

COMUNE DI ZOLA PREDOSA- LOCALITA' RIALE
ACCORDO OPERATIVO ART. 38 L.R. 24/2014 RIALE SUD IUC.11



**STUDIO IDROLOGICO - IDRAULICO E PROGETTO PRELIMINARE DI SISTEMAZIONE IDRAULICA
DEL BACINO IDROGRAFICO FRA VILLA LORENZA E VIA BERLINGUER**



Carlo Alfonso Lipparini

OGGETTO: RELAZIONE SPECIALISTICA	
PROGETTISTI : Ing. Michele Marsigli Via S. Giuliano 1/2 40125 BOLOGNA	Dott. Geol. Carlo Alfonso Lipparini Via di Sabbiano 5/7 40136 BOLOGNA
Bologna	22 Marzo 2019
Elaborato prodotto da Michele Marsigli e Carlo Alfonso Lipparini, soggetto a diritti di proprietà intellettuale , riproduzione e diffusione vietata	

INDICE

1. PREMESSA	3
2. OBIETTIVI	3
3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE	4
4. ANALISI IDROLOGICA	6
4.1 Tempo di Corrivazione	7
4.2 Calcolo delle Precipitazioni Massime	8
4.3 Calcolo delle portate	9
5. ANALISI DI COMPATIBILITA' IDRAULICA – STATO ATTUALE	10
5.1 Stato di funzionamento del sistema di collettori	13
6. PROPOSTA PROGETTUALE	15
6.1 INTERVENTI SUI COLLETTORI	17
6.2 Realizzazione di un'area di laminazione	18
6.3 Nuovo fosso di guardia	19
6.4 SISTEMAZIONE IDRAULICO – AGRARIA	20
6.5 MANUFATTO DI IMBOCCO DEL CONDOTTO RICEVENTE	21
7. INDICAZIONI per la GESTIONE	22
8. CONCLUSIONI	22
ALLEGATO A - Formule	24
ALLEGATO B - Fotografie	26
ALLEGATO C - Planimetria area laminazione	28
ALLEGATO D - Planimetria nuovo fosso di guardia	29
ALLEGATO E - Planimetria di rilievo area intervento e dei fossi collettori	

1. PREMESSA

L'ambito **IUC11 Riale Sud**, è posizionato nel contesto della prima collina a sud dell'abitato di Riale nel comune di Zola Predosa. L'area di urbanizzazione ricade su di un versante poco acclive facente parte di un piccolo bacino idrografico disposto in direzione prevalente sud-nord e limitato a valle dell'area urbana di Riale.

L'urbanizzazione dell'abitato di Riale risale alla seconda metà del secolo scorso e, come spesso accaduto in tale periodo, è proceduta senza un approccio generale e razionale al tema del drenaggio delle acque di versante, creando così condizioni di vulnerabilità alle quali, solo in tempi più recenti, si è posto rimedio, con interventi di potenziamento e riassetto della rete di raccolta delle acque meteoriche, anche a seguito delle criticità evidenziate nell'evento meteorico intenso del maggio 2002.

I piccoli bacini e le unità di versante della prima fascia collinare drenano le proprie acque direttamente verso l'abitato, questa condizione rende estremamente utile e rilevante una gestione dei versanti e della loro rete di drenaggio che mitighi gli effetti delle piogge intense aumentando la capacità di ritenzione e i tempi di corrivazione delle acque e riducendo l'erosione dei suoli e il trasporto solido.

2. OBIETTIVI

Lo scopo del presente studio è valutare le condizioni di drenaggio dei versanti sopra via Berlinguer in riferimento alle caratteristiche idrologiche, idrauliche, morfologiche e geologiche del bacino e della sua rete scolante; evidenziare criticità eventualmente presenti e proporre uno schema di interventi di miglioramento, tenendo conto della nuova realizzazione urbanistica di un lotto edificato e di un'area collettiva a parco.

3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE

L'area di studio è situata nel comune di Zola Predosa e ricade nel territorio rurale di collina prospiciente la frazione di Riale, al confine con il comune di Casalecchio. Più nello specifico, il territorio di indagine riguarda un piccolo bacino del margine appenninico delimitato a nord da via Gesso e via Berlinguer, a est dal bacino del fosso di Riale e a ovest da un altro piccolo bacino il cui impluvio è occupato da via Leopardi e le cui acque scolano nel rio Felicina.

L'altimetria varia da un massimo 148 metri s.l.m. a un minimo di 80 metri s.l.m., due terzi della superficie sono coltivati a seminativo o tenuti a prato, la restante parte è coltivata a vigneto, sono presenti alberi e cespugli lungo l'impluvio e lungo i fossi, qualche albero nel margine finale a ridosso di via Gesso. I suoli sono a prevalenza limo-argillosi, con bassa permeabilità, senza presenza di falde acquifere superficiali.

Il bacino idrografico attuale ha una estensione di circa **0.065 km²** (6.5 ha), presenta un fosso collettore principale in corrispondenza dell'impluvio naturale da quota 125 fino a 95 metri, dove raggiunge il limite dell'abitato e un fabbricato residenziale, cui confluiscono due fossi di drenaggio dell'area est e lo scolo prosegue piegando leggermente verso ovest lungo il limite dell'edificato, per circa 60 metri dopo i quali curvando decisamente verso ovest assume direzione est-nord, dopo ulteriori 70 metri curva a angolo retto e si dirige verso via Gesso. Il collettore recapita qui le acque in un pozzetto protetto da una griglia a barre longitudinali, inclinata di 17 gradi sull'orizzontale.

Dalle informazioni acquisite, il pozzetto alimenta un tubo in PVC di diametro 0.5 metri e pendenza dell'1%.

Risulta probabile che la deviazione dall'impluvio naturale, presente in corrispondenza dell'abitato, sia stata realizzata successivamente alla costruzione del fabbricato, dopo aver riscontrato che le acque di drenaggio raggiungevano l'edificato. Dopo il punto di deviazione il collettore presenta fondo e pareti in calcestruzzo per tutto il tratto al margine dell'abitato, che è seguito da un tubo il calcestruzzo in corrispondenza della curva, dopodiché il fosso torna a essere in terra con sezione ampia e alberi e arbusti al margine delle sponde, viene quindi intubato di nuovo alla curva successiva per poi procedere in terra fino all'ultimo tratto che si presenta rivestito in calcestruzzo fino alla immissione nel pozzetto.

Il fosso di drenaggio del campo a est, a monte dell'area di nuova edificazione, è realizzato in terra e raccoglie buona parte delle acque provenienti dal vigneto, la canaletta posta più a valle al limite della area urbana è una scolina di caratteristiche disomogenee parte in terra e parte in cemento, ostruita da vegetazione in più punti.

Il punto di deviazione e confluenza delle due scoline si è evidenziato, già in fase di rilievo, come nodo critico, infatti presenta un salto di pendenza, sezione ridotta e sagomatura delle confluenze non adeguata.

