

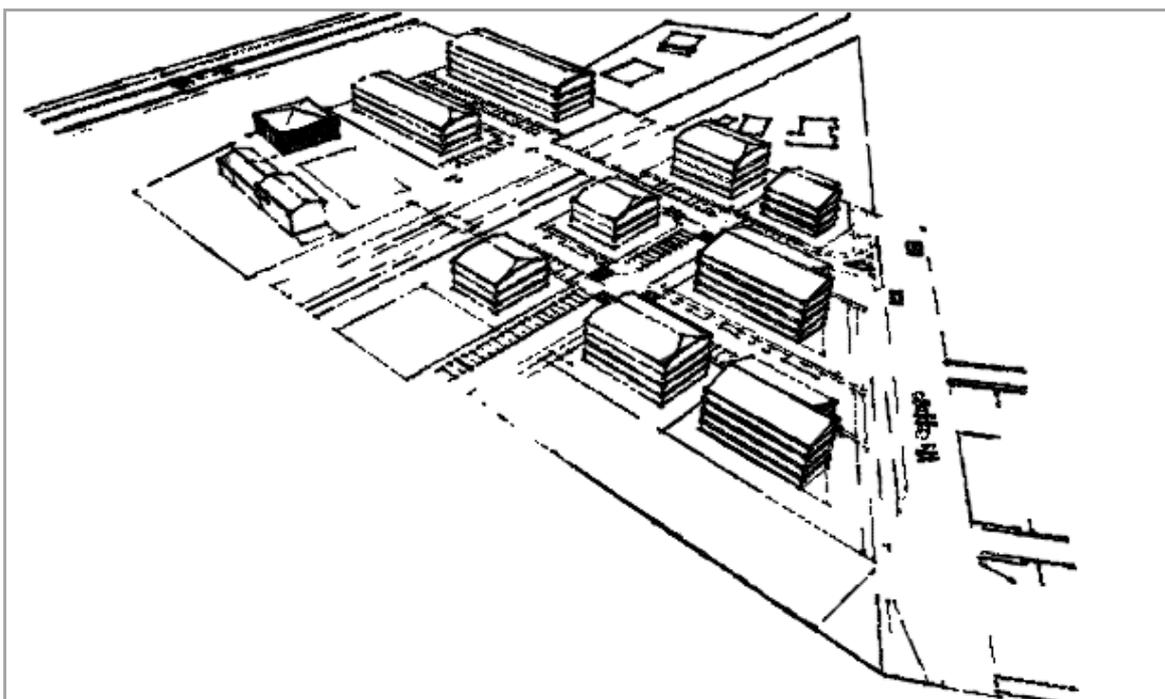
## COMUNE DI FERRARA

**P.U.A. per nuovi insediamenti residenziali**

**comparti 5ANS\_01 e 5ANS\_03**

**Viale Davide Maria Turoldo – via Copparo**

### IDR 1 - Invarianza idraulica



Ing. Mauro Resenterra



**Dott. Ing. Mauro Resenterra**

Via San Biagio 15/C – 37052 Casaleone (VR) – Tel.3394662868

P.IVA 03496330238 –CF RSNMRA73L08E512C – PEC [mauro.resenterra@ingpec.eu](mailto:mauro.resenterra@ingpec.eu)

e-mail: [mauro.resenterra@gmail.com](mailto:mauro.resenterra@gmail.com)



## Sommario

1	Premessa.....	3
2	Inquadramento dell'area di intervento .....	3
3	Impermeabilizzazione prevista dal progetto .....	4
4	Invasi di laminazione .....	6
4.1	Descrizione della rete di drenaggio .....	6
4.2	Stima dei volumi di laminazione.....	7
4.3	Realizzazione degli invasi di laminazione .....	8
4.4	Regolazione della portata scaricata.....	10
5	Verifica mediante modellazione idrodinamica.....	12
5.1	Modello numerico utilizzato.....	12
5.2	Eventi pluviometrici considerati .....	13
5.3	Risultati delle simulazioni e conclusioni .....	14



## 1 Premessa

La presente relazione tecnica descrive la rete di drenaggio delle acque meteoriche per l'intervento in progetto in via Turoldo e Copparo nel Comune di Ferrara. Il progetto edilizio prevede la realizzazione di n.124 appartamenti a destinazione residenziale.

La rete di drenaggio prevede di veicolare le acque meteoriche intercettate sulle aree impermeabili verso uno scarico nello scolo consorziale Gramicia. In applicazione delle disposizioni per garantire l'invarianza idraulica, la rete di drenaggio prevede uno scarico con portata controllata da una bocca tassata alloggiata nei pozzetti terminali, mentre l'incremento di portata viene immagazzinato temporaneamente in accumuli di laminazione ricavati come depressione delle aree verdi (pubbliche e private) in progetto. E' previsto inoltre un collegamento di troppo pieno con la rete esistente di fognatura gestita da HERA S.p.A. per aumentare la sicurezza idraulica della nuova area residenziale.

## 2 Inquadramento dell'area di intervento

L'intervento in progetto si colloca nella parte nord-est del territorio del Comune di Ferrara tra le vie Copparo e Turoldo (Figura 1 e Figura 2) e prevede la realizzazione di n.124 appartamenti con destinazione residenziale. Il progetto prevede due distinte parti che si posizionano rispettivamente a nord e a sud dello scolo consorziale Gramicia (Figura 5 e Figura 6 e allegato grafico IDR2). L'area interessata è attualmente coltivata nella parte nord dello scolo consorziale (Figura 3), mentre a sud l'area è occupata da verde (Figura 4).



