

STUDIO TECNICO  
INGEGNERIA - ARCHITETTURA

**Dott. Ing. Giuliano Galassi**  
**Dott. Ing. Ermanno Gianessi**  
**Geom. Gabriele Pasini**  
V.le G. Marconi, 584 - 47023 Cesena (FC)  
Tel e Fax 0547/301735 - P.I. 01314600402  
E-mail: info@stgalassi.191.it

**Dott. Arch. Stefano Bottari**  
Corso Ubaldo Comandini, 8 - 47023 Cesena (FC)  
Tel 0547/24379 - C.f. BTT SFN 69E31 C573M  
E-mail: bottari.stefano@libero.it

# COMUNE DI CESENA

PROVINCIA DI FORLÌ-CESENA

Piano Urbanistico Attuativo di Iniziativa Privata  
05/03-AT4a - Diegaro, Via San Cristoforo

Committenti: **Elettra s.r.l.**

con sede a Cesena, Via Lelio Basso n°270 - P.Iva 02212390401

**Ellemme Immobiliare s.r.l.**

con sede a Bertinoro, Via Santa Croce n°121 - P.Iva 03472480403

**Soc. C.M.P. sas di Tani Maura & C.**

con sede a Cesena, Via Uberti n°53 - P.Iva 10663010401

*ALLEGATO L - Relazione idraulica -*

**Il Progettista**

Dott. Ing. Ermanno Gianessi  
Dott. Arch. Stefano Bottari

**Il Committente**

**Allegato L**

**Maggio 2011**

STF-GRG

**Elettra s.r.l.**  
**Ellemme Immobiliare s.r.l.**  
**Soc. C.M.P. sas di Tani Maura & C.**

**Relazione idraulica con particolare riferimento all'invarianza  
idraulica della trasformazione di uso del suolo per il  
Piano Urbanistico Attuativo di Iniziativa Privata  
05/03-AT4a - Diegaro, Via San Cristoforo**



Dott. Ing. Paolo Mazzoli

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Paolo Mazzoli', is positioned below the printed name.

Cesena, Luglio 2010

## PREMESSE

Obiettivi del presente studio sono:

- la valutazione delle misure di regimazione delle acque necessarie a garantire l'invarianza idraulica della trasformazione per il piano particolareggiato d'iniziativa privata comparto di espansione residenziale denominato 05/03-AT4a - Diegaro, Via San Cristoforo; ai sensi dell'art. 9 delle norme del Piano di bacino-stralcio per il rischio idrogeologico dell'Autorità dei Bacini Romagnoli (di seguito anche solo *AdB*) e nella relativa *Direttiva inerente le verifiche idrauliche* ( di seguito solo *Direttiva*)
- il dimensionamento idraulico delle tombinature previste sullo scolo S.Cristoforo per il tratto prospiciente l'area in esame e, quale misura compensativa richiesta dal competente Consorzio di Bonifica Della Romagna (di seguito anche solo *Consorzio*) per le tombinature stesse, per ulteriori 300 m circa a valle dello stesso.

I dimensionamenti idraulici delle tombinature vengono realizzati, secondo le indicazioni della *Direttiva* e le prescrizioni tecniche del *Consorzio*, con i consueti schemi di moto uniforme impiegati anche per la rete di drenaggio interna del PUA, riportati in dettaglio in Allegato II alla presente nota. Una ulteriore verifica di tali tombinature in condizioni di moto permanente è stata realizzata con lo scopo di meglio descrivere le condizioni di rigurgito a valle (scala di deflusso per lo scolo S.Cristoforo tombinato) in corrispondenza dello scarico della fognatura in progetto.

Per quanto riguarda la verifica dei volumi di laminazione necessari per l'invarianza idraulica secondo quanto previsto dalla *Direttiva*, si consideri il lotto oggetto di intervento è rappresentato in [Figura 2](#) (*condizioni ante operam*).

La sintesi delle aree permeabili e impermeabili soggette a trasformazione (valutata sugli elaborati di progetto) in condizione *ante* e *post operam* è riportata nella tabella seguente:

tot		IMP	PER
POST	12.3	6.1	3.7
ANTE	12.3	0.0	12.3

**Tabella 1** aree permeabili e impermeabili soggette a trasformazione *ante* e *post operam* [ha]

Applicando la portata *agricola* di utilizzo comune per i comprensori di bonifica allo studio (pari a 20 l/s/ha) si ottiene una portata *ante operam* di 246 l/sec. Secondo il metodo di calcolo dei volumi di invaso prescritto dalla *Direttiva* il volume di invarianza teorico risultante dalle superfici di [Tabella 1](#) risulterebbe e pari a circa 6450 m<sup>3</sup> ([Tabella 2](#)).

Nel corso della presente relazione si provvederà a valutare con uno studio di maggior dettaglio (previsto dalla *Direttiva* per aree a significativa e marcata impermeabilizzazione potenziale) la portata *post operam* in uscita dal lotto, proponendo un dimensionamento ottimizzato dei dispositivi di invarianza e dei volumi di invaso conseguenti

I dettagli delle modellazioni idrauliche sono contenuti in allegato II alla presente nota.

La rete fognaria in condizioni *post operam* viene simulata idraulicamente in condizioni di moto vario utilizzando il modello infiltrazione, *runoff* superficiale e *routing* nella rete di drenaggio il contenuto nel codice SWMM dell'EPA.

Tutte le valutazioni in ordine alle verifiche idrauliche sia per lo scolo S.Cristoforo che per la rete fognaria in terna si basano sul rilievo topografico di dettaglio sulle tavole di progetto resi disponibili dalla committenza.

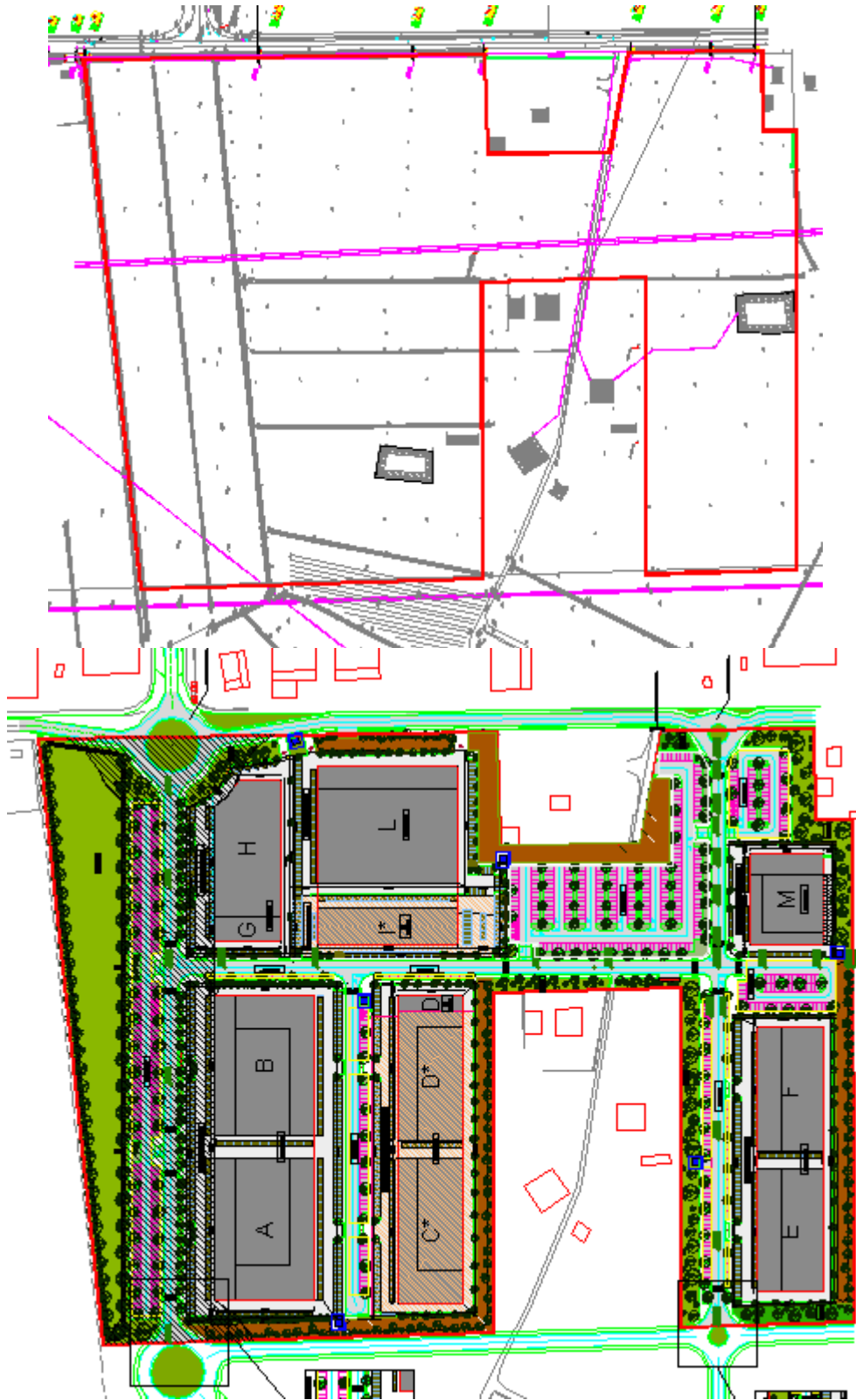


Figura 1- situazione *post operam* (sopra) e *ante operam* (sotto)





Figura 2- tipologia prevalente di uso del suolo per il comparto in esame

$\phi_{imp} =$	<b>0.9</b>	(-)	
$\phi_{perm} =$	<b>0.2</b>	(-)	
I	<b>100</b>	(-)	% dell'area ch
P	<b>0</b>	(-)	% dell'area ch
Imp	<b>70</b>	(-)	Imp e Per sonc
Per	<b>30</b>	(-)	permeabile, pr
Imp°	<b>0</b>	(-)	
Per°	<b>100</b>	(-)	
$w^\circ$	50	$m^3/ha$	
$\phi =$	0.69	(-)	$\phi = 0.9Imp + 0.2$
$\phi^\circ =$	0.20	(-)	$\phi^\circ = 0.9Imp^\circ + 0$
n=	0.48	(-)	
w	<b>522.7</b>	$m^3/ha$	$w = w^\circ (\phi / \phi^\circ)$
			Il volume così
St	<b>12.3</b>	ha	
W	<b>6452</b>	$m^3$	

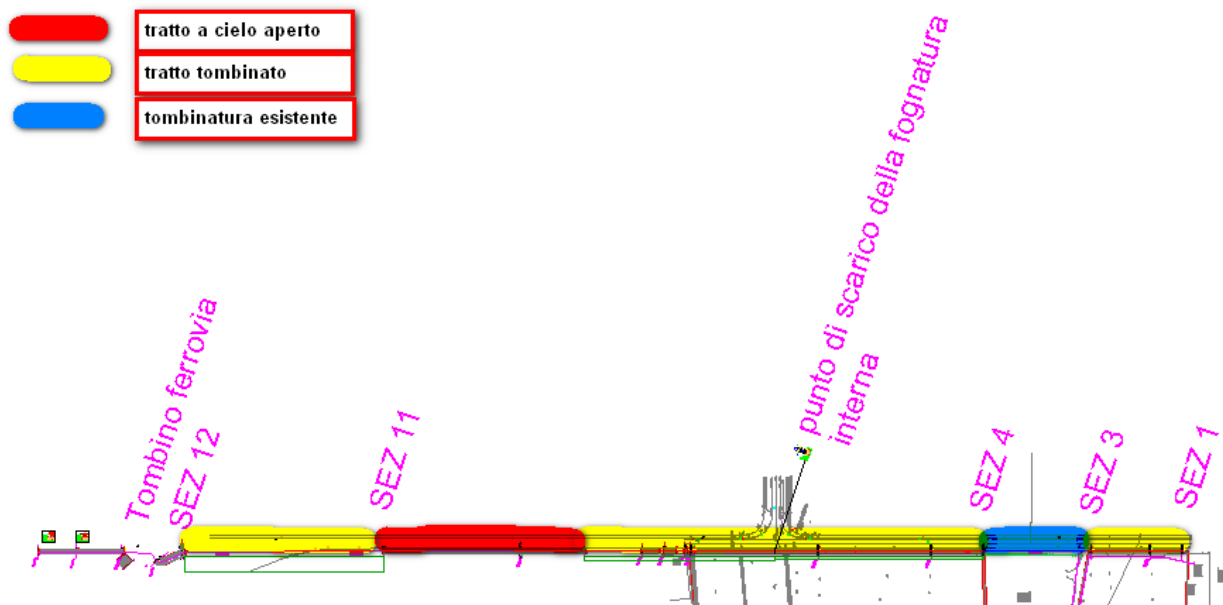
Tabella 2- calcolo del volume di invaso teorico W da recuperare ai fini dell'invarianza idraulica per il lotto Principale

## DIMENSIONAMENTI IDRAULICI

### ***Tombinamenti scolo S.Cristoforo***

I tratto oggetto di tombinatura comprende la porzione di Scolo S.Cristoforo prospiciente il lotto e, a valle di questa, sino all'inizio del tratto a cielo aperto e nel tratto tra le sezioni 11 e 12 di [Figura 3](#).

Le tombinature sono state dimensionate con schema di moto uniforme e franco di 30 cm per le sezioni rettangolari e a bocca piena per le sezioni circolari, i dettagli delle verifiche idrauliche sono contenuti in Allegato II.



