



ROMA CAPITALE

PARCO DELLE RISORSE CIRCOLARI



RESPONSABILE UNICO DEL
PROCEDIMENTO

Dott. Paolo Gaetano Giacomelli

DIRETTORE DEI LAVORI

Pierfranco Mancini
Albo Ing. Prov. PE N. 719

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN
FASE DI PROGETTAZIONE

Michele Mario Mantarro
Albo Ing. Prov. RM N. 25396

CONCESSIONARIA



ATI COSTRUTTORI



DIRETTORE DI PROGETTO
Ing. Federico Peccolo



VIANINI LAVORI

VICE DIRETTORE DI PROGETTO
Geom. Mauro Manias

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROGETTAZIONE



SPECIALISTA PROGETTAZIONE CONNESSIONE A.T.



RESPONSABILE DELLA PROGETTAZIONE
DEL POLO IMPIANTISTICO

Michele Peradotto
Albo Ing. Prov. TO N. 8361 J

COORDINATORE DEL GRUPPO DI
PROGETTAZIONE

Nando Granieri
Albo Ing. Prov. PG N. A351

RESPONSABILE ATTIVITA'
SPECIALISTICA

Paolo Smurra
Albo Ing. Prov. RM N. 19750

WTE

PROGETTO ESECUTIVO

OPERE CIVILI
IDROLOGIA E IDRAULICA
GENERALE

Relazione Idrologica ed Idraulica del sito

rev.	data	descrizione	redatto	verificato	approvato
A	22/01/2026	EMISSIONE	M. Botticelli	V. Angeloro	P. Smurra
B					
C					
D					

scala

-

CODIFICA

progetto	sito	fase	categoria	opera	parte opera	argomento	tipo elab.	tipo documento	n. progressivo	rev.
W	T	E	1	E	O	C	I	D	0	0
0	G	N	R	R	T	0	0	1	A	

INDICE

1. SOMMARIO

1. PREMESSA.....	2
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	3
3. ANALISI IDROLOGICA IDRAULICA DEL BACINO IDROGRAFICO DEL FOSSO DI CANCELLIERA	9
3.1. CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE E GEOLOGICHE DEL BACINO	9
3.2. ASPETTI CLIMATICI.....	15
3.2.1. CALCOLO INTENSITÀ DI PIOGGIA PER IL BACINO DEL FOSSO DI CANCELLIERA.....	21
3.3. STIMA DEI DEFLUSSI SUPERFICIALI	23
3.3.1. CONSIDERAZIONI ADOTTATE PER LA DETERMINAZIONE DEL CN	37
3.4. VALUTAZIONE COEFFICIENTE UDOMETRICO	37
4. DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DEL NUOVO TRACCIATO DEL FOSSO DELLA CANCELLIERA.....	39
4.1. RILIEVI EFFETTUATI E DESCRIZIONE INTERVENTO DI PROGETTO.....	42
4.2. RISULTATI DELLE SIMULAZIONI	46
4.2.1. SIMULAZIONI ANTE OPERAM.....	46
4.2.2. SIMULAZIONE POST OPERAM.....	52
4.2.3. CONDOTTA DI COLLEGAMENTO IMPLUVIO DN1600.....	53
5. VERIFICA DELLA COMPATIBILITÀ IDRAULICA	57
5.1. COMPATIBILITÀ SCARICO DI EMERGENZA CON IL FOSSO DELLA CANCELLIERA	57
5.2. COMPATIBILITÀ ATTRAVERSAMENTI DI PROGETTO INTERFERENTI CON IL FOSSO DELLA CANCELLIERA	63
6. ULTERIORI SCENARI IDROLOGICI INDAGATI PER TEMPI DI RITORNO ESTREMI.....	67
6.1. EVENTO DI PIENA CON TR 500 DEL FOSSO DELLA CANCELLIERA	68
6.2. EVENTO DI PIENA CON TR 500 DEL FOSSO DELLA CANCELLIERA E TR 500 DEL FOSSO SECCO	70
7. ANALISI E GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE ALL'INTERNO DEL PARCO DELLE RISORSE CIRCOLARI.....	75
7.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	75
7.2. GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE	76
8. RISPETTO DEL PRINCIPIO DI INVARIANZA IDRAULICA	79

9. DIMENSIONAMENTO DELLE RETI	86
10. DIMENSIONAMENTO ALTRE RETI	92
10.1. APPROVVIGIONAMENTO ACQUA INDUSTRIALE	92
10.2. DISTRIBUZIONE ACQUE INDUSTRIALI.....	93
10.3. RECUPERO DELLE ACQUE INDUSTRIALI	94
10.4. APPROVVIGIONAMENTO ACQUA POTABILE.....	96
10.5. RETE DI RACCOLTA ACQUE NERE	96
10.6. SISTEMA DI IRRIGAZIONE.....	97
11. CONCLUSIONI	99

1. PREMESSA

La presente relazione illustra lo studio idrologico-idraulico sviluppato per l'intero comparto funzionale destinato al "Parco delle Risorse Circolari". All'interno del documento è proposta la nuova configurazione del tracciato del Fosso della Cancelliera, elaborata in ottemperanza a quanto richiesto dalla nota dell'AUBAC (prot. n. 3417/2025 del 19 marzo 2025).

La relazione comprende inoltre:

- un capitolo dedicato alla verifica della compatibilità idraulica dello scarico di troppo pieno della vasca di seconda pioggia, prevista lungo il nuovo tracciato;
- la verifica del franco idraulico per i tre attraversamenti previsti, eseguita secondo le disposizioni delle NTC 2018 – Capitolo 5 e della Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, recante le istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" (DM 17 gennaio 2018, G.U. n. 35 dell'11/02/2019 – Suppl. Ordinario n. 5).

Infine, è stato condotto lo studio dell'invarianza idraulica riferito all'intero comparto funzionale del "Parco delle Risorse Circolari".

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il fosso Incastro attraversa una porzione di territorio che parte dalle pendici dall'invaso vulcanico del Lago di Albano fino a giungere alle coste laziali che si affacciano sul Mar Tirreno.

Il fosso della Cancelliera costituisce un affluente in sinistra idraulica del Fosso Secco come evidenziato nell'immagine seguente.

Il bacino idrografico del fosso rappresenta un sottobacino dell'Incastro, il quale prende il nome dall'omonimo corso d'acqua che sfocia nel Mar Tirreno circa 5 km a SW del Comune di Ardea.

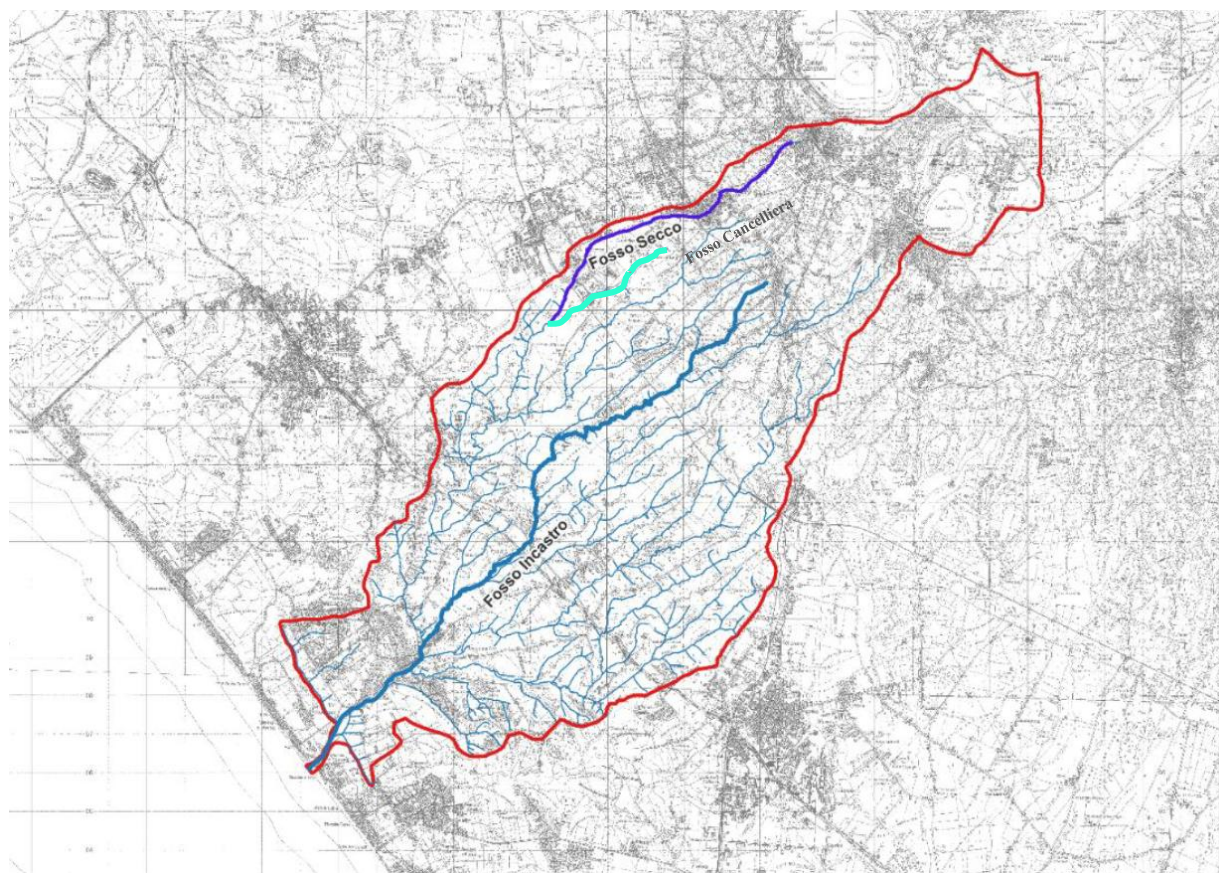


Figura 2.1 – Inquadramento Territoriale

L'area di interesse è oggi caratterizzata da una fiorente urbanizzazione e da un sviluppato comparto industriale.

Sul territorio sono quindi presenti un elevato numero di reti di drenaggio urbano che ne hanno alterato significativamente l'idrografia originaria.

Sul bacino idrografico insiste il bacino fognario afferente al depuratore di Santa Maria in Fornarola.

In data 12 settembre 2025 è stato effettuato un sopralluogo nell'area di monte del Fosso Cancelliera. Durante l'attività si è confermata la presenza di un tratto tombato di circa 80 metri, realizzato mediante una condotta del diametro stimato pari a 1 metro, nella parte terminale di via Dei Meli. È inoltre stato rilevato un muretto in cls alto circa 1,50 m che delimita il confine dei terreni adiacenti.

A supporto delle osservazioni, è stato eseguito un rilievo aereo con drone, che ha restituito una panoramica dettagliata dell'area, evidenziando la presenza di una fitta vegetazione lungo il corso d'acqua. Di seguito si riportano alcune immagini rappresentative del sopralluogo effettuato. Si rileva che, sia a monte che a valle del tratto tombato, l'alveo del Fosso Cancelliera risulta caratterizzato dalla presenza di folta vegetazione. Tale condizione ostacola il regolare deflusso delle acque, contribuendo potenzialmente a situazioni di criticità idraulica, soprattutto in occasione di eventi meteorici intensi.



Figura 2.2 – Vista aerea del tratto tombato.



Figura 2.3 – Foto 1 del punto di inizio del tratto tombato



Figura 2.4 – Particolare del punto finale del tratto tombato

DETTAGLIO TOMBINI/SCARICHI RILEVATI E DI PROGETTO

Durante i sopralluoghi effettuati, sono stati rilevati alcuni tombini collegati a scarichi che confluiscono nel Fosso della Cancelliera, in prossimità della rotatoria esistente tra via Ardeatina e via della Cancelliera, come rappresentato nell'immagine seguente riportata in dettaglio nella tavola WTE-1-E-OC-NF00-0-GN-D-PL-001-A Planimetria e sezioni scarichi esistenti e di progetto:

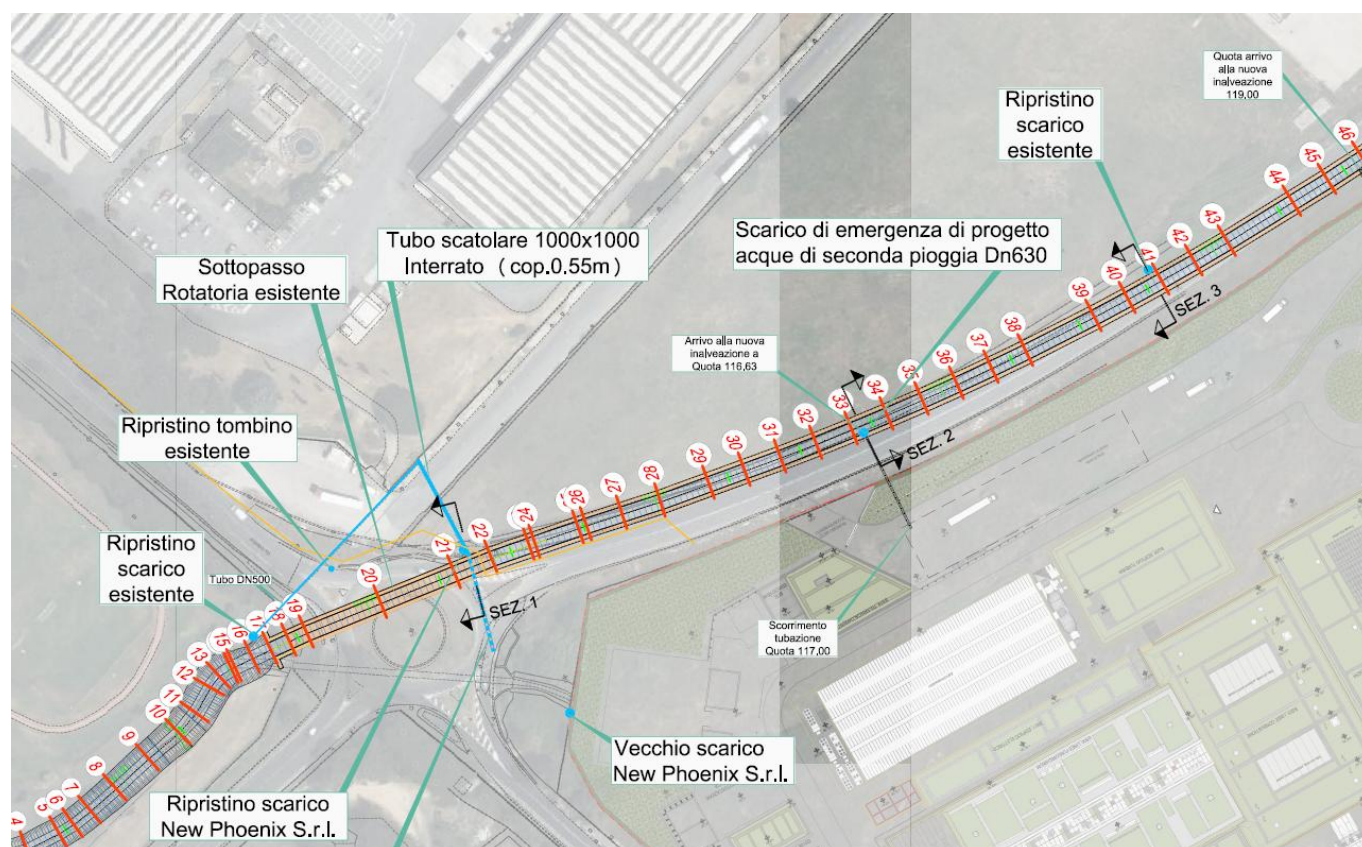


Figura 2.5- Rilievo dei tombini esistenti - area rotatoria Via Ardeatina

È stato individuato un tratto di tubo scatolare 1000x1000 mm che si dirama in due condotte: una tubazione DN 500 che si innesta a valle della rotatoria in cui è previsto il ripristino dello scarico esistente e una tubazione ARMCO DN 1000 che si immette a monte della stessa, conflueno entrambe nel Fosso della Cancelliera.