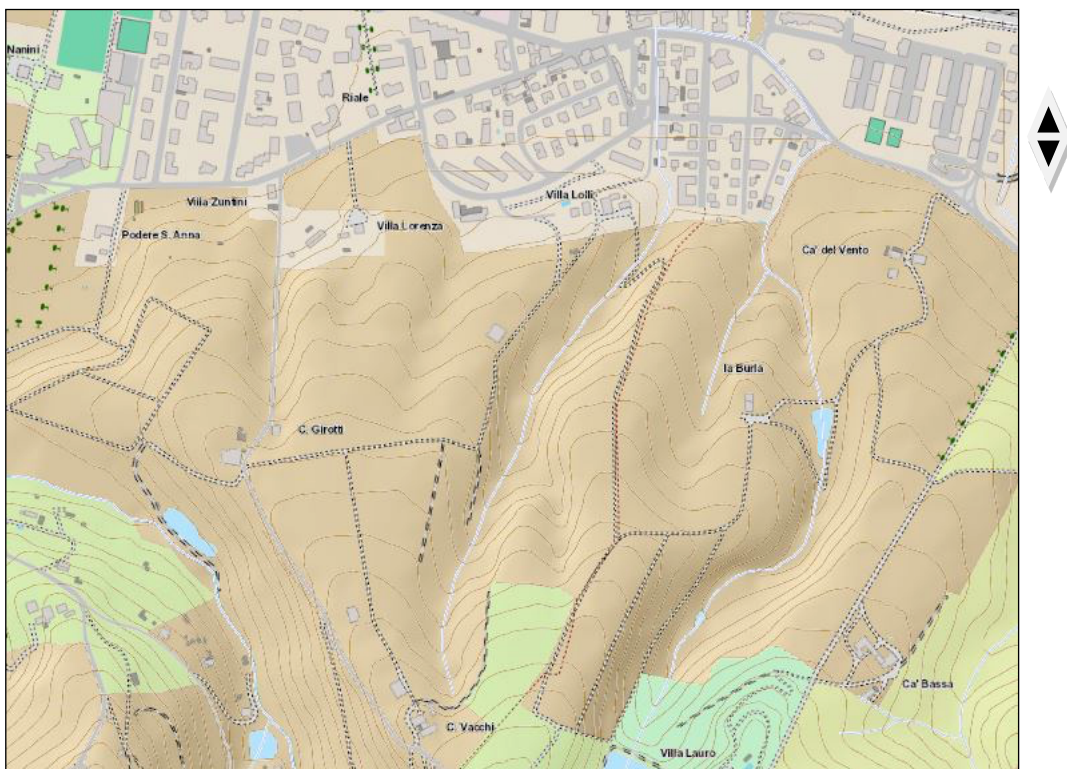


Figura 1 Inquadramento planimetrico dell'area di studio, con sfumo altimetrico e curve di livello.



Figura 2 Inquadramento su foto area 2018, con indicazione dei limiti del bacino idrografico e della rete di drenaggio.

Di seguito si riportano le principali caratteristiche del bacino idrografico e delle sottoaree suddivise in base agli attuali collettori.

		Bacino T (totale)	Bacino M (monte)	Bacino P (parco)	Bacino IE (intervento edilizio)
Area	km ²	0.065	0.038	0.017	0.010
Quota Massima	m s.l.m.	148	148	98	111
Quota Minima	m s.l.m.	80	98	80	95
Pendenza Media	m/m	10%	10%	9%	13%
Lunghezza Collettore	m	470	229	216	128

Tabella 1 Caratteristiche del bacino principale e delle sottoaree contribuenti

4. ANALISI IDROLOGICA

La valutazione idrologica delle portate corrispondenti agli eventi di piena a determinato tempo di ritorno (T_R) è stata svolta secondo l'assunzione che prevede di trasferire il tempo di ritorno dell'evento di precipitazione al deflusso che genera. Per la stima della portata di picco generata dal bacino e dalle sue sottoaree si sono utilizzate relazioni per la determinazione del deflusso netto e la concentrazione dei deflussi funzione di parametri fisici legati alle caratteristiche del bacino di raccolta.

La valutazione delle precipitazioni è proceduta sulla base dello studio della Autorità di bacino del Reno "Studi, indagini, rilievi e sondaggi volti alla verifica dei tratti critici della rete scolante connessa al Rio Canalazzo e al suo riassetto complessivo" (Prof. Ing. A. Brath e Studio Maione, 2004). Lo studio idrologico cui si fa riferimento riguarda il territorio di Zola Predosa ed in particolare l'area ricadente nell'unità del Rio Canalazzo.

Detto studio ha valutato la curva di possibilità climatica per la stazione di Bologna Osservatorio Ufficio Idrografico, dopo una analisi che l'ha individuata come rappresentativa dell'area di interesse. La stazione Osservatorio ha una estesa registrazione di piogge brevi e intense e per questo motivo ben si adatta allo studio dei piccoli bacini, che per la loro estensione raggiungono condizioni critiche per durate ridotte di precipitazione.

La durata di pioggia di interesse per la stima dei deflussi di piena del bacino è detta durata critica ed è in relazione con il tempo di corrivazione.

Per la valutazione delle portate di verifica della rete di drenaggio del bacino e per il progetto degli interventi di miglioramento si è optato per un modello percentuale, che coniugando la semplicità con un esplicito legame a parametri fisici ben si adatta ai piccoli bacini. Secondo il modello il volume di deflusso superficiale è una percentuale del volume piovuto. Per la stima della portata di picco si è

utilizzato il modello della corrivazione che considera che i deflussi raggiungano il proprio massimo nella sezione di chiusura quando i deflussi provenienti da tutto il bacino raggiungono la sezione finale. In questo modo si è giunti alla stima delle portate massime per le piogge di durata critica per diversi Tempi di Ritorno (10, 20, 50 e 200 anni).

4.1 Tempo di Corrivazione

Il tempo di corrivazione è quello che trascorre a partire dall'inizio della precipitazione fino a quando tutte le parti del bacino contribuiscono al deflusso nella sezione di chiusura.

Assumendo una distribuzione della pioggia uniforme sul bacino, la massima portata a assegnato tempo di ritorno (T_R) è quella generata da un evento di precipitazione con il T_R assegnato e di durata pari al tempo di corrivazione.

Si è calcolato, quindi, il tempo di corrivazione con diversi metodi allo scopo di stimare la durata critica di pioggia del bacino.

Facendo riferimento a diverse formulazioni generalmente usate per la valutazione del tempo di corrivazione si ottiene una stima del tempo di corrivazione per il piccolo bacino che varia tra i 5 e i 42 minuti. Il valore assunto è di 40 minuti, in generale la formula di Giandotti si adatta bene ai bacini naturali acclivi e con l'aggiustamento fornito dalla formula modificata per bacini piccoli risulta ben rispondente al bacino qui trattato, incorporando anche le caratteristiche di permeabilità e di uso del suolo, non necessita di una ulteriore valutazione del tempo di ritardo di risposta dato dalla vegetazione e dalla infiltrazione.

Per un approfondimento sui metodi utilizzati si faccia riferimento all'allegato A - Formule, mentre i vari valori ottenuti per i tempi di corrivazione sono riportati in tabella.

Tempo di Corrivazione	Min.
Giandotti modificata Aronica per piccoli bacini	40
Giandotti	33
Kirpich	5
Pasini	33
Pezzoli	5
Viparelli	8
NRCS-SCS, 1997 classe idrologica II con suolo C (suolo cautelativo , non saturazione)	27
Tempo corrivazione assunto	40

Tabella 2 Tempi di corrivazione in minuti in base alle varie formulazioni

4.2 Calcolo delle Precipitazioni Massime

Come specificato sopra il calcolo delle precipitazioni è stato basato sulle curve di possibilità climatica calcolate nell'ambito dello studio dell'Autorità di bacino del Reno, e fanno riferimento ai dati registrati al pluviometro della stazione dell'osservatorio dell'ufficio idrografico di Bologna.

Le curve sono costituite da due rami, il primo valido per durate di pioggia inferiori all'ora e il secondo per durate da 1 ora a 24 ore.

La metodologia applicata ha portato alla definizione delle altezze di precipitazione e intensità massime di pioggia in funzione del tempo di ritorno che ne esprime la probabilità di accadimento.

Le altezze critiche di pioggia sul bacino vanno da 28 a 50 mm di pioggia per i tempi di ritorno da 5 a 200 anni.