**Figura 3- sezioni di rilievo e tombinature**

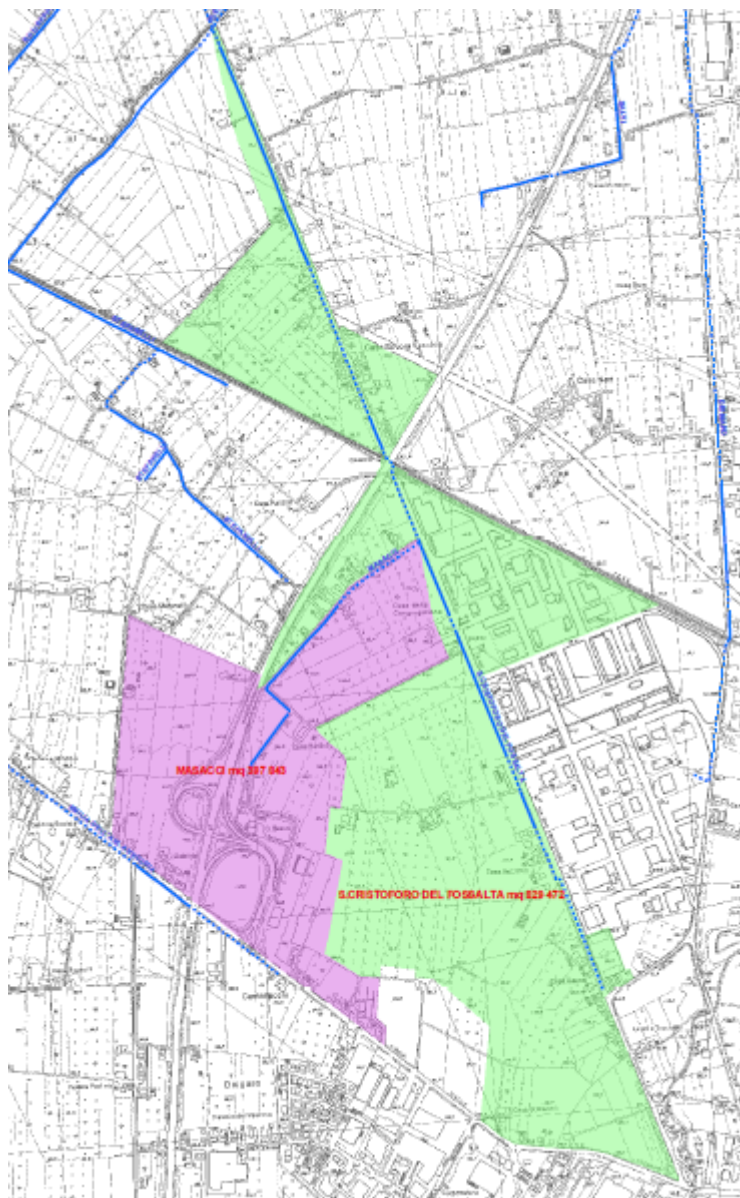
Per il calcolo della portata di riferimento si sono adottati la bacinizzazione e le caratteristiche idrologiche del Bacino S.Cristoforo fornite dal *Consorzio* in particolare i seguenti parametri:

Atot ( area del bacino complessivo alla chiusura) = 1,23 kmq

L ( lunghezza dell'asta complessiva) = 2,15 km

I ( pendenza media dell'asta) = 0,00345 m/m

Tc ( tempo di corrivazione) = 2.54 ore



**Figura 4- bacini e sottobacino dello Scolo S.Cristoforo come forniti dal Consorzio**

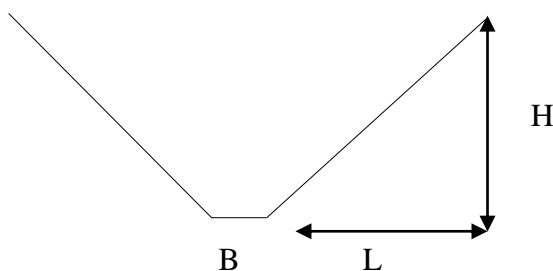
I dati sono stati utilizzati per il calcolo delle portate di progetto con il noto metodo cinematico risalendo i valori lungo l'asta in ragione dell'effettivo bacino drenato.

Le verifiche di moto uniforme sono state condotte per permettere il rispetto della portata duecentennale in condizioni di moto uniforme con i franchi indicati in precedenza, gli scatolari vanno da un massimo di 2.5X1.5 m nel tratto tra sez 11 e sez 12 ad un minimo di 1.6X1m nel tratto tra sez 4 e scarico della fognatura del lotto con pendenze variabili tra 0.006 e 0.003.

Nel tratto a monte della sez 4 si è verificata l'idoneità della tombinatura circolare DN 1200 mm esistente tra le sez 3 e 4, proponendone l'adozione anche per il tratto di fosso precedente sino alla sez 1.

Nel tratto a cielo aperto a monte della sezione 11 dove non è prevista alcuna tombinatura, si propone invece di realizzare una moderata risagomatura del fosso per raggiungere una adeguata quota di scorrimento e migliorare così l'efficienza di tutta la porzione di monte.

La sezione tipo proposta, da verificare con un rilievo di dettaglio all'atto della predisposizione delle operazioni di risagomatura, permette, con un moderato irripidimento delle sponde, di non incidere significativamente sulla larghezza in sommità del fosso esistente ed è di seguito riportata:



**Figura 5- sezione trapezia tipo proposta per la risagomatura a monte della sez 11**

Dove  $B = 0.4-0.5\text{m}$  e  $H/L = 1-1.1$  l'altezza  $H$  varia da un minimo di 1,5 ad un massimo di 1.9 da monte a valle del tratto considerato.

Il complesso di questi interventi di tombinamento e risagomatura permette di raggiungere il duplice scopo di garantire una adeguata officiosità a tutto il tratto in esame e di abbassare la livellata di fondo mantenendo comunque sufficienti pendenze di fondo minime.

Gli abbassamenti maggiori (anche dell'ordine di 50 cm) si registrano nel tratto tombinato a valle dello scarico della fognatura interna e agevolano lo scolo della rete fognaria ed il riempimento delle vasche di laminazione, per le piogge di progetto previste, riducendo così il rischio di tracimazione sul piano di calpestio stessa del lotto stesso. La quota di scorrimento di progetto del S.Cristoforo in questo punto, nel sistema di riferimento locale adottato nel rilievo fornito è pari a -1.72 m.

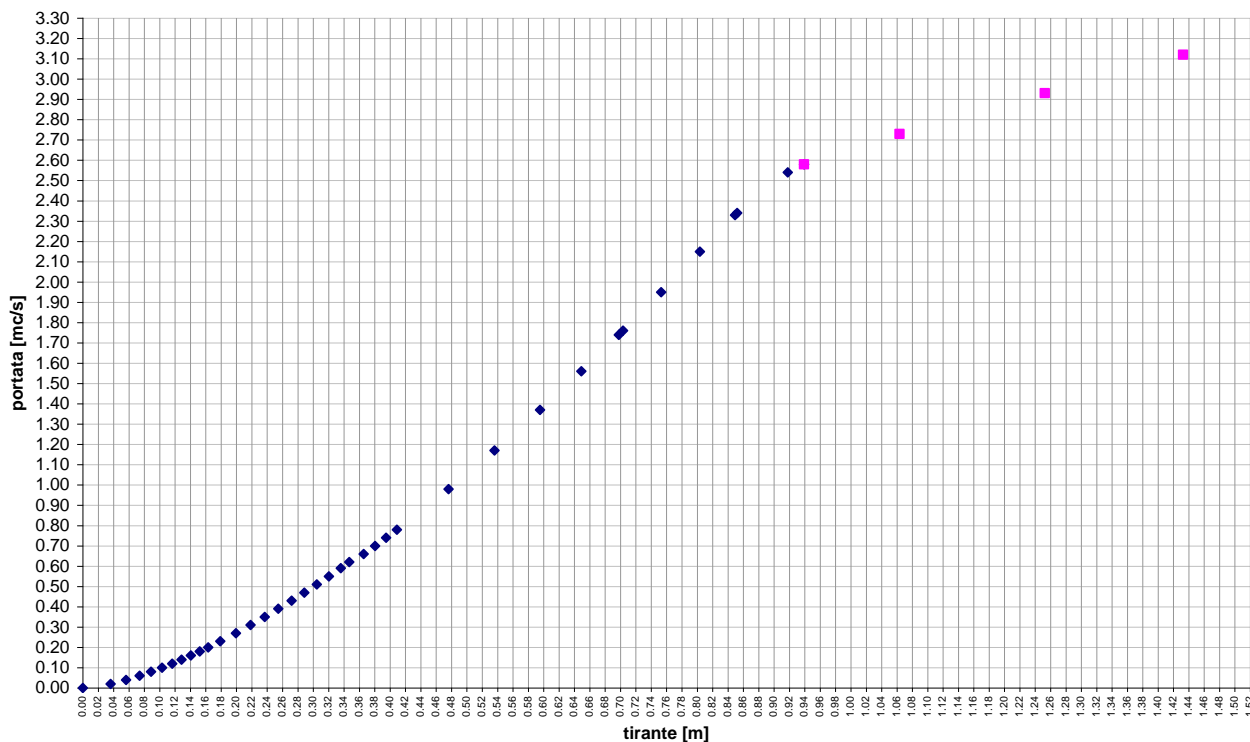
Nel punto di scarico della fognatura nel lotto è previsto un pozzetto in cls gettato in opera per il raccordo delle diverse tombinature esistenti, ispezionabile dall'alto, di dimensioni in pianta 2X2m.

Una ulteriore verifica sul funzionamento delle tombinature in condizioni di moto permanente è stata realizzata con lo scopo di meglio descrivere le condizioni di rigurgito a valle (scala di deflusso per lo scolo S.Cristoforo tombinato) in corrispondenza del manufatto di scarico della fognatura in progetto.

Si è in particolare verificato che gli effetti di rigurgito indotti dalle ulteriori tombinature presenti a valle della sezione 12 (dalla linea ferroviaria in poi) non producessero effetti apprezzabili in corrispondenza della sezione di scarico per la rete fognaria interna.

La scala di deflusso di moto permanente nel punto di scarico del lotto, adottata per definire le condizioni di valle della rete acque bianche interna, è riportata in [Figura 6](#).





**Figura 6- scala di deflusso di moto permanente per lo scolo S.Cristoforo tombinato in corrispondenza dello scarico della rete fognaria interna**

Le quote di scorrimento lungo lo scolo S.Cristoforo in condizioni *post operam* sono riportate in corrispondenza delle sezioni di tombinamento in Allegato II, cui si rimanda per i dettagli sui tutti i dimensionamenti idraulici.

Nella tavola B\_3ldi progetto sono riportate le sezioni di tombinamento/risagomatura ed il profilo longitudinale in condizioni *ante/post operam*.

### **Rete fognaria e dispositivi di invarianza idraulica**

Sulla base degli elaborati di progetto preliminari forniti sono state dimensionate e poi verificate le linee fognarie (diametri, pendenze) e funzionamento dei dispositivi di laminazione .

I lotti costituiscono sottobacini idraulici distinti, individuati da lettere secondo le planimetrie di progetto fornite (A-H, [Figura 1](#)~~Figura-4~~); sono previste vasche in verde privato di profondità variabile tra 70 cm ed 2 m, per la laminazione di superfici private ed un vasca in verde pubblico a servizio delle aree pubbliche di cui è stata verificato con particolare attenzione al riempimento medio per assegnata pioggia di progetto ( T= 30 anni e d= 2 ore) contenendolo entro i 25 cm.

In particolare quest'ultima è una vasca prismatica di area media 8000 mq, collocata nel punto topograficamente più depresso del lotto e dotata di una doppia via di comunicazione con la linea fognaria in strada per agevolarne il riempimento e lo svuotamento.

Tutte le vasche in verde pubblico sono dotate di canaletta di scolo centrale per la regimazione delle acque verso l'uscita strozzata. Le dimensioni minime per le strozzature a servizio delle singole vasche in verde privato sono di DN 120 mm, mentre la strozzatura principale a servizio della linea fognaria e quindi della vasca ricavata in verde pubblico è DN= 250 mm.

La linea fognaria è costituita da un collettore principale sotto la viabilità a servizio del lotto di con scatolare di dimensioni 800X100 e 1200 X100 mm e pendenza 0.002, come da allegati progettuali a cura dei progettisti incaricati.

Il ricoprimento minimo sulle tubazioni, stimato in base ai piani quotati di progetto forniti per tale tubazione è circa 30 cm. Ricoprimenti inferiori sono possibili all'interno delle vasche di laminazione in verde, non soggette a traffico di automezzi.

I collettori sono stati predimensionati in modo che la portata massima di progetto secondo il noto schema cinematico o metodo razionale (1600 l/s circa per Tempo di ritorno 30 anni e durata critica pari al tempo di corrivazione della fognatura stimato in 10 minuti) transiti con un riempimento non superiore all' 80 %.

Il significativo dislivello topografico (circa 1.3 m) tra monte e valle del lotto da un lato garantisce contro possibili effetti di rigurgito il piano di calpestio nella ree di monte, mentre dall'altro obbliga alla adozione di strozzature di ridotto diametro (DN= 120 mm) per permettere un sufficiente l'invaso ed il funzionamento delle vasche in verde private periferiche, tali strozzature dovranno essere adeguatamente mantenute per evitarne l'intasamento. A questo scopo è prevista l'adozione di un doppio pozzetto e una lunghezza massima di 2 m per ogni strozzatura.

Le superfici drenate dalla rete sono riportate nell'Allegato I dove si evince che, per il dimensionamento idraulico della rete, per le aree verdi è stato considerato cautelativamente un coefficiente di deflusso pari a 0,3, mentre per le superfici impermeabili pari a 0,9.

Le caratteristiche della rete sono invece indicate nell'Allegato II, dove sono riportati i diametri dei rami, la pendenza costante pari al 0.2-0.35 %, il tempo di corrivazione per la linea principale di circa 10 minuti.

I calcoli sono stati sviluppati, con tempo di ritorno della pioggia di 30 anni e tempo di ingresso in rete di 5 minuti con i coefficienti della curva di possibilità pluviometrica calcolati in Allegato III.

Nell'elaborato grafico di progetto (tavola B 3b) sono riportati i tracciati ed i dimensionamenti di ogni ramo fognario.

