

Provincia di Modena
Comune di Soliera

STUDIO PRELIMINARE PER L'ADEGUAMENTO FUNZIONALE DEL SISTEMA DI
DRENAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE DA VIA MORELLO MEZZO AL CAVO
ARGINETTO

-E1-
Relazione tecnico-illustrativa

*Committente: Veca s.r.l.
Via Morello Mezzo, 101-10
41019 Soliera (MO)*



Ing. Andrea Artusi

Via Paganelli, 20 - 41122 Modena
tel. 059/8752988 - fax. 059/4823606

Modena, Febbraio 2015

INDICE

1.	PREMESSA	3
2.	STRUTTURA DELLA RETE DI DRENAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE NELL'AREA VIA MORELLO MEZZO / VIA MORELLO SUD ALLO STATO DI FATTO	7
3.	PROPOSTA PROGETTUALE DI ADEGUAMENTO FUNZIONALE DELLA RETE	10
4.	VERIFICA IDRAULICA DEL SISTEMA DI DRENAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE ALLO STATO DI FATTO ED A SEGUITO DELLA REALIZZAZIONE DELLE OPERE DI MESSA IN SICUREZZA PROPOSTE	15
4.1.	Elementi di idrologia	15
4.1.1	Pioggie intense	15
4.1.2	Caratteristiche del bacino	18
4.2.	Verifica idraulica e dimensionamento della rete di drenaggio delle acque meteoriche	20
4.2.1	Dimensionamento preliminare	20
4.2.2	Verifica tramite modello	20
4.2.3	Volume di invaso e laminazione delle portate di origine meteorica	22
<input type="checkbox"/>	<i>Descrizione del fenomeno della laminazione</i>	22
<input type="checkbox"/>	<i>Calcolo del volume minimo dell'invaso</i>	23
4.3.	Scenari considerati e risultati ottenuti	25
	<i>Scenario 1: Verifica della rete allo stato di fatto</i>	26
	<i>Scenario 2: Verifica della rete allo stato di progetto</i>	28

1. PREMESSA

La presente analisi idraulica del sistema di drenaggio delle acque meteoriche dell'area Via Morello Mezzo / Via Morello Sud con recapito al Cavo Arginetto in Comune di Soliera (MO) trae origine dalle condizioni di criticità idraulica riscontrate in tale porzione di territorio, causate dall'inadeguatezza di tale sistema di drenaggio delle acque allo stato di fatto.

E' stata operata l'analisi e verifica idraulica dello stato di fatto della rete in oggetto a seguito di sopralluoghi e rilievi sul campo.

La ricostruzione dello schema generale della rete nell'area oggetto di studio ha condotto alla redazione di uno studio idrologico e idraulico del sistema di drenaggio urbano delle acque meteoriche, chiuso alla sezione di interesse (fosso interpodereale esistente tra le proprietà Veca s.r.l. / Vaccari sul lato Nord e Carletti sul lato Sud, in corrispondenza del recapito nello scolo consorziale Cavo Arginetto) per la definizione delle condizioni di officiosità idraulica della rete a fronte delle portate di piena attese con differenti tempi di ritorno in varie sezioni dell'asta idraulica; i dati del regime pluviometrico della zona e le caratteristiche idrauliche principali della rete sono quindi state la base per una modellazione matematico-idraulica in moto vario che ha restituito una dettagliata verifica dello stato di fatto del sistema di drenaggio a servizio dell'area in oggetto, nei confronti del livello di officiosità della rete nei vari punti e del rischio di allagamento superficiale.

Una volta ricostruito un quadro generale delle rete investigata allo stato di fatto ed in proiezione delle previste espansioni urbanistiche, evidenziandone le principali criticità, si è passati alla definizione degli interventi strutturali necessari al riequilibrio idraulico del sistema.

Di tali interventi, nella presente fase di Studio preliminare di fattibilità, sono stati determinati: localizzazione, dimensionamento di massima, verifica idraulica e stima economica delle opere di progetto.



Figura 1 – Stralcio aerofotogrammetrico dell'area oggetto di studio.

Le proposte di riequilibrio idraulico del sistema di drenaggio delle acque meteoriche dell'area Via Morello Mezzo / Via Morello Sud, effettuate di concerto con l'Amministrazione Comunale, coinvolto l'Ente Gestore del Servizio Idrico Integrato – Aimag s.p.a. - , tenute in considerazione le esigenze tecniche espresse dal Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale che gestisce il corpo idrico superficiale di recapito del sistema, il Cavo Arginetto, costituiscono una base tecnica di discussione con gli Enti territorialmente interessati per pianificare e progettare nel dettaglio gli interventi strutturali necessari alla protezione idraulica del territorio nelle aree oggetto di studio.

La proposta metodologica di messa in sicurezza idraulica dell'area, trae origine dalle problematiche legate all'idraulica del territorio e relativa sostenibilità.

Per idraulica del territorio si intende quella disciplina che si occupa del governo delle acque superficiali in relazione alle peculiarità antropiche e alle condizioni fisiche del territorio in cui si trovano a fluire.

Il sistema di drenaggio delle acque meteoriche dell'area Via Morello Mezzo / Via Morello Sud è a servizio di un bacino peri-urbano il cui grado di antropizzazione o urbanizzazione delle aree drenate è sostanzialmente stabile nell'ultimo ventennio a seguito dell'espansione urbanistica dell'area Sud del capoluogo spintasi fino al lato Nord di Via Morello Mezzo. La concausa di eventi pluviometrici sempre più rari ed intensi nella nostra climatologia, unitamente al fatto che le dimensioni dei fossi e dei condotti di tombinatura adibiti allo smaltimento delle portate di origine meteorica sono rimaste quelle di parecchi anni fa, le precarie condizioni di manutenzione creano un carico idraulico particolarmente elevato in corrispondenza dell'incrocio tra Via Morello Mezzo e Via Morello Sud, con forte rischio di allagamenti superficiali attesi anche in occasione di eventi pluviometrici di intensità non eccezionale.

In particolare, come quantificato nel dettaglio all'interno della presente relazione e degli allegati di calcolo, una sollecitazione pluviometrica sintetica di frequenza decennale – parametri di uso comune nelle attività di progettazione e verifica di nuove reti fognarie – determina fenomeni di sovraccarico della rete ed esondazione superficiale, in particolare in corrispondenza dei ridotti spechi di tombinatura dei fossi stradali all'incrocio tra Via Morello Mezzo e Via Morello Sud.

Tali condizioni di forte criticità idraulica sono determinate sostanzialmente dalle dimensioni insufficienti delle tombinature, ulteriormente ridotte da fenomeni di interrimento e ristagno d'acqua favoriti dalla scarsa officiosità del recapito del sistema, costituito dal fosso interpodereale esistente tra le proprietà Veca s.r.l. / Vaccari sul lato Nord e Carletti sul lato Sud, con sbocco nello scolo consorziale Cavo Arginetto a distanza di circa 500 m.

La proposta di messa in sicurezza idraulica dell'area, oltre a limitare i fenomeni di sovraccarico della rete ed eliminare gran parte delle esondazioni di significativa entità in corrispondenza dell'incrocio sopracitato, nei confronti di un evento pluviometrico sintético di frequenza decennale o superiore, garantisce migliori condizioni di capacità idraulica della rete di recapito degli scarichi esistenti ed in progetto (vedasi P.U.A. "IMAR") e recepisce le indicazioni e prescrizioni emesse in particolare dal Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale, Ente gestore del reticolo idrografico ricettore delle acque meteoriche – Cavo Arginetto.

L'obiettivo prefissato è infatti quello di contenere gli apporti udometrici delle aree afferenti all'Arginetto, nell'ottica di ottimizzare la gestione del rischio idraulico sul territorio.

La tendenza attuale degli Enti competenti alla gestione idraulica territoriale più complessiva è quella di limitare il contributo in termini di portate di origine meteorica provenienti dai comparti di nuova urbanizzazione ad un valore prossimo a quello che il terreno agricolo produce sullo stesso bacino in assenza di impermeabilizzazioni.

Adottando un approccio del tutto similare, nel caso specifico il Consorzio di Bonifica competente della gestione del ricettore finale delle acque meteoriche ha richiesto l'applicazione del principio di invarianza idraulica del bacino di monte nei confronti del corpo idrico recettore.

Detto principio determina, in generale, l'invarianza dei coefficienti udometrici di un'area nell'ambito delle necessarie operazioni di impermeabilizzazione conseguenti alla realizzazione delle urbanizzazioni: ci si riferisce sostanzialmente alla possibilità di realizzare volumi di invaso e laminazione di capacità adeguata per ridurre il colmo di piena da immettere nel recapito finale.

Nel caso in questione il principio non sarà applicato ad un comparto di nuova urbanizzazione, bensì all'intero bacino idrologico del fosso interpodereale afferente al Cavo Arginetto, il quale, ad opere di messa in sicurezza idraulica realizzate, non potrà scaricare portate di piena di entità maggiore a quelle attualmente scaricate: 240 l/s corrispondenti a un coefficiente udometrico pari a 4 l/s ha circa (cfr. risultati delle simulazioni nei paragrafi successivi).

La mitigazione quantitativa delle acque di corrivazione del bacino si concentrerà in un unico punto, immediatamente a ridosso della sezione di chiusura del bacino.

Nella presente Relazione Tecnica si illustrano gli esiti della verifica idraulica della rete allo stato di fatto e si descrivono i criteri del dimensionamento di massima effettuato per le opere di protezione idraulica riportandone i risultati della verifica modellistica condotta.