**Figura 1.** Inquadramento area intervento nel territorio comunale.

**Dott. Ing. Mauro Resenterra**

Via San Biagio 15/C – 37052 Casaleone (VR) – Tel.3394662868

P.IVA 03496330238 – CF RSNMRA73L08E512C – PEC [mauro.resenterra@ingpec.eu](mailto:mauro.resenterra@ingpec.eu)

e-mail: [mauro.resenterra@gmail.com](mailto:mauro.resenterra@gmail.com)





**Figura 2.** Inquadramento area intervento.



**Figura 3.** Stato attuale parte Nord.



**Figura 4.** Stato attuale parte Sud.

### **3 Impermeabilizzazione prevista dal progetto**

L'intervento prevede la realizzazione di edifici con destinazione residenziale con posizionamento in due aree contigue separate dallo scolo consorziale Gramicia. In accordo sia con il Consorzio di Bonifica che con Hera S.p.A., la stima dell'impermeabilizzazione, necessaria per una quantificazione degli invasi di laminazione da realizzare, prevista nella parte nord non include la parte (ovest) concernente la ristrutturazione e riconversione di n.2 edifici esistenti. La stima dell'impermeabilizzazione è di seguito determinata sulla base della proposta progettuale, assumendo all'interno dei lotti privati, ai sensi dell'art. 71 del RUE, che il 50 % della superficie non coperta sia destinata a giardino. In Tabella 1 è riportata l'impermeabilizzazione prevista dal progetto suddivisa tra le aree rispettivamente a nord e a sud dello scolo consorziale.

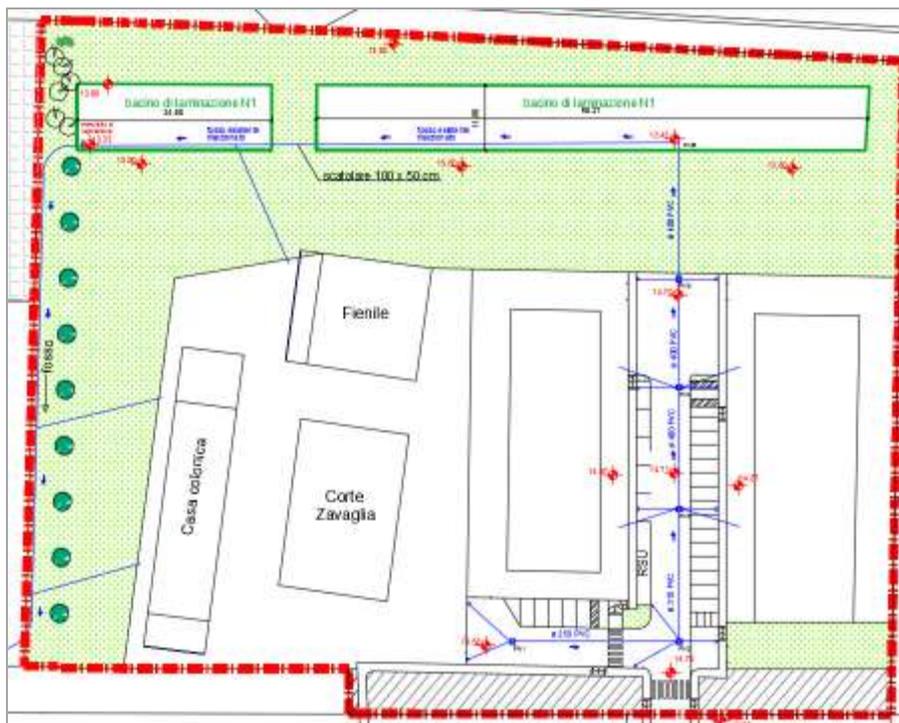
**Dott. Ing. Mauro Resenterra**

Via San Biagio 15/C – 37052 Casaleone (VR) – Tel.3394662868

P.IVA 03496330238 –CF RSNMRA73L08E512C – PEC [mauro.resenterra@ingpec.eu](mailto:mauro.resenterra@ingpec.eu)

e-mail: [mauro.resenterra@gmail.com](mailto:mauro.resenterra@gmail.com)





**Figura 5.** Inquadramento area intervento a nord dello scolo consorziale.



**Figura 6.** Inquadramento area intervento a sud dello scolo consorziale.

**Dott. Ing. Mauro Resenterra**

Via San Biagio 15/C – 37052 Casaleone (VR) – Tel.3394662868

P.IVA 03496330238 – CF RSNMRA73L08E512C – PEC [mauro.resenterra@ingpec.eu](mailto:mauro.resenterra@ingpec.eu)

e-mail: [mauro.resenterra@gmail.com](mailto:mauro.resenterra@gmail.com)



Tipologia superficie	Parte nord [m <sup>2</sup> ]	Parte sud [m <sup>2</sup> ]
Impermeabile (copertura, strade, marciapiedi, passaggi pedonali ec...)	4302	10112
Permeabile (verde privato, verde pubblico)	5040	7026
Totale	9342	17138

**Tabella 1.** Impermeabilizzazione in progetto.

## 4 Invasi di laminazione

### 4.1 Descrizione della rete di drenaggio

Il drenaggio delle acque meteoriche raccolte sulle superfici impermeabili delle due aree di intervento è previsto realizzato da due reti separate provviste di dispositivo di regolazione della portata scaricata e relativo invaso di laminazione.

