



Comune di Cesena

Piano Attuativo
di iniziativa privata
per l'area di Pievesestina
12/02 - AT4a

PROPRIETA' :

GOLDEN srl
Via F.lli Rosselli 46-Pesaro
P.IVA 02162800417

ECOTECH srl
Via Pastore 185-Cesena
P.IVA 02203490400

BARUZZI SABRINA
Via Cimabue 35-Cesena
C.F. BRZ SRN 64T54 C573Z

VALORE CITTA' srl
Piazza del Popolo 10-Cesena
P.IVA 03752720403

MEDIOLEASING SPA
Via Ludovico Menicucci 4/6-Ancona
P.IVA 02232810420

PROGETTISTI :

ANGELINI & GALEAZZI
Architetti associati
Via Virgilio n.17 Pesaro P. IVA 02052280415
tel.fax 0721/68039-67050- e-mail alvange@tin.it

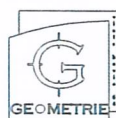
COLLABORATORI :

ing. DANTE NERI
Via Ravennano n. 81 Forlì
tel.fax 0543/796777-3381544058 dante1970@interfree.it

GECOsistema_Geographic_Environmental_Consulting
ing. PAOLO MAZZOLI
Viale Carducci 15 Cesena
tel. 0547/22619

STUDIO VERDE
dott.for.GIOVANNI GRAPEGGIA
Viale Italia n. 117 Forlì
tel.fax 0543/31759-

PRIDE PProjects and IDEas for Environment
Consulenza Ambientale e Pianificazione Territoriale
ing.MASSIMO PLAZZI



Studio Tecnico

Casadei Geom. Daniele
V.le Bovio n.64 47023 Cesena
tel - fax 0547 - 613893
e - mail studio.geometrico@fastwebnet.it

OGGETTO:

**RELAZIONE IDRICA - RELAZIONE
TECNICA IDRAULICA**

febbraio 2014

scala

tavola

R6

**Golden Srl -Pesaro
Ecotech Srl - Cesena
Baruzzi Sabrina - Cesena**

**Relazione idraulica con particolare riferimento all'invarianza
idraulica della trasformazione di uso del suolo per il
PUA di iniziativa privata-Area 1202-AT4a
in località Pievesistina di Cesena**



Dott. Ing. Paolo Mazzoli

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Paolo Mazzoli'.

Cesena, Maggio 2006

PREMESSE

Obiettivo del presente studio è la valutazione delle misure di regimazione delle acque necessarie a garantire l'invarianza idraulica della trasformazione 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).

Il lotto oggetto di intervento è rappresentato in Figura 3 e Figura 4 (condizioni *ante* e *post operam*). L'area è attualmente sostanzialmente ad uso agricolo, con alcuni insediamenti localizzati nelle zone marginali (Figura 2), mentre il progetto di intervento prevede la realizzazione di una nuova area produttiva con viabilità di servizio e parcheggi pubblici (considerati in questa fase sostanzialmente impermeabili), verde pubblico perimetrale al comparto e aree "di compensazione" (realizzate con pavimentazioni semipermeabili tipo betonella)

Nel complesso l'area del comparto arriva a circa 28 ha di cui circa 20 relativi alle are edificate e il rimanente attribuibile al verde pubblico perimetrale.

Di concerto con il committente e con il competente consorzio di Bonifica è stata individuata come localizzazione ottimale per la vasca di laminazione l'area a verde pubblico localizzata in destra tra gli scoli Saraceta e Casale (Figura 1), di superficie complessiva utile in pianta pari a circa 8500 m², con recapito finale delle acque bianche drenante dalla rete fognaria allo studio nello scolo Saraceta

La presenza dello scolo Saraceta rende peraltro necessaria l'adozione di un dispositivo di attraversamento tipo botte sifone, per raggiungere l'area della vasca. Nel corso della presente relazione si provvederà anche a dimensionare idraulicamente in via preliminare gli organi idraulici principali (vasca di laminazione, botte sifone, collettori fognari, tubazione di rilascio in alveo) fornendo in allegato la planimetria della rete fognaria e le sezioni rappresentative dei principali organi idraulici.



Figura 1- area destinata alla vasca di laminazione –vista da valle all'immissione del Casale nel Saraceta



Figura 2- tipologia prevalente di copertura per il comparto in esame

VALUTAZIONE DELL'INVARIANZA IDRAULICA PER L'AREA IN ESAME

L'area del comparto è stata analizzata, per le condizioni *post operam* sulla base delle tavole di progetto fornite dal committente, allo scopo di valutare l'estensione delle aree di tipo permeabile, semipermeabile e impermeabile. Per le zone di sosta a parcheggio pubblico ed i lotti interni si è supposta un sostanziale impermeabilità, per le aree di compensazione una superficie semipermeabile tipo betonella (permeabilità convenzionale del 50%) mentre per il verde pubblico e interno la superficie è considerata permeabile. Considerando l'intera superficie del comparto le superfici permeabili e impermeabili *ante e post operam* così valutate risultano pari a

		<i>Ante operam</i>	<i>Post operam</i>
Area totale	ha	27.9	27.9
Area impermeabile	ha	2.1	17.8
Area permeabile	ha	25.9	10.1

Tabella 1- ripartizione delle aree totali e permeabili sulla base delle tavole di progetto

Il calcolo del volume di invaso ai fini dell'invarianza idraulica, secondo la formulazione indicata nella *Direttiva inerente le verifiche idrauliche* dell'AdB (di seguito anche solo direttiva idraulica), è riportato in Tabella 2.

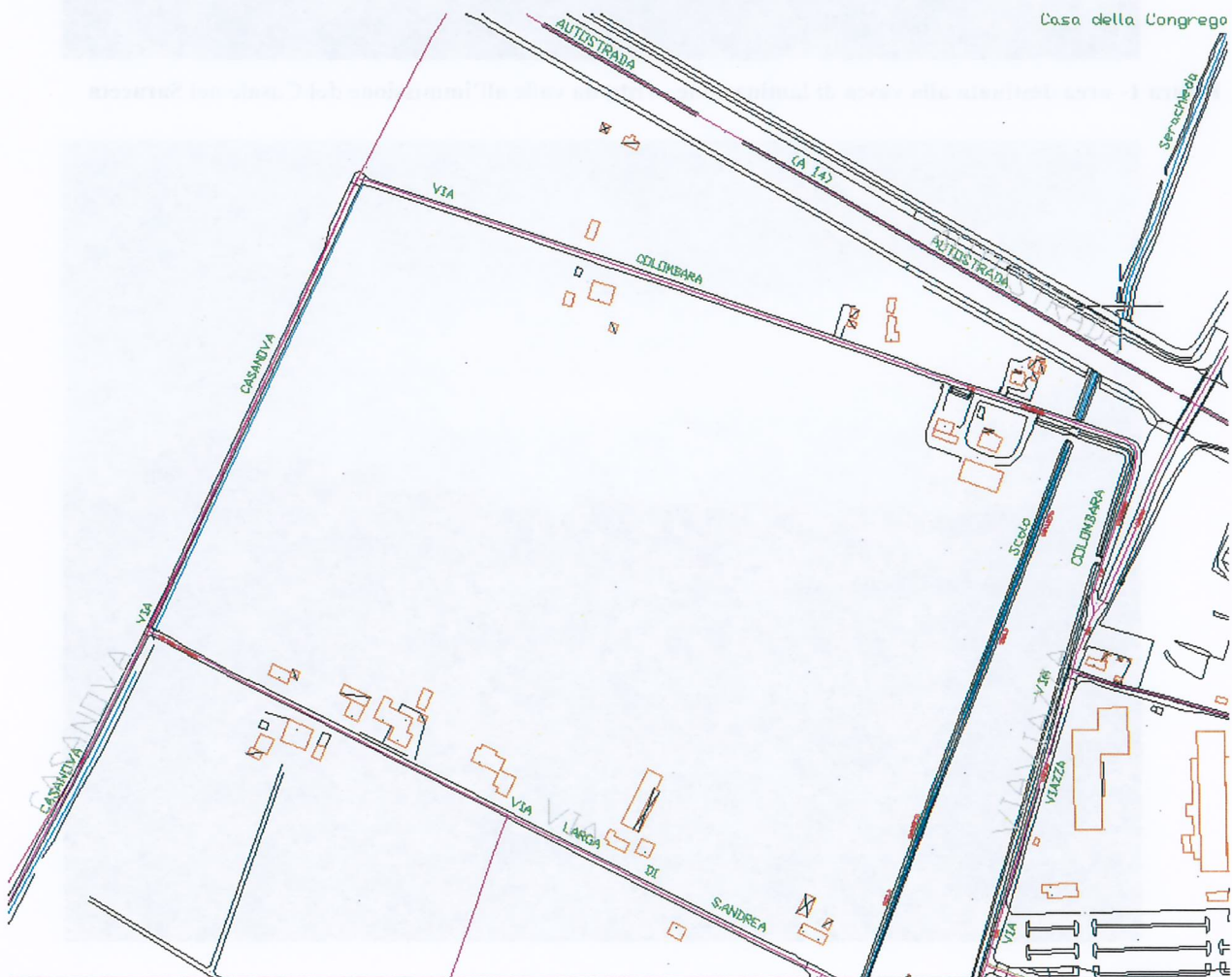


Figura 3- area oggetto di intervento in condizioni *ante operam*, sulla base dei rilievi e del progetto forniti dal committente

Ai fini del calcolo vanno identificate le aree permeabili Perm (in questo caso aree a verde o agricole, 50% delle aree di compensazione) e quelle impermeabili Imp (pavimentazioni dei lotti, sagome degli edifici, strade, e parte delle aree di compensazione), valutando tali termini in condizioni *ante* e *post operam*, sulla base dei rilievi dello stato attuale e futuro forniti dal committente. I risultati per l'area in esame sono contenuti in Tabella 2.

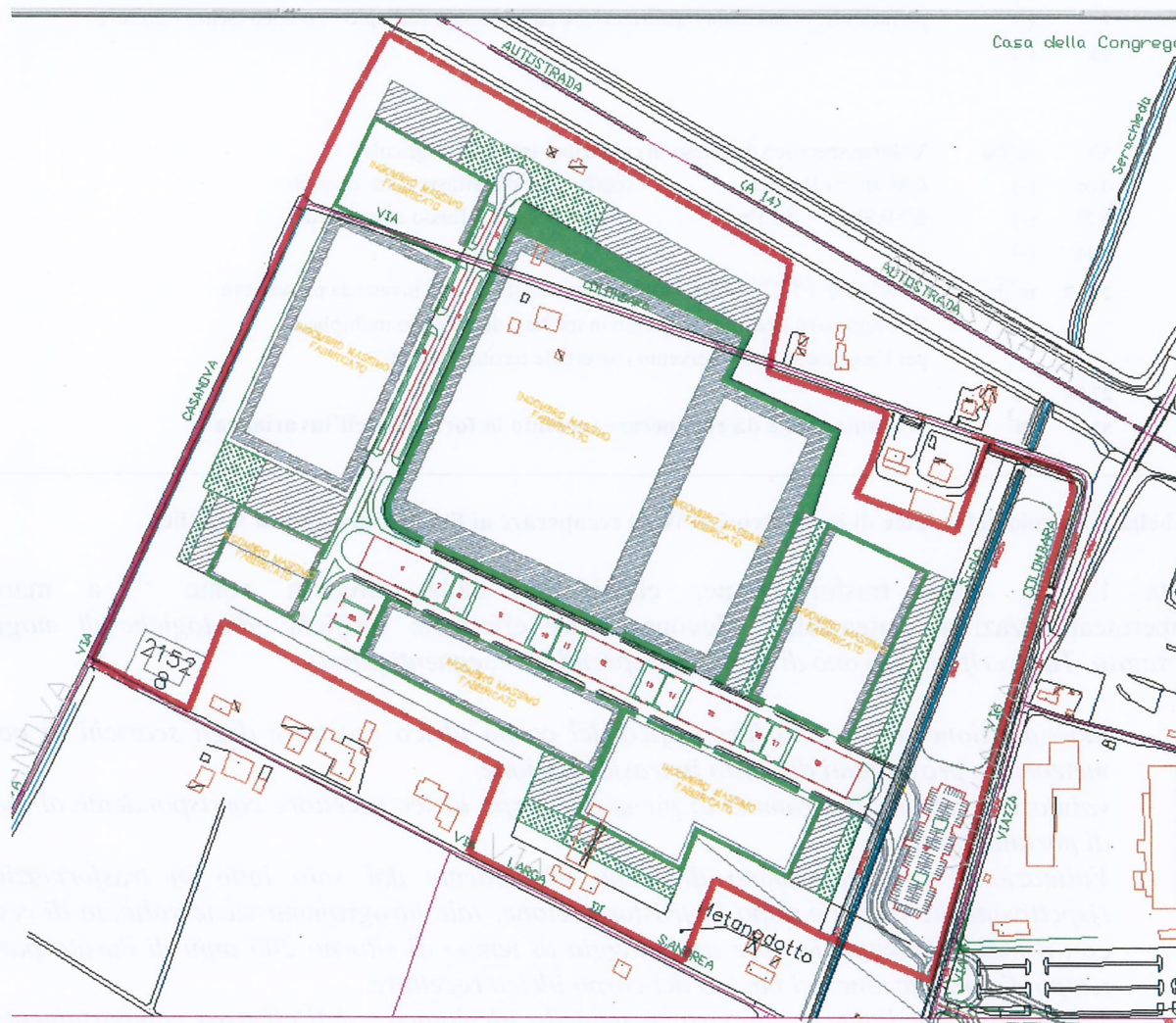


Figura 4- area oggetto di intervento in condizioni *post operam*, sulla base dei rilievi e del progetto forniti dal committente

Come si nota l'applicazione della formulazione indicata nella direttiva idraulica dell'AdB porterebbe a dover recuperare circa 8350 m³ di invaso.

ϕ imp=	0.9	(-)	Coefficiente di deflusso per aree impermeabili
ϕ perm=	0.2	(-)	Coefficiente di deflusso per aree permeabili
I	100	(-)	% dell'area che viene trasformata
P	0	(-)	% dell'area che resta inalterata (agricola)
Imp	64	(-)	
Per	36	(-)	Imp e Per sono rispettivamente le frazioni dell'area totale da ritenersi impermeabile e permeabile, prima della trasformazione (se connotati dall'apice ^o) o dopo (senza l'apice ^o).
Imp ^o	7	(-)	
Per ^o	93	(-)	
w ^o	50	m ³ /ha	Volume specifico di invaso in condizioni inalterate (agricole)
ϕ =	0.65	(-)	$\phi=0.9Imp+ 0.2 Per$ coefficiente di deflusso <i>post operam</i>
ϕ^o =	0.25	(-)	$\phi^o=0.9Imp^o+ 0.2 Per^o$ coefficiente di deflusso <i>ante operam</i>
n=	0.48	(-)	
w	298.7	m ³ /ha	$w=w^o (\phi/\phi^o)^{1/(1-n)} - 15 I - w^o P$ Volume specifico di invaso da prescrivere Il volume così ricavato è espresso in mc/ha e deve essere moltiplicato per l'area totale dell'intervento (superficie territoriale), St
St	27.94	ha	
W	8346	m ³	Volume totale da recuperare secondo la formula dell'invarianza

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

Data l'entità della trasformazione, classificata dalla direttiva come “ a marcata impermeabilizzazione potenziale” devono essere effettuate *verifiche idrologiche di maggior dettaglio*. Tali verifiche devono di regola comprendere i seguenti passi:

- *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 invaso previsti, e dimensionamento dei dispositivi di scarico del lotto, in relazione al tirante idrico che si verifica nel volume di invaso, 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.*

In assenza di informazioni specifiche sul corpo idrico recettore, tali da consentirne una valutazione più accurata dell'idrogramma di piena da assumere di progetto, si considererà un idrogramma di piena convenzionale di forma triangolare, definito in modo univoco dai tre parametri della portata al colmo, del tempo a cui si verifica il colmo di portata dall'inizio dell'evento di piena e dal tempo dal colmo all'esaurimento della piena. Il colmo viene di regola valutato con i metodi esposti in precedenza, e in particolare, di preferenza, con il metodo razionale, e per un tempo di ritorno di 200 anni.

La durata dell'idrogramma di piena del corpo idrico recettore viene assunta pari a 3 volte il tempo di corrivazione del bacino del corpo idrico recettore, valutato con i criteri espressi in precedenza. Il colmo di piena si verifica dopo un tempo pari al tempo di corrivazione e la piena si esaurisce dopo un tempo ulteriore pari a 2 volte il tempo di corrivazione. In particolari e motivate condizioni, potrà essere adottata una diversa valutazione ricorrendo a modelli afflussi-deflussi di maggiore dettaglio.....

Il tempo di ritorno T con cui effettuare la verifica richiesta, con il metodo cinematico valutando il contemporaneo stato di piena del recettore, è pari a 30 anni per un durata di 2 ore, mentre per valutare il possibile aggravio delle condizioni del recettore va fatta, come evidenziato, anche una verifica con gli idrogrammi a T=200 anni e durata pari al tempo di corrivazione del recettore.