Gli elementi fondamentali delle due fasi di lavoro – verifica dello stato di fatto e previsto e proposta progettuale di messa in sicurezza – sono:

- inadeguatezza della rete allo stato di fatto a smaltire portate di piena con riferimento a tempi di ritorno dell'evento di pioggia decennali e superiori;
- necessità di risolvere la criticità mediante un duplice approccio:
 - potenziamento della rete di drenaggio a servizio dell'area mediante risagomatura/riprofilatura di alcune tratte di fosso a monte e valle dell'incrocio tra Via Morello Mezzo e Via Morello Sud e adeguamento del manufatto di attraversamento di Via Morello Sud che allo stato di fatto presenta dimensioni insufficienti.
 - realizzazione di un vaso di laminazione delle portate di piena scaricate nel fosso interpodereale esistente tra le proprietà Veca s.r.l. / Vaccari sul lato Nord e Carletti sul lato Sud, utile a ridurre i colmi di portata che saranno trasferiti alla rete consorziale. Tale laminazione si rende necessaria in virtù della richiesta di contenimento degli apporti udometrici delle aree afferenti allo scolo a causa delle ridotte sezioni idrauliche del recettore finale – Cavo Arginetto - formulata dai tecnici del Consorzio di Bonifica.
Come di seguito documentato, nell'ambito della presente proposta si va a garantire il non aggravio delle condizioni ante-operam (circa 240 mc/s calcolati a monte dello scarico in Arginetto), con riferimento ad eventi pluviometrici critici con frequenza decennale (eventi brevi ed intensi) e cinquantennale (eventi di pioggia prolungati).
Tale valore, diviene il riferimento oltre il quale non è possibile scaricare al recettore consorziale e rappresenta un vincolo progettuale tale da imporre l'adozione di volumi di vaso atti a contenere le portate meteoriche in esubero.
Nel caso in esame si è optato per l'adozione di una vasca di espansione a cielo aperto, di volume utile complessivo pari a circa 1'600 mc, da realizzare mediante riprofilatura e risagomatura del fosso interpodereale esistente e sufficiente, a regime, a contenere eventi pluviometrici con frequenza almeno cinquantennale.

Nel quadro della verifica idraulica delle reti esistenti ed individuazione di una soluzione progettuale idonea alla messa in sicurezza dell'area si è provveduto a definire e predimensionare gli elementi di potenziamento della rete di drenaggio delle acque meteoriche e a verificarne il funzionamento applicando una metodologia di lavoro largamente consolidata in materia.

La metodologia di lavoro applicata può essere sintetizzata in alcuni steps operativi:

- **individuazione delle piogge critiche** mediate sul territorio oggetto dell'intervento, ottenute elaborando le serie storiche reperite negli annali idrografici delle precipitazioni intense (cioè di forte intensità e breve durata). Con questa procedura di tipo statistico si ricava una legge rappresentativa degli eventi meteorici in funzione di un "tempo di ritorno" in genere assegnato. Il tempo di ritorno esprime la probabilità statisticamente determinata che un certo evento si presenti mediamente almeno una volta nel periodo considerato;
- **perimetrazione e caratterizzazione idrologica dei bacini** in cui è possibile suddividere l'area in esame, che si traduce nello studio delle condizioni dei suoli e loro comportamento nei confronti delle acque che ivi defluiscono. In linguaggio tecnico si parla di calcolo delle perdite idrologiche,

interpretando la reale capacità del bacino imbrifero di trattenere (in diversi modi) una quota parte delle precipitazioni che lo investono;

- **trasformazione afflussi-deflussi** utilizzando modelli matematico-idraulici tradizionali, in grado di simulare il comportamento reale del bacino oggetto di verifica; tali strumenti consentono per ogni pioggia considerata di riprodurre le portate che si producono su un bacino di date caratteristiche;
- **progettazione di massima della rete** utilizzando una metodologia "sintetica" basata sull'equazione di Chezy, supponendo, cioè, il funzionamento in moto uniforme della rete di drenaggio urbano;
- **verifica dell'efficienza idraulica dei collettori** che drenano le portate prodottesi e calcolate per ogni sottobacino oggetto di studio. A questo proposito si adotta il motore di calcolo utilizzato dal modello matematico-idraulico M.A.R.TE. DEFLUX ovvero lo Storm Water Management Model SWMM, sviluppato dall'EPA statunitense.

Si sottolinea che le proposte di riequilibrio idraulico del sistema di drenaggio del bacino, effettuate di concerto con l'Amministrazione Comunale, coinvolto l'Ente Gestore del Servizio Idrico Integrato – Aimag s.p.a. - , tenute in considerazione le esigenze tecniche espresse dal Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale, costituiscono una base tecnica di discussione con gli Enti territorialmente interessati per pianificare e progettare nel dettaglio gli interventi strutturali necessari alla protezione idraulica del territorio nelle aree oggetto di studio.

2. STRUTTURA DELLA RETE DI DRENAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE

NELL'AREA VIA MORELLO MEZZO / VIA MORELLO SUD ALLO STATO DI FATTO

Il sistema di drenaggio delle acque meteoriche dell'area Via Morello Mezzo / Via Morello Sud con recapito al Cavo Arginetto si compone di due dorsali principali, costituite dai fossi stradali delle vie sopracitate.

In particolare, lungo Via Morello Mezzo il fosso stradale presenta sezione trapezoidale di dimensioni $B = 3 \text{ m}$; $b = 1 \text{ m}$; $H = 1 \text{ m}$; utile a smaltire la corrivazione meteorica di un bacino idrologico di natura prevalentemente non urbanizzata, in cui si rilevano i contributi di Via della Stazione e di Via Morello Mezzo a partire dall'incrocio con Via 1° Maggio e Via della Stazione stessa.

Lungo Via Morello Sud il fosso stradale presenta sezione trapezoidale di dimensioni $B = 2.40 \text{ m}$; $b = 0.80 \text{ m}$; $H = 0.80 \text{ m}$; anche in questo caso la corrivazione meteorica è tipica di un bacino idrologico di natura prevalentemente non urbanizzata, in cui si rilevano i contributi di Via Stradello Sala con i relativi insediamenti e di Via Morello Sud.

Comune denominatore è l'insufficienza delle dimensioni delle tombinature in corrispondenza dell'incrocio Via Morello Mezzo / Via Morello Sud, ulteriormente ridotte da fenomeni di interrimento e ristagno d'acqua favoriti dalla scarsa officiosità del recapito del sistema, costituito dal fosso interpoderale esistente con sbocco nello scolo consorziale Cavo Arginetto a distanza di circa 500 m dall'incrocio.

Di particolare criticità la strozzatura rilevata sul fosso stradale di Via Morello Mezzo, realizzata con un collettore in CLS DN 300 in leggera contropendenza in attraversamento di Via Morello Sud, peraltro parzialmente occluso da fenomeni di interrimento e ristagno.

A valle di tale attraversamento le due dorsali confluiscono in un collettore CLS DN 800, parimenti semi-occluso da sedimentazione e ristagni, che convoglia le acque di drenaggio al fosso interpoderale esistente con sbocco nello scolo consorziale Cavo Arginetto.

Il fosso si presenta con sezione trapezoidale di dimensioni piuttosto ridotte in apice – tratta compresa tra le proprietà Veca s.r.l. e Carletti per una lunghezza di 150 m circa ($B = 1.60 \text{ m}$; $b = 0.80 \text{ m}$; $H = 0.40 \text{ m}$), per poi approfondirsi progressivamente verso valle - – tratta compresa tra le proprietà Vaccari e Carletti per una lunghezza di 250 m circa (fino a $B = 1.60 \text{ m}$; $b = 0.70 \text{ m}$; $H = 0.70 \text{ m}$). Gli ultimi 100 m circa prima del recapito in acque consorziali (Cavo Arginetto) presentano costanza dimensionale e sono preceduti da un breve tratto tombinato al di sotto di una carraia interpoderale. Si rileva in quest'ultimo tratto – immediatamente a monte della confluenza nell'Arginetto - la presenza di sottoservizi a rete Enel e Snam.



Figura 2 – Lay-out della rete di drenaggio allo stato di fatto (cfr. TAV 2 di studio).

Allo stato di fatto circa 60 ha di territorio in larga parte agricolo gravano in termini di corrivazione delle portate di origine meteorica su tale sistema.

Tutti i risultati delle verifiche condotte sono riportati al Cap. 4 e nei Report numerici allegati. Planimetria di dettaglio e distinta dei profili altimetrici longitudinali della rete oggetto di studio sono consultabili in TAV 2 e TAV 3.

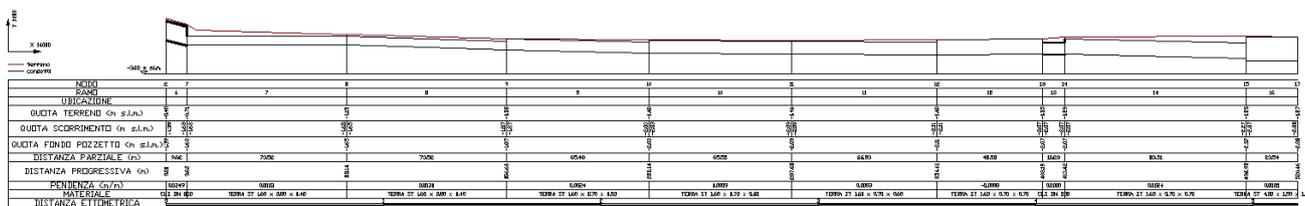
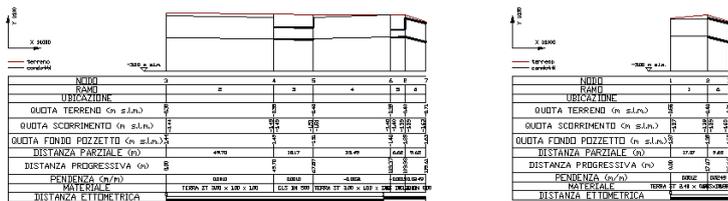


Figura 3 – Profilo altimetrico-longitudinale della rete di drenaggio allo stato di fatto (cfr. TAV 3 di studio).

