

Ing. Jacopo TACCINI



via del Rio, 2 - 56025 PONTEDERA PI
e-mail: jacopo.taccini@sta-eng.it
Cell. +39.328.4564561
PEC: jacopo.taccini@ingpec.eu
Curriculum: <http://www.l2l.it/JTaccini>

A termini di legge ci riserviamo la proprietà di questo elaborato con divieto di riprodurlo anche parzialmente

Il Direttore dei Lavori

05		
04		
03		
02		
01		
00	18.07.2016	Prima emissione
Rev.	Data	Motivo

OGGETTO: VARIANTE PER AGGIORNAMENTO QUINQUENNALE
DEL REGOLAMENTO URBANISTICO

UBICAZIONE: CAPANNOLI PI

COMMITTENTE: Comune di CAPANNOLI

ELABORATO: RELAZIONE VASCHE DI MITIGAZIONE

DATA: Giugno 2016

Pr. n°: 16-018

Il Progettista

ALLEGATO:

RVM

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA

Sommario

Premessa.....	5
Corografia.....	7
Il bacino imbrifero oggetto di studio.....	10
Scelta del tempo di ritorno	12
Definizione del regime pluviometrico	13
Ietogramma di progetto.....	15
Ietogramma di pioggia netta	18
Trasformazione afflussi-deflussi	22
Procedure e metodi utilizzati nelle verifiche idrauliche.....	24
Dimensionamento della vasca.....	26
Conclusioni	30

PREMESSA

La presente relazione riferisce dello studio Idrologico ed Idraulico condotto a sostegno della progettazione delle opere per la mitigazione delle esondazioni provocate dai fossi campestri che recapitano nel collettore fognario di Via Niccolini nel Comune di Capannoli.

In occasione di eventi meteorici di breve durata e forte intensità, il collettore fognario non risulta infatti in grado di far defluire la totalità delle acque che vi confluiscono e le acque esondate corrono, favorite dalle pendenze della Via Niccolini, lungo la stessa viabilità.

La forte pendenza, favorisce peraltro valori elevati delle portate d'acqua e la rete fognaria risulta spesso operare in pressione dando luogo a rigurgiti delle acque in corrispondenza dei tombini fognari.

A parziale risoluzione di tale problematica si è ritenuto, in accordo con l'Amministrazione Comunale, di inserire nel Regolamento Urbanistico la previsione di un'opera di laminazione delle portate afferenti dai fossi, immediatamente a monte dell'immissione in fognatura.

Gli interventi previsti e di seguito descritti fungeranno da volano idraulico durante i piovaschi di particolari intensità e breve durata, trattenendo temporaneamente i volumi intercettati e riducendo la portata effluente verso il ricettore finale.

Tali interventi consisteranno nella realizzazione, lungo il fosso principale tra quelli a monte della Via Niccolini, di un pozzetto ripartitore costituito da una serie di bocche tarate; il funzionamento di tali bocche tarate permetterà il deflusso delle acque verso valle sino al raggiungimento di un valore limite della portata, oltre la quale le acque saranno derivate verso la vasca volano. Una volta passato il colmo di piena, e la portata in arrivo da monte sarà rientrata nel valore limite definito dal pozzetto ripartitore, i volumi precedentemente invasati potranno essere lentamente restituiti a valle direttamente nel collettore fognario. In questo modo il collettore fognario non si troverà più nelle condizioni di funzionare in pressione in corrispondenza degli eventi meteorici di progetto e non produrrà esondazioni all'interno delle aree servite dal collettore.

Le caratteristiche morfologiche del territorio non hanno consentito di individuare un'area di estensione sufficiente alla realizzazione di una vasca di volume tale da assicurare la completa messa in sicurezza idraulica della zona in studio per eventi con tempo di ritorno duecentennale (TR200).

In accordo con l'Amministrazione Comunale si è perciò deciso di finalizzare gli interventi alla laminazione dei deflussi conseguenti agli eventi meteorici di maggiore frequenza, quali quelli trentennali (TR30), e di breve durata, caratterizzati quindi da elevate intensità di pioggia. Sono questi infatti gli eventi che maggiormente hanno provocato gli allagamenti lamentati negli ultimi anni.

Gli interventi in progetto consentiranno di alleggerire almeno parzialmente il carico sul reticolo fognario indotto dal sottobacino comunale nella zona in studio proprio in corrispondenza degli eventi meteorici di maggiore frequenza ma non hanno la pretesa di risolvere totalmente le problematiche del reticolo fognario, per la qual cosa dovranno essere localizzate sul territorio altre opere analoghe a quella ora in esame.

In tale ottica si è scelto, in chiusura del presente Studio, di individuare e suggerire altre due aree (una in corrispondenza di Via dei Mille ed una a monte della nuova lottizzazione realizzata a nord di Via Volterrana) in cui poter realizzare soluzioni del tutto analoghe alla presente, delineando così una possibile metodologia di analisi che possa essere seguita anche in quelle aree.

Peraltro la morfologia del territorio consentirebbe di realizzare in Via dei Mille una importante volumetria di invaso e conseguentemente un maggior beneficio idraulico, anche tenuto conto della posizione favorevole all'interno del reticolo fognario costituita da un ramo più periferico rispetto a quello di Via Niccolini.

In ultima analisi si fa presente che lo studio in oggetto è realizzato tenendo conto delle attuali condizioni del versante, vale a dire in assenza di ulteriori interventi edificatori all'interno del bacino afferente.

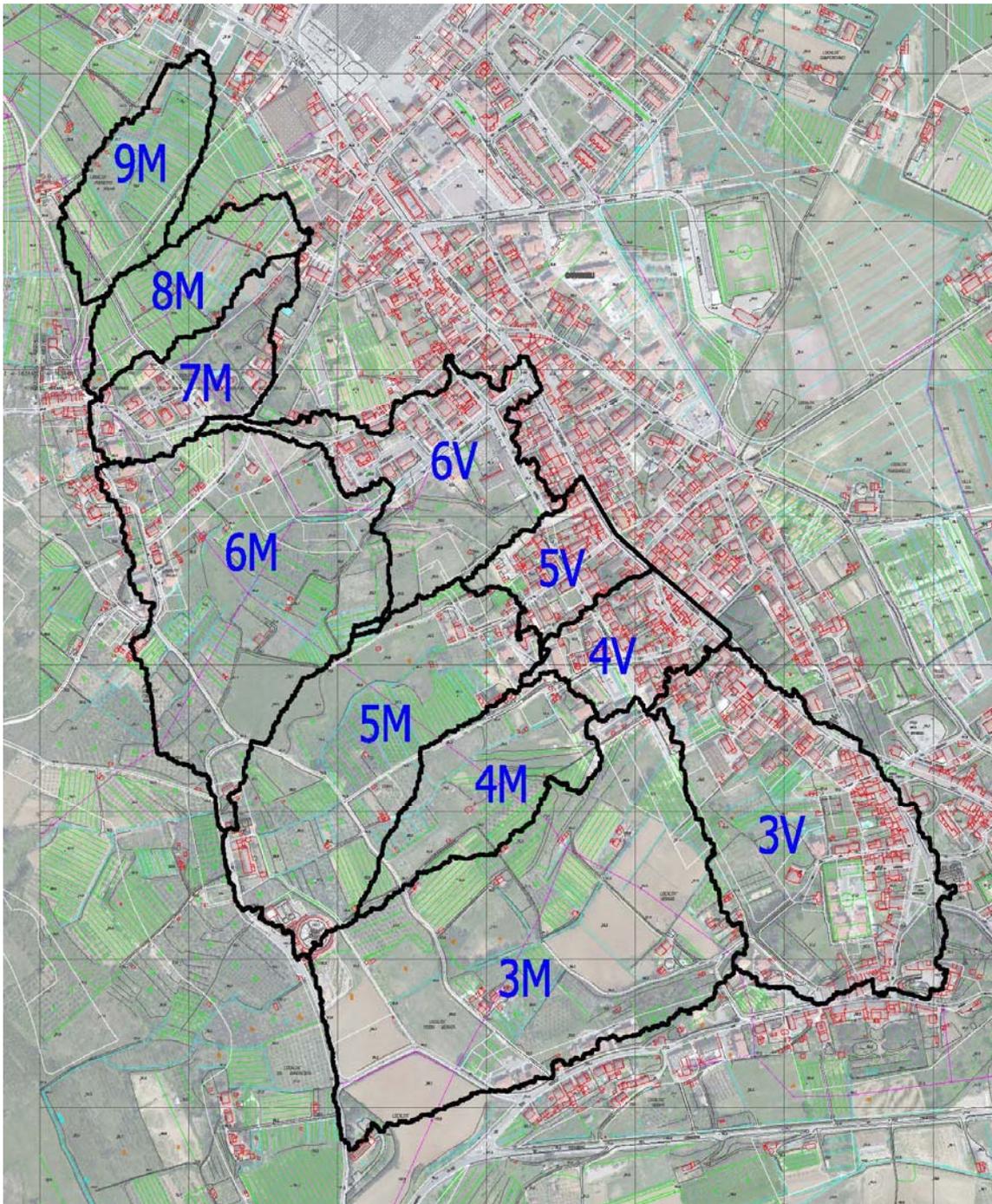
Per conservare l'efficacia di quanto progettato è dunque necessario che gli interventi di nuova edificazione, o impermeabilizzazione, previsti all'interno del bacino idrografico analizzato, siano realizzati garantendo l'invarianza idraulica attraverso sistemi di trattenimento e rilascio lento delle acque meteoriche nella fognatura, dimensionati secondo i criteri individuati dallo scrivente nell'apposita relazione qui allegata.