Nella modellazione idraulica è stato considerato il contributo di entrambe le condotte a valle della rotatoria, al fine di garantire la coerenza con la configurazione progettuale. Il dettaglio relativo all'apporto idraulico è descritto nel paragrafo dedicato alla configurazione post-operam della modellazione.

Nella foto seguente si rappresenta il tombino dello scatolare 1000x1000 da cui parte il tubo ARMCO DN1000.



Figura 2.6 - tombino ubicato su via Cancelliera

Procedendo verso monte, lungo via Cancelliera, è stato rilevato un ulteriore tombino con scarico nel Fosso, dotato di condotta DN 1000. Dal punto di vista idraulico, tali contributi sono stati inclusi all'interno del calcolo idrologico del bacino denominato "Rotatoria", come descritto nei paragrafi dedicati all'analisi idrologica.

Dunque, saranno ripristinati a partire da monte idraulica:

- lo scarico esistente DN1000 nel quale confluiranno le acque di drenaggio della piattaforma stradale come nello stato di fatto;
- lo scarico della New Phoenix Srl che attualmente insiste nel tratto di alveo immediatamente a monte della rotatoria oggetto di sdemanializzazione; si precisa che in corrispondenza dello

scarico della New Phoenix Srl è prevista l'installazione di una valvola a clapet per evitare eventuali rigurgiti per tempi di ritorno estremi.

- il tombino esistente dell'attuale rete di raccolta delle acque meteoriche della strada, nel quale confluiranno le acque di drenaggio della piattaforma stradale di progetto;
- lo scarico esistente DN500 a valle della rotatoria in corrispondenza dello sbocco della nuova opera di inalveazione.

È previsto in progetto:

- 1 scarico di emergenza del troppo pieno della vasca di seconda pioggia, a servizio del Parco delle Risorse circolari, individuato al punto di coordinate 300097.0932 E, 4618417.2209N (nel sistema di riferimento WGS84 UTM zona 33N) tramite tubazione in ghisa DN 630 con portata pari a circa 0.200 mc/s.

Inoltre, è prevista in progetto una condotta di collegamento impluvio DN1600 descritta in dettaglio al capitolo 4 paragrafo 4.2.3 che ha la funzione di drenare le acque che si accumulano a tergo della recinzione del nuovo sito di progetto, a causa della naturale orografia del terreno, e di reimmetterle nel nuovo tratto di inalveazione.

Il Dettaglio dei tombini/scarichi rilevati e di progetto sono riportati nell'elaborato "WTE-1-E-OC-NF00-0-GN-D-PL-001-A Planimetria e sezioni scarichi esistenti e di progetto".

3. ANALISI IDROLOGICA IDRAULICA DEL BACINO IDROGRAFICO DEL FOSSO DI CANCELLIERA

Il presente capitolo cura gli aspetti idrologici e idraulici del bacino idrografico del Fosso Cancelliera definita al fine di determinare le portate di naturale deflusso con differenti tempi di ritorno TR 30, TR 100 e TR 200 anni e le quote del pelo libero corrispondenti.

Lo studio è stato articolato nelle seguenti fasi:

- analisi delle caratteristiche morfologiche del bacino idrografico, pervenendo alla determinazione della superficie del bacino e del coefficiente di deflusso;
- individuazione del tempo di corrivazione in funzione delle suddette caratteristiche morfologiche del bacino;
- elaborazione dei dati di precipitazione disponibili per giungere alla individuazione delle curve di probabilità pluviometrica per diversi valori delle probabilità di non superamento (tempi di ritorno);
- valutazione della portata al colmo prevedibili nelle sezioni di chiusura del bacino, in funzione dei diversi tempi di ritorno investigati.

3.1. CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE E GEOLOGICHE DEL BACINO

Il bacino del “Fosso di Cancelliera” presenta una superficie complessiva di 3,9 km², altitudine media di 137 m s.l.d.m. e una lunghezza dell’asta principale pari a 4,62 km.

Nel seguente stralcio planimetrico è illustrata la perimetrazione del bacino idrografico del “Fosso di Cancelliera”.

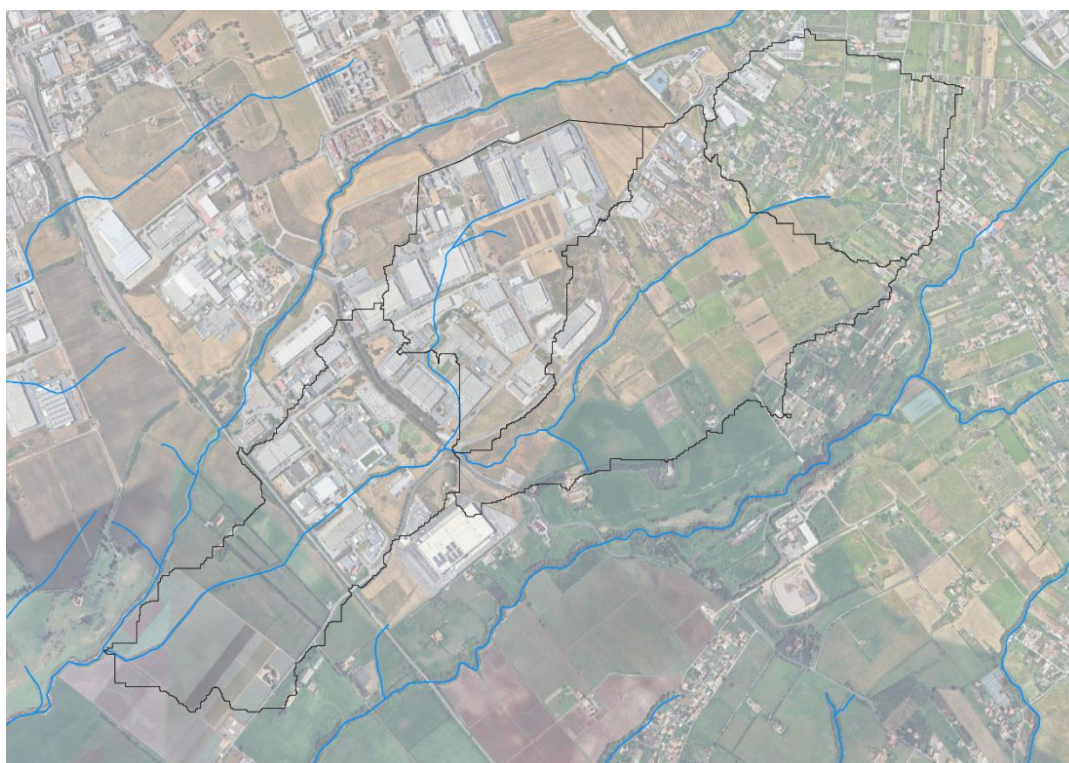


Figura 3.1 Bacino idrografico Fosso di Cancelliera

Si riportano di seguito gli estratti della mappa di elevazione del bacino del Fosso di Cancelliera.

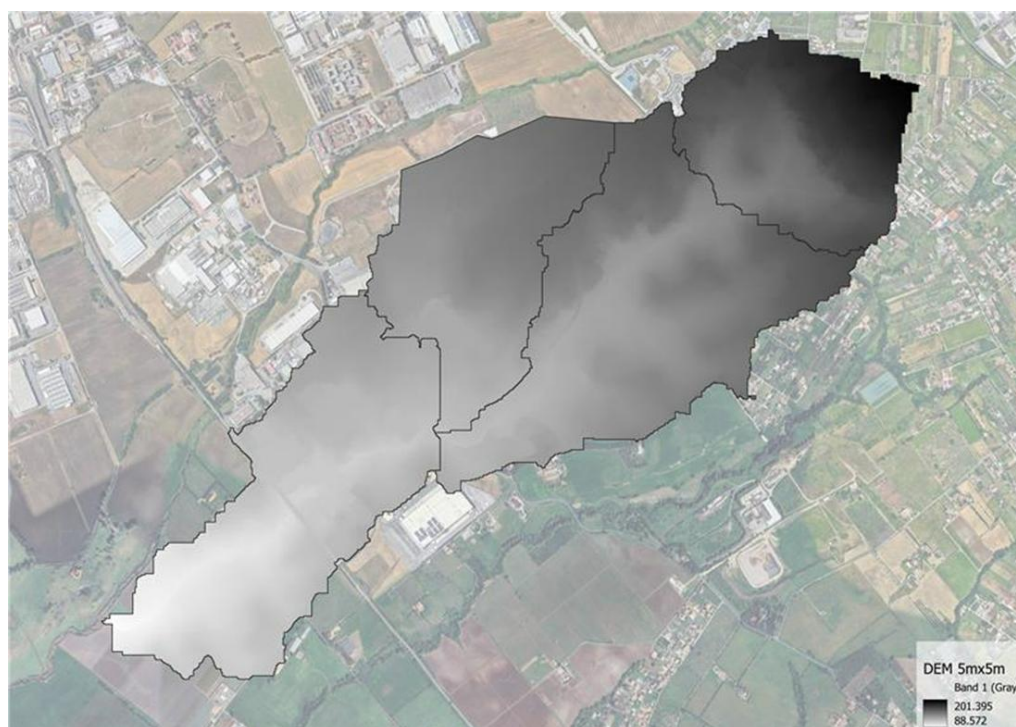


Figura 3.2 Mappa di elevazione del Bacino del Fosso di Cancelliera sotteso alla sezione di chiusura

I principali parametri morfo metrici del Fosso di Cancelliera, suddiviso in quattro sottobacini, vengono riassunti nella tabella sottostante:

Tabella 3.1 Principali parametro morfometrici

Sottobacino	Lunghezza asta principale	Quota minima asta	Quota massima asta	Quota media asta	Pendenza media bacino	Area Bacino sotteso
	km	m s.l.m.	m s.l.m.	m s.l.m.	%	Km ²
Bacino Monte	0,54	166,95	201,40	139,72	8,2	0,70
Bacino Confluenza	1,33	138,98	158,39	116,00	3,5	0,81
Bacino Rotatoria	1,94	140,76	167,98	115,09	6,0	1,29
Bacino Valle	2,14	113,99	135,46	88,57	5,8	1,14

Tenendo conto delle caratteristiche geomorfologiche e geometriche del bacino scolante, al fine di determinare il coefficiente di afflusso e le aree che contribuiscono alla generazione degli afflussi sono state analizzate le tipologie di suoli presenti e la distribuzione dell'uso del suolo relativo. Le caratteristiche di copertura e uso del territorio possono essere valutate tramite il progetto Corine Land Cover (CLC) basato su immagini satellitari SPOT-4 HRVIR, SPOT 5 HRG e/o IRS P6 LISS III, di cui viene riportato un estratto nella Figura 3.3 Uso del suolo - Immagine Corine Land Cover (CLC):

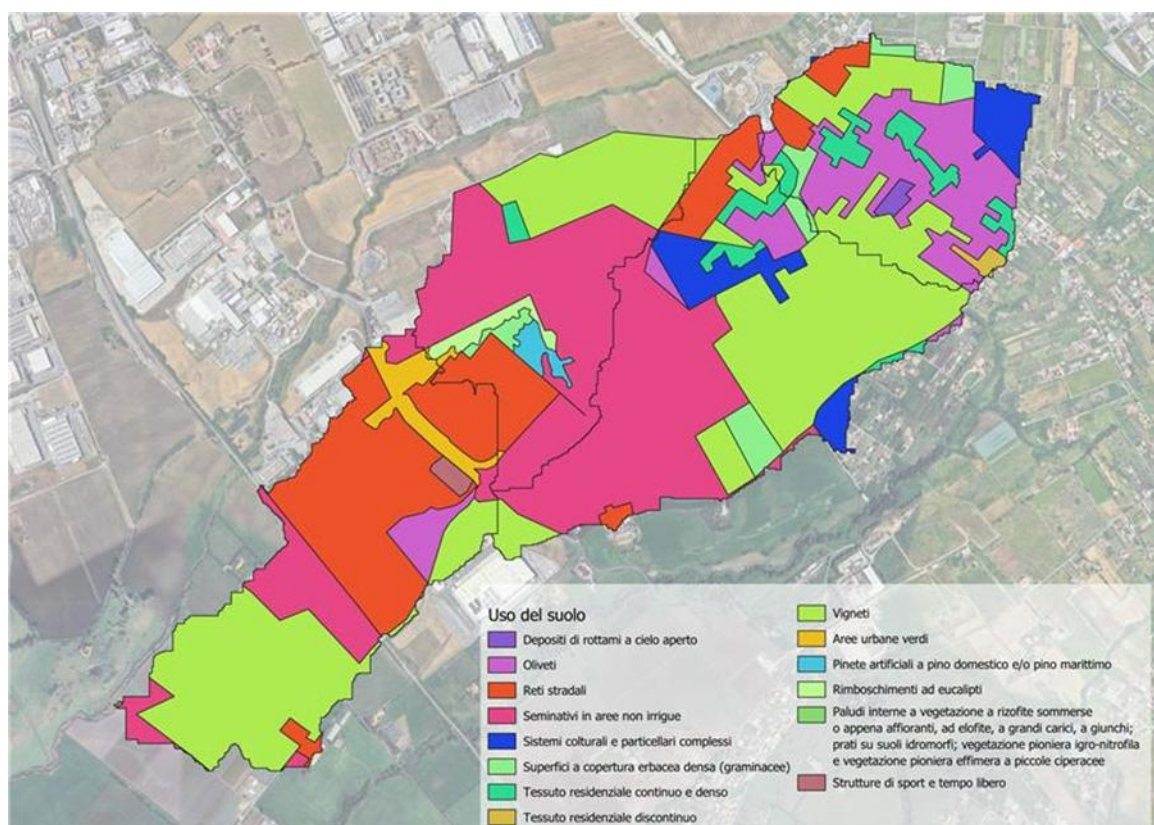


Figura 3.3 Uso del suolo - Immagine Corine Land Cover (CLC)

Per il bacino in esame è stata determinata la seguente classificazione:

Tabella 3.2 Bacino Fosso di Cancelliera - Uso del suolo - Corine Land Cover (CLC)