3. PROPOSTA PROGETTUALE DI ADEGUAMENTO FUNZIONALE DELLA RETE

Come già premesso, si manifesta la necessità di risolvere la criticità idraulica dell'area mediante un duplice approccio:

- potenziamento della capacità idraulica della rete di drenaggio a servizio dell'area mediante risagomatura/riprofilatura di alcune tratte di fosso a monte e valle dell'incrocio tra Via Morello Mezzo e Via Morello Sud e adeguamento del manufatto di attraversamento di Via Morello Sud;
- realizzazione di un vaso di laminazione delle portate di piena scaricate nel fosso interpodereale esistente tra le proprietà Veca s.r.l. / Vaccari sul lato Nord e Carletti sul lato Sud, utile a ridurre i colmi di portata che saranno trasferiti alla rete consorziale.

Si verifica che le portate di piena generate dal bacino di monte di frequenza decennale sono dell'ordine dei 500 l/s (coefficiente idrometrico medio del bacino in larga parte agricolo pari a 8 l/s ha) – cfr. verifiche in moto vario stato di fatto e stato di progetto riportate nel seguito), mentre la rete allo stato di fatto nelle sezioni in chiusura bacino (fosso interpodereale alla confluenza nell'Arginetto) è in grado di smaltire circa 250 l/s in un contesto di sovraccarichi diffusi nella rete e presenza di fenomeni di esondazione superficiale in particolare all'incrocio tra Via Morello Mezzo e Via Morello Sud.

La proposta progettuale prevede dunque:

- potenziamento della capacità idraulica della rete di drenaggio a servizio dell'area mediante:
 - riprofilatura della tratta di fosso stradale a monte dell'incrocio tra Via Morello Mezzo e Via Morello Sud conferendole idonea pendenza (+0.002)
 - adeguamento del manufatto di attraversamento di Via Morello Sud mediante posa di collettore di idonea sezione (CLS DN 800) e idonea pendenza (+0.002)
 - riprofilatura e risagomatura della tratta di fosso interpodereale a valle dell'incrocio tra Via Morello Mezzo e Via Morello Sud conferendole idonea sezione (B = 2.40 m; b = 0.80 m; H = 0.80 m) e idonea pendenza (+0.002)
- realizzazione di una vasca di laminazione delle portate di piena scaricate nel fosso interpodereale esistente, necessaria in virtù della richiesta di contenimento degli apporti idrometrici delle aree afferenti allo scolo a causa delle ridotte sezioni idrauliche dello stesso e del recettore – Cavo Arginetto - formulata dai tecnici del Consorzio di Bonifica.
Si va a garantire il non aggravio delle condizioni ante-operam (circa 240 mc/s calcolati a monte dello scarico in Arginetto), con riferimento ad eventi pluviometrici critici con frequenza decennale (eventi brevi ed intensi) e cinquantennale (eventi di pioggia prolungati).
Si è optato per l'adozione di una vasca di espansione a cielo aperto, di volume utile complessivo pari a circa 1'600 mc, da realizzare mediante riprofilatura e risagomatura del fosso interpodereale esistente, conferendo idonea sezione (B = 10.00 m; b = 8.50 m; H = 0.75 m) e idonea pendenza (+0.0005) tale da ottimizzarne il volume utile.

Per la realizzazione della prima tipologia di interventi di potenziamento della rete non si prevede di dover ottenere autorizzazioni da terzi.

Per quanto riguarda la seconda tipologia di interventi di realizzazione della vasca di laminazione mediante risagomatura e riprofilatura del fosso interpodereale, in questa fase preliminare non avendo ancora coinvolto i proprietari delle aree, si ritiene possa essere una futura scelta progettuale percorribile, da approfondirsi in fase successiva confrontandosi con l'Amministrazione Comunale ed il Consorzio di Bonifica competente.

Nel frattempo pare importante ribadire la linea di consentire nuovi scarichi al sistema oggetto di studio solo se in condizioni di invarianza idraulica (cfr. P.U.A. "IMAR"), onde non vincolare la programmazione e la realizzazione dei futuri interventi urbanistici pur in un contesto di totale sostenibilità idraulica.

Sezione tipo di posa condotta in CLS in sede stradale

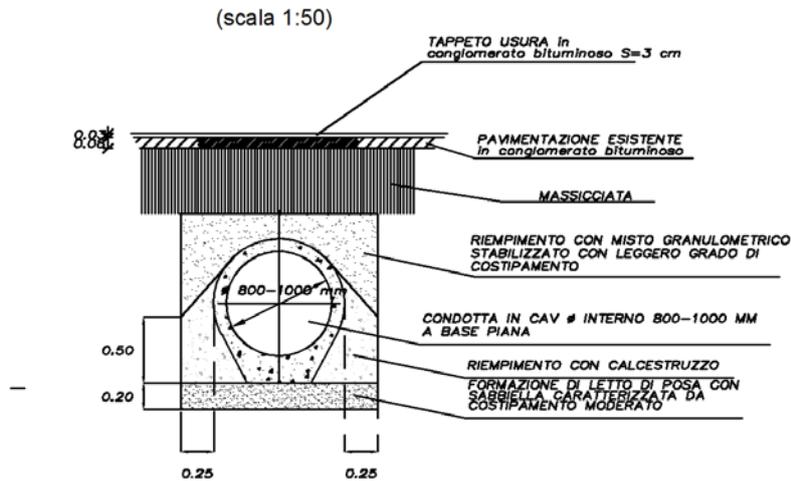


Figura 4 - Sezioni caratteristiche di posa collettore di idonea sezione (CLS DN 800).



Figura 5 – Stralcio planimetrico su base C.T.R. dell'ubicazione della vasca di laminazione in progetto. (Stralcio TAV 4).

Il bacino di laminazione rimarrà in comunicazione con il ricettore cavo Arginetto attraverso la bocca tarata posizionata in linea con il fosso sulla quale potrà essere predisposto un regolatore di portata che consenta solo ed esclusivamente il passaggio della portata stabilita, individuata in 240 l/s.

Dai calcoli effettuati per la bocca tarata si individua una dimensione idraulica equivalente del **DN 350**: prevedendo infatti un funzionamento sottobattente della condotta la portata scaricata verso valle è stata calcolata ricorrendo alle leggi della foronomia idraulica, in particolare schematizzando il funzionamento come luce a battente con tubo addizionale esterno:

$$Q_m = 0.82A\sqrt{2gh}$$

dove:

A = superficie idraulica della condotta (mq);

h = distanza tra il baricentro della luce e il pelo libero (m);

Misurando un battente sul baricentro della bocca pari a 70 cm (livello idrico a 70 cm dallo scorrimento del canale in condizioni di vasca piena) la portata smaltita è pari a 250 l/s circa.

c		0.82
D eq (m)		0.35
A (mq)		0.10
h (=H-h baric.) [m]		0.53
Q [l/s]		253.20

Tabella 1 – Parametri di calcolo della portata massima scaricabile dalla bocca tarata con funzionamento di luce sottobattente.

Tale dispositivo di regolazione delle portate si prevede possa consistere anche in una valvola tipo Hydroslide con meccanismo a galleggiante che, parzializzando la luce libera di deflusso al variare del battente idrico, garantisce portata in uscita costante.

Immediatamente a monte, il fosso interpodereale verrà riprofilato e risagomato a guisa di canale di laminazione a cielo aperto, di estensione totale pari a circa 1'600 mq e volumetria sufficiente a contenere eventi sino a 50 anni di tempo di ritorno.

Di lunghezza pari a circa 250 m (direz. Est) e larghezza pari a circa 10 m in sommità, avrà profondità massima (intesa come differenza tra ciglio sponda e quota del punto più depresso in corrispondenza della bocca di invaso-svaso) pari a 0,80 m circa; l'altezza utile di riempimento non potrà superare i 75 cm mantenendosi al di sotto della quota del piano campagna adiacente, per un volume utile minimo considerando pendenze longitudinali e trasversali di 1'600 mc.

La morfologia della vasca andrà definita in fase di progettazione di dettaglio; in ogni caso la pendenza longitudinale imposta alla morfologia del canale per garantire il meccanismo di svuotamento a gravità ed ottimizzarne il volume utile non si prevede superiore allo 0,5 per mille. Le sponde in questa fase sono state considerate 1:1.

Da notare che onde garantire che tutto il volume progettato per il canale risulti utile ai fini della laminazione, indipendentemente dalle condizioni idrauliche imposte dal recapito a valle (Cavo Arginetto), la quota altimetrica più depressa dell'invaso, in corrispondenza della bocca tarata, è stata fissata 30 cm più in alto della quota di scorrimento dell'Arginetto.

Va considerato infatti che in periodo irriguo la barricazione in testa al tombamento del Cavo, circa 1075 m più a valle del punto di immissione del fosso oggetto di studio, può essere abbassata per tutta la sua estensione pari a 0,80 m, con un livello idrico irriguo sulla paratia di 90 cm che si traducono, considerando una pendenza media dello 0,5 per mille del cavo, in 36 cm circa in corrispondenza del punto di immissione del fosso oggetto di studio.

Va detto che essendo la paratia sull'Arginetto sdoppiabile (0,40+0,40 m), la condizione di paratia completamente abbassata si verifica molto raramente, generalmente la quota irrigua risulta inferiore.

Per la progettazione dell'invaso in oggetto si considera comunque la condizione peggiorativa di massima quota irrigua.

Nell'ambito delle aree da acquisire sarà da tenere in debita considerazione un'ulteriore fascia perimetrale della vasca, di larghezza minima pari a 5 m, da adibire a pista di transito per i mezzi nelle operazioni di pulizia e manutenzione dell'opera.

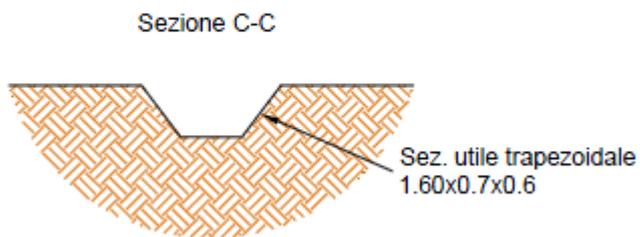
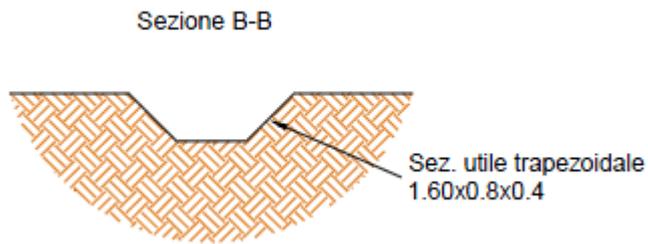


Figura 6a – Sezioni trasversali fosso interpodereale allo stato di fatto (Stralcio TAV 3).

