

ALLEGATO N. 3

Relazione Idraulica

PROVINCIA DI VENEZIA

Piano di lottizzazione
“CORNARO”

COMUNE DI SALZANO

RELAZIONE IDRAULICA

1. Premesse

Il presente studio ha lo scopo di interpretare al meglio possibile la situazione che attualmente si presenta nell'area che sarà oggetto d'intervento e contemporaneamente progettare un sistema per lo smaltimento delle acque meteoriche che tenga conto sia delle sofferenze idrauliche che il nostro territorio già evidenzia sia dell'aggravio che si andrà a sommare con la trasformazione della destinazione d'uso dello stesso.

La modifica, infatti, delle caratteristiche geomorfologiche del territorio implica una trasformazione del comportamento idraulico dell'area: il grado di impermeabilizzazione della superficie nella quale si interverrà sarà direttamente proporzionale all'aumento della risposta idraulica in termini di portata e inversamente proporzionale ai tempi di restituzione. Entrambi gli aspetti verranno valutati con molta attenzione visto che in molte realtà si riscontrano sempre più spesso forti disagi che derivano dal verificarsi di forti scrosci (precipitazioni inferiori all'ora) e/o piogge di lunga durata (precipitazioni orarie). Il verificarsi di allagamenti può, infatti, avvenire sia in presenza di brevi precipitazioni caratterizzate da intensità straordinarie, sia da piogge di durata notevole, sia da entrambi gli aspetti.

Ovviamente, se nella progettazione della rete per la raccolta delle acque meteoriche non si tenesse conto di questo fondamentale aspetto che nel passato è stato fortemente sottovalutato, la conseguenza più evidente sarebbe rappresentata da fenomeni localizzati o anche diffusi di alluvionamento che potrebbero, come spesso succede, non verificarsi direttamente sul posto ma propagarsi per notevoli distanze a monte e a valle del canale ricettore finale, andando a creare situazioni di forte disagio e pericolo nel bacino interessato.

Lo scopo principale quindi che si vuole raggiungere è rappresentato dalla progettazione di una nuova configurazione dell'area che riequilibri sostanzialmente la risposta idraulica riportandola alle caratteristiche originarie sia in termini di tempo che di quantità.

Come si noterà di seguito, la metodologia utilizzata porterà ad una soluzione progettuale caratterizzata da una rete per lo smaltimento delle acque che fungerà da momentaneo invaso più che da via di deflusso diretta.

2. Inquadramento territoriale

Caratteristiche del territorio comunale e dell'area oggetto dell'intervento

Il comune nel quale si trova l'area è Salzano e precisamente a nord della strada provinciale n° 35. L'area destinata al nuovo piano di lottizzazione avrà indirizzo esclusivamente residenziale e per quanto riguarda lo scolo naturale delle acque meteoriche vista la sua configurazione e dimensione, predisponendo un idoneo sistema di raccolta e deflusso sotterraneo che fungerà non solo da via per garantire lo scarico ma anche da momentaneo invaso, si manterrà inalterato o meglio verrà addirittura diminuito il regime attualmente.



Attualmente l'area sulla quale si interverrà è adibita in parte ad uso agricolo ed in parte (tutto il PN 8) ad attività produttiva.

L'area oggetto del presente studio pur occupando un territorio vasto ha una forma abbastanza regolare e compatta ed andrà a localizzarsi proprio nella fascia compresa tra l'area residenziale esistente a ridosso della S.P. 35 e le nuove opere complementari al Passante Autostradale di Mestre.

La stessa confina:

- a NORD con una fascia di area verde che verrà occupata dalla nuova viabilità;
- ad EST con gli impianti sportivi del comune di Salzano;
- a SUD con un'area quasi esclusivamente residenziale;
- ad OVEST con un'area ad uso prettamente agricolo.

A conferma di quanto detto si riporta di seguito l'area con un'inquadratura territoriale più dettagliata dal quale appaiono evidenti le caratteristiche delle aree contermini.



Si riporta inoltre il rilievo aereofotogrammetrico che pur non essendo recente riesce a dare un quadro abbastanza completo dello stato dei luoghi.



Caratteristiche del territorio comunale sotto il punto di vista idraulico

L'area in oggetto, pur essendo quasi a ridosso dello scolo Piovego, risulta essere inserita nel bacino di affluenza dello scolo Fosso del Cimitero, scolo gestito dal Consorzio di Bonifica Sinistra Medio Brenta. Da un recente studio idraulico relativo al territorio comunale di Salzano, appare evidente che lo scolo Fosso del Cimitero risulta essere in una condizione critica che non gli consente di recepire e scolare tutta la portata proveniente dal centro.

Ovviamente la situazione attuale è il risultato di un continuo sviluppo che non è stato accompagnato da un necessario incremento dei sottoservizi esistenti: la rete di scolo sotterranea

A parte una piccola serie di scoline superficiali poste a nord che riversano le proprie acque direttamente nello Scolo Piovego, il resto della portata che si genera viene scaricato a sud est (punto B) in una affossatura che va ad “alimentare saltuariamente” i laghetti presenti all’interno del parco (punto C) che si trova a lato del Municipio e successivamente in corrispondenza si scarica nella condotta di fognatura di via Roma.

Tale affossatura fa parte di un sistema realizzato nel 1986/87 costituito da opera di presa idraulica che attingeva acqua dal fiume Muson Vecchio e dopo aver attraversato con una botte a sifone lo scolo Refosso Vallona alimentava i laghetti del parco comunale. Attualmente, dopo ripetuti sopralluoghi anche in corrispondenza di eventi di piena di entità interessante, si nota chiaramente che il funzionamento del sistema non solo risulta essere naturalmente impossibile ma addirittura invertito.

Si riportano di seguito una fotografia dell’opera di presa idraulica e una della botte a sifone scattate in corrispondenza degli eventi di pioggia che hanno interessato il nostro territorio durante i giorni 11, 12, 13 febbraio 2007: il livello che risulta essere sensibilmente più alto rispetto al normale deflusso non riesce ugualmente a raggiungere la quota minima necessaria che dovrebbe garantire l’adduzione ed innescare correttamente la botte a sifone.



Oltre a non garantire il prelevamento della portata, durante le giornate di pioggia si verifica un’inversione di flusso che innesca uno scarico nel Muson Vecchio. Visto che l’unico motore che

innesca uno spostamento di fluido è rappresentato dalla differenza di livello, è ovvio che il livello dell'acqua a valle della condotta (e con valle s'intende l'area della nuova lottizzazione, punto A), risulta essere più alto della quota della presa che di conseguenza funziona da manufatto di scarico.

Per garantire un nuovo apporto di acqua ai laghetti sarà necessario realizzare una nuova opera di presa da un bacino o canale caratterizzato da una quota assoluta del pelo libero ovviamente più alta rispetto a quella dei laghetti.

Proprio in considerazione di questo aspetto, l'Amministrazione Comunale è già stata messa alla luce del problema e prenderà provvedimenti per sistemare la situazione attuale.

Dalle considerazioni sopra riportate quindi appare chiaro che l'area scarica la propria portata quasi esclusivamente a sud est nel fossato che costeggia via Mazzini. Tale fossato che scorre lungo il confine che separa il terreno sul quale è ubicato il campo da calcio e le abitazioni esistenti risulta essere tombinato per una lunghezza di circa 140 metri ossia fino a dove l'acqua si riversa nelle affossature che contornano il parco.

