t* è la durata dell'evento meteorico (espressa in minuti) ed *h* è l'altezza di pioggia in mm.

Si riportano di seguito i parametri delle curve di possibilità pluviometrica per la Zona Costiera, cui appartiene il Comune di Casier, e la Zona Nord Orientale, cui invece appartiene il Comune di Treviso, in funzione del tempo di ritorno dell'evento meteorico.

In funzione della durata dell'evento, sono state poi ricavate le altezze di pioggia per le due Zone analizzate.

Tabella 1: Parametri delle curve di possibilità pluviometrica per la Zona Costiera e per la Zona Nord Orientale

Zona	Costiera Lagunare		
Tr [anni]	a [mm/min^c]	b [min]	c [-]
2	20.3	12	0.821
5	27.2	13.5	0.820
10	31.4	14.4	0.816
20	35.2	15.3	0.809
30	37.2	15.8	0.805
50	39.7	16.4	0.800
100	42.8	17.3	0.791
200	45.6	18.2	0.783

Zona	Nord Orientale		
Tr [anni]	a [mm/min^c]	b [min]	c [-]
2	17.6	8.7	0.819
5	23.1	9.8	0.816
10	26.5	10.4	0.81
20	29.4	10.9	0.802
30	30.9	11.3	0.797
50	32.7	11.6	0.79
100	34.9	12.2	0.781
200	36.9	12.7	0.771

		Tr [anni]							
		2	5	10	20	30	50	100	200
tp [h]	tp [min]	h [mm]							
0.25	15	20.34	26.16	29.84	33.43	35.35	37.79	41.09	44.06
0.50	30	28.31	36.99	42.64	48.29	51.37	55.30	60.78	65.81
0.75	45	33.05	43.52	50.44	57.47	61.34	66.29	73.32	79.84
1.00	60	36.37	48.12	55.96	64.03	68.48	74.21	82.42	90.10
3.00	180	48.77	65.28	76.67	88.85	95.70	104.60	117.83	130.50
6.00	360	56.67	76.14	89.82	104.75	113.24	124.33	141.12	157.37
12.00	720	65.02	87.55	103.67	121.59	131.87	145.36	166.14	186.43

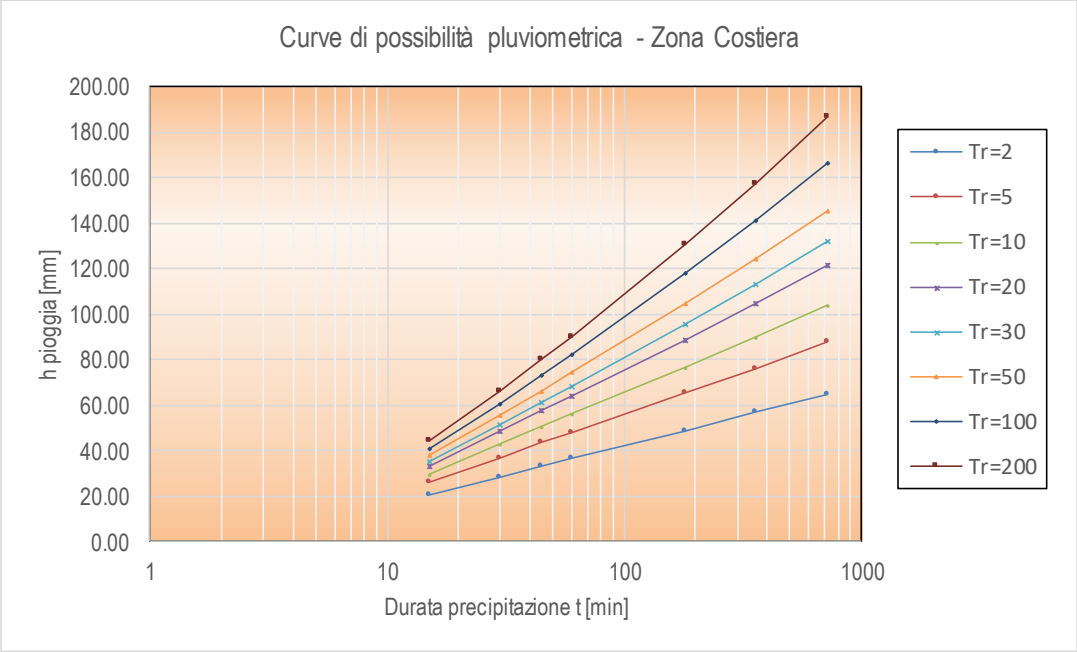


Figura 3: Zona Costiera: curva di possibilità pluviometrica in funzione della durata di pioggia e del tempo di ritorno