Nell'area nord, la rete di drenaggio, posata con una pendenza media dello 0.35%, prevede di veicolare le acque meteoriche intercettate verso un fossato esistente che verrà rizezionato per ricavare il volume di laminazione richiesto. La portata, controllata da un manufatto con bocca tassata, è prevista poi scaricata nello scolo Gramicia attraverso un fosso esistente che si sviluppa parallelo allo scolo consorziale e confluisce in esso mediante gattolo (Figura 7).



**Figura 7.** Foto del gattolo esistente.

Nell'area sud invece, la rete di drenaggio prevede di veicolare le acque meteoriche raccolte con condotte in pvc, posate con una pendenza media dello 0.1%, verso un pozzetto terminale di regolazione munito di setto con bocca tassata. Il pozzetto di regolazione, dove alloggia il setto con bocca tassata, è collegato a due invasi di laminazione ricavati come depressione delle aree verdi pubbliche presenti nella parte ovest (vedi allegato grafico IDR2). Il RUE stabilisce per le aree verdi pubbliche una profondità massima di 40 cm.

Inoltre nel pozzetto di regolazione è presente un ulteriore troppo pieno di sicurezza collegato alla rete di fognatura esistente gestita da HERA S.p.A. (vedi allegato grafico IDR2). Per evitare un possibile rigurgito proveniente dalla rete esistente gestita da HERA, sarà valutata insieme ai tecnici della Gestione l'installazione di adeguata valvola di non ritorno (clapet).

Considerata la ridotta profondità di posa della rete di drenaggio, sarà realizzata una soletta in calcestruzzo di ripartizione dei carichi nei tratti di tubazione avente un ricoprimento inferiore a 50 cm.

#### **4.2 Stima dei volumi di laminazione**

Il volume di laminazione da realizzare nell'area di intervento è stato stimato seguendo le prescrizioni formulate dal Consorzio di Bonifica Pianure Ferraresi. La rete di drenaggio in progetto prevede due scarichi controllati da bocche tassate accoppiati ad invasi di laminazione che si dispongono rispettivamente a nord e a sud dello scolo consorziale ricettore.

Le indicazioni formulate dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara con deliberazione n.61 del 4/12/2009 per i volumi minimi di laminazione da realizzare sono le seguenti:

##### Caso A (superfici urbanizzate da 0 a 0.5 ha)

- Portata massima accettabile  $Q_i = 15$  l/s/ha;
- Volume minimo invasabile  $W_i$  = il valore più alto tra  $150$  m<sup>3</sup>/ha urbanizzato e  $215$  m<sup>3</sup>/ha impermeabilizzato.

##### Caso B (superfici urbanizzate da 0.5 a 1.0 ha)

- Portata massima accettabile  $Q_i = 12$  l/s/ha;
- Volume minimo invasabile  $W_i$  = il valore più alto tra  $200$  m<sup>3</sup>/ha urbanizzato e  $285$  m<sup>3</sup>/ha impermeabilizzato.

##### Caso C (superfici urbanizzate oltre 1.0 ha)

- Portata massima accettabile  $Q_i = 8$  l/s/ha;
- Volume minimo invasabile  $W_i$  = il valore più alto tra  $350$  m<sup>3</sup>/ha urbanizzato e  $500$  m<sup>3</sup>/ha impermeabilizzato.

**Dott. Ing. Mauro Resenterra**

Via San Biagio 15/C – 37052 Casaleone (VR) – Tel.3394662868

P.IVA 03496330238 – CF RSNMRA73L08E512C – PEC [mauro.resenterra@ingpec.eu](mailto:mauro.resenterra@ingpec.eu)

e-mail: [mauro.resenterra@gmail.com](mailto:mauro.resenterra@gmail.com)



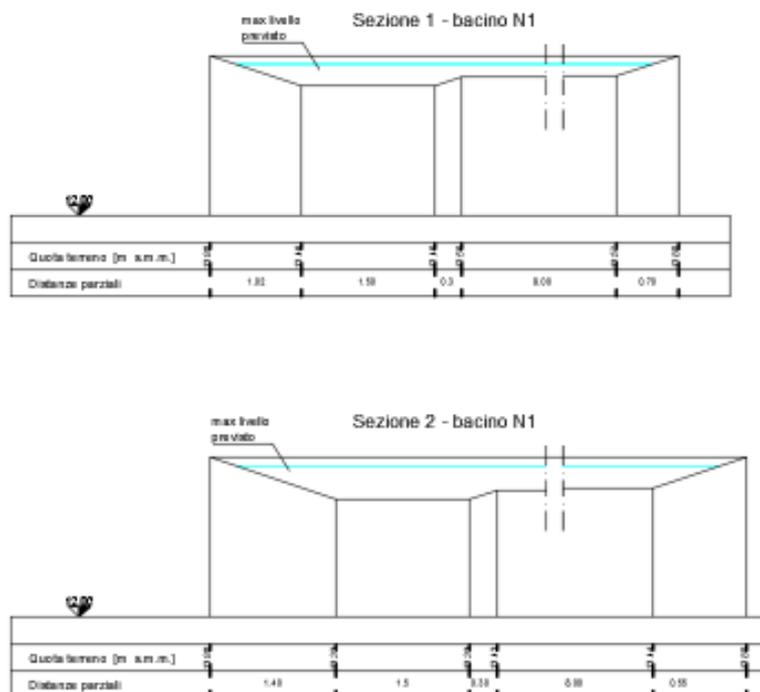
In considerazione che l'intervento idraulicamente si compone di due aree distinte, per le quali è previsto uno scarico e una laminazione indipendente, i volumi determinati in applicazione delle prescrizioni del Consorzio di Bonifica sono due e indicati in Tabella 2.