BACINO MONTE	Somma di AREA	INCIDENZA
Depositi di rottami a cielo aperto	0,010874063	1,54%
Oliveti	0,279811216	39,71%
Reti stradali	0,046376785	6,58%
Seminativi in aree non irrigue	0,000089007	0,01%
Sistemi colturali e particellari complessi	0,057720037	8,19%
Superfici a copertura erbacea densa (graminacee)	0,039152563	5,56%
Tessuto residenziale continuo e denso	0,07122146	10,11%

BACINO MONTE	Somma di AREA	INCIDENZA
Tessuto residenziale discontinuo	0,01077191	1,53%
Vigneti	0,188579614	26,76%
Totale complessivo	0,704596655	100%

BACINO CONFLUENZA	Somma di AREA	INCIDENZA
Reti stradali	0,087270302	10.77%
Seminativi in aree non irrigue	0,436649493	53.89%
Sistemi colturali e particellari complessi	0,000319406	0.04%
Superfici a copertura erbacea densa (graminacee)	0,014703576	1.81%
Tessuto residenziale continuo e denso	0,010552594	1.30%
Vigneti	0,205287207	25.34%
Aree urbane verdi	0,003776343	0.47%
Rimboschimenti ad eucalipti	0,029083601	3.59%
Pinete artificiali a pino domestico e/o pino marittimo	0,022595841	2.79%
Totale complessivo	0,810238363	100%

BACINO ROTATORIA	Somma di AREA	INCIDENZA
Oliveti	0,059189738	4.58%
Reti stradali	0,076594472	5.93%
Seminativi in aree non irrigue	0,476146858	36.88%

BACINO ROTATORIA	Somma di AREA	INCIDENZA
Sistemi colturali e particellari complessi	0,102017968	7.90%
Superfici a copertura erbacea densa (graminacee)	0,041189711	3.19%
Tessuto residenziale continuo e denso	0,037518757	2.91%
Vigneti	0,498527903	38.61%
Totale complessivo	1,291185407	100%

BACINO VALLE	Somma di AREA	INCIDENZA
Oliveti	0,041100137	3.61%
Reti stradali	0,438909027	38.57%
Seminativi in aree non irrigue	0,160922795	14.14%
Vigneti	0,419474668	36.87%
Aree urbane verdi	0,064653327	5.68%
Paludi interne a vegetazione a rizofite sommerse o appena affioranti, ad elofite, a grandi carici, a giunchi; prati su suoli idromorfi; vegetazione pioniera igro-nitrofila e vegetazione pioniera effimera a piccole ciperacee	0,000306836	0.03%
Strutture di sport e tempo libero	0,012455703	1.09%
Rimboschimenti ad eucalipti	0,000005405	0.00%
Totale complessivo	1,137827898	100%

La litologia dei suoli presenti viene rappresentata nella mappa seguente:

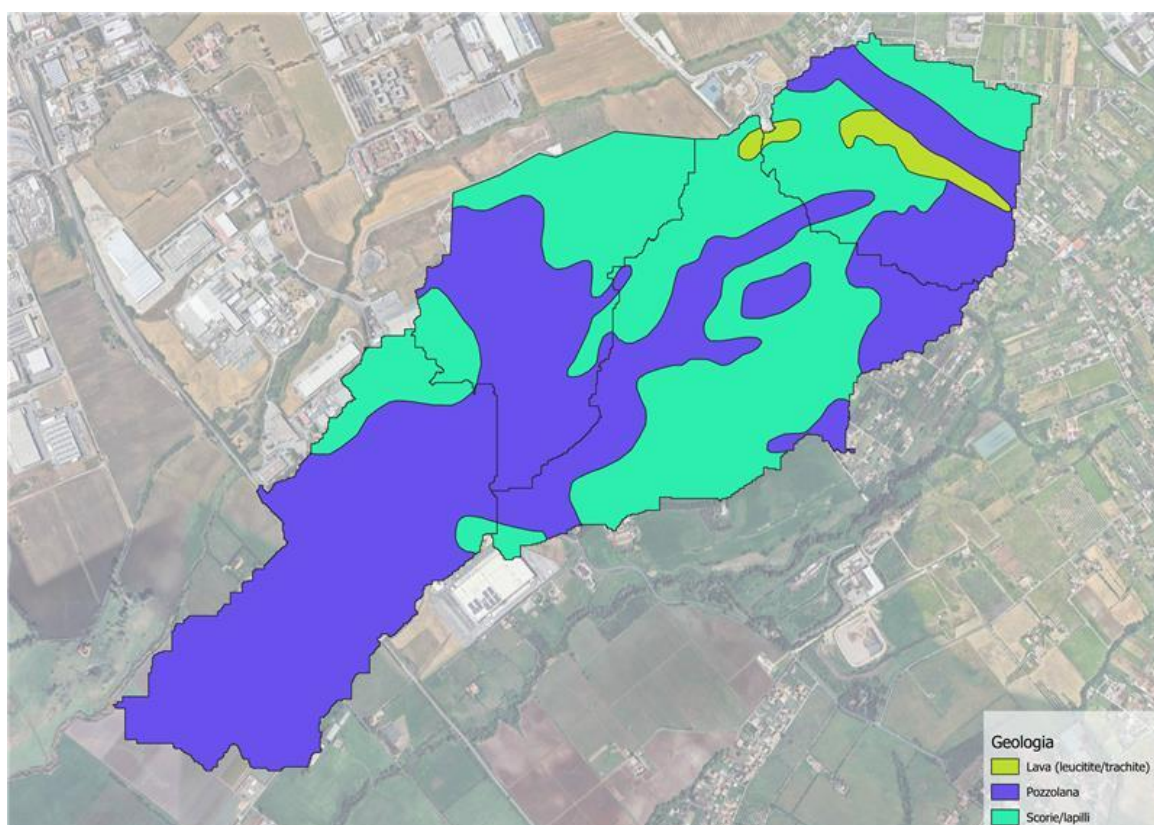


Figura 3.4 Carta geologica relativa al bacino di Fosso di Cancelliera

Dal punto di vista geologico, il bacino di Fosso di Cancelliera è caratterizzato dalla presenza prevalente di scorie/lapilli, ed in misura ridotta di pozzolana e lava.

3.2. ASPETTI CLIMATICI

Ai fini dell'individuazione delle curve di probabilità pluviometrica ai vari i tempi di ritorno si è proceduto alla valutazione degli eventi piovosi estremi mediante la procedura VA.PI. (Valutazione Piene) elaborata dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GGNDCI) del CNR.

Per garantire l'omogeneità e la confrontabilità dei risultati a livello nazionale viene 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 , viene espressa nella forma:

$$P(h_d) = e^{-\Lambda_1} e^{-\beta^* \frac{h_d}{\mu h_d} - \Lambda^* \Lambda_1^{\frac{1}{\Theta^*}} e^{-\frac{\beta h_d}{\Theta^* \mu h_d}}}$$

Dove μ_d è la media di h_d , 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.

Sostituendo nell'equazione precedente il *coefficiente di crescita*:

$$k = \frac{h_d}{\mu_{hd}}$$

Si ottiene

Equazione 1

$$P(k) = e^{-\Lambda_1 e^{-\beta k} - \Lambda^* \Lambda_1^{\frac{1}{\Theta^*}} e^{-\frac{\beta}{\Theta^*} k}}$$

che in forma implicita fornisce la curva di crescita $k(T)$ della variabile h_d , dove T è il tempo di ritorno di h_d :

$$T = \frac{1}{1 - P(k)}$$

Le elaborazioni relative all'applicazione di tale modello fanno riferimento ad una procedura di regionalizzazione gerarchica in cui i parametri sono stati valutati per scale regionali differenti.

Al primo e al secondo livello di regionalizzazione si identificano tre regioni omogenee, in cui l'ipotesi della costanza del coefficiente di variazione e del coefficiente di asimmetria può essere accettata:

- 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.

Il sottobacino di Fosso di Cancelliera ricade nella zona **A5 (Tirrenica)**.

I parametri Λ^* e Θ^* determinati al primo livello di regionalizzazione per le tre zone sono indicati nella tabella seguente:

Tabella 3.3 Parametri del primo livello di regionalizzazione

Zona	Λ^*	Θ^*
<u>A</u>	<u>0.174</u>	<u>3.49</u>
B	0.762	1.241
C	0.795	2.402

Il parametro Λ_1 , determinato al secondo livello di regionalizzazione per le tre zone, e la corrispondente funzione β sono indicati nella tabella seguente:

Tabella 3.4 Parametri del secondo livello di regionalizzazione

Zona	Λ_1	β
<u>A</u>	<u>29.31</u>	<u>4.48</u>
B	22.02	4.359
C	27.81	5.301

Più utile dal punto di vista pratico è la forma inversa della

Equazione 1 per cui, fissato un valore T del periodo di ritorno, si ricava il corrispondente valore del coefficiente di crescita K_T . Per la distribuzione TCEV tale relazione non è analiticamente ottenibile. Si riportano di seguito, nella tabella i valori di K_T ottenuti numericamente dalla

Equazione 1 per alcuni valori del periodo di ritorno.

Tabella 3.5 Valori teorici del coefficiente probabilistico di crescita K_T per le piogge giornaliere, per alcuni valori del periodo di ritorno T

T (anni)	2	5	10	20	25	40	50	100	200	500	1000
K_T (SZOA)	<u>0.89</u>	<u>1.22</u>	<u>1.49</u>	<u>1.84</u>	<u>1.97</u>	<u>2.29</u>	<u>2.45</u>	<u>2.98</u>	<u>3.52</u>	<u>4.23</u>	<u>4.77</u>
K_T (SZOB)	0.96	1.25	1.45	1.64	1.7	1.83	1.89	2.07	2.26	2.51	2.7
K_T (SZOC)	0.9	1.29	1.59	1.9	2.01	2.22	2.32	2.64	2.96	3.38	3.7

Considerata la relativa limitatezza dei dati pluviografici rispetto alla quantità di dati pluviometrici, il modello probabilistico proposto impiega l'informazione regionale stabilita per i massimi annuali delle piogge giornaliere relative alle piogge brevi. Per impiegare l'informazione regionale, si è assunta l'ipotesi che la curva di crescita, stabilita per i massimi delle piogge giornaliere, sia valida anche per rappresentare la distribuzione di probabilità dei coefficienti probabilistici di crescita dei massimi annuali delle piogge di durata inferiore.

Al terzo livello di regionalizzazione sono 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

Equazione 2

$$\mu_{hd} = CZ + D$$

I parametri di tale equazione sono univoci nell'ambito di aree pluviometriche omogenee (APO). Le APO sono in totale 78 e in particolare il bacino oggetto di studio ricade nella APO A5, i cui parametri della regressione assumono i valori indicati nella tabella seguente:

Tabella 3.6 Terzo livello di regionalizzazione: parametri della regressione della media sulla quota per la sottozona A5

Sottozona	C (mm/m)	D (mm)
A5	0.03031	60.09

Per ottenere le leggi di probabilità pluviometrica, si considera una relazione durata-intensità-frequenza, attraverso una legge del tipo:

Equazione 3

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

Dove:

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

L'Equazione 3 può essere messa nella forma

Equazione 4

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

Dove $i_0(T)$ è l'intensità istantanea con tempo di ritorno T. La pioggia indice è data dalla media di i_t , che risulta:

Equazione 5

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

Il coefficiente di crescita da introdurre nella

Equazione 1 è quindi:

Equazione 6

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

Da cui, infine

Equazione 7

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

Utile per il calcolo dell'intensità di pioggia in dipendenza della durata e del tempo di ritorno

L'esponente m e il parametro di deformazione temporale b vengono assunti indipendenti dal tempo di ritorno T, in modo da imporre il parallelismo sul piano logaritmico delle leggi IDF (intensità durata frequenza) relative a diversi tempi di ritorno. Per ricavare tali parametri sono state fatte le seguenti ipotesi:

1. su tutto il territorio considerato:
 - a) l'intensità media di 24 ore μ_{i24} è proporzionale all'intensità media giornaliera μ_{id} e quindi $\mu_{i24} = \delta \mu_{id}$ dove il coefficiente di proporzionalità è assunto costante su tutto il territorio considerato, con valore $\delta=1.15$; dall'ipotesi a) discende che anche per μ_{i24} vale una relazione lineare con la quota:

Equazione 8

$$\mu_{i24} = \delta \frac{cz + d}{24}$$

- b) il rapporto tra l'intensità media della pioggia di 5' 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): $r = \frac{\mu_{i5'}}{\mu_{i1}} = \left(\frac{b+1}{b+0.0833} \right)^m$ da cui si ricava per ciascuna zona omogenea il coefficiente di trasformazione temporale: $b = \frac{1-0.0833r^{\frac{1}{m}}}{r^{1/m}-1}$

2. sulle zone omogenee identificate per i massimi giornalieri dell'anno:

- a) l'intensità istantanea media μ_{i0} è dipendente dalla quota z della stazione pluviometrica secondo la relazione: $\frac{\mu_{i0}(z)}{\bar{\mu}_{i0}} = \frac{\mu_{hd}(z)}{\bar{\mu}_{hd}}$ dove $\bar{\mu}_{i0}$ e $\bar{\mu}_{hd}$ sono la media sulla zona omogenea di μ_{i0} e μ_{hd} .