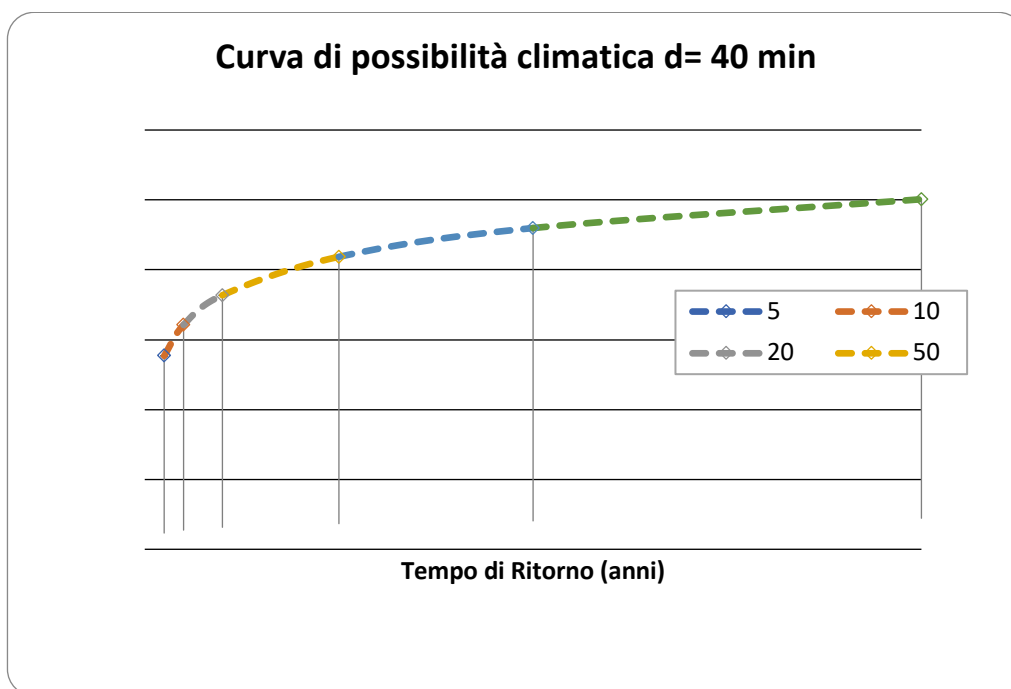


Figura 3 Andamento delle precipitazioni con il tempo di ritorno per durata di 40 minuti pari alla durata critica.

Durata di pioggia	min	40
Tempo di Ritorno	Altezza critica di pioggia	Intensità di pioggia
anni	mm	mm/h
5	27.68	41.52
10	32.11	48.16
20	36.36	54.54
50	41.86	62.79
100	45.97	68.96
200	50.09	75.14

Tabella 3 Valori di pioggia con Tempi di Ritorno tra 5 e 200 anni e parametri della curva di possibilità climatica per durate inferiori a 1 ora.

4.3 Calcolo delle portate

La valutazione del fenomeno di concentrazione dei deflussi è stata finalizzata a definire direttamente la portata massima ed è stata condotta con il metodo razionale ossia moltiplicando l'intensità di pioggia puntuale estrema per l'area di scolo e per un coefficiente che tiene conto di permeabilità e pendenza media del bacino. Per la ridotta superficie la precipitazione puntuale si estende a tutto il bacino senza applicare nessuna riduzione.

Quindi: $Q_{max} = C_d \times I \times A$

dove A è l'area, I è l'intensità di pioggia e C_d il coefficiente di deflusso, assunto pari a 0.5, seguendo le indicazioni di letteratura per bacini delle caratteristiche di quello studiato.

Nella tabella seguente si riportano i valori di portata massima per i diversi tempi di ritorno, sono riportati anche i contributi massimi delle varie sottoaree, che saranno utilizzati per la verifica dei vari tratti della rete drenante. Tale calcolo si basa sull'assunzione di pioggia uniforme sul bacino e intensità costante durante l'evento, ogni bacino contribuisce al picco proporzionalmente alla propria area. La suddivisione in bacini è riportata nella figura del capitolo che segue.

		Bacino T (totale)	Bacino M (monte)	Bacino P (parco)	Bacino IE intervento edilizio
		Area km ²	Area km ²	Area km ²	Area km ²
		0.065	0.038	0.017	0.010
Tempo di Ritorno	Coefficiente di deflusso	Portata massima			
anni		m3/s	m3/s	m3/s	m3/s
5	0.5	0.37	0.22	0.10	0.06
10	0.5	0.43	0.25	0.11	0.07
20	0.5	0.49	0.29	0.13	0.08
50	0.5	0.57	0.33	0.15	0.09
100	0.5	0.62	0.36	0.16	0.10
200	0.5	0.68	0.40	0.18	0.10

Tabella 4 Valori della portata di picco con Tempi di Ritorno tra 5 e 200 anni per il bacino complessivo e per le sottoaree.

I risultati ottenuti sono coerenti con quelli dello studio della Autorità di bacino del Reno, dove il bacino di scolo individuato era più esteso (di 3 ha circa) e il contributo massimo per chilometro quadrato per eventi duecentennali era pari a 8.8 metri cubi, nei calcoli qui effettuati risulta di poco superiore pari a 10.4 metri cubi.

5. ANALISI DI COMPATIBILITA' IDRAULICA – STATO ATTUALE

Il sistema di collettori del bacino ha uno schema semplice, un collettore principale e due scoli confluenti in destra idraulica che drenano il versante del vigneto e l'area sottostante di futura urbanizzazione. A questo sistema si aggiunge una piccola canaletta, di dimensioni e materiali variabili posta al margine inferiore dell'abitato che convoglia le acque direttamente nella sezione di chiusura del bacino.

Il recettore finale del collettore principale è un pozzetto a caduta con dimensioni di 0.5 per 0.5 metri; dalle informazioni reperite il pozzetto alimenta un tubo in PVC di diametro 0.5 metri e pendenza dell'1%.

Il collettore si immette nel pozzetto attraverso un manufatto di ingresso realizzato in opera e costituito da due muri di sponda lunghi 2.2 metri e distanti 0.5 metri. Ai muri è immorsata una griglia obliqua a barre longitudinali in acciaio inox, disposte con interasse di 10 centimetri (foto allegato B Fotografie).

Nella tabella successiva si riportano le caratteristiche geometriche, morfologiche, dei materiali suddivisi per parti omogenee in 11 tratti.

N.Ro Tratto	Descrizione	Forma	Lunghezza	Larghezza / Diametro	Larghezza fondo	Altezza	Pendenza media	Altezza canale
			m	m	m	m	m/m	m
T1	canale in cls	trapezia	8	1.1	0.50	0.6	0.07	0.600
T2	canale in cls	trapezia	16	1.7	0.53	0.6	0.07	0.600
T3	canale in erba	trapezia	58	2	0.50	0.6	0.07	0.600
T4	breve tubazione in cemento con passaggio di proprietà	tubo circolare	6	1			0.035	
T5	di canale in terra (trasversale), arbusti e alberi ai margini	trapezia	65	1.7	0.50	0.6	0.04	0.600
T6	breve tubazione in cemento	tubo circolare	12	0.6			0.015	
T7	canale in cls (trasversale) con curve e pendenza non costante	trapezia	58	0.5	0.40	0.3	0.04	0.300
T8	canale in terra	trapezia	270	1.7	0.50	0.65	0.09	0.650
T9	scolina tratto contro il muro di confine	trapezia	65	0.4	0.30	0.35	0.018	0.350
T10	scolina alta secondaria in terra	trapezia	120	1	0.20	0.4	0.04	0.400
T11	scolina bassa di confine secondaria in cemento / terra	trapezia	60	0.5	0.30	0.5	0.03	0.500