Tipologia superficie	Parte nord	Parte sud
Superficie impermeabilizzata [m <sup>2</sup> ]	4302	10112
Superficie urbanizzata [m <sup>2</sup> ]	9342	17138
Volume minimo di laminazione [m <sup>3</sup> ]	187	600

**Tabella 2.** Volumi minimi di laminazione.

### 4.3 Realizzazione degli invasi di laminazione

L'invaso di laminazione al servizio dell'area di intervento nord è previsto realizzato come sovradimensionamento del fossato esistente che raccoglie e veicola le acque meteoriche intercettate verso lo scolo consorziale Gramicia con scarico mediante gattolo presente qualche centinaia di metri ad ovest. Considerando un tirante massimo di 38 cm in corrispondenza del manufatto di regolazione, il volume invasabile è di 296 m<sup>3</sup> (superiore al limite richiesto). Analiticamente il volume è stato stimato (Tabella 2) moltiplicando l'area bagnata media tra le sezioni di monte e di valle per lo sviluppo del fossato risezionato.



**Figura 8.** Sezioni del fossato risezionato per realizzare il bacino di laminazione a nord.

**Dott. Ing. Mauro Resenterra**

Via San Biagio 15/C – 37052 Casaleone (VR) – Tel.3394662868

P.IVA 03496330238 –CF RSNMRA73L08E512C – PEC [mauro.resenterra@ingpec.eu](mailto:mauro.resenterra@ingpec.eu)

e-mail: [mauro.resenterra@gmail.com](mailto:mauro.resenterra@gmail.com)



Sezione	Area bagnata [m <sup>2</sup> ]	Lunghezza fossato invasabile [m]	Volume [m <sup>3</sup> ]
n.1	1.62	126	296
n.2	3.08		

**Tabella 3.** Volume laminazione parte nord.

L'invaso di laminazione al servizio dell'area sud invece, è previsto realizzato come depressione di massimo 40 cm delle due aree destinate a verde pubblico. Le due aree verdi sono previste con fondo avente una pendenza longitudinale dello 0.1% verso il pozzetto di regolazione, in maniera tale da favorire lo smaltimento dell'acqua immagazzinata attraverso la bocca tassata.

Sulla base della geometria presente nelle due aree verdi pubbliche, dove le sponde per il regolamento edilizio devono avere una pendenza massima del 5%, il volume invasabile con un tirante di 35 cm nel punto più basso degli invasi (quota 14.00 m) risulta di 590 m<sup>3</sup> al quale si aggiunge il volume invasabile nel collettore a monte della regolazione (41 m<sup>3</sup>); complessivamente l'invaso di laminazione costituito dai bacini ricavati nelle aree verdi pubbliche e dalla rete a monte della regolazione è in grado di invasare un volume di 631 m<sup>3</sup> (Tabella 4 e Tabella 5) superiore al limite richiesto. Volutamente non si è considerato di invasare interamente le aree verdi depresse per disporre di uno spazio di stramazzo sopra il setto di regolazione come sicurezza nei confronti di eventi con tempo di ritorno superiore a quelli di calcolo.

	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Tirante medio nel bacino con massimo invaso [cm]	Volume invasabile [m <sup>3</sup> ]
Bacino n.S1	815	34.5	202
Bacino n.S2	1715	31	388
Volume minimo di laminazione			590

**Tabella 4.** Volumi invasabili nei due bacino al servizio dell'area sud.

Diametro condotte	Lunghezza [m]	Volume invasabile [m <sup>3</sup> ]
Pvc DN 400	200	25.1
Pvc DN 500	84	16.5
Totale		41.6

**Tabella 5.** Volumi invasabili nel collettore principale rete drenaggio area sud.

**Dott. Ing. Mauro Resenterra**

Via San Biagio 15/C – 37052 Casaleone (VR) – Tel.3394662868

P.IVA 03496330238 –CF RSNMRA73L08E512C – PEC [mauro.resenterra@ingpec.eu](mailto:mauro.resenterra@ingpec.eu)

e-mail: [mauro.resenterra@gmail.com](mailto:mauro.resenterra@gmail.com)



#### 4.4 Regolazione della portata scaricata

La regolazione della portata scaricata nelle due distinte aree è realizzata mediante un setto e un diaframma muniti di bocca tassata. In considerazione dei tiranti massimi invasabili viene di seguito dimensionato il diametro teorico della bocca tassata per limitare la portata scaricata ai valori indicati dal Consorzio di Bonifica.

L'area di intervento nord ha una superficie complessiva pari a 9342 m<sup>2</sup> e, dovendo mantenere un coefficiente udometrico pari a 12 l/s/ha, la portata massima scaricabile risulta di 11.2 l/s; la bocca tassata per limitare la portata al valore indicato dovrebbe avere un diametro di 9.5 cm, considerando un tirante massimo in corrispondenza del manufatto di regolazione di 38 cm ed utilizzando la consueta formula della foronomia (sotto riportata) delle luci circolari sotto battente non rigurgitata. In Figura 10 viene riportato l'andamento della portata scaricata dalla bocca tassata al variante del tirante a monte del setto di regolazione.