Da queste ipotesi si ricava per ciascuna zona omogenea l'esponente m :

Equazione 9

$$m = \frac{\ln \left(\frac{\bar{\mu}_{i0}}{\bar{\mu}_{i24}} \right)}{\ln \left[1 + \frac{24(r^{1/m} - 1)}{1 - 0.0833r^{1/m}} \right]}$$

I valori regionali dei parametri b , m e $\bar{\mu}_{i0}/\bar{\mu}_{i24}$ che compaiono nella Equazione 9 e relativi alla sottozona A5 sono riportati nella tabella seguente:

Tabella 3.7 Regionalizzazione delle piogge intense: parametri regionali delle relazioni IDF per la sottozona A5

Sottozona	b	m	$\bar{\mu}_{i0}/\bar{\mu}_{i24}$
A5	0.162	0.7748	48.28

3.2.1. CALCOLO INTENSITÀ DI PIOGGIA PER IL BACINO DEL FOSSO DI CANCELLIERA

Specializzando per il bacino del Fosso di Cancelliera, dalla Equazione 2

$$\mu_{hd} = CZ + D = 60.09 \text{ mm/h}$$

dall' Equazione 8 si ha

$$\mu_{i24} = \delta \mu_{id} = \delta \frac{cz + d}{24} = 3.336 \text{ mm/h}$$

È possibile così ottenere il valore dell'intensità istantanea media μ_{i0} mediante il parametro di regionalizzazione $\overline{\mu_{i0}}/\mu_{i24} = 48.28$:

$$\mu_{i0} = 48.28 * \mu_{i24} = 48.28 \cdot 3.095 = 148.644 \text{ mm/h}$$

Inserendo nell'Equazione 7 tutti i parametri finora individuati e considerando i valori teorici del coefficiente probabilistico di crescita K_T per le piogge giornaliere, è possibile tracciare le seguenti curve di possibilità pluviometrica:

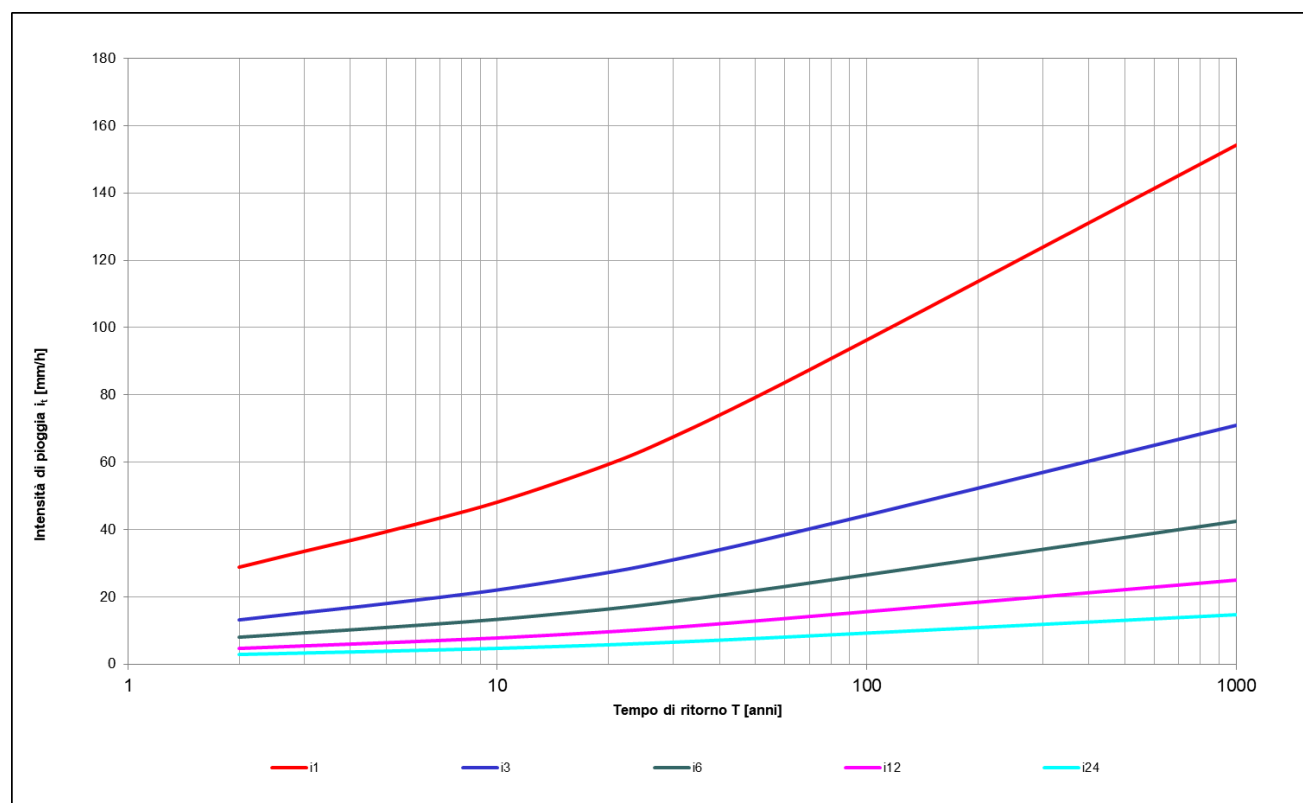


Figura 3.5 Bacino del Fosso di Cancelliera - Intensità di pioggia in funzione del tempo di ritorno e della durata della precipitazione (da 1 a 24 ore)

Le Precipitazioni così determinate sono state poi distribuite nella durata mediante uno ietogramma tipo Chicago a tre parametri, con picco centrato.

Si definisce ietogramma Chigago uno ietogramma sintetico in cui la distribuzione temporale delle altezze coincide con la relazione altezza – durata.

Per la relazione a tre parametri, come quella impiegata nel VAPI, lo ietogramma Chicago è dato dalle seguenti relazioni:

per $t \leq t_r$

$$i(t) = a \frac{b + (1 - m) \cdot \frac{t_r - t}{r}}{\left(b + \frac{t_r - t}{r}\right)^{m+1}}$$

$$h(t) = a \left[t_r \cdot \left(b + \frac{t_r}{r}\right)^{-m} - (t_r - t) \cdot \left(b + \frac{t_r - t}{r}\right)^{-m} \right]$$

per $t > t_r$

$$i(t) = a \frac{b + (1 - m) \cdot \frac{t - t_r}{1 - r}}{\left(b + \frac{t - t_r}{1 - r}\right)^{m+1}}$$

$$h(t) = a \left[t_r \cdot \left(b + \frac{t_r}{r}\right)^{-m} - (t - t_r) \cdot \left(b + \frac{t - t_r}{1 - r}\right)^{-m} \right]$$

Di seguito si riporta lo ietogramma avente tempo di ritorno 200 anni.

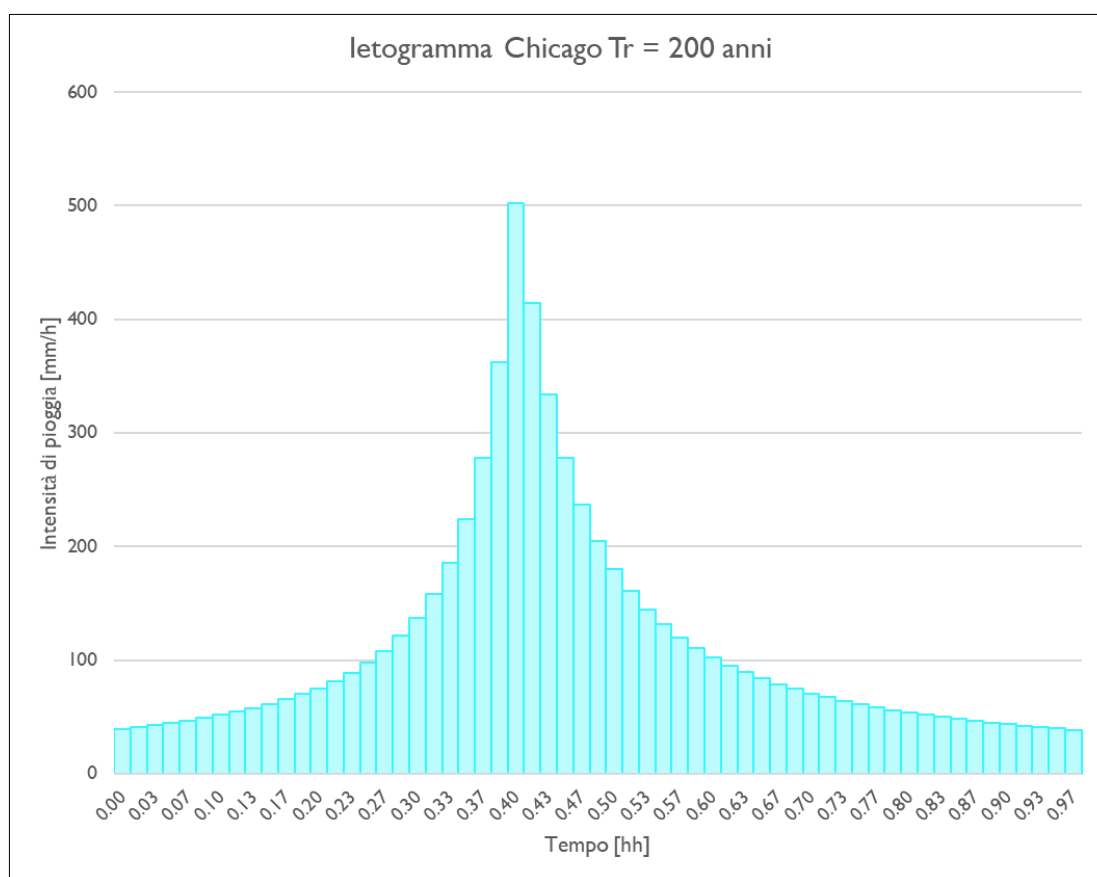


Figura 3.6 Ietogramma di progetto Tr = 200 anni

3.3. STIMA DEI DEFLUSSI SUPERFICIALI

Il metodo del Curve Number (CN), sviluppato dal Soil Conservation Service (SCS) del Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti, viene considerato come uno dei più importanti modelli non deterministici utilizzabile per la stima dei deflussi superficiali. Tale metodo permette di determinare il deflusso diretto o pioggia efficace (P_e) cioè la frazione della pioggia totale (P) che direttamente e in maniera preponderante contribuisce alla formazione dell'evento di piena.

Per il calcolo della pioggia efficace, il metodo SCS propone la seguente equazione:

Equazione 10

$$P_e = \frac{P_n^2}{P_n + S}$$

Dove:

P_e	Pioggia efficace o deflusso diretto (mm)
$P_n = P - I_A$	Pioggia netta (mm)
P	Pioggia totale (mm)
S	Capacità idrica massima del suolo o volume specifico di saturazione (mm)
$I_A = k_{ia} \cdot S$	Perdite iniziali (mm)
k_{ia}	Coefficiente di perdite iniziali

Da cui

Equazione 11

$$P_e = \frac{(P - k_{ia}S)^2}{(P - k_{ia}S) + S}$$

Le perdite iniziali (I_A) sono costituite da alcuni processi quali l'intercettazione della pioggia da parte delle chiome della vegetazione, dall'accumulo nelle locali depressioni del terreno e dall'imbibizione iniziale del terreno. Dai dati sperimentali tale parametro risulta correlato al volume specifico di saturazione o capacità idrica massima del suolo (S). La procedura proposta dal SCS, per l'ambiente agrario degli Stati Uniti, stima le perdite iniziali uguali ad un quinto del volume specifico di saturazione del terreno (S). Per la realtà italiana, si adotta un valore delle perdite iniziali tale che $0.1 \leq k_{ia} \leq 0.3$

Per i calcoli seguenti verrà utilizzato **$k_{ia} = 0.2$**

Generalmente per bacini con tempi di corrivazione molto bassi, i tempi di risposta sono tali da non consentire una buona infiltrazione nei momenti iniziali dell'evento. Per tale ragione per i bacini che presentano un tempo di corrivazione inferiore a 0.5 ore, vengono trascurate le perdite iniziali, imponendo **$k_{ia} = 0.0$**

Il volume specifico di saturazione dipende dalla natura litologica e pedologica del terreno e dall'uso del suolo. L'equazione proposta dal S.C.S è rappresentabile sul piano $P - P_e$, con un numero infinito di curve comprese tra la bisettrice dove S è uguale a zero, e l'asse delle ascisse dove S assume il teorico valore infinito. Data la notevole variabilità del parametro S , si fa ricorso ad un artificio con il quale si determina il Curve Number (CN) utilizzando la seguente equazione che rappresenta sul piano $P - P_e$ una famiglia di curve:

Equazione 12

$$CN = \frac{25400}{254 + S}$$

Dove S è espresso in mm.

Esplicitando S si ha:

Equazione 13

$$S = 25.4 * \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

Il parametro CN è un fattore decrescente della permeabilità e risulta legato:

- alla tipologia litologica del suolo;
- all'uso del suolo;
- al grado di umidità del terreno prima dell'evento meteorico esaminato.

Per quanto riguarda la natura del suolo, l'SCS ha classificato i tipi di suolo in quattro gruppi:

Tabella 3.8 Classificazione dei tipi idrologici di suolo secondo il metodo SCS-CN

Tipo idrologico di suolo	Descrizione
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
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 sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel 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 delle superfici.

Per i calcoli seguenti, considerata la litologia dei suoli presenti nel bacino, verrà utilizzato un tipo idrologico di suolo B.

Nella tabella seguente sono riportati, per tale gruppo, valori caratteristici del parametro CN anche con riferimento al tipo di copertura (uso del suolo).

CN	Tipo idrologico Suolo			
Tipologie di uso del suolo	A	B	C	D
Suoli coltivati	67	76	83	86
Pascoli	54	70	80	85
Prati	30	58	71	78
Boschi e foreste con copertura modesta	45	66	77	83
Boschi e foreste con buona copertura dall'erosione e sottobosco	25	55	70	77
Aree a parco e di fruizione ricreativa				
-con copertura erbacea superiore al 75%	39	61	74	80
-con copertura erbacea dal 50 al 75%	49	69	79	84
Aree commerciali (impermeabili per l'85%)	89	92	94	95
Aree Industriali (impermeabili per il 72%)	81	88	91	93
Aree residenziali con percentuale media impermeabile				
-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, aree coperte (impermeabili)	98	98	98	98
Strade				
-asfaltate	98	98	98	98
-inghiaiata	76	85	89	91

Tabella 3.9 Valori caratteristici del parametro CN

Per quanto riguarda l'influenza dello stato di umidità del suolo all'inizio dell'evento meteorico, l'SCS individua tre classi, AMC I, AMC II e AMC III, caratterizzate da differenti condizioni iniziali (AMC=Antecedent Moisture Condition) a seconda del valore assunto dall'altezza di pioggia caduta nei 5 giorni precedenti l'evento meteorico. L'attribuzione della classe AMC si basa sui criteri riportati nella tabella seguente:

Tabella 3.10 Attribuzione della classe AMC

Classe AMC	Stagione di riposo della vegetazione	Stagione di crescita della vegetazione
I	< 12.7 mm	<35.5 mm
II	12.7-28.0 mm	35.5-53.3 mm
III	>28.0 mm	>53.3 mm

I valori nella tabella del CN si riferiscono ad una condizione media di umidità del terreno all'inizio della precipitazione (classe II). Il CN così individuato può essere adattato a diverse condizioni di umidità attraverso le seguenti formule di conversione:

Equazione 14

$$CN(I) = \frac{CN(II)}{2.3 - 0.013CN(II)}$$

Equazione 15

$$CN(III) = \frac{CN(II)}{0.43 + 0.0057CN(II)}$$

Per lo studio del bacino in esame si farà riferimento alla classe **AMC II**.

Considerate le tipologie di suolo presenti nel bacino e considerando la media pesata in base all'area coperta dalle singole superfici, si perviene alle seguenti determinazioni del CN.