		Tr [anni]							
		2	5	10	20	30	50	100	200
tp [h]	tp [min]	h [mm]							
0.25	15	19.76	25.22	28.93	32.43	34.23	36.73	39.68	42.75
0.50	30	26.44	34.29	39.74	44.96	47.77	51.59	56.31	61.25
0.75	45	30.33	39.63	46.15	52.50	55.98	60.68	66.61	72.84
1.00	60	33.05	43.37	50.68	57.85	61.83	67.19	74.04	81.27
3.00	180	43.34	57.52	67.92	78.42	84.47	92.62	103.39	114.99
6.00	360	50.09	66.75	79.24	92.07	99.58	109.77	123.41	138.30
12.00	720	57.33	76.66	91.43	106.87	116.04	128.56	145.51	164.25

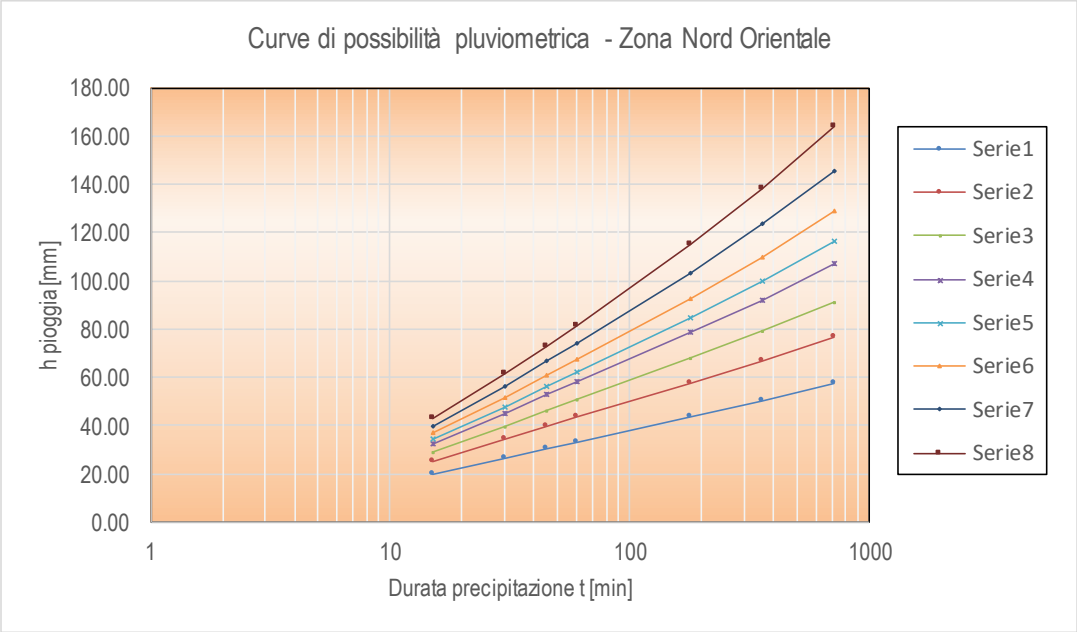


Figura 4: Zona Nord Orientale: curva di possibilità pluviometrica in funzione della durata di pioggia e del tempo di ritorno

Come si può osservare dai valori tabellati e dai grafici sopra riportati, i valori maggiori delle altezze precipitative, si manifestano con i parametri della Zona Costiera. Da ciò è derivata quindi, la scelta cautelativa di assegnare all'intero progetto tali parametri per il calcolo dei volumi: si è ritenuto, infatti, poco significativo procedere ad una differenziazione delle due zone a fronte di maggiori oneri computazionali senza peraltro ottenere miglioramenti nei risultati.

Prendendo in considerazione un tempo di ritorno di progetto pari a Tr 50 anni, come previsto dalla normativa, la curva di possibilità pluviometrica presa in considerazione assume quindi la seguente forma:

$$h = \frac{39.7t}{(t + 16.4)^{0.8}}$$

Assegnata la durata dell'evento, l'altezza di pioggia è quindi immediatamente ricavata.

3.3.1 VOLUMI IDROLOGICI DI PROGETTO

Per il calcolo dei volumi di deflusso che dovranno essere garantiti nei fossati di guardia e nelle tubazioni in progetto, sono stati applicati i metodi cinematico e dell'invaso. La differente natura concettuale, su cui i due metodi si fondano, porta ad ottenere risultati talvolta differenti ma comunque, nel complesso, confrontabili. Entrambi i metodi permettono di definire le portate e quindi i volumi, che defluiscono nelle varie sezioni della rete idraulica, una volta assegnate la precipitazione di riferimento e definite le caratteristiche geometriche e naturali del bacino.

Nei successivi paragrafi sono brevemente riportati i concetti fondamentali su cui i due principi si fondano.