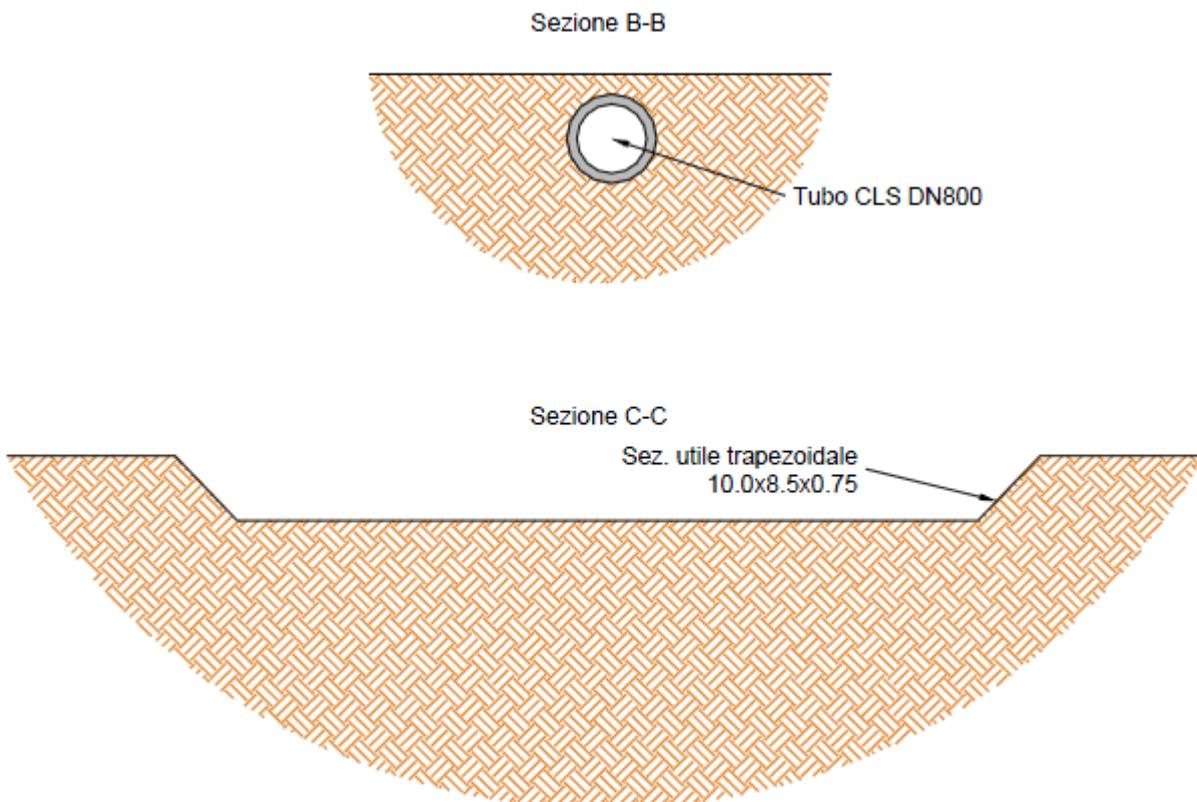


Figura 6b – Sezioni trasversali fosso interpodereale allo stato di progetto (canale di laminazione) (Stralcio TAV 5).

4. VERIFICA IDRAULICA DEL SISTEMA DI DRENAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE ALLO STATO DI FATTO ED A SEGUITO DELLA REALIZZAZIONE DELLE OPERE DI MESSA IN SICUREZZA PROPOSTE

4.1. *Elementi di idrologia*

4.1.1 Piogge intense

La rete di drenaggio del bacino oggetto di studio, per dimensioni e caratteristiche plano-altimetriche, è destinata ad essere messa in crisi da piogge di forte intensità e breve durata.

Il tempo di corrivazione di detto bacino si determina attraverso la relazione:

$$t_c = t_a + t_r$$

ove t_a è il *tempo di accesso alla rete* relativo al sottobacino drenato dal condotto fognario posto all'estremità di monte del percorso idraulico più lungo e t_r è il *tempo di rete*.

Il tempo di accesso t_a è sempre stato di incerta determinazione, variando con la pendenza dell'area, la natura della stessa ed il livello di realizzazione dei drenaggi minori, nonché dell'altezza della pioggia precedente l'evento critico di progetto; tuttavia il valore normalmente assunto nella progettazione è sempre stato compreso entro l'intervallo di 5 – 20 minuti (valori suggeriti da Centro Studi Deflussi Urbani nel Manuale di Progettazione – Sistemi di Fognatura); i valori più bassi essendo validi per le aree di minore estensione, più attrezzate e di maggior pendenza e i valori più alti nei casi opposti.

Analogamente Di Fidrio nel testo "Fognature" suggerisce di adottare in zone fittamente edificate un valore del tempo di accesso alla rete pari a 5 minuti mentre in zone rade e piatte con pozzetti di introduzione in fognatura molto distanti valori variabili fra i 20 e i 30 minuti. Per zone mediamente edificate il valore più corrente è 15 minuti.

Per quanto riguarda invece il *tempo di rete* t_r esso è calcolabile come somma dei tempi di percorrenza di ogni singola canalizzazione seguendo il percorso più lungo della rete fognaria in oggetto. Per la velocità di percorrenza delle porte di piena si è adottato un valore medio pari a 1 m/s; al fine dell'individuazione della lunghezza massima che l'acqua deve percorrere lungo la rete si è fatto riferimento alla geometria effettiva della rete di scolo (L_{max} pari a circa 1 km).

Nel caso specifico, adottando la formula del metodo cinematico, si ottiene:

$$T_c = \frac{L}{v} = \frac{1000}{1} = 17 \text{ minuti}$$

Si è scelto di considerare per il bacino in oggetto, ai fini del dimensionamento e verifica della rete di drenaggio, un **tempo di corrivazione complessivo di 45 minuti**.

Il campione delle precipitazioni significative su cui basare l'indagine statistica per l'individuazione delle curve di possibilità climatica che caratterizzano il sito e il bacino oggetto di indagine è reperibile dalle serie storiche riportate negli annali idrografici stilati dall'osservatorio idrografico nazionale.

Nell'analisi svolta sono state prese in considerazione le maggiori piogge di durata minore di 24 ore ovvero quelle specifiche precipitazioni che, per dimensioni e caratteristiche dell'area in oggetto sono destinate a mandare in crisi il sistema di drenaggio esistente/di progetto.

L'analisi statistica delle precipitazioni di forte intensità e breve durata condotta sul territorio della Provincia di Modena ha portato all'individuazione dei seguenti valori dei parametri della curva di possibilità climatica validi per il territorio oggetto di interesse:

Tempo Ritorno [anni]	a1 (mm/h) [t<1 h]	n1 [t<1 h]	a2 (mm/h) [t>1 h]	n2 [t>1 h]
2	23.5		0.355	22.2
5	33.2		0.345	31.1
10	39.5		0.342	36.9
20	45.6		0.340	42.5
50	53.5		0.339	49.8
100	59.4		0.338	55.3

Tabella 2 – Parametri della curva di possibilità climatica valida sul territorio della Provincia di Modena (PTCP).

In accordo con i tecnici Aimag coinvolti, per dimensionare e verificare la rete in oggetto, si è ritenuto opportuno – parallelamente alle verifiche condotte considerando i parametri di cui sopra - adottare un tempo di ritorno decennale con uno ietogramma sintetico "tipo Chicago" di durata pari a 4 ore, come da dati forniti (Aimag spa):

luglio 2007
TR = 10 anni

	d < 1 h	d > 1 h
a =	47.246	47.246
n =	0.3464	0.2755

durata (ore)	durata (min)	Altezza (mm)	Intensita' (mm/h)
0.08	5	20.0	239.7
0.17	10	25.4	152.4
0.25	15	29.2	116.9
0.33	20	32.3	96.9
0.50	30	37.2	74.3
0.75	45	42.8	57.0
1.00	60	47.2	47.2
2.00	120	57.2	28.6
4.00	240	69.2	17.3

Tabella 3 – Parametri della curva di possibilità climatica adottata da Aimag spa sul territorio gestito.

luglio 2007	
TR = 10 anni	
ora	intensita' (mm/h)
0.00	5
0.05	5
0.10	6
0.15	6
0.20	7
0.25	7
0.30	8
0.35	9
0.40	11
0.45	16
0.50	22
0.55	36
1.00	186
1.05	119
1.10	70
1.15	29

1.20	23
1.25	20
1.30	17
1.35	16
1.40	14
1.45	13
1.50	12
1.55	11
2.00	10
2.05	10
2.10	9
2.15	9
2.20	9
2.25	8
2.30	8
2.35	8
2.40	7
2.45	7
2.50	7
2.55	7
3.00	6
3.05	6
3.10	6
3.15	6
3.20	6
3.25	6
3.30	5
3.35	5
3.40	5
3.45	5
3.50	5
3.55	5

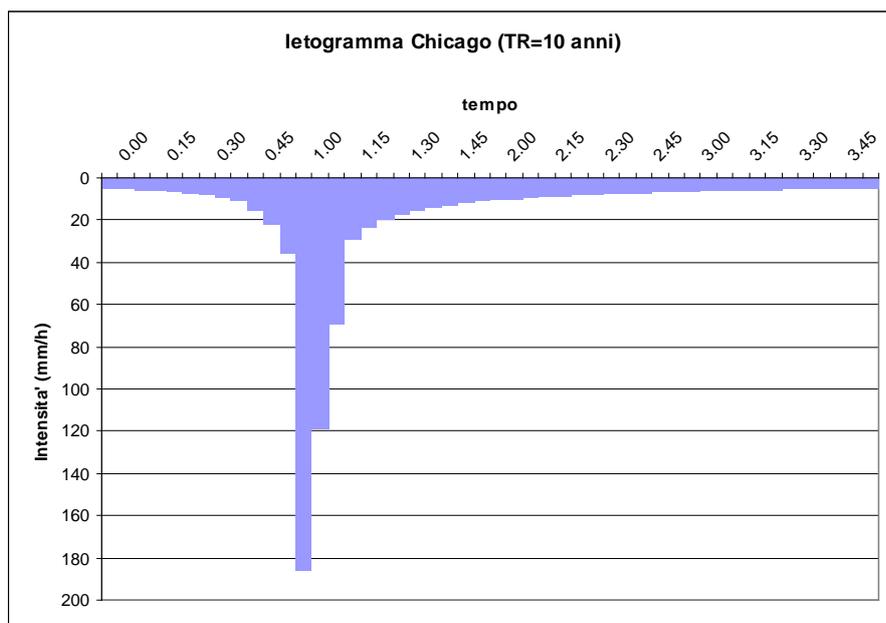


Tabella 4 – Ietogramma “tipo Chicago” adottato da Aimag spa per il dimensionamento/verifica della rete.