Tabella 5 Caratteristiche geometriche dei collettori

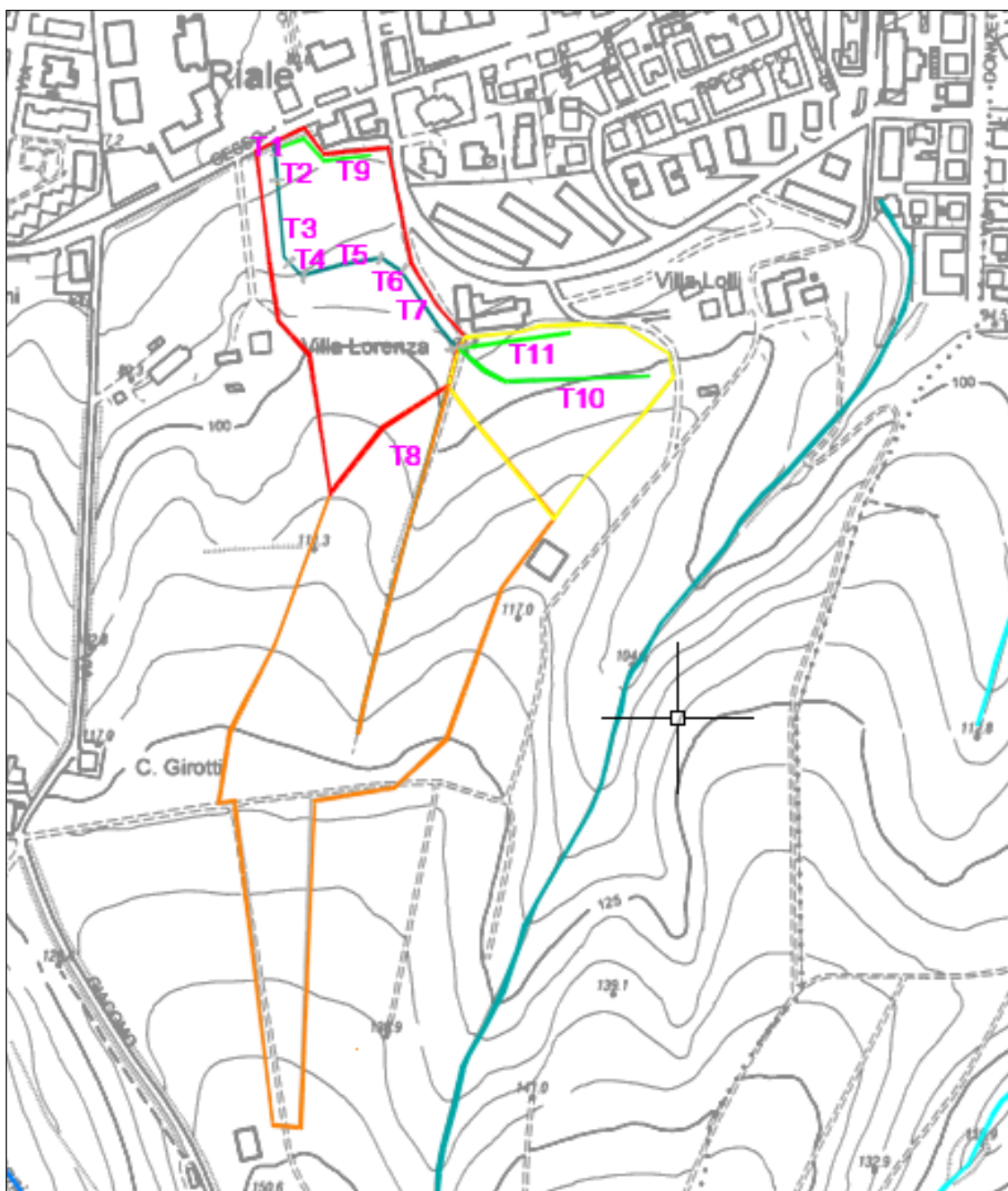


Figura 4 Planimetria su CTR, con indicazione dei limiti del bacino idrografico, della rete di drenaggio e della suddivisione in tronchi.

5.1 Stato di funzionamento del sistema di collettori

Il canale principale nella parte alta **(T8)** si trova condizioni di manutenzione sufficientemente buone, la sponda sinistra è più alta e sede, al ciglio superiore, di vegetazione arbustiva e arborea. Tale tratto **(T8)** ha forte pendenza (9 %) con una sezione abbastanza ampia tale da consentire elevati deflussi anche in presenza di vegetazione. In prossimità dell'angolo del lotto edificato, dove si immettono dei fossi laterali, la pendenza del profilo di fondo diminuisce decisamente con un breve passaggio a pendenza pressoché nulla, queste condizioni causano il rallentamento della corrente e l'innalzamento dei livelli idrici ostacolando lo smaltimento delle acque dei fossi laterali.

Il collettore prosegue con sezione molto minore **(T7)**, realizzata in conci di calcestruzzo arrotondato, per buona parte del tratto la sezione è resa più ampia dalle scarpate in erba. La scarpata sinistra è alta e molto inclinata, la destra, bassa e poco inclinata, è limitata dalla recinzione di un caseggiato. La sponda destra non garantisce il contenimento dei deflussi per tutta la lunghezza, presentando avvallamenti che limitano ulteriormente la sezione utile.

Nel tratto successivo **(T6)** il collettore si immette in una tubazione in calcestruzzo di diametro 0.6 metri, utilizzato per l'attraversamento del fosso. Prosegue, quindi, con pendenza ridotta e sezione ampia per 65 metri **(T5)**. La sponda sinistra è più alta e superiormente insediata da vegetazione arborea e arbustiva.

In corrispondenza della curva successiva **(T4)** lo scolo è di nuovo intubato in un collettore circolare in calcestruzzo di sezione 1 metro, per una lunghezza di 6 metri. In uscita si ha una canaletta **(T3)** in erba a sezione trapezia che prosegue per 58 metri con sezione costante e buone condizioni di funzionamento.

Il tratto finale **(T2 e T1)** del bacino di scolo, costituito da un breve canale in calcestruzzo e dal manufatto collettore di ingresso al pozzetto, presenta alcune criticità di funzionamento. La griglia ha inclinazione e spaziatura delle barre adeguate ma è realizzata su di una sezione molto stretta (solo 0.5 metri) che offre un volume ridotto per l'accumulo del sedimento o della vegetazione eventualmente trasportata dalla piena. Nella eventualità di una improvvisa o progressiva ostruzione fino alla copertura di un'area non sufficiente allo smaltimento della portata in arrivo, l'accumulo di acqua a monte può aumentare fino a livelli superiori alla quota del piano campagna circostante e defluire così in via Gesso.

Per quanto riguarda il fosso secondario **(T10)**, che attraversa trasversalmente il lotto di futura urbanizzazione, non ha un'area di contribuzione elevata ma crea un apporto apprezzabile ai deflussi, costituisce un importante presidio in difesa dell'area urbana, convogliando le acque di un versante a pendenza elevata verso il collettore principale. Anche per questo fosso il punto di immissione è critico per la pendenza ridotta del ricevente. Al margine con l'abitato la scolina **(T11)** presente raccoglie i deflussi della porzione più a valle del versante laterale, la sua sezione è abbastanza ampia

anche se insediata da vegetazione in più punti.

Il tratto che costituisce il ramo più a valle (**T9**) costeggia il fabbricato, è in massima parte addossato al muro e presenta condizioni di parziale degrado.

La capacità di smaltimento dei collettori è stata valutata in base alla formula di moto uniforme i cui risultati sono riportati nella tabella seguente.

Tratto	Scabrezza Manning	Contorno Bagnato	Area	Pendenza Canale	Raggio Idraulico	Velocità Media	Portata a Sezione Piena
	$s^1 \text{ mm}^{-1/3}$	m	m^2	m/m	m	m/s	m^3/s
T1	0.03	1.842	0.480	0.070	0.261	3.60	1.73
T2	0.03	2.206	0.669	0.070	0.303	3.98	2.66
T3	0.05	2.421	0.750	0.070	0.310	2.42	1.82
T4	0.02	3.142	0.785	0.035	0.250	3.71	2.92
T5	0.07	2.197	0.660	0.040	0.300	1.28	0.85
T6	0.02	1.885	0.283	0.015	0.150	1.73	0.49
T7	0.03	1.008	0.135	0.040	0.134	1.74	0.24
T8	0.07	2.269	0.715	0.090	0.315	1.98	1.42
T9	0.04	1.007	0.123	0.018	0.122	0.82	0.10
T10	0.05	1.331	0.240	0.040	0.180	1.28	0.31
T11	0.04	1.320	0.200	0.030	0.152	1.23	0.25

Tabella 6 Officiosità della rete scolante attualmente presente, suddivisa in tratti e del tubo recettore.