3.3.1.1 Metodo cinematico

Il valore della portata media efficace, essendo tc il ritardo di corrivazione (pari alla durata della fase di esaurimento della piena) è dato dalla:

$$\bar{Q} = 278\varphi S \frac{h}{(\tau + \tau_c)} \qquad \textit{Equazione 1}$$

dove:

Q è la portata di piena [m^3/s];

S è la superficie del bacino [km^2];

τ è la durata della precipitazione [h];

h è l'altezza della precipitazione [m];

ϕ è il coefficiente medio di deflusso del bacino;

τc è il tempo di corrivazione, parametro chiave quando si fa riferimento a metodi analitici di tipo semplificato, definito come il tempo impiegato dalla particella d'acqua idraulicamente più lontana a percorrere l'intero bacino fino alla sezione di chiusura [h].

Le ipotesi su cui si basa il metodo sono le seguenti:

1. Intensità di precipitazione j = h/τ costante nel tempo e nello spazio;
2. Con riferimento allo schema della Figura 5. si assume nullo il tempo impiegato dalla generica particella d'acqua presente in una qualsiasi sezione del canale a raggiungere quella di chiusura. Schematizzando il bacino come una superficie rettangolare inclinata, l'idrogramma di piena ha forma trapezia, con fasi di crescita e decrescita di durata pari al tempo di pioggia τ'. Con il modello adottato, la portata massima si ha per $\tau = \tau c$, cioè per una precipitazione di durata uguale al tempo di corrivazione, che produce la forma trapezia isoscele dell'idrogramma di piena.

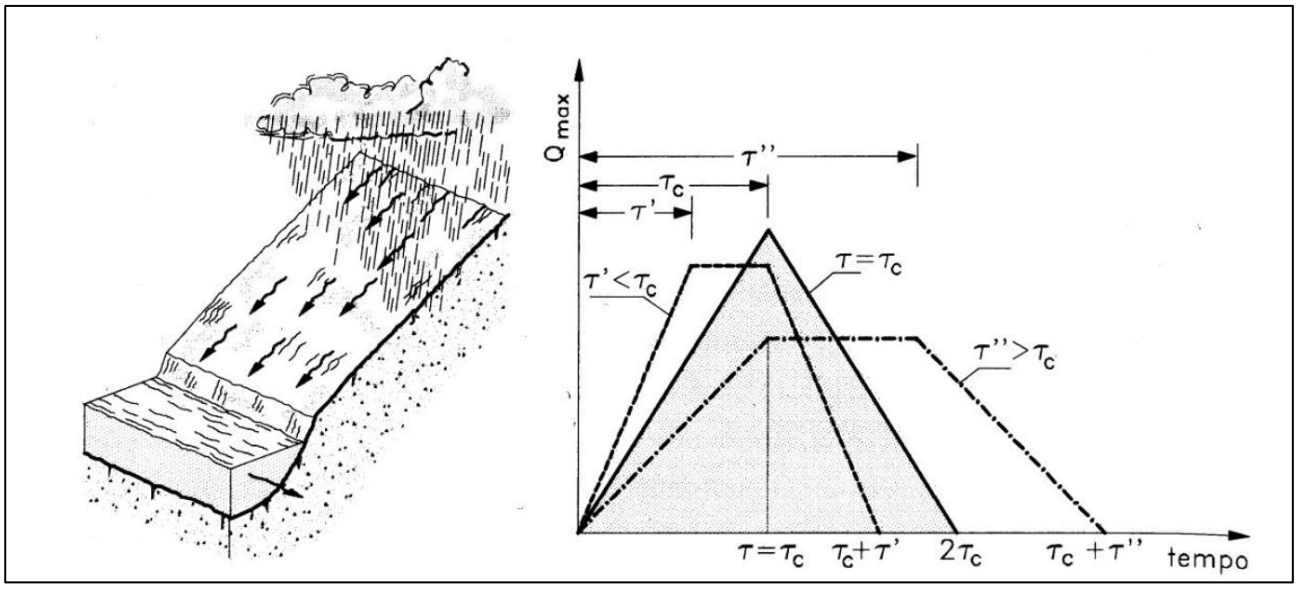


Figura 5: Metodo cinematico: schema del bacino e idrogramma di piena per differenti durate di precipitazione

Il tempo di corrivazione τc, può essere determinato facendo riferimento al percorso idraulico più lungo della rete di drenaggio fino alla sezione di chiusura considerata. Per determinare tale durata si può fare riferimento alla somma

$$\tau_c = \tau_a + \tau_r$$

dove τa è il tempo di accesso alla rete relativo al sottobacino drenato dalla condotta, ovvero il tempo che impiega la particella d'acqua per raggiungere il punto di captazione ed immissione in rete, mentre τr è il tempo di residenza nella rete, ottenuto dal rapporto tra la lunghezza del collettore e la velocità della particella in esso.

3.3.1.2 Metodo dell'invaso

Il metodo dell'invaso tratto il problema del moto ario in modo semplificato, assegnando ad esso l'equazione del moto uniforme ed assumendo l'equazione dei serbatoi per simulare concettualmente l'effetto di invaso.