Tale Ietogramma è stato impiegato per il dimensionamento/verifica della rete affinché proponesse le intensità di picco proprie di un Chicago, essendo maggiormente severo rispetto ad un Ietogramma rettangolare.

Per il dimensionamento e la verifica del volume di invaso e laminazione, in accordo con i tecnici del Consorzio di Bonifica, è stata adottata la c.p.c. del PTCP proposta in Tab. 1, adottando un tempo di ritorno pari a 50 anni, con Ietogrammi di forma rettangolare e durata crescente fino a massimizzare i volumi in gioco.

In particolare, nei paragrafi successivi vengono proposti i risultati delle simulazioni in moto vario effettuate con pioggia di durata pari a 3 ore ore in quanto verificatasi maggiormente gravosa.

Ietogramma rettangolare Soliera		
a =		49.8
n =		0.245
Tr (anni) =		50

durata (ore)	durata (min)	Altezza (mm)	Intensita' (mm/h)
2.00	120	59.0	29.5
3.00	180	65.2	21.7
4.00	240	69.9	17.5
6.00	360	77.2	12.9
8.00	480	82.9	10.4
12.00	720	91.5	7.6

Tabella 5 – Ietogrammi rettangolari ricostruiti per la verifica della vasca.

4.1.2 Caratteristiche del bacino

Complessivamente l'area del bacino peri-urbano zona Sud del Capoluogo, drenato dai fossi stradali delle Vie Morello Mezzo e Morello Sud, recapitanti nel fosso interpodereale di collegamento al Cavo Arginetto, misurata alla sezione di chiusura corrispondente alla confluenza dell'incrocio Via Morello Mezzo / Via Morello Sud, è pari a 60 ha circa.



Figura 7 – Definizione del bacino idrologico sotteso dal fosso interpodereale di collegamento Via Morello Mezzo al Cavo Arginetto.

Di seguito vengono riportati i parametri idrologici significativi relativi al bacino oggetto di verifica – suddiviso nei rispettivi due sottobacini -, validi sia allo stato di fatto che tenendo conto delle nuove previsioni urbanistiche che dovranno comunque gravare sul sistema in invarianza idraulica.

Bacino Via Morello Mezzo	
Sezione	recapito in fosso interpodereale lato Sud Veca
Sup. (ha)	25.2
Imp (%)	11.3%
Per (%)	88.7%
ϕ_{imp}	0.75
ϕ_{per}	0.15
ϕ_{med}	0.22

Bacino Via Morello Sud	
Sezione	recapito in fosso interpodereale lato Sud Veca
Sup. (ha)	34.5
Imp (%)	8.1%
Per (%)	91.9%
ϕ_{imp}	0.75
ϕ_{per}	0.15
ϕ_{med}	0.20

Bacino COMPLESSIVO	
Sezione	recapito in fosso interpodereale lato Sud Veca
Sup. (ha)	59.7
Imp (%)	9.5%
Per (%)	90.5%
ϕ_{imp}	0.75
ϕ_{per}	0.15
ϕ_{med}	0.21

Tabella 6 – Parametri idrologici significativi relativi al bacino oggetto di verifica.

Per quanto attiene la formazione dell'onda di piena, il bacino interviene attraverso il grado di permeabilità e capacità invaso delle depressioni superficiali, nonché attraverso i tempi di corrivazione.

In riferimento al primo di tali due aspetti, non tutto il volume affluito durante una precipitazione giunge alla rete idrica superficiale: vi sono infatti fenomeni idrologici legati all'infiltrazione, all'evaporazione ed all'immagazzinamento di acque nelle depressioni superficiali che incidono sul volume d'acqua piovuta. Tali fenomeni possono essere convenientemente espressi attraverso l'impiego di un coefficiente " ϕ " detto coefficiente di deflusso, il cui valore può essere compreso tra 0 e 1 ed esprime la quota parte di volume affluito durante una precipitazione che giunge effettivamente alla rete idrica superficiale senza disperdersi.

Detto coefficiente è stato stimato partendo dalle stime del rapporto tra il totale della superficie drenata (59,7 ha) e quanto di questo è impermeabilizzato (9,5% circa), giungendo così ad un valore medio $\phi = 0,21$ supponendo così che il 21% del piovuto viene smaltito dal reticolo di drenaggio urbano, mentre il restante 79% continuerà a percolare in falda freatica.

4.2. Verifica idraulica e dimensionamento della rete di drenaggio delle acque meteoriche

L'approccio metodologico seguito ha portato a verificare la rete allo stato di fatto, dimensionare gli interventi di potenziamento della rete di drenaggio in via preliminare e a verificarne successivamente l'efficienza, in moto vario, mediante la simulazione numerica.

In seguito ai risultati della simulazione si è andati a rettificare i parametri idraulici caratteristici delle condotte supposte in esercizio e degli altri dispositivi idraulici verificandone l'efficienza a fronte di eventi pluviometrici sintetici di frequenza decennale e cinquantennale.

4.2.1 Dimensionamento preliminare

Al fine di procedere ad un dimensionamento delle condotte di drenaggio delle acque meteoriche in progetto si è ipotizzato di voler assicurare condizioni di esercizio in moto uniforme e funzionamento non rigurgitato delle condotte stesse.

La scelta dei diametri delle tubazioni in funzione della scabrezza del materiale impiegato, della pendenza imposta, delle portate massime da smaltire determinate in precedenza e quindi del grado di riempimento, è stata effettuata sfruttando la formula inversa dell'equazione di Chezy:

$$Q = XA\sqrt{Ri}$$

con:

- A = area della sezione occupata dall'acqua;
- R = A/B Raggio idraulico;
- B = Contorno bagnato;
- i = pendenza di fondo;
- X = $K_s (R^{1/6})$ coefficiente di scabrezza;
- K_s = coefficiente di Gauckler-Strickler.

4.2.2 Verifica tramite modello

Il sistema fognario oggetto di analisi è stato verificato mediante l'utilizzo del modulo *DEFLUX* del pacchetto applicativo *M.A.R.TE.*

Il motore di calcolo utilizzato da *M.A.R.TE. DEFLUX*, ovvero lo *Storm Water Management Model (SWMM)* sviluppato dall'EPA statunitense, è un software complesso in grado di simulare il movimento della precipitazione meteorica e degli inquinanti da essa veicolati dalla superficie del bacino alla rete di canali e condotte che costituiscono il sistema di drenaggio.

In linea generale *SWMM* è stato concepito per modellare in termini qualitativi e quantitativi tutti i processi che si innescano nel ciclo idrologico.

E' possibile lanciare simulazioni di diverso tipo: a "evento singolo" o "in continuo", andando cioè a simulare per poche ore o per molti giorni eventi critici di pioggia che vanno a sollecitare il bacino imbrifero in cui è presente una rete di drenaggio.

Il modello può essere quindi utilizzato tanto per la progettazione quanto per la verifica e gestione delle reti di fognatura (bianche, nere e miste).

SWMM è sostanzialmente basato su una struttura modulare in grado di rispondere alle diverse esigenze progettuali; in particolare, nella versione implementata in *M.A.R.TE. DEFLUX* sono stati interfacciati i moduli

Runoff ed *Extran* di tale progetto, poichè rappresentano quelli di maggiore interesse per le applicazioni ingegneristiche.

In linea generale SWMM è stato concepito per modellare in termini qualitativi e quantitativi tutti i processi che si innescano nel ciclo idrologico urbano, fornendo una puntuale fotografia del comportamento della rete elemento per elemento nonché nel suo complesso ad ogni istante della modellazione simulata.

Il blocco *Runoff* è il primo passo fondamentale per il lancio di una simulazione di SWMM. Questo blocco riceve in input lo ietogramma definito dall'utente (intensità di pioggia/tempo o precipitazione totale in mm/tempo). *Runoff* analizza il processo afflussi-deflussi utilizzando un approccio basato sulla tecnica di serbatoi non lineari; viene chiaramente analizzato anche il processo di infiltrazione e di evaporazione per arrivare ad ottenere come risultato l'idrogramma in ogni ramo del reticolo di fognatura. Il blocco può essere lanciato per periodi temporali che vanno dai minuti agli anni.

Il blocco *Extran* (*Extended Transport*) è sostanzialmente il cuore idraulico di SWMM e consente di modellare la propagazione dei deflussi all'interno della rete mediante la risoluzione delle equazioni di De Saint Venant in forma completa.

Extran è il modulo di calcolo più completo per la simulazione di reti ad albero o magliate; vengono modellati anche fenomeni di rigurgito, moti a pelo libero e in pressione, inversioni del flusso nei rami. I recapiti possono essere modellati sia come sbocchi liberi che vincolati.