Per stimare l'efficienza di funzionamento della griglia è indicativo valutare la sezione aggiuntiva che è messa a disposizione comparando la sua area libera con quella del canale sulla quale è montata. La griglia ha dimensioni 2.2×0.5 metri, è formata da 6 barre longitudinali di larghezza 0.02 metri, la sezione libera risulta quindi di 0.84 metri quadrati, pari a 2 volte l'area utile del canale. Il canale di sul quale è montata la griglia ha una officiosità di $0.99 \text{ m}^3/\text{s}$, tuttavia la griglia provoca un innalzamento del livello di monte, rigurgito, variabile in funzione della velocità della corrente e del grado di pulizia della griglia che può variare da pochi centimetri a oltre 50 centimetri.

La condotta ricevente è un tubo in PVC con dimensioni note di 0.5 metri di diametro e pendenza dell'1%, nella tabella seguente si riporta l'esito dei calcoli della capacità di smaltimento della condotta. La portata massima che può smaltire è di circa $0.70 \text{ m}^3/\text{s}$ assumendo un coefficiente di scabrezza di Manning pari a $0.007 \text{ s}^1 \text{ mm}^{-1/3}$, secondo quanto riportato in letteratura per i materiali plastici. La portata di $0.70 \text{ m}^3/\text{s}$ viene smaltita con un riempimento del 90% dell'area utile e dell'85% del tirante massimo. Il pozzetto a monte della condotta garantisce una disconnessione idraulica fra il regime della condotta e quello dello scolo.

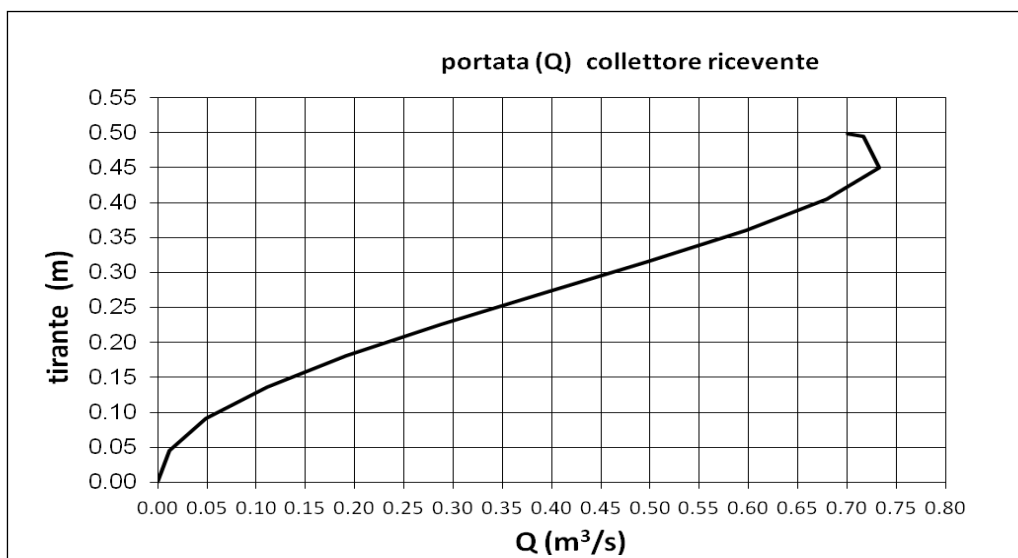


Figura 5 Capacità di smaltimento della condotta ricevente.

6. PROPOSTA PROGETTUALE

L'analisi dello stato attuale del bacino e della rete di scolo delle acque ha consentito di evidenziare le caratteristiche e le criticità presenti.

La situazione degli scoli si presenta non omogenea, sia nella officiosità che nelle condizioni di funzionamento, la maggior parte dei tratti ha sezioni sufficienti allo smaltimento delle piene duecentennali tuttavia sono presenti manufatti inadeguati come il tubo circolare del tratto 6, o realizzazioni precarie e non efficienti, come per le scoline realizzate in cemento, o ancora punti critici nei quali le acque possono facilmente esondare e raggiungere l'abitato, come il nodo di confluenza degli scoli della porzione destra del versante.

Al tema della officiosità è importante affiancare la limitazione dell'erosione e del trasporto solido, lapideo e vegetale, che può provocare ostruzioni degli scoli e dei manufatti e deviare la corrente in occasione di eventi particolarmente critici. Oltre alla funzionalità del sistema di drenaggio, limitare l'erosione superficiale diffusa risponde a obiettivi di tipo ambientale come la riduzione della perdita di suolo fertile e con essa la preservazione della capacità di immagazzinamento idrico nel terreno, obiettivi che corrispondono anche ha una migliore resilienza dell'ecosistema agli eventi siccitosi. Gli interventi volti a ridurre l'erosione e il trasporto solido hanno l'effetto combinato di aumentare la capacità di invaso del bacino e di rallentare i deflussi ottenendo una mitigazione dei picchi di piena.

Lo smaltimento delle acque a valle del bacino è condizionato dal funzionamento della condotta ricevente e dalle condizioni di smaltimento che si realizzano nel manufatto di ingresso. Il ricevente, in assenza di rigurgiti da valle, può smaltire le piene per eventi con tempo di ritorno fino a 200 anni,

tuttavia tenendo conto delle problematiche di imbocco e degli effetti dell'accumulo di materiale sulla griglia, per gli eventi particolarmente intensi, lo smaltimento delle piene può non essere ottimale e si può realizzare un rigurgito verso monte e la conseguente formazione di una zona di allagamento, che può eventualmente raggiungere la via Gesso.

La nuova urbanizzazione si pone sul versante destro, in continuità con l'edificato occupando parte del bacino drenato dai fossi affluenti laterali allo scolo principale, nel progetto il fosso più alto è stato posizionato a monte della nuova area di edificazione, diventando così il nuovo fosso di guardia di margine, la scolina bassa viene risezionata e riprofilata.

Lo schema progettuale di seguito proposto prende in considerazione in primo luogo la rete drenante con lo scopo di adeguarla alle piene duecentennali, di ridurre l'erosione e di aumentare i tempi di corrivazione, in secondo luogo i possibili interventi di carattere idraulico agrario e vegetazionale che contribuiscono a mitigare gli effetti degli eventi intensi aumentando la ritenzione del bacino, e quindi ancora i tempi di corrivazione, e limitando l'erosione del suolo e il trasporto solido.

Un paragrafo a parte è dedicato alle valutazioni sul manufatto di imbocco del tubo recettore finale delle acque di scolo del bacino.

Per la progettazione si prende a riferimento la piena di picco duecentennale, secondo la tabella che segue.

Tratto	Velocità Media	Portata a Sezione Piena	Portata di progetto	riempimento
	m/s	m ³ /s	m ³ /s	
T1	3.60	1.73	0.68	39%
T2	3.98	2.66	0.68	25%
T3	2.42	1.82	0.68	37%
T4	3.71	2.92	0.68	23%
T5	1.28	0.85	0.68	80%
T6	1.73	0.49	0.68	139%
T7	1.74	0.24	0.68	288%
T8	1.98	1.42	0.40	28%
T9	0.82	0.10	0.06	59%
T10	1.28	0.31	0.10	34%
T11	1.23	0.25	0.03	14%

Tabella 7 Portate di progetto e confronto con l'officiosità dei collettori

6.1 INTERVENTI SUI COLLETTORI

Si procede a descrivere gli interventi sui collettori da valle verso monte. I tratti che vanno dalla sezione di chiusura fino alla curva, incluso il tubo di attraversamento, risultano sufficienti rispetto alla portata di progetto, si procede alla verifica di funzionamento per evidenziare eventuali criticità e proporre gli interventi di miglioramento.