BACINO MONTE	Somma di AREA	INCIDENZA	CN_p
Depositi di rottami a cielo aperto	0,010874063	1,54%	1.36
Oliveti	0,279811216	39,71%	26.21
Reti stradali	0,046376785	6,58%	6.45
Seminativi in aree non irrigue	0,000089007	0,01%	0.01
Sistemi colturali e particellari complessi	0,057720037	8,19%	5.98
Superfici a copertura erbacea densa (graminacee)	0,039152563	5,56%	3.22
Tessuto residenziale continuo e denso	0,07122146	10,11%	7.28
Tessuto residenziale discontinuo	0,01077191	1,53%	1.04
Vigneti	0,188579614	26,76%	17.66
Totale complessivo	0,704596655	100%	69.21

BACINO CONFLUENZA	Somma di AREA	INCIDENZA	CN_p
Reti stradali	0,087270302	10.77%	10.56
Seminativi in aree non irrigue	0,436649493	53.89%	37.19
Sistemi colturali e particellari complessi	0,000319406	0.04%	0.03
Superfici a copertura erbacea densa (graminacee)	0,014703576	1.81%	1.05
Tessuto residenziale continuo e denso	0,010552594	1.30%	0.94
Vigneti	0,205287207	25.34%	16.72
Aree urbane verdi	0,003776343	0.47%	0.28

BACINO CONFLUENZA	Somma di AREA	INCIDENZA	CN _p
Rimboschimenti ad eucalipti	0,029083601	3.59%	2.37
Pinete artificiali a pino domestico e/o pino marittimo	0,022595841	2.79%	1.84
Totale complessivo	0,810238363	100%	70.98

BACINO ROTATORIA	Somma di AREA	INCIDENZA	CN _p
Oliveti	0,059189738	4.58%	3.03
Reti stradali	0,076594472	5.93%	5.81
Seminativi in aree non irrigue	0,476146858	36.88%	25.44
Sistemi colturali e particellari complessi	0,102017968	7.90%	5.77
Superfici a copertura erbacea densa (graminacee)	0,041189711	3.19%	1.85
Tessuto residenziale continuo e denso	0,037518757	2.91%	2.09
Vigneti	0,498527903	38.61%	25.48
Totale complessivo	1,291185407	100%	69.48

BACINO VALLE	Somma di AREA	INCIDENZA	CN _p
Oliveti	0,041100137	3.61%	2.38
Reti stradali	0,438909027	38.57%	37.80
Seminativi in aree non irrigue	0,160922795	14.14%	9.76

BACINO VALLE	Somma di AREA	INCIDENZA	CN _p
Vigneti	0,419474668	36.87%	24.33
Aree urbane verdi	0,064653327	5.68%	
Paludi interne a vegetazione a rizofite sommerse o appena affioranti, ad elofite, a grandi carici, a giunchi; prati su suoli idromorfi; vegetazione pioniera igro-nitrofila e vegetazione pioniera effimera a piccole ciperacee	0,000306836	0.03%	3.47
Strutture di sport e tempo libero	0,012455703	1.09%	0.02
Rimboschimenti ad eucalipti	0,000005405	0.00%	0.00
Totale complessivo	1,137827898	100%	77.76

Per la determinazione del valore della pioggia totale P da inserire è necessario dapprima calcolare il valore del tempo di corrivazione t_c così da ottenere un valore della pioggia critica, cioè quella pioggia, supposta anche uniformemente distribuita sul bacino, che determina la portata massima nell'idrogramma di piena di tempo di ritorno T. La stima del tempo di corrivazione viene effettuata mediante il seguente metodo VAPI:

Giandotti	$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{\bar{h} - h_s}}$	t_c : Tempo di corrivazione in ore A : area del bacino in km ² L : lunghezza asta principale in km $\bar{h}$: quota media del bacino h_s : quota della sezione di chiusura
-----------	--	--

Kirpich	$t_c = 0.93 \left(\frac{L}{\sqrt{\frac{h_{max} - h_{min}}{L}}} \right)^{0.77}$	t_c: Tempo di corrivazione in ore L: lunghezza asta principale in km h_{max}: quota massima del bacino h_{min}: quota minima del bacino
VAPI	$t_c = \begin{cases} t_{bK}, & \text{per } A < 1 \text{ km}^2 \\ t_{bG} \frac{(A - 1)}{74} + t_{bK} \frac{(75 - A)}{74}, & \text{per } 1 \leq A \leq 75 \text{ km}^2 \\ t_{bG}, & \text{per } A > 75 \text{ km}^2 \end{cases}$	t_{bK}: Tempo di corrivazione con Kirpich t_{bG}: Tempo di corrivazione con Giandotti A: area del bacino in km^2

Nella tabella seguente sono riportati i valori calcolati del CN, del tempo di corrivazione e degli altri parametri dei sottobacini.

Si rappresenta che nel caso di tempi di corrivazioni inferiori a circa 15 minuti, il metodo dell'SCS solitamente restituisce valori di portata non verosimili. Il tempo di Lag viene calcolato come $t_L = 0.6t_c$.

Per tale ragione per il bacino Monte viene imposto un valore del tempo di Lag pari a 10 minuti, pari a circa il 60% del tempo di corrivazione minimo imposto, al fine di non assegnare allo stesso tempi di risposta non verosimili.

Definizione	Tc (h)	Tl (min)	CN (-)	kia	Ia (mm)	Area (km^2)
Bacino Monte	0,09	10,00	69,21	0,0	0,00	0,704597
Bacino Confluenza	0,30	10,98	70,98	0,0	0,00	0,810269
Bacino Rotatoria	0,50	17,99	69,48	0,2	22,32	1,291185
Bacino Valle	0,51	18,43	77,76	0,2	14,53	1,138

Tabella 3.11 Determinazione dei parametri idrologici per il bacino del Fosso di Cancelliera

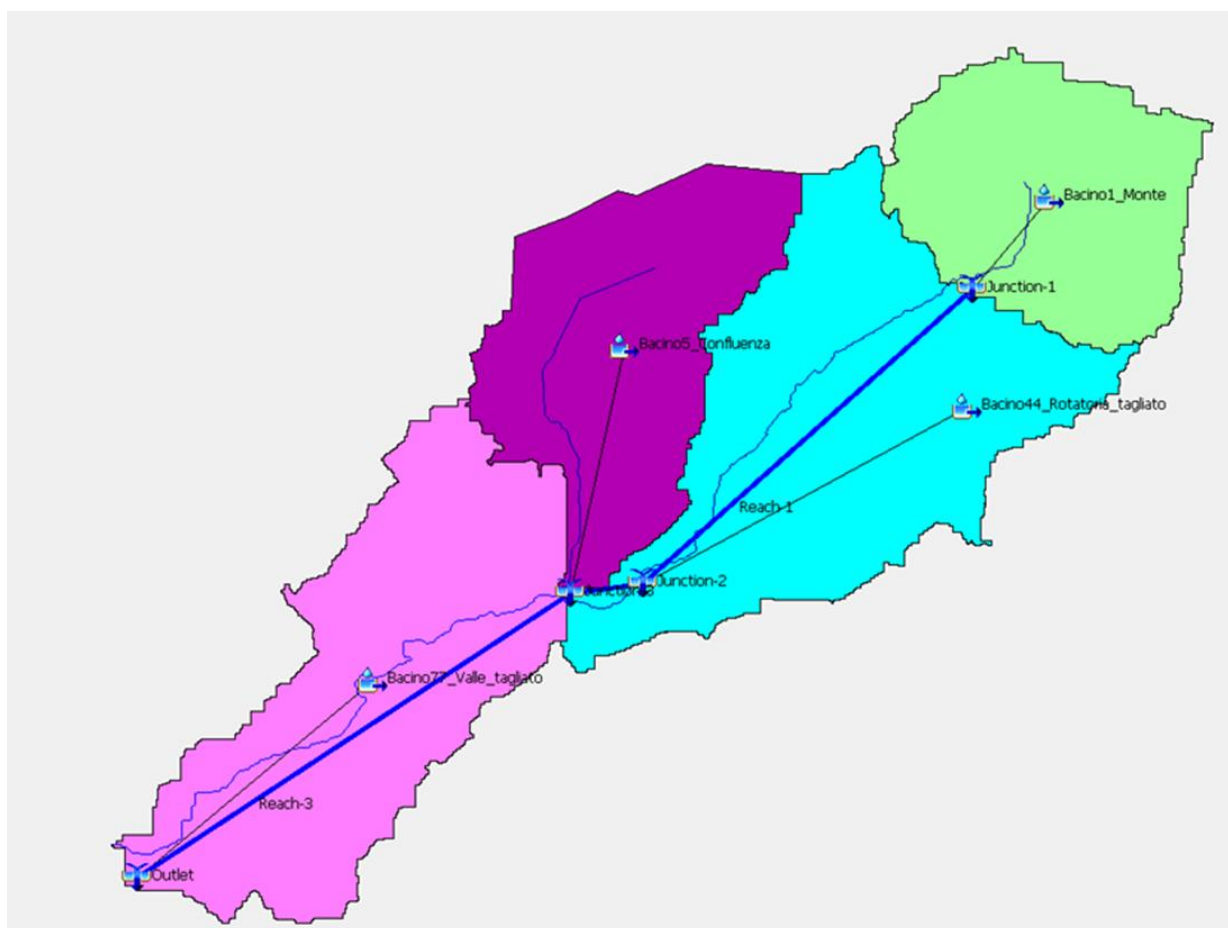
Tali parametri sono stati impiegati per implementare il modello dell'SCS all'interno del software Hydrologic ModelingSystem (HEC-HMS) è sviluppato e distribuito da US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center. Il software è progettato per simulare i processi di trasformazione degli afflussi (precipitazione) in deflussi (portata).

Tale software permette di utilizzare come metodo afflussi – deflussi, tra gli altri, anche il metodo dell'SCS.

All'interno del software sono inseriti i 4 sottobacini studiati, le relazioni funzionali che intercorrono tra gli stessi e i parametri idrologici calcolati come descritto nei paragrafi precedenti.

Viene poi impostato in ingresso lo ietogramma Chicago come sollecitazione idrologica.

Di seguito alcuni screen dei parametri in ingresso del programma.



Basin Name: Bacino_totale Element Name: Bacino44_Rotatoria_tagliato Downstream: Junction-2 *Area (KM2): 1,2915 Latitude Degrees: Longitude Degrees: Discretization Method: --None-- Canopy Method: --None-- Snow Method: --None-- Surface Method: --None-- Loss Method: SCS Curve Number Transform Method: SCS Unit Hydrograph Baseflow Method: Constant Monthly	Basin Name: Bacino_totale Element Name: Bacino44_Rotatoria_tagliato Initial Abstraction (MM): 22,32 *Curve Number: 69,477 *Impervious (%): 0
Basin Name: Bacino_totale Element Name: Bacino44_Rotatoria_tagliato Graph Type: Peak Rate Factor 200 *Lag Time (MIN): 15,81	Basin Name: Bacino_totale Element Name: Bacino44_Rotatoria_tagliato *January (M3/S): 0 *February (M3/S): 0 *March (M3/S): 0 *April (M3/S): 0 *May (M3/S): 0 *June (M3/S): 0 *July (M3/S): 0 *August (M3/S): 0 *September (M3/S): 0 *October (M3/S): 0 *November (M3/S): 0 *December (M3/S): 0

Figura 3.7 Schematizzazione dei bacini nel software Hec – HMS e impostazione parametri idrologici

Di seguito gli idrogrammi risultanti rispettivamente a monte della rotatoria tra via della Cancelliera e via Ardeatina e a monte della confluenza con il fosso Secco.

		TR50	TR100	TR200
BACINO MONTE	$Q_{max} (m^3/s)$	4.6	7	9.8
BACINO ROTATORIA	$Q_{max} (m^3/s)$	6.7	10.1	14
BACINO CONFLUENZA	$Q_{max} (m^3/s)$	5.6	8.4	11.6
BACINO VALLE	$Q_{max} (m^3/s)$	8.3	11.7	15.4

Gli idrogrammi inseriti all'interno del modello idraulico però considerano la portata di saturazione delle infrastrutture che consentono il recapito al fosso della Cancelliera. L'infrastruttura in uscita dal sottobacino denominato bacino Monte è costituita da una condotta DN1000 posata a pochi decimetri dal piano di campagna. Questa ha una massima capacità di deflusso sotto il battente conseguente alla sua insufficienza di circa $2 m^3/s$, come si evince dal calcolo sotto riportato.

$$Q = \mu A \sqrt{2gH} = 2,1 \text{ m}^3/\text{s}$$

Considerato che il tubo presenta una copertura di circa 50 cm, e che quindi il battente massimo è di circa 1m, ed imponendo un coefficiente di deflusso pari a 0,6.

In prossimità della rotatoria su via Ardeatina, come descritto al capitolo 2, sono presenti una serie di infrastrutture di drenaggio che oggi recapita in vari punti attorno alla rotatoria stessa. Il tratto che fa da limitazione al sistema è costituito da uno scatolare 1000x1000 posato a 55 cm dal piano campagna. Tale infrastruttura costituisce il vettore di trasferimento delle portate in arrivo dal bacino confluenza, e presenta una massima capacità di deflusso sotto il battente conseguente alla sua insufficienza sempre di circa 2 m³/s.

$$Q = \mu b \sqrt{2g} \cdot (h_2^{3/2} - h_1^{3/2}) = 2,2 \text{ m}^3/\text{s}$$

Considerato che il tubo presenta una copertura di circa 55 cm, e che quindi si ha un'altezza sopra la generatrice superiore dello scatolare pari proprio a 55 cm, e l'altezza sopra lo scorrimento pari a 1,55 m. In questo caso si impone un coefficiente pari a 0,5, che viene abitualmente usato per le luci sotto battente con tubo addizionale interno, in considerazione del fatto che la forma differisce da quella circolare.

Le acque provenienti dai tombini presenti invece all'interno del bacino denominato "Rotatoria" sono implicitamente considerate all'interno del calcolo idrologico-idraulico che ha determinato la portata al colmo del sottobacino stesso.

Si segnala che il limitrofo Fosso Secco, nella sua configurazione conseguente al verificarsi della Piena avente tempo di ritorno pari a 200 anni, contribuisce lievemente ad alimentare il Fosso della Cancelliera.

Normalmente la piena contemporanea di due fossi adiacenti non rappresenta uno scenario dimensionante. A favore di sicurezza è stata valutata l'entità di questo contributo per capire se è possibile che abbia influenza rispetto alle condizioni di piena del Fosso della Cancelliera.

Il contributo arriva all'inizio del bacino denominato "rotatoria" e presenta un picco di circa 0,04 m³/s, a fronte di una portata al colmo del bacino rotatoria pari a 14 m³/s. Si tratta quindi di un contributo trascurabile rispetto ai volumi e alle portate in gioco.

Di seguito si riportano gli idrogrammi di progetto.

