

G.EDI.S. s.r.l.



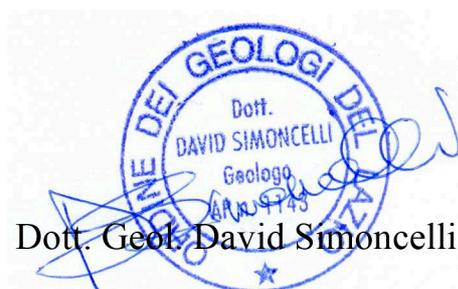
sede legale: Via Frattina, 10 - 00187 Roma

sede amministrativa:

P.zza Martiri della Libertà, 54
02047 POGGIO MIRTETO (RI)
Tel 0765/441102 (St) 0765/ 410737 (Fax)
329/9171242 (Cell)
e-mail: info@gedis-srl.com

COMUNE DI PALOMBARA (RM)

Relazione di calcolo,
dimensionamento della vasca di laminazione e
verifica idraulica del fosso Pazzaretto
destinato alla raccolta delle acque meteoriche provenienti dal centro comunale
di raccolta dei rifiuti differenziati
sito lungo la strada provinciale Ponte delle Tavole
commissionata dall'Amm.ne Comunale di Palombara Sabina
(F.9, part. 226)



Dott. Geol. David Simoncelli



Ing. Pierluigi Pirrangeli

INQUADRAMENTO GENERALE

Nel rispetto delle indicazioni espresse dalla Legge vigente e di quanto richiesto dal Consorzio di Bonifica Tevere e Agro Romano con Prot. N. 001775 del 30 Marzo 2017, è stata redatta una relazione di calcolo relativa al dimensionamento di una vasca di laminazione e alla verifica idraulica del fosso Pazzaretto destinato alla raccolta delle acque meteoriche provenienti dal centro comunale di raccolta dei rifiuti differenziati. L'opera prevista si colloca su strada provinciale Ponte delle Tavole, fuori dal centro urbano, ed è dimensionata per svolgere funzione di struttura complementare ai servizi di raccolta RSU e RSAU sul territorio.

Il centro di raccolta comunale della superficie totale di circa 2700 m² è costituito da un'area presidiata ed allestita, ove si svolge unicamente l'attività di raccolta, sia mediante raggruppamento per frazioni omogenee per il successivo trasporto agli impianti di recupero e trattamento, sia per le frazioni non recuperabili di smaltimento dei rifiuti urbani e assimilati, conferiti in maniera differenziata, rispettivamente dalle utenze domestiche e non domestiche, nonché dagli altri soggetti tenuti in base alle vigenti normative settoriali al ritiro di specifiche tipologie di rifiuti dalle utenze domestiche.

Le acque piovane che ricadono all'interno vengono separate in acque di prima pioggia (frazione inquinata) e in quelle di seconda pioggia. Le prime una volta pretrattate verranno avviate alla fognatura, le seconde (incontaminate) verranno deviate all'interno di una vasca di laminazione dimensionata adeguatamente, che avrà lo scopo di far rispettare il principio dell'invarianza idraulica, per poi defluire all'interno del recapito idrico superficiale.

Tale studio è stato richiesto allo scopo di:

- definire, allo stato attuale (ante-operam), le probabili portate di piena del fosso Pazzaretto attese in un tempo di ritorno prestabilito;

- definire la portata massima sopportata dal fosso stesso lungo la sezione di chiusura del bacino idrico, a valle del punto di immissione dello scarico;

- definire la variazione del regime idraulico a seguito dell'intervento in progetto (post-operam);

- dimensionare la vasca di laminazione che avrà lo scopo di raccogliere opportunamente tutte le acque di dilavamento e restituirle successivamente al loro ciclo naturale, assicurando il non superamento della portata di picco come calcolata per la superficie S totale dell'intervento in condizioni ante-operam con un tempo di ritorno $Tr = 50$ anni;

- verificare il principio dell'invarianza idraulica per cui la variazione di destinazione d'uso del lotto non deve provocare un aggravio della portata di piena o una variazione sostanziale dei tempi di corrivazione al corpo idrico che riceve i deflussi superficiali originati dalla stessa.

Allo scopo di ottenere un quadro idrogeologico completo dell'area in questione sono state pertanto effettuate le seguenti indagini:

- a) rilevamento geologico, geomorfologico e idrogeologico di dettaglio;

- b) acquisizione dati tratti da studi effettuati dallo scrivente nella stessa area e nelle aree limitrofe;
- c) acquisizione dati pluviometrici e valutazione dell'idrogramma di piena proveniente dal bacino drenato dal fosso Pazzaretto (nella situazione ante-operam e post-operam) (vedi allegato);
- d) esecuzione della verifica idraulica del fosso nel punto a valle dell'immissione dello scarico delle acque meteoriche provenienti dal centro raccolta rifiuti, la cui sezione del fosso è stata fornita dallo studio tecnico dell'Ing. Pierluigi Petrangeli.

LINEAMENTI GENERALI DELL'AREA

L'area di interesse si trova a circa 3,2 km in direzione NW del centro storico di ed è collocata ad una quota compresa tra circa 243 m s.l.m. e 247 m s.l.m.

Dal punto di vista morfologico il sito in esame è posto in corrispondenza della cima di una collina caratterizzato da versanti che degradano verso il settore meridionale e settentrionale con pendenze originarie dell'ordine degli 30°-35° in direzione rispettivamente del fosso Risecco e del fosso Pazzaretto.

Esso è descritto nel F.144 – “PALOMBARA SABINA” (II quadrante, tavoletta NW “Montelibretti”) della cartografia ufficiale topografica e geologica I.G.M e nelle sezioni 366090 “Castel Chiodato” e 366100 “Palombara Sabina” della Carta Tecnica Regionale (C.T.R.) edita dalla Regione Lazio.

La geologia generale dell'area

Da un punto di vista geologico il territorio di Palombara Sabina presenta caratteri piuttosto complessi, derivanti dall'accostamento di quattro unità geologiche distinte, di seguito brevemente descritte:

- a) unità carbonatiche;
- b) unità neogenico-quadernarie;
- c) vulcaniti;
- d) sedimenti continentali.

Le unità calcaree affioranti nel territorio comunale costituiscono il prolungamento sud-orientale della dorsale dei M. Lucretili e rappresentano l'ossatura principale di tutta l'area. La successione calcarea tipica corrisponde ad una serie ridotta in facies umbro-sabina i cui termini sono attribuibili ad epoche variabili tra la fine del Trias e l'Eocene-Oligocene.

Le unità neogenico – quadernarie, appartengono al cosiddetto ciclo sedimentario plio-pleistocenico, in posizione trasgressiva rispetto ai sottostanti calcari. Esse mostrano, nel settore che degrada verso la Valle Tiberina, alternanza di sedimenti clastici di varia granulometria, passante da ghiaie, incoerenti o litoidi, a sabbie, più o meno sciolte, fino ad argille, che rimandano ad un ambiente marino con frequenti ed abbondanti apporti continentali.

I prodotti vulcanici che appaiono raramente nel territorio comunale, corrispondono al ciclo del Vulcano Sabatino. Essi sono rappresentati dal cosiddetto “tufo stratificato di la Storta” che nell'ambito comunale, appare come l'unica vulcanite presente, direttamente a contatto con i vari terreni sedimentari del ciclo plio-pleistocenico. Questa formazione corrisponde agli ultimi prodotti dell'attività del vulcano sabatino, intorno a 370.000 anni fa ed è rappresentata da materiali suborizzontali, con alternanze di livelli cineritici, lapillosi, scoriacei ed a volte ricchi di pomice bianche o giallastre. Su questi terreni sono evidenti strutture sedimentarie di trasporto dovute al rimaneggiamento dei prodotti piroclastici, ad opera dei corsi d'acqua superficiali.

Di epoca più recente, vanno segnalati i sedimenti continentali affioranti nell'area di Palombara Sabina, legati all'impostazione di piccoli bacini lacustri intervallati alle ultime fasi dell'attività vulcanica.

ELEMENTI TECNICI GEOMORFOLOGICI, GEOLOGICI ED IDROGEOLOGICI DEL SITO

Il fosso in esame fa parte del bacino del Tevere e del Sottobacino TEV. 395, esso inizia la sua corsa ad una quota di circa 300 m s.l.m. Il suo percorso ha inizialmente una direzione EW per poi proseguire verso NW e piegare in direzione opposta SW all'altezza dell'area oggetto di studio.

Fa parte di una rete idrica molto sviluppata costituita da altri corpi idrici affluenti di sinistra del Fiume Tevere.

Esso riceve le acque meteoriche provenienti dal centro comunale di raccolta dei rifiuti differenziati, e drena tutte le acque pluviali del bacino a monte.

Il bacino idrico con punto di chiusura subito a valle del punto di immissione attraversa diverse formazioni litologiche: dai litotipi vulcanici agli elementi sedimentari marini, la prima litologia interessa una piccola parte settentrionale del bacino e si tratta di tufi pedogenizzati, stratificati provenienti dagli apparati Sabatino e Laziale, del Pleistocene superiore. Verso sud-ovest il bacino attraversa i sedimenti marini, dalle sabbie gialle con livelli conglomeratici più o meno cementati e sabbie argillose, argille grigie più o meno sabbiose alle calcareniti, sabbioni grossolani concrezionati, puddinghe e calcari organogeni, riferibili cronologicamente al Plio-Pleistocene (Carta Geologica d'Italia Foglio N° 144, Servizio Geologico d'Italia, ISPRA, Scala 1:100000)

L'area oggetto di studio fa parte dell'unità Idrogeologica detritico-alluvionale (*Carta delle Unità Idrogeologiche della Regione Lazio, scala 1:250.000, Capelli G. et alii, 2012*) Versante sinistro della media Valle del Tevere. Questa unità corrisponde a un sistema idraulicamente definito, in cui la presenza di limiti idraulici, delimitano le aree di ricarica di questo serbatoio regionale, è distinta in

base alla prevalente natura litologica degli acquiferi in essa contenuti. Essa è caratterizzata da un'estensione regionale di 616 Km².