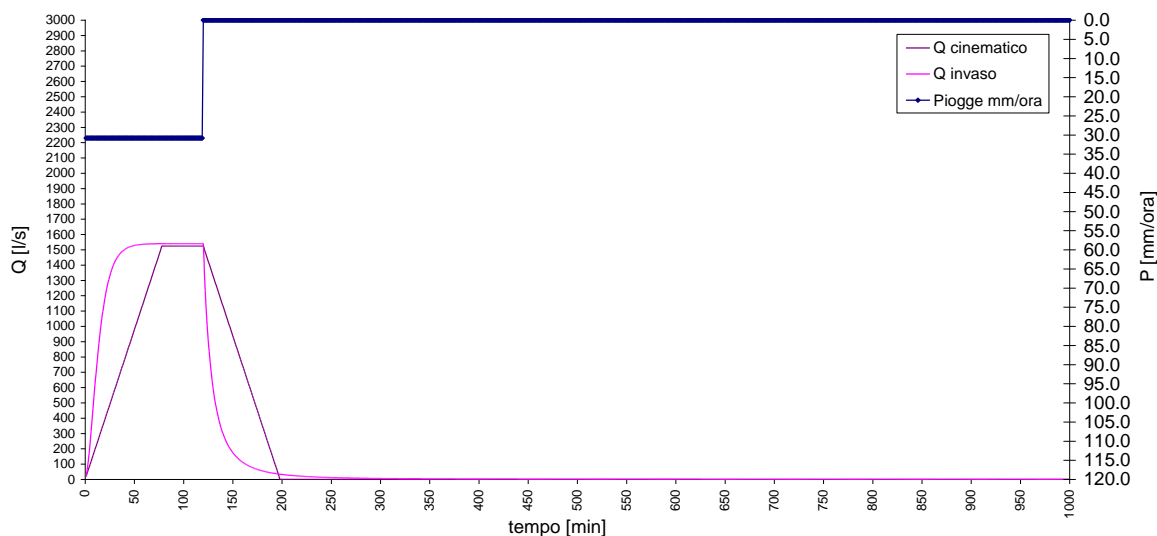
I raccordi con la fognatura principale sono garantiti con caditoie di drenaggio dal piano stradale circa ogni 20 m e pozzetti di raccordo per le porzioni di lotti in grado scaricare lungo la strada

La rete così dimensionata è stata verificata nel suo funzionamento, come previsto dalla *Direttiva*, secondo i seguenti passi operativi:

- *individuazione del bacino idrografico del corpo idrico recettore degli scarichi di acque meteoriche provenienti dal lotto in trasformazione*
- *valutazione di un idrogramma di piena del corpo idrico recettore corrispondente al colmo di portata attesa.*
- *Valutazione dell'idrogramma di piena proveniente dal solo lotto in trasformazione, rispettivamente prima e dopo la trasformazione; tale idrogramma viene valutato di regola con il metodo cinematico per una pioggia di tempo di ritorno 200 anni di durata pari al tempo di corrivazione del bacino del corpo idrico recettore.*
- *Valutazione, mediante un opportuno modello idrologico, dell'effettivo comportamento di laminazione dei dispositivi di vaso previsti, e dimensionamento dei dispositivi di scarico del lotto, in relazione al tirante idrico che si verifica nel volume di vaso, in modo da garantire l'invarianza del colmo di portata.*
- *Sovrapposizione degli idrogrammi di piena del corpo idrico recettore e del lotto dopo la trasformazione, e verifica del mantenimento del colmo di piena alle condizioni precedenti la trasformazione.*

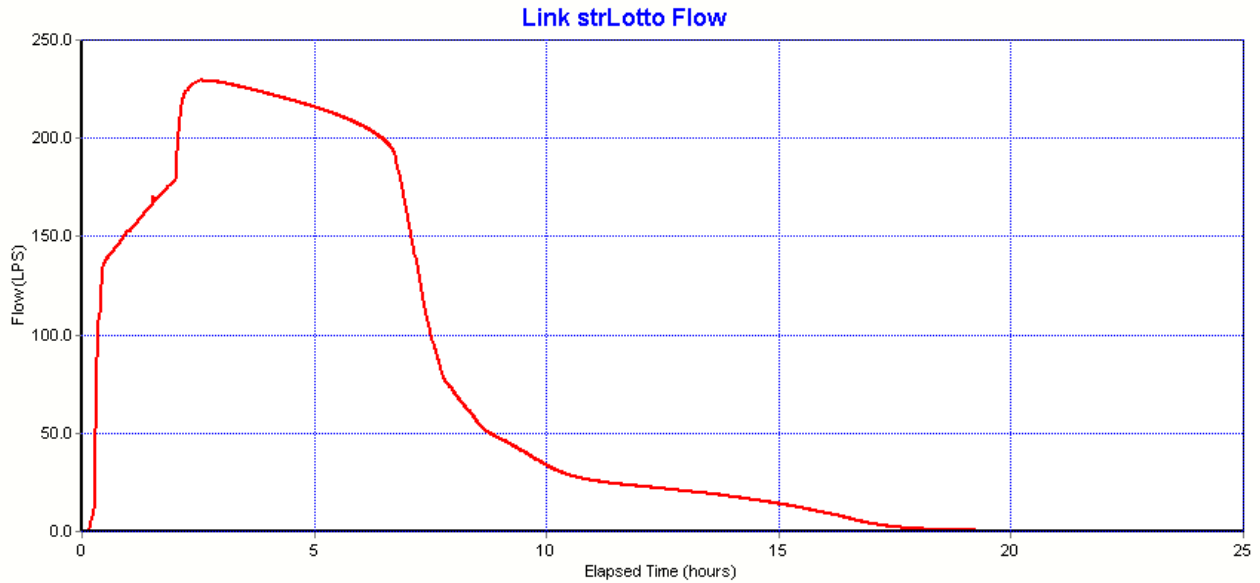
I calcoli di verifica e le dimensioni delle vasche di laminazione sono indicati nell'Allegato III, così come la sintesi del criterio di verifica adottato (modellazione idraulica con codice SWMM dell'EPA). La dimensione complessiva del bacino per lo scolo recettore a monte della immissione dell'area di intervento, ed il relativo tempo di corrivazione sono stati desunti dalle bacinizzazioni fornite dal *Consorzio*, e risultano pari a 36 ha e 1.3 ore circa.

Una nota riguarda il tipo di idrogramma utilizzato per simulare il contemporaneo stato di piena del recettore, in luogo del semplice modello cinematico si è utilizzato un semplice modello di invaso lineare implementato di default nel codice SWMM, avendo cura di calibrare l'idrogramma in modo da fornire un'onda di piena del tutto equivalente, per le finalità dello studio, a quella cinematica secondo le indicazioni operative riportate in Allegato II, come mostrato a titolo di esempio nell'immagine seguente per tempo di ritorno dell'evento  $T=30$  anni e durata  $d=2$  ore:



**Figura 7- idrogramma cinematico e con il metodo dell'invaso per il bacino del recettore con pioggia di  $T= 30$  anni e  $d = 2$  ore**

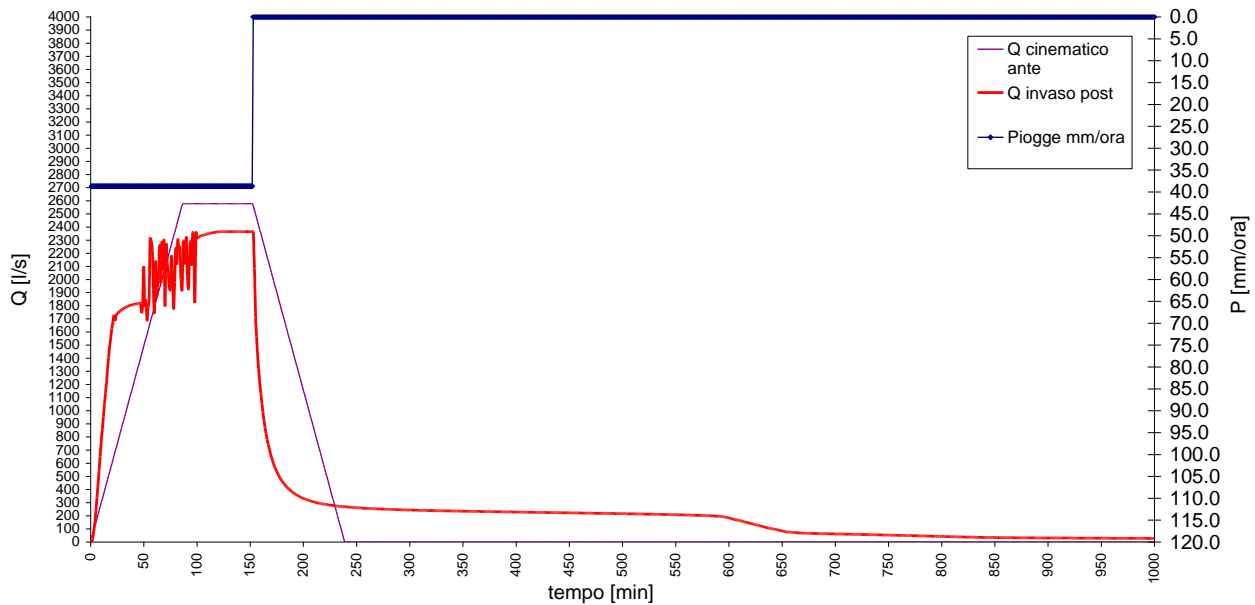
I risultati del calcolo mostrano come, disponendo una strozzatura del diametro 250 mm prima della immissione nello scolo S.Cristoforo, per eventi meteorici di tempo di ritorno 30 anni e durata di pioggia di 2 ore (condizioni idrauliche critiche per il recettore secondo la *Direttiva*), il tirante che si realizza nella vasca in verde pubblico è mediamente di 23 cm, con una portata in uscita complessiva dal lotto allineata ai 230 l/s della *portata ante operam* (valori inferiori ai 250 l/s ante operam di portata agricola) come si vede in [Figura 8](#); tiranti variabili tra 40 cm e 1 m si apprezzano anche nelle vasche secondarie ricavate in verde privato.



**Figura 8- portata in uscita dal lotto per t= 30 anni e d = 2 ore**

I rami terminali di fognatura, indicativamente dopo il pozzetto 13, e tra i pozzetti 7-8-9 e lo scarico, per effetto della strozzatura di valle, necessaria per il rispetto dell'invarianza idraulica, sono caratterizzati durante l'evento di progetto (T= 30 anni e d= 2 ore) per alcune ore da funzionamento in pressione, per mantenere un minimo dislivello idraulico rispetto allo scarico (vincolato alle quote massime di invaso nella vasca in verde pubblico di circa -0.48 m ) si consiglia di prevedere quindi piani di calpestio adeguatamente rialzati per cautelarsi contro possibili fenomeni di rigurgito specie nelle parti più periferiche di rete.

Per T= 200 anni e d= 2.54 ore (durata critica per il bacino del S. Cristoforo nel suo complesso) il funzionamento è analogo al precedente, ma con sovralti nei tiranti invasati in vasca tra 10 e 40 cm e portate in uscita dell'ordine di 240 l/s al picco. In questo caso di maggiore interesse è la sovrapposizione al recettore dell'idrogramma *ante e post operam* (ricavati rispettivamente con il modello cinematico e con quello dell'invaso implementato nel codice SWMM), di seguito riportati:



**Figura 9- idrogrammi complessivi nel recettore ante e post operam per T= 200 anni e d= 2.54 ore**

I dispositivi di laminazione proposti producono in questo caso un miglioramento delle portate al picco massime transitanti nel recettore si considerano trascurabili per le finalità della presente nota le oscillazioni nella soluzione numerica (idrogramma in uscita post operam) visibili in figura.

Da ultimo , per quanto non strettamente richiesto dalla Direttiva , si è provveduto a verificare il solo collettore fognario principale rispetto alla pioggia di progetto per T= 30 anni e d = 10 minuti ( si veda l'Allegato II e III) allo scopo di verificare che il predimensionamento condotto col metodo cinematico (Allegato II) in assenza della strozzatura finale non porti a effetti di rigurgito in presenza dei dispositivi di laminazione tali da pregiudicare il funzionamento della rete.

Vista la ridotta durata rispetto alla durata critica per il lotto in questo caso si è trascurato il contemporaneo stato di piena del recettore.

Come ci si poteva attendere il riempimento del ramo principale di fognatura risulta maggiore di quanto ottenibile dall'applicazione del solo metodo cinematico adottato in predimensionamento, per effetto della strozzatura di valle, conservando tuttavia un franco minimo di 10 cm circa, mentre l'invaso nelle vasche è decisamente più contenuto (tra 10 e 30 cm) rispetto alla pioggia con t= 30 anni e d = 2 ore, in virtù dei minori apporti volumetrici complessivi su un evento di così breve durata.

Restano valide le considerazioni già evidenziate per quanto riguarda la rete fognaria secondaria ( tubi in cls) che si collega la ramo principale , non verificata esplicitamente rispetto a fenomeni di rigurgito, per la quale è opportuno prevedere in sede di progettazione più avanzata la presenza di ricoprimenti adeguati

A titolo orientativo, considerando l'evento con t= 30 anni e d = 2 ore si nota che la porzione potenzialmente più critica si a quella di valle tra i pozzetti 7-8-9-13 e lo scarico, è opportuno in tale caso prevedere che i piani di calpestio minimo a +0.1 (pozzetti 7-8-13) e -0.1 (pozzetto 9) per ridurre gli episodi di possibile rigurgito nei piazzali durante le sollecitazioni meteoriche più gravose.



Le quote di invaso massime attese nelle vasche di laminazione per  $T = 30$  anni e  $d = 2$  ore, riportate in tavola B 3b costituiscono un orientamento utile anche per la progettazione delle reti interne ai lotti per le quali si consiglia di mantenere lo scarico in vasca a quote superiori ai livelli di invaso per  $T = 30$  anni e  $d = 2$  ore.

## **CONCLUSIONI**

Con i dispositivi descritti, si raggiunge l'obiettivo di realizzare una trasformazione urbanistica del lotto ad invarianza idraulica, poiché è stata ottenuta una portata defluente dalla rete di drenaggio consentita inferiore alla portata agricola del lotto prima dell'intervento.

Questo ha permesso di verificare il dimensionamento dei dispositivi di invarianza e delle relative luci strozzate, nonché il dimensionamento della rete fognaria principale.

Per garantire nel tempo il funzionamento del sistema di drenaggio e raccolta delle acque piovane, si consiglia di provvedere alla regolare manutenzione e pulizia dei dispositivi di scarico delle vasche in verde, onde evitare gli intasamenti delle luci strozzate di dimensioni ridotte necessarie per mantenere le condizioni di invarianza.