Valutazioni progettuali di massima

Analizzando lo schema dei deflussi sopra riportato, appare evidente che la differenza di quota tra lo scolo Piovego (punto D) e il fossato posto a sud est dell'area (punto C) risulta essere notevole (-1.97 del fossato contro -1.75 dello scolo Piovego).

Rispettando i deflussi attuali, le soluzioni progettuali risultano essere molteplici proprio per il fatto che la quota del pelo libero risulta essere veramente bassa rispetto al piano campagna, ma tale soluzione pur essendo fortemente vantaggiosa dal punto di vista economico per i lottizzanti, non è stata presa in considerazione per il bene del territorio comunale.

I sistemi di laminazione e controllo della portata avrebbero garantito un valore del coefficiente udometrico inalterato rispetto allo stato attuale, ma la situazione a livello comunale non avrebbe ottenuto nessuna miglioria.

Col presente progetto invece si è deciso di diminuire il carico che la rete di condotte comunali attualmente deve sostenere e scaricare la portata del nuovo piano di lottizzazione il più possibile verso nord nel Piovego: in caso di eventi caratterizzati da tempi di ritorno superiori a 20 anni e quindi di entità superiore a quella di progetto, il sistema non interviene laminando la portata con lo sfioratore verso l'esterno, ma garantisce un margine di invaso superiore (rappresentato dall'invaso F) che però scarica la portata sempre controllata verso sud est nel punto B.

Il nuovo sistema per lo smaltimento delle acque meteoriche è progettato per consentire uno scarico limitato con funzionamento a gravità e sistemi multipli di laminazione (cinque invasi fuori linea ordinari, un invaso in linea, e un ulteriore invaso fuori linea di emergenza) che arrivano a garantire un invaso specifico straordinario (più di 670 mc/ha).

Il sistema inoltre è dotato di un meccanismo (azionabile solamente a mano) che permette di operare un vuotamento completo di tutte le linee durante le fasi di pulizia periodica delle condotte e delle aree a verdi collaboranti col sistema idraulico studiato.

3. Documentazione fotografica

Analisi dell'area interessata dall'intervento

L'area interessata dal nuovo piano di lottizzazione comprende tre piani norma:

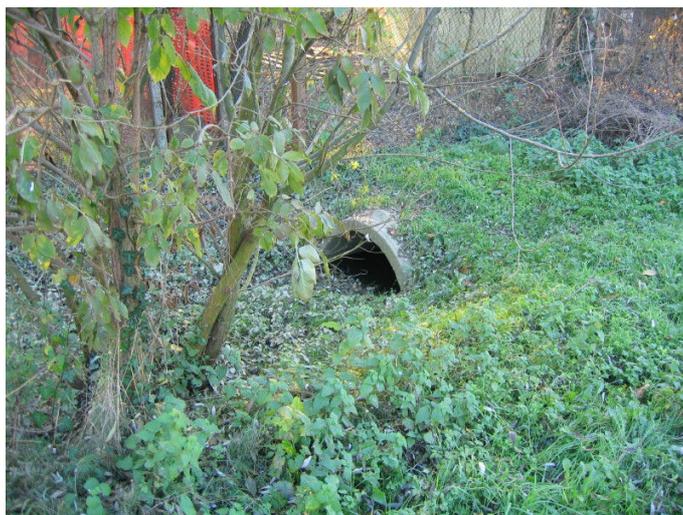
- ❑ PN 2 caratterizzato da un'estensione pari a circa 64.198 mq attualmente destinata ad uso agricolo;
- ❑ PN 3 caratterizzato da un'estensione pari a circa 61.916 mq attualmente destinato ad uso agricolo;
- ❑ PN 8 caratterizzato da un'estensione pari a circa 9.430 mq attualmente occupato da un fabbricato ad uso commerciale.

A parte il PN 8 che come detto risulta essere completamente occupato da edifici esistenti ed inglobato nel sistema edificatorio che nasce contermina la S.P. 35, le aree del PN 2 e PN 3 sono ancora destinate alla produzione agricola.

Le tipologie di coltura finora adottate non hanno mai richiesto la realizzazione di un sistema di irrigazione efficiente e a conferma di ciò appare evidente che la presenza di acqua è legata solamente alle periodiche ed occasionali precipitazioni. Non esiste, infatti, un sistema di scoline efficienti tali da garantire un livello di falda costante: l'acqua meteorica infatti viene eliminata direttamente per scorrimento superficiale che raggiunge il fosso a sud che come detto in precedenza scarica le proprie acque verso sud est.

Fossato a sud

Si riportano di seguito alcune fotografie che ritraggono il fosso a sud proprio nei giorni susseguenti un evento meteorico importante.