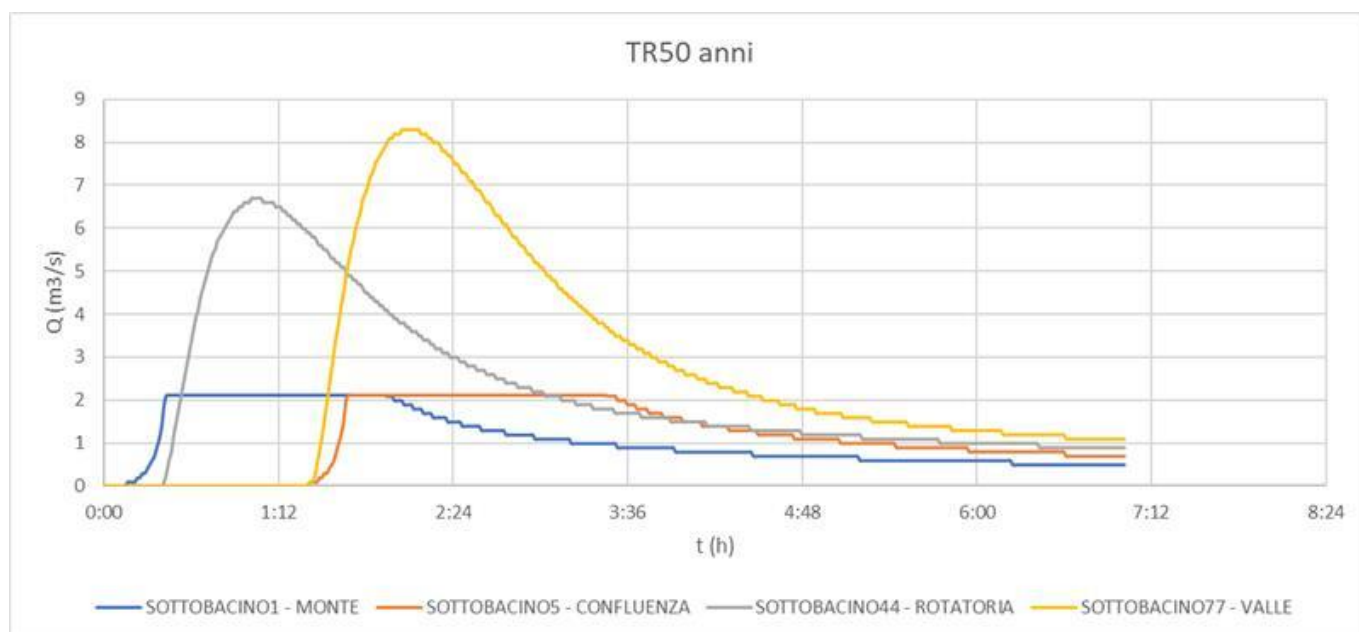


Figura 3.8 Idrogrammi di progetto TR50

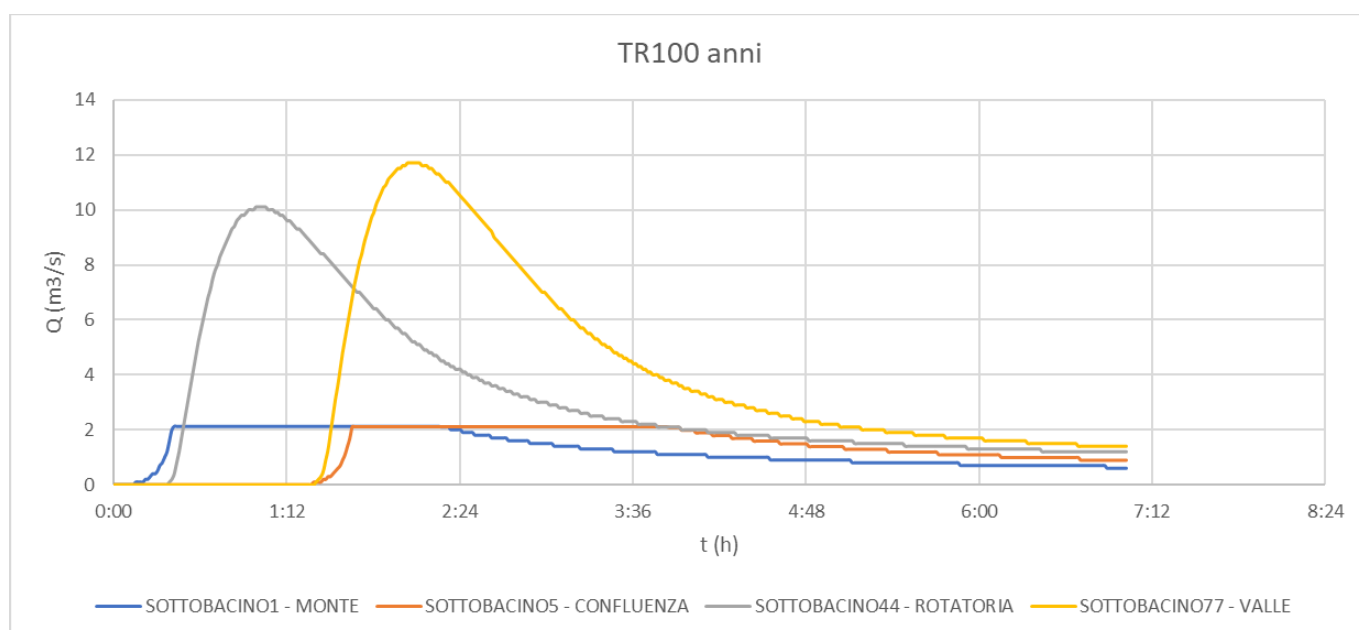


Figura 3.9 Idrogrammi di progetto TR100

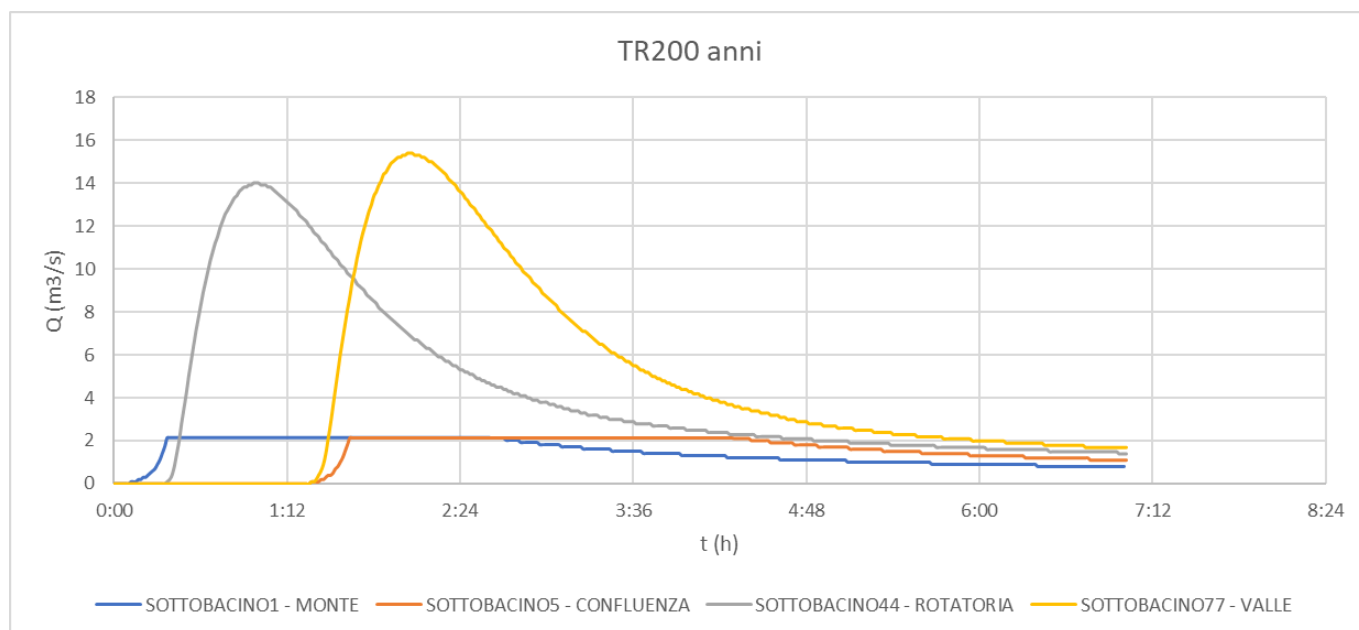


Figura 3.10 Idrogrammi di progetto TR200

3.3.1. CONSIDERAZIONI ADOTTATE PER LA DETERMINAZIONE DEL CN

Nello studio svolto si è utilizzato il metodo SCS-CN (Soil Conservation Service Curve Number) per stimare il deflusso superficiale (o portata di deflusso) a partire dalle precipitazioni. Questo metodo è particolarmente utilizzato per le piccole e medie aree dove il deflusso superficiale è significativo, come nelle aree urbane e agricole. Per tenere conto delle caratteristiche geomorfologiche e geometriche del bacino scolante, al fine di determinare il coefficiente di afflusso e le aree che contribuiscono alla generazione degli afflussi sono state analizzate le tipologie di suoli presenti e la distribuzione dell'uso del suolo relativo come descritto nel presente studio. Per quanto riguarda l'influenza dello stato di umidità del suolo all'inizio dell'evento meteorico, si è scelto di considerare AMC II per situazioni in cui il suolo si trova in una condizione di umidità media o normale.

Tale scelta deriva dalla valutazione finale del CN che rappresenta la relazione tra la quantità di precipitazione e la quantità di deflusso, in funzione di variabili come:

- Tipo di suolo
- Uso del suolo
- Condizioni di copertura vegetale
- Intensità della precipitazione
- Umidità del suolo (pre-precipitazione)

3.4. VALUTAZIONE COEFFICIENTE UDOMETRICO

È stato effettuato un confronto con le analisi idrologiche contenute nello studio del Fosso Secco, redatto dal CBLN nel settembre 2025. In particolare, il confronto ha riguardato i parametri idrologici adottati, con un focus specifico sul coefficiente udometrico, al fine di garantire coerenza metodologica tra i due studi, trattandosi di bacini idrografici limitrofi e soggetti a condizioni pluviometriche e geomorfologiche analoghe.

TR200	Q (m ³ /s)	A (km ²)	A (ha)	Coeff (l /s ha)	V (10 ³ *m ³)
Fosso Secco	162,56	8,83	883	184	950,98

Fosso Cancelliera	47,8	3,94	394,39	121	381
--------------------------	------	------	--------	-----	-----

I due bacini presentano un coefficiente udometrico avente ordine di grandezza analogo. La differenza, non sostanziale, tra i due bacini può dipendere da fattori come l'urbanizzazione, il tipo di suolo e la pendenza.

Si rileva che sul Fosso della Cancelliera la prevalenza delle superfici è di carattere agricolo, composta da vigneti e uliveti, mentre il bacino del Fosso Secco presenta una parte non trascurabile di superfici pavimentate, quali insediamenti urbani e aree industriali.

In generale le aree sono tra loro in rapporto pari a 0,45, i volumi in rapporto pari a 0,4 e le portate al picco 0,30.

La media di Curve Number che risulta per i 4 sottobacini studiati è pari a circa 72, valore inferiore ai CN risultanti sul Fosso Secco, che risulta pari a 75. Tale differenza motiva la non perfetta uguaglianza tra il rapporto in cui sono le aree tra loro e il rapporto di volumi e di portate al colmo di piena.

Si segnala che i volumi sono in rapporto simile a quello delle aree. La differenza più significativa è sulle portate al picco, aspetto che può essere imputato alle differenze di tempi e modalità di risposta dei due bacini.

4. DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DEL NUOVO TRACCIATO DEL FOSSO DELLA CANCELLIERA

Il presente capitolo è svolto al fine di sviluppare il modello idraulico per verificare le condizioni di deflusso nella zona d'interesse, nella configurazione allo stato attuale (ante operam) e nella nuova configurazione di progetto (post operam).

Per la modellazione idraulica si propone di sviluppare un modello idraulico combinato monodimensionale in alveo e bidimensionale nelle aree golenali in regime di moto vario. Tale scelta è stata dettata dai seguenti fattori:

- Capacità del modello di analizzare la laminazione delle aree golenali connesse all'alveo mediante stramazzone laterale dagli argini;
- Opportunità di valutare gli effetti di rigurgito della piena su tutta l'asta in esame;

Il modello numerico è stato implementato mediante l'utilizzo del codice di calcolo HEC-RAS, versione 6.6, sviluppato negli U.S.A. dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers. Le sollecitazioni idrologiche che definiscono le condizioni al contorno sono state ricavate dai risultati conseguiti mediante modellazione con il software HMS, così come illustrato nel precedente paragrafo.

L'altro elemento chiave per la individuazione delle grandezze idrauliche è il coefficiente di scabrezza. Il coefficiente di scabrezza in un alveo naturale rappresenta una misura globale della resistenza al moto della corrente, in cui si compendiano una molteplicità di fattori, tra i quali la forma e la regolarità della sezione, la presenza quali-quantitativa di vegetazione e le caratteristiche litologiche del materiale d'alveo. La sua determinazione deve quindi essere condotta con grande attenzione, valutando le caratteristiche specifiche dei materiali che compongono l'alveo e la copertura vegetale delle sponde e delle aree golenali adiacenti interessate al deflusso lungo tutto lo sviluppo dell'asta fluviale di interesse.

Per fini di una corretta valutazione di tale parametro sono state valutate anche le informazioni desunte dalla carta geologica, dalla carta di uso del suolo Corine e dalle operazioni di rilievo topografico nonché dai sopralluoghi fatti.

Si è tenuto conto della vegetazione visibile lungo le sponde e di quella posta nelle aree golenali.

Pertanto, i valori dei coefficienti di Manning di prima ipotesi proposti per caratterizzare la scabrezza dei tratti in studio sono i seguenti:

- 0,06 m^{-1/3}s per i tratti in alveo compresi tra le sponde;

- 0,04 m-1/3s per le aree esterne alle sponde.

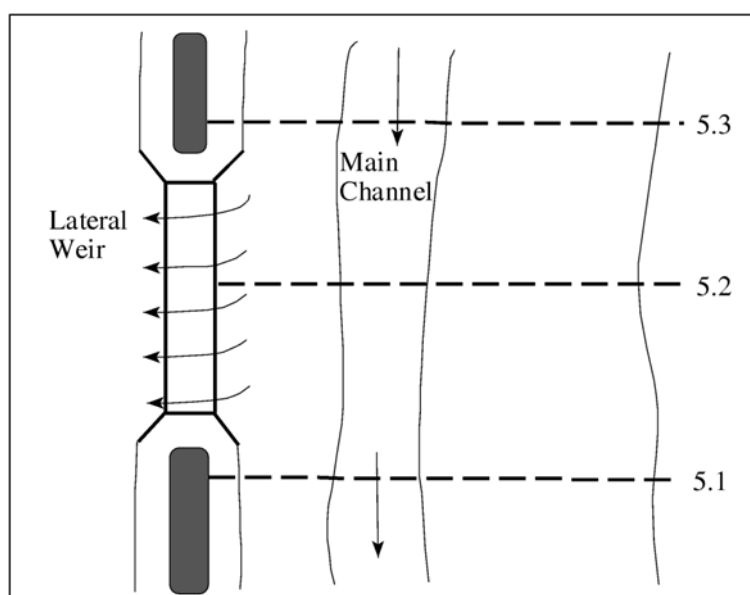
Gli idrogrammi d'ingresso al modello, conseguiti a seguito dell'analisi idrologica sui diversi tempi di ritorno, determinano le condizioni al contorno di monte.

Come condizione al contorno di valle è stata inserita la Normal Depth che corrisponde all'instaurarsi dell'altezza di moto uniforme.

La solidità dei modelli idraulici implementati è stata analizzata rispetto agli errori di chiusura delle equazioni di governo, controllando che gli stessi rimangano all'interno di range accettabili.

Le connessioni idrauliche tra i domini di calcolo 1D e 2D sono realizzate tramite sfioratori laterali bidirezionali.

Si è adottato il modello «Normal 2D Equation Domain» per simulare il deflusso verso le aree 2D, in quanto risulta di maggiore precisione nel caso in esame



Le strutture quali ponti e tombini sono modellate nell'alveo inciso come strutture trasversali mentre, nell'area 2D, questa viene opportunatamente infittita per meglio consentire il calcolo delle variazioni delle condizioni idrauliche in corrispondenza delle stesse.