## **ALLEGATO I – AREE DRENATE**

Nella tabella seguente sono riportati i dettagli delle aree con riferimento alla suddivisione in sottobacini di tavola B\_3b la sintesi finale suddivide i sottobacini che scolano nella fognatura principale (fronte e retro edifici) da quelli che scolano nella rete secondaria

**LOTTIZZAZIONE SAN CRISTOFORO - RIPARTIZIONE DELLE SUPERFICI DELLA FOGNATURA**

RAMO	L		AREA	AREA imp	AREA per	φ imp	φ per	Area x φ	φ
	ml		m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>				
23-19		STRADA	3'438.73	632.68	2'806.05	0.9	0.3	1'411.22	0.41
		Lotto E+F			-	0.9	0.3	-	
		Lotto M			-	0.9	0.3	-	
	42.26		3'438.73	632.68	2'806.05	0.9	0.3	1'411.22	0.41
<b>DIRAMAZIONE 19-24-25</b>									
24-25		STRADA	872.29	749.25	123.05	0.9	0.3	711.23	0.82
	44.85		872.29	749.25	123.05	0.9	0.3	711.23	0.82
24-19		STRADA	219.12	188.21	30.91	0.9	0.3	178.66	0.82
	16.61		219.12	188.21	30.91	0.9	0.3	178.66	0.82
18-19		STRADA	174.9028408	150.231046	24.6717947	0.9	0.3	142.61	0.82
	19.75		174.9028408	150.231046	24.6717947	0.9	0.3	142.61	0.82
<b>DIRAMAZIONE 18-20-21-22</b>									
22-21		STRADA	2'415	994	1'420	0.9	0.3	1'320.98	0.55
	51.02		2'415	994	1'420	0.9	0.3	1'320.98	0.55
20-21		STRADA	2'045	1'177	867.42	0.9	0.3	1'319.60	0.65
	69.96		2'045	1'177	867.42	0.9	0.3	1'319.60	0.65
18-20		STRADA	1'960.68	1'102	858.69	0.9	0.3	1'249.39	0.64
	69.68		1'961	1'102	859	0.9	0.3	1'249.39	0.64
<b>DIRAMAZIONE 18-26-27</b>									
27-26b		Strada	876.70	753.03	123.67	0.9	0.3	714.83	0.8154
	49.49		876.70	753.03	123.67	0.9	0.3	714.83	0.8154
26b-26a		Strada	459.14	394.38	64.77	0.9	0.3	374.37	0.8154
	33.60		459.14	394.38	64.77	0.9	0.3	374.37	0.8154
26a-18		STRADA	562.55	483.20	79.35	0.9	0.3	458.68	0.8154
	43.75		562.55	483.20	79.35	0.9	0.3	458.68	0.8154
<b>DIRAMAZIONE 26-28-29-31</b>									
31-29		STRADA	962.82	827.00	135.81	0.9	0.3	785.04	0.82
		Verde	1'291.59	-	1'291.59	0.9	0.3	387.48	0.30
	45.67		2'254.41	827.00	1'427.40	0.9	0.3	1'172.52	0.52
29-28		STRADA	121.7956908	104.62	17.18	0.9	0.3	99.31	0.8154
	18.04		121.80	104.62	17.18	0.9	0.3	99.31	0.8154
28-26b		STRADA	75.30	64.68	10.62	0.9	0.3	61.40	0.82
	14.99		75.30	64.68	10.62	0.9	0.3	61.40	0.82
<b>DIRAMAZIONE 30-28</b>									
30-28		STRADA	749.576546	643.841278	105.735268	0.9	0.3	611.18	0.82
	46.42		749.58	643.84	105.74	0.9	0.3	611.18	0.82
18-18a		STRADA	779.711766	501.200079	278.511687	0.9	0.3	534.633577	0.69
	53.30		779.711766	501.200079	278.511687	0.9	0.3	534.633577	0.69
18a-14		STRADA	948.123184	535.03	413.09	0.9	0.3	605.457191	0.64
	53.38		948.123184	535.033726	413.089458	0.9	0.3	605.457191	0.64

DIRAMAZIONE									
43-44		STRADA	559.75	480.80	78.96	0.9	0.3	456.40	0.82
		VERDE	671.21	0.00	671.21	0.9	0.3	201.36	0.30
	19.77		1230.96	480.80	750.17	0.9	0.3	657.77	0.53
42-43		STRADA	1913.95	1643.97	269.98	0.9	0.3	1560.57	0.82
	95.24		1913.95	1643.97	269.98	0.9	0.3	1560.57	0.82
40-42		STRADA	295.66	253.96	41.71	0.9	0.3	241.07	0.82
	18.72		295.66	253.96	41.71	0.9	0.3	241.07	0.82
40-41		STRADA	688.74	591.59	97.15	0.9	0.3	561.58	0.82
	38.81		688.74	591.59	97.15	0.9	0.3	561.58	0.82
38-40		STRADA	243.12	208.82	34.29	0.9	0.3	198.23	0.82
	18.19		243.12	208.82	34.29	0.9	0.3	198.23	0.82
38-39		STRADA	715.13	614.26	100.88	0.9	0.3	583.09	0.82
	38.81		715.13	614.26	100.88	0.9	0.3	583.09	0.82
36-38		STRADA	234.45	201.38	33.07	0.9	0.3	191.16	0.82
	18.25		234.45	201.38	33.07	0.9	0.3	191.16	0.82
36-37		STRADA	724.57	622.36	102.21	0.9	0.3	590.79	0.82
	38.82		724.57	622.36	102.21	0.9	0.3	590.79	0.82
34-36		STRADA	233.89	200.90	32.99	0.9	0.3	190.70	0.82
	18.20		233.89	200.90	32.99	0.9	0.3	190.70	0.82
34-35		STRADA	724.57	622.36	102.21	0.9	0.3	590.79	0.82
	38.82		724.57	622.36	102.21	0.9	0.3	590.79	0.82
32-34		STRADA	207.40	178.14	29.26	0.9	0.3	169.11	0.82
	18.53		207.40	178.14	29.26	0.9	0.3	169.11	0.82
32-33		STRADA	923.61	793.33	130.28	0.9	0.3	753.08	0.82
		LOTTO L+I*			0	0.9	0.3	0.00	#DIV/0!
		VERDE	2531.47	0.00	2531.47	0.9	0.3	759.44	0.30
14-32	36.39		3455.08	793.33	2661.75	0.9	0.3	1512.52	0.44
	18.57	STRADA	170.14	146.14	24.00	0.9	0.3	138.73	0.82
			170.14	146.14	24.00	0.9	0.3	138.73	0.82

14a-14		STRADA	257.70	221.35	36.35	0.9	0.3	210.119786	0.82
		VERDE	2077.18	0.00	2077.18	0.9	0.3	623.154	0.30
	24.73		2334.88	221.35	2113.53	0.9	0.3	833.27	0.36

13-14a		STRADA	1020.32	876.39	143.93	0.9	0.3	831.93	0.82
		Lotto C*+D*+D			-	0.9	0.3	0.00	#DIV/0!
	75.59		1'020.32	876.39	143.93	0.9	0.3	831.93	0.82

DIRAMAZIONE 13-15-16-17									
16-17		STRADA	906.66	778.76	127.89	0.9	0.3	739.25	0.82
		Lotto A+B							
		VERDE	830.24	-	830.24	0.9	0.3	249.07	0.30
15-16	48.89		1736.90	778.76	958.13	0.9	0.3	988.3	0.57
		STRADA	1508.53	1'295.74	212.79	0.9	0.3	1230.00	0.82
13-15	92.54		1508.53	1'295.74	212.79	0.9	0.3	1'230.0	0.82
		STRADA	816.34	701.19	115.152696	0.9	0.3	665.61	0.82
12-13	52.89		816.34	701.19	115.15	0.9	0.3	665.6	0.82
		STRADA	314.70	270.31	44.39	0.9	0.3	256.60	0.82
3-12	23.69		314.70	270.31	44.39	0.9	0.3	256.6	0.82
		STRADA	857.57	736.60	120.97	0.9	0.3	699.23	0.82
2-3	59.86		857.57	736.60	120.97	0.9	0.3	699.2	0.82
		STRADA	191.39	164.40	27.00	0.9	0.3	156.06	0.82
2-3	18.78	LOTTO G+H	191.39	164.40	27.00	0.9	0.3	156.1	0.82

DIRAMAZIONE 2-5-7									
5-7		STRADA	1531.33	1315.32364	216.01	0.9	0.3	1'248.59	0.82
		VERDE	832.17	-	832.17	0.9	0.3	249.65	0.30
	106.64		2'363.50	1'315.32	1048.18	0.9	0.3	1'498.2	0.63
2-5		STRADA	1404	1'205.57	197.99	0.9	0.3	1'144.41	0.82
	102.50		1'403.56	1'205.57	197.99	0.9	0.3	1'144.4	0.82

DIRAMAZIONE 4-6-8									
6-8		STRADA	1'708.13	1'467.18	240.95	0.9	0.3	1'392.75	0.82
	91.75		1'708.13	1'467.18	240.95	0.9	0.3	1'392.8	0.82
4-6		STRADA	1'804.08	1'549.60	254.48	0.9	0.3	1'470.98	0.82
	102.49		1'804.08	1'549.60	254.48	0.9	0.3	1'470.98	0.82

DIRAMAZIONE 4-6-8									
4-9		STRADA	1'670.00	1'434.43	235.57	0.9	0.3	1'361.65	0.82
	52.89		1'670.00	1'434.43	235.57	0.9	0.3	1'361.7	0.82

2-4		STRADA	118.11	101.45	16.66	0.9	0.3	96.30	0.82
		VERDE LAM.	7'474.63	-	7474.63	0.9	0.3	2'242.39	0.30
	93.08		7'592.74	101.45	7491.29	0.9	0.3	2'338.7	0.31

1-2		STRADA	4'574.92	3'929.58	645.34	0.9	0.3	3'730.23	0.82
		VERDE LAM.	3'996.32	-	3996.32	0.9	0.3	1'198.90	0.30
	109.60		8'571.24	3'929.58	4641.66	0.9	0.3	4'929.1	0.58

## ALLEGATOII – PREDIMENSIONAMENTO COLLETTORI CON IL METODO CINEMATICO

### Portata al colmo Q [l/s]

Si adotta la nota espressione

$$Q = \phi \times I \times S / 3600 \quad (1)$$

Dove  $\phi$  è il coefficiente di deflusso medio, adottando in questo caso il valore derivato dalle valutazioni sull'invarianza e considerando  $\phi_{imp}=0,9$  per le superfici impermeabili, e  $\phi_{perm}=0,3$ . I valori risultano peraltro in linea con le applicazioni del metodo cinematico al dimensionamento delle fognature urbane reperibili in letteratura per elevati tempi di ritorno (CSDU,1997). il valore di  $\phi$  complessivo per ciascuna area afferente ad un ramo di fognatura è la media pesata dei coefficienti  $\phi_{perm}$  e  $\phi_{imp}$  sulle frazioni permeabili ed impermeabili all'interno dell'area stessa.

L'intensità I dipende dal tempo di corrivazione del ramo di fognatura  $t_c$  stimato come somma del tempo di accesso alla rete (5 minuti) e del tempo di rete (velocità/ lunghezza del ramo) e si calcola come  $I= a t_c^n$  con a ed n stimati in Allegato III.

Il calcolo del riempimento è effettuato con la nota formula i moto uniforme qui non riportata per brevità, considerando una scabrezza K secondo Strickler di  $75 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$

Nella tabella seguente sono riportati i dettagli del calcolo per i rami fognari dimensionati con riferimento alla tavola B\_3b di progetto



## Dimensionamento rete di fognatura con metodo della corrivazione

### Caratteristiche della pioggia

TR 30 anni  
 a 50 mm/h<sup>n</sup>  
 n 0.48

### Caratteristiche del materiale

KGS 75 mm<sup>1/3</sup>s<sup>-1</sup> **CLS**  
 KGS 75 mm<sup>1/3</sup>s<sup>-1</sup> **CLS**

### Caratteristiche della rete

to 5 min tempo di ingress  
 to 0.0833 ore

Caratteristiche della rete						Grandezze della condotta							Tempi e portate					
ramo	ramo	Area	L	i	fi	Dn	h	b	R	A	V80	Q80	tr	tc	i	u	Q	h/D
	monte	ha	ml			mm	ml	ml	ml	mq	m/sec	mc/sec	ore	ore	mm/ore	l/sec/ha	mc/sec	
24-25		0.09	42.3	0.0030	0.8	300	0.24	4.43	0.091	0.061	0.83	0.050	0.01	0.09	172.19	390.00	0.034	0.80
19-24	24-25	0.09	42.26	0.0030	0.82	300							0.01					
	19-24	0.02	16.61	0.0030	0.82	300												
	TOT	0.11	16.61	0.0030	0.82	300	0.24	4.43	0.091	0.061	0.83	0.050	0.01	0.10	168.73	382.15	0.042	0.80
19-23		0.34	42	0.0020	0.41	500	0.4	4.43	0.152	0.168	0.96	0.161	0.008	0.09	173.37	197.64	0.068	0.80
18-19	19-24	0.11	17	0.0030	0.82	300							0.013					
	19-23	0.34	42	0.0020	0.41	500							0.008					
	18-19	0.02	19.75	0.0020	0.82	500												
	TOT	0.47	19.75	0.0020	0.52	500	0.4	4.43	0.152	0.168	0.96	0.161	0.01692	0.10	165.35	238.55	0.112	0.80
21-22		0.24	51	0.0030	0.5	400	0.32	4.43	0.122	0.108	1.01	0.109	0.01	0.09	172.22	261.72	0.063	0.80
20-21	21-22	0.24	51	0.0030	0.55	400							0.01692					
	20-21	0.20	69.96	0.0035	0.65	400												
	TOT	0.45	70	0.0035	0.59	400	0.32	4.43	0.122	0.108	1.09	0.117	0.028811	0.11	156.0	256.59	0.114	0.80
18-20	20-21	0.45	70	0.0035	0.59	400							0.029					
	18-20	0.20	70	0.0020	0.64	500												
	TOT	0.64	70	0.0020	0.61	500	0.4	4.43	0.152	0.168	0.96	0.161	0.042	0.13	147.03	247.48	0.159	0.80

29-31		0.23	46	0.0030	0.52	400	0.32	4.43	0.122	0.108	1.01	0.109	0.008	0.09	173.18	250.20	0.056	0.80
28-29	29-31	0.23	46	0.0030	0.52	400							0.008					
	28-29	0.01	18	0.0030	0.82	400												
	TOT	0.24	18	0.0030	0.54	400	0.32	4.43	0.122	0.108	1.01	0.109	0.012	0.10	170.01	252.77	0.060	0.80
28-30		0.07	46.4	0.0030	0.82	300	0.24	4.43	0.091	0.061	0.83	0.050	0.010	0.09	171.3	387.99	0.029	0.80
26b-28	28-29	0.24	18	0.0030	0.54	400							0.012					
	28-30	0.07	46.4	0.0030	0.82	300							0.010					
	26b-28	0.01	18	0.0030	0.82	400												
	TOT	0.32	18	0.0030	0.61	400	0.32	4.43	0.122	0.108	1.01	0.109	0.015	0.10	167.01	283.18	0.092	0.80
26b-27		0.09	49.49	0.0030	0.82	300	0.24	4.43	0.091	0.061	0.83	0.050	0.011	0.09	170.66	386.52	0.034	0.80
26a-26b	26b-28	0.32	18	0.0030	0.61	400							0.015					
	26b-27	0.09	49.49	0.0030	0.82	300							0.011					
	26a-26b	0.01	15	0.0020	0.82	500												
	TOT	0.42	15	0.0020	0.66	500	0.4	4.43	0.152	0.168	0.96	0.161	0.018	0.10	164.5	300.15	0.126	0.80
18-26a	26a-26b	0.42	15	0.0020	0.66	500							0.018					
	18-26a	0.06	44	0.0020	0.82	500												
	TOT	0.48	44	0.0020	0.68	500	0.4	4.43	0.152	0.168	0.96	0.161	0.026	0.11	157.77	296.07	0.141	0.80
18a-18	18-19	0.471	19.75	0.002	0.52	500							0.017					
	18-26a	0.476	43.75	0.002	0.68	500							0.026					
	18-20	0.642	69.68	0.002	0.61	500							0.042					
	18a-18	0.078	53	0.0020	0.69	800												
	TOT	1.667	53	0.0020	0.61	800	0.64	4.43	0.243	0.431	1.31	0.564	0.050	0.13	142.64	239.76	0.400	0.80
14-18a	18a-18	1.67	53.30	0.0020	0.61	800							0.050					
	14-18a	0.09	53	0.0020	0.64	800												
	TOT	1.76	53	0.0020	0.61	800	0.64	4.43	0.243	0.431	1.31	0.564	0.057	0.14	138.6	233.67	0.412	0.80