Inoltre essa è inserita all'interno di due complessi idrogeologici (*Carta Idrogeologica del Territorio della Regione Lazio, scala 1:100.000, Capelli G. et alii, 2012*): Complesso dei depositi clastici eterogenei e complesso dei tufi stratificati e delle facies freatomagmatiche. Il primo complesso è caratterizzato da depositi prevalentemente sabbiosi e sabbioso-argillosi a luoghi cementati in facies marina e di transizione, terrazzati lungo costa, sabbie e conglomerati fluviali di ambiente deltizio (Pliocene-Olocene). Spessori variabili fino ad un centinaio di metri. Il complesso non presenta una circolazione idrica sotterranea significativa. Ove sono presenti facies conglomeratiche di elevata estensione e potenza si ha la presenza di falde di interesse locale. Il secondo è costituito da tufi stratificati, tufi terrosi, breccie piroclastiche, pomici, lapilli e blocchi lavici in matrice cineritica (Pleistocene). I termini del complesso si presentano interdigitati tra gli altri complessi vulcanici per cui risulta difficile definirne lo spessore totale. Il complesso ha una rilevanza idrogeologica limitata anche se localmente può condizionare la circolazione idrica sotterranea, assumendo localmente il ruolo di limite di flusso e sostenendo esigue falde superficiali.

La falda idrica principale nell'area di studio è profonda, si nota come l'area è attraversata dall'isopieza dei 120 m, (*Carta delle Unità Idrogeologiche della Regione Lazio, scala 1:250.000, Capelli G. et alii, 2012*), il deflusso idrico sotterraneo è rivolto in direzione del Fiume Tevere verso i quadranti nord-occidentali (*Carta Idrogeologica del territorio della Regione Lazio scala 1:100000 (Capelli G. et alii; 2012)*).

Nel dettaglio la zona in oggetto è caratterizzata, nella parte meridionale dalla presenza di litotipi vulcanici a granulometria limosa debolmente sabbiosa, riferibili

cronologicamente al Pliocene sup.-Pleistocene inf. e nella parte settentrionale si hanno clasti immersi in una matrice a granulometria limoso-argillosa, appartenenti alla formazione marina del Plio –Pleistocene (Carta Geologica d'Italia Foglio N° 144, Servizio Geologico d'Italia, ISPRA, Scala 1:100000)

Le osservazioni compiute hanno evidenziato le discrete condizioni geomorfologiche della zona in questione; non si ravvisano, infatti, nel sito in oggetto, tracce di fenomeni franosi o in genere di processi morfogenetici in atto e le acque di corrivazione non hanno prodotto dissesti o altre forme di erosione PAI (Autorità di Bacino Fiume Tevere).

ANALISI IDROLOGICA

Lo scopo dell'analisi idrologica è la determinazione allo stato attuale delle probabili portate di piena del fosso in esame, attese in un tempo di ritorno prestabilito allo scopo di verificare o meno la sua capacità di smaltire tali portate.

La stima dell'idrogramma di progetto associato a un tempo di ritorno duecentennale per il bacino idrografico, verrà eseguita mediante una modellistica idrologica afflussi-deflussi considerando valida l'ipotesi che la portata defluente associata ad uno specifico tempo di ritorno sia determinata da una sollecitazione meteorica di pari probabilità di accadimento. In particolare, la trasformazione afflussi-deflussi, viene descritta da un approccio idrologico costituito da un modello di infiltrazione basato sul metodo del coefficiente di afflusso Cd , e un modello di formazione della piena basati sull'idrogramma unitario istantaneo (IUH) adimensionale e sul metodo cinematico. L'utilizzo di una modellistica afflussi-deflussi è infatti l'approccio più applicato in assenza di dati relativi a

misure di portata e si basa sulla stima delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica e quindi delle precipitazioni che costituiscono i dati di ingresso per il modello idrologico.

I passi per determinare l'idrogramma di piena di progetto per ogni assegnato tempo di ritorno sono:

- stima delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica;
- scelta della durata critica dell'evento e stima dell'intensità critica di pioggia;
- stima della pioggia effettiva;
- stima della portata di progetto.

Di seguito verranno analizzati i seguenti elementi:

a) **Definizione degli afflussi meteorici:** determinazione della relazione tra altezze e durata di pioggia di assegnato tempo di ritorno per il bacino idrografico in esame.

b) **scelta della durata critica dell'evento e calcolo della pioggia critica.**

c) **Stima delle perdite idrologiche:** determinazione della quantità di precipitazione trattenuta dal terreno (perdite), con la conseguente determinazione della pioggia effettiva (o pioggia netta) che rappresenta il volume d'acqua che raggiunge per ruscellamento superficiale la rete di drenaggio fino alla sezione di chiusura, determinando l'evento di piena;

d) **Trasformazione afflussi-deflussi:** schematizzazione della risposta dei singoli sottobacini alle sollecitazioni meteoriche, in funzione delle proprie caratteristiche fisiografiche e combinazione di tale risposta con la pioggia netta per stimare gli idrogrammi di piena.

Definizione afflussi meteorici

Il primo elemento fondamentale nella creazione del modello idrologico è costituito dalla stima degli afflussi. Lo studio statistico delle piogge intense in un punto della superficie terrestre si sintetizza nella formulazione delle Linee

Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica, ottenute a partire dall'elaborazione delle serie storiche dei valori massimi annuali delle altezze di precipitazione di assegnata durata, fornite da registrazioni pluviometriche.

Le LSPP descrivono le proprietà statistiche degli eventi di pioggia intensa a scala puntuale ed esprimono un legame tra altezza di pioggia-durata-frequenza. In particolare, per un prefissato tempo di ritorno, la corrispondente LSPP fornisce la relazione tra la durata della pioggia e la relativa altezza di precipitazione. In via di principio è possibile ricavare le linee segnalatrici relative alla pioggia media areale. L'operazione, però, oltre ad essere onerosa richiede la presenza nell'area in esame di un congruo numero di stazioni pluviometriche e funzionanti da un elevato numero di anni. Tale condizione non è però soddisfatta per la maggior parte del territorio italiano. Per questo motivo generalmente si procede stimando l'altezza di precipitazione puntuale che viene successivamente ragguagliata all'area attraverso un coefficiente di riduzione.

Nel caso esaminato è stato eseguito un approccio regionale utilizzando la metodologia del progetto VAPI, sviluppato dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche [CNR, 1994] che ha per obiettivo la regionalizzazione delle piogge intense su tutto il territorio nazionale secondo criteri omogenei al fine di superare alcuni limiti, quali: gran parte dell'informazione pluviometrica del passato è purtroppo fornita da pluviometri ordinari; per l'accidentata morfologia del territorio italiano le caratteristiche pluviometriche sono molto variabili nello spazio; le singole serie pluviografiche hanno spesso una durata limitata e sono poco attendibili per le elaborazioni statistiche.

Per garantire l'omogeneità e la confrontabilità dei risultati a livello nazionale è stato adottato il modello regionale TCEV, modificato al terzo livello attraverso l'introduzione di un modello a tre parametri per la valutazione delle piogge intense.

La distribuzione di probabilità delle massime altezze di pioggia giornaliere, h_d , è espressa nella forma:

$$P(h_d) = e^{-\Lambda_1} e^{-\left(\frac{h_d}{\mu_{hd}}\right)^\beta} - \Lambda_* \Lambda_1^{1/\Theta_*} e^{-\left(\frac{h_d}{\Theta_* \mu_{hd}}\right)^\beta}$$

dove μ_{hd} indica il valore medio delle massime altezze giornaliere Λ_* e Θ_* sono due parametri da cui dipende il coefficiente di asimmetria della distribuzione, Λ_1 è un parametro che insieme ai due precedenti determina il coefficiente di variazione, e β è una funzione dei tre precedenti parametri.

Al primo livello di regionalizzazione si è dovuta respingere l'ipotesi di un'unica regione omogenea rispetto al coefficiente d'asimmetria, che non è risultata accettabile. Il territorio è stato quindi suddiviso in tre regioni omogenee, che si potrebbero definire:

- *zona A* (Tirrenica), che interessa la fascia del litorale tirrenico e si protende all'interno lungo le valli dei principali corsi d'acqua;
- *zona B* (Appenninica), che interessa l'ampia fascia dell'Appennino propriamente detto, con le propaggini dei colli Albani, e i monti Lepini, Ausoni e Aurunci, nonché, separati da questa zona, i gruppi montuosi nell'entroterra tirrenico a nord-ovest del Tevere (i massicci dell'Amiata e del Cetona con i monti Vulsini; e i monti Cimini con i monti della Tolfa e i monti Sabatini);
- *zona C* (Adriatica), che interessa una ristretta fascia del litorale adriatico e si protende con ristrette lingue lungo le valli dei corsi d'acqua.

I valori regionali dei parametri Λ_* e Θ_* , sono riportati nella tabella seguente:

regione	Λ_*	Θ_*
A	0,174	3,490
B	0,762	1,241
C	0,795	2,402

parametri primo livello di regionalizzazione Λ_* , Θ_*

Al secondo livello di regionalizzazione sono state considerate le stesse tre regioni individuate al primo livello. L'ipotesi che ciascuna fosse omogenea anche rispetto al coefficiente di variazione è risultata accettabile. I valori regionali dei parametri Λ_1 e β sono riportati nella tabella seguente.

regione = zona	A	B	C
Λ_1	29,314	22,017	27,806
β	4,480	4,359	5,301

parametri secondo livello di regionalizzazione Λ_1, θ_1

Al terzo livello di regionalizzazione sono state individuate delle zone omogenee in cui è accettabile l'ipotesi che la media del massimo annuale dell'altezza giornaliera μ_{hd} , che prende il nome di pioggia indice, dipenda linearmente dalla sola quota z della stazione:

$$\mu_{hd} = cz + d$$

I parametri c e d non assumono unico valore per l'intera regione esaminata: è stato invece possibile identificare delle aree pluviometriche omogenee (APO), in ognuna delle quali se ne può ottenere una stima univoca. Sono state individuate 78 APO, in cui i parametri della regressione assumono i valori indicati nella tabella che segue:

sottozona	N	c (mm/m)	d (mm)	ρ	sottozona	N	c (mm/m)	d (mm)	ρ
A1	10	0,01892	55,64	0,886	B19	6	0,01418	36,02	0,836
A2	8	0,02785	59,22	0,953	B20	5	0,01098	57,23	0,449
A3	9	0,02738	64,43	0,919	B21	6	0,15691	16,83	0,913
A4	13	0,03390	67,67	0,833	B22	7	0,01890	76,65	0,795
A5	7	0,03031	60,09	0,620	B23	5	0,04972	60,34	0,887
A6	8	0,13518	66,15	0,901	B24	7	0,07960	30,38	0,903
A7	7	0,03582	67,72	0,830	B25	10	0,02089	64,28	0,676
A8	16	0,01680	62,79	0,843	B26	9	0,13532	-48,29	0,894
A9	7	0,02671	61,61	0,741	B27	5	0,05786	67,35	0,954
A10	5	0,06301	67,83	0,968	B28	12	0,03599	63,48	0,792
A11	3	0,07624	41,70	0,996	B29	5	0,03152	87,30	0,565
A12	6	0,01510	72,77	0,920	B30	4	0,05066	68,93	0,999
A13	9	0,02714	50,42	0,624	B31	11	0,00116	60,07	0,060
A14	4	0,02517	62,33	0,783	B32	7	0,04004	27,64	0,971
A15	4	0,03647	68,78	0,834	B33	6	0,01264	54,93	0,634
A16	4	0,02592	52,00	0,889	B34	4	0,25615	-85,09	0,955
A17	7	0,10165	15,14	0,860	B35	5	0,07432	15,64	0,740
A18	11	0,02208	58,80	0,685	B36	7	0,05270	40,46	0,667
A19	5	0,03408	41,11	0,980	B37	2	0,03513	33,42	1,000
A20	7	0,03637	49,62	0,956	B38	10	0,01874	40,79	0,637
A21	4	0,02854	43,38	0,926	B39	4	0,04514	38,13	0,969
B1	13	0,03028	43,52	0,895	B40	8	0,04250	58,21	0,921
B2	5	0,02250	42,59	0,830	B41	4	0,08894	34,37	0,835
B3	11	0,03478	49,18	0,859	B42	9	0,02237	71,20	0,567
B4	10	0,02747	62,61	0,724	C1	19	0,00482	57,46	0,392
B5	13	0,03136	53,96	0,904	C2	34	0,02822	64,04	0,915
B6	6	0,03764	44,54	0,933	C3	8	0,05900	42,12	0,952
B7	9	0,01863	49,36	0,756	C4	5	0,06381	49,63	0,984
B8	4	0,02219	50,91	0,844	C5	6	0,01574	61,16	0,809
B9	16	0,04546	46,32	0,953	C6	5	0,01374	58,39	0,825
B10	9	0,04145	37,12	0,893	C7	5	0,00985	62,40	0,831
B11	44	0,02300	35,60	0,849	C8	7	0,07690	50,19	0,917
B12	13	0,04292	45,49	0,901	C9	6	0,02767	51,23	0,886
B13	2	0,01793	20,47	1,000	C10	7	0,11377	38,98	0,937
B14	13	0,05343	55,04	0,921	C11	5	0,02573	57,44	0,887
B15	6	0,00153	69,69	0,135	C12	4	0,02395	44,17	0,976
B16	12	0,02565	22,88	0,912	C13	3	0,04634	-5,21	0,898
B17	5	0,00722	64,41	0,798	C14	4	0,03330	32,01	0,763
B18	3	0,00128	62,43	0,391	C15	4	0,00655	57,57	0,776

parametri terzo livello di regionalizzazione c,d,N,ρ

Per l'elaborazione delle precipitazioni intense di breve durata si è adottata la legge IDF (intensità – durata – frequenza) a tre parametri:

$$i_t(T) = \frac{a(T)}{(b + t)^m}$$

dove:

T è il tempo di ritorno;

t è la durata della pioggia critica;

b è un parametro di deformazione della scala temporale, indipendente sia dalla durata t, sia dal tempo di ritorno T;

m è un parametro adimensionale compreso tra 0 e 1, indipendente sia dalla durata, sia dal tempo di ritorno;

$a(T)$ è un parametro dipendente dal tempo di ritorno, ma indipendente dalla durata.

La formula a tre parametri può essere posta nella forma:

$$i_t(T) = i_0(T) \left(\frac{b}{b+t} \right)^m$$

dove $i_0(T)$ è l'intensità istantanea con tempo di ritorno T . La media di i_t risulta allora:

$$\mu_{it} = \mu_{i0} \left(\frac{b}{b+t} \right)^m$$

dove μ_{i0} è la media dell'intensità istantanea.

Sono state assunte le seguenti ipotesi:

a) l'intensità media di 24 ore μ_{i24} è proporzionale all'intensità media giornaliera

$$\mu_{i24} = \delta \mu_{id}$$

dove il coefficiente di proporzionalità, costante su tutta l'area esaminata, vale $\delta = 1,15$;

b) il rapporto tra l'intensità media della pioggia di 5 minuti e quella della pioggia oraria è costante su tutta l'area esaminata, assunto pari al valore ottenuto dallo studio delle piogge intense della stazione pluviometrica di Roma (Macao):

$$r = \frac{\mu_{i5'} }{\mu_{i1}} = \left(\frac{b+1}{b+0.0833} \right)^m = 3.36$$

Ricavando b

$$b = \frac{1 - 0.0833 r^{1/m}}{r^{1/m} - 1}$$

- c) l'esponente m e il parametro di trasformazione temporale b sono indipendenti dal tempo di ritorno T, in modo da imporre il parallelismo sul piano logaritmico delle leggi IDF relative a diversi tempi di ritorno;
- d) l'intensità istantanea media μ_{i0} è dipendente dalla quota z della stazione pluviometrica secondo la relazione:

$$\frac{\mu_{i0}(z)}{\bar{\mu}_{i0}} = \frac{\mu_{hd}(z)}{\bar{\mu}_{hd}}$$

Riformulando si ricava che la distribuzione di probabilità dell'intensità i_t relativa alla durata t generica si può esprimere come:

$$P(i_t) = e^{-\Lambda_1 e^{-\left[\frac{i_t}{\mu_{i0}(z)}\right]^\beta \left(\frac{b+t}{b}\right)^{m}}} - \Lambda_1 \Lambda_1^{-1/\Theta} e^{-\left[\frac{i_t}{\Theta \mu_{i0}(z)}\right]^\beta \left(\frac{b+t}{b}\right)^{m}}$$

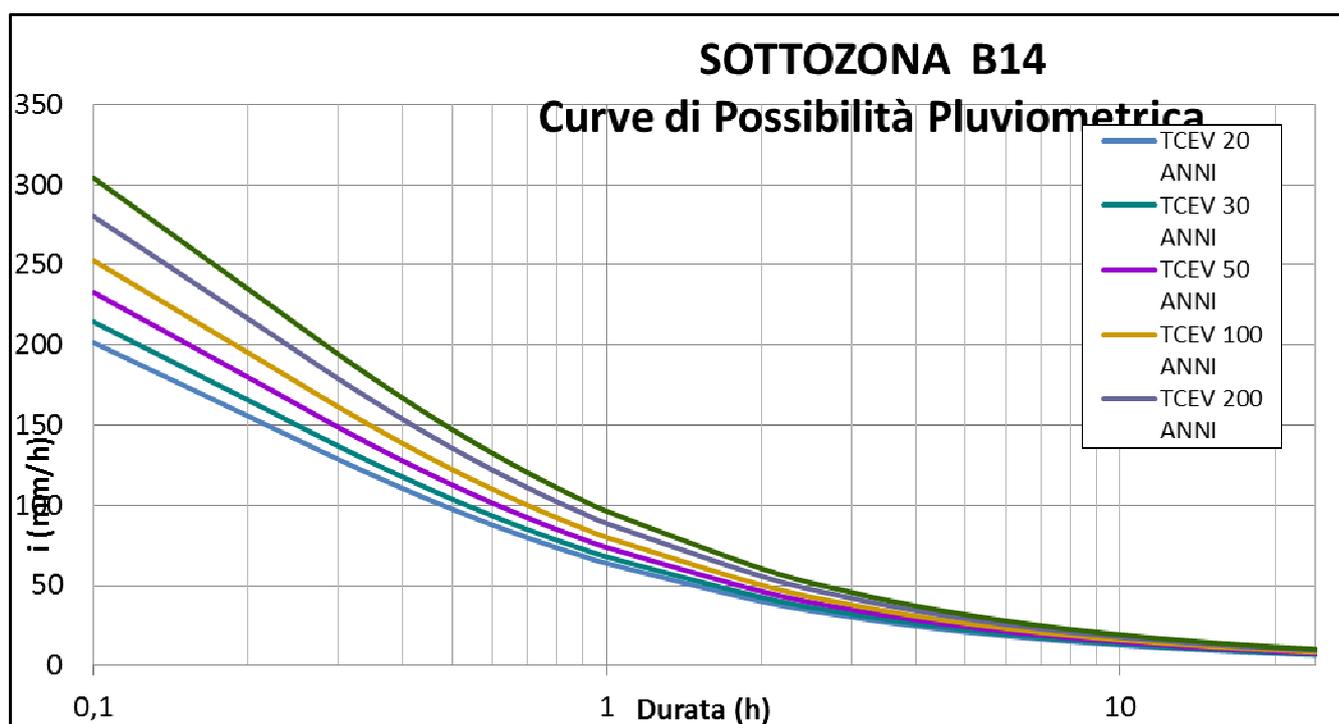
La regionalizzazione delle piogge VAPI nell'area di intervento è stata effettuata elaborando i dati forniti dalle stazioni pluviometriche situate nella sottozona omogenea B14.

I valori dei parametri sono:

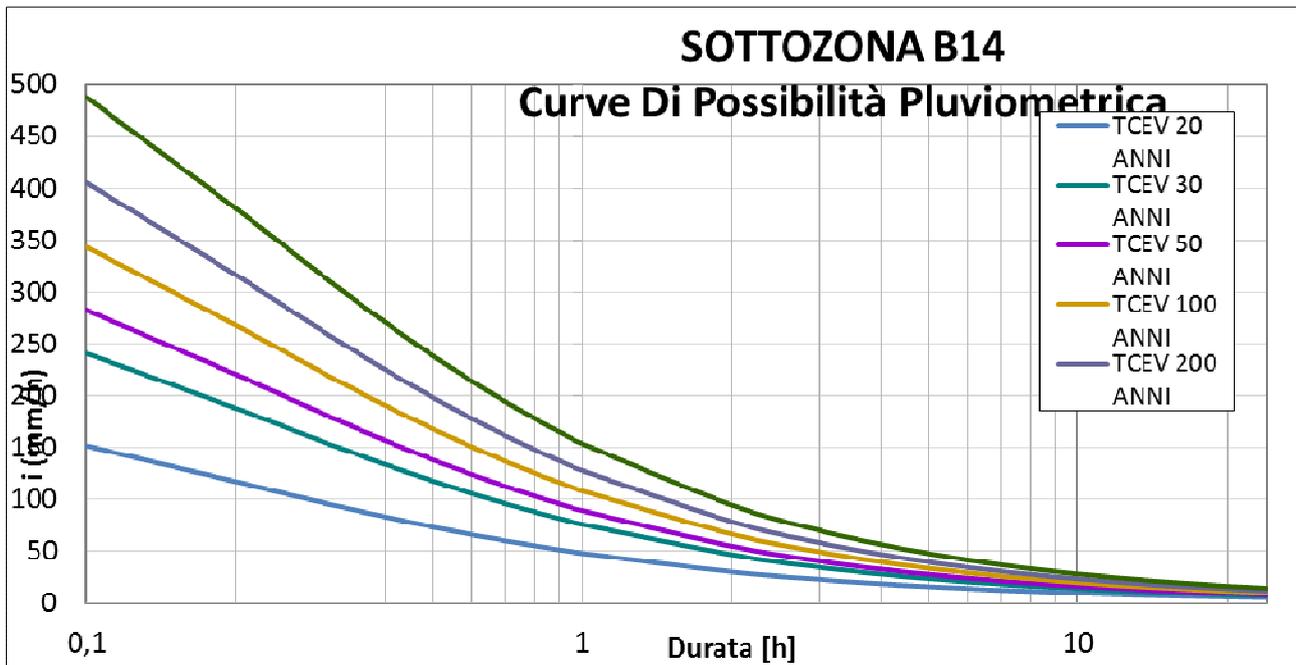
Λ^*	0,762	primo livello B14
Θ^*	1,241	
Λ_I	22,02	secondo livello B14
B	4,359	
c	0,05343	parametri regressione media quota
d	55,04	
b	0,138	parametri regionali IDF
m	0,7357	
μ_{i0}/μ_{i24}	4,468	

parametri di primo, secondo, terzo livello di regionalizzazione sottozona B14

Si riportano di seguito le curve di probabilità pluviometrica ottenute per la sottozona in esame, caratteristiche per diversi tempi di ritorno, che riguardano il bacino idrografico sotteso al Fosso Pazzaretto (superficie totale 3,9 km² circa) con chiusura poco a valle del punto di immissione delle acque meteoriche provenienti dal centro comunale di raccolta dei rifiuti differenziati e quelle che riguardano l'area sottoposta alla realizzazione del centro di raccolta stesso (2700 m²).