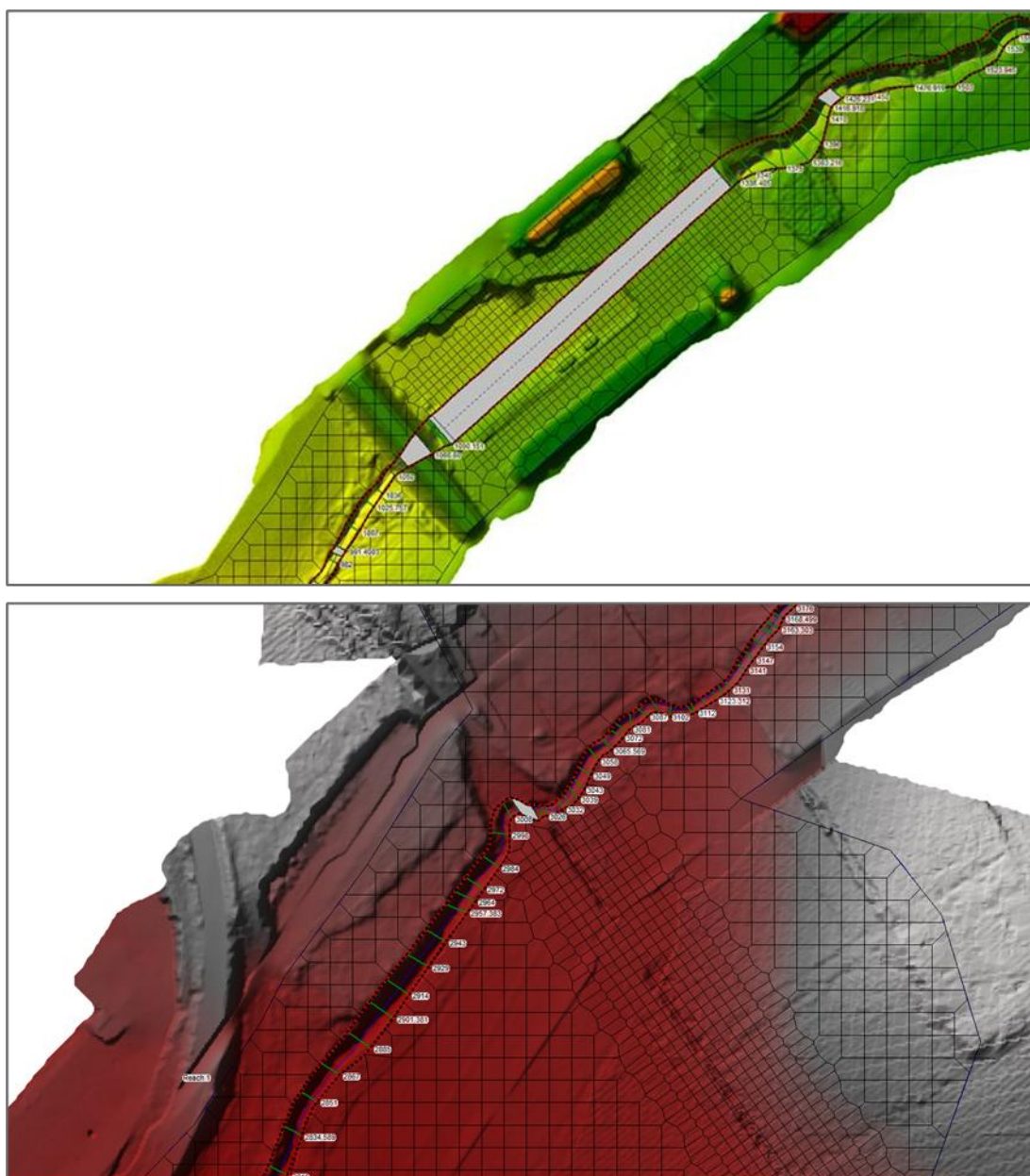


Figura 4.1 Estratti della geometria del modello di calcolo (software HEC-RAS)

Nel dominio di integrazione si è invece scelto di associare alle mesh di calcolo dei valori di scabrezza variabili in funzione delle tipologie di uso del suolo

Scabrezza aree verdi: $0.04 \, m^{(-1/3)} \cdot s$

Scabrezza tetti: $100 \, m^{(-1/3)} \cdot s$

Scabrezza strade: $0.06 \, m^{(-1/3)} \cdot s$

4.1. RILIEVI EFFETTUATI E DESCRIZIONE INTERVENTO DI PROGETTO

Con riferimento alla nota dell'AUBAC (prot. n. 3417/2025 del 19 marzo 2025), si descrive di seguito il nuovo tracciato del Fosso della Cancelliera proposto con l'obiettivo di mantenere la continuità idraulica del Fosso stesso, assicurare il rispetto dell'art. 115 del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i., e garantire la piena funzionalità idraulica dell'intero tracciato per eventi con tempo di ritorno di 200 anni.

Il progetto è stato sviluppato sulla base dei rilievi plano-altimetrici effettuati nell'area oggetto di intervento. Per la definizione del quadro topografico di riferimento, si è fatto affidamento sui dati acquisiti nell'ambito dell'Accordo Attuativo n. 1 tra la Città Metropolitana di Roma Capitale (CMRC) e l'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale (AUBAC). Per le aree non coperte da tali rilievi, si è ricorso ai dati LIDAR messi a disposizione dal Ministero dell'Ambiente (con risoluzione 1 m x 1 m) e al Modello Digitale del Terreno (DTM) a risoluzione 5 m fornito dalla Regione Lazio.

L'integrazione dei rilievi LIDAR con il DTM ha consentito la definizione accurata della geometria delle aree golenali e delle aree potenzialmente soggette a esondazione, fondamentali per l'impostazione del modello idraulico bidimensionale. Su tali dati è stato sviluppato il modello solido del terreno, da cui sono stati derivati i profili altimetrici e le planimetrie dello stato di fatto e di progetto.

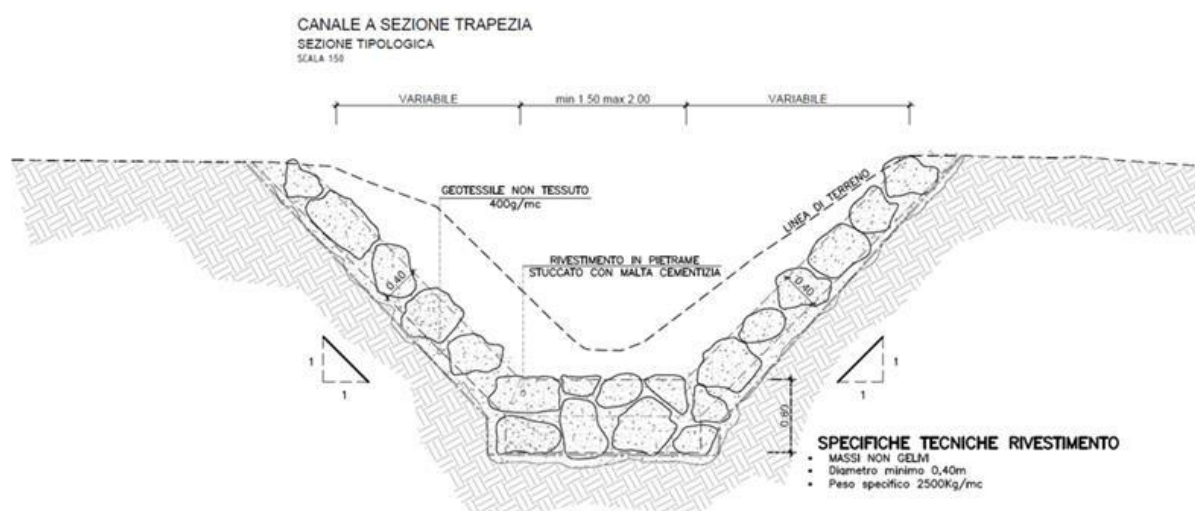
Il nuovo tracciato del Fosso della Cancelliera ha origine a monte del sito di intervento, in corrispondenza del tratto ancora parallelo a via Cancelliera, e si sviluppa con andamento rettilineo fino a ricongiungersi con l'alveo esistente a valle della rotatoria su via Ardeatina. Lungo il nuovo tracciato sono previsti tre attraversamenti idraulici: due destinati agli accessi al sito e uno localizzato in corrispondenza della rotatoria. Tali opere sono state oggetto di specifici approfondimenti progettuali, redatti secondo le disposizioni del Capitolo 5 delle NTC 2018 e delle relative Istruzioni applicative riportate nella Circolare del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n. 7 del 21 gennaio 2019.

Infine, sono previste opere a garanzia della continuità idraulica per le superfici drenanti limitrofe, mediante il ripristino di opere puntuali volte a preservare il reticolo idrografico esistente che convoglia le acque nel Fosso della Cancelliera.

A monte dell'intervento è stata prevista un'area di transizione idraulica finalizzata al raccordo tra l'alveo esistente del Fosso della Cancelliera e il nuovo tracciato progettato. Questo tratto di collegamento è stato modellato con sezioni trapezoidali rivestite in pietrame stabilizzato con boiaccia, al fine di garantire la stabilità spondale e la continuità idraulica.

Di seguito si indica una sezione tipo.

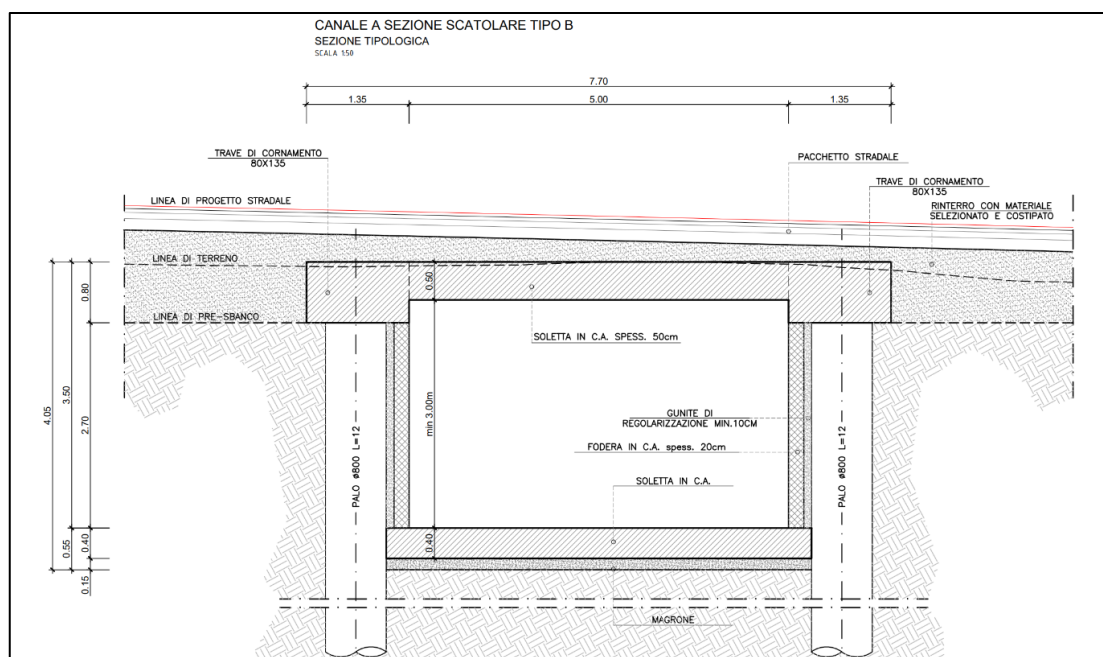
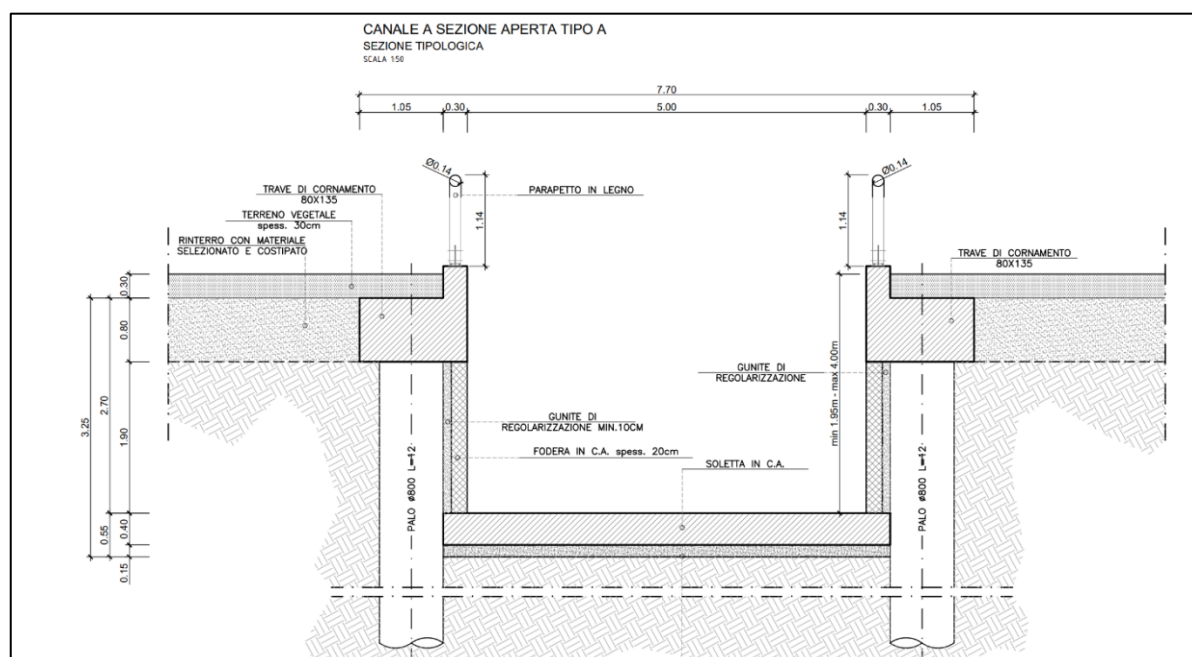
Figura 4.2 Canale a sezione trapezia del tratto di transizione



L'intervento consente il passaggio da una sezione esistente dell'alveo, avente larghezza media pari a circa 2,5 metri, alla nuova sezione di progetto, caratterizzata da geometria aperta a sezione rettangolare e larghezza costante di 5 metri. In tale configurazione, la profondità dell'alveo varia lungo il tracciato, raggiungendo un massimo di 5 metri rispetto al piano campagna.

Di seguito si riportano alcune sezioni della nuova inalveazione.

Figura 4.3 Sezioni della nuova inalveazione



4.2. RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

4.2.1. SIMULAZIONI ANTE OPERAM

Il modello matematico è stato implementato ricostruendo la geometria dell'alveo attraverso una superficie tridimensionale della zona interessata ricavata dai rilievi topografici;

Le sezioni risultanti hanno permesso di ricostruire la geometria del corpo idrico nelle condizioni ante operam.