Le ipotesi su cui si basa il metodo sono le seguenti:

1. Applicazione dell'equazione di continuità (bilancio di massa tra quanto piove, quanto si immagazzina nella rete e quanto defluisce verso valle) per descrivere il processo di riempimento e vuotamento della rete;
2. Equazione del moto approssimata all'equazione del moto uniforme;
3. Uguaglianza tra durata dell'evento precipitativo e tempo di riempimento della rete (evento di crisi del sistema.

Partendo dalle ipotesi di base avanzate, il processo fisico è descritto dal seguente sistema, in cui compare, alla prima riga, l'equazione dei serbatoi, e alla seconda l'equazione del moto uniforme:

$$\begin{cases} pdt = Qdt + dV \\ Q = Ak_s R_h^{2/3}\sqrt{i} = cA^{\alpha} \end{cases}$$

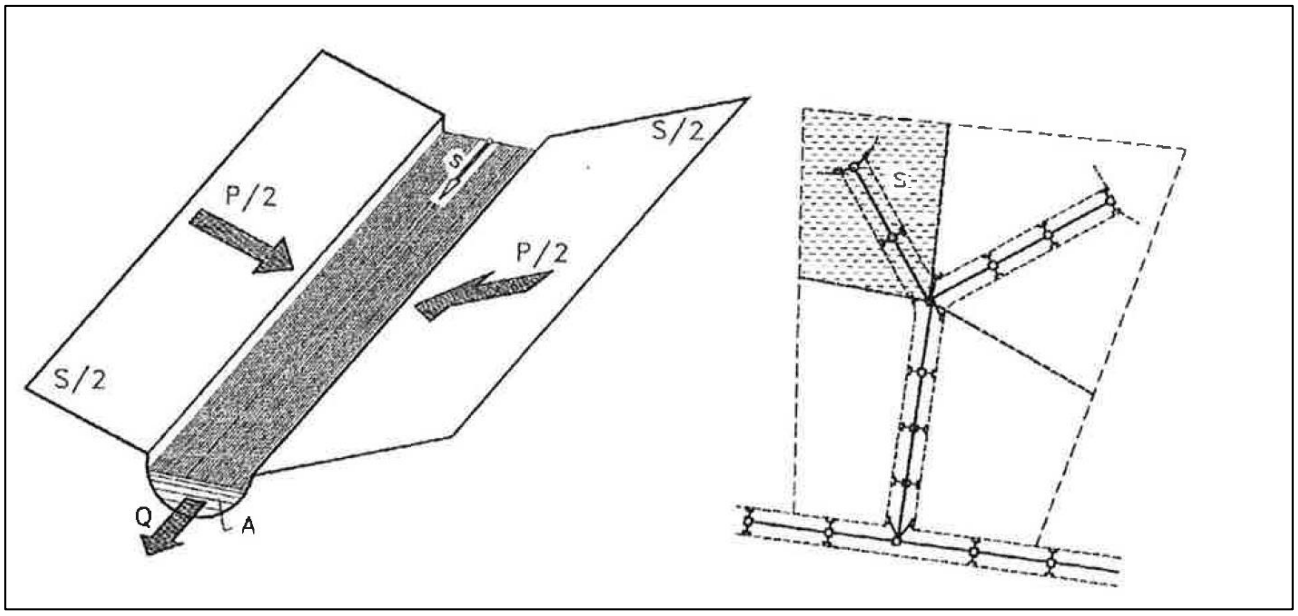


Figura 6: Metodo dell'invaso: schema per il calcolo delle portate

Si osserva che nell'equazione del moto la portata in transito alla sezione di chiusura è funzione della sezione liquida, secondo una legge che dipende dalla geometria della rete. Assegnata infatti una qualsiasi sezione geometrica per il collettore in esame, esiste una relazione che lega in modo univoco l'area bagnata ed il perimetro, e che permette di scrivere la formula delle portate in funzione del parametro α, il quale rappresenta il cosiddetto coefficiente di forma. il parametro α assume valore unitario per collettori chiusi (ad esempio tubazioni circolari) e valori maggiori di 1 invece, per collettori aperti (fossati). Ciò permette di definire il rapporto tra la portata generica Q e la massima portata Q_0 che la rete può condurre:

$$\frac{Q}{Q_0} = \left(\frac{A}{A_0}\right)^{\alpha} = \left(\frac{V}{V_0}\right)^{\alpha}$$

In forma differenziale, essa può scriversi

$$\frac{\partial V}{\partial t} = \frac{\partial V}{\partial Q}\frac{\partial Q}{\partial t}$$

e rappresenta il legame tra volume immagazzinato nella rete im ogni istante temporale e la portata in uscita dal sistema. Inserita nell'equazione dei serbatoi, diventa:

$$p - Q = \frac{V_0 Q^{(1-\alpha)/\alpha}}{\alpha Q_0^{1/\alpha}}\frac{\partial Q}{\partial t}$$