Curve Intensità-durata-frequenza per diversi tempi di ritorno T_r per il bacino idrografico sotteso al fosso Pazzaretto



Curve Intensità-durata-frequenza per diversi tempi di ritorno T_r , per l'area sottoposta alla realizzazione del nuovo centro di raccolta

Scelta della durata critica dell'evento e calcolo della pioggia critica

Per il bacino di elevate dimensioni sotteso al Fosso in questione il tempo di corrivazione è stato stimato attraverso diversi metodi empirici e prendendo una media dei valori tra i quali quelli delle formulazioni di Kirpich, Kirpich-Watt Chow-Pezzoli, Pezzoli:

Kirpich-Watt Chow-Pezzoli (I) $T_c = 0,02221 * (L/i^{0,5})^{0,8} = 0,18 \text{ h}$

Kirpich (II) $T_c = 0,0195 * (L/i^{0,5})^{0,77} = 0,15 \text{ h}$

Kirpich (III) $T_c = 0,000325 * (L^{0,77}) * (i^{-0,385}) = 0,0025 \text{ h}$

Pezzoli (IV) $T_c = 0,055 * L / (i)^{0,5} = 0,78 \text{ h}$

Hanno fornito un valore di $t_c = 0,27 \text{ h}$ per il fosso considerato da aggiungere il tempo del moto per veli delle acque meteoriche di 5 minuti:

$t_c = 0,35 \text{ h}$

dove:

L= è percorso massimo della singola particella d'acqua all'interno del bacino=5700 m

i= pendenza media percorso idraulico= $(H_{max}-H_{min})/L=1052-163/5700=0,16$

Per il bacino di piccole dimensioni che racchiude il nuovo centro di raccolta utilizzando le formule empiriche si ottiene un valore del tempo di corrivazione basso (<15 minuti); essendo un'area di competenza del Consorzio di Bonifica Tevere e Agro Romano si adottano i criteri utilizzati dal Consorzio stesso e dunque una durata critica pari a 15 minuti (**0.25 ore**).

Considerando questi valore, attraverso la formulazione a tre parametri, conoscendo le curve di possibilità pluviometrica relative ai diversi tempi di ritorno, è stata individuata l'intensità di pioggia critica per il primo e per il secondo bacino:

Tr	i (mm/h)
5	90,53172
10	104,6089
15	112,6396
20	118,8674
30	126,4978
50	137,3725
100	149,0885
200	165,3205
500	179,4488

**Intensità di pioggia critica per diversi tempi di ritorno per il
bacino idrografico sotteso al fosso Pazzaretto**

Tr	i (mm/h)
5	81,01188
10	93,64646
15	100,6928
20	105,7842
30	113,0799
50	121,587
100	132,8421
200	147,6937
500	155,5642

**Intensità di pioggia critica per diversi tempi di ritorno per il bacino sottoposto
alla realizzazione del nuovo centro di raccolta**

Le perdite idrologiche

Nota la pioggia areale, per la determinazione del deflusso diretto è necessario valutare la pioggia effettiva e, quindi, la quantità di pioggia che viene assorbita dal suolo e quella intercettata dalla vegetazione, mentre la quantità di pioggia persa per evapotraspirazione è trascurabile per eventi meteorici particolarmente intensi. Per effettuare tale stima, devono essere definiti i coefficienti di deflusso (Cd).

Il passaggio dalla precipitazione lorda alla precipitazione netta dipende da:

- caratteristiche del bacino: uso e tipo dei suoli, stato di umidità del suolo all'inizio dell'evento;
- caratteristiche degli afflussi: altezza totale di precipitazione, dinamica temporale e distribuzione spaziale dell'evento.

Le perdite idrologiche vengono generalmente suddivise in:

- intercezione;
- evapotraspirazione;
- immagazzinamento nelle depressioni superficiali;
- infiltrazione.

Nei modelli di piena, l'infiltrazione sulle aree permeabili o semipermeabili costituisce senz'altro la componente principale. Meno significativa, ma spesso non trascurabile, è la perdita che avviene sul bacino per immagazzinamento nelle depressioni superficiali dalle quali l'acqua viene allontanata solo per evaporazione o infiltrazione. Le perdite per intercezione e per evapotraspirazione sono invece importanti esclusivamente nell'analisi della risposta del bacino su lunghi periodi temporali.

Il coefficiente di deflusso viene definito come il “rapporto fra la portata annuale ed il volume d'acqua di precipitazione caduta nel suo bacino imbrifero” (Ciabatti, 1982). Esso varia in funzione delle caratteristiche climatiche e geomorfologiche del suolo di un bacino e, sulla base di valori orientativi disponibili in letteratura.

Il bacino idrografico sotteso al Fosso Pazzaretto con punto di chiusura a valle del punto di scarico delle acque meteoriche provenienti dal centro di raccolta dei rifiuti, ha un'estensione totale di circa $3,9 \text{ Km}^2$, è caratterizzato da diversi tipi di suolo, si va da zone boscate a superfici agricole con colture permanenti (oliveti) a superfici agricole eterogenee, a superfici caratterizzate da scarse abitazioni.

Per determinare un coefficiente di deflusso più veritiero possibile, è stata fatta una media pesata dei valori associati al diverso utilizzo del suolo sia nella fase ante-operam che in quella post-operam, all'interno del bacino considerato: nella prima fase si ottiene un Cd pari a 0,45, nella seconda si andrà a modificare un'area di estensione molto limitata di circa 2700 m^2 , questa ha un peso nullo sul valore del Cd post-operam il quale praticamente rimane invariato, 0,45.

Al bacino di dettaglio, di estensione pari 2700 m², nella fase ante-operam, essendo caratterizzato da litotipi a permeabilità discreta, è stato attribuito un coefficiente di deflusso C_d **pari a 0,50**

Nella fase post-operam la superficie in esame verrà trasformata in un'area del tutto impermeabilizzata e attribuito un coefficiente di deflusso pari a 1

La trasformazione afflussi deflussi

I modelli di formazione dei deflussi si propongono di fornire una descrizione matematica dei processi idrologici che si svolgono nel bacino idrografico, considerandolo, in analogia alla teoria dei sistemi, come un sistema (sistema prototipo) soggetto ad un ingresso, l'intensità di pioggia, e ad un'uscita (o risposta) rappresentata dall'andamento della portata nel tempo $q(t)$ defluente attraverso la sezione di chiusura. Data la complessità dei fenomeni e delle relazioni che influenzano e descrivono il comportamento reale di un bacino, si introduce un sistema modello che ne approssima il comportamento reale attraverso alcune semplificazioni; ovvero si schematizza la risposta del singolo bacino idrografico alle sollecitazioni meteoriche, in funzione delle proprie caratteristiche fisiografiche e combinazione di tale risposta con la pioggia netta per stimare gli idrogrammi di piena.

Nel vasto panorama dei modelli di formazione dei deflussi, è stata scelta la metodologia basata sull'idrogramma unitario istantaneo (IUH). Il metodo si basa sulle ipotesi di linearità e stazionarietà del bacino ed effettua la combinazione tra pioggia in ingresso e IUH per il calcolo della portata diretta. In altre parole, la risposta $Q(t)$ ad una sollecitazione meteorica di intensità $p(t)$ variabile nel tempo, ma supposta costante su tutti i punti del bacino, è data dall'integrale di convoluzione:

$$Q(t) = \int_0^t p(\tau) h(t - \tau) d\tau$$

dove $p(t)=A i(t)$ è la portata di afflusso meteorico al generico tempo t e la funzione $h(t)$, che prende il nome di IUH, è definita come l'idrogramma dei deflussi generato da un'ipotetica pioggia efficace di altezza unitaria ed intensità costante, distribuita uniformemente sul bacino, e caduta in un intervallo di tempo unitario (immissione di tipo impulsivo). La funzione $h(t)$ può essere stimata mediante numerosi approcci, nel dettaglio si è utilizzato il metodo cinematico.

Il Metodo Cinematico

Il metodo cinematico utilizza l'equazione di continuità e l'approssimazione cinematica delle equazioni complete di De Saint Venant per trasformare la precipitazione efficace in deflusso superficiale. Il bacino viene rappresentato tramite un modello concettuale in cui possono essere definiti due piani rettangolari, percorsi dal deflusso superficiale e canali che raccolgono il deflusso proveniente dai piani rettangolari.

Nello specifico la trasformazione afflussi-deflussi è schematizzata con un insieme di canali lineari in parallelo fra loro. Ogni canale collega un'area infinitesima del bacino con la sezione di chiusura: trasferisce le gocce d'acqua che cadono in ciascun area infinitesima sino alla sezione terminale sempre con lo stesso ritardo (pari al tempo di corrivazione della stessa area infinitesima).