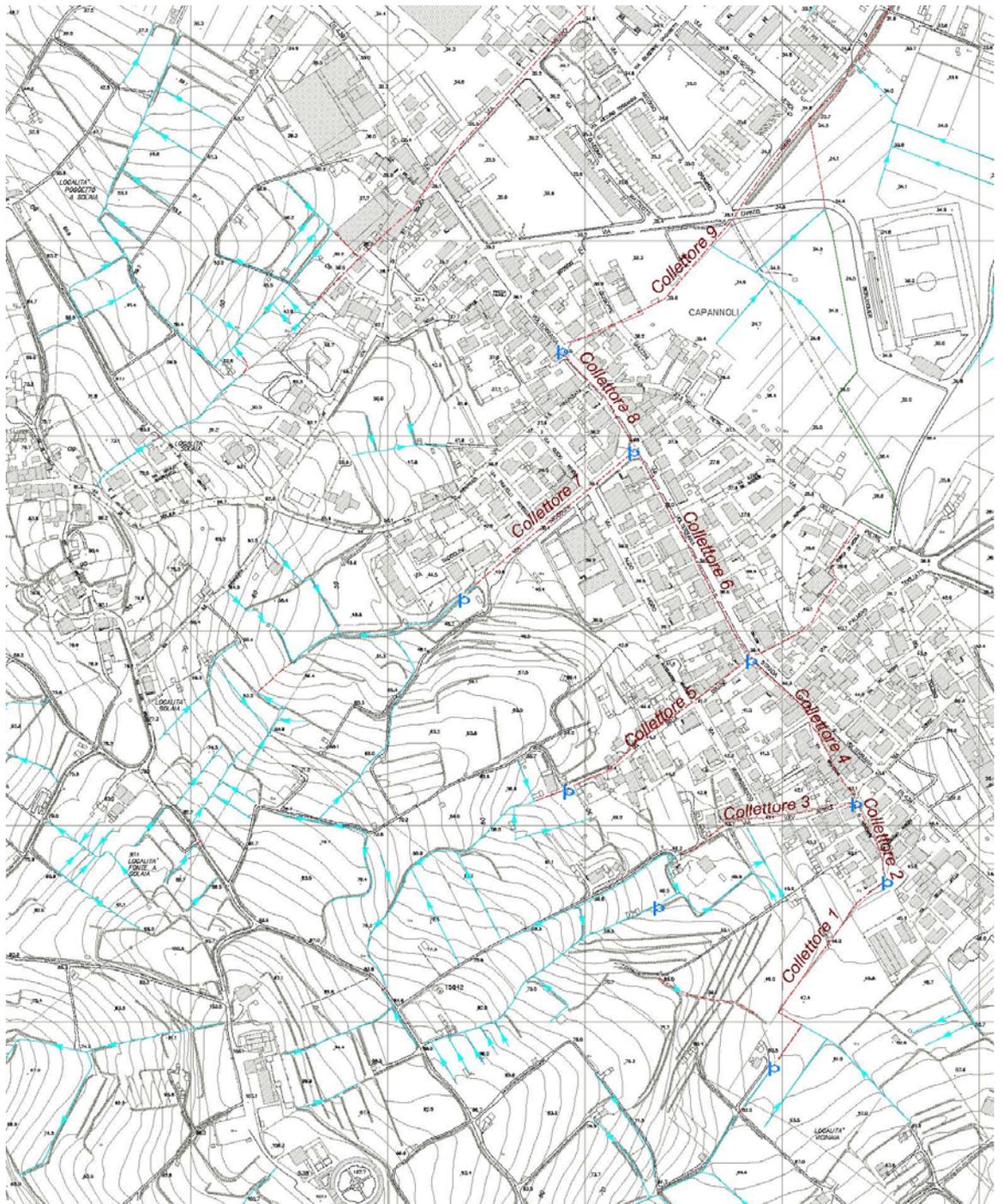
COROGRAFIA

Concordemente con quanto precedentemente studiato dai Prof. Ing. Carlo Viti e Stefano Pagliara e dal Dott. Ing Stefano Nardi nel loro "STUDIO E VERIFICHE IDRAULICHE DI SUPPORTO ALLA PIANIFICAZIONE DEL TERRITORIO COMUNALE" si è primariamente suddiviso il versante collinare di interesse all'interno del Comune di Capannoli in sottobacini afferenti al collettore fognario posto al di sotto di Via Volterrana, distinguendo per ciascuno di questi una porzione di monte ed una di valle. La porzione di monte di ciascun sottobacino è stata perimetrata imponendo come sezione di chiusura quella di ingresso nel primo collettore fognario. Perciò ogni porzione di monte è caratterizzata da un uso del suolo principalmente agricolo, con rare abitazioni sparse; viceversa le porzioni vallive dei sottobacini sono interessate da una importante antropizzazione.

La perimetrazione di tali sottobacini è stata ottenuta mediante tecnologia GIS basata sul rilievo morfometrico del territorio di tipo Lidar 1x1m fornito dalla stessa Amministrazione Comunale. La scelta di tale soluzione tecnologica per la perimetrazione è dettata non tanto da una illusoria sensazione di maggior dettaglio, quanto da un preciso intento di rendere tale processo quanto più riproducibile possibile a tutti quei tecnici che dovranno interfacciarsi con il presente Studio, eliminando così ogni aleatorietà insita nei metodi impiegati tradizionalmente.

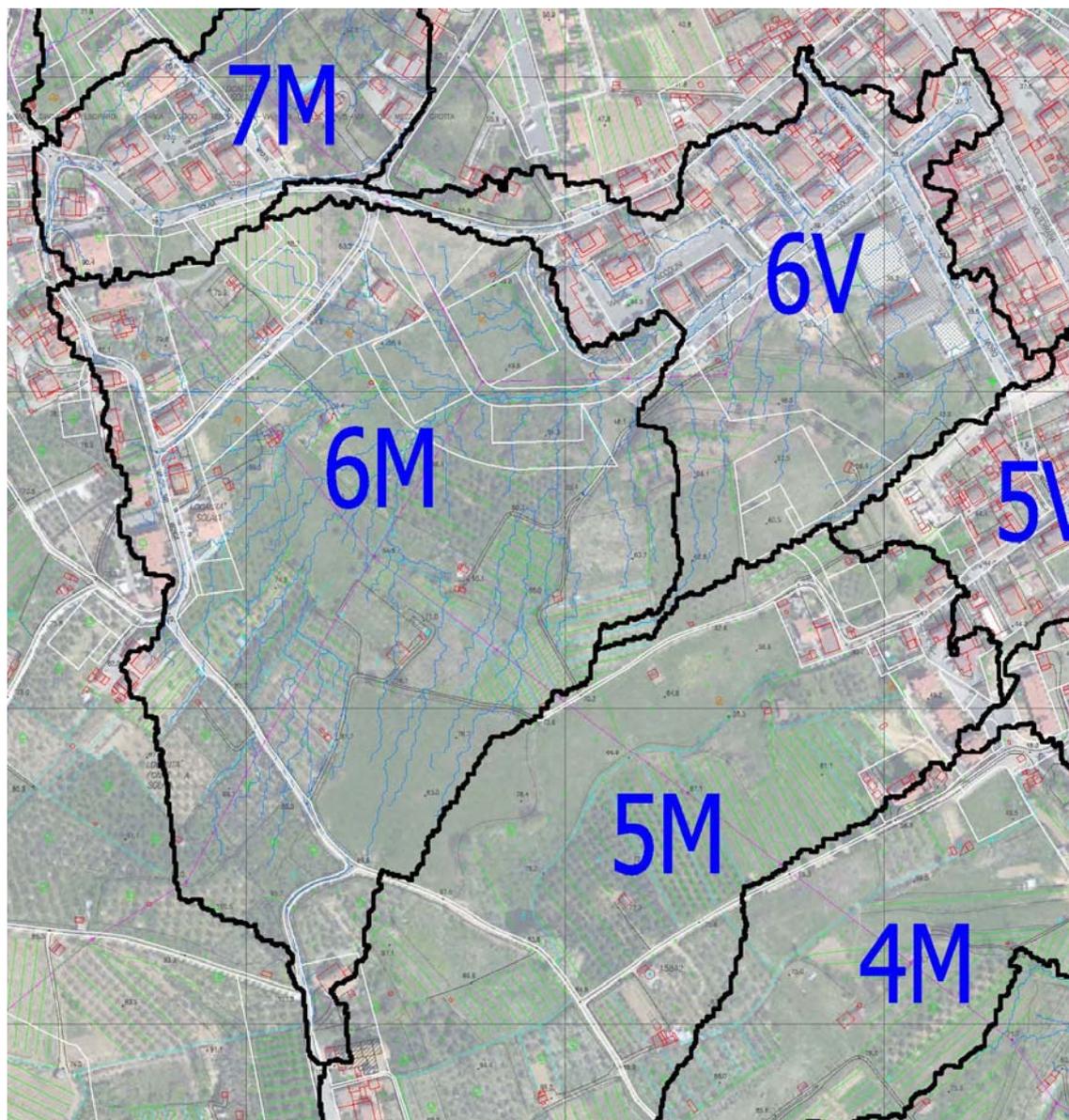
I sottobacini così individuati sono stati quindi nominati in accordo con quanto indicato nello Studio già citato; si riporta a seguire una rappresentazione di tale perimetrazione. Si riporta anche la figura 2.2 estratta dallo Studio Viti-Pagliara-Nardi raffigurante la distribuzione del reticolo fognario.





IL BACINO IMBRIFERO OGGETTO DI STUDIO

Nel dettaglio i sottobacini di interesse del presente studio, afferenti al collettore fognario di Via Niccolini, sono quelli denominati come 6M e 6V di cui si riporta un ingrandimento.



Una volta perimetrati i bacini di interesse, è stato necessario determinare per entrambi il tempo di corrivazione, parametro fondamentale per determinare l'evento meteorico critico alla base del progetto dell'area di invaso.

Per entrambi i bacini si è scelto di adottare l'espressione di Merlo – Tournon per il calcolo di tale parametro:

$$T_c = 0.396 \cdot \frac{L}{\sqrt{i}} \cdot \left(\frac{A \cdot \sqrt{i}}{L^2 \cdot \sqrt{i_m}} \right)$$

Ottenendo perciò i seguenti risultati:

Bacino	Area [kmq]	Lunghezza asta principale [km]	Pendenza asta principale	Pendenza media bacino	Tc [min]
6M	0.1234	0.30	12.2%	18.8%	22.5
6V	0.0639	0.23	2.24%	14.4%	17.4

Si è allora scelto di adottare i valori approssimati del tempo di corrivazione di **20 minuti** per il bacino 6M e **15 minuti** per il bacino 6V per motivi di praticità di calcolo, comunque in accordo anche con quanto stimato nello "STUDIO E VERIFICHE IDRAULICHE DI SUPPORTO ALLA PIANIFICAZIONE DEL TERRITORIO COMUNALE".

SCELTA DEL TEMPO DI RITORNO

Come già accennato la tipologia di opera in esame suggerirebbe di adottare a base di calcolo del presente studio un evento meteorico avente tempo di ritorno duecentennale (TR200). Tuttavia le possibilità morfometriche del territorio in analisi ed una stima costi-benefici impone l'adozione di eventi meteorici di progetto meno cautelativi.

Configurandosi l'opera in oggetto come una soluzione per la mitigazione del rischio idraulico del territorio Comunale, prescindendo dall'obiettivo di una completa messa in sicurezza idraulica, in accordo con l'Amministrazione Comunale, si è scelto di adottare a base di calcolo un evento meteorico avente tempo di ritorno trentennale (TR30) pari cioè a quanto comunemente adottato per il progetto e verifica delle reti di fognatura. Riteniamo anzi che proprio perché l'invaso in progetto si configura a servizio di una rete di fognatura, non avrebbe alcun senso l'adozione di un tempo di ritorno superiore a quello della stessa fognatura, perché non apporterebbe benefici aggiuntivi.