L'area di intervento sud ha invece una superficie complessiva pari a 17138 m<sup>2</sup> e, dovendo mantenere un coefficiente udometrico pari a 8 l/s/ha, la portata massima scaricabile risulta di 13.7 l/s; la bocca tassata per limitare la portata al valore indicato dovrebbe avere un diametro di 8 cm, considerando un tirante massimo in corrispondenza del manufatto di regolazione di 98 cm ed utilizzando la consueta formula della foronomia (sotto riportata) delle luci circolari sotto battente non rigurgitata. In Figura 11 viene riportato l'andamento della portata scaricata dalla bocca tassata al variante del tirante a monte del setto di regolazione.

In accordo con i tecnici del Consorzio di Bonifica il diametro delle due bocche tassate viene incrementato al valore di 10 cm per ridurre la possibilità di occlusione e i relativi interventi di manutenzione.

I setti dei manufatti di regolazione sono previsti con altezza tale da raggiungere la quota di massimo invaso dei bacini di laminazione; per eventi di precipitazione con tempo di ritorno superiore, una volta raggiunto il massimo invaso di laminazione si attiverà lo stramazzo di sicurezza in corrispondenza dei manufatti di regolazione. Per l'area sud è previsto un ulteriore dispositivo di sicurezza idraulica costituito dal troppo pieno (due tubazioni DN200) collegato alla rete di fognatura esistente gestita da HERA S.p.A., che si attiverà quando sarà raggiunta la quota 14.20 m in corrispondenza del pozzetto di regolazione.

$$v_1 = c_v \sqrt{2gh}$$

$$Q = S_1 v_1 = \mu S \sqrt{2gh}$$

dove:

$v_1$       velocità nella sezione  $S_1$  (sezione contratta)

$C_v$       coefficiente di riduzione della velocità rispetto al valore botticelliano, che per l'efflusso in parete sottile vale 0.98.

$g$       accelerazione di gravità

$h$       carico idraulico di tutti i punti di  $S_1$  pari alla distanza tra il pelo libero e il baricentro della luce

**Dott. Ing. Mauro Resenterra**

Via San Biagio 15/C – 37052 Casaleone (VR) – Tel. 3394662868

P.IVA 03496330238 – CF RSNMRA73L08E512C – PEC [mauro.resenterra@ingpec.eu](mailto:mauro.resenterra@ingpec.eu)

e-mail: [mauro.resenterra@gmail.com](mailto:mauro.resenterra@gmail.com)



- S area totale della luce
- Q portata da luce sotto battente
- $\mu$  coefficiente di portata pari a 0.61.

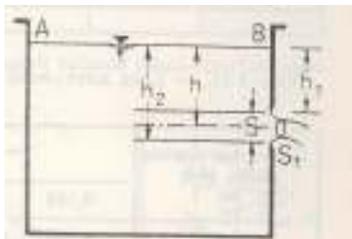


Figura 9. Luce a battente libera.

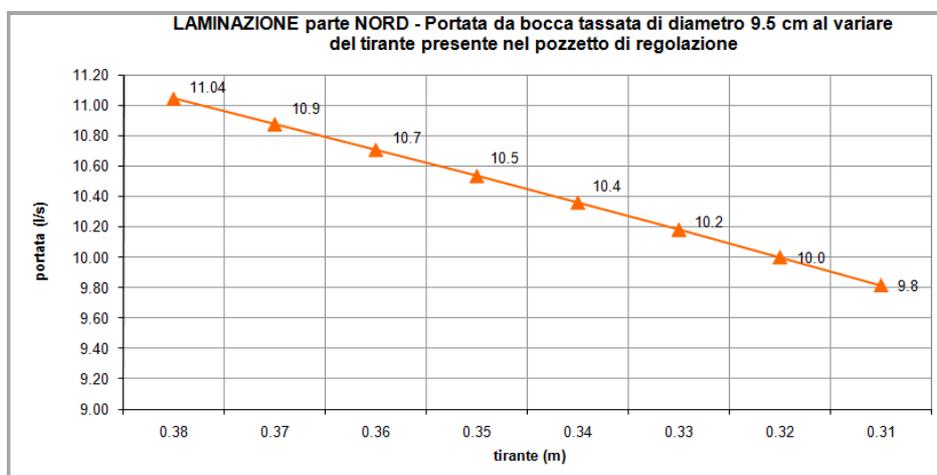


Figura 10. Andamento della portata al variare del tirante nel punto di regolazione per l'area nord.

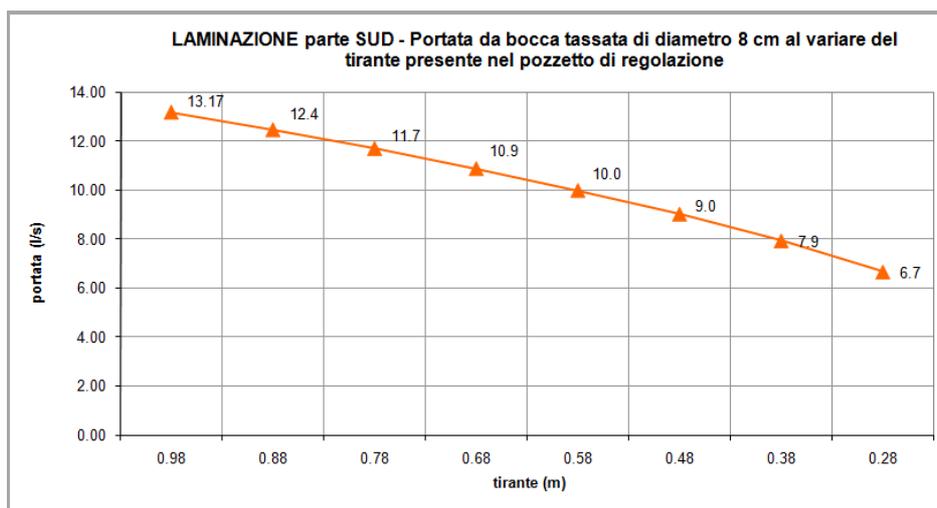


Figura 11. Andamento della portata al variare del tirante nel punto di regolazione per l'area sud.