L'idrogramma $Q(t)$ si ottiene dall'integrale dei contributi di tutti i canali:

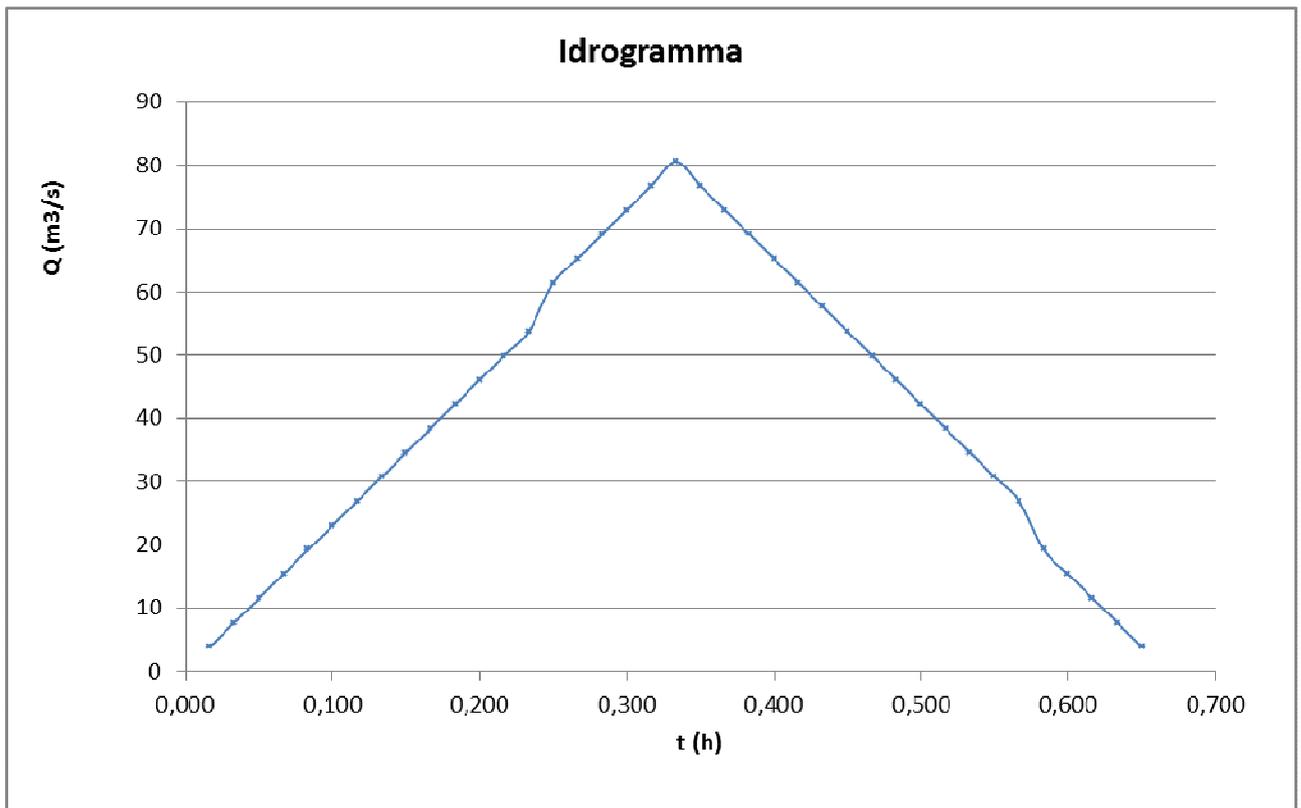
$$Q(t) = \iint_{A_b} i_{r,n}(x, y, t - t_c(x, y)) dx dy$$

Tempo di base t_b è la durata del deflusso di pioggia (per cui $Q(t) > 0$): pari alla durata della pioggia t_p il tempo di corrivazione del bacino t_c .

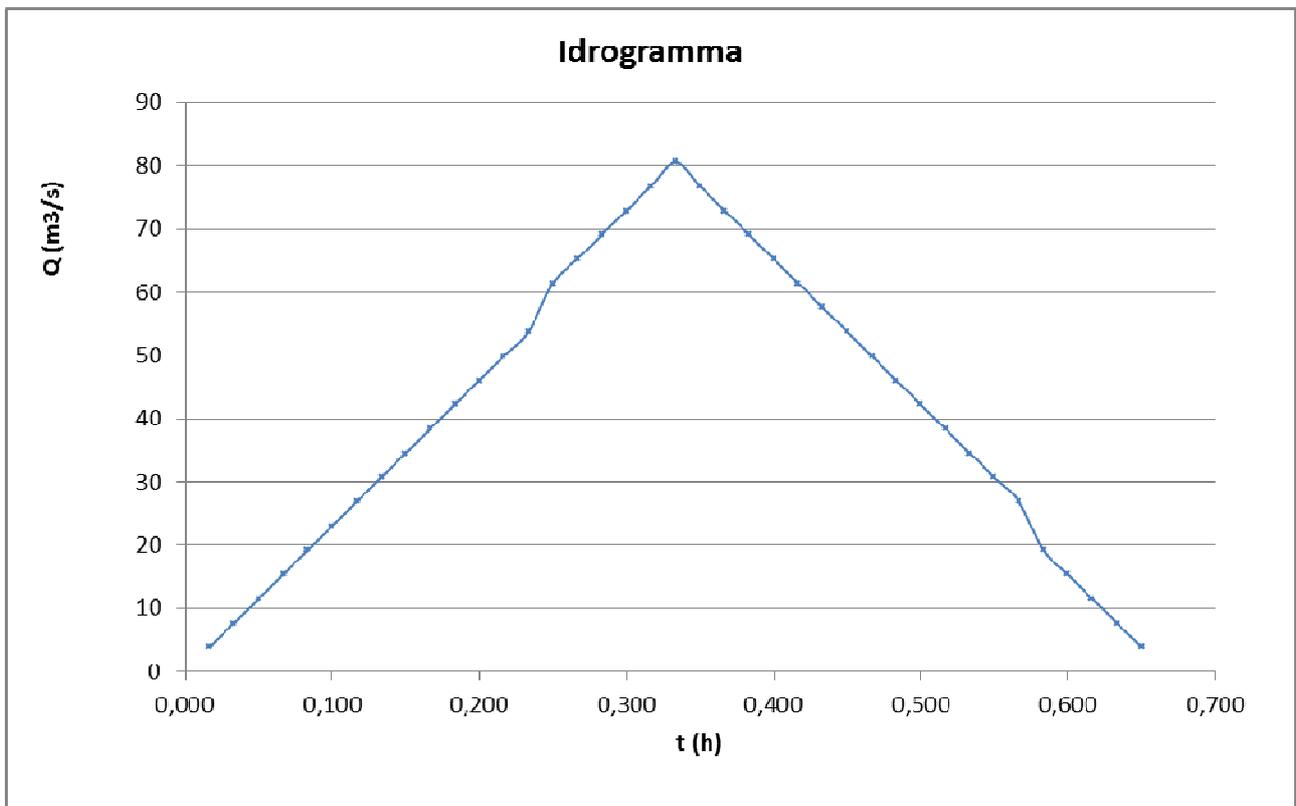
L'ipotesi su cui si basa il modello sono le seguenti:

- la formazione della piena sia dovuta esclusivamente ad un fenomeno di trasferimento (senza invasi) di massa liquida;
- ogni goccia di pioggia si muova sulla superficie del bacino seguendo un percorso immutabile, che dipende soltanto dalla posizione del punto in cui essa è caduta;
- la velocità di ogni singola goccia non sia influenzata dalla presenza delle altre gocce (... ipotesi più inverosimile);
- la portata alla sezione di chiusura si ottenga sommando tra loro le portate elementari, provenienti dalle singole aree del bacino che si presentano allo stesso istante nella sezione di chiusura.

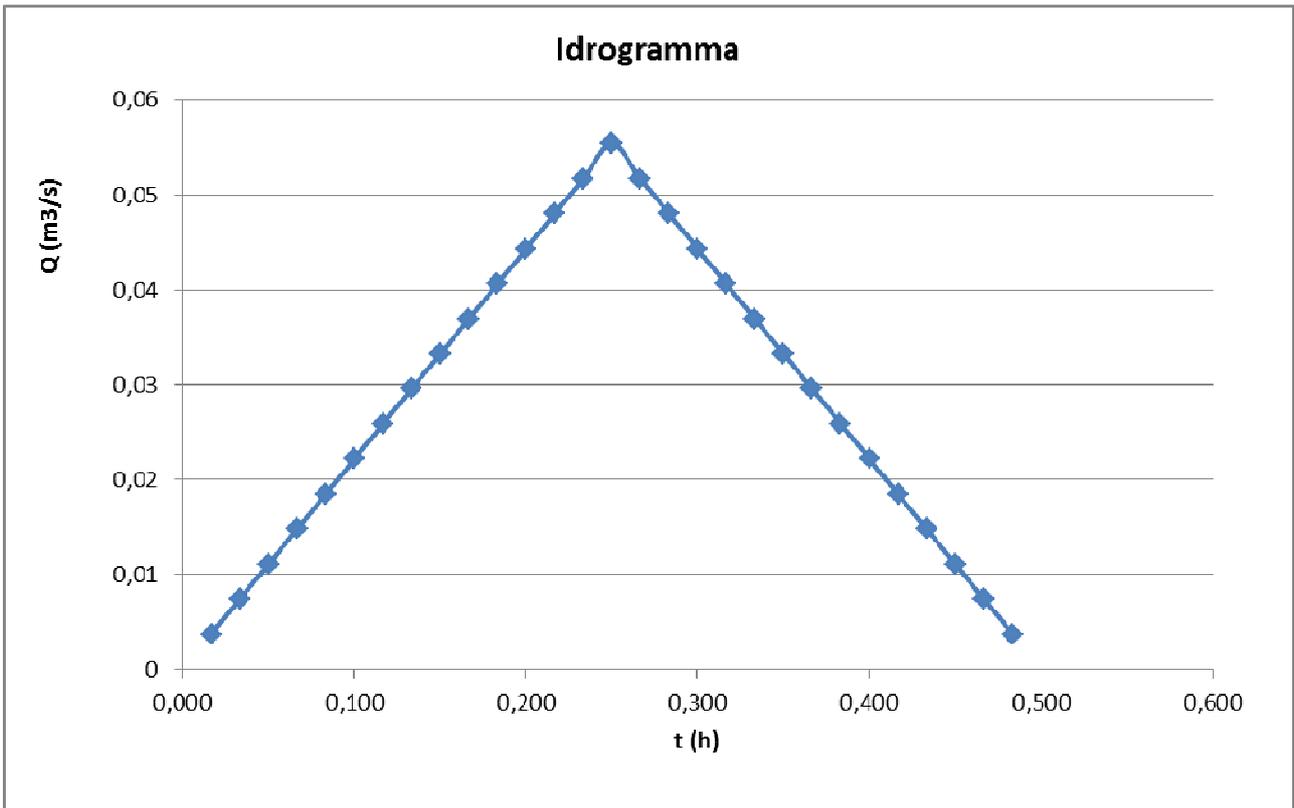
Di seguito gli idrogrammi ottenuti per la situazione ante-operam e post-operam dei due bacini considerando i diversi coefficienti di deflusso calcolati.