Peraltro come già accennato la completa messa in sicurezza idraulica del territorio Comunale è perseguibile unicamente attraverso l'adozione sinergica di altri sistemi analoghi di invaso da dislocare all'interno degli altri sottobacini, e ancor più provvedendo all'adeguamento del reticolo fognario esistente.

DEFINIZIONE DEL REGIME PLUVIOMETRICO

Il regime pluviometrico della zona in esame è stato determinato con riferimento allo studio a carattere regionale "ANALISI DI FREQUENZA REGIONALE DELLE PRECIPITAZIONI ESTREME – LSPP – Aggiornamento al 2012" redatto grazie alla collaborazione tra Regione Toscana e Università di Firenze di cui alla DGRT 1133/2012, e disponibile sul sito del Settore Idrologico Regionale.

Il sistema ha provveduto alla definizione dei parametri a, n ed m descrittivi delle LSPP secondo una maglia regolare di lato 1km, e permette così di individuare i valori più appropriati dei tre parametri direttamente per il luogo in esame, semplicemente introducendone latitudine e longitudine.

Attraverso l'utilizzo del metodo statistico TCEV (Two Component Extreme Value) il citato studio definisce per il campo delle durate di pioggia minori e maggiori ad un'ora le curve di possibilità pluviometrica nella forma trinomia convenzionale

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

In questo caso sono presi in considerazione solo i parametri della curva di possibilità pluviometrica definiti per il campo delle durate di pioggia superiori ad un'ora. Il parametro m non è disponibile ma sono diversificati i valori a ed n per i diversi tempi di ritorno.

Si riportano quindi i parametri a ed n relativi al baricentro del bacino di coordinate Latitudine 4827306 e Longitudine 1634673

TR	Parametro "a" ¹	Parametro "n"
2	26,371	0,21808
5	37,202	0,2146
10	44,936	0,22442
20	52,924	0,23816
30	57,643	0,24873
50	63,681	0,25413
100	71,885	0,26385
150	76,806	0,26873
200	80,214	0,27142
500	91,492	0,27807

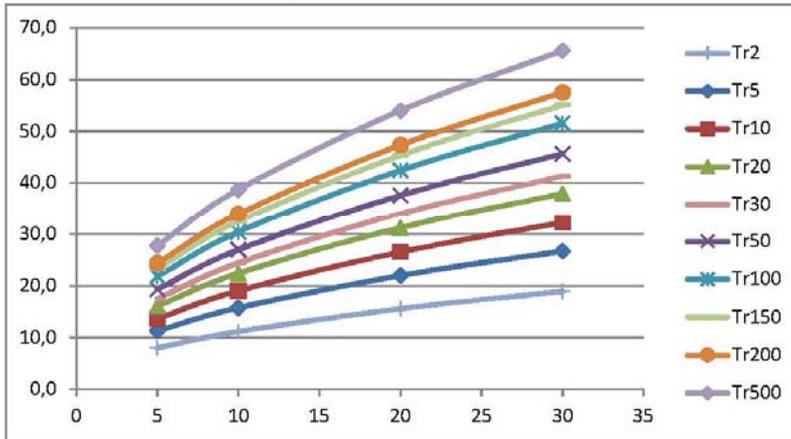
Per il campo di durate di pioggia inferiori ad un'ora, la curva di possibilità pluviometrica rimane identica a quella sopra definita, eccetto per il parametro "n", imposto pari a 0,48 in accordo con vari studi sperimentali (CSDU 1997²).

¹ [mm/(hrⁿ · TR^m)]

² Centro Studi Deflussi Urbani, Milano.

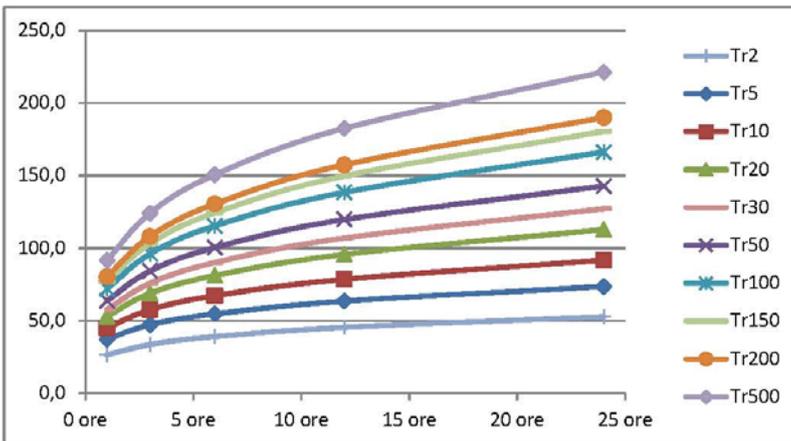
Durata inferiore a 1 ora: altezza di precipitazione in funzione di durata e tempo di ritorno

	5 minuti	10 minuti	20 minuti	30 minuti
2 anni	8,0	11,2	15,6	18,9 mm
5 anni	11,3	15,7	22,0	26,7 mm
10 anni	13,6	19,0	26,5	32,2 mm
20 anni	16,1	22,4	31,2	37,9 mm
30 anni	17,5	24,4	34,0	41,3 mm
50 anni	19,3	26,9	37,6	45,7 mm
100 anni	21,8	30,4	42,4	51,5 mm
150 anni	23,3	32,5	45,3	55,1 mm
200 anni	24,3	33,9	47,3	57,5 mm
500 anni	27,8	38,7	54,0	65,6 mm



Durata superiore a 1 ora: altezza di precipitazione in funzione di durata e tempo di ritorno

	1 ore	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
2 anni	26,4	33,5	39,0	45,3	52,7 mm
5 anni	37,2	47,1	54,6	63,4	73,6 mm
10 anni	44,9	57,5	67,2	78,5	91,7 mm
20 anni	52,9	68,8	81,1	95,6	112,8 mm
30 anni	57,6	75,8	90,0	106,9	127,1 mm
50 anni	63,7	84,2	100,4	119,7	142,8 mm
100 anni	71,9	96,1	115,3	138,5	166,3 mm
150 anni	76,8	103,2	124,3	149,8	180,4 mm
200 anni	80,2	108,1	130,5	157,5	190,0 mm
500 anni	91,5	124,2	150,6	182,6	221,4 mm



In definitiva le curve di possibilità pluviometriche adottate per l'evento TR30 sono le seguenti.

	Parametro "a"	Parametro "n"
Durate di pioggia < 1 ora	57,643	0,480
Durate di pioggia > 1 ora	57,643	0,24873

IETOGRAMMA DI PROGETTO

Le curve di possibilità pluviometrica forniscono i volumi integrali di pioggia attesi in funzione della durata e per un prefissato periodo di ritorno, mentre non forniscono alcuna indicazione sulla distribuzione temporale della pioggia, che rappresenta un elemento fondamentale nel processo di trasformazione afflussi-deflussi.

D'altronde la modalità con cui l'intensità di pioggia varia durante un dato evento pluviometrico è da ritenersi del tutto casuale e quindi il suo studio dovrebbe essere caratterizzato da opportune indagini statistiche atte ad individuare la forma dello ietogramma. È altresì noto che l'adozione di ipotesi semplificative tra cui quella che ipotizza la pioggia distribuita in maniera uniforme nel tempo (cioè di intensità costante per tutta la durata) porta a notevoli sottostime del valore delle portate di picco e dà luogo ad idrogrammi di piena poco realistici.

Nella pratica progettuale si ovvia alla mancanza di dati statistici che permettano la ricostruzione dello ietogramma, mediante l'adozione di ietogrammi detti sintetici, tali cioè da non rappresentare il reale andamento dell'evento pluviometrico, ma in grado di introdurre nelle procedure di trasformazione afflussi-deflussi una variabilità temporale della pioggia che dia luogo a risultati che si possano ritenere cautelativi. La legge di distribuzione che si introduce rappresenta, in tal modo, quello che viene definito lo ietogramma di progetto.

Tra le varie procedure note in letteratura, è frequentemente adottato lo ietogramma tipo Chicago, che ha la caratteristica di fornire per una qualsiasi durata, un massimo dell'intensità media di pioggia congruente con quello fornito dalla curva di possibilità pluviometrica.

Qualsiasi sia la sua durata complessiva, questo ietogramma contiene al suo interno tutte le piogge di durata inferiore. Per questo motivo esso è in grado di rappresentare le condizioni di pioggia critica indipendentemente dalla sua durata.

Si fa presente che lo ietogramma tipo Chicago è stato adottato anche nello Studio già citato, perciò il dimensionamento dell'opera in oggetto segue un procedimento in sintonia con quanto adottato nella verifica del reticolo fognario.

La durata dell'evento pluviometrico è stata fissata pari al tempo di corrivazione del bacino, in accordo con il metodo razionale per cui la massima portata di piena si ha per la durata di pioggia pari al tempo di corrivazione. L'intervallo di discretizzazione è stato fissato in 1 minuto.

Lo ietogramma di progetto per il bacino 6M risulta allora essere il seguente:

CURVA DI POSSIBILITA' CLIMATICA DI PROGETTO

Si assume Tr (anni) = **30**

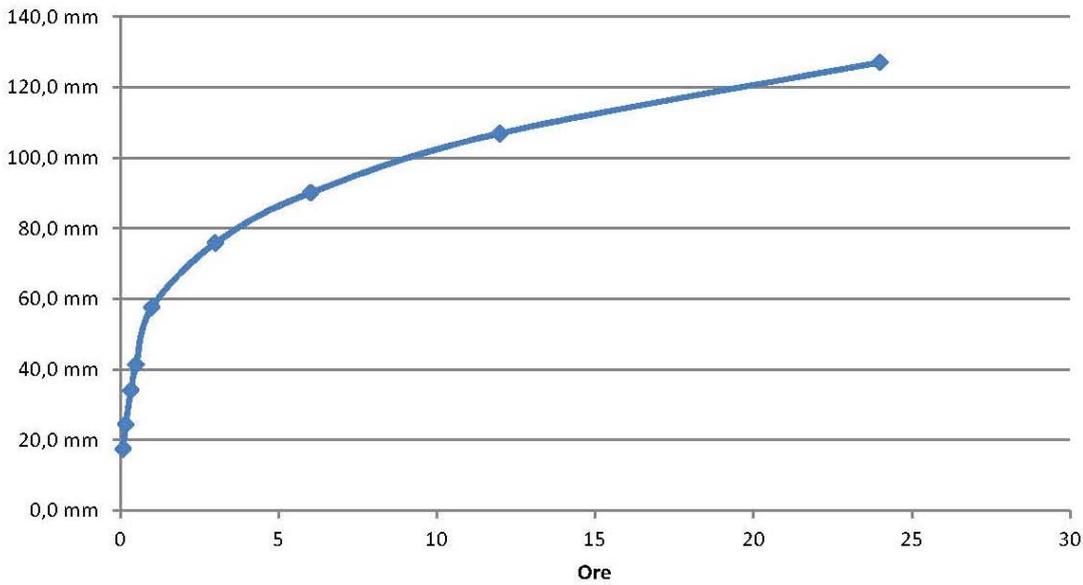
Lat: 4827305,73

Long: 1634673,08

coefficienti:	durate minori di un'ora		durate maggiori di un'ora	
	a	57,643	a	57,643
	n	0,48	n	0,24873