43-44		0.12	20	0.0030	0.5	300	0.24	4.43	0.091	0.061	0.83	0.050	0.004	0.09	177.23	263.06	0.032	0.80	
42-43	43-44	0.12	20	0.0030	0.53	300							0.004						
	42-43	0.19	95	0.0030	0.82	400													
	TOT	0.31	95	0.0030	0.71	400	0.32	4.43	0.122	0.108	1.01	0.109	0.022	0.11	161.25	315.94	0.099	0.80	
40-42	42-43	0.31	95.24	0.00	0.71	400							0.022						
	40-42	0.03	18.72	0.0030	0.82	400													
	TOT	0.34	18.72	0.0030	0.71	400	0.32	4.43	0.122	0.108	1.01	0.109	0.025	0.11	158.57	314.87	0.108	0.80	
41-40		0.07	39	0.0030	0.8	300	0.24	4.43	0.091	0.061	0.83	0.050	0.009	0.09	172.94	391.68	0.027	0.80	
38-40	40-41	0.07	38.81	0.0030	0.82	300							0.009						
	40-42	0.34	18.72	0.003	0.71	400							0.025						
	38-40	0.02	18	0.0020	0.82	500													
	TOT	0.44	18.19	0.0020	0.74	500	0.4	4.43	0.152	0.168	0.96	0.161	0.029	0.11	155.96	318.97	0.139	0.80	
39-38		0.07	38.81	0.0030	0.82	300	0.24	4.43	0.091	0.061	0.83	0.050	0.009	0.09	172.94	391.68	0.028	0.80	
36-38	38-39	0.07	38.81	0.0030	0.82	300							0.009						
	38-40	0.44	18.19	0.0020	0.74	500							0.029						
	36-38	0.02	18.25	0.0025	0.82	500													
	TOT	0.53	18.25	0.0025	0.75	500	0.4	4.43	0.152	0.168	1.07	0.180	0.032	0.12	153.72	320.41	0.171	0.80	
36-37		0.07	39	0.0030	0.8	300	0.24	4.43	0.091	0.061	0.83	0.050	0.009	0.09	172.93	391.68	0.028	0.80	
34-36	36-37	0.07	38.82	0.003	0.82	300							0.009						
	36-38	0.53	18.25	0.003	0.75	500							0.032						
	34-36	0.02	18	0.003	0.82	500													
	TOT	0.63	18	0.0031	0.76	500	0.4	4.43	0.152	0.168	1.19	0.200	0.035	0.12	151.8	320.58	0.201	0.80	
34-35		0.07	39	0.0030	0.8	300	0.24	4.43	0.091	0.061	0.83	0.050	0.009	0.09	172.93	391.68	0.028	0.80	

32-34	34-35	0.07	38.82	0.0030	0.82	300							0.009					
	34-36	0.63	18.20	0.003	0.76	500							0.035					
	32-34	0.02	19	0.0020	0.82	600												
	TOT	0.72	19	0.0020	0.77	600	0.48	4.43	0.183	0.242	1.08	<b>0.262</b>	0.038	0.12	149.72	319.14	<b>0.230</b>	0.80
32-33		0.35	36	0.0030	0.4	400	0.32	4.43	0.122	0.108	1.01	<b>0.109</b>	0.007	<b>0.09</b>	174.88	212.65	<b>0.073</b>	0.80
14-32	32-33	0.35	36.39	0.0030	0.44	400							0.007					
	32-34	0.72	18.53	0.002	0.77	600							0.038					
	14-32	0.02	19	0.0030	0.82	600												
	TOT	1.08	19	0.0030	0.66	600	0.48	4.43	0.183	0.242	1.32	<b>0.321</b>	0.041	<b>0.12</b>	148.07	272.73	<b>0.296</b>	0.80
14a-14	14-32	1.08	18.57	0.0030	0.66	600							0.041					
	14-18a	1.76	53.38	0.0020	0.61	800							0.057					
	14a-14	0.23	24.73	0.0020	0.36	800x1000												
	TOT	3.08	24.73	0.0020	0.61	800x1000	0.64	1.00	0.281	0.640	1.44	<b>0.92</b>	0.061	<b>0.144</b>	137.0	231.27	<b>0.712</b>	0.80
13-14a	14a-14	3.08	24.73	0.0020	0.61	800x1000							0.061					
	13-14a	0.10	76	0.0020	0.82	800x1000												
	TOT	3.18	76	0.0020	0.61	800x1000	0.64	1.00	0.281	0.640	1.44	<b>0.92</b>	0.070	<b>0.154</b>	132.41	225.98	<b>0.719</b>	0.80
16-17		0.17	49	0.0030	0.6	400	0.32	4.43	0.122	0.108	1.01	<b>0.109</b>	0.009	0.09	172.6	272.81	<b>0.047</b>	0.80
15-16	16-17	0.17	48.89	0.0030	0.57	400							0.009					
	15-16	0.15	93	0.0035	0.82	400												
	TOT	0.32	93	0.0035	0.68	400	0.32	4.43	0.122	0.108	1.09	<b>0.117</b>	0.025	0.11	159.04	301.97	<b>0.098</b>	0.80
13-15	15-16	0.32	92.54	0.0035	0.68	400							0.025					
	13-15	0.08	53	0.0030	0.82	500												
	TOT	0.41	53	0.0030	0.71	500	0.4	4.43	0.152	0.168	1.17	<b>0.197</b>	0.033	<b>0.12</b>	152.99	301.74	<b>0.123</b>	0.80

12-13	13-15	0.41	52.89	0.0030	0.71	500								0.033					
	13-14a	3.18	75.59	0.0020	0.61	800x1000								0.070					
	12-13	0.03	24	0.0020	0.82	800x1000													
	TOT	3.62	24	0.0020	0.63	800x1000	0.64	1.00	0.281	0.640	1.44	<b>0.92</b>	0.073	<b>0.157</b>	131.07	228.23	<b>0.826</b>	0.80	

3-12	12-13	3.62	23.69	0.0020	0.63	800x1000								0.073					
	3-12	0.09	60	0.0020	0.82	800x1000													
	TOT	3.70	60	0.0020	0.63	800x1000	0.64	1.00	0.281	0.640	1.44	<b>0.92</b>	0.081	<b>0.164</b>	127.84	224.15	<b>0.830</b>	0.80	

2-3	3-12	3.70	59.86	0.0020	0.63	800x1000								0.081					
	2-3	0.02	18.78	0.0020	0.82	800x1000													
	TOT	3.72	18.78	0.0020	0.63	800x1000	0.64	1.00	0.281	0.640	1.44	<b>0.92</b>	0.084	<b>0.17</b>	126.87	222.79	<b>0.830</b>	0.80	

6-8		0.17	92	0.0020	0.8	400	0.32	4.43	0.122	0.108	0.82	<b>0.09</b>	0.021	<b>0.10</b>	162.25	367.49	<b>0.063</b>	0.80
-----	--	------	----	--------	-----	-----	------	------	-------	-------	------	-------------	-------	-------------	--------	--------	--------------	------

4-6	6-8	0.17	91.75	0.0020	0.82	400								0.021					
	4-6	0.18	102	0.0020	0.82	500													
	TOT	0.35	102	0.0020	0.82	500	0.4	4.43	0.152	0.168	0.96	<b>0.161</b>	0.040	<b>0.12</b>	148.15	335.55	<b>0.118</b>	0.80	

4-9		0.17	53	0.0020	0.8	400	0.32	4.43	0.122	0.108	0.82	<b>0.089</b>	0.012	<b>0.10</b>	169.83	384.65	<b>0.064</b>	0.80
-----	--	------	----	--------	-----	-----	------	------	-------	-------	------	--------------	-------	-------------	--------	--------	--------------	------

2-4	4-9	0.17	52.89	0.0020	0.82	400								0.012					
	4-6	0.35	102.5	0.0020	0.82	500								0.040					
	2-4	0.76	93.08	0.0020	0.31	600													
	TOT	1.28	93	0.0020	0.51	600	0.48	4.43	0.183	0.242	1.08	<b>0.262</b>	0.056	0.14	139.1	198.53	<b>0.254</b>	0.80	

5-7		0.24	107	0.0020	0.6	400	0.24	3.54	0.111	0.079	0.77	<b>0.061</b>	0.025	0.11	158.45	279.01	<b>0.066</b>	0.60
-----	--	------	-----	--------	-----	-----	------	------	-------	-------	------	--------------	-------	------	--------	--------	--------------	------

2-5	5-7	0.24	107	0.0020	0.63	400								0.025					
	2-5	0.14	103	0.0020	0.82	500													
	TOT	0.38	103	0.0020	0.70	500	0.4	4.43	0.152	0.168	0.96	<b>0.161</b>	0.045	0.13	145.22	282.99	<b>0.107</b>	0.80	

1-2	2-5	0.38	102.5	0.0020	0.70	500								0.045					
	2-4	1.28	93.08	0.0020	0.51	600								0.056					
	2-3	3.72	18.78	0.0020	0.63	800x1000								0.084					
	1-2	0.86	109.6	0.0020	0.58	1000x1200													
	TOT	<b>6.23</b>	109.6	0.0020	0.60	1000x1200	0.8	1.20	0.3429	0.96	1.64	<b>1.58</b>	0.096	<b>0.18</b>	122.24	205.19	<b>1.28</b>	0.80	



RAMI	L	Dint	i	Piano progetto		Estradosso tubo		CLS	Scorrimento tubo		Ricoprimenti	
				q.ta M	q.ta V	q.ta M	q.ta V	s	q.ta M	q.ta V	monte	valle
	ml	mm	m/m	m slm	m slm	m slm	m slm	cm	m	m	cm	cm

25-24	44.85	300	0.003	1.31	1.36	-0.17	-0.30	10	-0.57	-0.70	1.48	1.66
24-19	16.61	300	0.003	1.36	1.36	-0.30	-0.35	10	-0.70	-0.75	1.66	1.71

31-29	45.67	400	0.003	0.94	1.05	0.10	-0.04	10	-0.40	-0.54	0.84	1.09
29-28	18.04	400	0.003	1.05	1.05	-0.04	-0.09	10	-0.54	-0.59	1.09	1.14

30-28	46.42	300	0.003	0.94	1.05	-0.05	-0.19	10	-0.45	-0.59	0.99	1.24
-------	-------	-----	-------	------	------	-------	-------	----	-------	-------	------	------

28-26b	14.99	400	0.003	1.05	1.05	-0.09	-0.14	10	-0.59	-0.64	1.14	1.19
--------	-------	-----	-------	------	------	-------	-------	----	-------	-------	------	------

27-26b	49.49	300	0.003	0.94	1.05	-0.09	-0.24	10	-0.49	-0.64	1.03	1.29
--------	-------	-----	-------	------	------	-------	-------	----	-------	-------	------	------

26b-26a	33.60	500	0.002	1.05	1.15	-0.02	-0.08	12	-0.64	-0.70	1.07	1.23
---------	-------	-----	-------	------	------	-------	-------	----	-------	-------	------	------

26a-18	43.75	500	0.002	1.15	1.25	-0.08	-0.17	12	-0.70	-0.79	1.23	1.42
--------	-------	-----	-------	------	------	-------	-------	----	-------	-------	------	------

22-21	51.02	400	0.003	1.19	1.18	0.25	0.09	10	-0.25	-0.41	0.94	1.09
-------	-------	-----	-------	------	------	------	------	----	-------	-------	------	------

21-20	69.96	400	0.0035	1.18	0.89	0.11	-0.13	12	-0.41	-0.65	1.07	1.02
-------	-------	-----	--------	------	------	------	-------	----	-------	-------	------	------

20-18	69.68	500	0.002	0.89	1.25	-0.03	-0.17	12	-0.65	-0.79	0.92	1.42
-------	-------	-----	-------	------	------	-------	-------	----	-------	-------	------	------

44-43	19.77	300	0.003	0.94	0.94	0.03	-0.03	10	-0.37	-0.43	0.91	0.97
-------	-------	-----	-------	------	------	------	-------	----	-------	-------	------	------

43-42	95.24	400	0.003	0.94	1.25	0.07	-0.22	10	-0.43	-0.72	0.87	1.47
-------	-------	-----	-------	------	------	------	-------	----	-------	-------	------	------

42-40	18.72	400	0.003	1.25	1.25	-0.20	-0.25	12	-0.72	-0.77	1.45	1.50
-------	-------	-----	-------	------	------	-------	-------	----	-------	-------	------	------

41-40	38.81	300	0.003	1.05	1.25	-0.26	-0.37	10	-0.66	-0.77	1.31	1.62
-------	-------	-----	-------	------	------	-------	-------	----	-------	-------	------	------

40-38	18.19	500	0.002	0.99	0.99	-0.15	-0.19	12	-0.77	-0.81	1.14	1.18
-------	-------	-----	-------	------	------	-------	-------	----	-------	-------	------	------

39-38	38.81	300	0.003	0.99	0.99	-0.29	-0.41	10	-0.69	-0.81	1.28	1.40
-------	-------	-----	-------	------	------	-------	-------	----	-------	-------	------	------

38-36	18.25	500	0.0025	0.99	0.99	-0.19	-0.24	12	-0.81	-0.86	1.18	1.23
-------	-------	-----	--------	------	------	-------	-------	----	-------	-------	------	------

37-36	38.82	300	0.003	1.00	0.99	-0.34	-0.46	10	-0.74	-0.86	1.34	1.45
-------	-------	-----	-------	------	------	-------	-------	----	-------	-------	------	------

36-34	18.20	500	0.0031	0.99	0.82	-0.24	-0.29	12	-0.86	-0.91	1.23	1.11
-------	-------	-----	--------	------	------	-------	-------	----	-------	-------	------	------

35-34	38.82	300	0.003	0.82	0.82	-0.40	-0.51	10	-0.80	-0.91	1.22	1.33
-------	-------	-----	-------	------	------	-------	-------	----	-------	-------	------	------

34-32	18.53	600	0.002	0.82	0.82	-0.19	-0.23	12	-0.91	-0.95	1.01	1.05
-------	-------	-----	-------	------	------	-------	-------	----	-------	-------	------	------

33-32	36.39	400	0.003	0.82	0.82	-0.34	-0.45	10	-0.84	-0.95	1.16	1.27
-------	-------	-----	-------	------	------	-------	-------	----	-------	-------	------	------