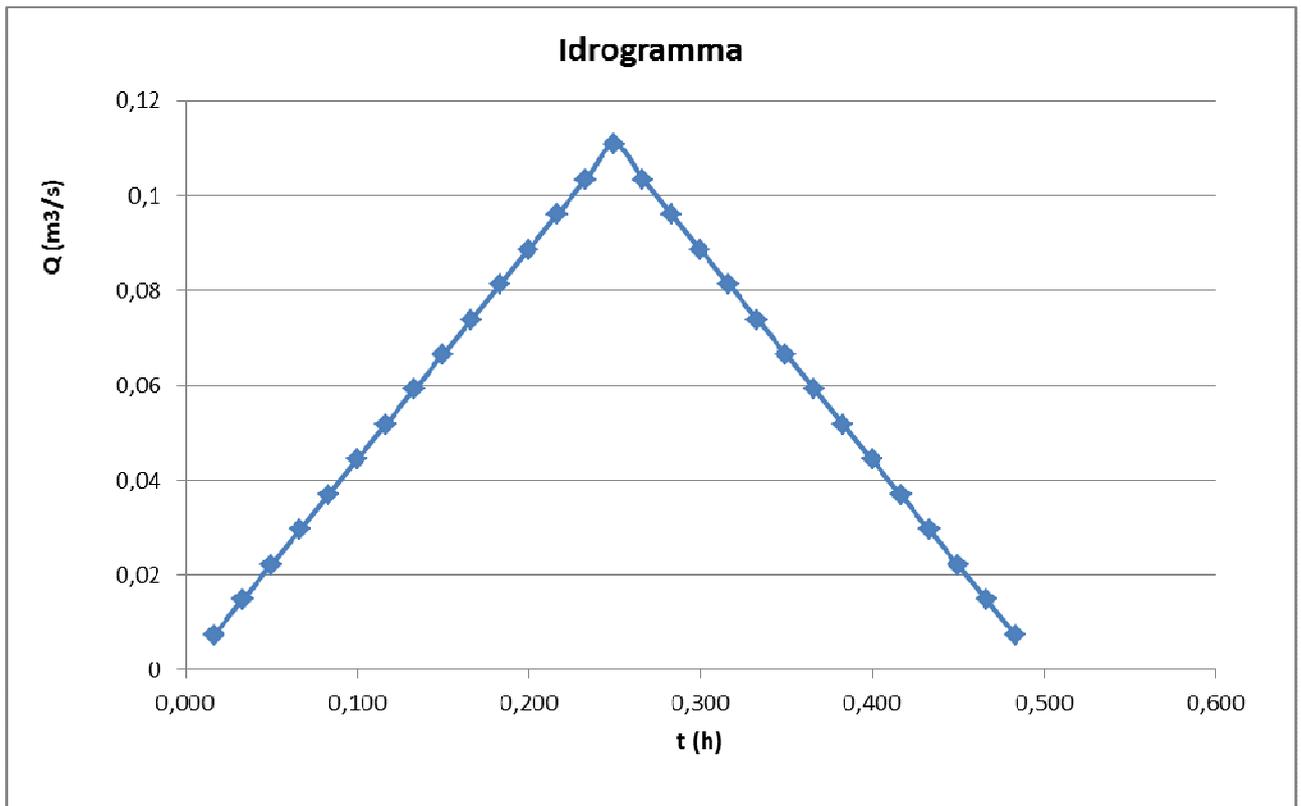
Idrogramma ante-operam relativo al bacino idrografico sotteso al fosso Pazzaretto



Idrogramma post-operam relativo al bacino idrografico sotteso al fosso Pazzaretto



Idrogramma ante-operam relativo all'area sottoposta alla costruzione del nuovo centro di raccolta



Idrogramma post-operam relativo all'area sottoposta alla costruzione del nuovo centro di raccolta

Considerando un tempo di ritorno duecentennale si nota come la portata nelle condizione post-operam supera il valore di quella ante-operam lungo il tratto fluviale che drena le acque meteoriche del bacino sottoposto alla costruzione del nuovo centro di raccolta (**Qante = 0,055 m³/s contro Qpost = 0,11 m³/s**) mentre per quanto riguarda il bacino idrografico sotteso al fosso Pazzaretto con sezione di chiusura poco a valle del punto di scarico del centro di raccolta si ha una differenza nulla tra la portata ante-operam e quella post-operam (**Qante= Qpost = 80,59 m³/s**) in quanto l'area che verrà modificata è poco estesa ed ha un peso praticamente nullo sul valore del Cd.

VERIFICA IDRAULICA DEL FOSSO NELLE SEZIONI D'INTERESSE

In base ai rilievi e le sezioni forniti dalla committenza (vedere sezione allegata), sono state definite le seguenti dimensioni del Fosso Pazzaretto e inserite all'interno della formula di Chezy per il calcolo della portata massima da esso sopportata lungo la sezione situata subito a valle del punto di immissione dello scarico:

Larghezza base	Altezza sponde	Pendenza longitudinale
5,25 m	2 m	0,16m/m

Utilizzando la formula di Chezy valida per correnti a superficie libera in regime di moto uniforme si ha:

$$Q_{\max} = X \times A \times (R \times i_f)^{1/2}$$

ove:

Q: massima portata transitabile (m³/s)

X = K_s × R^{1/6} (m^{1/2}/s) = coefficiente di conduttanza = 12,65 m^{1/2}/s

K_s = coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler tabellato a seconda del materiale ($13 \text{ m}^{1/3}/\text{s}^{-1}$ corso d'acqua con tratti molto erbosi, stagni profondi, notevolmente ostacolati da alberi e macchie)

$A = 4,76 \text{ m}^2$	area bagnata
$C = 6,52 \text{ m}$	contorno bagnato
$R = A/C = 0,85 \text{ m}$	raggio idraulico
$i_f = 0,16 \text{ m/m}$	pendenza del carico totale

si avrà una portata massima transitabile all'interno del fosso pari a:

$$Q_{\max} = 22,27 \text{ m}^3/\text{s}$$

VASCA DI LAMINAZIONE

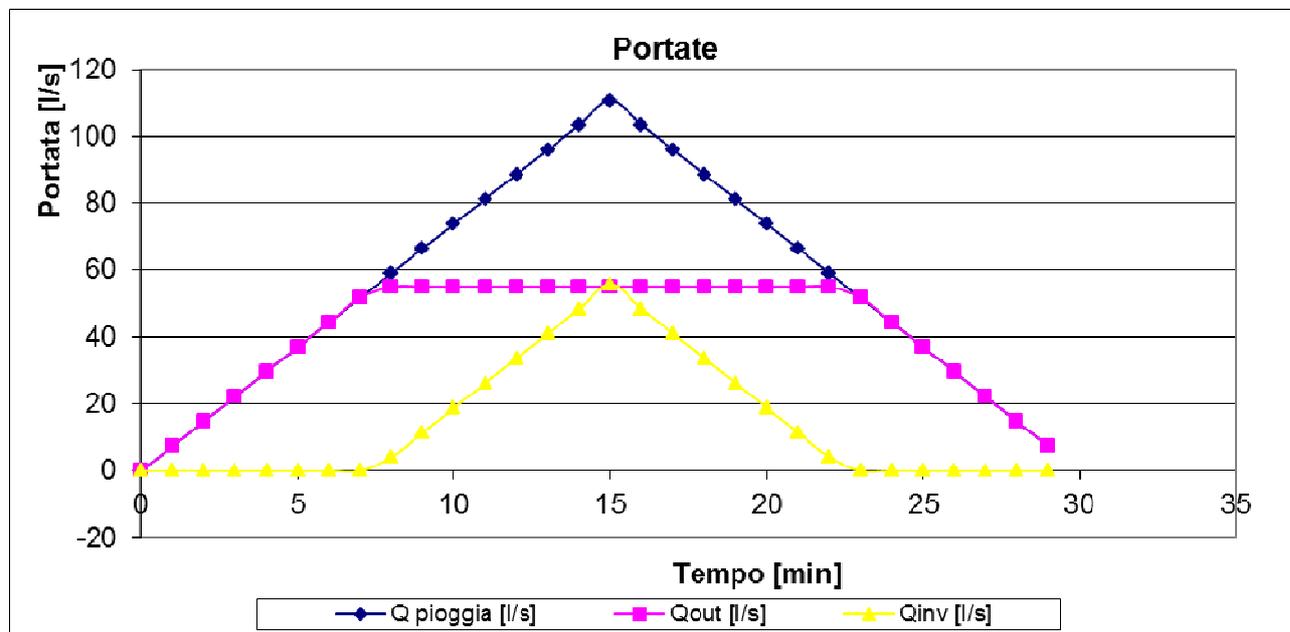
La trasformazione del suolo secondo il principio dell'invarianza idraulica determina la necessità di mantenere costante la portata di piena proveniente dal sistema drenante di un'area prima e dopo la sua trasformazione.

La vasca di laminazione avrà la funzione di ammortizzatore idraulico durante i piovachi di particolari intensità e durata, trattenendo temporaneamente la portata intercettata dalle superfici impermeabili evitando pertanto pericolosi sovraccarichi a scapito dei riceventi finali.

Il massimo volume di invaso, per una data durata critica di 15 minuti viene calcolato come differenza fra il volume entrato nella vasca V_{in} ed il volume uscito V_{out} dalla stessa nel periodo della durata della precipitazione, imposto per rispettare il principio di invarianza idraulica.

$$V_{inv} = V_{in} - V_{out}$$

Dai calcoli risulta che il massimo volume della vasca, necessario a laminare la portata di piena per un tempo di ritorno $Tr=200$ anni, ha un valore di **circa 27 m^3** .



Considerando una vasca di laminazione caratterizzata dalle seguenti dimensioni $3\text{m} \times 3\text{m} \times 3\text{m}$ si è calcolata la dimensione della tubazione di scarico al fosso Pazzaretto valutando che in uscita dalla vasca stessa si dovrà avere una luce di scarico dimensionata in maniera tale da poter scaricare la portata ammessa che è quella ante-operam ($Q_{ante}=0,055 \text{ m}^3/\text{s}$)

Dalla formula

$$A_{sez\ tubo} = \frac{Q}{0,6 \cdot \sqrt{(2 \cdot 9,81 \cdot h)}}$$

dove:

Q = portata di scarico ammessa al fosso ($Q_{scarico} = Q_{ante} = 0,055 \text{ m}^3/\text{s}$)

h = tirante idraulico dentro la vasca pari a 3 m

si ha che la tubazione di scarico dovrà avere un diametro di almeno 23 mm di diametro.