Fotografia n° 1



Fotografia n° 2



Fotografia n° 3



Fotografia n° 4



Fotografia n° 5



Fotografia n° 6



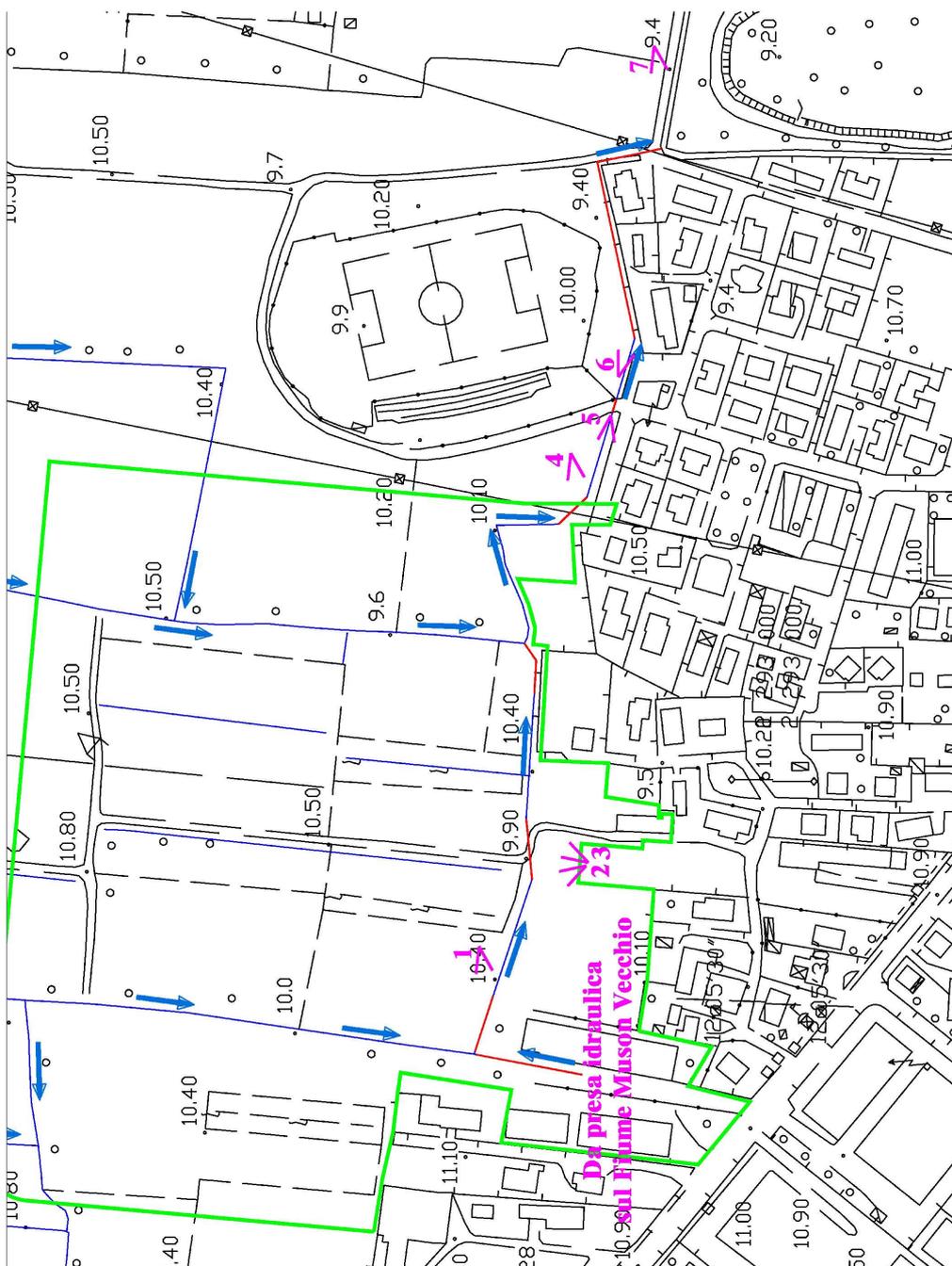
Fotografia n° 7

Monitorando il fossato durante tutto il 2006 è apparso chiaro che lo stesso aveva un ruolo fondamentale nel passato perché andava ad alimentare i laghetti comunali prendendo acqua dal Muson Vecchio. Ora a causa dell'abbassamento notevole del livello medio del pelo libero che rende l'opera di presa completamente inefficiente e che innesca solamente nei periodi piovosi un

inversione di flusso, il fossato non ha più valore “come immissario” ma diventa un fossato di bonifica.

Per la progettazione del presente piano di lottizzazione si è tenuto conto di questo aspetto e in accordo con l’Amministrazione Comunale si realizzerà un nuovo sistema di alimentazione dei laghetti completamente autonomo e a scorrimento naturale (senza l’ausilio di mezzi di sollevamento meccanico delle acque) e che garantirà un apporto di acqua regolato a seconda delle esigenze (per evitare il sovraccarico della fognatura esistente al quale i laghetti sono collegati).

Come appare evidente dalla tavola di progetto, il fossato non sarà eliminato, ma anzi verrà ricalibrato e diventerà parte della nuova rete per lo smaltimento delle acque meteoriche.



Scolo Piovego

Lo Scolo Piovego, come descritto anche nel Piano Regolatore delle Acque del Territorio Comunale di Salzano, è uno scolo di bonifica gestito dal Consorzio di Bonifica Sinistra Medio Brenta e scorre a nord del centro abitato.

La portata che transita ordinariamente è molto ridotta anche per il fatto che lo scolo nasce poche centinaia di metri più a monte e quindi l'area afferente è molto limitata e localizzata quasi esclusivamente a nord dello stesso.



Fotografia n° 8



Fotografia n° 9

Area PN 8 e PN 9

Si riporta di seguito la fotografia scattata dall'alto dell'area occupata dai due Piani Norma 8 e 9. Le scoline esistenti che come si vede dallo schema dei deflussi sono caratterizzate da quote di scorrimento molto alte hanno sezioni di deflusso ridottissime e come si vedrà verranno abbondantemente ricompensate dagli invasi di progetto.



4. Studio Idraulico dell'area

Scelta dei dati relativi alle precipitazioni

Per poter operare una quantificazione degli eventi meteorici che risultano critici ai fini delle opere in progetto si è condotta l'elaborazione statistica dei dati di precipitazione di durata inferiore e superiore all'ora arrivando in questo modo a definire l'equazione di possibilità pluviometrica da utilizzare per lo studio dell'area di interesse.

L'elaborazione dei dati pluviometrici forniti da una stazione di misura si svolge ricercando la relazione esistente tra l'altezza h delle precipitazioni e le loro durate t , che è data nella consueta forma:

$$h = a \cdot t^n$$

nella quale a ed n risultano costanti per la località nella quale sono state effettuate le misure.

Le elaborazioni statistiche sono state effettuate sulla base degli scrosci (precipitazioni inferiori all'ora di durata pari a 15', 30' e 45' minuti) e delle registrazioni orarie delle precipitazioni (con durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore) della stazione pluviografica di Mestre che oltre ad essere fisicamente vicina, risulta essere una delle stazioni pluviografiche con le ultime registrazioni in termini temporali più complete e che quindi possono riprodurre nel modo più affidabile possibile le caratteristiche degli eventi meteorici recenti.

Per calcolare le equazioni di possibilità pluviometrica relative a diversi tempi di ritorno, ci si è riferiti alla distribuzione doppio esponenziale di Gumbel che viene qui di seguito sinteticamente descritta.

Siano: $X(Tr)$ il valore dell'evento X caratterizzato da un tempo di ritorno Tr , ovvero l'evento che viene eguagliato o superato mediamente ogni Tr anni,

\bar{X} la media degli eventi considerati nel campione in esame,

F il fattore di frequenza,

S_x lo scarto quadratico medio della variabile in esame,

vale allora la seguente relazione:

$$X(Tr) = \bar{X} + F \cdot S_x.$$

La distribuzione doppio esponenziale di Gumbel, adatta a rappresentare i valori estremi di una variabile idrologica, assegna ad F la seguente espressione:

$$F = \frac{Y(Tr) - \bar{Y}_N}{S_N}$$

essendo:

$$Y(Tr) = -\ln\left(-\ln\frac{Tr-1}{Tr}\right) \quad \text{la variabile ridotta,}$$

N il numero degli anni di osservazione

$$\bar{Y}_N = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y_i \quad \text{la media della variabile ridotta}$$

$$S_N = \left[\frac{1}{N-1} \sum (Y_i - \bar{Y}_N)^2 \right]^{1/2} \quad \text{lo scarto quadratico medio della variabile ridotta,}$$

dove per il calcolo di Y_i si assuma la formula di plotting position di Weibull:

$$Tr = \frac{N+1}{i}.$$

Dalle equazioni sopra descritte, prefissato un tempo di ritorno Tr , si possono ricavare per ogni durata i valori corrispondenti di h . Per approssimare i dati così ottenuti alla curva di possibilità pluviometrica di equazione $h = a \cdot t^n$, si ricorre all'approssimazione ai minimi quadrati.

Pur riportando i valori dei parametri a ed n calcolati per vari tempi di ritorno, per lo studio in oggetto, si è ritenuto più appropriato utilizzare un tempo di ritorno pari a 20 anni.