Poiché è necessario determinare il tempo di riempimento della rete, introducendo il parametro z come il rapporto tra la portata in uscita Q e la pioggia efficace in ingresso al sistema p, si ottiene l'equazione differenziale in t:

$$\partial t = \frac{V_0 p^{(1-\alpha)/\alpha}}{\alpha Q_0^{1/\alpha}}\frac{z^{(1-\alpha)/\alpha}}{(1-z)}\partial z$$

Ricordando che V_0 rappresenta il massimo volume contenibile in rete e Q_0 la massima portata fluente, integrando tra t=0 e t=tr (tempo di riempimento della rete), si ottiene l'espressione del tempo di riempimento:

$$\int_0^{tr} \partial t = \frac{V_0 p^{(1-\alpha)/\alpha}}{\alpha Q_0^{1/\alpha}} \int_0^z \frac{z^{(1-\alpha)/\alpha}}{(1-z)} \partial z \qquad \textit{Equazione 2}$$

Per integrare l'Equazione 2 ed ottenere un'equazione esplicita del tempo di riempimento della rete, è resa possibile dal richiamo ad alcuni concetti della matematica analitica qui di seguito riportati. Ricordando la soluzione della serie

$$\sum_{k=0}^{\infty} z^k = \frac{1}{1-z}$$

Moltiplicando ambo i termini per $z^{(1-\alpha)/\alpha}$

Si ha che

$$\sum_{k=0}^{\infty} z^k \, z^{(1-\alpha)/\alpha} = \frac{z^{(1-\alpha)/\alpha}}{1-z}$$

L'Equazione 2 può essere scritta come

$$\int_0^{tr} \partial t = \frac{V_0 p^{(1-\alpha)/\alpha}}{\alpha Q_0^{1/\alpha}} \sum_{k=0}^{\infty} z^k \, z^{(1-\alpha)/\alpha} \partial z \rightarrow = \frac{V_0 p^{(1-\alpha)/\alpha}}{\alpha Q_0^{1/\alpha}} \sum_{k=0}^{\infty} z^{k+(1-\alpha)/\alpha}$$

La soluzione dell'integrale è quindi la seguente:

$$tr - 0 = \frac{V_0 p^{\frac{(1-\alpha)}{\alpha}}}{\alpha Q_0^{\frac{1}{\alpha}}} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{z^{\frac{1-\alpha+k\alpha}{\alpha}+1}}{\frac{1-\alpha+k\alpha}{\alpha}+1} - 0$$

$$tr = \frac{V_0 p^{\frac{(1-\alpha)}{\alpha}}}{Q_0^{\frac{1}{\alpha}}} z^{\frac{1}{\alpha}} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{z^k}{1+k\alpha}$$

Che per semplicità, ponendo

$$\sum_{k=0}^{\infty} \frac{z^k}{1+k\alpha} = \xi(z)$$

Diventa

$$tr = \frac{V_0}{p} \xi(z) \qquad \textit{Equazione 3}$$

Il tempo di riempimento della rete così ottenuto deve ora essere eguagliato alla durata dell'evento meteorico. La portata efficace p prodotta da un bacino ed espressa con la relazione tri-parametrica dell'altezza di pioggia h (Paragrafo 3.3), è la seguente:

$$p = \varphi S j = \varphi S \frac{a}{(b+\tau)^c}$$

Che, esplicitata in funzione del tempo di pioggia t, fornisce la seguente

$$\tau = \left(\frac{a\varphi Sz}{Q}\right)^{1/c} - b \qquad \textit{Equazione 4}$$

L'invaso necessario per sopportare l'evento più gravoso è quello che si determina imponendo la durata di riempimento del sistema (la durata critica) con il tempo di pioggia, ovvero ponendo

$$\tau = tr$$

e quindi osservando in luogo della generica portata Q, la portata massima Q_0 alla sezione di chiusura. Mettendo a sistema l'Equazione 3 e l'Equazione 4 si ha:

$$\left(\frac{a\varphi Sz}{Q_0}\right)^{1/c} - b = \frac{V_0}{p}\xi(z)$$

$$Q_0 = \frac{a\varphi Sz}{\left(\frac{V_0}{p}\xi(z) + b\right)^c}$$

Il dato viene per comodità espresso in termini della portata Q_0 e del volume V_0 vengono espressi per unità di superficie:

$$u = \frac{Q_0}{S} = \frac{a\varphi Sz}{\left(\frac{v_0}{u} z\xi(z) + b\right)^c}$$

$$u = (v_0 z\xi(z) + bu)^{\frac{1}{1-c}} (a\varphi z)^{\frac{1}{1-c}}$$

Con riferimento ai volumi di laminazione, la grandezza da determinare è il volume specifico v_0, da realizzare per garantire che la portata in uscita sia pari al coefficiente udometrico u_0 imposto dal principio di invarianza. Pertanto la relazione, espressa in funzione di v_0 diventa:

$$v_0 = \frac{\left[u^{\frac{c-1}{c}} (a\varphi z)^{\frac{1}{c}}\right] - bu}{z\xi(z)} \qquad \textit{Equazione 5}$$