Per il calcolo delle piogge di progetto con cui operare le necessarie verifiche si utilizzano 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:

$$h(d;T) = x'(T) \times m1 \times d^n \quad (1)$$

ove:

X'(d;T) = fattore di crescita tabulato come da

Tabella 3 (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 >= 6 ore e 1 g

Tabella 3: X'(T) al variare della durata (piogge, zona est).

m1 = pioggia indice di durata 1 hr, deducibile dalle mappe del Piano di bacino e pari a 24 mm

n = esponente della curva, deducibile dalle mappe del Piano di bacino, pari a 0,30

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

Per durata di 2 ore e T = 30 anni e per durata d= 5 ore con T=200 anni la pioggia h(d,T) e la relativa intensità i(d,T) risultano pari a:

T30	T200	
h(d;T)	h(d;T)	
58.65	112.17	mm
i(d;T)	i(d;T)	
29.32	22.43	mm/hr

Tabella 4 intensità di pioggia di durata 2 ore e 30 anni di tempo di ritorno e di durata 5 ore e 200 anni di tempo di ritorno

Lo schema di drenaggio ipotizzato, riportato nella planimetria allegata e dimensionato secondo le indicazioni dei paragrafi successivi, prevede un collettore principale in asse alla viabilità esistente, realizzato per i rami iniziali di rete con tubazioni circolari e per la parte terminale con scolarari da 150X100 cm a 200X150 cm

L'attraversamento del Saraceta è previsto con un botte sifone a doppia canna rettangolare con estradosso a profondità utile al di sotto del fondo dello scolo dell'ordine di 1 m.

A valle dell'attraversamento è previsto un pozzetto di raccordo, dalle dimensioni planimetriche 200x300 cm, da cui parte la tubazione strozzata di diametro 400 mm per circa 2 ml, 600 mm per i restanti 42 ml, verso il recapito finale e il manufatto scatolare 200xh125 cm, in calcestruzzo, per il riempimento e lo svuotamento della vasca di laminazione, sul cui lato sud si collega. Il manufatto andrà reso inaccessibile tramite l'inserimento di una grata di protezione

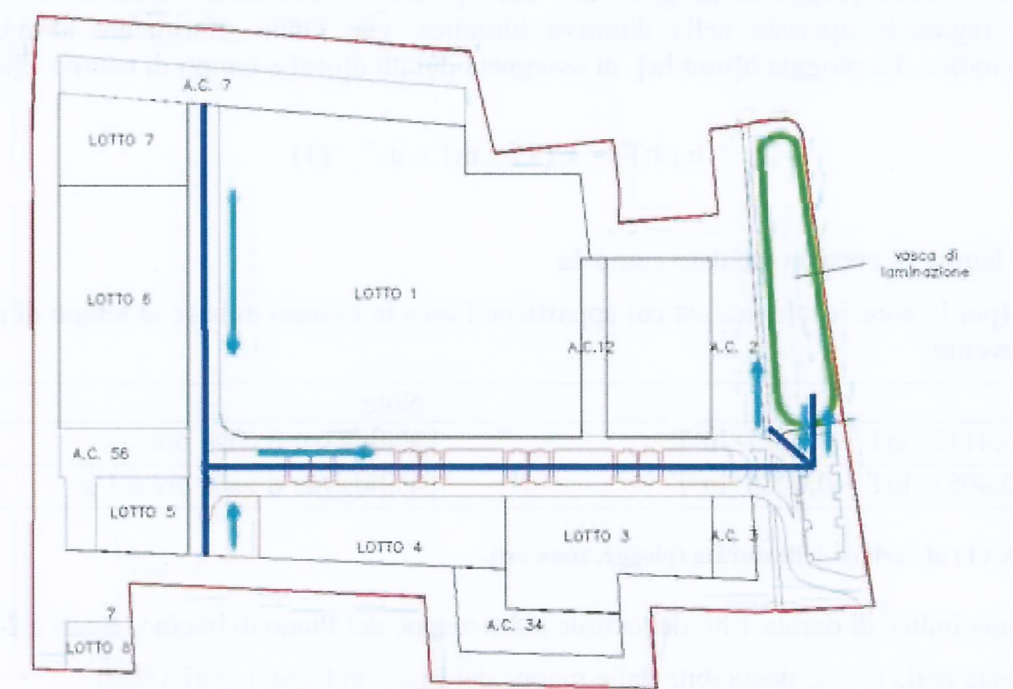


Figura 5- schema concettuale della rete di drenaggio per l'area edificata allo studio

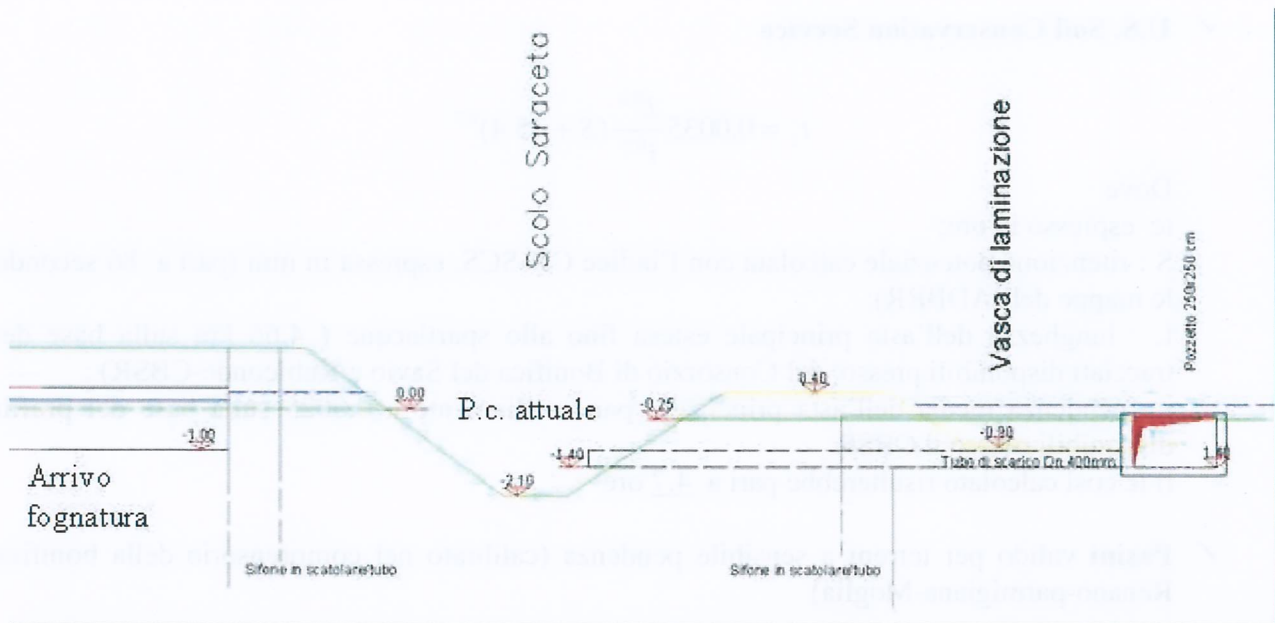


Figura 6- schema concettuale del funzionamento della vasca di laminazione (per le quote aggiornate si vedano le tavole di progetto)

Le condizioni dell'area possono considerarsi idraulicamente invariati se si dimensiona correttamente il volume di invaso costituito dalla vasca al termine della rete in modo che, a fronte di un idrogramma di progetto assegnato ($T=30$ anni e 2 ore di tempo di ritorno), la portata massima in uscita dalla vasca, e quindi dai lotti serviti dalla fognatura, si mantenga inalterata rispetto alle condizioni *ante operam*.

Data l'estensione dell'area occorre nel contempo valutare l'idrogramma di piena nel corpo idrico recettore e gli effetti peggiorativi in termini di riduzione del tirante idraulico utile sul tubo in uscita dalla vasca, con conseguente aumento dei livelli in vasca.

Per valutare gli idrogrammi di progetto, secondo quanto previsto dalla direttiva idraulica , si adotta il modello cinematico, con colmo della portata in ingresso alla vasca dopo un tempo pari al tempo di corrivazione del bacino, portata costante e pari al colmo sino alla durata dell'evento (posto che tale valore sia maggiore del tempo di corrivazione del bacino) portata calante sino ad annullarsi dopo un intervallo di tempo dal termine dell'evento pari a due volte il tempo di corrivazione del bacino.

Per la stima del tempo di corrivazione T_c [min] si adotta:

- Per il lotto il risultato delle verifiche idrauliche condotte con lo stesso metodo cinematico (si vedano i paragrafi successivi) è pari a 0.2 ore circa
- Per il Bacino del Saraceta all'altezza dello scarico , come suggerito nella direttiva, si utilizzano le seguenti formule di stima:

✓ **U.S. Soil Conservation Service**

$$t_c = 0.0035 \frac{L^{0.8}}{i^{0.5}} (S + 25.4)^{0.7}$$

Dove

t_c espresso in ore;

S : ritenzione potenziale calcolata con l'indice CN-SCS, espressa in mm (pari a 86 secondo le mappe dell'ADBRR);

L : lunghezza dell'asta principale estesa fino allo spartiacque (4.66 km sulla base dei tracciati disponibili presso dal Consorzio di Bonifica del Savio e Rubiconde-CBSR) ;

i : pendenza media dell'asta principale, pari mediamente a 0.0025 sulla base dei profili disponibili presso il CBSR

Il t_c così calcolato risulterebbe pari a 4.7 ore

✓ **Pasini** valido per terreni a sensibile pendenza (calibrato nel comprensorio della bonifica Renano-parmigiana-Moglia)

$$t_c = 24 \cdot 0.045 \cdot \sqrt[3]{AL} / \sqrt{i \cdot 100}$$

con:

t_c espresso in giorni;

L : lunghezza dell'asta principale estesa fino allo spartiacque (km);

A : estensione bacino idrografico (pari a 2.22 kmq sulla base delle perimetrazioni disponibili presso il CBSR riportate in giallo in Figura 7);

i : pendenza media dell'asta principale.

Il t_c così calcolato risulterebbe pari a 4.7 ore

✓ **Turazza-Ventura:**

$$t_c = 7.56 A^{0.5}$$

t_c espresso in ore

A : estensione bacino idrografico (kmq)

Il t_c così calcolato risulterebbe pari a 11.3 ore

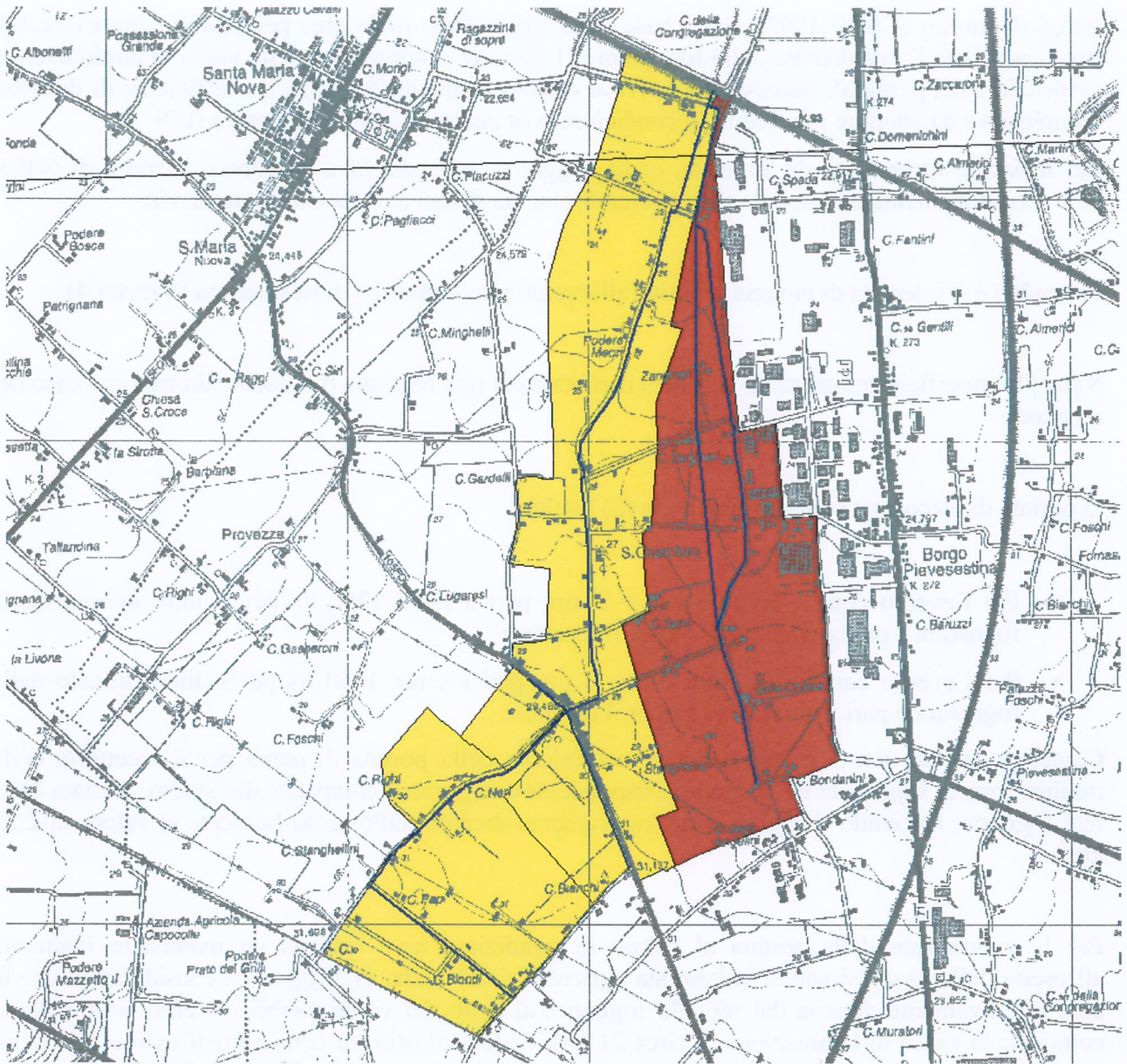


Figura 7- bacini del Saraceta (in giallo) e dello scolo Casale (in rosso)

Nel complesso si ritiene ancora sufficientemente cautelativo adottare un Tc per il bacino del Saraceta pari a 5 ore

Per la valutazione della portata al colmo Q [l/s] si adotta la nota espressione

$$Q = \phi \times I \times S / 3600 \quad (2)$$

Dove ϕ 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 $\phi_{perm}=0,2$ per le permeabili in condizioni *ante operam*, mentre alle ree permeabili *post operam* viene assegnato il valore più conservativo di $\phi_{perm}=0,3$. 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). Sulla base della ripartizione delle aree permeabili e impermeabili per la porzione l'area drenata dalla fognatura (21 ha circa comprensivi della vasca di laminazione), evidenziate nei paragrafi successivi relativi ai dimensionamenti fognari, il coefficiente di deflusso complessivo da adottare per il lotto in condizioni *post operam* risulterebbe pari a 0.79

Per il bacino idrografico de Saraceta, come suggerito nella direttiva ,si adotta il valore di $\phi=0.5$, valore comunemente utilizzabile per i bacini di pianura situati a ovest e nord del Savio.

I [mm/hr] è l'intensità di pioggia relativa all'evento pluviometrico di riferimento (Tabella 4)

S [m²] la superficie complessiva dell'area drenata dalla rete fognaria o il bacino drenato nel caso del recettore

la portata di picco così stimata secondo la (2) risulta:

- Per l'evento con $T=30$ anni e $d = 2$ ore pari a circa 1350 l/s per il lotto drenato dalla fognatura e pari a circa 9000 l/s per il recettore
- Per l'evento con $T=200$ anni e $d = 5$ ore pari a circa 1050 l/s per il lotto drenato dalla fognatura e pari a circa 7000 l/s per il recettore

Cautelativamente non si è tenuto conto, nel calcolo della portata di piena per il recettore, della diminuzione di superficie del bacino corrispondente alla parte al comparto allo studio, drenata dalla rete fognaria, lasciando il bacino complessivamente drenato dallo scolo Saraceta al valore di 2.22 km².

Per la valutazione della portata al colmo in condizioni *ante operam* da mantenere inalterata all'uscita della vasca si adotta la "portata agricola" di 20 l/s/ha (420 l/s circa considerando che le area effettivamente drenate dal reticolo fognario, al netto del verde pubblico sterno, ammontano, compresa la vasca di laminazione, a circa 21 ha), valore di utilizzo comune nell'esame dei bacini consortili di pianura sostanzialmente ad uso agricolo e in linea con i coefficienti di deflusso previsti per simili terreni dalla direttiva stessa (valori di ϕ di poco superiori a 0.2).