Tratto	altezza sponda	portata a sezione piena	portata di progetto	tirante	franco di sicurezza	velocità media
	m	m ³ /s	m ³ /s	m	m	m/s
T1	0.60	1.73	0.68	0.35	0.25	2.85
T2	0.60	2.66	0.68	0.29	0.31	2.79
T3	0.60	1.82	0.68	0.37	0.23	1.88
T5	0.60	0.85	0.68	0.54	0.06	1.21
T8	0.65	1.42	0.40	0.34	0.31	1.43

Tabella 8 verifica di funzionamento per la portata di progetto dei tratti a cielo aperto

Nei tratti T1 e T2 le velocità assumono valori elevati, la perdita di carico determinata dalla griglia di imbocco al condotto, in tali condizioni determina un consistente rigurgito a monte. Il tratto T2 può essere realizzato in terra inerbita e sezione trapezia, ricalibrando anche la pendenza di fondo.

Per evitare questo problema nel tratto T1, e migliorare la condizione del deflusso nella condotta su Via Gesso, è utile prevedere l'allargamento della sezione di sbocco del canale nell'ultimo breve tratto, creando una più ampia superficie per la griglia in modo da diminuire la velocità del flusso. Si otterrebbe, così, di evitare in larga parte l'ingresso di materiale verso la fognatura comunale, consentendo altresì l'eventuale deposito, senza occlusioni in corso di evento.

Si prevede quindi di risezionare il tratto T1, per raccordare la sezione al manufatto di imbocco modificato.

Tratto	Diametro	portata a sezione piena	portata di progetto	tirante	franco di sicurezza	velocità media
	m	m ³ /s	m ³ /s	m	m	m/s
T4	1.00	2.92	0.68	0.32	0.68	3.01

Tabella 9 Verifica di funzionamento per la portata di progetto della condotta del tratto T4

Nel tratto T4 può essere mantenuto il condotto esistente, opportunamente ripulito.

Il tratto T5 si trova in buone condizioni di funzionamento e ambientali, raccoglie le acque di ruscellamento del versante che taglia trasversalmente, la presenza di vegetazione sulla sponda garantisce una funzione di filtro, nel collettore i deflussi transitano con minore velocità consentendo la deposizione del trasporto solido, tuttavia la piena di progetto transita con franchi di sicurezza ridotti. **E' pertanto necessario un risezionamento del tratto.**

La necessità di mitigare i picchi di piena verso il collettore ricevente, anche in relazione agli apporti dell'area urbanizzata, insieme alla posizione rispetto alla realizzazione dell'area a verde pubblico, hanno fatto propendere per sceglierlo come tratto da destinare alla laminazione dei deflussi, e alle funzioni di deposizione e di filtro dei sedimenti, realizzando una piana laterale o golena allagabile vegetata, con potenzialità di sviluppo di un inserimento ambientale di valorizzazione del parco.

Risalendo verso monte si dovrà rimuovere il condotto del tratto T6 che risulta insufficiente e posizionato in curva, eventualmente poco più a valle, prima dell'allargamento un passaggio con sezione adeguata o una passerella in legno.

Il tratto T7 va risezionato con sezione trapezia adeguata alla piena duecentennale e franco di sicurezza, viste le caratteristiche morfologiche del terreno in quel tratto che convoglierebbero le acque in direzione diversa da quella del fosso sarà necessario sagomare una sponda in contropendenza rispetto al margine delle case, da realizzare con modesti riporti di terreno.

Presso il nodo di monte si rileva un breve tratto con pendenza pressoché nulla. Anche l'intorno di questo nodo necessità di una sistemazione morfologica localizzata di scavo e rinterro per realizzare la sezione adeguata con quote approfondite di qualche decina di centimetri e regolarizzazione delle pendenze di fondo per rendere lo scolo efficiente.

Per le scoline di guardia a protezione dell'abitato dei tratti T9 e T11 si rende opportuno il risezionamento e la riprofilatura. Per il tratto T11 la progettazione sarà adeguata allo sviluppo della progettazione per quelle aree dell'intervento urbanistico e edilizio.

6.2 Realizzazione di un'area di laminazione

L'intervento che si prevede lascia inalterata la sponda destra del collettore, la quale cade in corrispondenza di una scarpata vegetata con arbusti e alberi, e realizza un'area in sinistra, così da creare una fascia con naturale effetto di laminazione.

Una stima riguardo all'idrogramma prodotto dal bacino di studio ha condotto ad una prima valutazione del volume da rendere disponibile nella piana laterale.

La portata di progetto del canale è individuata nella portata con tempo di ritorno di 20 anni, $0.43 \text{ m}^3/\text{s}$, portate superiori esonderanno dal canale principale e inonderanno la piana. La piana, con

una superficie di 400-500 m² e una sponda dolce di altezza sulla piana di 1.5 -1.8 metri potrà garantire l'invaso delle piene duecentennali e un franco di sicurezza. Allo sbocco dell'area di espansione il canale dovrà avere sezione trapezia idonea regolata sulla portata di progetto e fondo a resistenza migliorata all'erosione per 2 - 4 metri.

La modellazione morfologica della piana potrà essere realizzata parte in scavo e parte in riporto raccordandosi verso valle con il pendio naturale.

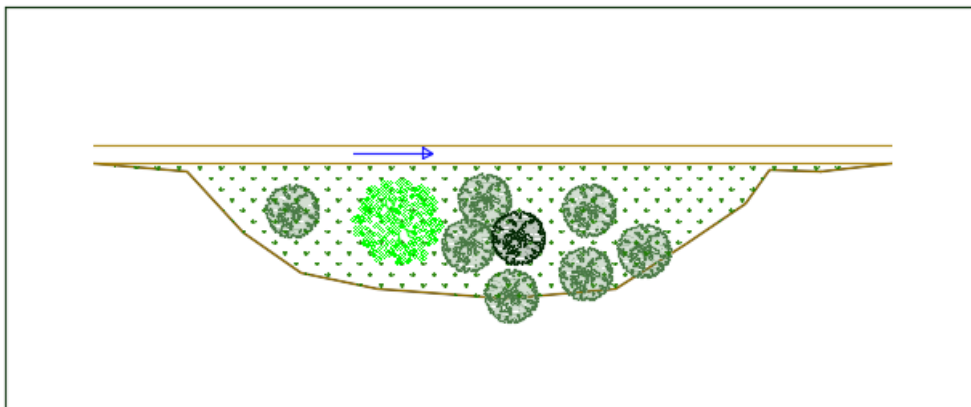


Figura 6 schema del progetto di piana inondabile per la laminazione delle piene

6.3 Nuovo fosso di guardia

La attuazione dell'urbanizzazione e l'adeguamento dello scolo richiede la realizzazione di un fosso di guardia opportunamente sagomato con sezione stabile per la raccolta delle acque di versante e il loro convogliamento al collettore principale dell'impluvio prima che raggiungano l'abitato. Per i fossi di questo tipo con portate di progetto ridotte, la necessità di garantire comunque un franco di sicurezza, che assicuri il funzionamento anche nel caso di eccesso di sedimento in arrivo prevale sul dimensionamento rispetto al calcolo della sezione utile idraulica.

La sezione tipologica per fossi di questo genere è riportata sotto, la linea del fosso dovrà seguire il margine urbano e proseguire verso l'impluvio con una pendenza minima di 0.012 e una massima di 0.55 / 0.65 m/m.