Tali caratteristiche risultano di fondamentale importanza nell'ambito del presente studio: ci si trova infatti nella situazione di dover verificare la rete a seguito di eventi pluviometrici intensi e in grado di determinare fenomeni di rigurgito e condizioni di funzionamento in pressione. *Extran* utilizza una descrizione topologica della rete basata su una geometria rami-nodi. I rami e i nodi hanno proprietà specifiche che, combinate fra loro, consentono la rappresentazione idraulica dell'intera rete di deflusso. I rami sono sostanzialmente i condotti della rete e consentono di propagare le portate da un nodo all'altro; i nodi sono la rappresentazione dei pozzetti presenti nel sistema fisico. Nei nodi vengono localizzate le portate in ingresso (provenienti da *Runoff* in termini di idrogrammi di piena generati a partire dal modello afflussi-deflussi) e le portate in uscita dalla rete.

Tale descrizione topologica della rete è rappresentata negli elaborati grafici di planimetria e viene riportata numericamente nei tabulati di output.

Le diverse categorie di dati di input in M.A.R.TE. DEFLUX possono essere così riassunte in maniera generale:

- 1) Dati meteorologici: precipitazione (intensità in mm/h o valore della precipitazione in mm);
- 2) Dati dei sottobacini: area, percentuale di impermeabilità, pendenza del terreno, volumi specifici di accumulo e coefficienti di Manning per area permeabile ed impermeabile; parametri riferiti alla legge di infiltrazione prescelta (Horton o Green Ampt);
- 3) Dati dei condotti: tipo di sezione, quote di monte e valle, lunghezza, scabrezza;
- 4) Dati dei nodi: quote terreno e fondo, eventuale portata entrante (nera), caratterizzazione del nodo. Ogni nodo può essere generico, di recapito o di accumulo. I nodi generici rappresentano i semplici pozzetti, i nodi di accumulo richiedono la quota del cielo e la superficie di accumulo mentre i nodi di recapito richiedono la condizione di sbocco (libero o non libero ad una certa quota);
- 5) Dati delle pompe: curva caratteristica a tre punti, livello iniziale nel nodo di partenza, livelli di attacco e stacco;
- 6) Dati degli scaricatori di piena: tipo (sfiato laterale o salto di fondo), sezione, coefficiente di efflusso.

I risultati numerici nodo per nodo e ramo per ramo vengono riportati nelle tabelle allegate relative alle simulazioni effettuate con le precipitazioni di progetto ritenute significative nel dimensionamento di collettori e volume di laminazione.

L'allegato alla relazione presenta anche il riassunto dei valori idrologici per ogni singolo sottobacino costituente l'area modellizzata, nonché le verifiche di continuità sui volumi in gioco.

Nella medesima appendice si evince come il sistema di drenaggio allo studio allo stato di fatto, sottoposto ad una precipitazione con ietogramma sintetico di tipo Chicago-Aimag con $T_r=10$ anni presenta fenomeni di rigurgito ed esondazione superficiale accentuati in corrispondenza delle strozzature costituite dalle tombinature dei fossi stradali.

Allo stato di progetto, avendo previsto il potenziamento della rete e la realizzazione del volume di laminazione delle portate, vengono limitati i fenomeni di sovraccarico della rete ed le esondazioni superficiali, nei confronti di un evento pluviometrico sintetico di frequenza decennale o superiore.

4.2.3 Volume di invaso e laminazione delle portate di origine meteorica

Viene qui definito, con riferimento alle caratteristiche del bacino allo studio, il dimensionamento del volume da adibire alla laminazione delle portate meteoriche individuato risagomando il fosso interpodereale esistente di collegamento tra Via Morello Mezzo e lo scolo consorziale Cavo Arginetto.

In conformità alle valutazioni effettuate e alle prescrizioni del Consorzio di Bonifica, gestore del corpo idrico recettore, è necessario limitare il valore massimo della portata scaricabile mediante predisposizione di una bocca tarata all'uopo dimensionata.

Alla luce della portata massima scaricabile e della massima in arrivo calcolata risulta necessario prevedere un volume di invaso di dimensione idonea, localizzato a monte del recapito nella rete di valle, funzionale allo stoccaggio del volume di acqua in esubero ed al rilascio in tempi più lunghi di quello dell'evento di precipitazione con tempo di ritorno al minimo decennale, in riferimento al regime idrologico delle precipitazioni sul territorio.

Indicazioni in merito ai criteri seguiti e ai calcoli effettuati per il dimensionamento di tale volume sono di seguito riportate.

- *Descrizione del fenomeno della laminazione*

Il progetto di una vasca volano è in generale legato alla determinazione della capacità di invaso W_m in funzione della portata massima accettabile all'uscita Q_{umax} atta a contenere l'evento meteorico critico di assegnato tempo di ritorno.

Le equazioni che permettono di descrivere il fenomeno della laminazione e quindi il funzionamento idraulico di una vasca volano sono tre:

- l'equazione differenziale di continuità della vasca:

$$Q_e(t) - Q_u(t) = \frac{dW(t)}{dt}$$

in cui

$Q_e(t)$ è la portata in ingresso alla vasca al generico istante t ; essa dipende sia dall'evento meteorico considerato che dalle caratteristiche del bacino e della rete di drenaggio a monte della vasca stessa;
 $Q_u(t)$ è la portata in uscita dalla vasca; essa dipende dal tipo di scarico che regola l'uscita dalla vasca;
 $W(t)$ è il volume invasato nella vasca all'istante t .

- la relazione funzionale tra il volume invasato e il livello idrico h nell'invaso:

$$W(t) = W(h(t))$$

che dipende esclusivamente dalla geometria della vasca.

- la legge d'efflusso che governa l'uscita dalla vasca:

$$Q_u(t) = Q_u(t, h(t))$$

che dipende dal dispositivo idraulico che si utilizza per regolare la portata in uscita.

Nell'integrazione dell'equazione differenziale di continuità della vasca sono incognite le funzioni $Q_u(t)$, $W(t)$ o $h(t)$ in quanto è nota, per precedenti calcoli, l'onda di piena in ingresso alla vasca $Q_e(t)$.

La progettazione delle vasche di laminazione si fonda sulla determinazione del volume d'invaso W^* che consente di ridurre, con la minima capacità di invaso, la portata al colmo dell'evento critico di progetto di assegnato tempo di ritorno T_R .

Note la portata entrante $Q_e(t)$ e la portata massima $Q_{u\ max}$ che la rete di fognatura a valle della vasca è in grado di convogliare e definite la geometria della vasca e le caratteristiche dei dispositivi di scarico, ipotizzando che nell'intervallo di tempo (t_1, t_2) , durante il quale la portata in ingresso $Q_e(t)$ eccede la capacità della rete, la portata uscente $Q_u(t)$ sia costante e uguale alla massima $Q_{u\ max}$, si determina il minimo volume di invaso W^* che consente di ottenere la laminazione dell'onda di piena.

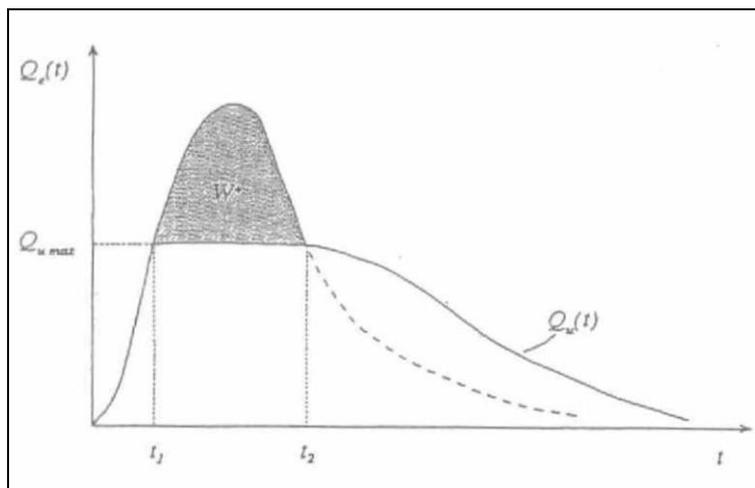


Figura 8 - Processo di laminazione dell'onda di piena utilizzando dispositivi di scarico a portata costante.

- *Calcolo del volume minimo dell'invaso*

Ai fini di un dimensionamento preliminare del volume minimo di invaso necessario a contenere la portata massima scaricata nei limiti prefissati si sono applicati alcuni metodi noti in letteratura e di comune impiego.

Il metodo qui proposto è quello detto "dell'invaso" (Moriggi e Zampaglione, 1978).

Ipotizzando che la portata uscente dalla vasca sia costante e pari alla massima $Q_{u\ max}$ ed indicando con $m = Q_{e\ max} / Q_{u\ max}$ il rapporto tra la massima portata entrante e la massima portata uscente, si determinano le seguenti relazioni per valutare la durata critica τ_{cv} di riempimento della vasca:

$$\tau_{cv} = \frac{1}{C} \cdot \left(\frac{Q_u}{n\phi Sa} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

e il volume di invaso W^* :

$$W^* = \varphi S a \tau_{cv} \left[0,95 - (1/m)^{2/3} \right]^{3/2}$$

essendo:

$$C = \frac{0,165n}{1/m + 0,01} - \frac{1/m - 0,1}{30} + 0,5$$

W^* è espresso in mc, Q_u e Q_e in mc/s, S in mq, a in m/sⁿ, τ_{cv} in secondi, mentre φ e n sono adimensionali. Anche questa procedura di calcolo può portare a una sovrastima del volume W^* .

Nel caso in esame, sono stati sostituiti in tale espressione i valori:

- superficie complessiva dell'intervento oggetto di regimazione delle acque bianche $S = 597'000$ mq;
- coefficiente di deflusso costante del bacino drenato a monte della vasca $\varphi = 0,21$;
- portata in uscita dalla vasca, posta costante e pari a $Q_u = 0,239$ mc/s;
- parametri della curva di possibilità climatica 1 (riferimento ad un tempo di ritorno pari a 10 anni -c.p.c. Aimag-:
 $a = 47,3$ mm/oraⁿ; $n = 0,276$
- parametri della curva di possibilità climatica 2 (riferimento ad un tempo di ritorno pari a 50 anni -c.p.c. PTCP-:
 $a = 49,8$ mm/oraⁿ; $n = 0,245$

Vengono di seguito riportati i risultati del dimensionamento preliminare con il metodo dell'invaso (ove si è considerata come Q_e massima quella stimata adottando un coefficiente idrometrico per l'area pari a 8 l/(s ha), ovvero 478 l/s).