Il funzionamento della vasca di laminazione di area media pari a circa 8500 m², è studiato con l'equazione di continuità del volume di invaso:

$$\frac{\partial W}{\partial t} = Q_{in} - Q_{out} \quad (3)$$

nella quale W = volume invasato nel serbatoio

Q_{in} = portata in ingresso

Q_{out} = portata in uscita,

e in cui si considera come portata in ingresso Q_{in} l'idrogramma calcolato () per il lotto con il metodo cinematico e come portata in uscita Q_{out} il valore desumibile dalla legge di efflusso con luce a battente:

$$Q = \mu S (\sqrt{2gh}) \quad (4)$$

dove:

h = tirante idraulico entro la vasca, m

μ = coefficiente di efflusso, pari a 0.815 per tubazioni circolari esterne

S = sezione trasversale del tubo, mq

g = accelerazione di gravità, pari a 9.81 m/s²

La soluzione dell'equazione del serbatoio (3) è ottenuta con un metodo a differenze finite di tipo esplicito, una volta fissate, oltre all'area della vasca, il diametro della luce in uscita.

La presenza nel recettore di un contemporaneo stato di piena obbliga poi alla valutazione del tirante efficace sulla luce in uscita dalla vasca, pari alla differenza tra il livello idraulico a monte (nella vasca) e a valle (nel recettore), ovvero $h = h_{vasca} - h_{recettore}$, supponendo di riferire entrambi i valori allo stesso zero di riferimento fissato nell'asse del tubo in uscita dalla vasca.

Per fare questo si valuta contemporaneamente, con la stessa pioggia di progetto, l'idrogramma in ingresso alla vasca e quello transitante nel recettore (entrambi generati con il modello cinematico precedentemente introdotto), valutando per ogni istante di tempo il livello nel recettore in base alla portata transitante con la nota scala di moto uniforme:

$$Q = C \sqrt[2]{R \cdot i} \cdot A \quad (5)$$

Dove Q [mc/s] è la portata massima transitabile e C è il coefficiente di scabrezza secondo Manning (cfr Supino, 1965) dato dalla:

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{1/6} \quad (6)$$

con R raggio idraulico [m] e n , scabrezza della sezione [m^{-1/3} s], i è la pendenza del fondo (0.003 secondo i profili del CBSR), il valore di scabrezza scelto per le verifiche idrauliche è $n=0.025$, in linea con le indicazioni pratiche del CBSR.

La presenza circa 200 m a valle dello scarico di una immissione a T dello scolo Casale nel Saraceta suggerisce inoltre di apportare alcune modifiche alla scala di moto uniforme per tenere conto del probabile rigurgito indotto quanto meno dall'aumento localizzato di portata dovuto all'immissione dello scolo Casale (di superficie drenata pari a circa 1.36 km²).

Per fare questo è stato studiato il profilo di rigurgito in condizioni di moto permanente nel caso peggiore (portata pari alla duecentennale nello scolo Saraceta e immissione di una quota parte di tale portata in ragione delle rispettive aree drenate nella sezione di valle in corrispondenza dell'immissione del Casale). Il codice di calcolo adottato è il noto HEA-RAS dell'USACE, al cui manuale tecnico si rimanda per ogni approfondimento (HEC -2002).

La scabrezza n di Mannig e la pendenza del fondo sono le stesse delle verifiche di moto uniforme, la sezione tipo dello scolo, prolungata sino alla confluenza del casale è stata rilevata e fornita dal committente ed è riportata nella figura seguente (sezioni 15 e 16 sostanzialmente identiche):

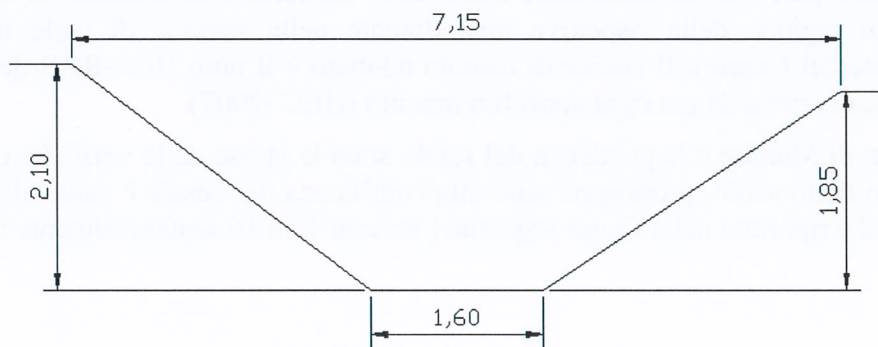
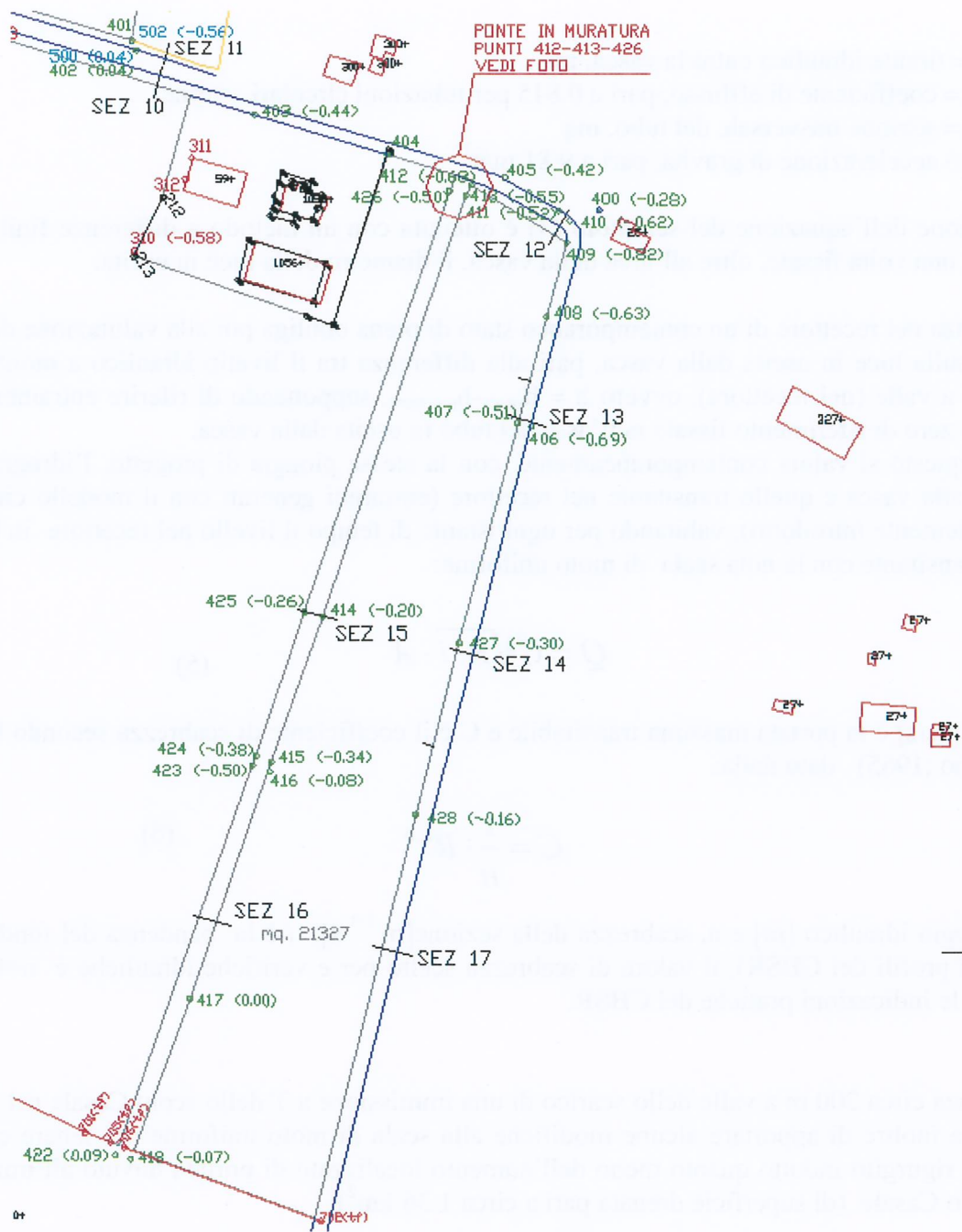


Figura 8- sezioni tipo rilevate dal committente per lo scolo Saraceta

Il calcolo di moto permanente con aumento localizzato di portata a valle (+ 4.3 mc/s rispetto ai 7 mc/s dello scolo Saraceta) ha portato ad un profilo di rigurgito con sovralti all'altezza dello scarico dell'ordine massimo del 12% del tirante rispetto alle condizioni di moto uniforme. Cautelativamente si è adottato tale coefficiente moltiplicativo dei tiranti di moto uniforme in alveo per tutti i valori di portata degli idrogrammi adottati per le verifiche successive.

I risultati delle due simulazioni e la verifica del comportamento degli organi idraulici allo studio è di seguito riportata.

Per semplicità tutte le quote di seguito riportate sono riferite ad uno zero convenzionale posto in corrispondenza del piano campagna in sinistra idraulica dello scolo all'altezza dell'immissione, in fase di progettazione più avanzata occorrerà rivalutare tali quote sulla base di un rilievo di dettaglio dell'area

Idrogrammi T=30 anni e d = 2 ore

Ipotizzando di adottare un tubo strozzato in uscita verso il Saraceta di diametro $D = 400$ mm, posizionato con quota di scorrimento a 70 cm dal fondo dello scolo Saraceta, di posizionare il fondo vasca 30 cm sopra l'asse del tubo, come evidenziato nelle tavole allegate e avendo a disposizione una vasca di laminazione di area in pianta mediamente pari a 8500 m^2 , si ottiene un tirante massimo in vasca di 90 cm; con portata massima in uscita di circa 385 l/s, leggermente inferiore all'*ante operam* e un volume invasato massimo pari a circa 7900 m^3 . Gli idrogrammi in arrivo e in uscita dalla vasca e l'idrogramma nel recettore (che considera anche il contributo in uscita dalla vasca) sono riportati nelle immagini seguenti.

L'influenza del recettore risulta evidente nel contenimento e prolungamento del picco di portata in uscita alcune ore dopo la fine dell'evento meteorico.

Idrogrammi T=200 anni e d = 5 ore

Adottando idrogrammi duecentennali si intende verificare che non vi sia un peggioramento complessivo delle condizioni del recettore dovuto al rilascio di portata dalla vasca.

In tali condizioni si ottiene un tirante massimo in vasca di 1.4 m, corrispondente al massimo invaso ammissibile a franco pari a circa 12000 m^3 , cui corrisponde una portata massima in uscita di 500 l/s. Gli idrogrammi in arrivo e in uscita dalla vasca e l'idrogramma nel recettore (che considera anche il contributo in uscita dalla vasca) sono riportati nelle immagini seguenti.

L'immissione della vasca produce solo una leggera alterazione dell'idrogramma nel recettore, con variazioni non sostanziali della portata al picco (dell'ordine del 6% per la portata duecentennale)

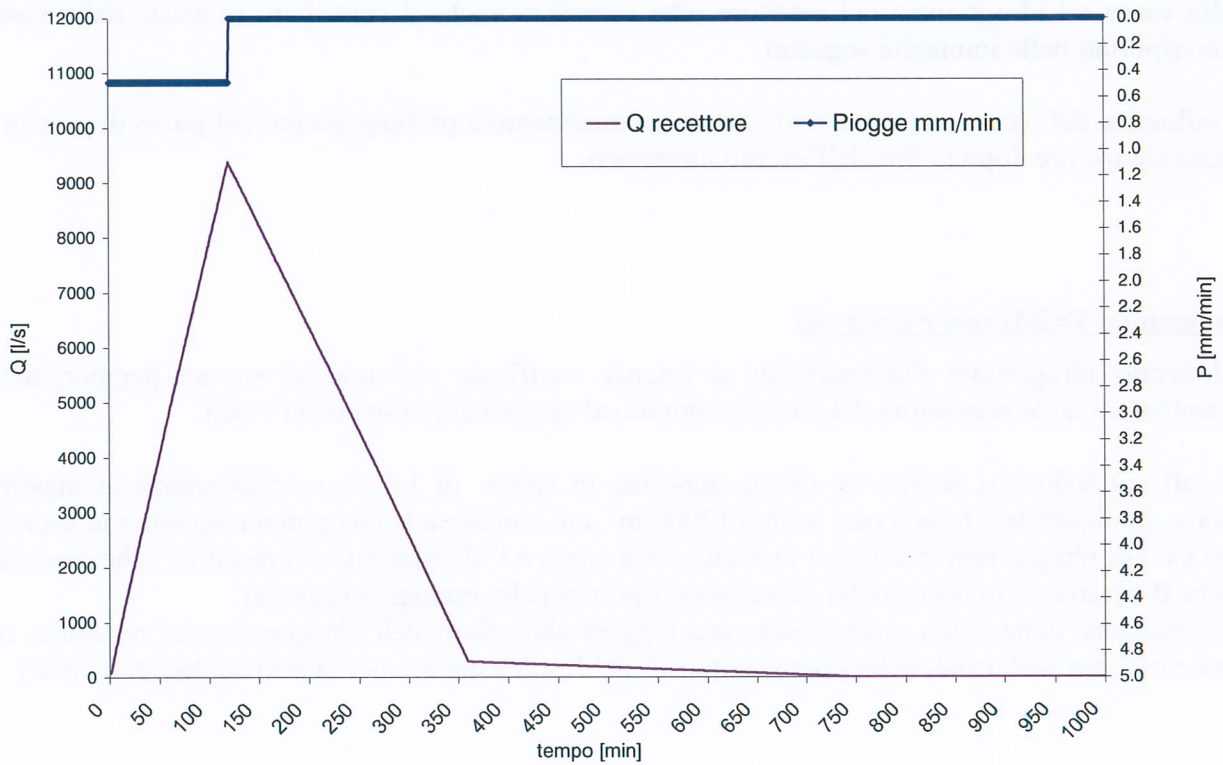
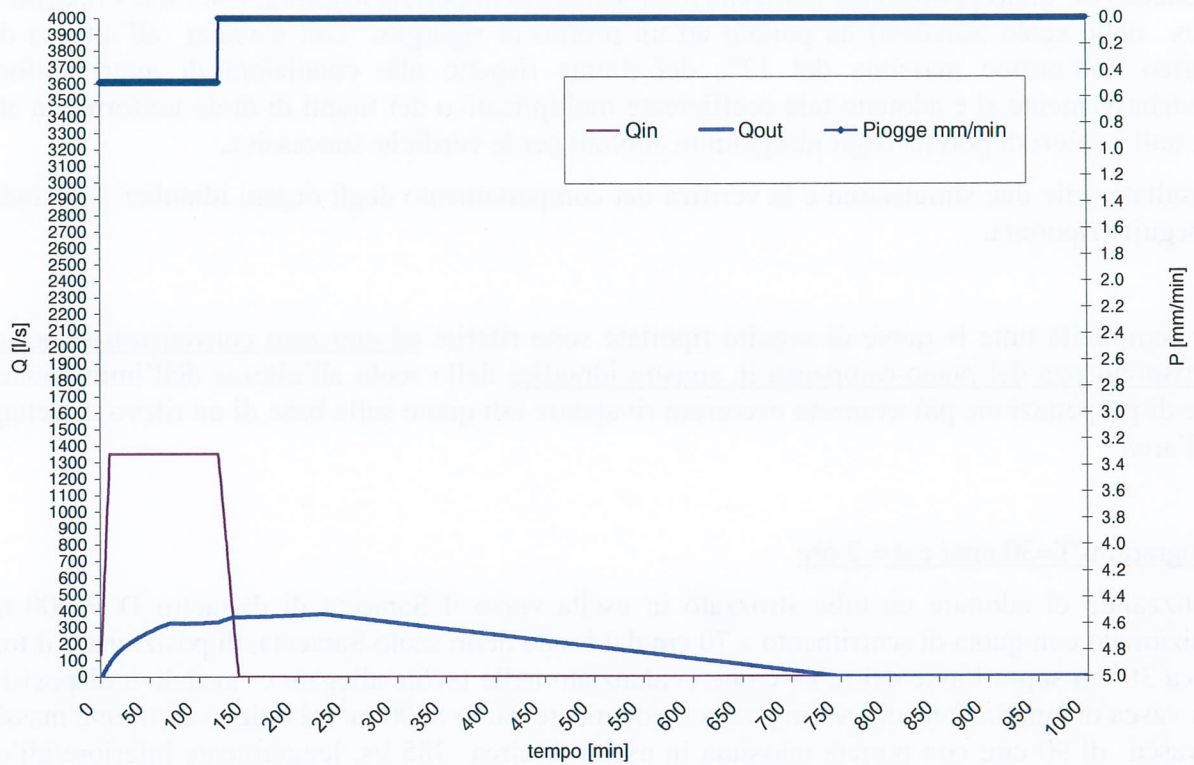


Figura 9- Idrogrammi in ingresso e in uscita da vasca e nel recettore per pioggia di $T=30$ anni e $d=2$ ore