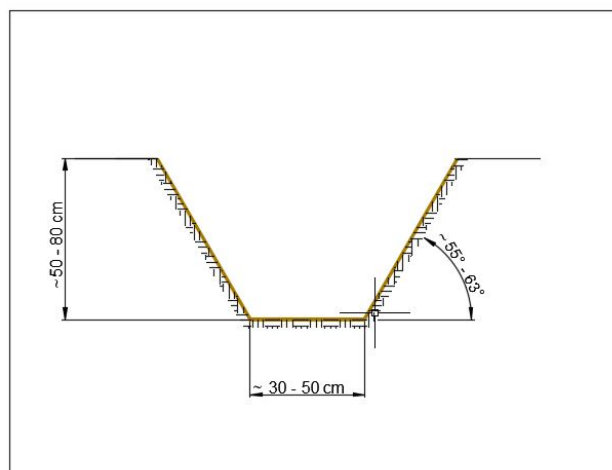


Figura 7 schema del progetto di piana inondabile per la laminazione delle piene

6.4 SISTEMAZIONE IDRAULICO – AGRARIA

La realizzazione di alcune sistemazioni agrarie può contribuire ulteriormente al miglioramento dei drenaggi nel bacino, si indicano due diverse tipologie di interventi: la realizzazione di scoline temporanee e la realizzazione/mantenimento di fosse livellari permanenti.

Nel versante si è rinvenuta la presenza di due fosse livellari, una al margine superiore del bacino, a lato di una strada bianca vicinale, una seconda poco più in basso in corrispondenza di una seconda strada, una terza linea vegetata è presente 250 metri più a valle, sul versante sinistro al limitare del campo fa presupporre la presenza di una terza fossa, forse non più mantenuta. Sul versante destro a vitigno non sono presenti fosse. In entrambi i versanti sono assenti le scoline temporanee.

Le fosse livellari hanno la funzione di raccogliere le acque che si infiltrano negli strati superficiali di suolo fino al limite di lavorazione, ritardando le condizioni di saturazione nel suolo.

Le scoline, o solchi acquai, realizzati con andamento trasversale alla linea di massima pendenza, hanno la funzione di interrompere il ruscellamento delle acque sul campo, limitando l'erosione superficiale del terreno nei periodi in cui è privo di vegetazione. Le scoline necessitano di una ridotta profondità, la loro spaziatura varia dalla pendenza, dal tipo di suolo e dal tipo di coltura, l'andamento segue la morfologia del terreno.

I campi a seminativo dovrebbero avere un sistema di scoline per aumentare la protezione dei suoli nei periodi di ridotta copertura vegetale. Si propone di realizzare tre o quattro scoline a distanza di 60 - 50 metri, con pendenza tra l'1 e il 3 % e profondità non superiore al limite di lavorazione sul versante sinistro, mentre sul versante destro la lavorazione a vitigno dovrebbe già prevedere il mantenimento di scoli di drenaggio.

Le fosse livellari presenti vanno mantenute, avendo cura di mantenere le sezioni e i profili fino al collettore ricevente. la sezione di riferimento è trapezoidale con sponde da 3 su 2 a 2 su 1, profondità di 0.7 metri larghezza di fondo di 0.3 - 0.4 metri.

6.5 MANUFATTO DI IMBOCCO DEL CONDOTTO RICEVENTE

Il condotto ricevente è in grado di ricevere le portate duecentennali del bacino afferente con una percentuale di riempimento pari al 87% e un tirante d'aria di 0.09 metri, di poco inferiore ai valori indicati per la progettazione delle fognature, con gli interventi descritti nei paragrafi precedenti si giunge ad una laminazione delle deflussi di picco che consente di aumentare il fattore franco di sicurezza nel collettore ricevente. Il tratto di laminazione di monte, realizza un rallentamento della corrente con sedimentazione e riduzione del trasporto solido, tuttavia una porzione del materiale vegetale flottante può essere trasportata a valle. Per rendere più efficiente il funzionamento della griglia di imbocco è necessario aumentare la sua superficie portandola ad almeno 5 volte l'area bagnata per la massima piena di progetto del canale di monte.

E' possibile distanziare i muri rispetto alla posizione attuale, tuttavia, l'area di intervento è limitata dal confine di proprietà e dalla vicina strada. Per mantenere le dimensioni attuali nella sezione di raccordo con il pozzetto di imbocco si prevede di realizzare un manufatto con muri d'ala inclinati e griglia inclinata trapezia.

DIMENSIONI Indicative	Schema progettuale in pianta
$b1 = 0.5 \text{ m}$ $b2 = 1.4 \text{ m}$ $\alpha = 55^\circ$ $L = 2.8 \text{ m (0.8 + 2.0 m)}$	

7. INDICAZIONI PER LA GESTIONE

I versanti acclivi prospicienti i centri abitati necessitano di una cura particolare, in special modo quando le loro acque sono convogliate in condotte al di sotto dei centri urbani. Gli interventi sul reticolo di scolo possono apportare un notevole beneficio, ma necessitano di una periodica sorveglianza e interventi di ripristino dopo ogni evento intenso.

L'imbocco del tratto intubato rimane un punto di vulnerabilità che necessita di periodiche pulizie al fine di mantenerlo completamente sgombro e in piena funzionalità. L'ispezione e la pulizia in caso di necessità dovrebbe essere svolta almeno due volte all'anno (alla fine dell'estate e all'inizio della primavera) e dopo ogni evento critico.

8. CONCLUSIONI

Il presente studio ha approfondito le condizioni di drenaggio e di criticità idraulica di un piccolo bacino idrografico posto al margine collinare a sud dell'abitato di Riale, al di sopra di via Berlinguer (comune di Zola Predosa), al fine di proporre un sistema di interventi di adeguamento e miglioramento della regimazione delle acque di drenaggio superficiale che risponda alle necessità di aumentare la sicurezza idraulica dell'abitato di Riale e a quelle del nuovo assetto determinato dalla realizzazione di un'area edificata di 2162 metri quadrati e di un'area da destinare a verde pubblico per complessivi 14048 metri quadrati.

In esito di indagini di campo di dettaglio, si sono indicate le condizioni di funzionamento di tutti i tratti del sistema di scolo esistente e dei manufatti ad esso collegati; attraverso la quantificazione delle grandezze idrologiche e idrauliche, precipitazioni ad assegnato tempo di ritorno e relative portate di picco, si sono ottenute le portate di progetto.

Il bacino ha una estensione limitata, 6.5 ha, produce deflussi di entità ridotta, le condizioni di scolo sono complessivamente abbastanza buone, presentano tuttavia alcune criticità localizzate determinate dalle modificazioni indotte dalla occupazione dell'insediamento urbano. Tutte le acque di scolo sono raccolte da una condotta che parte dal confine con via Gesso e procede interrata. Il versante è a destinazione agricola, vitigno e seminativo, in queste porzioni l'introduzione di idonee pratiche colturali può contribuire a ridurre l'intensità dei deflussi che si producono verso valle e a prevenire i processi erosivi.

Lo schema di interventi individuato si articola in due gruppi. Il primo riguarda il rifacimento dei tratti degli scoli insufficienti o in cattive condizioni di funzionamento, la realizzazione di un nuovo fosso di guardia al margine dell'area di nuovo insediamento, la sagomatura e profilatura del fosso all'uscita dalla vallecchia principale dove, dopo aver raccolto due scoli laterali, risulta deviato dal naturale

impluvio per aggirare l'abitato esistente, la realizzazione di una zona di espansione naturale per la laminazione dei deflussi degli eventi più intensi, il rifacimento del manufatto di imbocco al pozzetto di alimentazione del recettore finale delle acque del bacino, un condotto che prosegue al di sotto di via Gesso. Il secondo gruppo di interventi è di carattere idraulico - agrario e riguarda la realizzazione di scoline temporanee e fossi permanenti livellari come pratica colturale nella lavorazione dei campi. Infine, si forniscono alcune indicazioni di gestione del sistema.