5 minuti	10 minuti	20 minuti	30 minuti	1 ore	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
17,5 mm	24,4 mm	34,0 mm	41,3 mm	57,6 mm	75,8 mm	90,0 mm	106,9 mm	127,1 mm

LSP

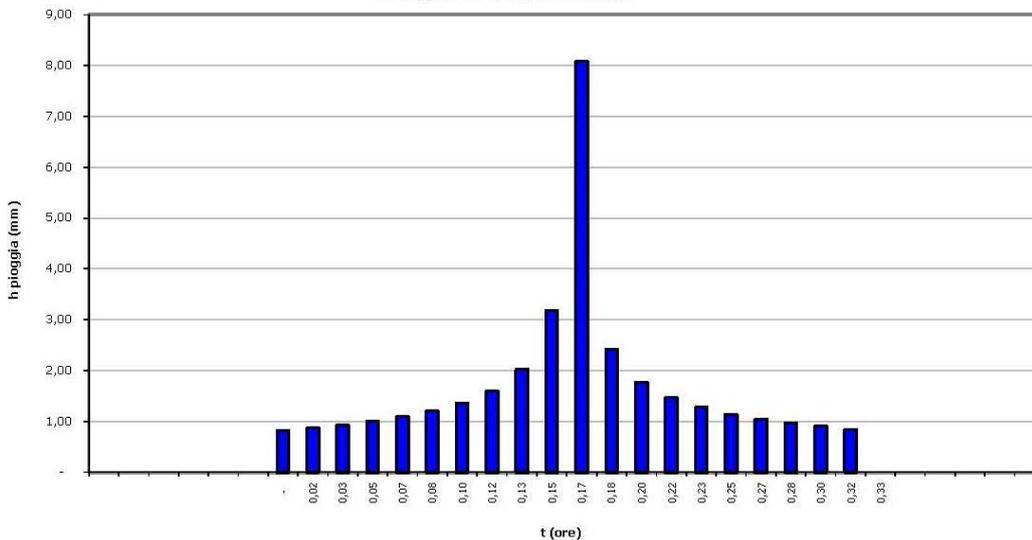


IETOGRAMMA DI PROGETTO TR30 d20min

Si adotta la curva di distribuzione fornita dallo ietogramma tipo Chicago, assumendo:

Durata (min): **20**
 Intervallo discretizzazione (min): **1**
 n° di intervalli: **20,00**

Ietogramma tipo Chicago



Mentre per il bacino 6V lo ietogramma di progetto risulta

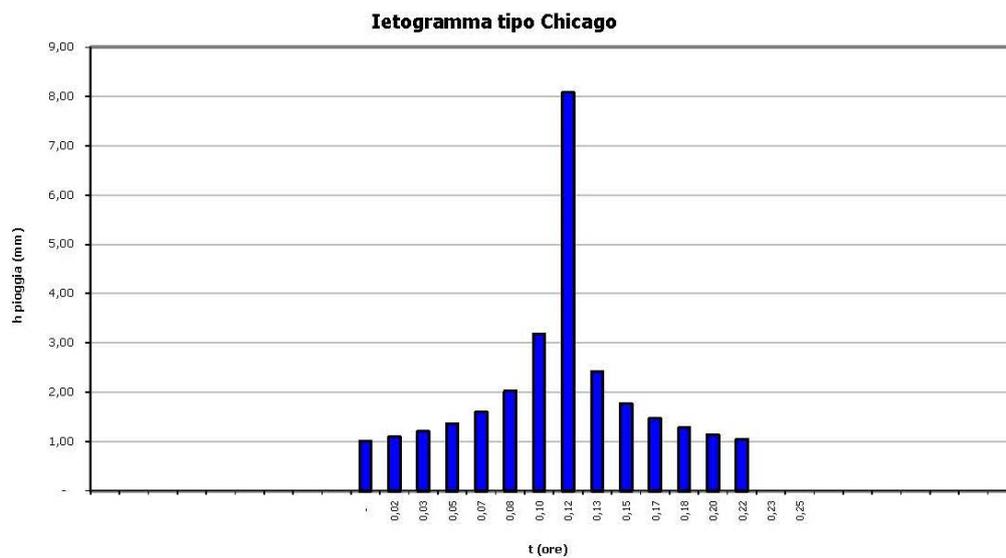
IETOGRAMMA DI PROGETTO TR30 d15min

Si adotta la curva di distribuzione fornita dallo ietogramma tipo Chicago, assumendo:

Durata (min): 15

Intervallo discretizzazione (min): 1

n° di intervalli: 15,00



IETOGRAMMA DI PIOGGIA NETTA

Per quantificare la pioggia netta, ovvero la quota parte del volume di pioggia che va a produrre deflusso superficiale, si stimano le perdite idrologiche che avvengono per intercettazione della vegetazione, detenzione superficiale, immagazzinamento nelle depressioni superficiali, evapotraspirazione e infiltrazione.

Il metodo applicato è quello Curve Number (CN), che valuta istante per istante il quantitativo di pioggia che va a produrre deflusso superficiale in funzione della litologia del suolo, del suo uso e del grado di imbibizione iniziale (AMC). Sotto l'aspetto litologico i suoli sono distinti in 4 gruppi, indicati in Tabella 1, a cui sono legati, in funzione dell'utilizzazione, i parametri CN riportati in Tabella 2. La Tabella 2 riporta i valori di CN per la classe di imbibizione iniziale II, per passare alle altre classi si utilizzano i valori riportati nella Tabella 3.

È stata adottata la classe litologica C, in quanto più adatta a rappresentare le caratteristiche dei terreni presenti; come grado di imbibizione iniziale è stato assunto quello della classe AMC II, che rappresenta una condizione di umidità del terreno media, anche per tenere conto dell'effetto di ritenzione dovuto allo strato più superficiale lavorato.

Tabella 1 - Classificazione litologica dei suoli secondo il Soil Conservation Service (SCS)

GRUPPO	DESCRIZIONE
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla, ghiaie profonde molto permeabili.
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi, meno profondi rispetto al gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alte. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se in quantità minore del gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
D	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.

Tabella 2 - Parametri CN relativi alla classe AMC II di umidità iniziale, per le quattro classi litologiche e per i vari tipi di uso del suolo

Tipo di copertura (uso del suolo)	A	B	C	D
TERRENO COLTIVATO				
Senza trattamenti di conservazione	72	81	88	91
Con interventi di conservazione	62	71	78	81
TERRENO DA PASCOLO				
Cattive condizioni	68	79	86	89
Buone condizioni	39	61	74	80
PRATERIE				
Buone condizioni	30	58	71	78
TERRENI BOSCOSSI o FORESTATI				
Terreno sottile sottobosco povero di foglie	45	66	77	83
Sottobosco e copertura buoni	25	55	70	77
SPAZI APERTI, PRATI RASATI, PARCHI				
Buone condizioni con almeno il 75% dell'area con copertura erbosa	39	61	74	80

Condizioni normali con copertura erbosa intorno al 50%	49	69	79	84
AREE COMMERCIALI				
(impermeabilità 85%)	89	92	94	95
DISTRETTI INDUSTRIALI				
(impermeabilità 72%)	81	88	91	93
AREE RESIDENZIALI				
Impermeabilità media (%)				
65%	77	85	90	92
38%	61	75	83	87
30%	57	72	81	86
25%	54	70	80	85
20%	51	68	79	84
PARCHEGGI IMPERMEABILIZZATI, TETTI	98	98	98	98
STRADE				
Pavimentate, con cordoli e fognature	98	98	98	98
Inghiaiate o selciate con buche	76	85	89	91
In terra battuta (non asfaltate)	72	82	87	89

Tabella 3 - Conversione dei valori del CN a seconda delle condizioni AMC di umidità iniziali.

CLASSE AMC			CLASSE AMC		
I	II	III	I	II	III
100	100	100	40	60	78
87	95	98	35	55	74
78	90	96	31	50	70
70	85	94	22	40	60
63	80	91	15	30	50
57	75	88	9	20	37
51	70	85	4	10	22
45	65	82	0	0	0

Nel rispetto delle metodologie che vengono suggerite dalla letteratura tecnica non è stato necessario suddividere i bacini in zone omogenee con CN fissati e valutare il parametro CN dell'intero bacino come media pesata sull'area dei vari CN, in quanto entrambi presentano un uso del suolo approssimativamente omogeneo.

Il CN(II) adottato è allora pari a 74 per il bacino 6M e 79 per il bacino 6V senza necessità di conversione per il passaggio ad una classe di umidità iniziale diversa.