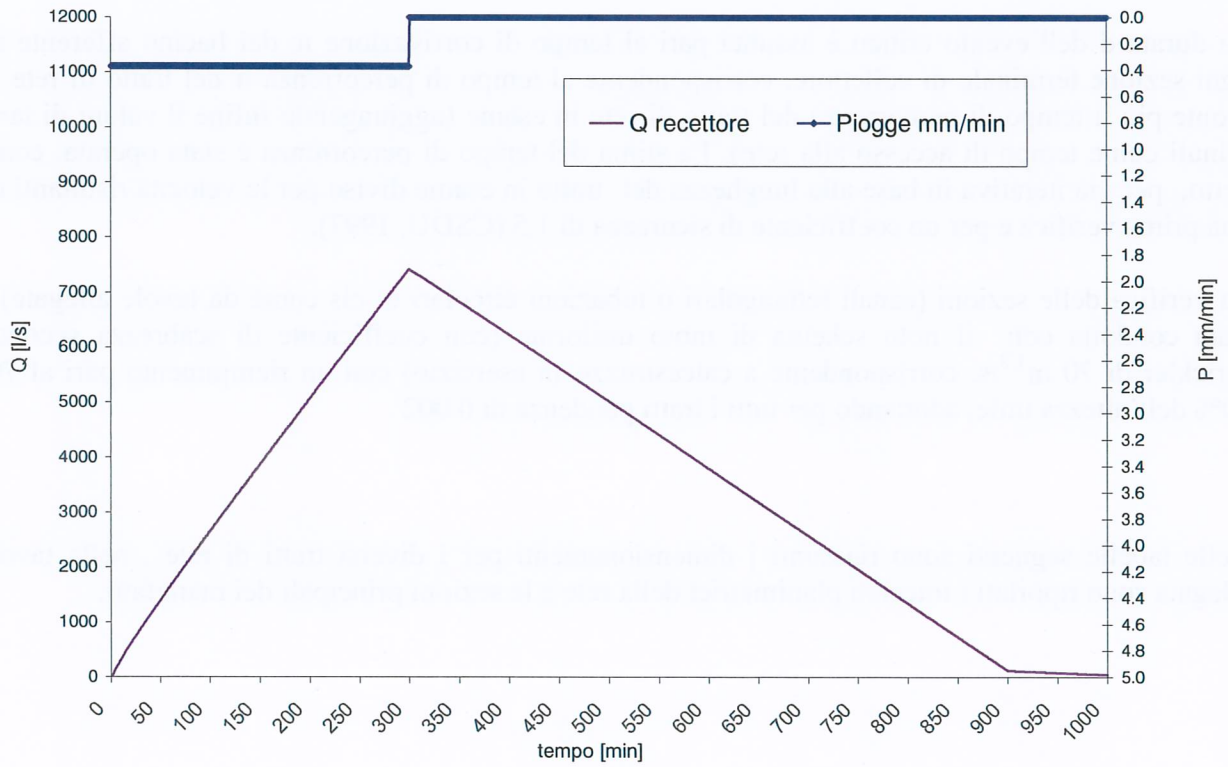
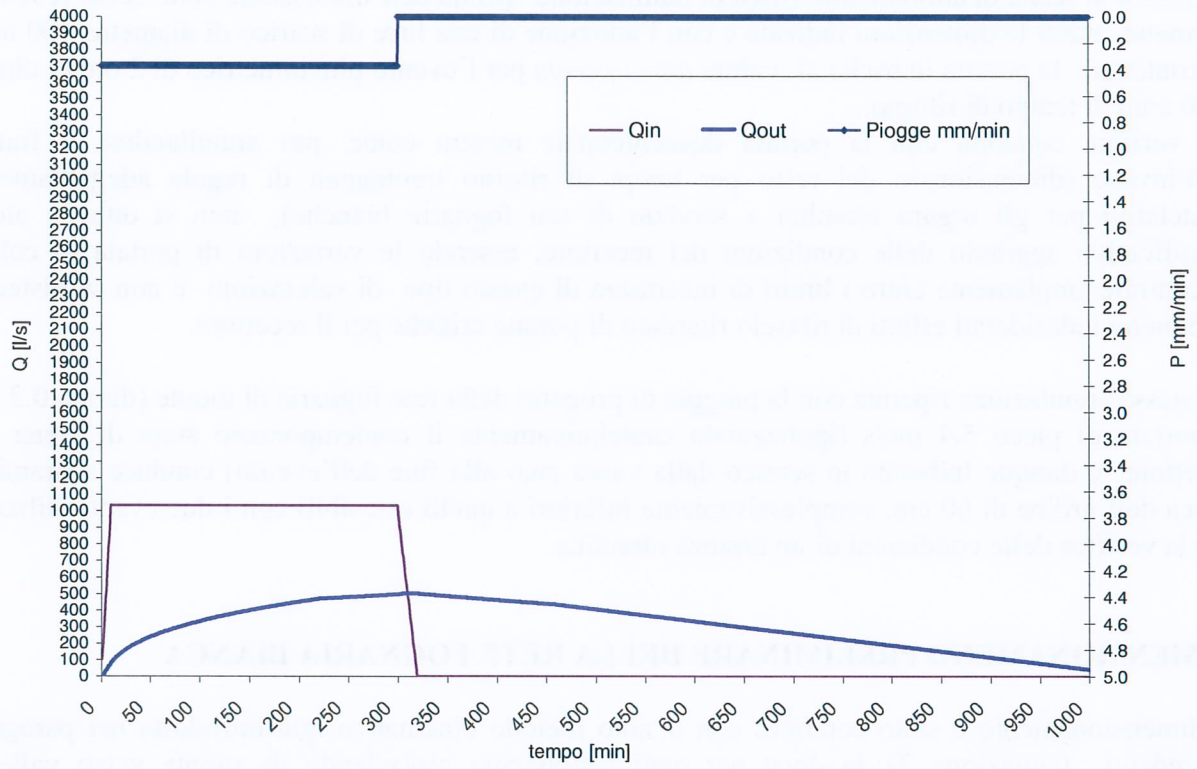


Figura 10- idrogrammi in ingresso e in uscita da vasca e nel recettore per pioggia di $T=200$ anni e $d=5$ ore

In sintesi la scelta di adottare una vasca di laminazione prima dell'immissione nello scolo recettore permette, stanti le dimensioni indicate e con l'adozione di una luce di scarico di diametro 400 mm, di contenere la portata in uscita al valore *ante operam* per l'evento pluviometrico di 2 ore di durata e 30 anni di tempo di ritorno,.

La verifica condotta con la portata duecentennale mostra come, pur annullandosi il franco nell'invaso (dimensionato del resto per tempi di ritorno trentennali di regola adeguatamente cautelativi per gli organi idraulici a servizio di reti fognarie bianche), non si ottenga alcun significativo aggravio delle condizioni del recettore, essendo le variazioni di portata al colmo riscontrate ampiamente entro i limiti di incertezza di questo tipo di valutazioni e non sussistendo nemmeno indesiderati effetti di rilascio ritardato di portate critiche per il recettore.

La stessa simulazione ripetuta con la pioggia di progetto della rete fognaria di monte (durata 0.2 ore e portata di picco 5.4 mc/s (ipotizzando cautelativamente il contemporaneo stato di piena del recettore e dunque inibendo lo scarico dalla vasca sino alla fine dell'evento) conduce a tiranti in vasca dell'ordine di 60 cm, complessivamente inferiori a quelli ottenibili con i due eventi utilizzati per la verifica delle condizioni di invarianza idraulica.

DIMENSIONAMENTO PRELIMINARE DELLA RETE FOGNARIA BIANCA

Il dimensionamento è stato condotto con il noto metodo cinematico, già introdotto nei paragrafi precedenti (equazione 2), la dove per ogni sottobacino procedendo da monte verso valle si calcolano le variabili di interesse (area drenata, lunghezza dell'asta, coefficiente di deflusso ϕ , tempo di corrivazione e pioggia critica). Per via iterativa, calcolando portate velocità e tempi di corrivazione e quindi piogge critiche sino a convergenza, si ottiene la portata di progetto.

La durata d dell'evento critico è assunta pari al tempo di corrivazione t_c del bacino afferente ad ogni sezione terminale di collettore, corrispondente al tempo di percorrenza t_r del tratto di rete di monte più il tempo di percorrenza del tratto di rete in esame (aggiungendo infine il valore di $t_a=5$ minuti come tempo di accesso alla rete). La stima del tempo di percorrenza è stata operata, come detto, per via iterativa in base alla lunghezza del tratto in esame diviso per le velocità risultanti da una prima verifica e per un coefficiente di sicurezza di 1,5 (CSDU, 1997).

La verifica delle sezioni (canali rettangolari o tubazioni circolari in cls come da tavole allegate) è stata condotta con il noto schema di moto uniforme (con coefficiente di scabrezza secondo Strickler di $70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, corrispondente a calcestruzzo in esercizio) con un riempimento pari al 70-80% dell'altezza utile, adottando per tutti i tratti pendenza di 0.002 .

Nelle tabelle seguenti sono riassunti i dimensionamenti per i diversi tratti di rete , nella tavola allegata sono riportati i tracciati planimetrici della rete e le sezioni principali dei manufatti.

RAMO	AREA (ha)	ϕ	L (ml)	i (m/m)	Dn(mm)/bxh(cm)	tc (ore)	V (m/sec)	Q (mc/sec)
01	1,14	0,64	61,50	0,002	800	0,09	1,14	0,35
12	2,29	0,75	180	0,002	1.000	0,12	1,37	0,74
23	4,39	0,80	49	0,002	1.200	0,12	1,53	1,45
34	1,31	0,75	194	0,002	800	0,11	1,18	0,42
35	6,97	0,66	230	0,002	150x100	0,15	1,61	1,73
56	16,87	0,76	197	0,002	200x150	0,17	2,03	4,48
67	20,27	0,76	20	0,002	200x150	0,17	2,13	5,40
910	0,57	0,90	150	0,002	600	0,11	1,00	0,23
TOT	20,84							

Tabella 5 - sintesi dei dimensionamenti di rete adottati

Dove	
AREA (ha)	Area del bacino di monte
ϕ	coefficiente di deflusso
L (ml)	Lunghezza del ramp odi rete
i (m/m)	Pendenza di fondo
Dn(mm)/bxh(cm)	Dimetro nominale o dimensioni dell oscatolare
tc (ore)	Tempo di corrivazione
V (m/sec)	Velocità della corrente
Q (mc/sec)	Portata di progetto

Elemento importate della rete fognaria è il sifone rovesciato presente a valle della rete per superare l'ostacolo costituito dallo scolo consorziale Saracena. Il ricorso a tale tipo di manufatto si rende necessario data l'organizzazione urbanistica della lottizzazione che prevede l'edificato in sinistra idraulica e la vasca di laminazione delle portate di piena del lotto in destra idraulica dello scolo.

Nel dimensionamento dell'opera si è considerato il fatto che il sifone, nel suo funzionamento in pressione, deve permettere il transito della portata massima, ma anche di tutta una serie di portate inferiori legate ai diversi eventi meteorici, con il vincolo delle velocità che non possono essere troppo basse per non favorire la sedimentazione e non troppo alte per non accelerare fenomeni di fessurazione e sgretolamento del materiale costituente l'opera.

Tra i vincoli ambientali si annovera il franco di sicurezza al di sotto del fondo dello scolo Saraceta imposto dall'Ente competente (Consorzio di Bonifica) in misura di 1 metro e la profondità della vasca di laminazione pari a 90 cm dal riferimento (70 cm circa dal piano campagna rilevato in destra idraulica del Saraceta), obbligata dall'altezza elevata della falda freatica nella zona rilevata dalla committenza.

Per quanto riguarda le velocità si è cercato di attestarsi tra 1 e 3 m/s.

Naturalmente il passaggio in pressione della portata in un collettore di fognatura determina l'innalzamento del pelo libero all'imbocco di monte pari alla perdita di carico provocata dalle perdite distribuite e concentrate. E' stato verificato che tale innalzamento fosse compatibile con il dislivello tra imbocco e sbocco del sifone, ovvero non determinasse rigurgiti troppo prolungati lungo la condotta terminale della fognatura costituita dallo scatolare 200xh150 cm.

L'andamento, con il tratto orizzontale sotto l'alveo e i due raccordi a 45°, per complessivi 17 ml, è quello che ottimizza le perdite di carico. Il calcolo delle perdite di carico (per condotta circolare equivalente) è legato ala scabrezza K secondo Gauckler Strickler dalle note formule pratiche riportate nel seguito, come del resto la formula per il calcolo delle perdite concentrate:

Perdite distribuite $J = \frac{\Delta h}{L} = \beta \frac{Q^2}{D^5}$ (7)

$$\beta = 10,3 \frac{K^2}{D^{0,33}}$$
 (8)

Perdite concentrate $\Delta h = \xi \frac{V^2}{2g}$ (9)

Con V velocità (m/s) e Q portata (mc/s) nella canna del sifone di diametro equivalente D (m).

Per le perdite concentrate si considera $\xi=0,50$ ml alle curve e all'imbocco e $\xi=1$ ml allo sbocco. In totale $\xi=2,5$ ml.

Per analogia con i collettori di fognatura, il materiale costituente il manufatto è calcestruzzo armato gettato in opera, della cui scabrezza si è tenuto conto inserendo nei calcoli il coefficiente di Gaukler – Strikler pari a $70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. Per ragioni costruttive si è pensato di realizzare il sifone delle stesse dimensioni del collettore fognario in arrivo, 200×150 cm, suddiviso in due canne uguali, 90×150 cm, da un setto di 20 cm di spessore.

Le portate di progetto considerate sono state 1,30 mc/sec e 5,40 mc/sec rispettivamente la portata del lotto per l'evento meteorico con T= 30 anni di durata 2 ore e la portata massima con T=30 anni per una durata di pioggia critica (pari al tempo di corrivazione di 0,17 ore).

Queste due portate rivestono particolare interesse perché costituiscono le condizioni critiche di progetto rispettivamente per la vasca e il collettore di monte, determinando il riempimento della vasca di laminazione per un livello di 90 e 60 cm dal fondo; tali livelli rappresentano la condizione imposta da valle per l'innalzamento del pelo libero in funzione delle perdita di carico, ovvero la quota di partenza a cui sommare le perdite di carico per ottenere il livello del pelo libero rigurgitato a monte del sifone.

Come si evince dagli elaborati allegati e dalla Tabella 6 seguente, il transito della portata massima di 5,40 mc/sec nelle due canne determina una perdita di carico di 57 cm che sommata alla quota di riempimento della vasca -0,30 ml (+ 60 cm dal fondo a quota -0,90 ml), porta ad avere il pelo libero attestato a +0,27 ml. Già nel collettore del ramo 67 il rigurgito non determina una significativa riduzione del franco di funzionamento in quanto l'intradosso dello scatolare si trova a quota +0,50.

Analogamente, il transito della portata di 1,30 mc/sec in un delle due canne determina una perdita di carico di 13 cm che sommata alla quota di riempimento della vasca 0,00 ml (+ 90 cm dal fondo a quota -0,90 ml), porta ad avere il pelo libero attestato a +0,13 ml. Come nel caso precedente Il collettore del ramo 67 subisce una significativa riduzione del franco di funzionamento, in quanto l'intradosso dello scatolare si trova a quota +0,50.

CONCLUSIONI

L'intervento di trasformazione dell'uso del suolo che è stato analizzato nel presente studio realizza l'invarianza idraulica attraverso la predisposizione di un'apposita vasca di laminazione collocata tra gli scoli Saracena e Casale, collegata al resto della fognatura a servizio dell'area tramite un dispositivo del tipo botte sifone.

Il funzionamento dei dispositivi idraulici è stato verificato nei confronti dell'idrogramma di progetto trentennale e duecentennale, anche in riferimento lo contemporaneo stato di piena del recettore, come indicato nella direttiva idraulica.

Nel complesso l'intervento allo studio può dunque considerarsi idraulicamente invariante ai sensi dell'art. 9 delle norme del Piano di bacino-stralcio per il rischio idrogeologico dell'Autorità dei Bacini Romagnoli.

ALLEGATI

Sezioni sifone

Tavola 1: Planimetria fognatura bianca e vasca di laminazione

Tavola 2: Sezioni

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

Centro di Studi sui Deflussi Urbani, *Sistemi di fognatura Manuale di progettazione*, HOEPLI, Milano, 1997

Marchi E., Rubatta A., 1981; *Meccanica dei Fluidi*, UTET, Torino.

HEC-RAS River Analysis System, 2002; *Hydraulic Reference Manual*; U.S Army Corps of Engineers- institute for Water Resources-Hydrologic Engineering Center.

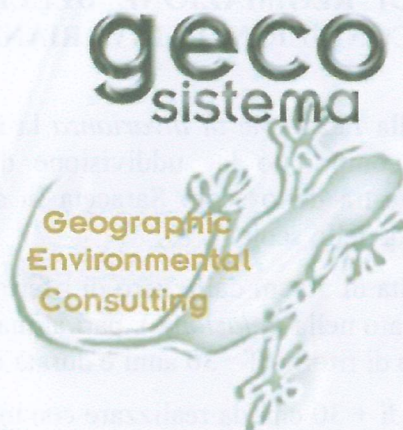
Supino G., 1965 ; *Le reti idrauliche*, Patron Editrice, Bologna 1965

INDICE:

PREMESSE	2
VALUTAZIONE DELL'INVARIANZA IDRAULICA PER L'AREA IN ESAME.....	4
DIMENSIONAMENTO PRELIMINARE DELLA RETE FOGNARIA BIANCA.....	18
CONCLUSIONI.....	22
ALLEGATI.....	22
BIBLIOGRAFIA:	22
INDICE:	22

Golden Srl -Pesaro
Ecotech Srl - Cesena
Baruzzi Sabrina - Cesena

**Relazione idraulica con particolare riferimento all'invarianza
idraulica della trasformazione di uso del suolo per il
PUA di iniziativa privata-Area 1202-AT4a
in località Pievesistina di Cesena**



Dott. Ing. Paolo Mazzoli

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Paolo Mazzoli'.