Parametri legati agli scrosci:

Tempo di ritorno	a (mm)	n
$T_r = 2$ anni	29.31	0.387
$T_r = 5$ anni	41.79	0.411
$T_r = 10$ anni	50.05	0.421
$T_r = 20$ anni	54.71	0.425

Parametri legati alle precipitazioni orarie:

Tempo di ritorno	a (mm)	n
$T_r = 2$ anni	27.68	0.273
$T_r = 5$ anni	37.82	0.291
$T_r = 10$ anni	44.53	0.298
$T_r = 20$ anni	48.31	0.301

Le due curve di possibilità pluviometrica risultano pertanto le seguenti:

Scrosci $h = 54.71 \cdot t^{0.425}$

Precipitazioni orarie $h = 48.31 \cdot t^{0.301}$

h: altezza di pioggia (mm) $h = at^n$

a: intercetta della retta di regressione (mm*s⁻ⁿ)

n: pendenza della retta di regressione

t: tempo di pioggia (ore)

I valori ricavati vanno modificati tenendo conto dell'estensione superficiale (S) attraverso le formule di Puppini:

$$a' = a \cdot \left[1 - 0.052 \cdot \frac{S}{100} + 0.002 \cdot \left(\frac{S}{100} \right)^2 \right], \quad n' = n + 0.0175 \cdot \frac{S}{100} .$$

Inoltre, per considerare la variabilità del coefficiente di deflusso (vedi spiegazione nel paragrafo successivo) con la durata della precipitazione, l'esponente n dell'equazione di possibilità pluviometrica deve essere moltiplicato per 4/3, come meglio precisato nel paragrafo seguente.

Apportando le correzioni sopra menzionate, le curve di possibilità pluviometrica risultano pertanto essere le seguenti:

Scrosci $h = 54.33 \cdot t^{0.570}$

Precipitazioni orarie $h = 47.97 \cdot t^{0.404}$

Coefficienti di deflusso

La stima della frazione di afflusso meteorico efficace ai fini del deflusso attraverso una rete di collettori, si realizza mediante il *coefficiente di deflusso* ϕ , inteso come rapporto tra il volume defluito attraverso un'assegnata sezione in un definito intervallo di tempo ed il volume di pioggia precipitato nell'intervallo stesso.

Per le reti destinate alla raccolta delle acque meteoriche (fognature bianche) valgono, di massima, i coefficienti relativi a piogge di durata oraria (ϕ_1) riportati nella tabella seguente:

Tipo di superficie	Coefficiente di deflusso φ_1
Coperture, pavimentazioni impermeabili	0.9
Strade	0.9
Pavimentazioni camminamenti	0.9
Pavimentazioni drenanti	0,6
Aree verdi (giardini)	0.3

Nel caso in cui superfici scolanti di diversa natura (caratterizzate da diversi valori del coefficiente di deflusso φ), siano afferenti al medesimo tratto di tubazione, è necessario calcolare la media ponderale di φ ; detto φ_i il coefficiente di deflusso relativo alla superficie S_i , sarà:

$$\bar{\varphi} = \frac{\sum \varphi_i S_i}{\sum S_i}$$

Il coefficiente di deflusso varia con la durata della precipitazione, ma può essere correlato ai valori sopra esposti, secondo la relazione seguente:

$$\varphi = \mu h^{\frac{1}{3}}$$

Ricordando che $h = at^n$, dalla precedente si ottiene: $\varphi = \mu a^{\frac{1}{3}} t^{\frac{n}{3}}$; perciò, $\varphi_1 = \mu a^{\frac{1}{3}} (1)^{\frac{n}{3}}$, da cui $\varphi = \varphi_1 t^{\frac{n}{3}}$. L'afflusso alla rete (φh), per quanto visto sopra si può esprimere come: $\varphi h = \varphi_1 (at^n)^{\frac{n}{3}} = \varphi_1 at^{(\frac{4}{3})n}$.

In conclusione, è possibile trattare il coefficiente di deflusso come costante e pari a quello relativo alla precipitazione di durata oraria (φ_1), a patto di utilizzare l'esponente $4/3n$ che diviene perciò:

$$n_1 = \frac{4}{3} n$$

Coefficiente di deflusso attuale e di progetto

L'area attualmente è caratterizzata da un valore del coefficiente di deflusso superficiale che varia da 0.2 (per il PN 2 e PN 3) a 0.9 (per il PN 8).

Il valore del coefficiente idrometrico caratteristico dell'area in oggetto valutato per un tempo di ritorno di 20 anni è sicuramente superiore ai 20 l/s*ha: la motivazione è da ricercare sia nel valore elevato della pendenza del piano campagna che favorisce uno scorrimento superficiale

marcato tale da determinare un valore basso del tempo di corrivazione sia dalla situazione compromessa che si presenta nel PN 8.

In ogni caso, per interventi di questo tipo, il Consorzio di Bonifica non richiede una valutazione della variazione della portata basandosi da un lato sui valori delle precipitazioni e dall'altro sulla valutazione della variazione del coefficiente di deflusso superficiale, bensì una progettazione che ripristini lo stato dei luoghi al tempo precedente qualsiasi tipo di intervento edificatorio.

Visto quindi che la situazione dello stato di fatto non risulta essere fondamentale per la determinazione dei volumi di laminazione necessari a mantenere inalterato il regime di portata consegnato alla rete esterna, appare evidente sia necessario valutare il valore del coefficiente di deflusso ad intervento ultimato.

Per tale motivo si ipotizza a favore di sicurezza un valore del coefficiente udometrico pari a 10 l/s*ha calcolato per un evento caratterizzato da un tempo di ritorno ventennale: rapportando tale valore al nuovo bacino si ottiene un valore della portata massima da restituire direttamente alla rete esterna pari a

Area	Estensione in mq	Q _{u max} (l/s)
PN 2-3-8	135.151	135.2

Si noti che il bacino considerato per il calcolo della portata massima e dei relativi volumi d'invaso comprende anche tutte le aree a verde pubbliche anche se le stesse verranno volutamente mantenute in depressione rispetto alla quota media della strada della lottizzazione.

Nella tabella che segue si è ricavato il valore medio del coefficiente di deflusso che caratterizza le superfici fondiarie.

Tipo di superficie	φ	Area mq
Superfici coperte e impermeabili	0.9	22.186
Superfici drenanti	0.6	6.339
Aree verdi (giardini privati dei singoli lotti)	0.3	34.865
<u>Valore medio calcolato φ</u>	<u>0.54</u>	63.390

Inserendo quindi il valore appena calcolato in una panoramica globale che tenga conto di tutte le caratteristiche di assorbimento delle aree si ottengono i seguenti valori medi dei coefficienti di deflusso:

Tipo di superficie	ϕ	Area mq
Superficie fondiaria	0.54	63.390
Strade, marciapiedi, superfici impermeabili	0.9	24.376
Pavimentazioni drenanti parcheggi	0.6	18.341
Verde pubblico	0.3	29.044
<u>Valore medio calcolato ϕ</u>	<u>0.56</u>	135.151

Il valore medio del coefficiente di deflusso superficiale è risultato essere pari a **$\phi=0.56$** .

Si ricordi che per pavimentazioni drenanti si intendono quelle destinate ai parcheggi con fondo in materiale permeabile come ghiaia, tout-venant, sabbia sopra al quale posare senza l'uso di conglomerati cementizi o bituminosi le mattonelle auto-bloccanti.