**Dott. Ing. Mauro Resenterra**

Via San Biagio 15/C – 37052 Casaleone (VR) – Tel.3394662868

P.IVA 03496330238 –CF RSNMRA73L08E512C – PEC [mauro.resenterra@ingpec.eu](mailto:mauro.resenterra@ingpec.eu)

e-mail: [mauro.resenterra@gmail.com](mailto:mauro.resenterra@gmail.com)



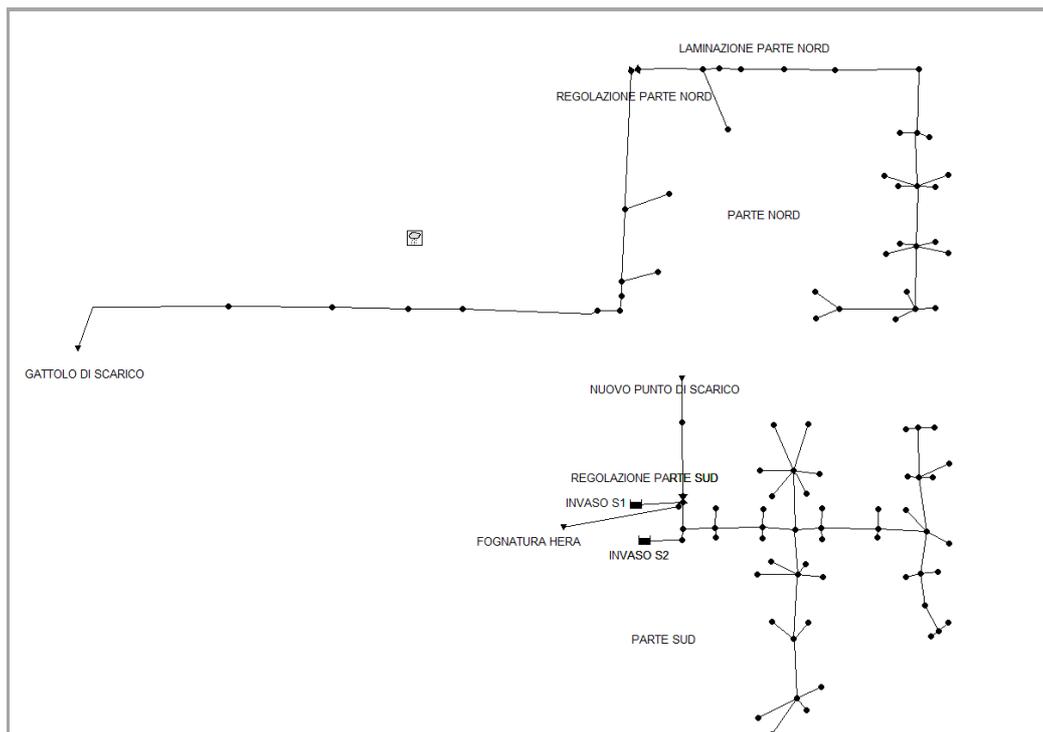
## 5 Verifica mediante modellazione idrodinamica

### 5.1 Modello numerico utilizzato

Il funzionamento della rete è stato verificato mediante modellazione idrodinamica per valutare il comportamento e l'iterazione dei differenti dispositivi previsti per garantire l'invarianza idraulica, verificando la complessiva sicurezza idraulica dell'area di intervento. Sono stati considerati due distinti eventi meteorici aventi tempo di ritorno di 50 anni.

La modellazione idraulica è stata svolta utilizzando il software di calcolo SWMM realizzato dall'EPA, l'Agenzia per la Protezione Ambientale degli Stati Uniti. Il programma di calcolo permette, mediante l'integrazione delle equazioni del De Saint Venant, di ricostruire in moto vario il deflusso della componente meteorica efficace che dai singoli sottobacini arriva e poi transita nelle condotte e nei differenti dispositivi di regolazione fino a raggiungere lo scarico.

Ciò premesso è stato quindi costituito un modello numerico (Figura 12) con la geometria indicata negli allegati grafici IDR2 –IDR3, associando ad ogni singolo pozzetto e/o caditoia l'area afferente e il relativo grado di impermeabilizzazione. Sono stati inseriti i dispositivi di regolazione e gli invasi di laminazione preposti a garantire l'invarianza idraulica.



**Figura 12.** Modello numerico delle reti in progetto.

### 5.2 Eventi pluviometrici considerati

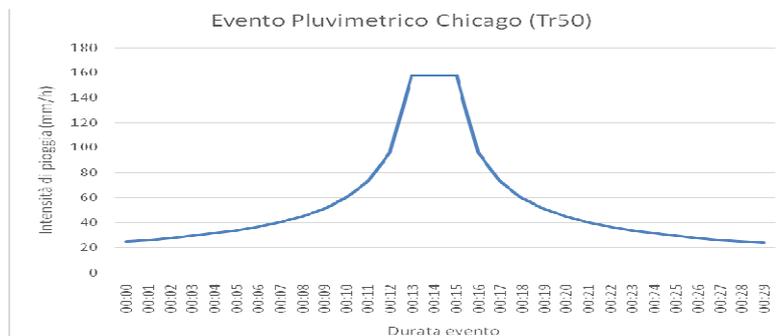
La verifica idrodinamica è stata realizzata sottoponendo la rete a due eventi distinti ricostruiti da una curva di possibilità pluviometrica avente tempo di ritorno 50 anni. Nello specifico è stata considerata la curva ottenuta dalla regolarizzazione statistica con tempo di ritorno 50 anni dei dati registrati nella stazione di Ferrara.