Cesena, Novembre 2006

PREMESSE

Obiettivo delle presenti integrazioni studio è la valutazione delle modifiche ai sistemi di regimazione delle acque necessari a garantire l'invarianza idraulica per un lotto in località Pievesistina di Cesena.

L'analisi è già stata svolta e consegnata agli Enti competenti nel giugno 2006 (si farà riferimento nel seguito a tali elaborati come "Relazione").

Le modifiche qui descritte recepiscono alcune indicazioni circa la profondità massima dei tiranti di progetto nelle vasche di laminazione, per rispettare prescrizioni urbanistiche evidenziate in particolare dai tecnici di Comune e Provincia (essenzialmente tiranti massimi in vasca, per portate di progetto, di 50 cm).

Tenuto conto che le elaborazioni sono già state in massima parte svolte nella *Relazione di invarianza*, con la presente si darà conto in forma sintetica dei cambiamenti introdotti.

Si raccomanda quindi di premettere alla presente la lettura della *Relazione* suddetta per un dettagliata descrizione dei calcoli già svolti.

MODIFICHE AL SISTEMA DI REGIMAZIONE DELLE ACQUE PER L'AREA IN ESAME E RISPETTO DELLE CONDIZIONI DI INVARIANZA

Rispetto a quanto evidenziato nella *Relazione di invarianza* la necessità di contenere i tiranti di progetto in vasca a 50 cm ha comportato la suddivisione del volume di invaso (vasca di laminazione) prima collocato in destra dello scolo Saraceta in due vasche, sempre realizzate in verde pubblico, in sinistra e in destra dello scolo.

La profondità del fondo vasca risulta di 50 cm dallo zero di riferimento (piano di campagna attuale in sinistra scolo, come già evidenziato nella *Relazione*), pari al massimo riempimento per gli eventi di progetto per l'invarianza (tempo di ritorno $T= 30$ anni e durata $d= 2$ ore).

Va considerato un ulteriore franco di + 30 cm, da realizzare con un piccolo rilevato perimetrale alle vasche (a quota +30 cm sullo zero di riferimento), per ottenere i necessari margini di sicurezza rispetto agli eventi con tempo di ritorno duecentennale, come richiesto dalla Direttiva Idraulica e dal competente Consorzio di Bonifica.

La posizione planimetrica delle vasche è riportata nella Tavola 1 e nell' immagine seguente (Figura 1).

L'area complessiva in sommità delle due vasche risulta rispettivamente di 9400 mq (vasca di sinistra) e 9800 (vasca di destra). Si è considerato un raccordo tra la sommità ed il fondo vasca(-80 cm dal ciglio degli arginelli perimetrali di protezione, franco idraulico compreso) inclinato del 10%, secondo le indicazioni emerse dal confronto coi tecnici comunali.

Nulla cambia nel dimensionamento idraulico delle reti fognarie sino al pozzetto di collegamento con le vasche in prossimità dello Scolo Saraceta (n. 6 della planimetria), per cui si rimanda alla *Relazione* per ogni dettaglio merito.

Nel seguito si darà conto invece del dimensionamento idraulico delle vasche e dei manufatto di scarico (tubo strozzato di diametro 400mm, posizionato come già indicato in relazione a + 90cm con l'asse del tubo sul fondo dello scolo (scorrimento a -1.4 rispetto allo zero di riferimento), ma in sinistra idraulica del Saraceta anziché in destra.

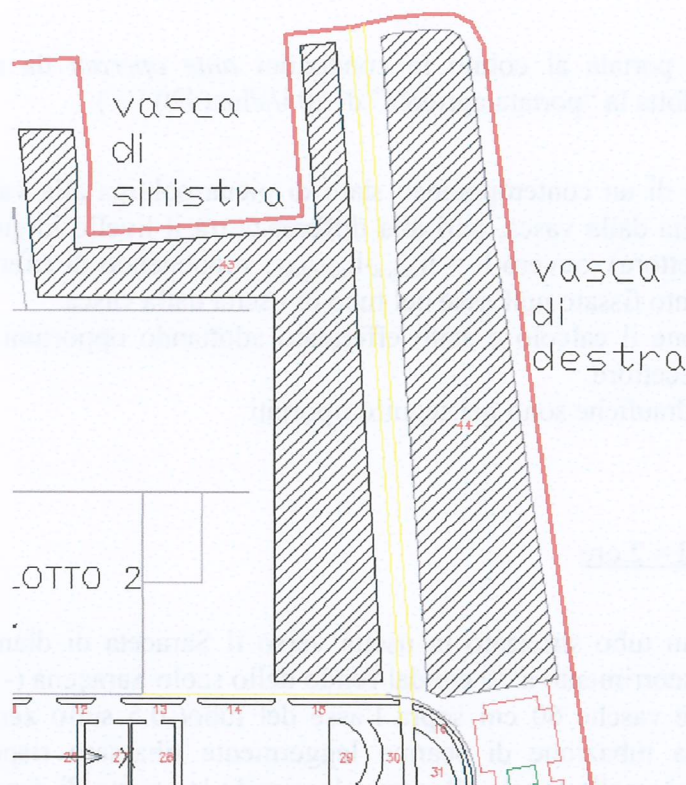


Figura 1- posizione delle vasche per l'invarianza

Le due vasche sono state modellate come due volumi funzionanti in parallelo, posizionati con il fondo -50 cm rispetto allo zero) 50 cm sopra la quota di scorrimento finale della fognatura (-1 m rispetto allo zero).

È stato altresì considerato come utile il volume invasabile nell'ultimo tratto (200 m) di manufatto scatolare della fognatura 2X1,5m.

Nel complesso il volume composito così generato è stato utilizzato, come spiegato in relazione, per lo studio del funzionamento idraulico del sistema con la nota equazione dell'invaso, ottenendo, per gli eventi di progetto di seguito riassunti, i seguenti andamenti delle portate uscenti e dei tiranti in vasca.

La sollecitazione pluviometrica di progetto è ovviamente la medesima utilizzata in Relazione e prescritta dalla Direttiva idraulica, si rimanda alla Relazione per ogni dettaglio.

In questa sede basti ricordare che le portate di picco stimate in condizioni *post operam*, risultano:

- Per l'evento con $T=30$ anni e $d = 2$ ore pari a circa 1350 l/s per il lotto drenato dalla fognatura e pari a circa 4000 l/s per il recettore
- Per l'evento con $T=200$ anni e $d = 5$ ore pari a circa 1050 l/s per il lotto drenato dalla fognatura e pari a circa 7000 l/s per il recettore
- Per l'evento di progetto della rete fognaria ($t=30$ anni e durata 0.2 ore) pari a circa 5400 l/s per il lotto drenato dalla fognatura e pari a circa 1800 l/s per il recettore

Per la valutazione della portata al colmo in condizioni *ante operam* da mantenere inalterata all'uscita della vasca si adotta la "portata agricola" di 20 l/s/ha (420 l/s)

La presenza nel recettore di un contemporaneo stato di piena obbliga alla valutazione del tirante efficace sulla luce in uscita dalla vasca, pari alla differenza tra il livello idraulico a monte (nella vasca) e a valle (nel recettore), ovvero $h = h_{vasca} - h_{recettore}$, supponendo di riferire entrambi i valori allo stesso zero di riferimento fissato nell'asse del tubo in uscita dalla vasca.

Come spiegato in relazione il calcolo è stato effettuato adottando opportuni idrogrammi di tipo cinematico anche per il recettore.

I risultati delle verifiche idrauliche sono nel seguito riportati:

Idrogrammi T=30 anni e d = 2 ore

Ipotizzando di adottare un tubo strozzato in uscita verso il Saraceta di diametro $D = 400$ mm, posizionato con quota di scorrimento a 70 cm dal fondo dello scolo Saracena (-1.4 m sullo zero), di posizionare il fondo delle vasche 60 cm sopra l'asse del tubo (-0.5 sullo zero, il che equivale a collocare l'imbocco della tubazione di scarico leggermente ribassato rispetto all'arrivo della fognatura), come evidenziato nelle tavole allegate e lasciando la quota di scorrimento finale dello scolare a -1m sullo zero, si ottiene un tirante massimo in vasca di 50 cm (1m rispetto allo scorrimento finale della fognatura).

La portata massima in uscita dal tubo strozzato risulta di circa 460 l/s, sostanzialmente identica all'*ante operam* (differenze dell'ordine del 10% sono da considerarsi entro i margini di incertezza di questo tipo di calcoli) e un volume invasato massimo pari a circa 7000 m³. Gli idrogrammi in arrivo e in uscita dalla vasca e l'idrogramma nel recettore (che considera anche il contributo in uscita dalla vasca) sono riportati nelle immagini seguenti.

Idrogrammi T=200 anni e d = 5 ore

Adottando idrogrammi duecentennali si intende verificare che non vi sia un peggioramento complessivo delle condizioni del recettore dovuto al rilascio di portata dalla vasca.

In tali condizioni si ottiene un tirante massimo in vasca di 80 cm (1,3 m rispetto allo scorrimento finale della fognatura), corrispondente al massimo invaso ammissibile a franco zero pari a circa 11000 m³, cui corrisponde una portata massima in uscita di 440 l/s. Gli idrogrammi in arrivo e in uscita dalla vasca e l'idrogramma nel recettore (che considera anche il contributo in uscita dalla vasca) sono riportati nelle immagini seguenti.

L'immissione della vasca produce solo una leggera alterazione dell'idrogramma nel recettore, con variazioni non sostanziali della portata al picco (dell'ordine del 5% per la portata duecentennale)

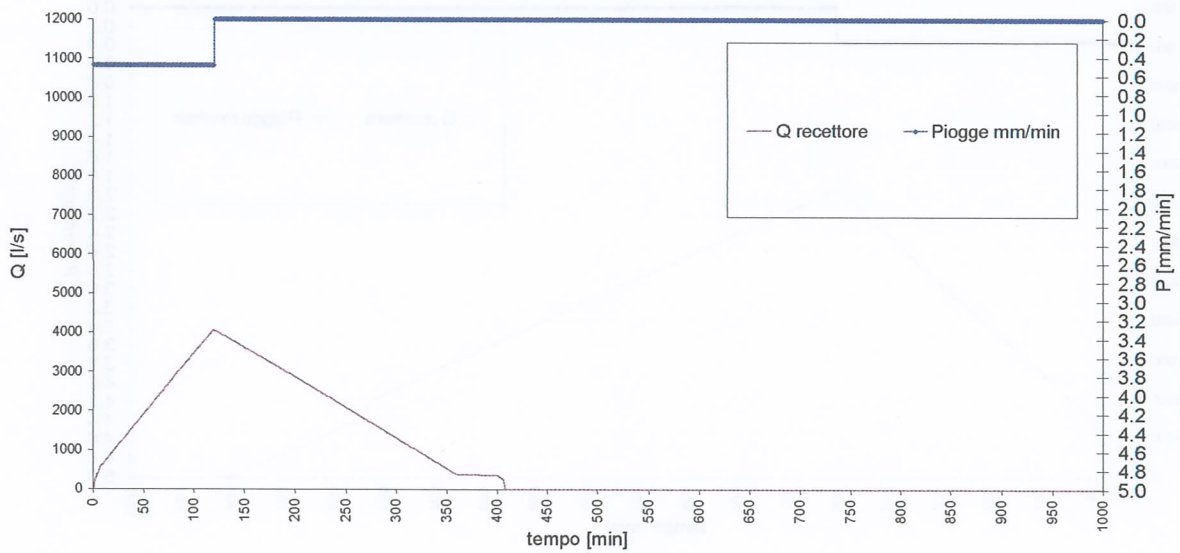
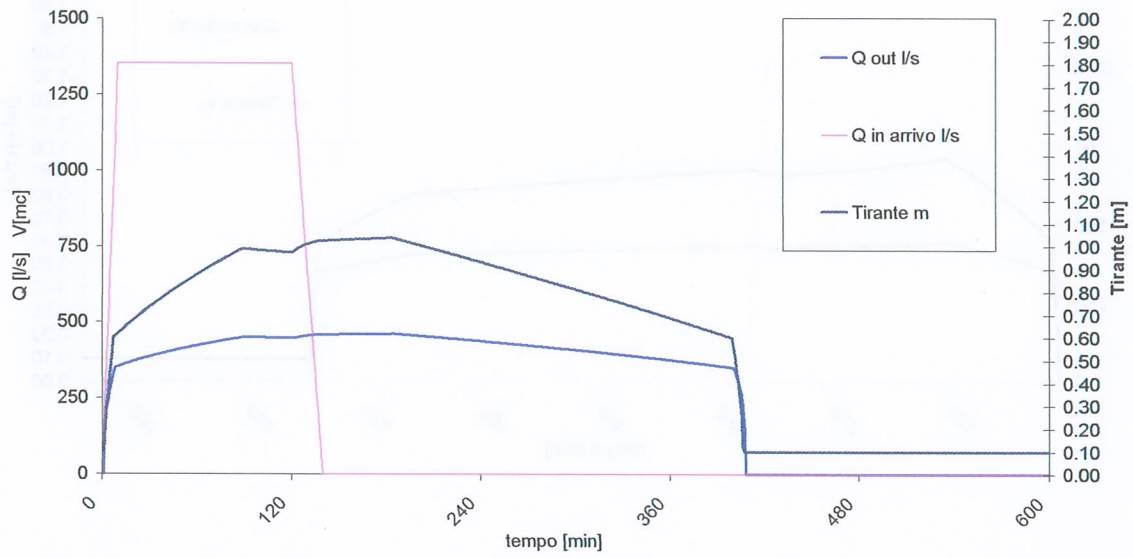


Figura 2- Idrogrammi in ingresso e in uscita da vasca e nel recettore per pioggia di T= 30 anni e d= 2 ore

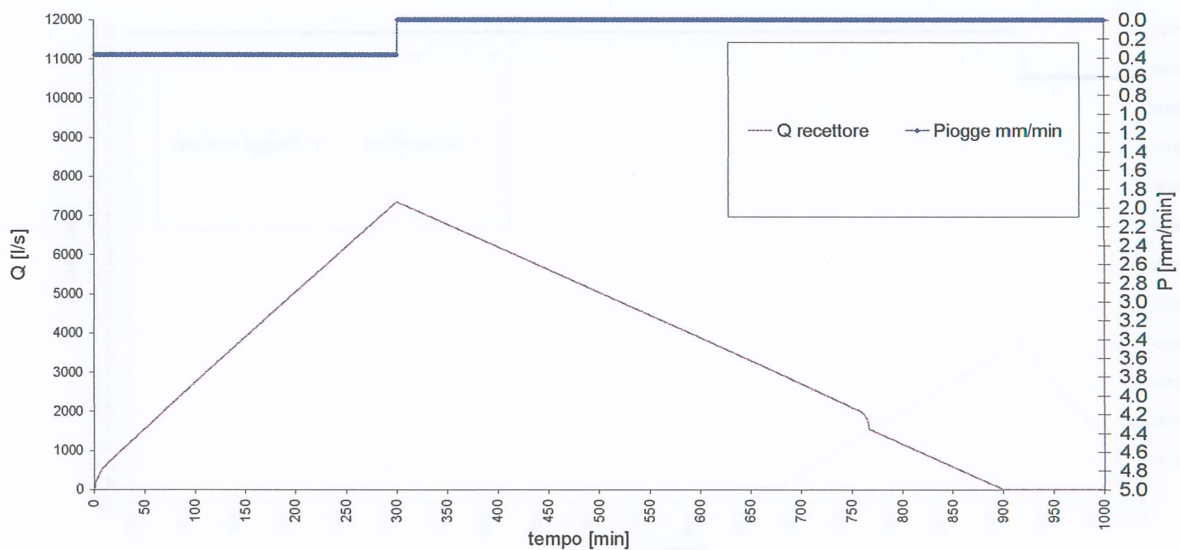
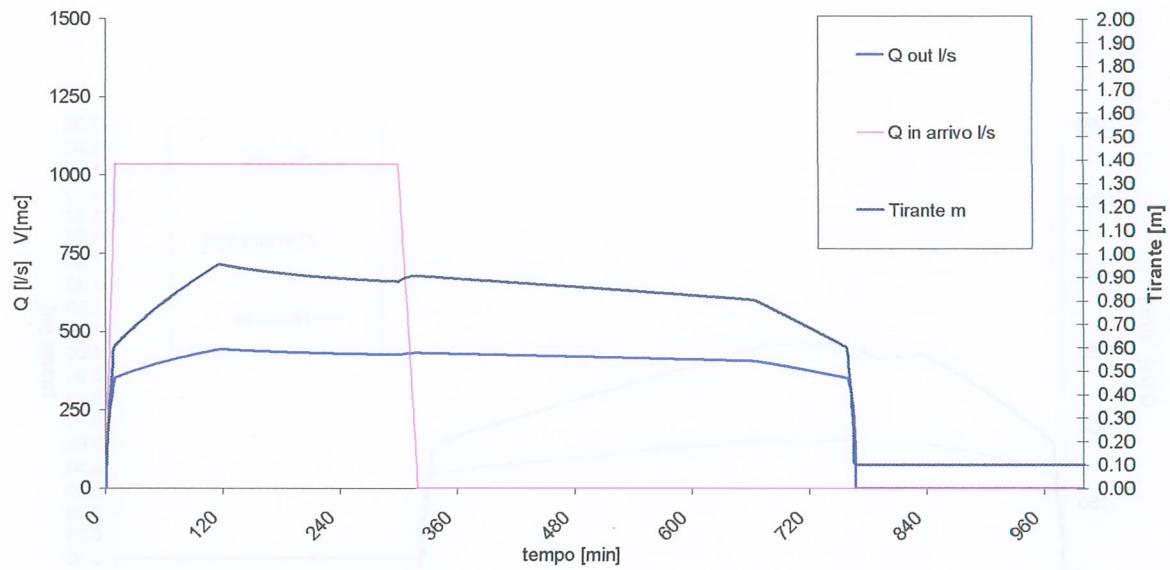


Figura 3- idrogrammi in ingresso e in uscita da vasca e nel recettore per pioggia di T=200 anni e d= 5 ore

In sintesi la scelta di adottare una vasca di laminazione prima dell'immissione nello scolo recettore permette, stanti le dimensioni indicate e con l'adozione di una luce di scarico di diametro 400 mm, di contenere la portata in uscita al valore *ante operam* per l'evento pluviometrico di 2 ore di durata e 30 anni di tempo di ritorno, con tiranti massimi attesi nelle vasche di laminazione di 50 cm.