Metodo utilizzato per il calcolo del volume d'invaso

La trasformazione d'uso del suolo introdotta dalle nuove urbanizzazioni implica l'aumento del coefficiente udometrico u con il conseguente aumento della portata scaricata nel corpo idrico ricettore; per mantenere inalterato il contributo specifico dell'area d'intervento, risulta necessario trovare dei volumi d'invaso (superficiale o profondo) che consentano di ridurre ragionevolmente le portate in uscita durante gli eventi meteorici. Il calcolo del volume d'invaso necessario a tal fine, si effettua considerando costante il valore della portata in uscita ($Q_u = u \cdot S$) dal bacino, posto pari a quello che si stima essere prodotto dalle superfici scolanti, prima che ne venga modificata la conformazione.

Il volume in ingresso al sistema per effetto di una pioggia di durata τ risulta:

$$V_i = S \cdot \phi \cdot h(\tau)$$

dove S è la superficie del bacino, ϕ è il coefficiente di deflusso (costante) e $h(\tau)$ l'altezza di pioggia caduta nel tempo τ .

Nello stesso tempo il volume in uscita dal sistema è:

$$V_u = Q_u \cdot \tau$$

Il volume da invasare è quindi:

$$V = V_e - V_u = S \cdot \phi \cdot a \cdot \tau^n - Q_u \cdot \tau$$

Il volume da assegnare alla laminazione è quello massimo ottenibile dalla precedente e quindi quello corrispondente ad una precipitazione di durata $\tau_{V_{max}}$. Il problema si riduce al calcolo

del massimo di una funzione, che matematicamente si esprime eguagliando a zero la sua derivata prima.

$$\tau_{V \max} = \left(\frac{Q_u}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

e quindi

$$V_{\max} = S \cdot \varphi \cdot a \cdot \left(\frac{Q_u}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{n}{n-1}} - Q_u \cdot \left(\frac{Q_u}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

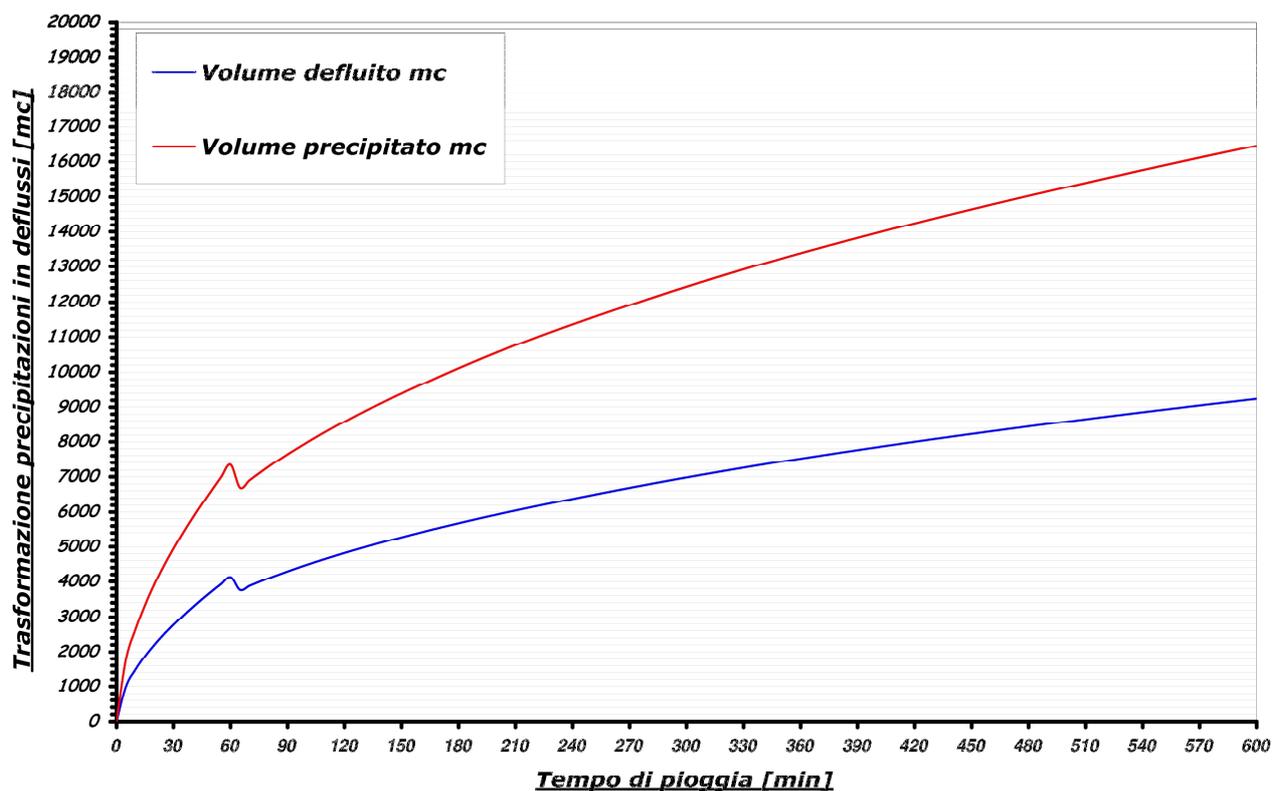
Il calcolo viene sviluppato sia per le piogge di durata inferiore all'ora (scrosci) che per le piogge orarie e come vedremo l'evento che solleciterà maggiormente il sistema sarà quello conseguente ad una precipitazione superiore all'ora.

Calcolo del volume d'invaso

Si assume come portata costante teorica imposta in uscita dal bacino quella calcolata precedentemente corrispondente a quella generata in corrispondenza di un evento caratterizzato da un tempo di ritorno pari a 20 anni.

Il volume d'invaso massimo ottenuto necessario a garantire tale portata è pari a $V_{\max}=4599 \text{ m}^3$ e si raggiunge in presenza di una precipitazione di durata pari a $T_{V\max}= 390 \text{ min}$. (la precipitazione più gravosa quindi che sollecita maggiormente l'area in termini di volumi di laminazione si verifica con i dati relativi alle precipitazioni orarie dopo circa 6 ore e 30 minuti).