Si sono calcolati dunque gli altri due parametri fondamentali del metodo: S è la capacità di ritenzione superficiale e Ia^3 il valore limite di pioggia che il terreno può trattenere nella fase iniziale; infine si è valutata la pioggia netta mediante la seguente espressione:

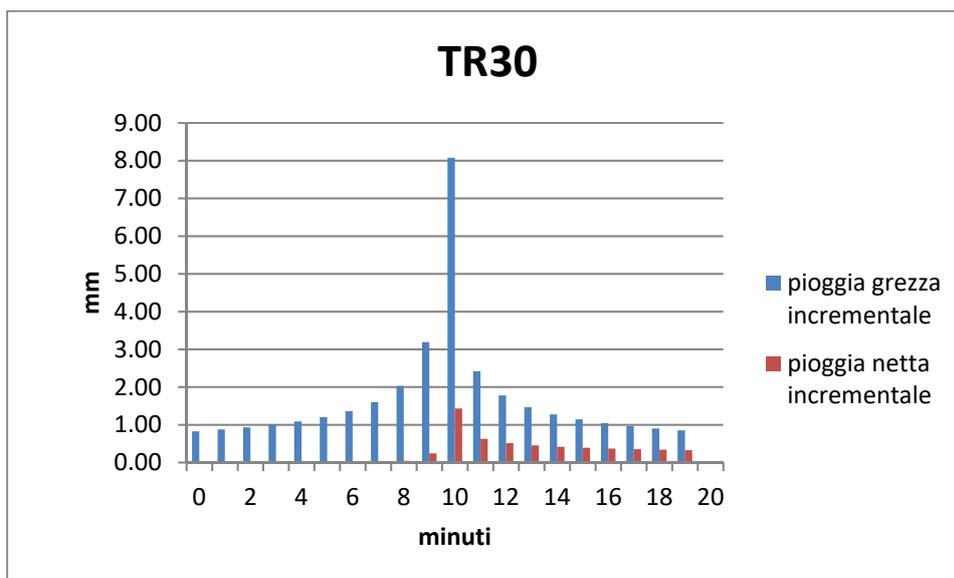
$$h_n = \frac{(h - Ia)^2}{h - Ia + S}$$

I risultati delle elaborazioni sono raffigurati negli ietogrammi seguenti, caratterizzati da un'altezza di pioggia complessiva di 34 mm, e un'altezza di pioggia netta complessiva di 5,5 mm, per il bacino 6M. Analogamente si ha un'altezza di pioggia complessiva di 28,7 mm, e un'altezza di pioggia netta complessiva di 5,4 mm, per il bacino 6V.

$$^3 S = 25.4 \left[\left(\frac{100}{CN} \right) - 10 \right] \quad Ia = 0.1 \cdot S$$

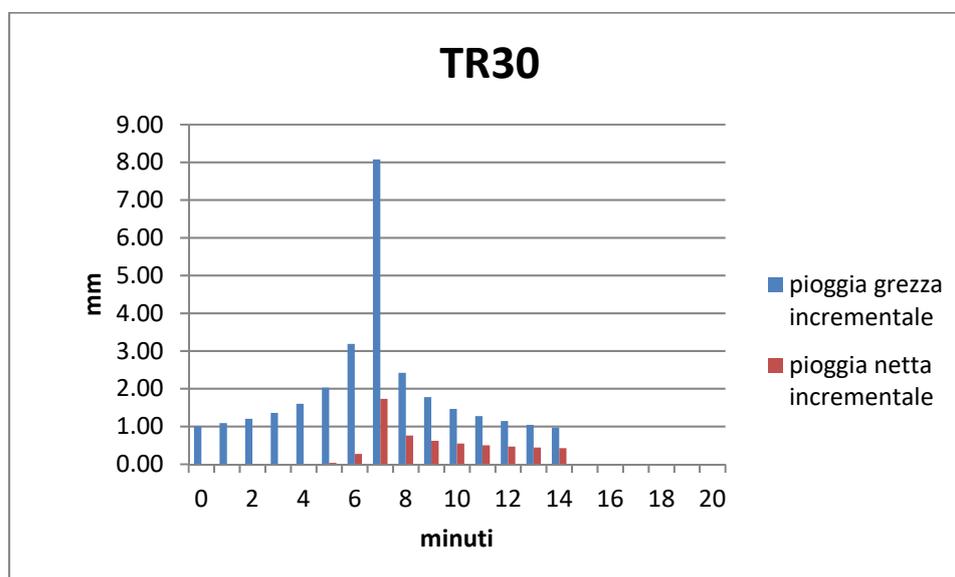
Ietogramma di progetto bacino 6M.

<i>TR 30 anni – S = 89,2 mm – Ia = 8,92 mm</i>			
Tempo (min)	Altezza di pioggia lorda (mm)	Altezza di pioggia netta (mm)	Altezza di pioggia persa (mm)
0	0,83	-	0,83
1	0,88	-	0,88
2	0,93	-	0,93
3	1,00	-	1,00
4	1,09	-	1,09
5	1,20	-	1,20
6	1,36	-	1,36
7	1,60	-	1,60
8	2,03	0,04	1,98
9	3,19	0,24	2,95
10	8,08	1,43	6,65
11	2,42	0,63	1,79
12	1,78	0,51	1,26
13	1,47	0,45	1,01
14	1,27	0,42	0,86
15	1,14	0,39	0,75
16	1,04	0,37	0,67
17	0,97	0,35	0,61
18	0,90	0,34	0,56
19	0,85	0,33	0,52
20	0,83	-	0,83



Ietogramma di progetto bacino 6V

<i>TR 30 anni – S = 67,5 mm – Ia = 6,75 mm</i>			
Tempo (min)	Altezza di pioggia lorda (mm)	Altezza di pioggia netta (mm)	Altezza di pioggia persa (mm)
0	1,00	-	1,00
1	1,09	-	1,09
2	1,20	-	1,20
3	1,36	-	1,36
4	1,60	-	1,60
5	2,03	0,03	1,99
6	3,19	0,27	2,91
7	8,08	1,73	6,35
8	2,42	0,76	1,66
9	1,78	0,62	1,16
10	1,47	0,55	0,92
11	1,27	0,50	0,77
12	1,14	0,47	0,67
13	1,04	0,44	0,60
14	0,97	0,42	0,55



Data la modesta estensione del bacino non è stato utilizzato un coefficiente areale che diminuisce l'intensità di pioggia per tener conto della distribuzione non uniforme della pioggia sul bacino.

TRASFORMAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI

Al fine di stimare le portate che defluiscono attraverso le sezioni di chiusura dei due bacini, la trasformazione afflussi-deflussi è stata svolta, per ciascuno di essi, adottando il modello dell'*Idrogramma Unitario SCS (Soil Conservation Service)*. Questo metodo si basa sulla stima del "lag time" che rappresenta lo sfasamento temporale tra il picco dell'idrogramma ed il baricentro dello ietogramma che lo ha prodotto. Il valore del "lag time" è definito dalla seguente espressione empirica basata sulle caratteristiche morfologiche del bacino:

$$T_L = 0.00136 \cdot \frac{L^{0.8} \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}}{y^{0.5}}$$

dove:

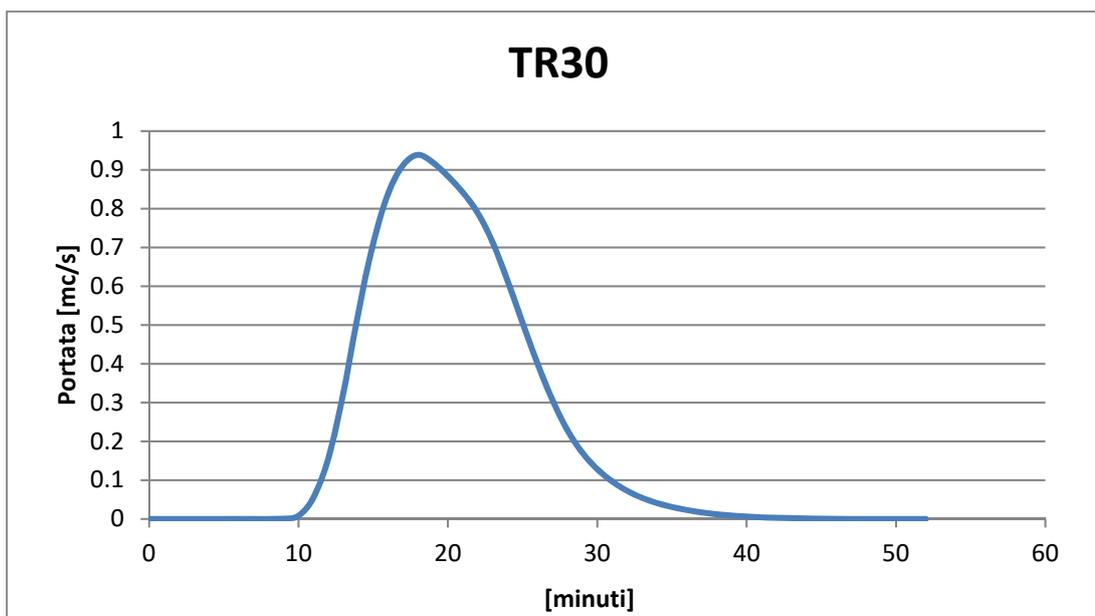
- L è la lunghezza dell'asta fluviale principale in metri;
- y è la pendenza media del bacino espressa in percentuale;
- CN è il parametro "Curve Number".

La lunghezza dell'asta fluviale è stata misurata sulla cartografia disponibile in scala 1:2.000.

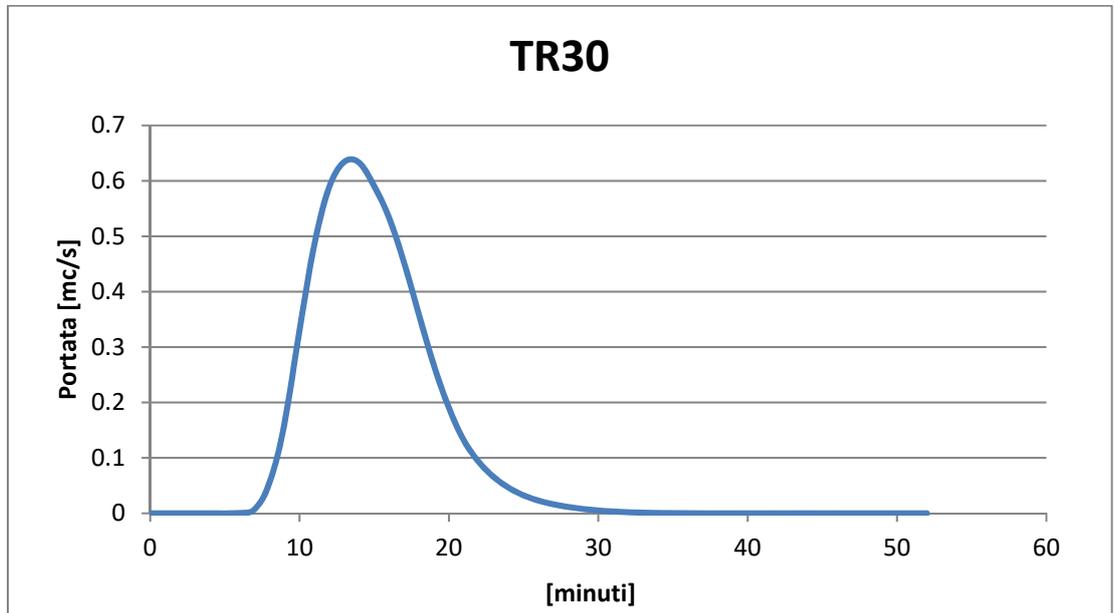
La pendenza media del bacino è stata calcolata con metodologia GIS a partire dal rilievo morfometrico Lidar 1x1m fornito dall'Amministrazione Comunale.

Per il parametro CN si è assunto il valore di 74 per il bacino 6M e 79 per il bacino 6V.

Per il bacino 6M si è allora ottenuto un valore del lag time pari a 5 minuti, da cui si è ricavato il seguente idrogramma di piena con portata al colmo pari a 0.94 mc/s.