La verifica condotta con la portata duecentennale mostra come, pur annullandosi il franco nell'invaso (dimensionato del resto per tempi di ritorno trentennali di regola adeguatamente cautelativi per gli organi idraulici a servizio di reti fognarie bianche), di ulteriori 30 cm non si ottenga alcun significativo aggravio delle condizioni del recettore, essendo le variazioni di portata al colmo riscontrate ampiamente entro i limiti di incertezza di questo tipo di valutazioni e non sussistendo nemmeno indesiderati effetti di rilascio ritardato di portate critiche per il recettore.

La stessa simulazione ripetuta con la pioggia di progetto della rete fognaria di monte (durata 0.2 ore e portata di picco 5.4 mc/s) ipotizzando l'idrogramma di piena conseguente nel recettore e soprattutto verificando la condizione fortemente cautelativa di mancato innesco del sifone di collegamento con la vasca di destra (ad esempio per un intasamento imprevisto) conduce a tiranti massimi nella vasca rimanente in sinistra vasca dell'ordine di 1,2m; entro il franco di sicurezza.

Il corretto funzionamento del sifone e l'innesco della vasca di destra permettono invece di contenere i livelli massimi in vasca a 40 cm.

Nel complesso il dimensionamento idraulico dei manufatti pare soddisfare sia i vincoli imposti dalla pianificazione urbanistica circa i tiranti massimi, sia le necessità di invarianza idraulica per gli eventi di progetto.

Va inoltre considerato che i piani di calpestio interni ai lotti risulterebbero nell'attuale configurazione di progetto indicata, a circa 1,45 m sopra lo zero, dunque decisamente al di sopra dei possibili tiranti di invaso anche per gli eventi più gravosi.

DIMENSIONAMENTO PRELIMINARE DEL SIFONE

Fermo restando il funzionamento idraulico descritto in relazione, il sifone rovesciato, di lunghezza 30, 50 ml, è costituito da uno scatolare prefabbricato in cemento armato vibrato delle dimensioni 150 x h1 50 cm. Esso permette di collegare le due vasche, passando sotto lo scolo Saraceta, in modo che la volumetria risulti unica ed efficace per la laminazione. E' stato dimensionato per veicolare una portata massima di 2,5 mc/sec, determinando in tal modo perdite di carico di punta per appena 18 cm. Si noti che in alternativa allo scatolare, è possibile utilizzare un condotto circolare in cemento vibrato del diametro pari a 160 cm.

Nelle fasi terminali di chiusura della presente relazione sono state fornite dalla committenza versioni più recenti delle planimetrie con alcune modifiche di minore entità alla distribuzione delle aree (aggiustamento della posizione dei lotti) evidenziando come non siano stati alterati i rapporti tra aree permeabili e impermeabili ed eliminando inoltre una piccola porzione della viabilità interna al lotto (Figura 4). Si ritiene quindi che tali modifiche non comportino la necessità di rivedere i dimensionamenti idraulici già effettuati in relazione, visto il sostanziale mantenimento della distribuzione interna delle aree permeabili e impermeabili, a meno di piccoli spostamenti delle stesse, trascurando poi, a favore di sicurezza, il minore contributo derivante dal ramo mancante di strada in Figura 4.

Modifiche di dettaglio al dimensionamento della rete di drenaggio delle acque bianche potranno del resto essere prese in considerazione in sede di progettazione più avanzata

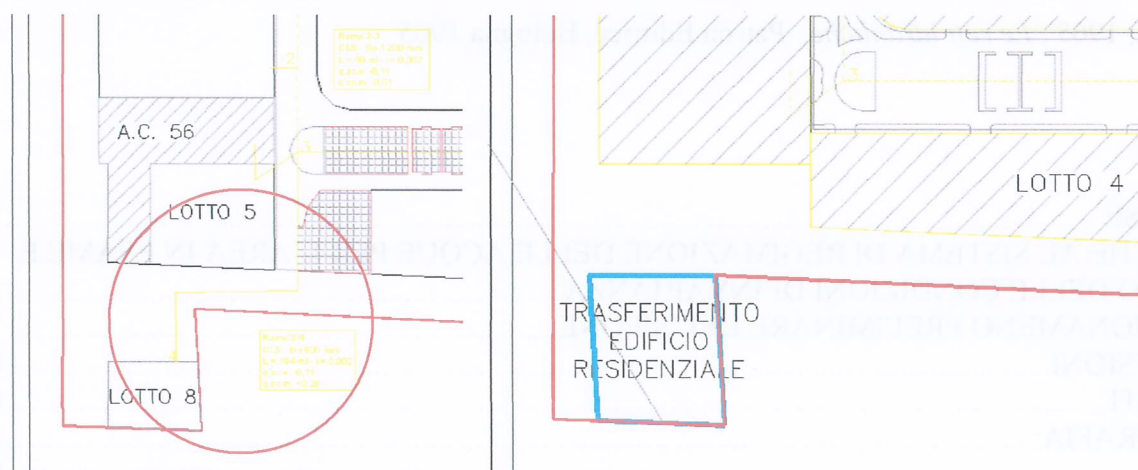


Figura 4- modifiche secondarie alla viabilità interna al lotto nella versione precedente (sinistra) e attuale(destra).

CONCLUSIONI

L'intervento di trasformazione dell'uso del suolo che è stato analizzato nel presente studio realizza l'invarianza idraulica attraverso la predisposizione di due vasche di laminazione collocate tra gli scoli Saracena e Casale e a sinistra dello scolo Saraceta, collegate al resto della fognatura a servizio dell'area tramite un dispositivo del tipo botte sifone.

Il funzionamento dei dispositivi idraulici è stato verificato nei confronti dell'idrogramma di progetto trentennale e duecentennale, anche in riferimento al contemporaneo stato di piena del recettore, come indicato nella direttiva idraulica dell'ADBRR.

Nel complesso l'intervento allo studio può dunque considerarsi idraulicamente invariante ai sensi dell'art. 9 delle norme del Piano di bacino-stralcio per il rischio idrogeologico dell'Autorità dei Bacini Romagnoli.

ALLEGATI

Gli allegati aggiornano interamente le tavole presentate nella precedente *Relazione* e sono costituiti da :

Tavola 1: Planimetria fognatura bianca e vasche di laminazione

Tavola 2: Sezioni

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

Centro di Studi sui Deflussi Urbani, *Sistemi di fognatura Manuale di progettazione*, HOEPLI, Milano, 1997

Marchi E., Rubatta A., 1981; *Meccanica dei Fluidi*, UTET, Torino.

HEC-RAS River Analysis System, 2002; *Hydraulic Reference Manual*; U.S Army Corps of Engineers- institute for Water Resources-Hydrologic Engineering Center.

Supino G., 1965 ; *Le reti idrauliche*, Patron Editrice, Bologna 1965

INDICE:

PREMESSE	2
MODIFICHE AL SISTEMA DI REGIMAZIONE DELLE ACQUE PER L'AREA IN ESAME E RISPETTO DELLE CONDIZIONI DI INVARIANZA	2
DIMENSIONAMENTO PRELIMINARE DEL SIFONE.....	7
CONCLUSIONI.....	8
ALLEGATI.....	8
BIBLIOGRAFIA:	8
INDICE:.....	8

**Golden Srl -Pesaro
Ecotech Srl - Cesena
Baruzzi Sabrina - Cesena**

**Relazione idraulica con particolare riferimento all'invarianza
idraulica della trasformazione di uso del suolo per il
PUA di iniziativa privata-Area 1202-AT4a
in località Pievesistina di Cesena**

Integrazioni maggio 2007



Dott. Ing. Paolo Mazzoli

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Paolo Mazzoli', written in a cursive style.

Cesena, Maggio 2007

PREMESSE

Obiettivo delle presenti integrazioni è la valutazione delle modifiche ai sistemi di regimazione delle acque necessari a garantire l'invarianza idraulica per un lotto in località Pievesistina di Cesena.

L'analisi è già stata svolta agli Enti competenti nel giugno 2006 ed aggiornata successivamente nel novembre 2006 (si farà riferimento nel seguito a tali elaborati come "Relazioni").

Le modifiche qui descritte recepiscono alcune indicazioni per il rispetto delle nuove prescrizioni urbanistiche evidenziate in sede di Screening; essenzialmente si tratta di garantire tiranti massimi in vasca, per portate di progetto, di 30 cm per le vasche in verde pubblico, e tenere distinti i dispositivi di laminazione a servizio di aree pubbliche e private allo scopo di evitare che oneri per la laminazione di acque "private" e manutenzione delle relative aree ricadano sul pubblico.

Tenuto conto che le elaborazioni sono già state in massima parte svolte nelle *Relazioni*, già consegnate, con la presente si darà conto in forma sintetica solo dei cambiamenti introdotti.

Si raccomanda quindi di premettere alla presente la lettura della *Relazioni* suddette per un dettagliata descrizione dei calcoli già svolti.

SCELTA DEL SISTEMA DI REGIMAZIONE DELLE ACQUE PER L'AREA IN ESAME

Rispetto a quanto evidenziato nelle *Relazioni* la necessità di contenere i tiranti di progetto in vasca a 30 cm per le vasche in verde pubblico e l'indicazione iniziale di dividere le aree di laminazione pubbliche e private ha comportato una radicale revisione nel dimensionamento dei volumi di invaso.

Nulla cambia in sostanza, invece, per quanto riguarda i dimensionamenti idraulici dei collettori fognari sino alle vasche di laminazione, per i quali si rimanda alle *Relazioni* citate.

Dopo attento esame delle soluzioni progettuali possibili, svolto di concerto con i tecnici del Consorzio di Bonifica del Savio e Rubicone (Autorità idraulica competente in questo caso), sono state confrontate due soluzioni:

1. localizzare in sinistra del Saraceta un vasca in verde privato, senza vincoli sulla profondità massima se non quelli dettati dalle necessità di scolo, per realizzare la quota parte di laminazione necessaria per le aree private, collegata dal sifone già previsto (opportunamente ridimensionato), con una vasca in verde pubblico in destra, di profondità di invaso massima per pioggia di progetto 30 cm, che realizzi la laminazione per la quota parte di aree pubbliche.
2. sovradimensionare opportunamente la vasca in sinistra in verde privato per accogliere tutte le acque (pubbliche e private) della porzione di lotto in sinistra idraulica del Saraceta, lasciando in destra solo una piccola vasca in verde pubblico di profondità 30 cm a servizio delle aree pubbliche (strade e parcheggi essenzialmente) ivi collocate, con ciò eliminando il sifone di collegamento.

La prima soluzione è parsa da subito la meno idonea, perché a fronte dei modesti benefici attesi conseguibili con l'utilizzo della vasca in destra (forzatamente a quota del fondo decisamente più alta di quella in sinistra per rispettare il vincolo della profondità massima di invaso di 30 cm), si dovrebbe comunque procedere alla realizzazione della vasca in sinistra in verde privato a causa delle profondità eccedenti il metro, nonché del sifone, con intervento sullo scolo Saraceta. Il sifone, vale la pena ricordarlo, andrebbe mantenuto regolarmente per evitarne gli intasamenti ed i conseguenti problemi di mancato innesco o ristagno delle acque nelle vasche per la difficoltà a

defluire in presenza di bassi tiranti (come durante lo svuotamento della vasca di destra, particolarmente “ribassata”).

Viceversa la soluzione 2 è parsa quella idraulicamente più ragionevole perché:

- Evita gli interventi sul fosso consortile per la realizzazione del sifone e le relative manutenzioni
- Riduce le dimensioni delle aree a verde pubblico in destra da adibire a laminazione (da circa 10000 mq a 1400 mq)
- Realizza, all’opposto di quanto evidenziato in sede di screening, la laminazione delle acque sia pubbliche che private per tutta la porzione del lotto in sinistra del Saraceta, interamente in una vasca in verde privato di profondità adeguata.

La soluzione è perseguibile con un idoneo approfondimento della vasca di sinistra , compatibile con le quote di scolo della fognatura , e la realizzazione di un secondo scarico nel Saraceta per la porzione di fognatura in destra idraulica.

In allegato alla presente sono fornite le tavole 1 e 2 (planimetrie e sezioni/ profili) aggiornate che sostituiscono integralmente quelle presentate nelle precedenti *Relazioni*.

DIMENSIONAMENTO IDRAULICO DEL SISTEMA DI REGIMAZIONE DELLE ACQUE PER L’AREA IN ESAME E RISPETTO DELLE CONDIZIONI DI INVARIANZA

Rimandando interamente alle *Relazioni* citate per i dettagli sui metodi di calcolo utilizzati, in questa sede si darà conto delle modifiche introdotte per la soluzione con due vasche indipendenti in destra e sinistra del Saraceta, nonché dei relativi dispositivi di rilascio controllato (tubi strozzati) nello scolo, considerando i seguenti dimensionamenti di partenza:

Per la vasca in sinistra

La profondità della vasca è stata portata ad 1,4 m, 90 cm in scavo e 50 cm in riporto dal lato dello Scolo Saraceta; con scarpate in verde di pendenza 1/1 per massimizzare i volumi invasabili ed area in sommità di 8800 mq.

Lo scatolare di collegamento con l’arrivo della fognatura di dimensioni 2X1,25, è stato esteso sino all’arrivo in vasca , la cui profondità risulta 10 cm al disopra della quota di arrivo della fognatura di monte. A favore di sicurezza sono stati mantenuti gli stessi idrogrammi di progetto già utilizzati nelle *Relazioni* precedenti, che si riferivano anche alla porzione di area in destra, con ciò di fatto aumentando i franchi di funzionamento dei dispositivi.

È stato anche mantenuto il tubo strozzato di diametro 400 mm verso il Saraceta.

Per la vasca in destra

La vasca serve un’area attualmente incolta di dimensioni pari a circa 8300 mq che , in condizioni di progetto presenterà circa 5500 mq di superfici impermeabili (considerando tali i parcheggi pubblici e le strade), ne deriva in coefficiente di deflusso *post operam* (secondo le indicazioni della direttiva già richiamate nelle *Relazioni*) paria 0.66 ed un volume teorico di invaso da recuperare di 400 mc.

Anche questa vasca è stata studiata ed ottimizzata con l'equazione di invaso ed un idrogramma cinematico in ingresso, assumendo cautelativamente un tempo di corrivazione pari agli usuali tempi di accesso alla rete (5 minuti) ed il contemporaneo idrogramma di piena nel recettore.

La profondità della vasca è stata fissata in 30 cm, con leggero riporto di materiale (5-20 cm) ai lati, e scavo dell'ordine di 20-25 cm.

L'arrivo della fognatura a servizio delle aree in destra idraulica (diametro 600 mm) è previsto in un pozzetto munito di grata laterale per il carico/scarico della vasca e strozzatura di diametro 100 mm; la dimensione ridotta del tubo, necessaria per non peggiorare la portata massima in uscita rispetto all'ante operam (20 l/s/ha, pari a 17 l/s) suggerisce una attenta attività di manutenzione, ragion per cui è stato previsto un secondo pozzetto a distanza di 2 m in cui il tubo strozzato lasci il posto ad un normale DN 300 mm sino al recapito in alveo.