φ	0.21	0.21
S (mq)	597000	597000
TR	10 anni	50 anni
a2 (mm/ora ⁿ)	47.3	49.8
n2	0.276	0.245
Q_u (mc/s)	0.239	0.239
Q_e (mc/s)	0.478	0.478
m	2,0	2,0
W^* (mc)	1473	1239

Tabella 7 - Dati riepilogativi e risultati del dimensionamento preliminare del volume di laminazione applicando il metodo dell'invaso.

A titolo di maggiore cautela si considera il volume maggiore.

Conseguentemente, adottando un fattore di sicurezza pari al 1.1, in fase preliminare si è fissato il volume minimo da adibire alla laminazione delle portate di origine meteorica in **1'600 mc**, valore verificatosi congruo anche nell'ambito delle simulazioni in moto vario successivamente eseguite con riferimento alla c.p.c. del PTCP e ietogrammi rettangolari con $Tr=50$ anni e durate crescenti fino a 3 ore.

4.3. Scenari considerati e risultati ottenuti

Per consentire una corretta modellazione del sistema idraulico in oggetto sono state effettuate differenti ipotesi di funzionamento ed esercizio così da consentire una verifica più accurata dello stato di fatto della rete e un dimensionamento più efficace dei diversi manufatti utili alla messa in sicurezza idraulica del bacino, recapitando le acque al sistema ricettore con valori di portata congrui alla capacità di smaltimento residua dello stesso e senza che si verifichino significativi fenomeni di esondazione superficiale in corrispondenza del transito dei picchi di piena in rete.

In primis è stata verificata la rete di drenaggio del bacino allo stato di fatto (cfr. TAV 2 – Plan e TAV 3 – Profili e sezioni), adottando le seguenti piogge sintetiche:

STATO DI FATTO			
c.p.c.	ietogramma	Tr (anni)	durata (min)
PTCP	rettangolare	50	60
Aimag	Chicago	10	240

In tal modo è stato possibile verificare la tenuta idraulica del sistema a fronte di sollecitazioni via via crescenti fino a raggiungere quella normalmente adottata per le verifiche e i dimensionamenti progettuali.

Quindi è stata verificata la rete di drenaggio del bacino allo stato di progetto (cfr. TAV 4 – Plan e TAV 5 – Profili e sezioni), adottando le seguenti piogge sintetiche:

STATO DI PROGETTO			
c.p.c.	ietogramma	Tr	durata (min)
Aimag	Chicago	10	240
PTCP	rettangolare	50	180

Si è adottata la precipitazione di progetto fornita da Aimag per il dimensionamento del potenziamento della rete e si è abbinata una serie di simulazioni con TR=50 anni e durata crescente in modo da rappresentare le condizioni critiche per il dimensionamento della vasca.

Scenario 1: Verifica della rete allo stato di fatto

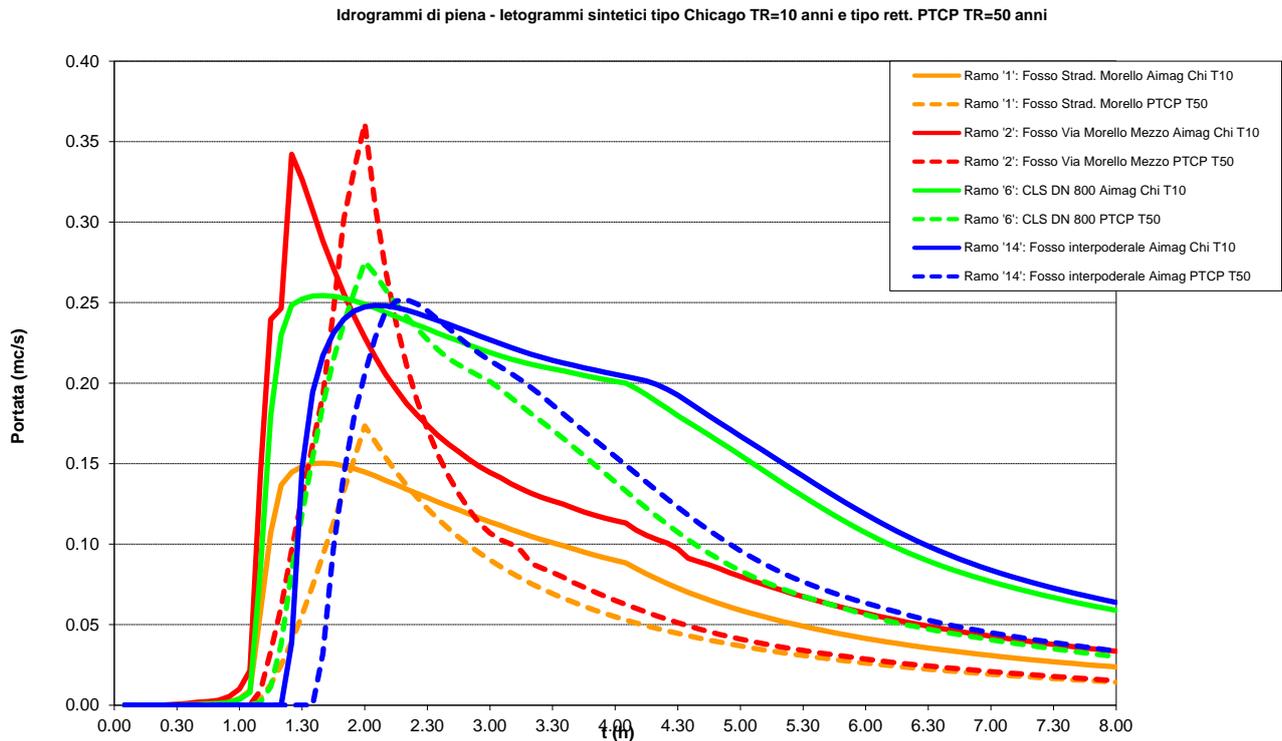


Grafico 1 - Idrogrammi di piena - letogrammi sintetici tipo Chicago TR=10 anni e tipo rett. PTCP TR=50 anni. Ramo '1': Fosso Strad. Morello Sud; Ramo '2': Fosso Via Morello Mezzo; Ramo '6': CLS DN 800; Ramo '14': Fosso interpodereale. STATO DI FATTO.

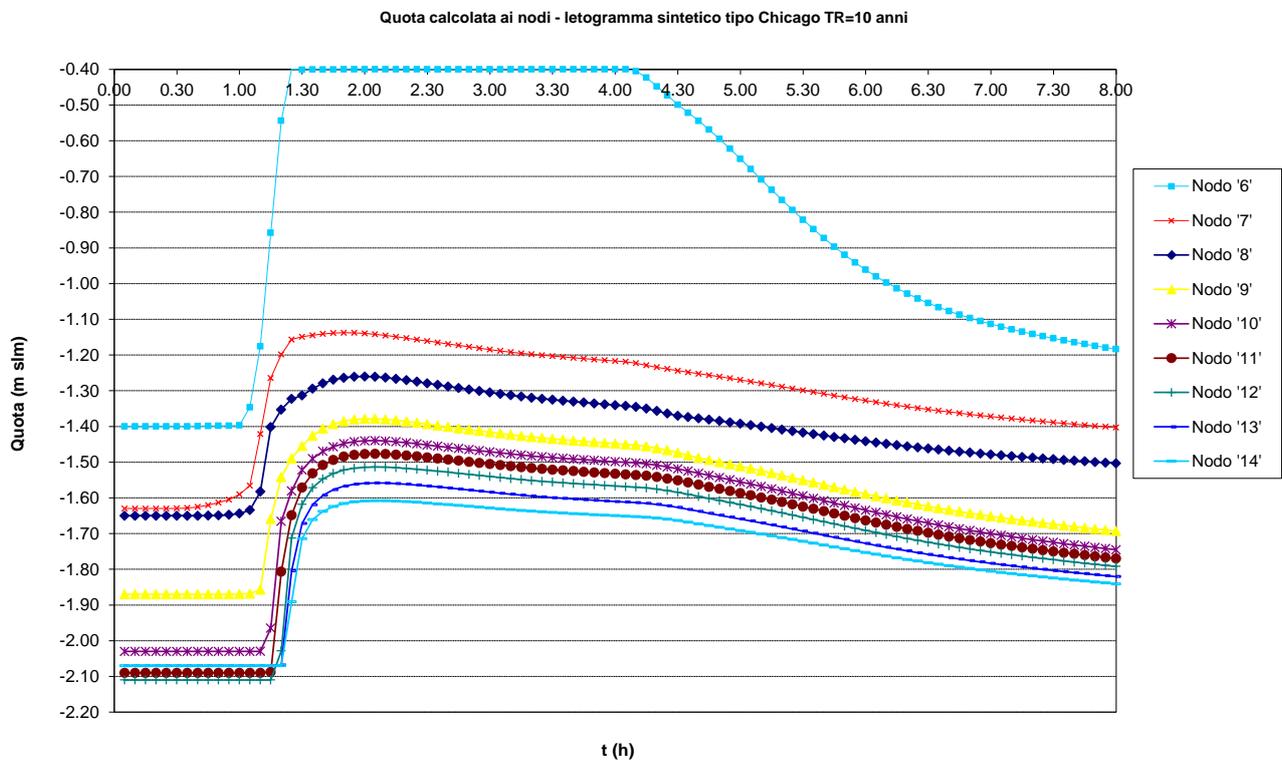


Grafico 2 - Quota calcolata ai nodi - letogramma sintetico tipo Chicago TR=10 anni. STATO DI FATTO.