<b>Curva di possibilità pluviometrica</b>
$h = 48.6t^{0.3}$

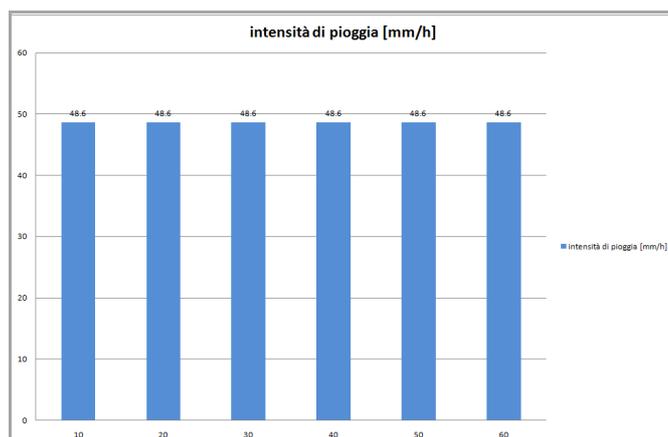
**Tabella 6.** Curva di possibilità pluviometrica adottata.

I due eventi considerati sono i seguenti:

- ietogramma di tipo Chicago con durata 30 minuti;
- ietogramma con intensità costante di durata 60 minuti.



**Figura 13.** Ietogramma Chicago considerato nella simulazione.



**Figura 14.** Ietogramma costante di durata 60 minuti.



### 5.3 Risultati delle simulazioni e conclusioni

I risultati delle simulazioni hanno mostrato la capacità della rete di smaltire in sicurezza l'apporto meteorico relativo ad eventi intensi garantendo uno scarico nei valori limiti richiesti dal Gestore del ricettore. I franchi di sicurezza sono evidentemente ridotti a seguito della geometria e soprattutto delle quote degli invasi di laminazione condizionati dalle disposizioni normative per le aree verdi pubbliche. Nello specifico l'evento che ha maggiormente sollecitato i dispositivi predisposti per garantire l'invarianza idraulica è stato l'evento di intensità di pioggia costante e durata 60 minuti.

La simulazione della rete di drenaggio al servizio della parte Nord ha evidenziato uno scarico con portata nei limiti concessi (Figura 15) e un accumulo temporaneo nell'invaso di laminazione significativo (Figura 16). Si sottolinea che oltre ad un evento particolarmente intenso, si è considerato il rigurgito proveniente dallo scolo consorziale Gramicia. Infatti i tecnici del Consorzio di Bonifica hanno fornito la massima quota raggiungibile nello scolo consorziale (13.20 m) che risulta essere maggiore della quota di scorrimento del gattolo di scarico (12.516 m).

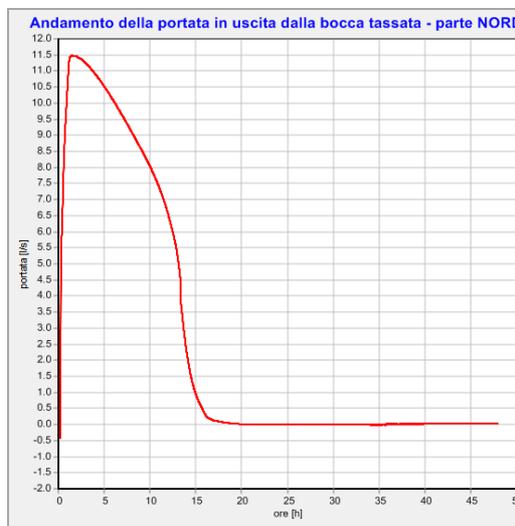


Figura 15. Portata uscita bocca tassata – parte nord.

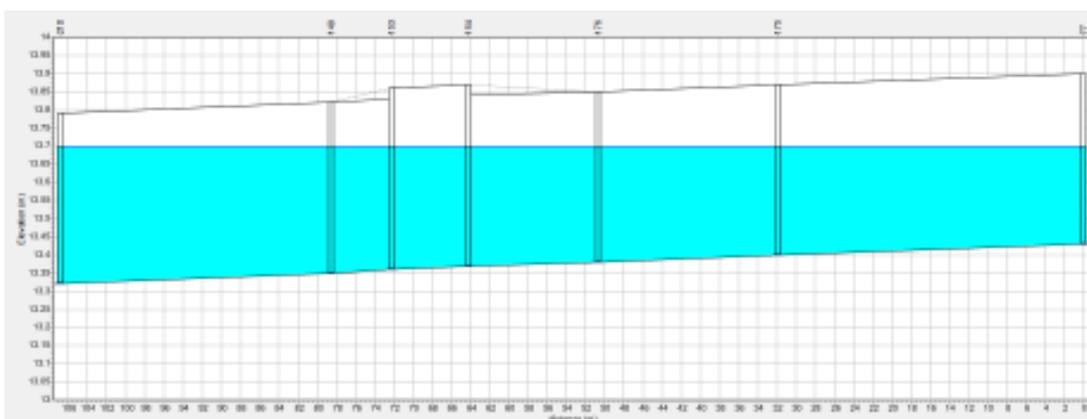


Figura 16. Livello massimo nel fossato di laminazione – parte nord.