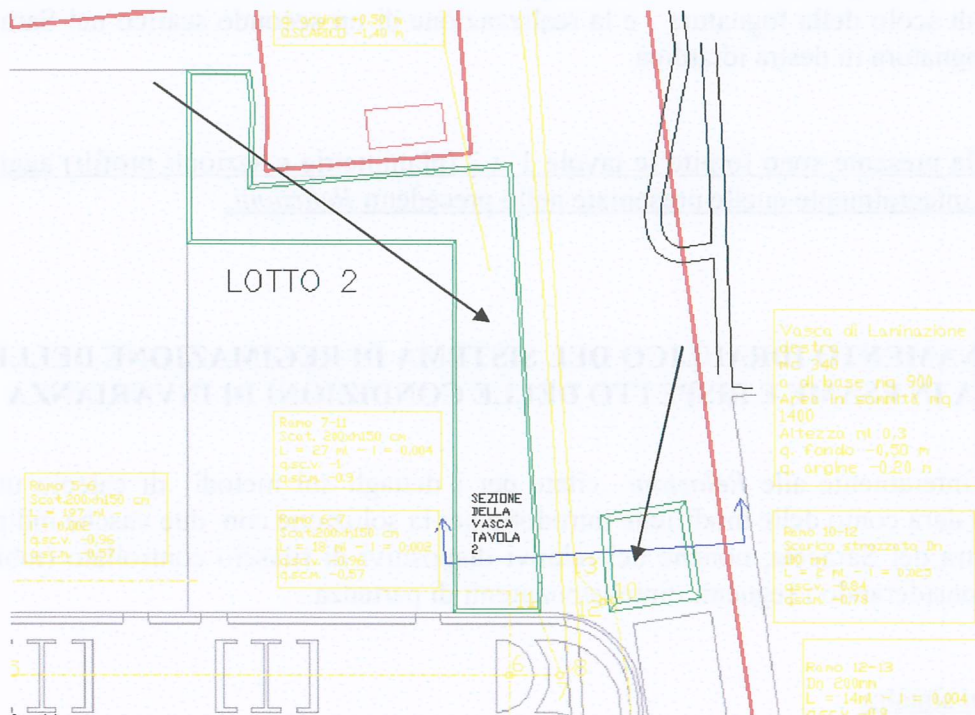


Figura 1- posizione delle vasche per l'invarianza

Per entrambe le vasche, allo scopo di evitare sgradevoli fenomeni di ristagno, è opportuno sagomare il fondo vasca con una leggera pendenza (dell'ordine dello 0,1 %) nella direzione di scolo.

La verifica idraulica con il metodo dell'invaso consigliato dalla Direttiva idraulica dell'ADBRR e gli idrogrammi cinematici in ingresso precedentemente descritti è sintetizzato nelle considerazioni seguenti e si riferisce a :

Sollecitazione con pioggia di durata $d = 2$ ore e tempo di ritorno $T = 30$ anni

Sollecitazione con pioggia di durata $d = 5$ ore e tempo di ritorno $T = 200$ anni

Risultati per la vasca in sinistra

Idrogrammi T=30 anni e d = 2 ore

Ipotizzando di adottare un tubo strozzato in uscita verso il Saraceta di diametro $D = 400$ mm, posizionato con quota di scorrimento a 70 cm dal fondo dello scolo Saraceta (-1.4 m sullo zero), di posizionare il fondo delle vasche 50 cm sopra l'asse del tubo (-0.9 sullo zero, il che equivale a collocare l'imbocco della tubazione di scarico leggermente ribassato rispetto all'arrivo della fognatura di monte), come evidenziato nelle tavole allegate e lasciando la quota di scorrimento finale dello scatolare a -1m sullo zero, si ottiene un tirante massimo in vasca di 90 cm (1m rispetto allo scorrimento finale della fognatura).

La portata massima in uscita dal tubo strozzato risulta di circa 422 l/s, sostanzialmente identica all'*ante operam* (valutata sulla base della portata agricola pari a 420 l/s) e un volume invasato massimo pari a circa 7300 m³. Gli idrogrammi in arrivo e in uscita dalla vasca e l'idrogramma nel recettore (che considera anche il contributo in uscita dalla vasca) sono riportati nelle immagini seguenti.

Idrogrammi T=200 anni e d = 5 ore

Adottando idrogrammi duecentennali si intende verificare che non vi sia un peggioramento complessivo delle condizioni del recettore dovuto al rilascio di portata dalla vasca.

In tali condizioni si ottiene un tirante massimo in vasca di 1,4 cm (1,5 m rispetto allo scorrimento finale della fognatura), corrispondente al massimo invaso ammissibile a franco zero pari a circa 12000 m³, cui corrisponde una portata massima in uscita di 450 l/s. Gli idrogrammi in arrivo e in uscita dalla vasca e l'idrogramma nel recettore (che considera anche il contributo in uscita dalla vasca) sono riportati nelle immagini seguenti.

L'immissione della vasca produce solo una leggera alterazione dell'idrogramma nel recettore, con variazioni non sostanziali della portata al picco (dell'ordine del 5% per la portata duecentennale)

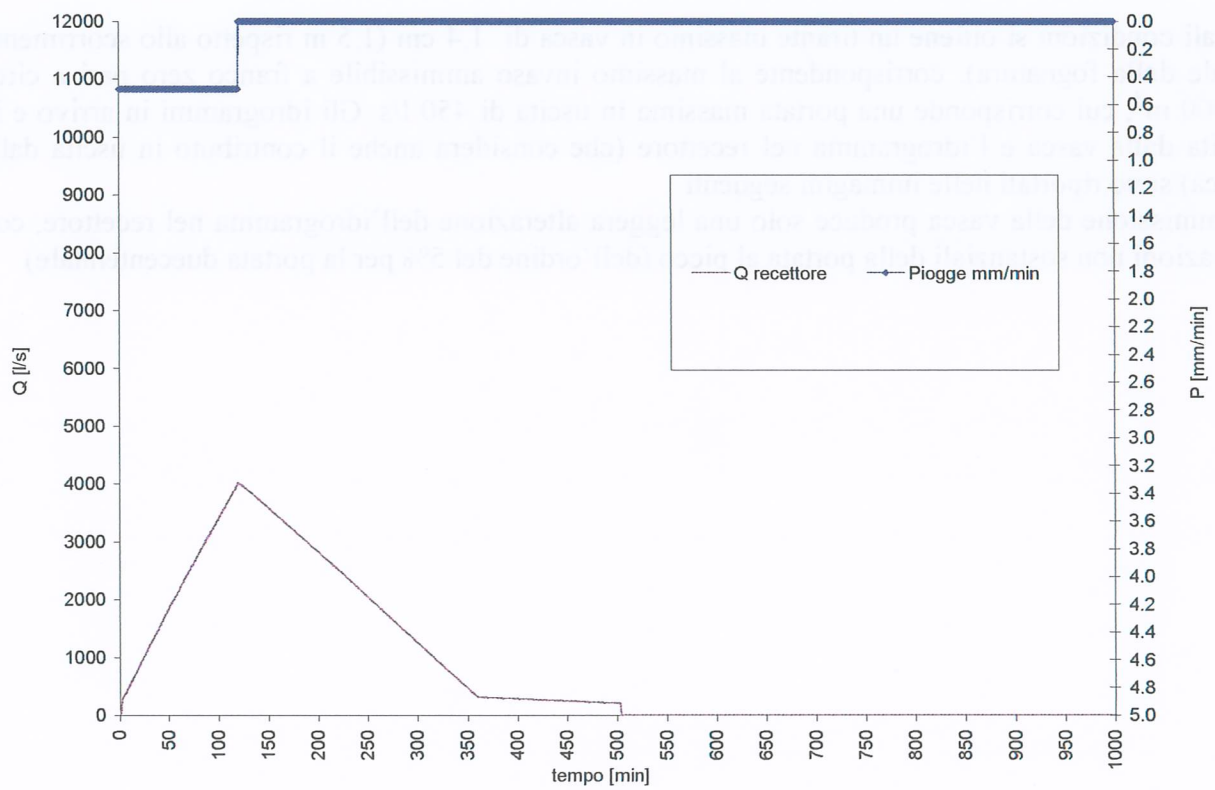
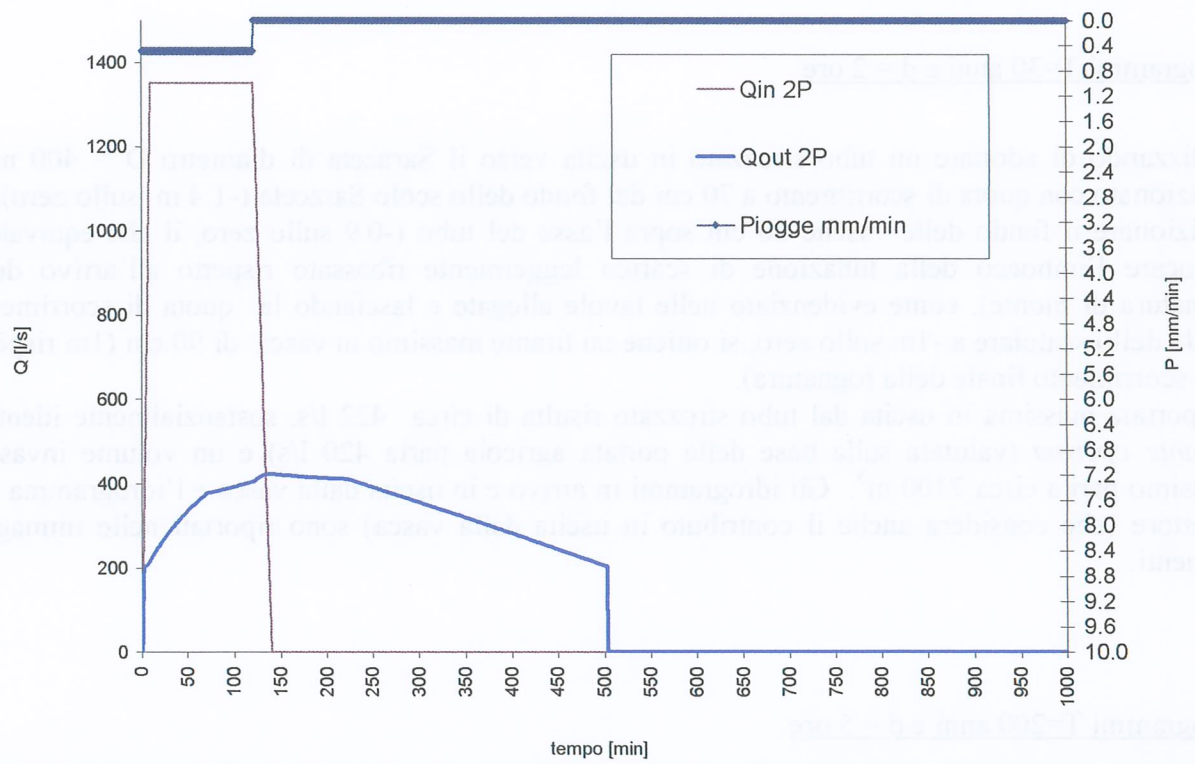


Figura 2- Idrogrammi in ingresso e in uscita dalla vasca in sinistra e nel recettore per pioggia di T= 30 anni e d= 2 ore

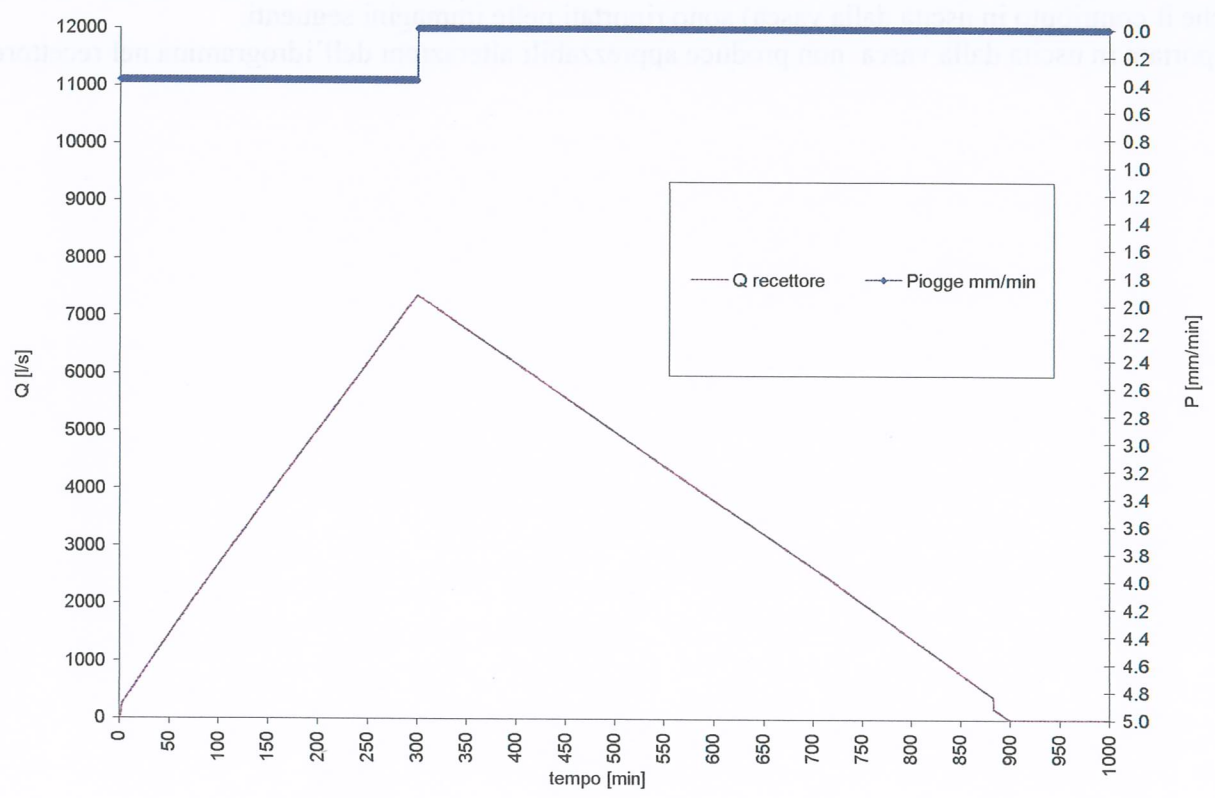
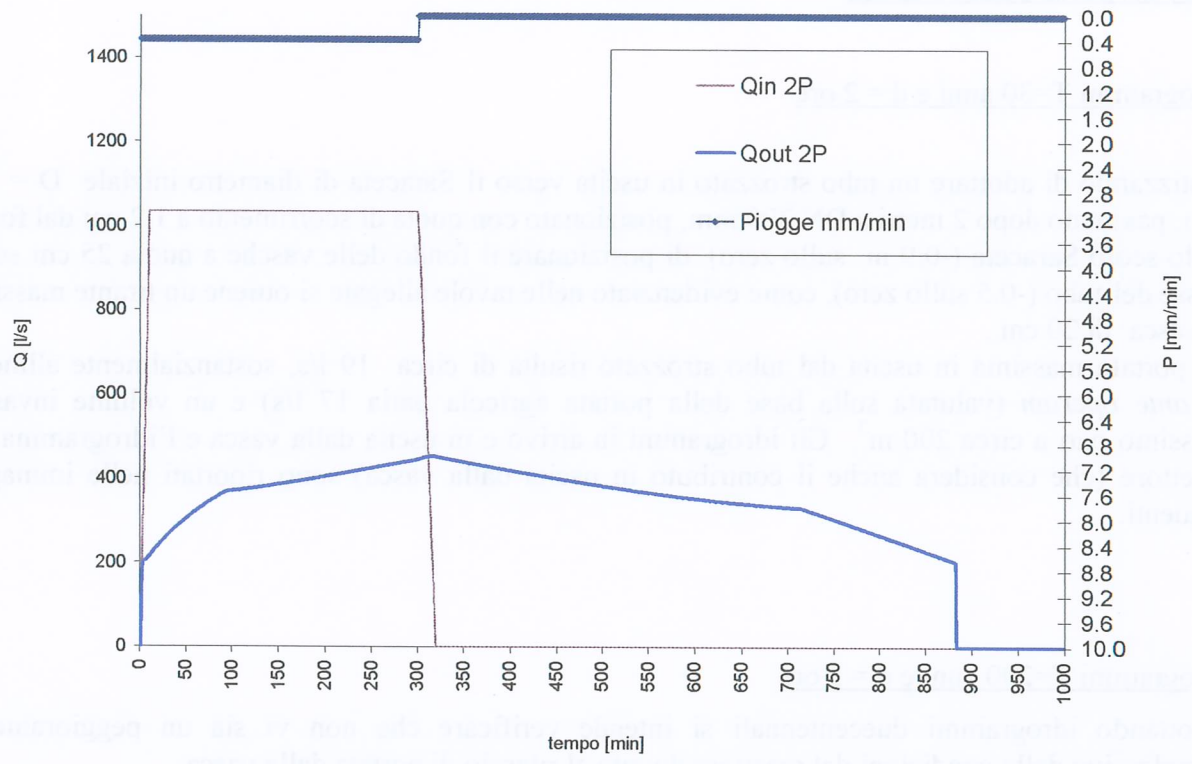


Figura 3- idrogrammi in ingresso e in uscita dalla vasca in sinistra e nel recettore per pioggia di T=200 anni e d= 5 ore

Risultati per la vasca in destra

Idrogrammi T=30 anni e d = 2 ore

Ipotizzando di adottare un tubo strozzato in uscita verso il Saraceta di diametro iniziale $D = 100$ mm, passando dopo 2 metri a DN 300 mm, posizionato con quota di scorrimento a 1,2 cm dal fondo dello scolo Saraceta (-0,9 m sullo zero), di posizionare il fondo delle vasche a quota 25 cm sopra l'asse del tubo (-0.5 sullo zero), come evidenziato nelle tavole allegate si ottiene un tirante massimo in vasca di 20 cm .