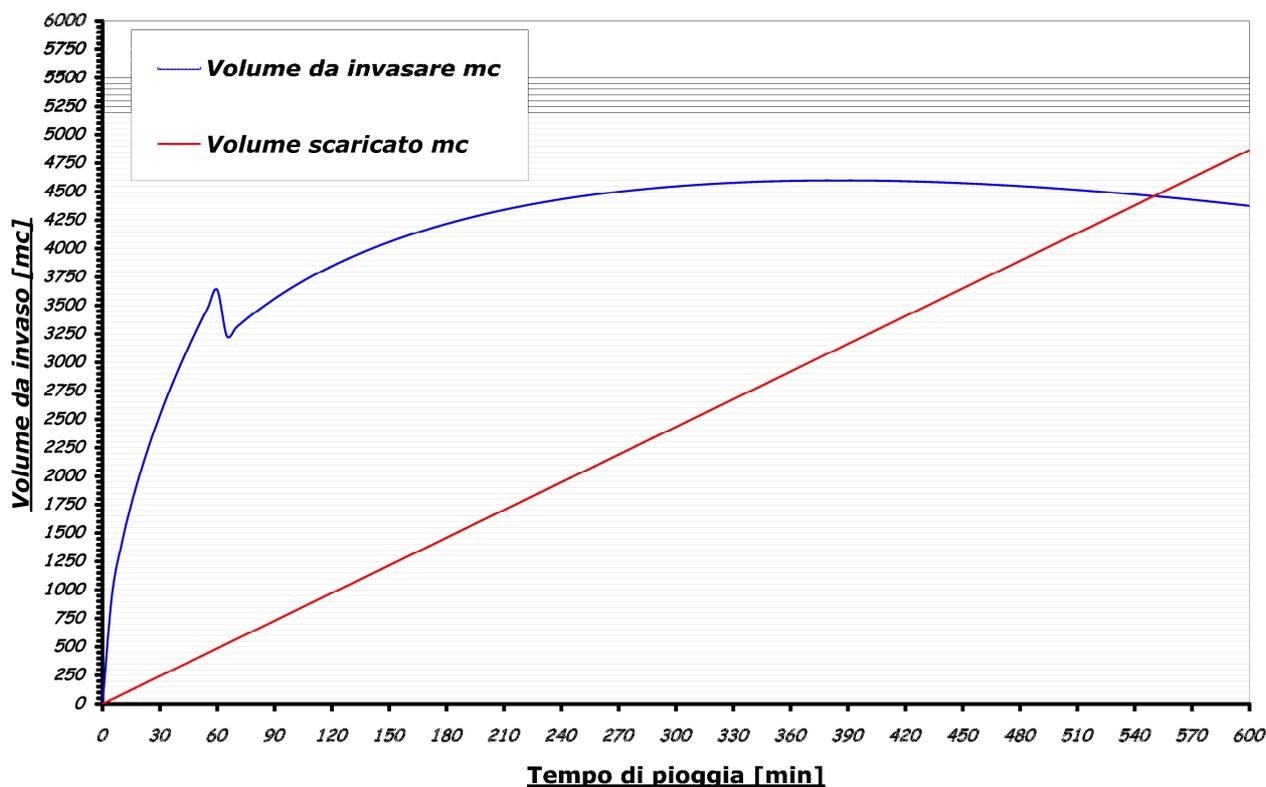
I grafici di seguito riportati danno una chiara rappresentazione dei calcoli effettuati.



Nel grafico sono riportate due curve, una identificativa del volume precipitato ed una del volume defluito.

La curva denominata "Volume precipitato mc" è quella composta dai volumi espressi in metri cubi derivanti direttamente dall'equazione di possibilità pluviometrica evidenziata in precedenza.

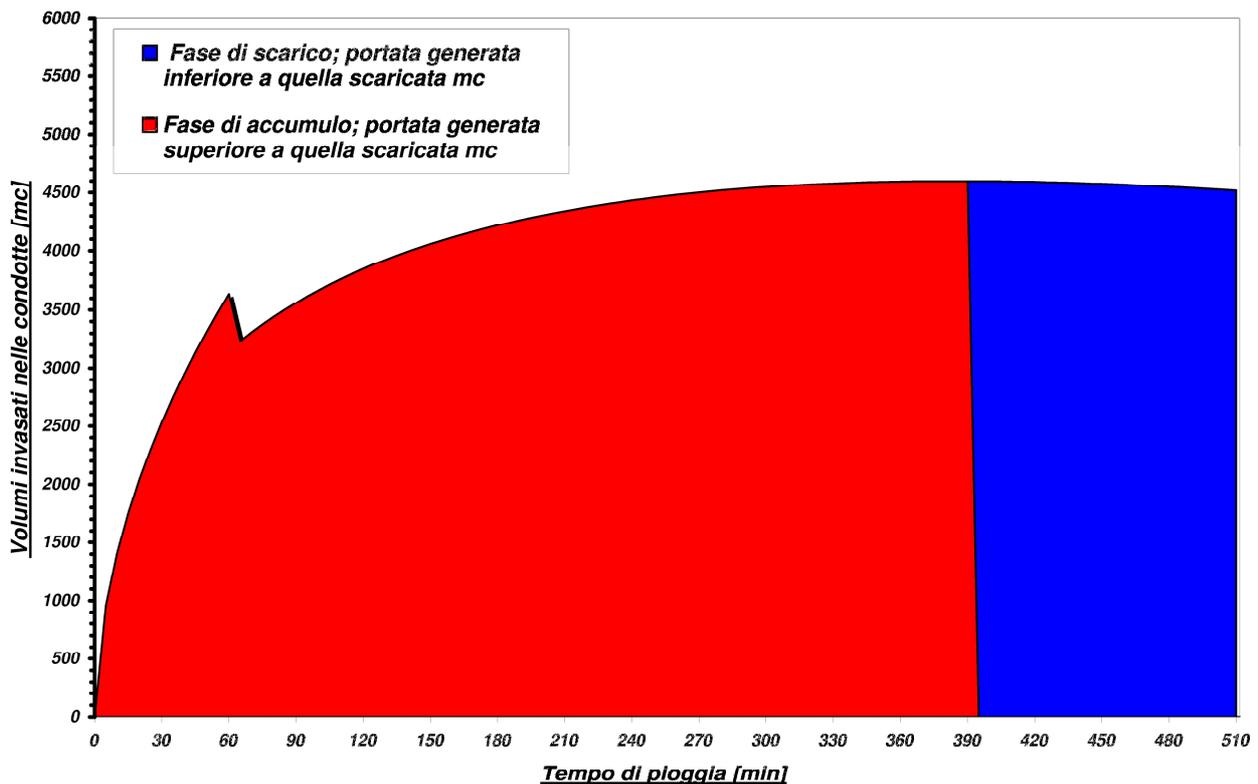
La curva denominata "Volume defluito mc" è quella composta dai volumi espressi in metri cubi derivanti dalla precedente ma che viene moltiplicata per il coefficiente di deflusso medio sopra calcolato. Il suo valore allora rappresenta effettivamente ciò che grava sul sistema scolante e che come vedremo deve essere "mitigato".



Anche in questo grafico sono riportate due curve, una identificativa del volume scaricato ed una del volume da invasare.

La curva denominata "**Volume scaricato mc**" è quella composta dai volumi espressi in metri cubi della portata che è possibile scaricare direttamente in rete. In effetti, come precedentemente spiegato, per evitare che il nuovo complesso residenziale arrechi uno scompenso all'area stessa e a quelle adiacenti verrà installato nel punto di consegna finale un pozzetto limitatore in grado di controllare la portata rilasciata.

La curva denominata "**Volume da invasare mc**" è quella composta dai volumi espressi in metri cubi che il pozzetto regolatore di portata non consente di scaricare direttamente nel punto di recapito finale. In pratica il nuovo sistema di condotte assumerà la funzione di un polmone idrico che in caso di piogge abbondanti si riempirà in attesa di poter successivamente restituire il volume invasato. L'inizio dello svuotamento potrà avvenire nel momento in cui la portata in arrivo cioè la portata defluita sarà minore di quella scaricata.



Il presente grafico rappresenta in maniera molto chiara il funzionamento dell'invaso minimo richiesto per garantire un valore della portata uguale tra lo stato di fatto e lo stato di progetto.