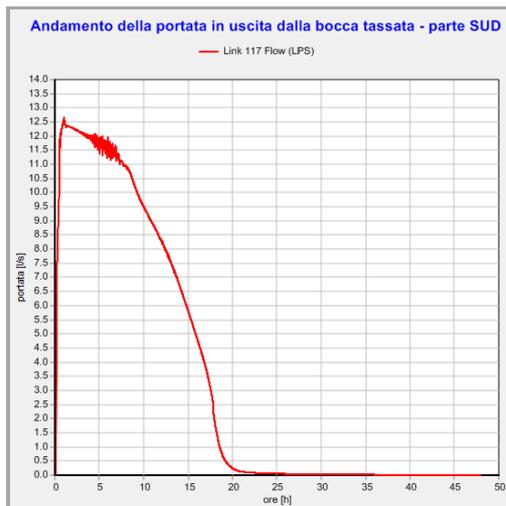
Dott. Ing. Mauro Resenterra

Via San Biagio 15/C – 37052 Casaleone (VR) – Tel.3394662868

P.IVA 03496330238 –CF RSNMRA73L08E512C – PEC [mauro.resenterra@ingpec.eu](mailto:mauro.resenterra@ingpec.eu)

e-mail: [mauro.resenterra@gmail.com](mailto:mauro.resenterra@gmail.com)

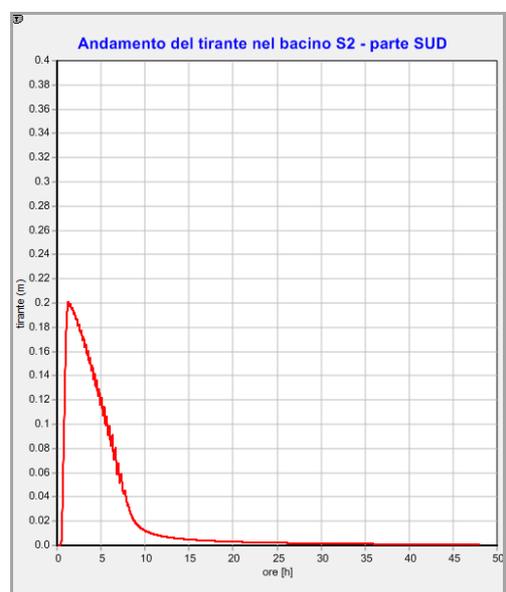




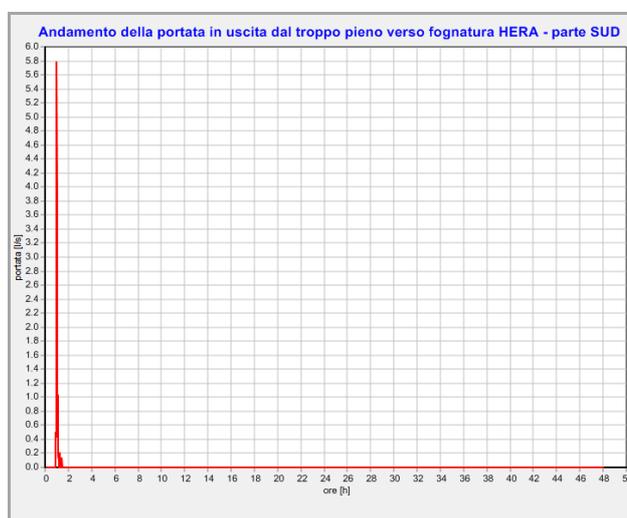
**Figura 17.** Portata uscita bocca tassata – parte sud.



**Figura 18.** Tirante bacino S1 – parte sud.



**Figura 19.** Tirante bacino S2 – parte sud.



**Figura 20.** Portata troppo pieno verso HERA – parte sud.

Relativamente alla rete di drenaggio della parte Sud si evidenzia una portata massima scaricata dalla bocca tassata inferiore al limite richiesto (Figura 17), mentre gli invasi di laminazione presentano un tirante massimo di circa 20 cm (Figura 18-Figura 19). Infine, mentre per l'evento di simulazione con ietogramma Chicago non si attiva il troppo pieno verso la rete di fognatura gestita da HERA, la simulazione dell'evento con intensità costante e durata 60 minuti mostra il funzionamento del dispositivo di troppo pieno verso la rete di HERA con valori di portata di alcuni litri al secondo (Figura 20).

In conclusione il dimensionamento dei dispositivi per garantire l'invarianza idraulica operato con formule speditive è stato validato dalle simulazioni idrodinamiche effettuate considerando eventi meteorici intensi. Inoltre la modellazione numerica ha permesso di considerare in moto vario fenomeni di rigurgito e l'iterazione tra i



differenti dispositivi di regolazione e laminazione. Le scelte progettuali di destinare le aree verdi pubbliche anche a scopo di laminazione idraulica comporta, per le quote di approfondimento concesse, franchi idraulici ridotti.

**Dott. Ing. Mauro Resenterra**

Via San Biagio 15/C – 37052 Casaleone (VR) – Tel.3394662868

P.IVA 03496330238 –CF RSNMRA73L08E512C – PEC [mauro.resenterra@ingpec.eu](mailto:mauro.resenterra@ingpec.eu)

e-mail: [mauro.resenterra@gmail.com](mailto:mauro.resenterra@gmail.com)