La portata massima in uscita dal tubo strozzato risulta di circa 19 l/s, sostanzialmente allineata all'*ante operam* (valutata sulla base della portata agricola pari a 17 l/s) e un volume invasato massimo pari a circa 200 m³. Gli idrogrammi in arrivo e in uscita dalla vasca e l'idrogramma nel recettore (che considera anche il contributo in uscita dalla vasca) sono riportati nelle immagini seguenti.

Idrogrammi T=200 anni e d = 5 ore

Adottando idrogrammi duecentennali si intende verificare che non vi sia un peggioramento complessivo delle condizioni del recettore dovuto al rilascio di portata dalla vasca.

In tali condizioni si ottiene un tirante massimo in vasca di 30 cm, corrispondente al massimo invaso ammissibile a franco zero pari a circa 300 m³, cui corrisponde una portata massima in uscita di 19 l/s. Gli idrogrammi in arrivo e in uscita dalla vasca e l'idrogramma nel recettore (che considera anche il contributo in uscita dalla vasca) sono riportati nelle immagini seguenti.

La portata in uscita dalla vasca non produce apprezzabili alterazioni dell'idrogramma nel recettore.

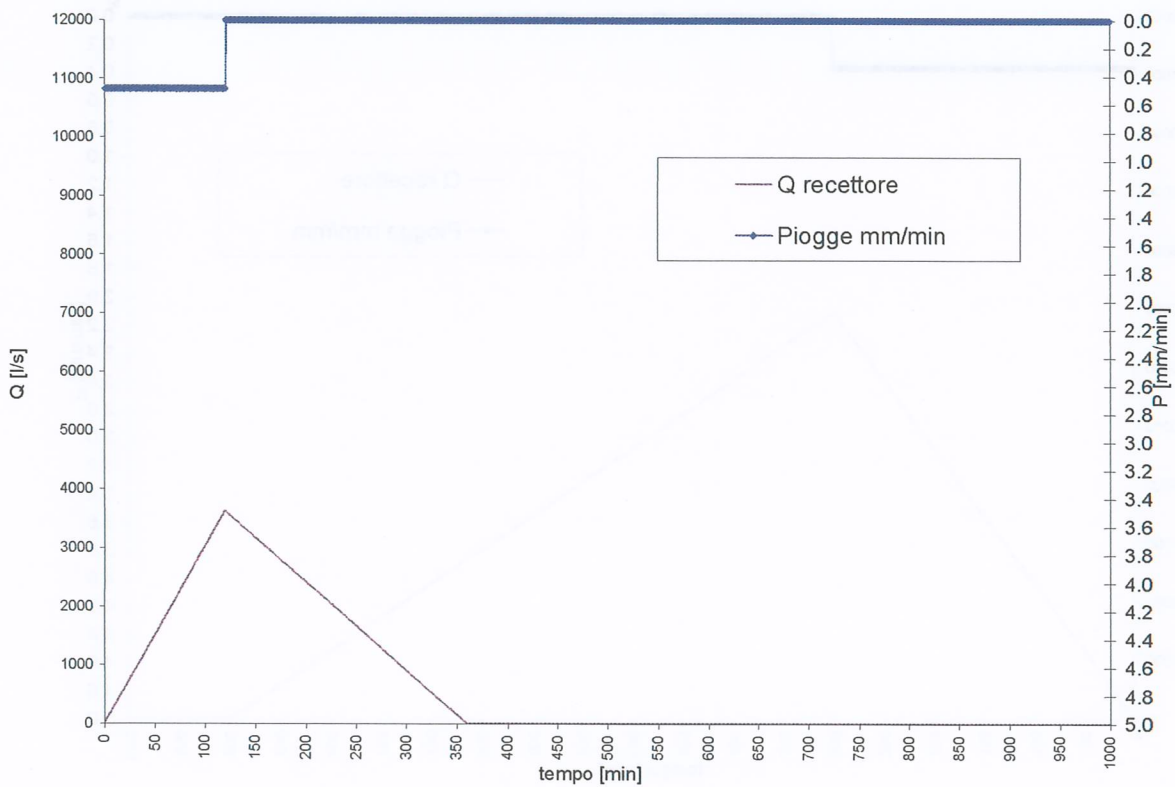
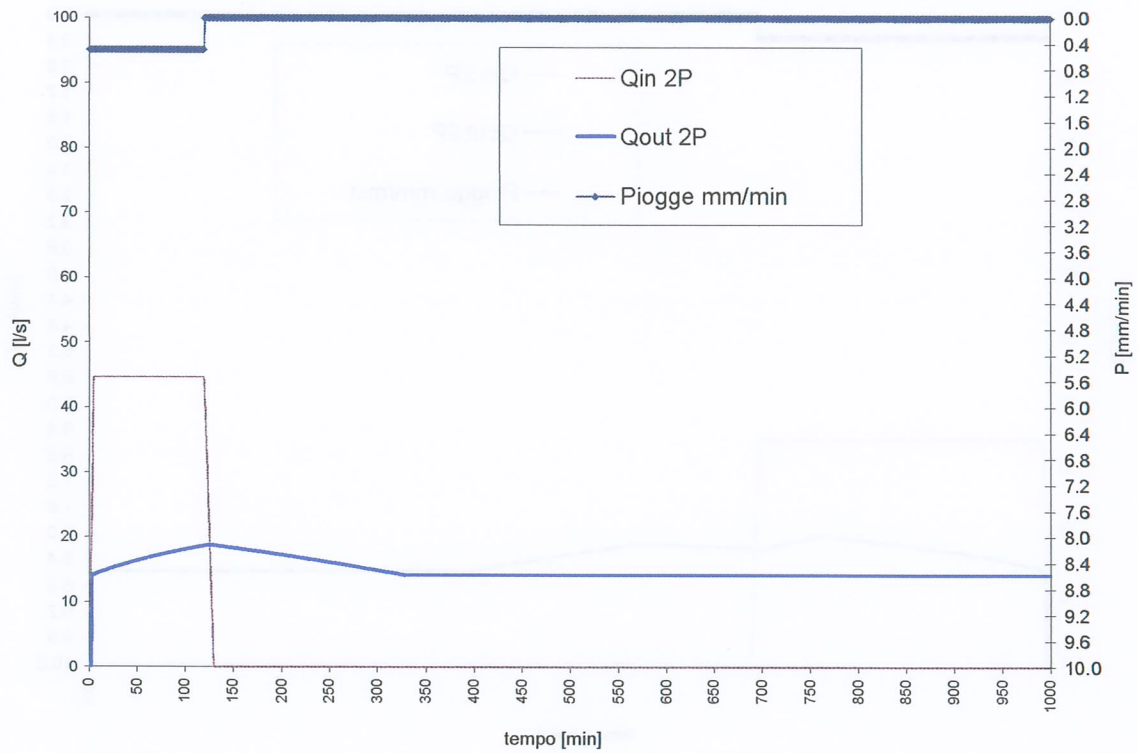


Figura 4- Idrogrammi in ingresso e in uscita dalla vasca in destra e nel recettore per pioggia di $T= 30$ anni e $d= 2$ ore

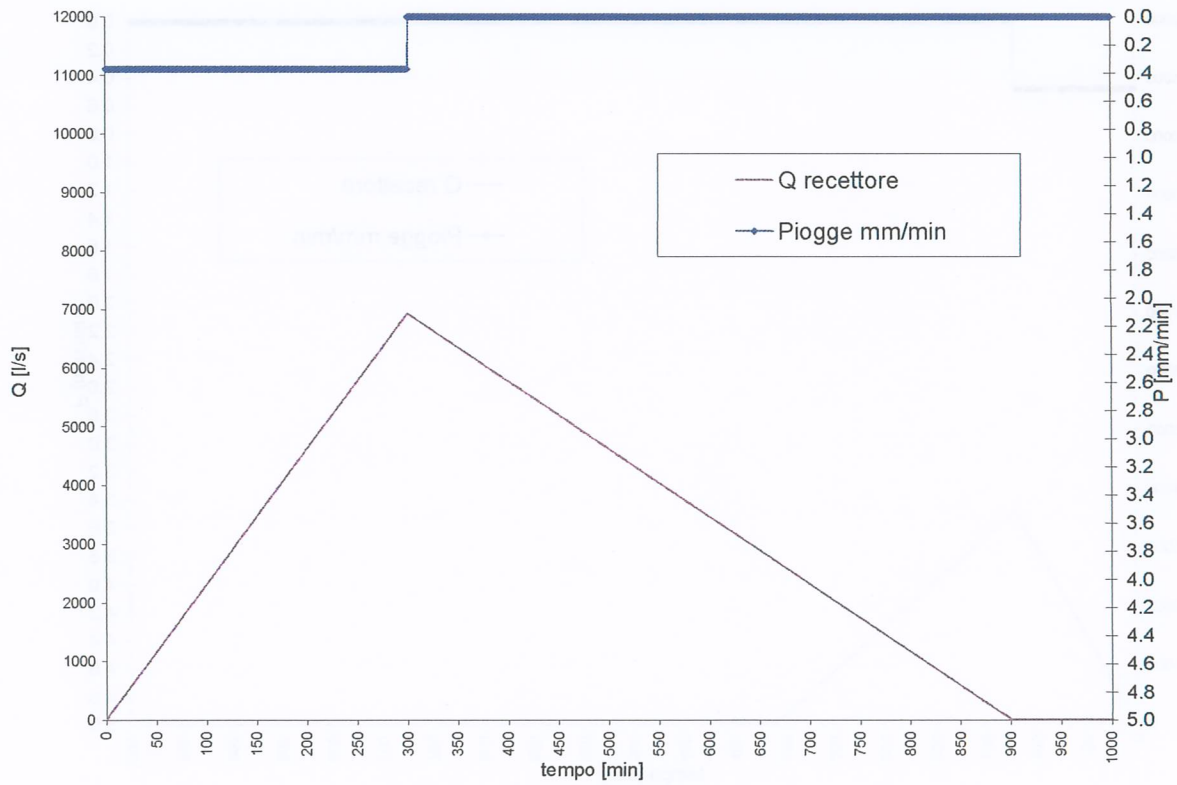
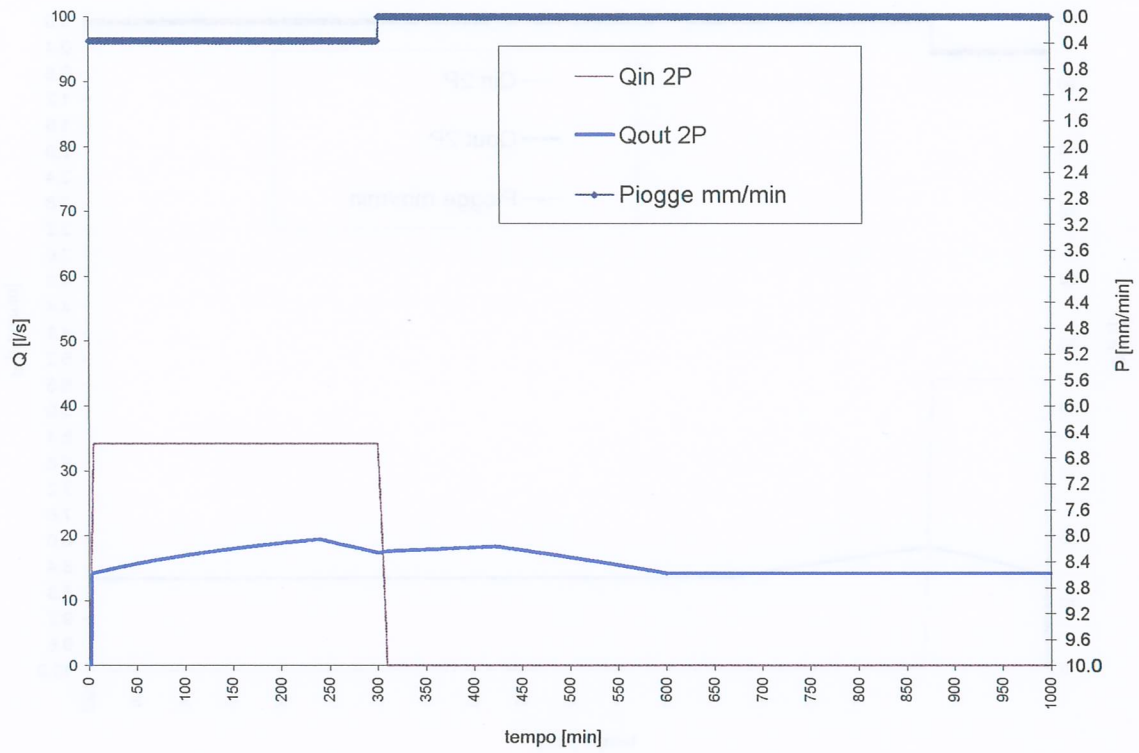


Figura 5- idrogrammi in ingresso e in uscita dalla vasca in destra e nel recettore per pioggia di T=200 anni e d= 5 ore

In sintesi la scelta di adottare un vasca di laminazione in sinistra prima dell'immissione nello scolo recettore permette, stanti le dimensioni indicate e con l'adozione di una luce di scarico di diametro 400 mm, di contenere la portata in uscita al valore *ante operam* per l'evento pluviometrico di 2 ore di durata e 30 anni di tempo di ritorno, con tiranti massimi attesi nelle vasche di laminazione di 90 cm.

La vasca in destra, con strozzatura di diametro 100 mm, invasa sino ad un massimo di 20 cm per portate in uscita di 19 l/s.

La verifica condotta con la portata duecentennale mostra come, pur annullandosi il franco nei due invasi (dimensionati del resto per tempi di ritorno trentennali di regola adeguatamente cautelativi per gli organi idraulici a servizio di reti fognarie bianche), di ulteriori 50 e 10 cm in sinistra e destra, non si ottenga alcun significativo aggravio delle condizioni del recettore, essendo le variazioni di portata al colmo riscontrate ampiamente entro i limiti di incertezza di questo tipo di valutazioni e non sussistendo nemmeno indesiderati effetti di rilascio ritardato di portate critiche per il recettore.

La stessa simulazione ripetuta per la vasca in sinistra (l'unica di dimensioni tali da suggerire l'ulteriore verifica) con la pioggia di progetto della rete fognaria di monte (durata 0.2 ore e portata di picco 5.4 mc/s), ipotizzando l'idrogramma di piena conseguente nel recettore, conduce a tiranti massimi nella vasca dell'ordine di 0,6 m; abbondantemente entro il franco di sicurezza.

Nel complesso il dimensionamento idraulico dei manufatti pare soddisfare sia i vincoli imposti dalla pianificazione urbanistica circa i tiranti massimi ed i temuti aggravii di oneri pubblici per la laminazione di acque "private", sia le necessità di invarianza idraulica per gli eventi di progetto.

Va infine considerato che i piani di calpestio interni ai lotti risulterebbero nell'attuale configurazione di progetto indicata, a circa 1,45 m sopra lo zero, dunque decisamente al di sopra dei possibili tiranti di invaso anche per gli eventi più gravosi.

ALLEGATI

Gli allegati aggiornano interamente le tavole presentate nelle precedenti *Relazioni* e sono costituiti da :

Tavola 1: Planimetria fognatura bianca e vasche di laminazione

Tavola 2: Sezioni

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

Centro di Studi sui Deflussi Urbani, *Sistemi di fognatura Manuale di progettazione*, HOEPLI, Milano, 1997

Marchi E., Rubatta A., 1981; *Meccanica dei Fluidi*, UTET, Torino.

HEC-RAS River Analysis System, 2002; *Hydraulic Reference Manual*; U.S Army Corps of Engineers- institute for Water Resources-Hydrologic Engineering Center.

Supino G., 1965 ; *Le reti idrauliche*, Patron Editrice, Bologna 1965

INDICE:

PREMESSE	2
SCELTA DEL SISTEMA DI REGIMAZIONE DELLE ACQUE PER L'AREA IN ESAME	2
DIMENSIONAMENTO IDRAULICO DEL SISTEMA DI REGIMAZIONE DELLE ACQUE PER L'AREA IN ESAME E RISPETTO DELLE CONDIZIONI DI INVARIANZA.....	3
ALLEGATI.....	11
BIBLIOGRAFIA:	12
INDICE:	12

**Golden Srl -Pesaro
Ecotech Srl - Cesena
Baruzzi Sabrina - Cesena**

**Dimensionamenti idraulici
per alcuni attraversamenti
sugli scoli Saraceta e Casale
ed ipotesi di spostamento
del tracciato dello scolo Casale**



Dott. Ing. Paolo Mazzoli

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Paolo Mazzoli'.

Cesena, ottobre 2007