La portata generata da un evento caratterizzato da un tempo di ritorno pari a 20 anni durante i primi 390 minuti di pioggia è superiore a quella che può essere effettivamente scaricata dal manufatto di controllo e quindi secondo per secondo nelle condotte si assisterà ad un innalzamento continuo del livello idrico che salirà molto rapidamente nella fase iniziale della precipitazione (lo scroscio genera portate molto elevate e dal grafico si nota che la pendenza della curva durante la prima ora è di gran lunga superiore rispetto a quella delle ore successive) e andrà a mano a mano diminuendo fino ad arrestarsi in corrispondenza dei 390 minuti.

Da questo momento in poi, la portata sarà diminuita al punto tale da essere inferiore al valore di progetto Q_u e quindi molto lentamente il livello idrico raggiunto nelle condotte comincerà a scendere fino allo svuotamento completo dell'intero sistema.

5. *Realizzazione degli invasi*

La conformazione della rete per lo smaltimento delle acque meteoriche verrà realizzata in modo tale da permettere al sistema di invasare un volume minimo non inferiore a quello calcolato $V_{\max} = 4599 \text{ m}^3$ in occasioni di eventi meteorici caratterizzati da un tempo di ritorno pari a vent'anni.

L'invaso appena calcolato verrà realizzato con la predisposizione di un sistema che si auto-regolerà in funzione della quantità d'acqua da invasare andando gradualmente ad interessare superfici diverse poste a quote altimetriche differenziate.

Tale sistema che descriveremo in seguito, avrà una capacità tale da superare di gran lunga il volume minimo necessario a contenere un evento ventennale.

In definitiva, come si può notare dalla tavola riportante la distribuzione planimetrica, si è ricorsi all'uso di:

1. **736 metri lineari di condotte di diametro interno pari a 100 cm** che computati con un riempimento pari al 90% offrono un volume di **548 mc**;
2. **1530 metri lineari di condotte di diametro interno pari a 80 cm** che computati con un riempimento pari all'90% offrono un volume di **729 mc**;
3. **n° 18 pozzetti delle dimensioni interne 150x150x150** computati anch'essi al 90% per un volume di **36 mc**;
4. **n° 35 pozzetti delle dimensioni interne 120x120x120** computati anch'essi al 90% per un volume di **45 mc**;
5. **affossatura in corrispondenza del verde posto a sud con sezione media pari a 2.6 mq/ml per una lunghezza di 225 ml** per un volume complessivo di **585 mc**;
6. **invaso in linea col fossato costituito da una depressione di 959 mq e tirante massimo previsto pari a 87 cm** per un volume complessivo di **834 mc**;
7. **invaso A in linea col fossato posto a nord con sezione media pari a 4.64 mq/ml per una lunghezza di 181 ml** per un volume complessivo di **840 mc**;
8. **invaso B in linea col fossato posto a nord con sezione media pari a 5.45 mq/ml per una lunghezza di 181 ml** per un volume complessivo di **986 mc**;
9. **invaso C fuori linea posto sulla sinistra idraulica del fossato a sud e dell'invaso in linea allo stesso costituito da una depressione di 1656 mq e tirante massimo previsto pari a 35 cm** per un volume complessivo di **579 mc**;
10. **invaso D fuori linea posto sulla destra idraulica del fossato a sud costituito da una depressione di 2483 mq e tirante massimo previsto pari a 15 cm** per un volume complessivo di **373 mc**;
11. **invaso E fuori linea posto sulla destra idraulica del fossato a sud costituito da una depressione di 5534 mq e tirante massimo previsto pari a 15 cm** per un volume complessivo di **830 mc**;

12. **invaso F fuori linea posto sulla destra idraulica del fossato a sud costituito da una depressione di 3099 mq e tirante massimo previsto pari a 72 cm** per un volume complessivo di **2276 mc**;
13. **volume specifico** caratteristico delle aree urbanizzate (nei calcoli eseguiti non si è tenuto conto del volume reso disponibile dalle caditoie, piccole condotte e tutti quei sistemi che per forma propria riescono a contenere momentaneamente dell'acqua) **pari a 40 mc/ha** che rapportato all'area effettiva del bacino ($S = 135.151$ mq) è pari a **540 mc**.

Sommando tutti i volumi sopraddetti si ottiene una capacità di invaso proprio del nuovo piano di lottizzazione pari a **9201 mc** valore nettamente superiore ai 4599 mc calcolati.

In termini di volume specifico, ogni singolo ettaro appartenente alla nuova lottizzazione disporrà di un volume pari a **681 mc**.

Si noti che i fossati che verranno realizzati a confine con la nuova lottizzazione non sono stati computati nel conteggio dei volumi: gli stessi verranno realizzati in accordo con i proprietari (lato ovest) e con il comune (lato est) per permettere un grado di sicurezza ulteriore e un inserimento nel territorio senza danneggiare o limitare le proprietà confinanti.

Oltre ai sistemi e dispositivi sopra menzionati, per garantire un ulteriore grado di sicurezza, tutte le aree a verde pubbliche, seppure conteggiate per il calcolo del volume da laminare, verranno realizzate ad una quota inferiore di 10 cm rispetto alle aree contermini e verranno scollegate dalla rete di raccolta per le acque meteoriche.

Per assicurare il funzionamento della linea progettata, per garantire una portata scaricata limitata ad un valore prestabilito e per permettere il riempimento dell'invaso solamente in caso di eventi eccezionali, si è ricorsi all'utilizzo di manufatti che posati a quote idonee permetteranno il mantenimento dello stesso in efficienza a patto di provvedere a periodiche ispezioni ed interventi di pulizia.

Come identificati in planimetria i pozzetti utilizzati sono:

1. manufatto **C1** per il controllo della portata in uscita a nord sullo scolo Piovego;
2. pozzetto **C2** che garantisce (raggiunto un grado di riempimento delle condotte pari a 90%) lo smistamento della portata "in eccesso" verso il fossato esistente posto a sud est;
3. pozzetto **C3** per il controllo della portata che limita il deflusso delle acque laminate dall'invaso F e successivamente, contemporaneamente al pozzetto C2, sfiora l'acqua in eccesso verso il fossato esistente a sud-est.

I pozzetti **C2** e **C3** servono inoltre per permettere il vuotamento completo degli invasi predisposti a sud nell'area a verde: la parete divisoria infatti è dotata di una fessura con gargami che trattengono una lamina che se alzata mette in comunicazione idraulica la condotta proveniente dal pozzetto W8 con lo scarico verso il fossato esistente.

La predisposizione all'interno della rete progettata per l'attuazione di una manovra di questo tipo è assolutamente necessaria per garantire il mantenimento in efficienza del sistema studiato: la pulizia periodica e frequente della nuova linea è necessaria ancor più visto che il sistema studiato

gode di invasi naturali che ovviamente rilasciano molto più sporco e sedimento delle condotte in calcestruzzo.

Avere un punto di scarico alternativo e più vicino agli invasi sul verde quindi comporta una pulizia più sicura ed evita che il sedimento possa trascinarsi fino all'interno delle condotte da 100 cm nei pressi del manufatto di regolazione della portata C1 limitandone od addirittura precludendone il funzionamento.