CONCLUSIONI

Considerando le condizioni geologiche, geomorfologiche, idrologiche ed idrauliche del fosso oggetto della presente analisi, si può affermare che la sua portata massima, con tempo di ritorno di 200 anni, nella sezione di chiusura del bacino, considerata in condizioni ante-operam, è pari a **80,59 m³/s**. Dai calcoli effettuati si ha che la portata massima che può defluire lungo la sezione del fosso, punto di chiusura del bacino, è pari a **22,27 m³/s**.

Nelle condizioni post-operam, a seguito della realizzazione dell'intervento in oggetto, si nota come le portate critiche del fosso non aumentano, in quanto si ha un ampliamento della superficie antropizzata che interessa una piccolissima area e che non va dunque a gravare sull'aumento del valore del coefficiente di deflusso.

Dunque in entrambe le condizioni, considerando la sezione fornita, il fosso non riesce a smaltire le acque e la verifica idraulica non risulta essere soddisfatta.

Il centro di raccolta dei rifiuti in esame è collocato tra una quota massima di circa 247 m s.l.m. e una minima di circa 243 m s.l.m., ad un'altitudine molto più elevata rispetto al fondo valle del fosso Pazzaretto, il quale considerando la sezione di chiusura ubicata come in allegato, si trova a circa 214 m s.l.m. (quota argine sponda destra) con un dislivello minimo che si aggira, dunque, intorno ai 31 m, ed inoltre tra i due punti esiste un'elevata distanza circa 140 m/150 m punto più vicino; questa situazione di elevato dislivello e di cospicua distanza evidenzia

come sia impossibile che le problematiche di tenuta idraulica vadano ad interessare l'area in oggetto.

Dai sopralluoghi eseguiti e come visibile anche sulla carta tecnica regionale in scala 1:5000 presente in allegato, il letto del fosso risulta essere molto incassato lungo tutto il suo percorso, questa situazione evidenzia l'impossibilità del fosso stesso di creare qualsiasi rischio di alluvionamento, dovuto ad un eventuale portata critica, infatti sia in destra che in sinistra idrografica l'acqua verrà trattenuta all'interno delle scarpate naturali presenti, che il fosso ha disegnato nel corso degli anni.

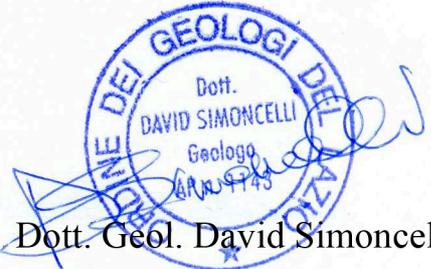
Il corso d'acqua drena un bacino che fino al punto di scarico ha un'estensione di circa 3,9 Km². L'area oggetto di intervento ha uno sviluppo circoscritto rispetto all'intero bacino drenato dal fosso stesso, per questo motivo e anche per la messa in opera di una vasca di laminazione, con la quale si rispetta il principio dell'invarianza idraulica, non si andranno a modificare gli apporti delle acque meteoriche al corso idrico.

Dai calcoli delle portate duecentennali eseguiti, dalla morfologia dell'area, dalle quote a disposizione del fondo alveo e degli argini del fosso e dell'intera area (vedi allegato), in modo speditivo si può definire che il livello della massima piena duecentennale, arriva a circa 6 m dal fondo dell'alveo.

Allo scopo di raccogliere opportunamente tutte le acque di dilavamento e restituirle successivamente al loro ciclo naturale, evitando di convogliarle istantaneamente all'interno del fosso presente si rende necessario prevedere la realizzazione di una vasca di laminazione. Essa avrà la funzione di ammortizzatore idraulico durante i piovvaschi di particolari intensità e durata,

trattenendo temporaneamente la portata intercettata dalle superfici impermeabili, che verranno realizzate per la costruzione del nuovo centro di raccolta rifiuti, evitando pertanto pericolosi sovraccarichi a scapito del ricevente finale.

Dopo aver effettuato i calcoli con la metodologia VAPI e calcolato l'idrogramma di progetto il volume della vasca di laminazione risulta essere di **27 m³**. Con essa si rispetta il principio di invarianza idraulica, in quanto la quantità di acqua meteorica proveniente dal centro di raccolta che verrà immessa risulta la stessa che si ha nell'ante-operam.



A circular blue ink stamp from the 'ORDINE DEI GEOLOGI DELLA TOSCANA'. The text inside the stamp reads 'Dott. DAVID SIMONCELLI Geologo' and 'A.P. 4743'. A handwritten signature in blue ink is written over the stamp.

Dott. Geol. David Simoncelli

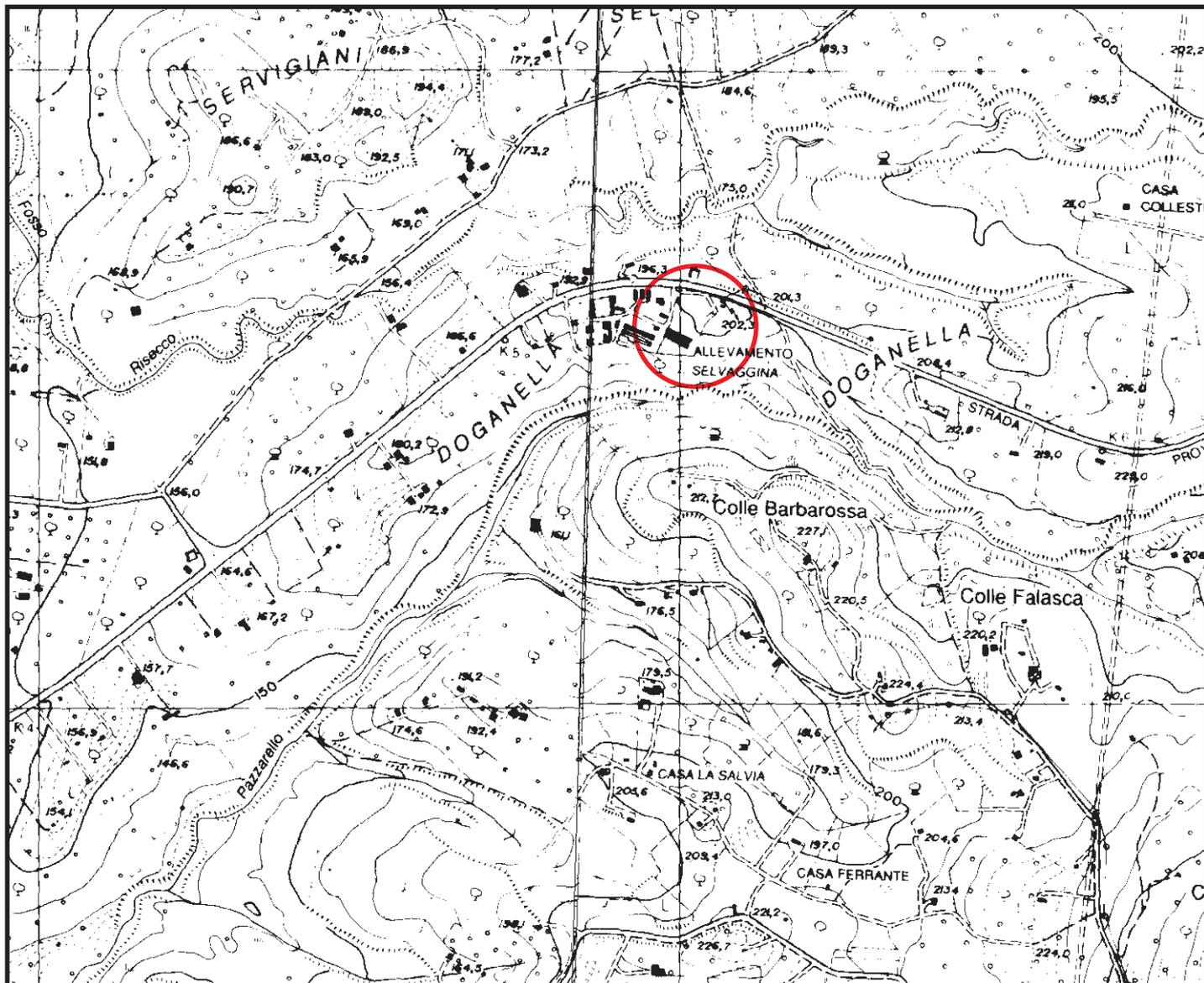


A circular black ink stamp from the 'ORDINE INGEGNERI ROMA 2'. The text inside the stamp reads 'Dott. Ing. PIERLUIGI PIETRANGELI', 'A. 27133', and 'settore a-b-c'. A handwritten signature in black ink is written over the stamp.