32-14	18.57	600	0.003	0.82	0.82	-0.23	-0.29	12	-0.95	-1.01	1.05	1.11
-------	-------	-----	-------	------	------	-------	-------	----	-------	-------	------	------

16-17	47.57	400	0.003	0.30	0.30	-0.08	-0.22	10	-0.58	-0.72	0.38	0.52
-------	-------	-----	-------	------	------	-------	-------	----	-------	-------	------	------

15-16	92.54	400	0.0035	0.30	0.30	-0.22	-0.55	10	-0.72	-1.05	0.52	0.85
-------	-------	-----	--------	------	------	-------	-------	----	-------	-------	------	------

13-15	52.89	500	0.003	0.30	0.30	-0.45	-0.61	10	-1.05	-1.21	0.75	0.91
-------	-------	-----	-------	------	------	-------	-------	----	-------	-------	------	------

8-6	91.75	400	0.002	0.10	-0.03	-0.50	-0.68	10	-1.00	-1.18	0.60	0.65
-----	-------	-----	-------	------	-------	-------	-------	----	-------	-------	------	------

6-4	102.49	500	0.002	-0.03	-0.05	-0.58	-0.79	10	-1.18	-1.39	0.55	0.74
-----	--------	-----	-------	-------	-------	-------	-------	----	-------	-------	------	------

9-4	93.08	400	0.002	-0.1	-0.05	-0.70	-0.89	10	-1.20	-1.39	0.60	0.84
-----	-------	-----	-------	------	-------	-------	-------	----	-------	-------	------	------

2-4	11.67	600	0.002	0.05	-0.05	-0.67	-0.69	12	-1.39	-1.41	0.72	0.64
-----	-------	-----	-------	------	-------	-------	-------	----	-------	-------	------	------

7-5	106.64	400	0.002	0.20	0.03	-0.49	-0.71	10	-0.99	-1.21	0.69	0.74
-----	--------	-----	-------	------	------	-------	-------	----	-------	-------	------	------

5-2	102.50	500	0.002	0.03	0.05	-0.59	-0.79	12	-1.21	-1.41	0.62	0.84
-----	--------	-----	-------	------	------	-------	-------	----	-------	-------	------	------

23-19	42.26	500	0.002	1.31	1.36	-0.07	-0.15	10	-0.67	-0.75	1.38	1.51
-------	-------	-----	-------	------	------	-------	-------	----	-------	-------	------	------

19-18	19.75	500	0.002	1.36	1.25	-0.13	-0.17	12	-0.75	-0.79	1.49	1.42
-------	-------	-----	-------	------	------	-------	-------	----	-------	-------	------	------

18-18a	53.30	800	0.002	1.25	0.99	0.16	0.05	15	-0.79	-0.90	1.09	0.94
--------	-------	-----	-------	------	------	------	------	----	-------	-------	------	------

18a-14	53.38	800	0.002	0.99	0.82	0.05	-0.05	15	-0.90	-1.01	0.94	0.88
--------	-------	-----	-------	------	------	------	-------	----	-------	-------	------	------

14-14a	24.73	800x1000	0.002	0.82	0.82	-0.05	-0.10	15	-1.01	-1.05	0.88	0.92
--------	-------	----------	-------	------	------	-------	-------	----	-------	-------	------	------

14a-13	75.59	800x1000	0.002	0.82	0.30	-0.10	-0.26	15	-1.05	-1.21	0.92	0.56
--------	-------	----------	-------	------	------	-------	-------	----	-------	-------	------	------

13-12	23.69	800x1000	0.002	0.30	0.08	-0.26	-0.30	15	-1.21	-1.25	0.56	0.38
-------	-------	----------	-------	------	------	-------	-------	----	-------	-------	------	------

12-3	59.86	800x1000	0.002	0.08	0.08	-0.30	-0.42	15	-1.25	-1.37	0.38	0.50
------	-------	----------	-------	------	------	-------	-------	----	-------	-------	------	------

3-2	18.78	800x1000	0.002	0.08	0.05	-0.42	-0.46	15	-1.37	-1.41	0.50	0.51
-----	-------	----------	-------	------	------	-------	-------	----	-------	-------	------	------

2-1	109.60	1000x1200	0.002	0.05	-0.16	-0.26	-0.48	15	-1.41	-1.63	0.31	0.32
-----	--------	-----------	-------	------	-------	-------	-------	----	-------	-------	------	------

23

1-11	30	600	0.002	-0.80	-0.16	-0.85	-0.91	12	-1.57	-1.63	0.05	0.75
------	----	-----	-------	-------	-------	-------	-------	----	-------	-------	------	------

4-10	18.37	600	0.002	-0.50	-0.05	-0.63	-0.67	12	-1.35	-1.39	0.13	0.62
------	-------	-----	-------	-------	-------	-------	-------	----	-------	-------	------	------

1-6	0.50	245	0.002	0.10	0.10	-1.01	-1.00	10	-1.00	-1.01	1.05	1.07
-----	------	-----	-------	------	------	-------	-------	----	-------	-------	------	------

Lo stesso schema cinematico è stato adottato per il calcolo della portata al colmo per lo scolo S. Cristoforo, secondo l'implementazione proposta dal Consorzio negli schemi di calcolo reperibili sul relativo web e di seguito riportati:

## CONSORZIO DI BONIFICA DELLA ROMAGNA

### CALCOLO DELLA PORTATA DI PROGETTO ( $Q_{200\_s}$ , $Q_{30\_s}$ )

#### Canale Consorziiale:

Si adotta il metodo razionale introdotto da Turazza:

$$Q = k \cdot C \cdot i_c \cdot A$$

ove:

k = fattore di correzione delle unità di misura = 0,278

C= coefficiente di afflusso

$i_c$ = intensità della pioggia di progetto (mm/h)

A = Superficie del bacino (kmq)

#### Stima del coefficiente di afflusso (C)

Dall'analisi della tavola di G. Benini ("*Sistemazioni idraulico forestali*" - 1990)

		<i>Tipo di suolo</i>		
		<i>Terreno leggero</i>	<i>Terreno di medio impasto</i>	<i>Terreno compatto</i>
<i>Vegetazione e pendenza</i>				
<b>Boschi</b>	< 10 %	0,13	0,18	0,25
	> 10 %	0,16	0,21	0,36
<b>Pascoli</b>	< 10 %	0,16	0,16	0,22
	> 10 %	0,22	0,42	0,62
<b>Colture agrarie</b>	< 10 %	0,40	0,60	0,70
	> 10 %	0,52	0,72	0,82

Si assume C= 0.50 (valori minimi: 0,5 pianura - 0,8 collina)

### Calcolo del tempo di corrivazione

Per i bacini di montagna si adotta la formula di Pezzoli (1970):

$$t_c = 0,055 \frac{L}{i^{0,5}}$$

ove:  $t_c$ = tempo di corrivazione (ore)  
 $L$ = lunghezza dell'asta principale estesa fino allo spartiacque (Km)  
 $i$ = pendenza media dell'asta principale

Per i canali di pianura si adotta la formula di Pasini

$$t_c = \frac{0.108 \cdot \sqrt[3]{A_{tot} L}}{\sqrt{i_{tot}}}$$

$t_c$ = tempo di corrivazione (ore)  
 $L$ = lunghezza dell'asta principale estesa allo spartiacque (Km)  
 $A_{tot}$ =estensione bacino idrografico (Kmq)  
 $i_{tot}$ = pendenza media dell'intera asta principale (m/m)

Tipologia bacino (m/p):

$A_{tot}$  = 1.23 kmq  
 $L$  = 2.15 Km  
 $i_{tot}$  = 0.00345 m/m

$t_c$  = 2.54 ore

### Stima dell'intensità di precipitazione critica ( $i_c$ )

Si considerano le leggi di possibilità climatica costruite a partire dall'analisi statistica regionale del PAI - stralcio dell'Autorità dei bacini regionali romagnoli (2001)

Le leggi sono espresse nella consueta forma:

$$h(TR) = a(TR) \cdot d^{n(T)} \quad i(TR) = h(TR) / d$$

ove:

$h$  = altezza di precipitazione (mm)

$i$  = intensità di precipitazione (mm/h)

$d$  = durata della precipitazione (ore)

$a$  -  $n$  = parametri desunti dall'interpolazione dei valori sperimentali

$TR$  = tempo di ritorno

Per fissati valori del tempo di ritorno si è ottenuto:

T=30 anni	$h = 50 d^{0,30}$	Autorità di bacino
T=100 anni	$h = 69,00 d^{0,27}$	Autorità di bacino
T=200 anni	$h = 75,00 d^{0,29}$	Autorità di bacino

Si assume che la precipitazione critica sia quella con durata pari al tempo di corrivazione.

Ponendo  $d = t_c$  nelle leggi precedenti, si ottengono i seguenti valori dell'altezza critica  $h_c$  e della intensità critica  $i_c$ :

<b>TR=30 anni</b>	<b>hc=</b>	<b>66.15 mm</b>	<b>ic=</b>	<b>26.02 mm/h</b>
<b>TR=100 anni</b>	<b>hc=</b>	<b>88.77 mm</b>	<b>ic=</b>	<b>34.91 mm/h</b>
<b>TR=200 anni</b>	<b>hc=</b>	<b>98.31 mm</b>	<b>ic=</b>	<b>38.66 mm/h</b>

### Calcolo della portata di progetto alla sezione terminale dello scolo

$$Q = k \cdot C \cdot i_c \cdot A_{tot}$$

$Q_{30, TOT} =$	<b>4.45 m<sup>3</sup>/sec</b>	$q_{30} =$	<b>3.6164 m<sup>3</sup>/sec/Km<sup>2</sup></b>
$Q_{100, TOT} =$	<b>5.97 m<sup>3</sup>/sec</b>	$q_{100} =$	<b>4.8529 m<sup>3</sup>/sec/Km<sup>2</sup></b>
$Q_{200, TOT} =$	<b>6.61 m<sup>3</sup>/sec</b>	$q_{200} =$	<b>5.3742 m<sup>3</sup>/sec/Km<sup>2</sup></b>

Riscalando i risultati sui sottobacini di interesse (si vedano per i riferimenti di sezione la tavola B\_3l di progetto) si ottengono le seguenti portate al colmo:

	A km2	Q30, TOT mc/s	Q100, TOT mc/s	Q200, TOT mc/s
sez1	0.27	0.98	1.31	1.45
sezione monte scarico lotto	0.36	1.30	1.75	<b>1.93</b>
Sez valle scarico lotto	0.48	1.74	2.33	2.58
Sez 11 (monte tombinatura 2,5X1,5)	1.06	3.83	5.14	5.70
chiusura	1.23	4.45	5.97	6.61

Le verifiche di moto uniforme per le tombinature sono state svolte con le usuali formule in uso presso il Consorzio di seguito riproposte:

#### Formula di Bazin II

$$Q = AV$$

A = Area tombinata

$$V = K \sqrt{RJ}$$

R = A/C  
C = Contorno bagnato

$$K = \frac{87 \sqrt{R}}{\sqrt{R} + \gamma}$$

J = Pendenza dello scatolare  
 $\gamma$  = coefficiente di scabrezza

$\gamma$  è posto pari a 1.3 per canali in terra e 0.85 per scatolari, per i quali è richiesto un franco di 0.3 (portato solo in un caso e dopo discussione tecnica con il Consorzio a 0.29)

L'obiettivo è garantire una sezione di tombinamento che consenta il transito della portata duecentennale in condizioni di moto uniforme con franco 30 cm per le tombinature rettangolari e a bocca piena per i manufatti circolari

i risultati sono visibili nella tavola B\_3l di progetto (profilo attuale e di progetto e sezioni di tombinamento) con riferimento alla quale si possono riassumere nella seguente tabella in sintesi:

In ultima analisi si vuole proporre il risultato (profilo longitudinale per piene con T= 30 e T= 200 anni, d = 2.54 ore) della simulazione di moto permanente in ambiente HEC RAS utilizzata per desumere la scala di deflusso al recettore in condizioni *post operam*. Tale analisi mostra come per effetto delle tombinature presenti a valle (dalla ferrovia in poi) anche la predisposizione di generosi adeguamenti di sezione quali quelli in progetto siano in parte vanificati dai restringimenti indotti dai manufatti non ancora adeguati, effetto non rappresentabile in condizioni di moto uniforme.

Si noti tuttavia che in corrispondenza dello scarico del lotto gli adeguamenti richiesti e la contestuale riprofilatura del fondo alveo garantiscano condizioni di efflusso non rigurgitate almeno per i tempi di ritorno più gravosi di interesse, con ciò potendosi ipotizzare una sufficiente possibilità di scarico alla nuova rete di progetto.