Manufatto C1 di controllo della portata

Per fare in modo che l'invaso calcolato venga effettivamente utilizzato, poco a monte del punto di immissione della condotta finale di scarico nella rete esterna che in questo caso è rappresentata dallo scolo Piovego a nord dell'area interessata dall'intervento si prevede la posa di un manufatto di laminazione della portata. Questo è caratterizzato dalla presenza di un setto perpendicolare allo scorrimento del fluido che grazie ad una piccola apertura rettangolare posta alla base dello stesso (e allineata con la stessa quota di scorrimento della condotta in arrivo dalla lottizzazione) limita la portata in uscita riportandola al valore preesistente.

Il sistema di funzionamento dello stesso è efficace in presenza di eventi meteorici con tempo di ritorno pari o inferiori a vent'anni, mentre per eventi di entità superiore è progettato per rilasciare una portata maggiore: il setto infatti è leggermente inferiore rispetto alla quota del cielo della condotta e permette al fluido di stramazzone solo nel caso in cui l'evento meteorico superi quello di progetto. In questa situazione, visto l'esubero di volume rispetto a quello calcolato, lo sfioro della portata avverrà in corrispondenza di un evento caratterizzato da un tempo di ritorno di gran lunga superiore a quello ventennale.

L'apertura che verrà praticato alla base del setto avrà dimensioni pari a **cm 20x28** e di fronte allo stesso verrà posta una griglia per evitare che si verifichino frequenti intasamenti. Ovviamente, vista la dimensione ridotta del foro e la bassa pendenza delle condotte, dovranno prevedersi periodiche operazioni di pulizia per il ripristino del funzionamento del sistema come da progetto.

Per il dimensionamento dell'apertura da eseguire alla base del setto si utilizza la formula per la luce sottobattente:

$$Q_u = c_q \cdot A \cdot \sqrt{(2 \cdot g \cdot h_o)}$$

dove i parametri utilizzati indicano rispettivamente:

- A area del foro;
- C_q coefficiente di portata;
- g accelerazione di gravità;
- h_o tirante a monte.

Si noti che con tale formula si riesce a calcolare abbastanza fedelmente il valore della portata nel caso in cui al di là del setto non sia presente del fluido. Nel caso in esame che poi si

verifica il più delle volte, l'efflusso non è libero e la portata che transita attraverso il suddetto foro è nettamente inferiore.

A valle del manufatto di controllo della portata verrà posizionata una condotta da 100 cm per permettere l'attraversamento della nuova viabilità, verrà realizzato un fossato per proseguire con una sezione a cielo aperto ed infine per garantire la fascia di rispetto libera da ogni ostacolo si realizzerà uno scarico con una condotta da cm 40 che restituirà le acque della lottizzazione allo scolo Piovego.

Pozzetti C2 e C3

Il pozzetto C2 nasce per soddisfare due necessità fondamentali: garantire lo sfioro della portata in eccesso se in presenza di un evento meteorico di dimensioni ben oltre l'evento con tempo di ritorno ventennale e garantire la possibilità di operare in un ambiente completamente asciutto durante le manovre di pulizia degli invasi a cielo aperto e non.

Il setto sfioratore infatti lamina la portata verso il pozzetto C3 e conseguentemente verso la rete esterna solamente a sistema completamente utilizzato: il pelo libero raggiunge il suo valore massimo e il setto permette al liquido di sfiorare.

Il pozzetto C3 è collegato sia all'invaso F che al pozzetto C2: il collegamento all'invaso F è necessario per permettere di scaricare il volume che lo stesso ha "raccolto" e consegnarlo verso la rete esterna sempre controllandone l'efflusso con un foro di 5 cm, mentre il collegamento con il pozzetto C2 permette alla linea di condotte di sfiorare la portata in eccesso e permette una manovra di vuotamento garantita di tutti gli invasi sul verde per la manutenzione ordinaria e straordinaria degli stessi.

Funzionamento del sistema

Come chiaramente riportato dai dati sopra esposti, il sistema progettato garantisce ben oltre il volume di laminazione minimo necessario a soddisfare il principio dell'invarianza idraulica.

Il volume trattenuto pari a quello generato da un evento caratterizzato da un tempo di ritorno ventennale è di gran lunga inferiore al limite massimo secondo il quale il sistema entra in crisi e rilascia la portata istantanea generata.

Il funzionamento del sistema progettato gode di una serie di invasi che giacciono a quote diverse e che quindi entrano in funzione in momenti diversi. Il processo di "allagamento progressivo" segue quest'ordine:

1. Nel momento in cui inizia a piovere tutte le condotte, il fossato a nord e il fossato a sud cominciano a riempirsi;
2. Successivamente l'invaso in linea con il fossato a sud e le golene degli invasi A e B entrano in funzione quasi contemporaneamente;
3. Poi si allaga l'invaso C;
4. Se non sufficiente si innescano gli invasi D ed E;

5. Infine a sistema quasi saturo, si innesca anche l'invaso F che invece di consegnare l'acqua a nord nello scolo Piovego, la consegna a sud est sempre però garantendo un efflusso controllato;
6. Raggiunto il volume massimo di progetto pari a 9201 mc si innescano tutti gli sfioratori rilasciando la portata istantanea che l'evento pluviometrico genera.

Manufatto di scarico nello Scolo Piovego

Per scaricare la portata nello Scolo Piovego è necessario predisporre un manufatto opportunamente dimensionato che non metta in crisi la stabilità della sponda e sia causa di cedimenti o erosioni in seguito a piene improvvise.

Per poter mantenere la fascia di rispetto completamente libera da ostacoli, lo scarico verrà eseguito posando una condotta di diametro interno pari a 40 cm per una lunghezza di 4 metri. Il punto di immissione verrà opportunamente protetto con l'esecuzione di una protezione di sponda in calcestruzzo per un'estensione di tre metri a monte e a valle.

Per evitare fenomeni di rigurgito, visto che la nuova lottizzazione è dotata di un'autonomia idraulica notevole (derivante da un volume d'invaso praticamente doppio rispetto al necessario!) verrà installata una valvola a clapet perfettamente sagomata con il profilo della sponda.

Infine, per poter garantire un deflusso delle acque senza l'insorgere di turbolenze, il verso di scorrimento della nuova condotta e quello dell'attuale scolo Piovego formeranno un angolo inferiore ai 90 gradi.

Fattibilità dell'intervento

Un aspetto di fondamentale importanza è rappresentato da una corretta valutazione dello stato di fatto per giungere alla stesura di un progetto fattibile e ben funzionante.

In relazione a questi ultimi aspetti, è stata svolta un'operazione di monitoraggio dell'area sia nei periodi di magra sia in quelli con portata più sostenuta.

Le scelte attuate hanno mirano allo sgravio della portata che attualmente viene completamente scaricata nella rete di condotte esistenti, le quali hanno denotato una marcata sofferenza sia in termini di diametro che in termini di capacità di deflusso.

Il punto di recapito nuovo quindi, pur avendo notevolmente aggravato il costo delle opere di urbanizzazione, andrà a migliorare i deflussi della rete del centro di Salzano.

Le scelte progettuali adottate richiedono di conseguenza un monitoraggio continuo della nuova rete e una pulizia periodica per evitare di limitare la capacità di scolo del sistema.