Assegnati i parametri della curva di possibilità pluviometrica (*a*, *b* e *c*), il grado di impermeabilizzazione del terreno, ϕ, l'Equazione 5 consente di stimare il volume di invaso specifico necessario perché il sistema scarichi al massimo la portata corrispondente al coefficiente udometrico imposto *u*. Il *Consorzio di Bonifica Acque Risorgive* ha messo quindi a disposizione un foglio di calcolo excel, tabelle e grafici tramite i quali ottenere in modo univoco il valore del volume specifico v_0; questo, moltiplicato per la superficie di intervento *S*, fornisce il volume *V* da assegnare per l'invarianza della trasformazione.

3.3.1.3 Approccio di calcolo

Confrontando i due metodi si possono complessivamente trarre le seguenti conclusioni:

1. L'errore sulla stima del coefficiente udometrico commesso con il metodo cinematico è sempre minore dell'errore commesso per il metodo dell'invaso, principalmente a causa di una errata stima del volume specifico v_0, la cui determinazione non è priva di incertezze;
2. L'errore sulla stima del tempo di corrivazione τc si riduce al crescere della superficie scolante considerata, ovvero al crescere dello sviluppo del collettore. Essendo infatti quest'ultimo ottenuto come somma del tempo di residenza in rete τr (rapporto tra la lunghezza del collettore considerato e la velocità del fluido che ad esso compete) e del tempo di accesso alla rete, τa, l'incertezza è limitata solo

alla stima di quest'ultimo parametro, la cui importanza decresce al crescere dello sviluppo di percorso considerato.

Per il presente progetto, in fase iniziale di calcolo del volume richiesto per l'invarianza della trasformazione, sono stati applicati entrambi i metodi sopra citati, ottenendo risultati comparabili tra loro ma comunque differenti. In particolare, i volumi maggiori sono stati ottenuti con l'applicazione del metodo cinematico. Per questo motivo, e per le conclusioni sopra dedotte, il dimensionamento dei collettori, siano essi chiusi (tubazioni o scatolari) o aperti (fossati di guardia), è stato eseguito applicando il più cautelativo e preciso metodo cinematico, con lo scopo di garantire il ripristino dei volumi prodotti da precipitazioni di durata pari a 12 ore.

A titolo esemplificativo, nella tabella sottostante si riporta, per un tratto della rete in progetto, il confronto tra i volumi idrologici ottenuti con i due metodi, per durate di 6 e 12 ore.

Tabella 2: Confronto dei volumi ricavati con il metodo cinematico e con il metodo dell'invaso per un bacino campione di un tratto del tracciato in progetto

Durata precipitazione [h]	[min]	h [mm]	S [ha]	f [-]	$V_{CINEMATICO}$ [m^3]	$V_{0\ INVASO}$ [m^3/ha]	V_{INVASO} [m^3]
6	360	124.32925	0.12	54.2%	**79.68**	564	**66.72**
12	720	145.35567			**93.15**		

4 COMPATIBILITA' IDRAULICA

Di seguito si riportano le caratteristiche del bacino preso in esame unitamente ai risultati del confronto tra lo stato attuale e quanto previsto dalla trasformazione di progetto. Lo studio pertanto si suddivide in:

- Analisi della trasformazione di progetto per ricavare l'incremento di impermeabilizzazione del bacino in esame;
- Determinazione del quantitativo di volume di invaso necessario alla invarianza idraulica della trasformazione secondo le vigenti indicazioni e le precedenti valutazioni di invarianza dell'intervento.

4.1 ANALISI DELLA TRASFORMAZIONE

Ai fini di valutare la trasformazione in atto si sono considerate le effettive aree in trasformazione, mediante sovrapposizione dei previsti interventi in progetto allo stato di fatto e di rilievo dell'area.
Per definire la superficie impermeabilizzata allo stato di progetto, sono state individuate le destinazioni d'uso delle superfici, associate al rispettivo coefficiente di deflusso in riferimento a quanto riportato nella D.G.R. 2948/09. Dall'analisi dell'attuale e dalle indicazioni di progetto, a seconda della tipologia di pavimentazione presente, si individuano le seguenti aree:

Superficie tipologica	*Coeff. di deflusso ϕ [-]*
Area a verde (aiuole, fossati, ecc…)	0,20
Pavimentazioni in ghiaino	0,60
Pavimentazioni bitumate	0,90

Vista l'estensione dell'opera in progetto, il calcolo delle superfici scolanti e dei rispettivi coefficienti medi di deflusso è stato condotto suddividendo il tracciato in 4 tratte:

1. Tratto in riqualificazione: da Rotatoria Viale delle Industrie – Via Alta a Ponte su Fosso Dosson, di superficie S=10.370 m^2, e coefficiente di deflusso medio ϕ=0,56;
2. Tratto in riqualificazione: da Ponte su Fosso Dosson a fine tratto oggetto di riqualifica, di superficie S=15.115 m^2, e coefficiente di deflusso ϕ=0,71;
3. Tratto di nuova realizzazione: da fine tratto oggetto di riqualifica a rampa sud Sottopasso Via Sant'Antonino, di superficie S=21.083 m^2, e coefficiente di deflusso ϕ=0,48;
4. Tratto di nuova realizzazione: da rampa nord Sottopasso Via Sant'Antonino a Rotatoria con SR 53 – Tangenziale di Treviso, di superficie S=15.540 m^2, e coefficiente di deflusso ϕ=0,59.