Bologna, 22 Marzo 2019



Carlo Alfonso Lipparini

ALLEGATO A - Formule

Formulazioni per il tempo di corrivazione

Giandotti $tc = (4 \cdot \text{RadQ}(A) + 1.5 \cdot L) / (0.8 \cdot \text{RadQ}(Dzm))$

tc = tempo corrivazione (ore)

A = Area del bacino (km²)

L = lunghezza massima del percorso (km)

Dzm = Altezza media del bacino sulla sez. di chiusura (m)

Giandotti modificata per piccoli bacini (Aronica e Paltrinieri)

$tc = (1 / (M \cdot d) \cdot \text{RadQ}(A) + 1.5 \cdot L) / (0.8 \cdot \text{RadQ}(Dzm))$

tipo di copertura	M	permeabilità	d
terreno nudo	0.667	semi-impermeabile	1.27
erbe rade	0.25	poco permeabile	0.96
bosco	0.2	mediamente permeabile	0.81
prato permanente	0.167	molto permeabile	0.69

Tabella 9 Parametri per tipo di suolo

Kirpich $tc = 0.000325 \cdot L^{0.77} \cdot ir^{-0.385}$

tc = tempo corrivazione (ore)

L = lunghezza asta principale (m)

ir = pendenza relativa del bacino (quota max bacino- quota min)/L asta

Pasini $tc = 108 \cdot (im)^{-1/2} \cdot (A \cdot L)^{1/3}$

tc = tempo corrivazione (ore)

A = Area del bacino (km²)

L = lunghezza massima percorso (km)

im = pendenza media del bacino

Pezzoli $tc = 0.055 \cdot L / \text{radQ}(ia)$

tc = tempo corrivazione (ore)

L = lunghezza massima percorso (km)

ia = pendenza media asta

Viparelli $tc = L / (vel \cdot 3.6)$

tc = tempo corrivazione (ore)

L = lunghezza massima percorso (km)

vel = velocità media (1.0 – 1.5 m/s)

NRCS-SCS, 1997 (Curve Number) $tc = 0.00227 \cdot [(1000 / CN - 9)^{0.7} \cdot (1000 \cdot L)^{0.8} \cdot S^{-0.5}]$

tc = tempo corrivazione (ore)

L = lunghezza massima percorso (km)

S = pendenza media percentuale del bacino

CN = Curve Number è funzione del tipo di suolo e di copertura del suolo oltre che della classe di saturazione iniziale del terreno. (Di norma per analizzare gli eventi estremi è usata la classe II, o la classe III se si intende considerare condizioni di forte umidità iniziale).

A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità d'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 10 Gruppo Descrizione dei tipi di suolo

Tipo di Copertura	Tipo di 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 boscosi o forestati				
Terreno sottile, sottobosco povero, senza 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 e con buche	76	85	89	91
In terra battuta (non asfaltate)	72	82	87	89

Tabella 11 Valori di CN per condizioni intermedie in funzione del tipo di suolo e del tipo di copertura.

ALLEGATO B - Fotografie



Foto 1 manufatto di immissione al pozzetto sotto via Gesso.



Foto 2 scolina al margine dell'abitato vicino a via Gesso, tratto T9



Foto 3 Tratto collettore principale T2 e T1, T3 il più a monte.



Foto 4 Tratto collettore principale T5 e imbocco tubo T4



Foto 5 Tratto di collettore T7 a valle della confluenza dei fossi secondari del versante in destra idraulica - vista da valle, e imbocco tubo tratto T6



Foto 6 Punto di immissione della scolina T11 nel collettore principale, nodo critico



Foto 7 Punto di immissione del fosso T10 nel collettore principale, nodo critico



Foto 8 Tratto collettore principale T8, lungo l'impluvio



Foto 9 Fosso di guardia tratto T10

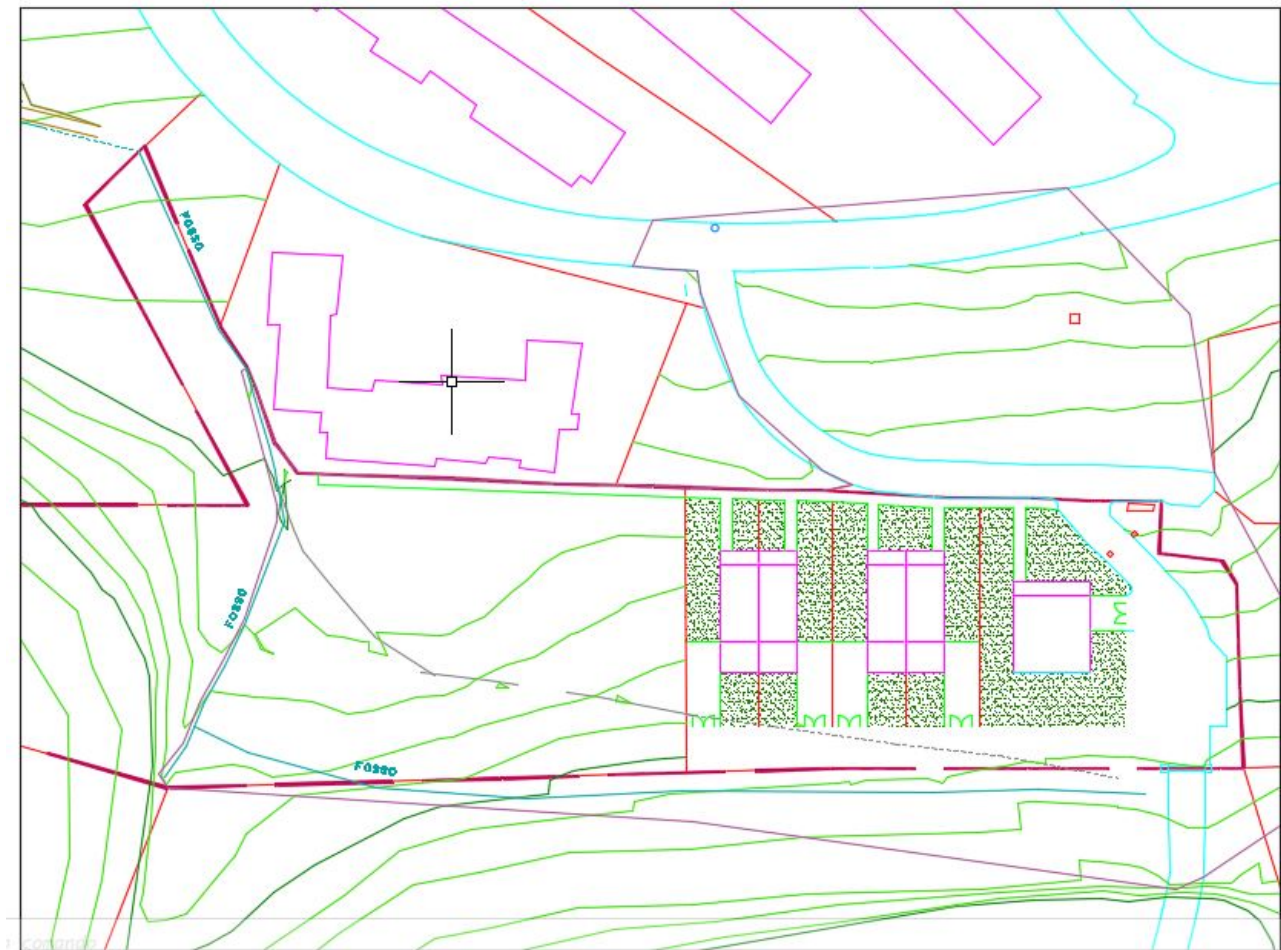


Foto 10 Tratto collettore principale T8, lungo l'impluvio.

ALLEGATO C - Planimetria area laminazione



ALLEGATO D - Planimetria nuovo fosso di guardia



Traccia del nuovo fosso di guardia evidenziata in blu (in grigio quello attuale)

ALLEGATO E
PLANIMETRIA DI RILIEVO AREA DI INTERVENTO E DEI FOSSI COLLETTORI