	Dimensioni manufatto attuale									
tratto	D	L	H	S (sez libera)	i	scabr. $\gamma$	F franco	Qs uniforme	Q200	Q30
	m	m	m	m <sup>2</sup>	m/m	m <sup>1/2</sup>	m	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
11-12	1.5			4.0	0.0043	1.30	0.30	4.79	<b>5.70</b>	3.83
sez da scarico fognatura a tratto a cielo aperto		0.8	1	2.9	0.0070	1.30	0.30	2.43	<b>2.58</b>	1.74
sez 4-scarico fognatura				3.2	0.0025	1.30	0.30	2.44	<b>1.45</b>	0.98
ez 1-3				2.9	0.0048	1.30	0.30	3.1	<b>1.45</b>	0.98

**Tabella 3 sezioni libere e officiosità del fosso in condizioni ante operam (condizioni di moto uniforme)**

	Dimensioni manufatto progetto										
tratto	D	L	H	S area	lunghezza	quota scorr monte	quota scorr valle	i tombinatura	scabr. $\gamma$	F franco	QM uniforme
	m	m	m	m <sup>2</sup>	m	m	m	m/m	m <sup>1/2</sup>	m	
11-12		2.5	1.5	3.8	175	-3.8	-4.4	0.0034	0.85	<b>0.30</b>	<b>5.71</b>
sez da scarico fognatura a tratto a cielo aperto		2	1	2.0	167	-1.72	-2.73	0.006	0.85	<b>0.30</b>	<b>2.6</b>
sez 4-scarico fognatura		1.6	1	1.6	183	-1.14	-1.72	0.0033	0.85	<b>0.29</b>	<b>1.46</b>
ez 1-3	1.2			1.1	82	-0.4	-0.7	0.004	0.85	<b>sez piena</b>	<b>1.47</b>

**Tabella 4 officiosità dei tombinamenti in condizioni post operam (condizioni di moto uniforme)**



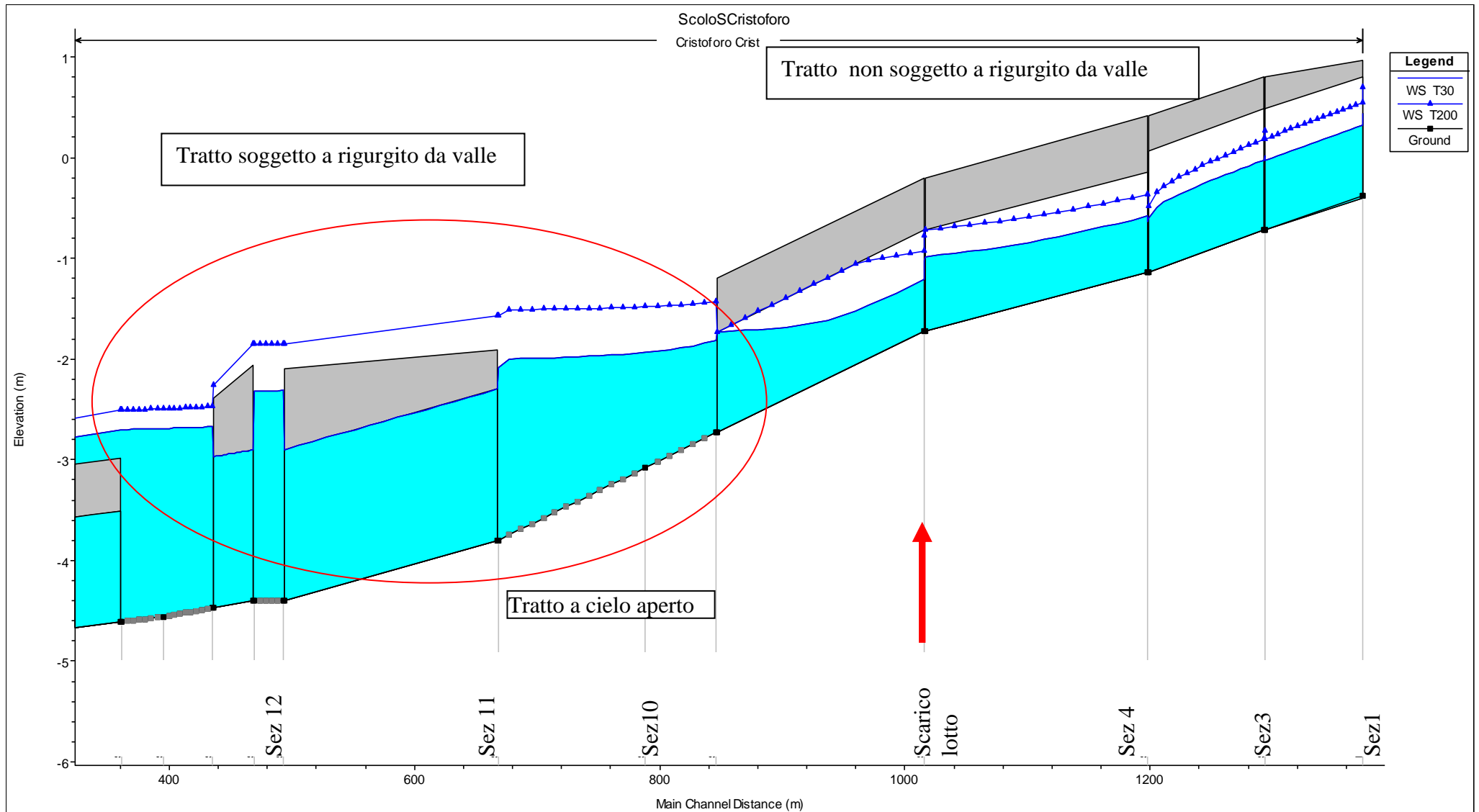


Figura 10 –profilo longitudinale in condizioni *post operam* per T= 30 e T= 200 anni, d = 2,54 ore, effetti di rigurgito da valle

## ALLEGATO III – DIMENSIONAMENTO DISPOSITIVI DI LAMINAZIONE

### Calcolo delle piogge di progetto

Per il calcolo delle piogge di progetto con cui operare le necessarie verifiche si possono adottare le procedure regionali riportate nella direttiva idraulica, che fanno riferimento al metodo della grandezza indice. La pioggia  $h$ [mm/hr] di assegnata durata  $d$ [ore] e tempo di ritorno  $T$ [anni] risulta pari a:

$$h(d;T) = X'(T) \times m1 \times d^n \quad (2)$$

ove:

$X'(d;T)$  = fattore di crescita, calcolato per la zona idrologica est cui appartiene l'area in esame in base al tempo di ritorno  $T$  in anni dell'evento:

$X'(d;T)$	Note
$0,4520 + 0,4112 \times \ln T + 0,0127 \times \ln^2 T$	Valida per $d = 1-6$ ore
$0,4686 + 0,4051 \times \ln T + 0,0088 \times \ln^2 T$	Valida per $d \geq 6$ ore e 1 g

**Tabella 5:  $X'(T)$  al variare della durata (piogge, zona est).**

$m1$  = pioggia indice di durata 1 hr, deducibile dalle mappe del Piano di bacino

$n$  = esponente della curva, deducibile dalle mappe del Piano di bacino

Data la limitata estensione dell'area è del tutto lecito trascurabile ogni fattore di riduzione all'area della precipitazione calcolata con la (1).

Per semplicità si sono adottate le formulazioni equivalenti fornite dal Consorzio a partire dagli studi citati e valide sul territorio in esame che consistono in :

$$h(d;T) = a(T) \times d^{n(T)} \quad (2a)$$

dove

$$T=30 \text{ anni} \quad h = 50 d^{0,30}$$

$$T=100 \text{ anni} \quad h = 69,00 d^{0,27}$$

$$T=200 \text{ anni} \quad h = 75,00 d^{0,29}$$

Per durate inferiori all'ora, in base alle mappe della autorità di Bacino , si adotta la relazione :

$$h = 50 d^{0,48}$$

la pioggia  $h(d,T)$  e la relativa intensità  $i(d,T)$  risultano quindi pari a:

T30 d 2 ore	T200 d 2.54 ore	T30 d 10 min	
<b>h(d;T)</b>	<b>h(d;T)</b>	<b>h(d;T)</b>	
61.6	98.3	20.7	mm
<b>i(d;T)</b>	<b>i(d;T)</b>	<b>i(d;T)</b>	
30.8	38.7	130	mm/hr

**Tabella 6 intensità di pioggia per durate e tempi di ritorno di interesse**

## Modellazione del comportamento idrologico del suolo post operam

La verifica dell'efficacia dei dispositivi per l'invarianza, come previsto dalla direttiva idraulica, può essere condotta adottando un modello di dettaglio che consideri sia la generazione dei deflussi a partire dalle piogge (schema di GREEN-AMPT; si veda Rossman 2005) sia la propagazione lungo la rete dell'onda di piena risultante (soluzione dell'equazione monodimensionale di *Saint Venant* nella sua forma completa, Metodo *Dynamic Wave*; Rossman 2005), implementati nel codice di calcolo SWMM 5 dell'EPA. Senza entrare nei dettagli per i quali si rimanda alla bibliografia citata il modello adottato considera gli effetti di invaso nei volumi disponibili (vasche di laminazione e tubazioni), la trasformazione delle piogge in *runoff* collettato dalla rete e gli effetti di rigurgito nelle tubazioni, dovuti ad esempio alle strozzature inserite per l'invarianza.

I principali parametri da considerare sono:

- Volume dei piccoli invasi, assunto pari a 15 mc/ha per le superfici impermeabili e permeabili in condizioni *post operam*
- Percentuali di aree permeabili ed impermeabili e dimensioni per ogni sottobacino scolante in rete, determinate in base ai progetti forniti e ricavabili dalle tavole di progetto
- Diametri e scabrezze dei tubi, predimensionati illustrato in allegato II.
- Parametri di infiltrazione per aree permeabili ed in particolare:
  - Permeabilità a saturazione del terreno  $k$  [mm/h]
  - Potenziale di suzione al fronte di bagnatura  $\Psi$  [mm]
  - Deficit iniziale nel contenuto d'acqua (frazione di volume di suolo inizialmente secca, differenza tra porosità efficace e contenuto d'acqua  $\theta$ , per suolo completamente secco, tra porosità efficace e capacità di campo); per il suolo franco-limoso in esame si assume il valore conservativo di 0.22 ( ovvero meno della metà della porosità efficace di letteratura)

Il modello idraulico di generazione e *routing* dei deflussi in rete, utilizzato per la verifica del sistema, necessita di schematizzare i suoli attraverso alcune proprietà idrologiche in precedenza elencate ed in particolare la conducibilità idraulica a saturazione  $k$  [mm/h] ed il potenziale di suzione al fronte di bagnatura  $\Psi$  [mm].

La stima di letteratura, per suoli franco limosi, della **conducibilità idraulica a saturazione  $k$**  è di circa 7 [mm/hr]., mentre per il potenziale di suzione al fronte di bagnatura  $\Psi$  si adotta il valore di 140[mm] (si veda anche la tabella seguente).

Classe di suolo	Porosità $h$	Porosità efficace $J_e$	Conducibilità idraulica satura $K$  mm h <sup>-1</sup>	Potenziale di suzione al fronte di bagnatura  $\Psi$ - medio  mm	Potenziale di suzione al fronte di bagnatura  $\Psi$ - dev.std.  cm
sabbioso	0.437	0.417	117.8	49.5	0.97-25.36
franco sabbioso	0.453	0.412	10.9	110.1	2.67-15.47
franco	0.463	0.434	3.4	88.9	1.33-59.38
franco limoso	0.501	0.486	6.5	166.8	2.92-95.39
franco argilloso	0.464	0.309	1	208.8	4.79-91.10
argilloso sabbioso	0.43	0.321	0.6	239	4.08-140.2
argilloso limoso	0.479	0.423	0.5	292.2	6.13-139.4
argilloso	0.475	0.385	0.3	316.3	6.39-156.5

Tabella 7 – valori di letteratura dei parametri del modello di infiltrazione Green-Ampt per vari tipi di suolo.

Il parametro di contenuto idrico iniziale dei suoli risulta altrettanto determinante, ai fini del calcolo del *runoff* da superfici permeabili rispetto alla pioggia di progetto per invarianza idraulica, che il valore iniziale di permeabilità, una scelta sufficientemente cautelativa può ipotizzare che, in condizioni medie, l'imbibimento sia dell'ordine della metà della porosità efficace, ovvero, in questo, caso stimabile in circa 0.22.

Significativa è anche la variazione del *runoff* in ragione del **potenziale di suzione** al fronte di bagnatura, tuttavia l'adozione del valore suggerito in letteratura determina valori medio bassi di *runoff*, rispetto agli estremi di deviazione standard indicati in ([Tabella 7](#)~~Tabella-7~~), configurandosi dunque come una scelta sufficientemente conservativa.

Ulteriori parametri per la modellazione sono le pendenze dei sottobacini in condizioni *post operam* (3 per mille in assenza di progettazione definitiva dei lotti) e la scabrezza delle superfici permeabili (n di Manning  $0,1 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ ) e impermeabili (n  $0,01 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ ). Le dimensioni dei sottobacini ( larghezza e lunghezza medie) sono stimate in base agli elaborati di progetto forniti.

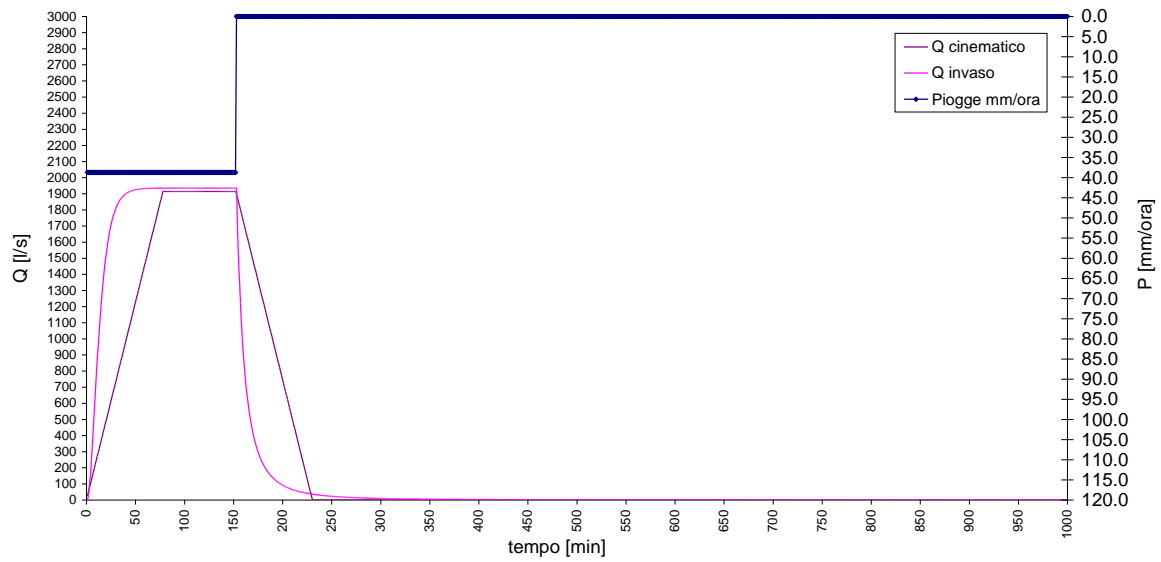
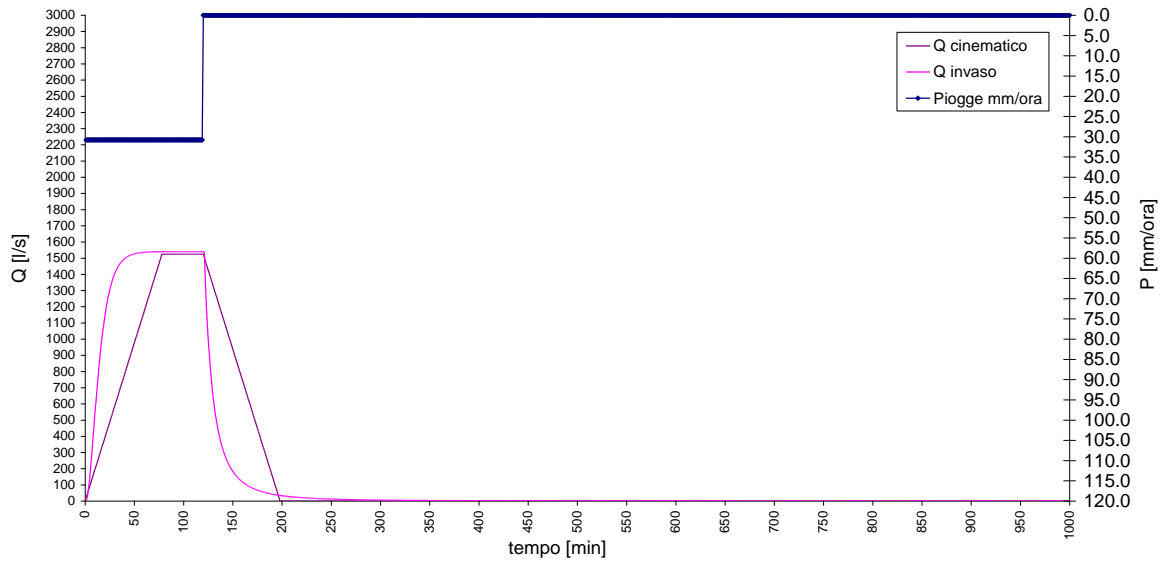
Le scabrezze nelle tubazioni in cls sono state assunte pari a (n  $0,013 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ ), le pendenze e le dimensioni del collettore fognario principale simulato sono riportati in tavola B 3b.