Le superfici sono state calcolate seguendo i seguenti due principi:

- Per il tratto oggetto di riqualifica, il principio di invarianza idraulica è stato adottato su tutta la larghezza della sede stradale, comprensiva sia della porzione esistente attualmente bitumata, sia della adiacente porzione oggetto di trasformazione (pista ciclopedonale in progetto e nuovi fossati di guardia laterali);
- Per la Zona Industriale dove, allo stato attuale, tratti tubati si alternano a brevi tratti a cielo aperto, è stata prevista la posa di soli collettori chiusi. Nel rispetto del principio di invarianza, il dimensionamento dei collettori di progetto è stato quindi condotto in modo che i volumi in essi invasati risultassero maggiori di quelli presenti negli attuali fossati e tombinamenti, con riserva di un franco di sicurezza (Par. 4.2.2).

La superficie complessiva è pari a circa 62.110 m^2, ed è caratterizzata da un coefficiente medio di deflusso ϕ pari a 0,58.

4.2 MISURE E PRESCRIZIONI DI COMPENSAZIONE IDRAULICA

4.2.1 GENERALITÀ

Di seguito si individuano le opere di mitigazione necessarie alla compensazione idraulica della trasformazione in oggetto, in conformità a quanto espresso dalla D.G.R. n.2948 del 06.10.2009. Con riferimento alle soglie dimensionali definite nella citata D.G.R., la trasformazione in oggetto si classifica come:

Significativa impermeabilizzazione potenziale	*Intervento su superfici comprese tra 1 e 10 ha (10.000 e 100.000 mq); interventi su superfici di estensione oltre 10 ha (100.000 m^2) con Imp < 0,30*

Nel caso di significativa impermeabilizzazione, *andranno dimensionati i tiranti idrici ammessi nell'invaso e le luci di scarico in modo da garantire la conservazione della portata massima defluente dall'area in trasformazione ai valori precedenti l'impermeabilizzazione.*

4.2.2 DIMENSIONAMENTO DEL VOLUME DI INVASO

Si espongono di seguito i criteri adottati per il dimensionamento delle opere idrauliche in linea, ovvero fossati di guardia e tubazioni. Con essi saranno riportate anche le verifiche della capacità di invaso e smaltimento nel rispetto dei principi dell'invarianza idraulica e dello smaltimento regolare delle portate ordinarie in arrivo, prodotte per eventi con tempo di ritorno Tr pari a 50 anni.

A partire dai volumi calcolati come descritto ai precedenti paragrafi, è stato possibile definire le caratteristiche geometriche di fossi di guardia, tubazioni e scatolari, nel rispetto dei principi di invarianza idraulica, come indicato nel D.G.R.2948 del 06/10/2009.

Per quanto riguarda i fossati, scelta la classica sezione trasversale trapezia, e noto il loro sviluppo planimetrico, sono stati assegnati e calcolati i seguenti parametri geometrici:

- b = larghezza base inferiore [m];
- S_s e S_d = inclinazione della scarpata destra e sinistra delle sponde, pari alla cotangente dell'angolo al piede (ovvero l'inverso della pendenza) [m/m];
- H = altezza media del fossato [m];
- f = franco di sicurezza, pari a 0,40 m;
- H_u = H – f = altezza utile del fossato [m];
- A_u = area trasversale utile media [m^2];
- V_u = volume utile medio [m^3].

Ciascun fossato è stato quindi dimensionato affinché il Volume utile medio risultasse superiore a quello minimo richiesto per l'invarianza.

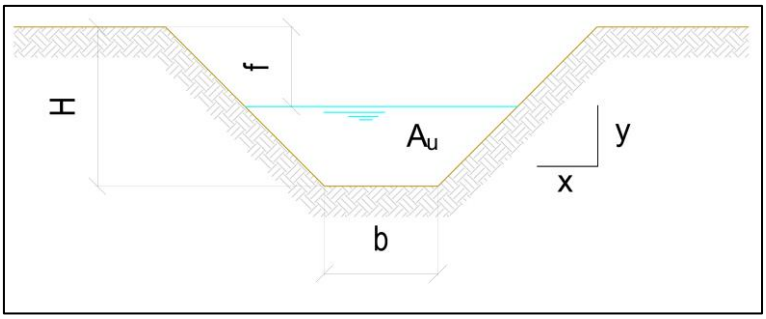


Figura 7: Parametri geometrici utilizzati nel dimensionamento dei fossati di guardia

In modo analogo, per tubazioni circolari e per gli scatolari, fissato un grado di riempimento massimo, dato dal rapporto rispettivamente di y/D e y/h del 70%, cono stati assegnati e calcolati i seguenti parametri geometrici

- D = diametro interno [m] (per tubazioni circolari);
- B = base interna [m] (per scatolari);
- h = altezza interna [m] (per scatolari);
- A_u = Area trasversale utile [m^2];
- V_u = volume utile [m^3].