Per il bacino 6V si è ottenuto un valore del lag time pari a 4 minuti, da cui si è ricavato il seguente idrogramma di piena con portata al colmo pari a 0.65 mc/s.



PROCEDURE E METODI UTILIZZATI NELLE VERIFICHE IDRAULICHE

Giunti a questo punto del presente Studio è stato necessario ipotizzare in accordo con l'Amministrazione Comunale una ubicazione per la vasca in progetto che permettesse di realizzare il maggior volume di invaso possibile con contenuti movimenti terra, in accordo anche con le previsioni urbanistiche.

Inoltre l'ubicazione della vasca è stata dettata dalla necessaria giunzione diretta con la sezione di chiusura del bacino di monte 6M, coincidente con l'ingresso del collettore fognario, dove dovrà essere posizionato il pozzetto ripartitore.

Per determinare quindi il volume minimo necessario per il corretto funzionamento della vasca volano si è supposto di poter agire unicamente sulla laminazione dell'idrogramma proveniente dal bacino di monte, e di non poter intervenire sull'idrogramma del bacino vallivo.

Si è quindi determinata la massima portata smaltibile in condizioni non in pressione dal collettore fognario posto al di sotto di Via Niccolini applicando la formula di Gauckler-Strickler:

$$Q = K \cdot A \cdot Rm^{2/3} \sqrt{i}$$

dove :

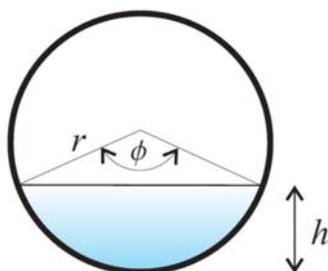
K è il coefficiente di Gauckler-Strickler [$m^{1/3}/sec$];

A è l'area occupata dalla corrente [m^2];

Rm è il raggio idraulico [m];

i è la pendenza del fondo coincidente con quella della linea dell'energia.

Abbiamo posto allora il coefficiente di Gauckler-Strickler pari a $55 m^{1/3}/s$ dovuto allo stato di manutenzione del condotto fognario in cls parzialmente interrto e ostruito da forti cambi di pendenza e restringimenti. La pendenza di fondo è stata assunta costante pari a 0.5% stimato per il tratto a pendenza minore, e le seguenti relazioni per l'area ed il raggio idraulico di una sezione circolare parzializzata:



$$A = D^2 \cdot (\phi - \text{sen}\phi) / 8$$

$$Rm = (\phi - \text{sen}\phi) \cdot \frac{D}{4\phi}$$

Introducendo infine il valore del diametro di 1m per la condotta, imposto un grado di riempimento massimo pari al 75%, tale da assicurare il funzionamento non in pressione, si è ottenuto il valore della portata smaltibile pari a 1,1 mc/s.

Così facendo è facile intuire che l'intero idrogramma proveniente dal bacino vallivo, la cui massima portata al colmo è pari a 0,65 mc/s è direttamente smaltibile dal condotto fognario la cui massima portata ammissibile è pari a 1.12 mc/s. La vasca volano in progetto dovrà scolmare l'idrogramma proveniente dal bacino di monte, in modo tale da limitarne la portata al colmo ad un valore massimo pari a:

$$Q_{max_{6M}} = Q_{max_{condotto}} - Q_{max_{6V}} = 1.1 - 0.65 = 0.45 mc/s$$

DIMENSIONAMENTO DELLA VASCA

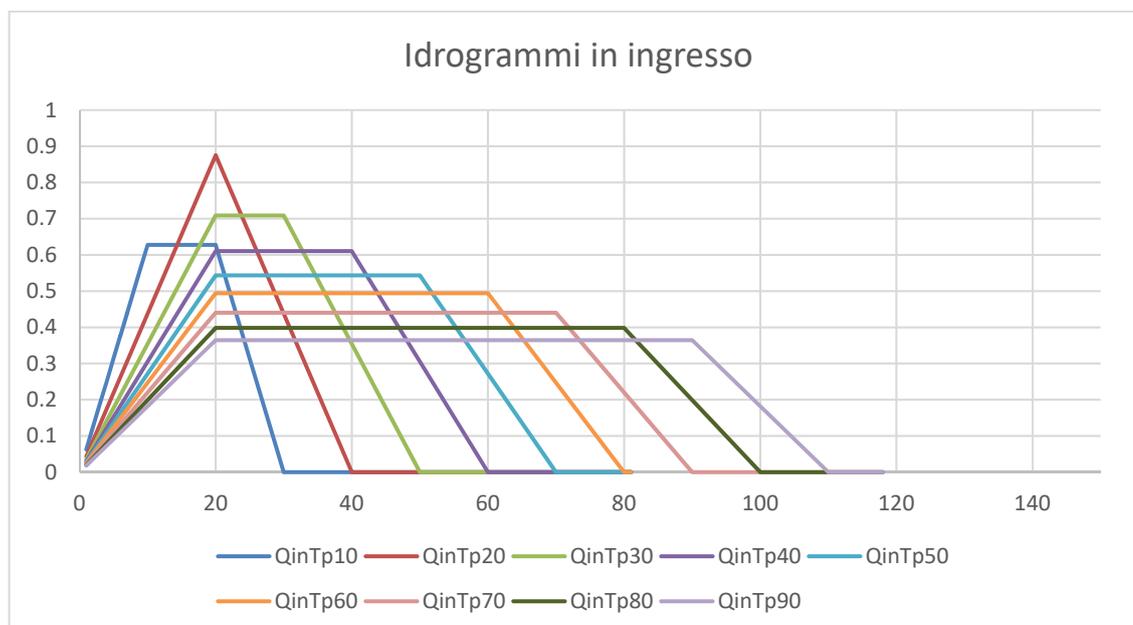
Per procedere con il dimensionamento della vasca si è scelto di adottare un metodo basato sulle equazioni di continuità dei serbatoi, autocostruendo un foglio excel per la determinazione mediante calcolo iterativo dell'idrogramma in uscita dalla vasca volano.

Per fare ciò si è dovuto in primis ipotizzare il diametro della bocca tarata in uscita dal pozzetto ripartitore pari a 0.45 m. È infatti la bocca tarata che costituisce il cuore pulsante del sistema volano limitando la portata che defluisce a valle verso il collettore fognario.

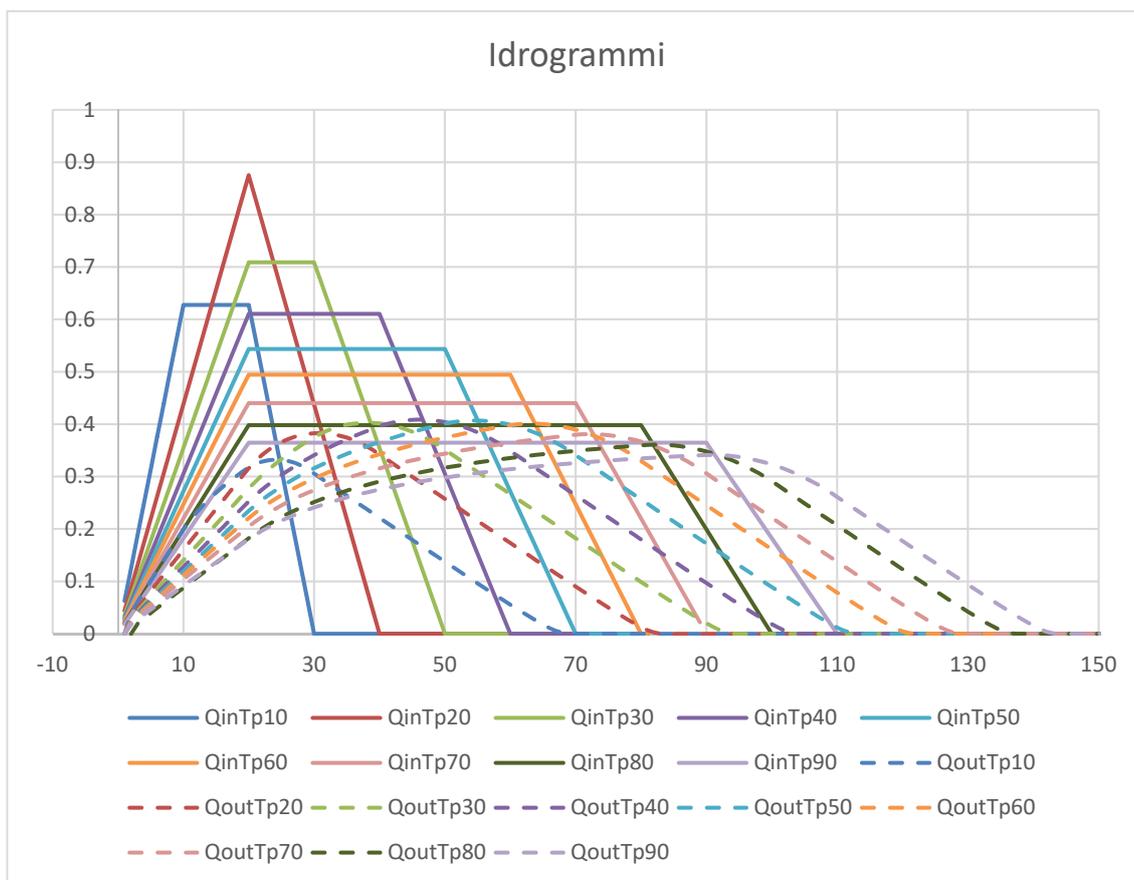
Si è scelto inoltre di adottare come idrogramma in ingresso quello suggerito dal metodo cinematico nell'ipotesi di afflusso costante, secondo il quale si ha una fase ascendente dell'onda fino all'istante minore tra T_c e la durata di pioggia T_p ; si ha poi una fase di stanca di piena per il periodo compreso tra T_c e T_p (nel caso che $T_c < T_p$) in cui la portata affluente è pari alla massima; si ha infine una fase discendente dell'onda di piena fino all'istante $T_p + T_c$.

Si è accettata inoltre l'ipotesi semplificativa che l'area scolante che contribuisce al deflusso attraverso la sezione terminale del bacino vari linearmente nel tempo, ipotesi giustificata dalla forma regolare e dall'estensione contenuta del bacino.

Sotto queste ipotesi abbiamo determinato l'idrogramma di piena proveniente dal bacino 6M avente, lo ricordiamo, TR_{30} e $T_c = 20$ minuti, per varie durate di pioggia (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 e 90 minuti) ricordando ovviamente di adottare per le LSPP i valori $a = 57.643$ e $n = 0.48$ per $T_p < 1$ ora e $n = 0.24873$ per $T_p > 1$ ora.