Nel grafico 1 sopra riportato si distinguono gli idrogrammi di piena calcolati in base ai 2 tipi di sollecitazione pluviometrica adottata per diverse sezioni sistema di drenaggio esistente.

I risultati adottando i due idrogrammi sono confrontabili: il fosso stradale di Via Morello Mezzo (Ramo 1) arriva a smaltire una portata al colmo pari a 350 l/s; il fosso stradale di Via Morello Sud (Ramo 2) arriva a smaltire una portata al colmo pari a 150 l/s.

In corrispondenza dell'incrocio Via Morello Mezzo / Via Morello Sud si osservano sovraccarichi ed esondazione superficiale (cfr. nodo 6 tombinatura Morello Mezzo con CLS DN 300); la portata che può proseguire all'interno della rete si riduce a circa 250 l/s (Ramo 6 CLS DN 800); l'onda di piena procede poi verso valle spanciandosi leggermente (poco meno di 250 l/s al Ramo 14 fosso interpoderale).

In un contesto di sovraccarichi diffusi nella rete e presenza di fenomeni di esondazione superficiale: dunque una buona parte della corrivazione del bacino (il coefficiente idrometrico medio del bacino urbano allo stato di fatto può essere stimato intorno a 8 l/(s ha)), viene strozzata all'interno del sistema stesso (che funge a suo modo da vasca di laminazione con capacità di scarico della portata limitata), inteso come insieme di condotte, fossi ed accumuli superficiali, non giungendo direttamente al recapito.

Scenario 2: Verifica della rete allo stato di progetto

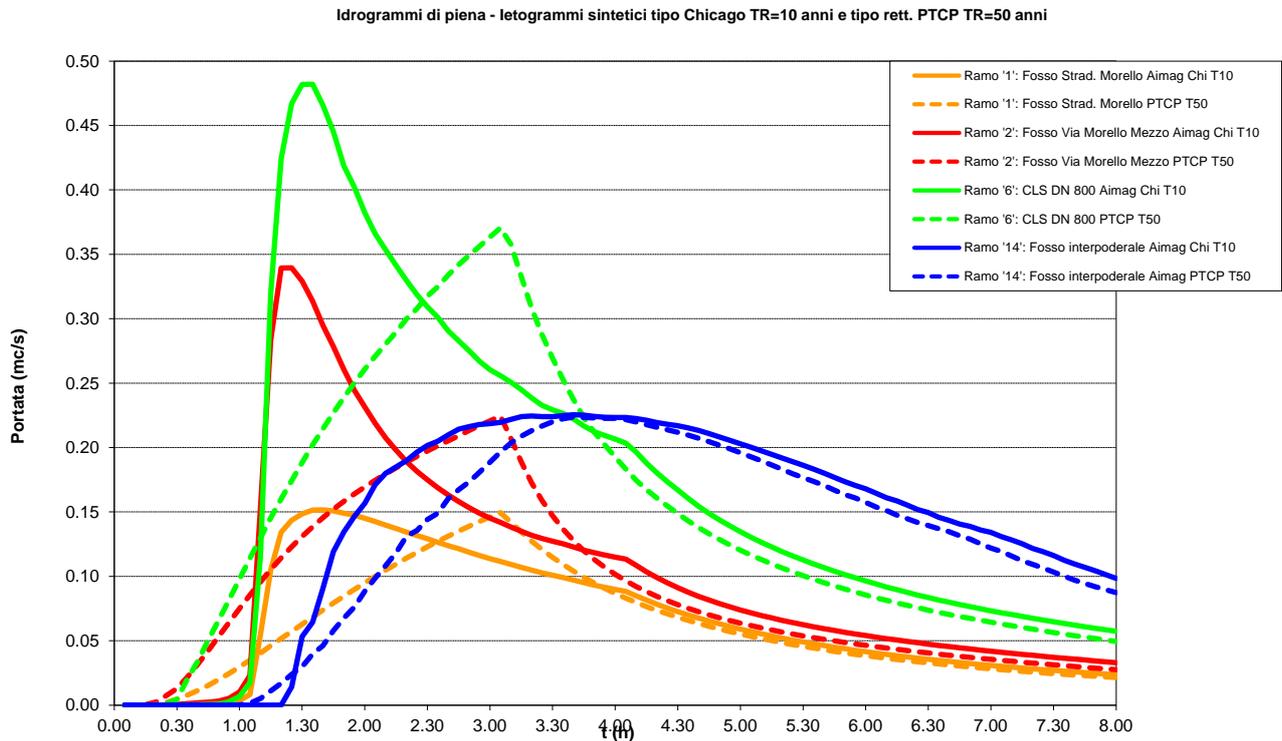


Grafico 3 - Idrogrammi di piena - letogrammi sintetici tipo Chicago TR=10 anni e tipo rett. PTCP TR=50 anni. Ramo '1': Fosso Strad. Morello Sud; Ramo '2': Fosso Via Morello Mezzo; Ramo '6': CLS DN 800; Ramo '14': Fosso interpodereale. STATO DI PROGETTO.

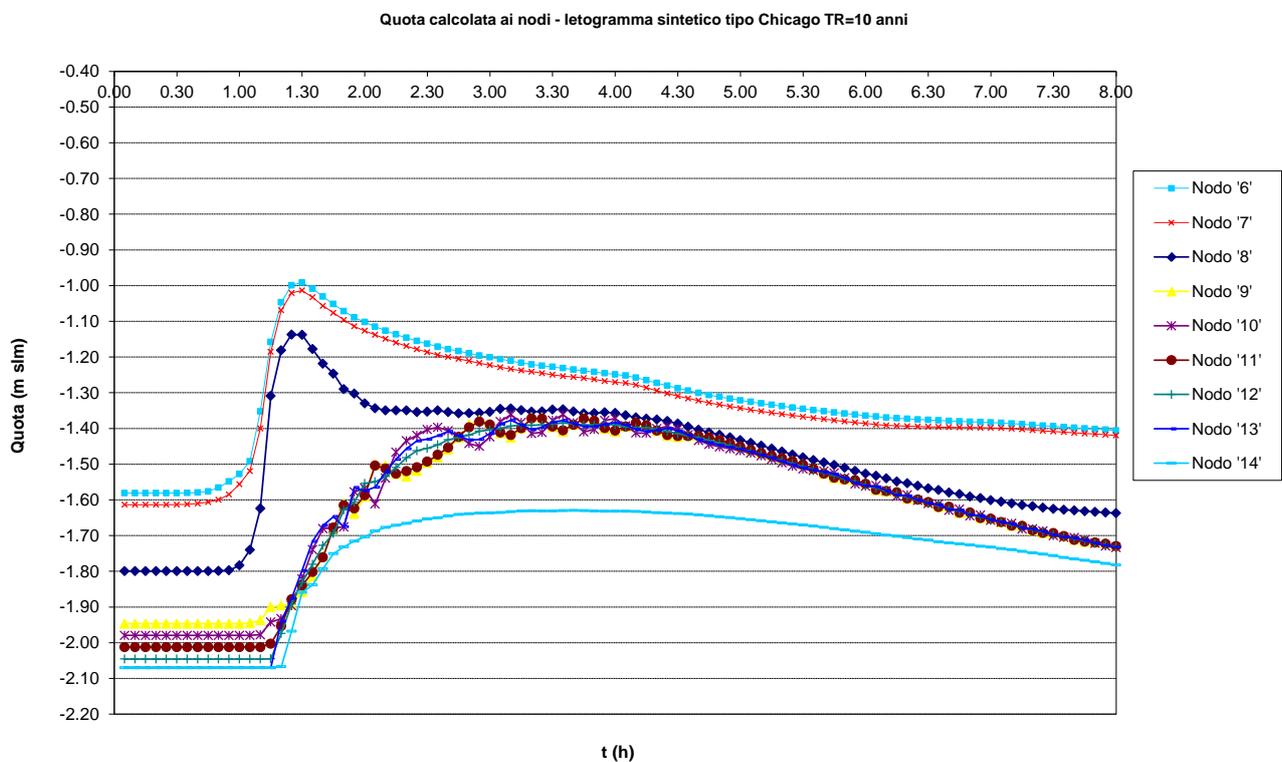


Grafico 4 - Quota calcolata ai nodi - letogramma sintetico tipo Chicago TR=10 anni. STATO DI PROGETTO.

I Grafici 3-4 mostrano come le portate in uscita dal bacino, che proseguono lungo lo scolo interpodereale, vengano limitate secondo quanto prescritto dal Consorzio di Bonifica con un certo margine (225 l/s a fronte di 240 l/s).

In particolare, la portata afferente dai due fossi stradali di monte raggiunge al colmo di piena i valori citati di 500 l/s totali che vengono correttamente smaltiti dalla tombinatura dell'incrocio potenziata a DN 800, mentre si stabilisce a 225 l/s in conseguenza del funzionamento della bocca tarata; l'aliquota di portata eccedente, valutabile eseguendo l'integrale della differenza tra gli idrogrammi, viene contenuta all'interno della vasca di laminazione delle portate a servizio del bacino (Grafico 3).

Lo ietogramma tipo Chicago ha la caratteristica di massimizzare le intensità di pioggia ed i corrispondenti picchi di portata ed è stato impiegato per dimensionare i tronchi di collettori costituenti la rete; al fine di dimensionare/verificare il volume di invaso della vasca sono stati utilizzati sia lo ietogramma tipo Chicago che lo ietogramma rettangolari con $T_r=50$ anni (c.p.c. PTCP MO) e durata tale da massimizzare il volume da adibire a laminazione delle portate (3 ore), ottenendo risultati maggiormente gravosi nel caso del Chicago.

Nel Grafico 4, conseguentemente, sono riportati i livelli idrici interni alla vasca di laminazione in risposta alle piogge di progetto con ietogramma tipo Chicago; è possibile verificare che viene calcolato un tirante massimo all'interno del canale (nodi 9-10-11-12-13) di 0,67 m (corrispondente a poco meno di 1'500 mc di invaso).