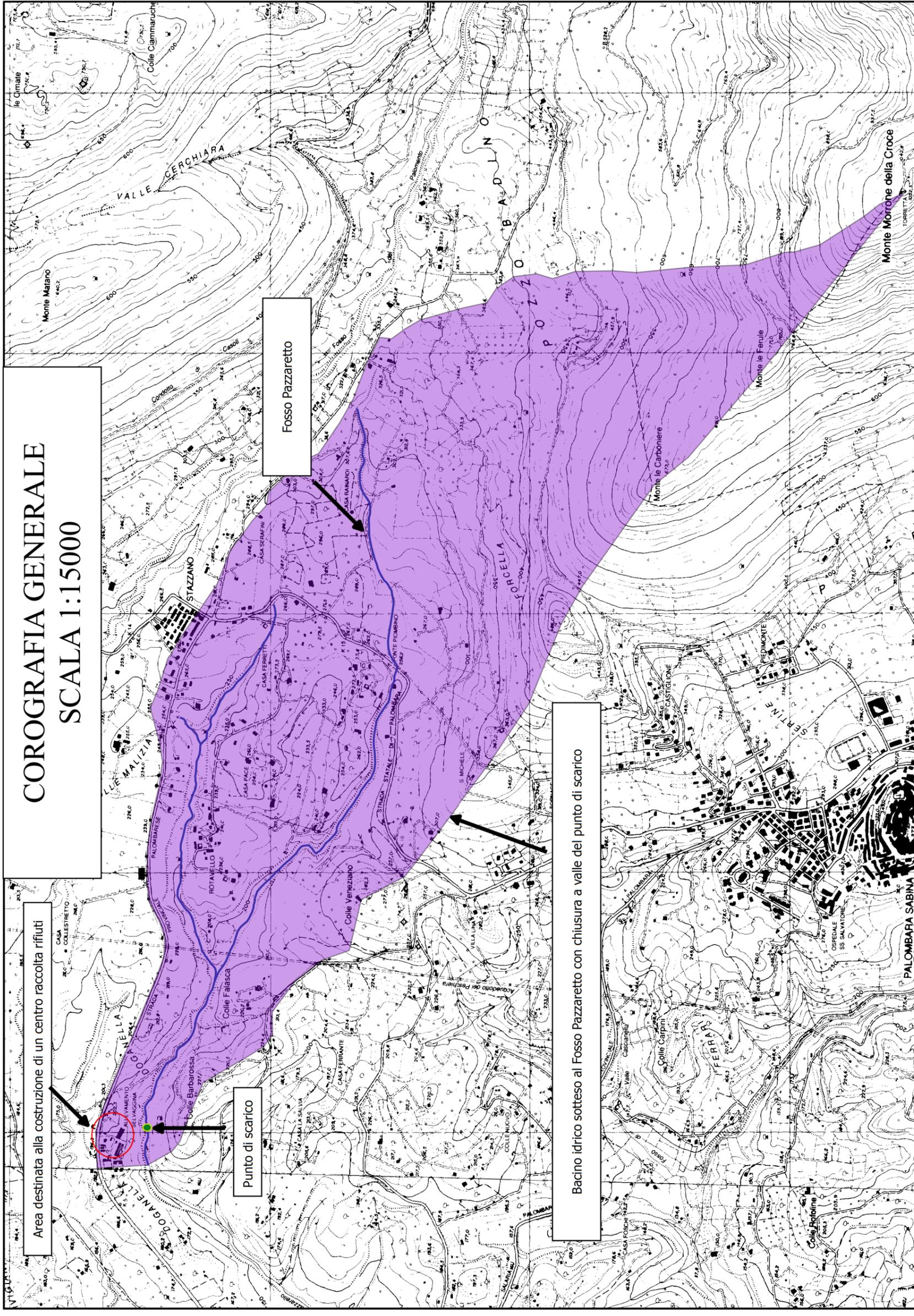
Ing. Pierluigi Pietrangeli

COROGRAFIA GENERALE

Scala 1:10.000



 Ubicazione del sito



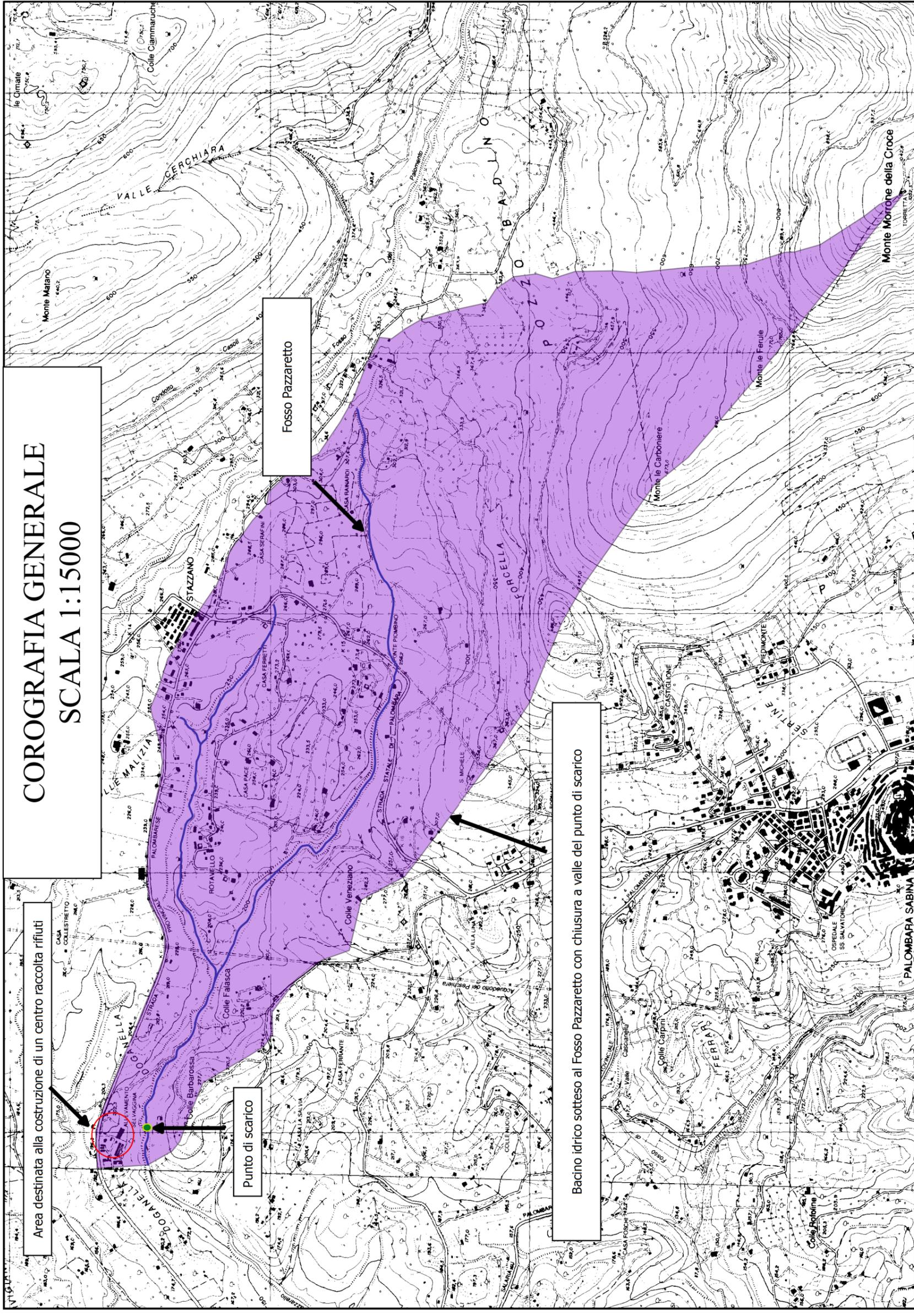
COROGRAFIA GENERALE
SCALA 1:15000

Area destinata alla costruzione di un centro raccolta rifiuti

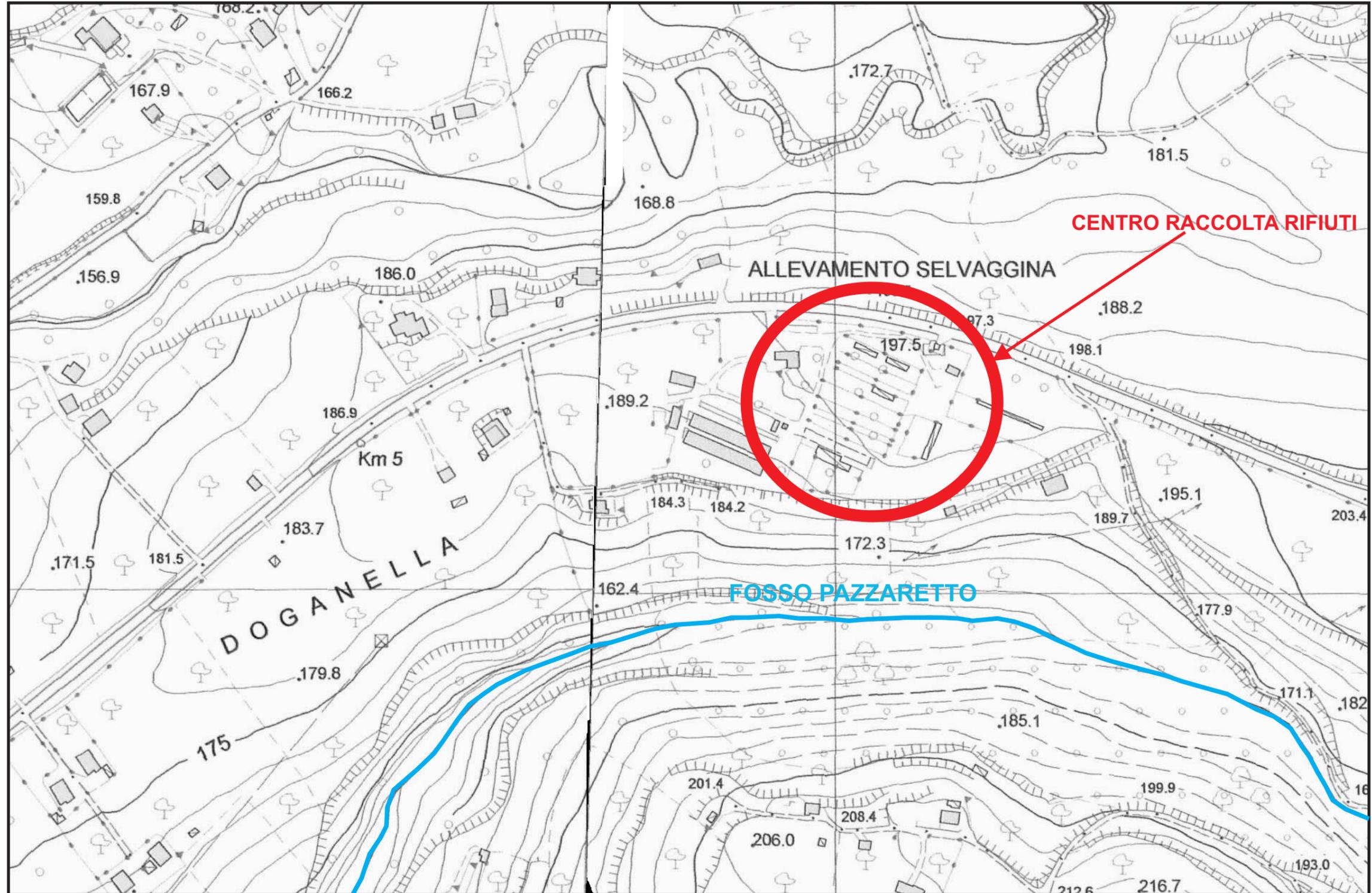
Punto di scarico

Fosso Pazzaretto

Bacino idrico sotteso al Fosso Pazzaretto con chiusura a valle del punto di scarico



PLANIMETRIA SCALA 1:5000

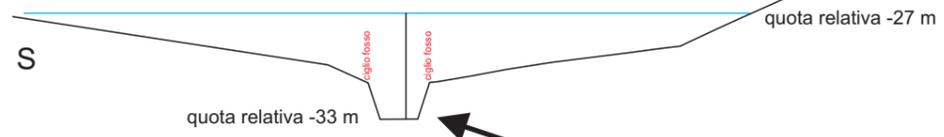


Sezione topografica Scala 1:400

Centro raccolta rifiuti



quota relativa 0 m



SEZIONE DEL FOSSO A VALLE DEL PUNTO DI IMMISSIONE
DELLO SCARICO DELLE ACQUE METEORICHE

SCALA 1:300