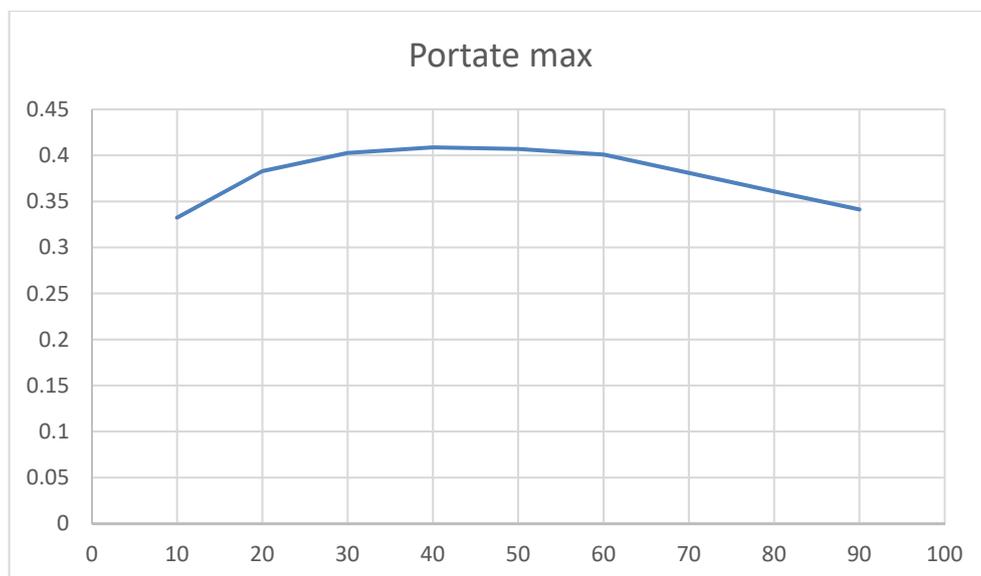
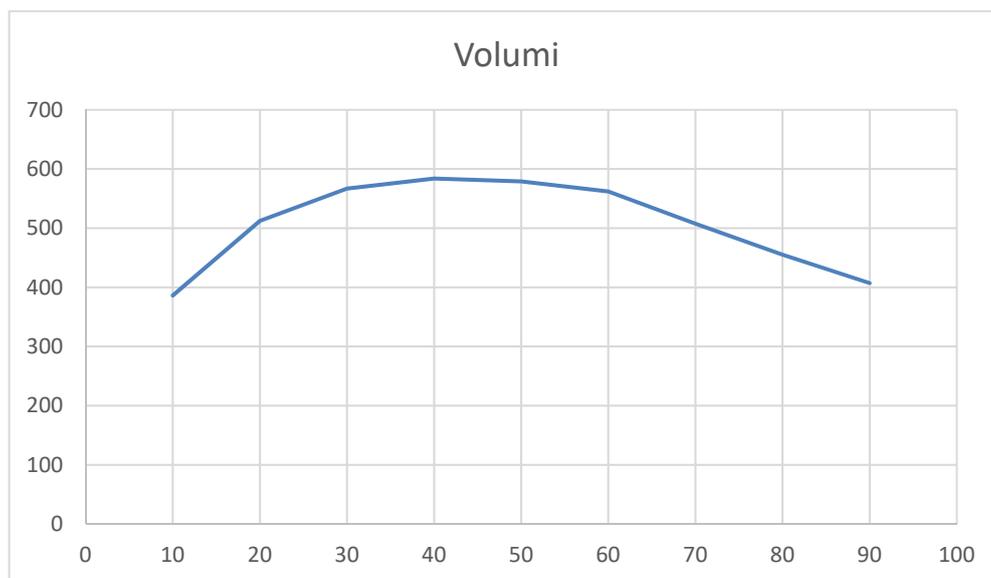


Tramite l'equazione di continuità per i serbatoi, applicata in modo iterativo istante per istante con passo temporale pari ad 1 minuto si sono quindi determinati gli idrogrammi in uscita dall'invaso.



Da cui è stato possibile costruire i diagrammi dei volumi invasati e delle portate al colmo in uscita al variare della durata di pioggia.

	Tp10	Tp20	Tp30	Tp40	Tp50	Tp60	Tp70	Tp80	Tp90
Qoutmax	0,33	0,38	0,40	0,41	0,41	0,40	0,38	0,36	0,34
hmax	0,45	0,60	0,67	0,69	0,68	0,66	0,60	0,54	0,48
Volume	386	512	567	584	579	562	507	455	407

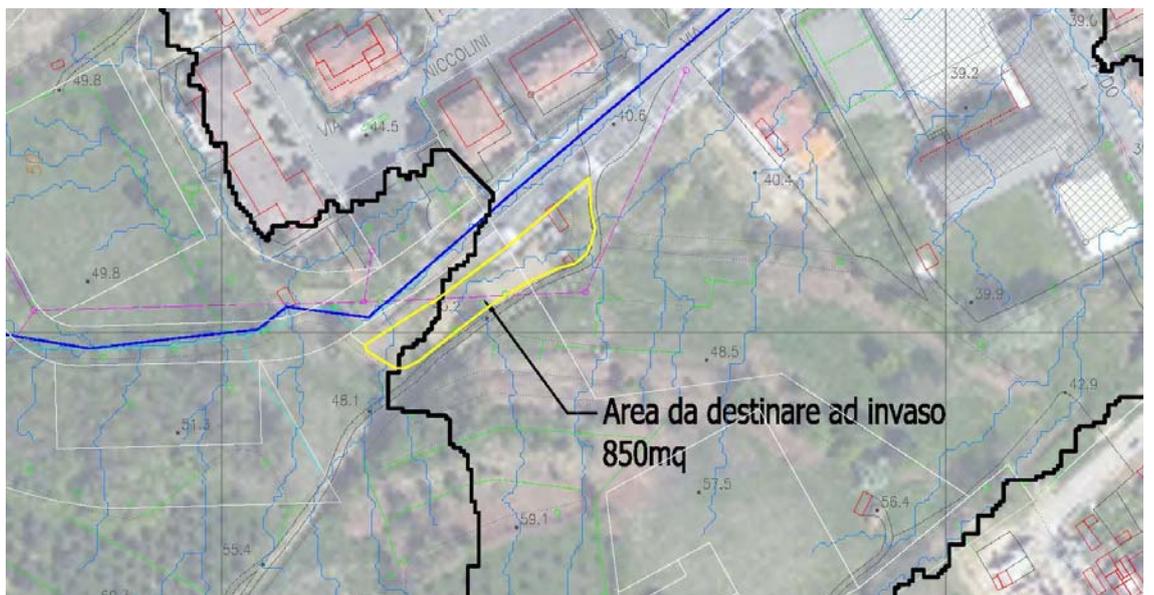
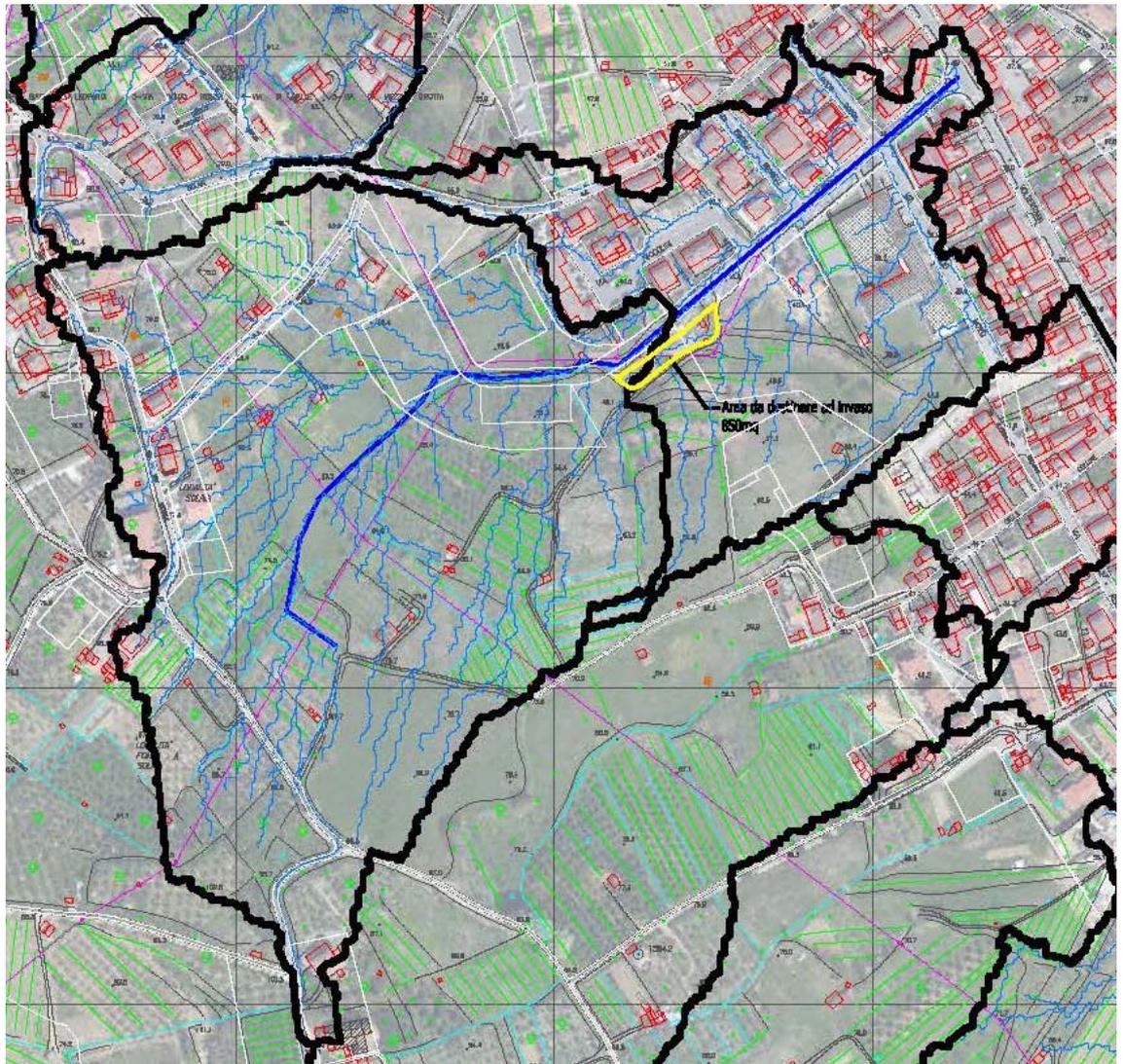


Si osserva allora che la durata critica dell'evento meteorico che massimizza il volume da invasare e la portata in uscita dalla bocca tarata risulta pari a circa 40 minuti, da cui il volume dell'invaso dovrà risultare almeno pari a 600 mc con una profondità media pari a 70 cm e portata massima in uscita pari a 0.41 mc/s.