In corrispondenza delle strozzature a servizio delle vasche di laminazione è stata introdotta, per il brusco cambio di sezione idraulica , una perdita concentrata pari a  $0.5 V^2/2g$  con V velocità dell'acqua in uscita dal tubo (metà della altezza cinetica).

I collettori secondari non sono stati simulati, collegando direttamente i bacini di competenza alle vasche di laminazione o ai tratti di collettore fognario principale in cui recapitano.

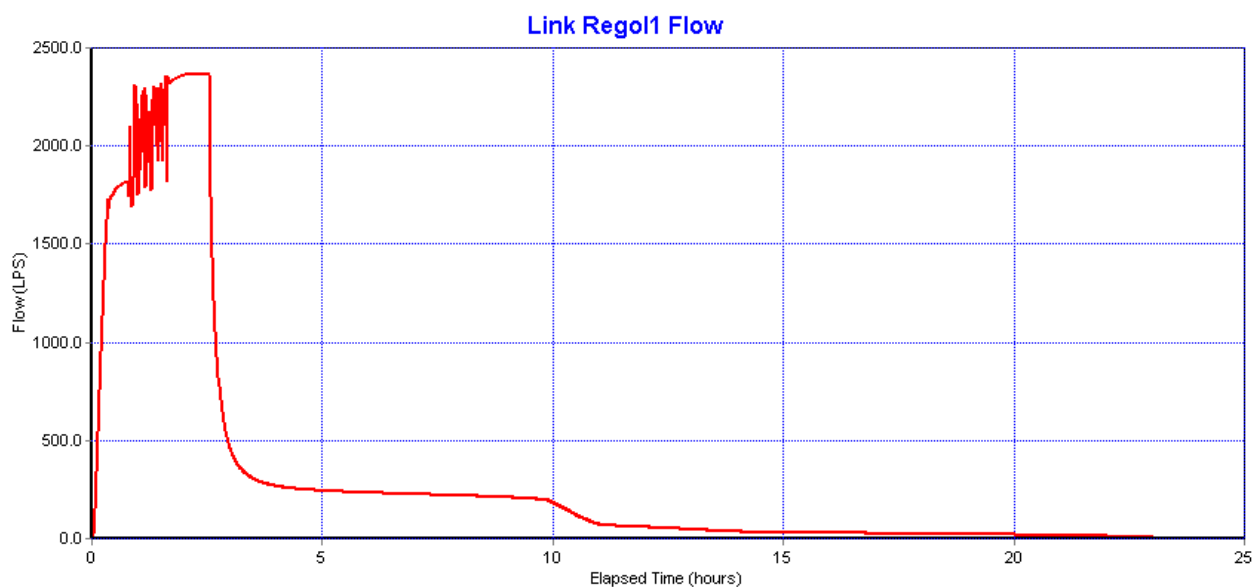
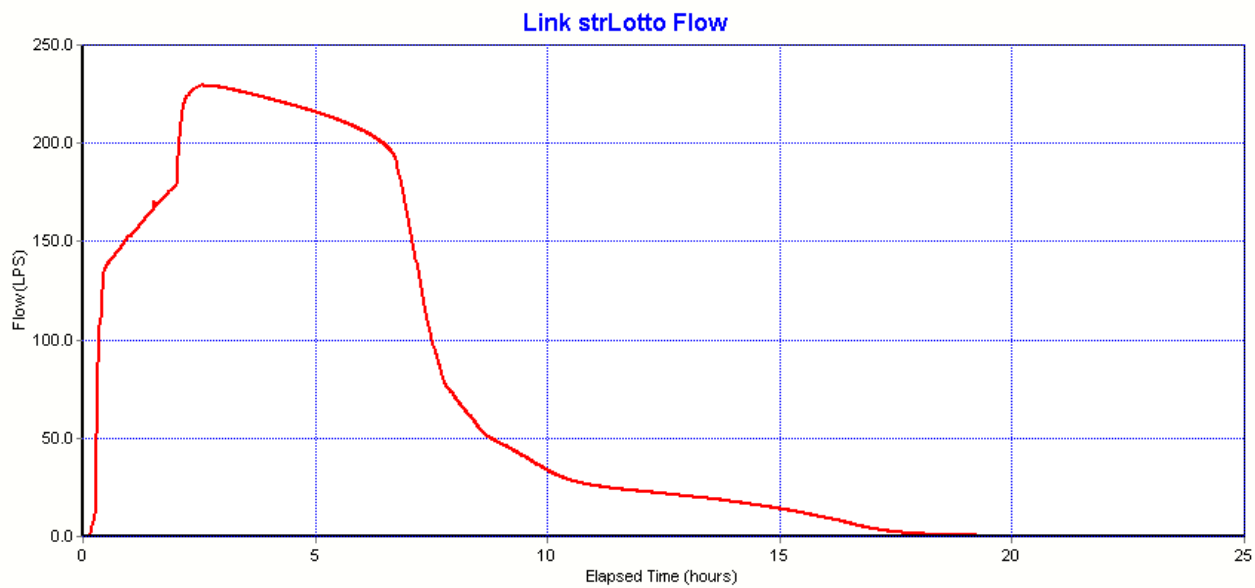
La necessità di simulare il contemporaneo stato di piena del recettore ha portato ad inserire un bacino esterno equivalente al bacino di monte dello scolo S.Cristoforo, tale cioè da produrre un idrogramma di piena del tutto equivalente a quello cinematico per lo scolo in esame ([Figura 11](#)~~Figura 11~~) per i tempi di ritorno e le durate di interesse.

Come si nota la portata al picco *post operam* risulta sempre inferiore ai valori agricoli ante operam per  $t= 30$  anni e  $d = 2$  ore; anche le condizioni al recettore (rappresentate dall'idrogramma per  $T= 200$  anni e  $d= 2,54$  ore) sono leggermente migliorative.



**Figura 11 –idrogramma in uscita per pioggia di durata 2 ore e 30 anni di tempo di ritorno e  $d = 2.54$  ore – $T=200$  anni di tempo di ritorno per il lotto equivalente la bacino di monte del S.Cristoforo, confrontato con l'idrogramma cinematico del bacino stesso.**

Gli idrogrammi *post operam* in uscita dal lotto per  $T= 30$  anni e  $d= 2$  ore e  $T= 200$  anni –  $d = 2.54$  ore (durata critica per il recettore) sono di seguito riportati



**Figura 12 –idrogramma in uscita dal lotto per pioggia di durata  $d=2$  ore e  $T= 30$  anni e  $d= 2.54$  ore e  $T= 200$  anni – condizioni *post operam***

La sovrapposizione al recettore dell'idrogramma *ante e post operam* per  $t= 200$ anni e  $d= 2.54$  ore , è di seguito riportata :

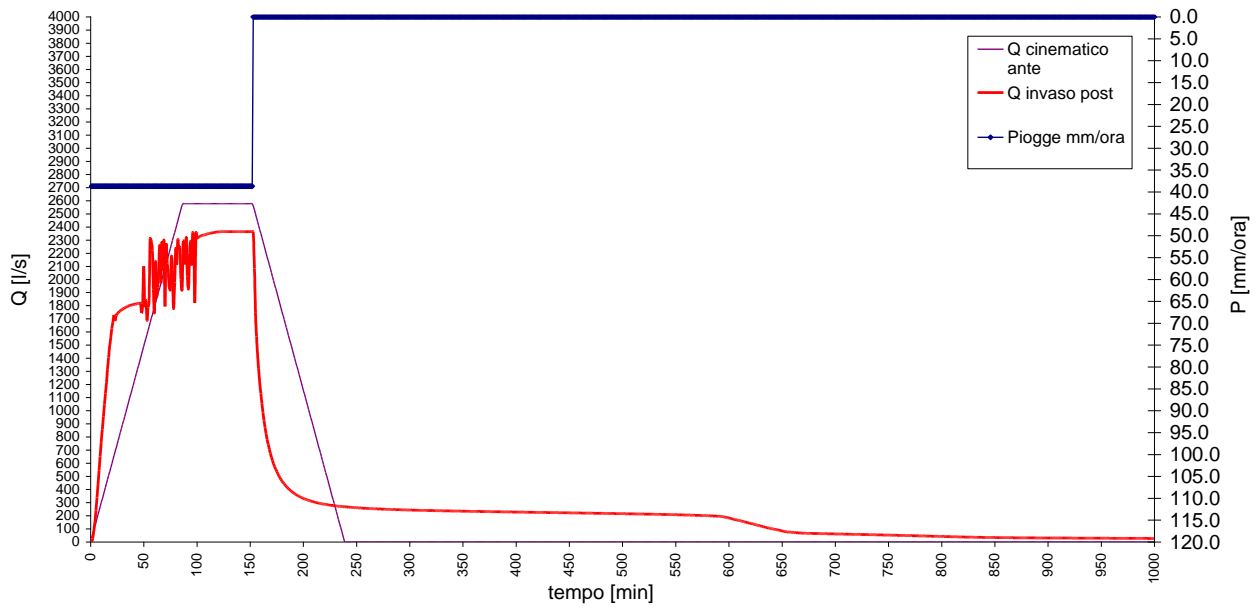


Figura 13- idrogrammi complessivi nel recettore ante e post operam per T= 200 anni e d= 2.54 ore

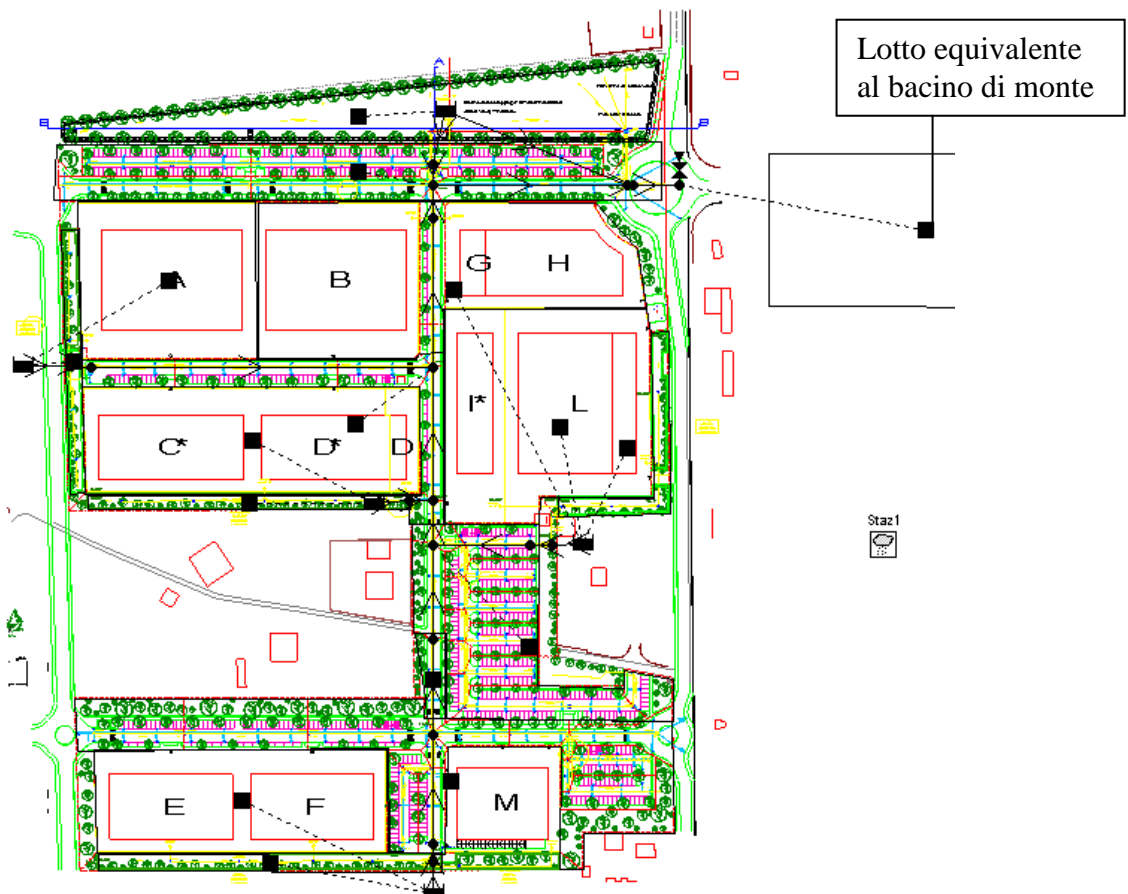


Figura 14 –schema idraulico adottato per la simulazione in ambiente SWMM del complesso lotto- bacino di monte



## **BIBLIOGRAFIA:**

Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli; PIANO STRALCIO PER IL RISCHIO IDROGEOLOGICO-*Direttiva inerente le verifiche idrauliche e gli accorgimenti tecnici da adottare per conseguire gli obiettivi di sicurezza idraulica definiti dal Piano stralcio per il rischio idrogeologico, ai sensi degli artt. 2 ter, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 del Piano*, ottobre 2003

Rossman Lewis A., *2005 Storm Water Management Model User's Manual version 5.0*, Water Supply and Water Resources Division National Risk Management Research Laboratory, Cincinnati, OH 45268; EPA Ottobre 2005

USACE, Hydrologic Engineering Center, 2002; *River analysis system HEC-RAS, hydraulic reference manual version 3.1*

## **INDICE:**

PREMESSE .....	2
DIMENSIONAMENTI IDRAULICI .....	5
Tombinamenti scolo S.Cristoforo .....	5
Rete fognaria e dispositivi di invarianza idraulica.....	8
CONCLUSIONI.....	13
ALLEGATO I – AREE DRENATE.....	13
ALLEGATOII – PREDIMENSIONAMENTO COLLETTORI CON IL METODO CINEMATICO.....	17
ALLEGATO III – DIMENSIONAMENTO DISPOSITIVI DI LAMINAZIONE .....	29
BIBLIOGRAFIA: .....	35
INDICE: .....	35