Ciascun collettore chiuso è stato quindi dimensionato affinché il Volume utile risultasse superiore a quello minimo richiesto per l'invarianza.

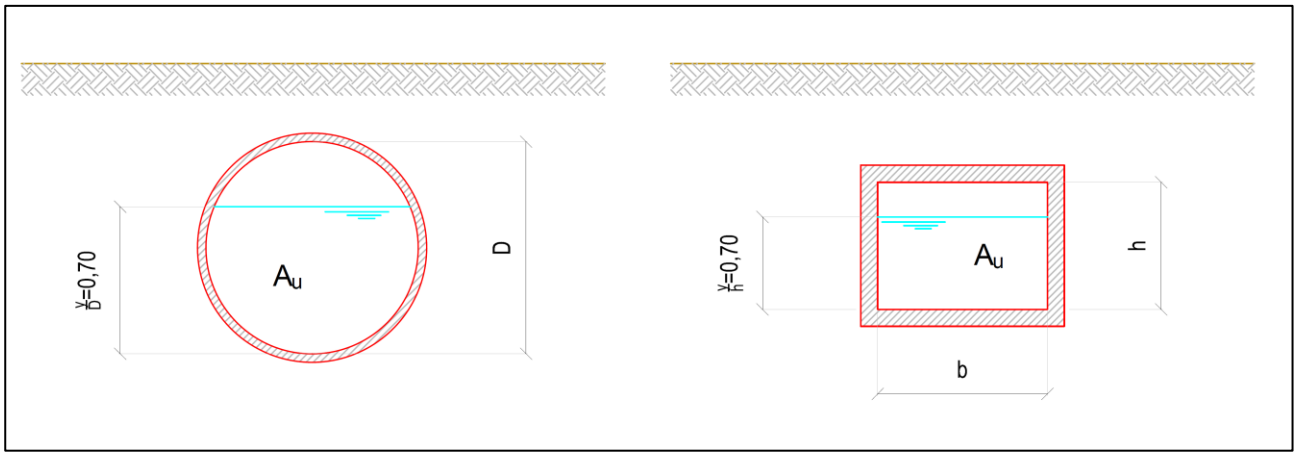


Figura 8: Parametri geometrici utilizzati nel dimensionamento della tubazioni e degli scatolari

Si riportano di seguito Il volume idrologico complessivo e quello ripristinato per l'invarianza della trasformazione. Si rimanda comunque agli elaborati grafici di progetto per un maggior dettaglio circa le caratteristiche geometriche assegnate a ciascun volume di invaso (fossati e tubazioni) lungo l'opera in progetto.

4.2.3 TRATTO IN RIQUALIFICAZIONE: DA ROTATORIA VIALE DELLE INDUSTRIE – VIA ALTA A PONTE SU FOSSO DOSSON

Volume idrologico totale: $V_{IDR,TOT}$ = 858,62 m^3;

Volume ripristinato totale: $V_{RIP,TOT}$ = 1118,88 m^3

4.2.4 TRATTO IN RIQUALIFICAZIONE: DA PONTE SU FOSSO DOSSON A FINE TRATTO OGGETTO DI RIQUALIFICA

Volume idrologico totale: $V_{IDR,TOT}$ = 1551,76 m^3;

Volume fossati tombati: $V_{PERSO,TOT}$ = 723,63 m^3;

Volume ripristinato totale: $V_{RIP,TOT}$ = 2560,80 m^3

4.2.5 TRATTO DI NUOVA REALIZZAZIONE: DA FINE TRATTO OGGETTO DI RIQUALIFICA A RAMPA SUD SOTTOPASSO VIA SANT'ANTONINO

Volume idrologico totale: $V_{IDR,TOT}$ = 1468,40 m^3;

Volume ripristinato totale: $V_{RIP,TOT}$ = 1789,15 m^3

4.2.6 TRATTO DI NUOVA REALIZZAZIONE: DA RAMPA NORD SOTTOPASSO VIA SANT'ANTONINO A ROTATORIA CON SR 53 – TANGENZIALE DI TREVISO

Volume idrologico totale: $V_{IDR,TOT}$ = 1330,80 m^3;

Volume ripristinato totale: $V_{RIP,TOT}$ = 1502,89 m^3