Tali risultati dovranno essere affinati in fase di progettazione esecutiva dell'invaso, tenendo conto dell'effettiva morfologia che si sceglierà di affidare ad esso anche in funzione della caratterizzazione geotecnica dei rilevati e dei pendii costituenti l'invaso.

Per il momento ci sia sufficiente aver verificato che la zona individuata in accordo con l'Amministrazione Comunale avente area circa pari a 850 mq, cui sottrarre la superficie occupata dagli stessi rilevati arginali e manufatti a servizio dell'invaso, risulta essere adatta allo scopo.

Si riporta allora la perimetrazione di tale area.



CONCLUSIONI

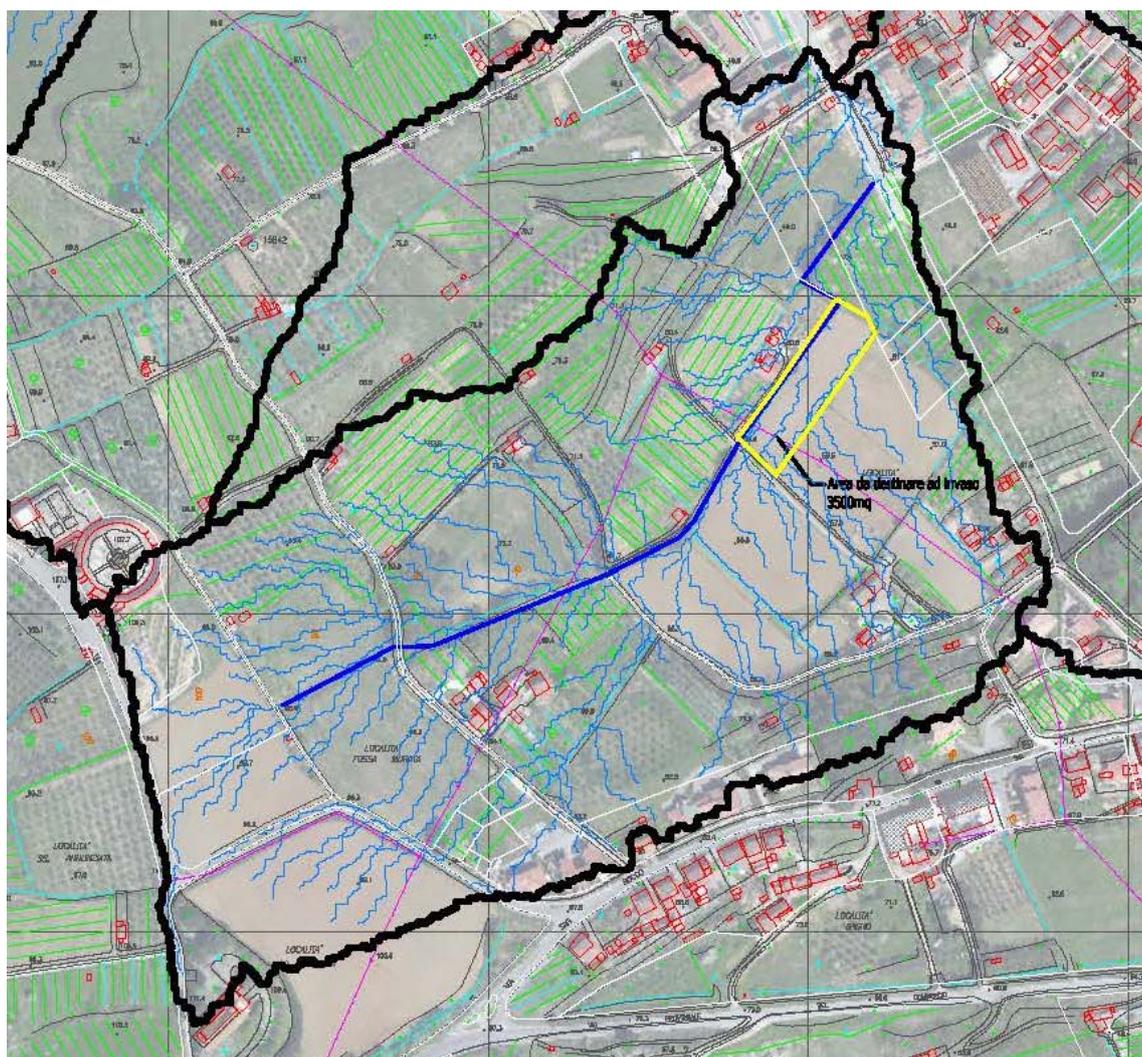
In accordo con l'Amministrazione Comunale si è scelto di prendere a riferimento come evento pluviometrico a base di progetto quello avente tempo di ritorno trentennale, così come comunemente impiegato nella progettazione dei reticoli fognari.

Sulla base di tale evento è stata predimensionata al livello di studio di fattibilità una vasca volano per le acque meteoriche a monte di Via Niccolini, che è risultato debba avere superficie in pianta di 850 mq, volume almeno pari a 600 mc con una profondità media pari a 70 cm e portata massima in uscita pari a 0.41 mc/s.

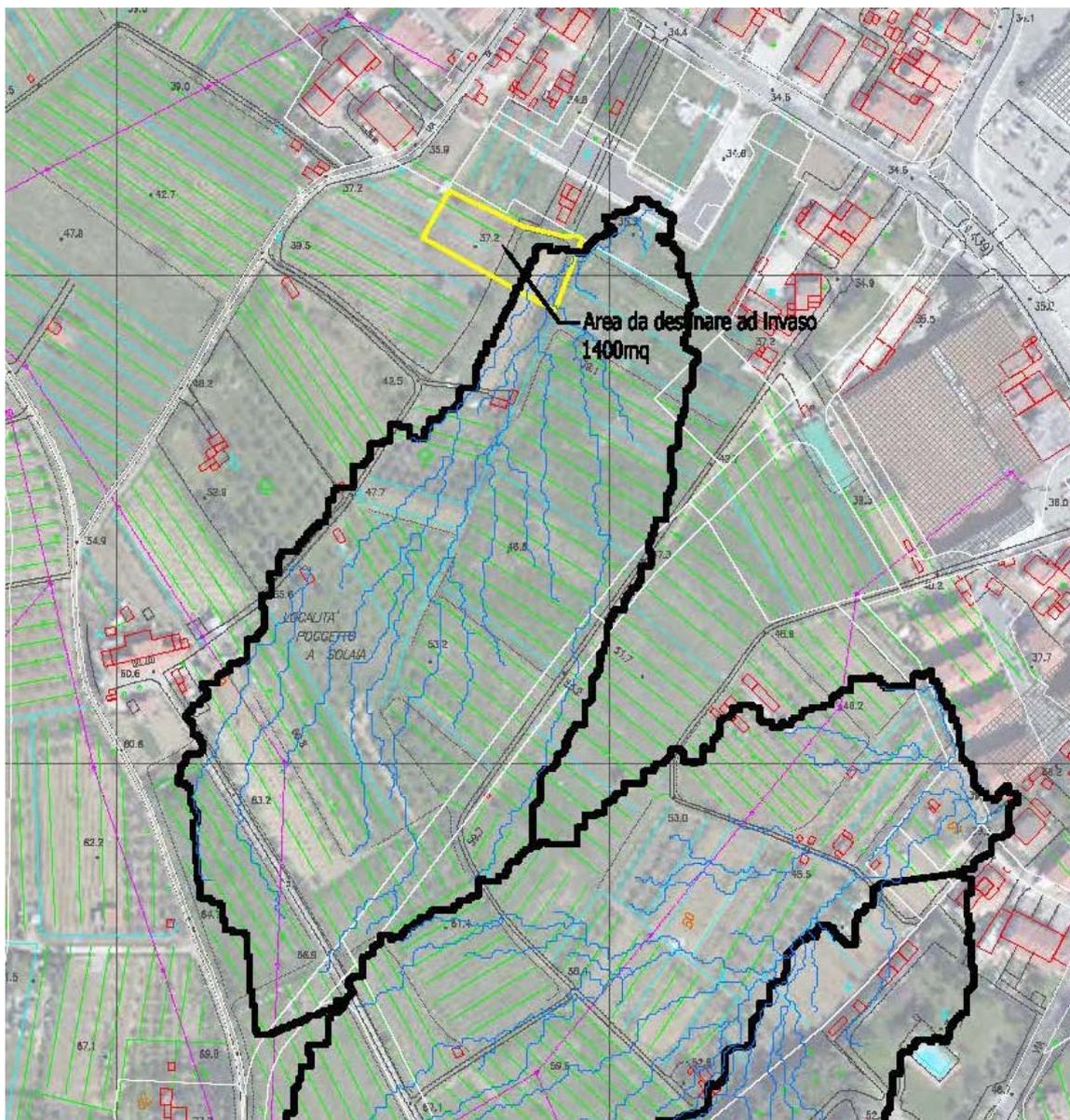
Poiché tale intervento non può essere ritenuto risolutivo per la messa in sicurezza idraulica dell'intero Territorio Comunale, ma deve essere inteso come semplice opera di mitigazione delle problematiche afferenti al sottobacino preso in esame. Peraltro per conservarne l'efficacia nel tempo sarà necessario che tutti gli interventi di nuova edificazione o impermeabilizzazione del suolo, che dovessero essere realizzati all'interno del sottobacino, garantiscano l'invarianza idraulica adottando sistemi di trattenimento che consentano l'accumulo delle acque meteoriche ed il rilascio lento e progressivo delle stesse nella fognatura.

A margine di quanto sopra e nell'ottica di perseguire l'obiettivo della risoluzione dei problemi ad oggi afferenti alla pubblica fognatura, si propone di prendere in considerazione due ulteriori aree la cui morfologia, per quanto di tipo collinare, risulta idonea alla realizzazione di opere analoghe a quella descritta nella presente relazione.

La prima di tali aree, la cui superficie in pianta misura 3500 mq è sita a monte di Via dei Mille.



La seconda area, di superficie pari a 1400 mq, richiede qualche accortezza in più in fase di progettazione esecutiva. La sua ubicazione, infatti, subito a monte di una lottizzazione di recente edificazione sulla Via Volterrana, è posta a monte di una piccola scarpata arginale. Per tale soluzione dovrà quindi essere studiata un'opera contenitiva o uno sbancamento ulteriore di terreno al fine di mettere in sicurezza la lottizzazione dall'eventualità di cedimenti del rilevato.



L'azione combinata delle tre vasche volano, realizzate nelle tre zone indicate, potrebbe ragionevolmente eliminare le problematiche indotte dall'innesto dei fossi campestri nella rete artificiale di scolo delle acque, prioritariamente progettata per i reflui fognari.