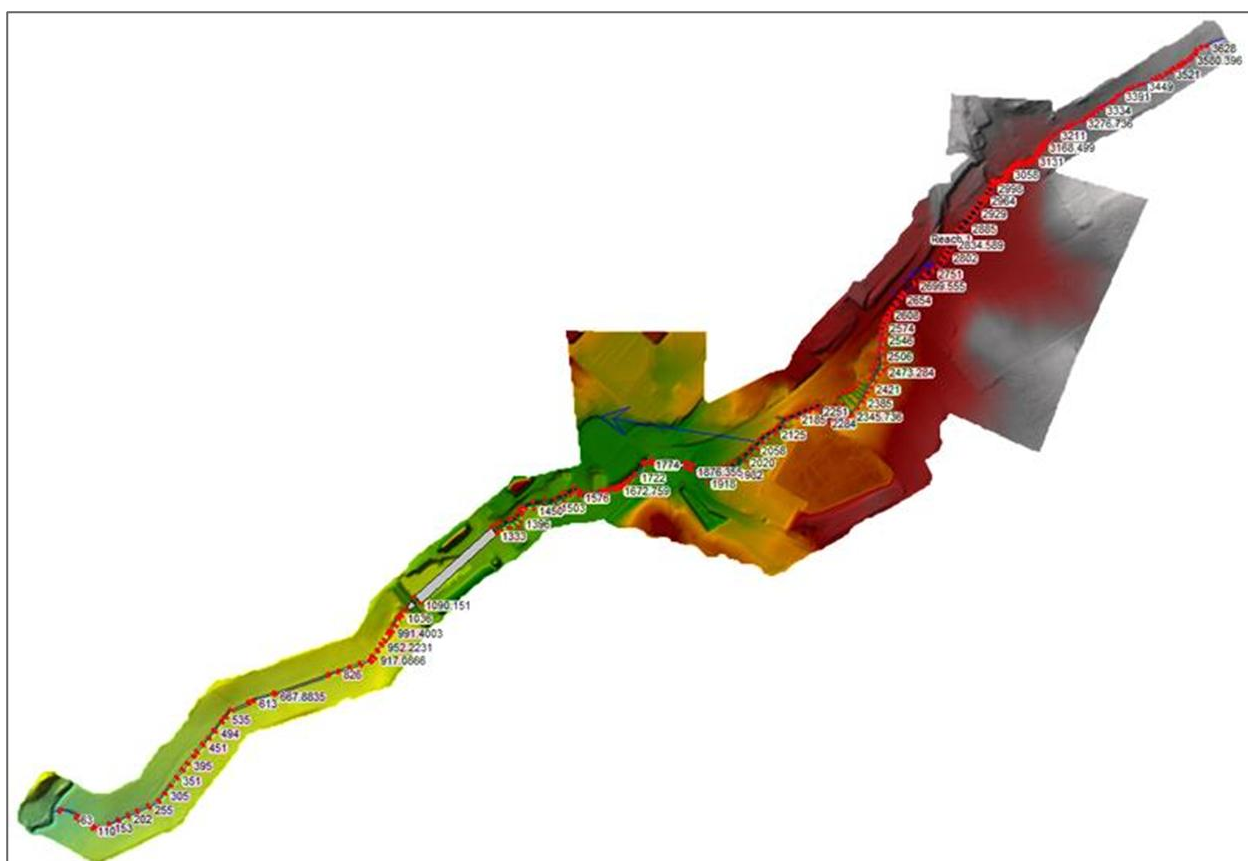


Figura 4.4 – Planimetria di modellazione Fosso di Cancelliera

L'asta fluviale è stata modellata partendo da monte in corrispondenza con l'intersezione con Via di Valle Caia, per circa 3628 m, fino alla confluenza con il fosso Secco. Il modello idraulico è costituito da 73 sezioni, estese sufficientemente per intercettare tutta l'area bagnata.

Le portate di progetto utilizzate per le simulazioni idrauliche in condizioni ante operam sono quelle corrispondenti ai tempi di ritorno di 200 anni, precedentemente ricavate.

I risultati della modellazione evidenziano, lungo l'intero tratto a monte, una condizione di insufficienza idraulica dovuta principalmente alla presenza di numerosi attraversamenti che limitano la capacità di deflusso del corso d'acqua. All'interno dell'area di intervento, tuttavia, non si riscontrano fenomeni di esondazione. Nel tratto a valle del sito, si rileva che l'attraversamento posto al di sotto della rotatoria esistente risulta idraulicamente sottodimensionato, generando rigurgiti a monte e fenomeni di esondazione localizzati.

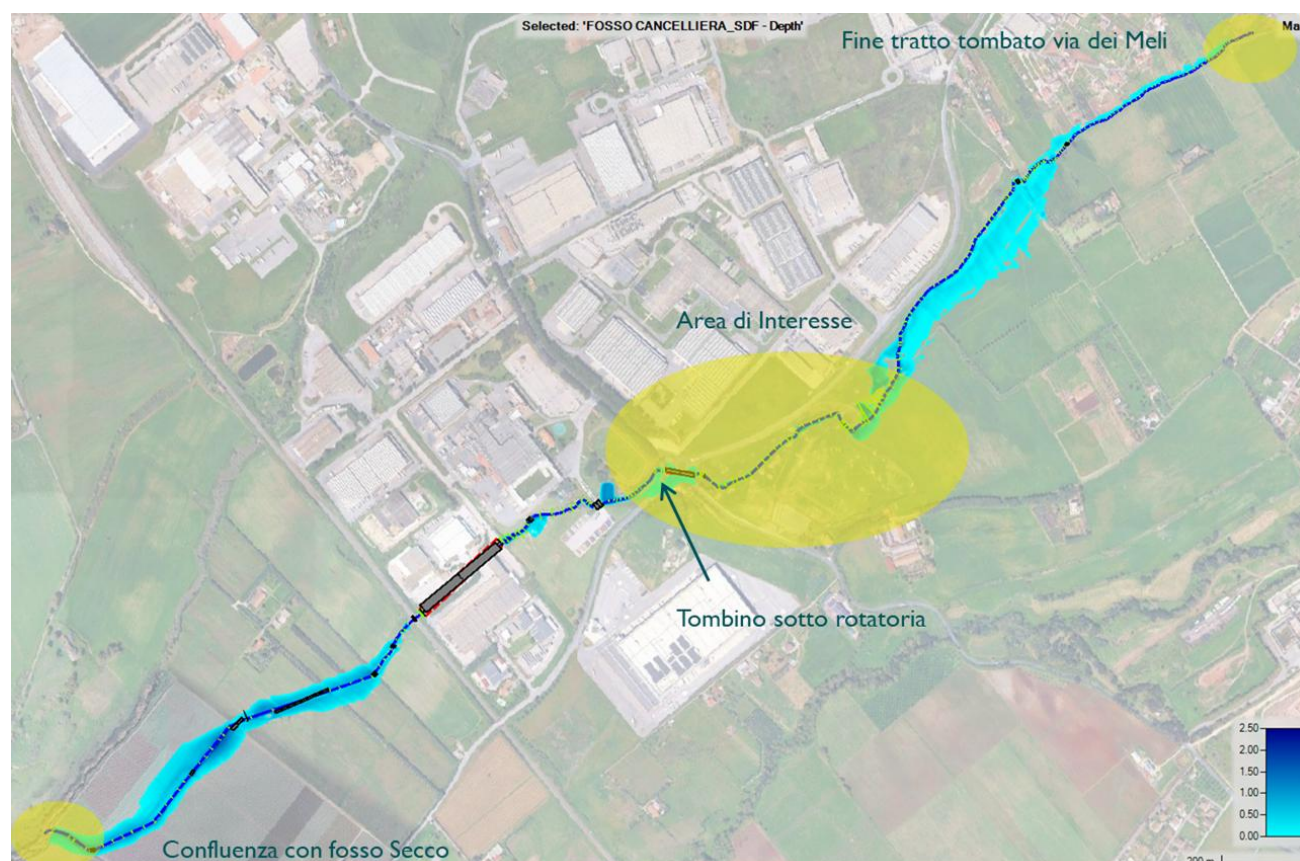


Figura 4.5 – Planimetria risultati Fosso di Cancelliera – Ante Operam

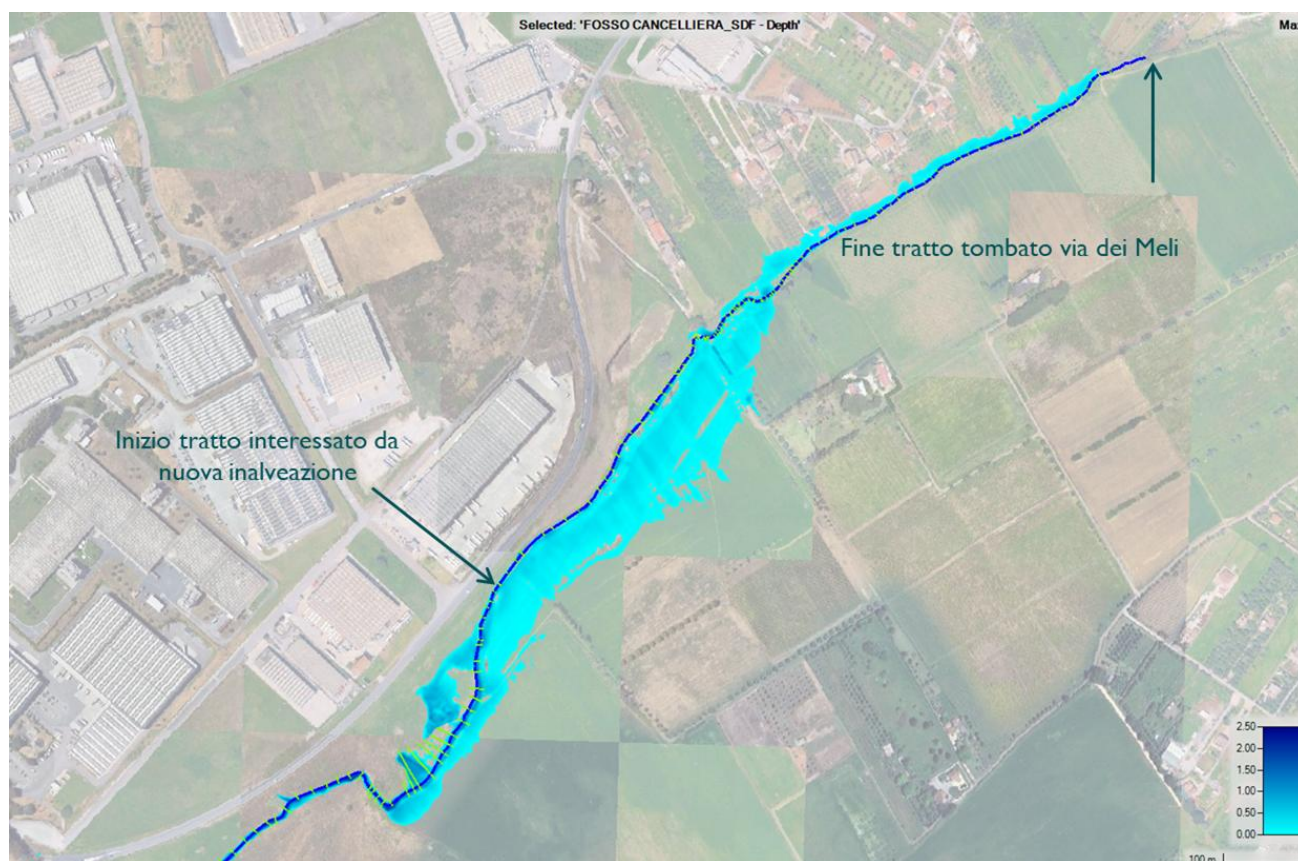


Figura 4.6 – Planimetria risultati Fosso di Cancelliera – Ante Operam – Monte

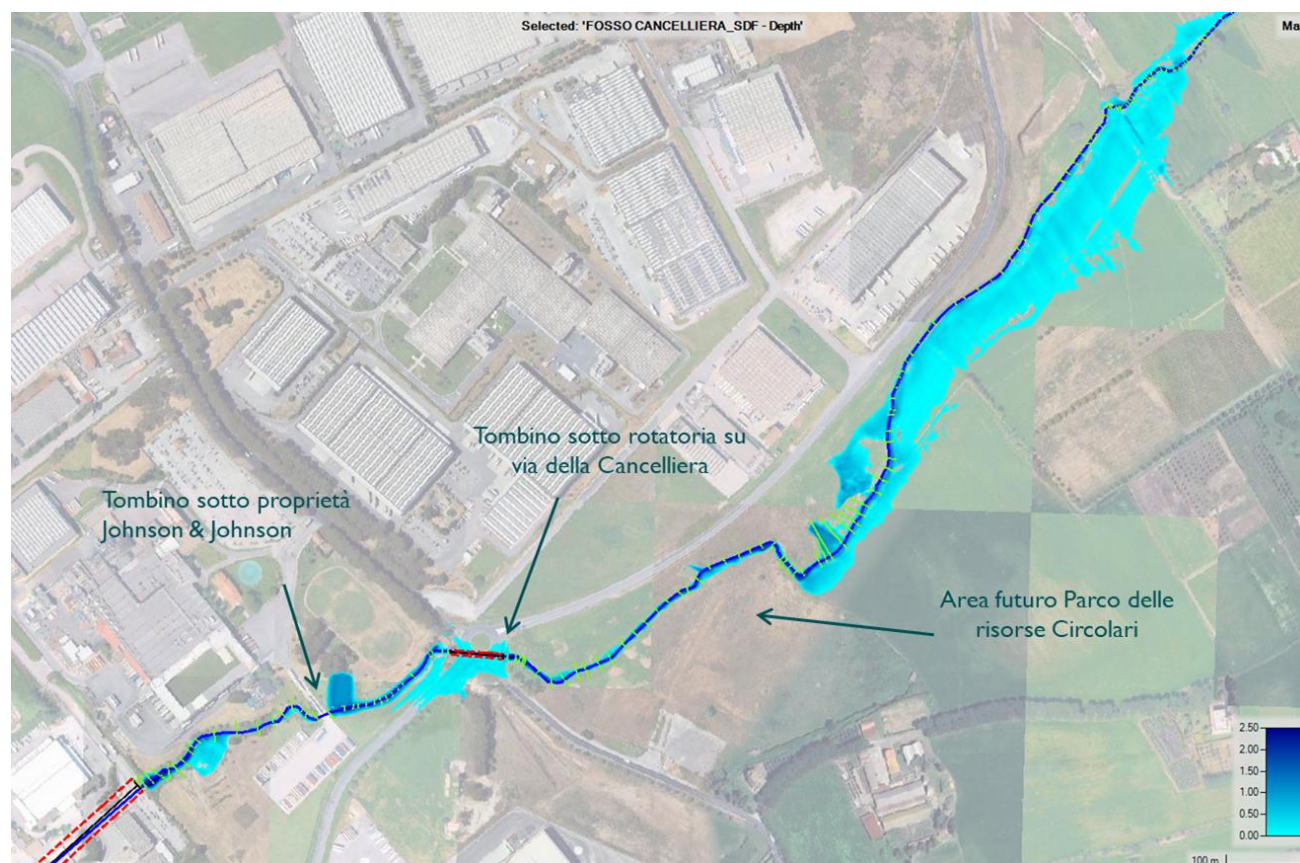


Figura 4.7 – Planimetria risultati Fosso di Cancelliera – Ante Operam – Area Parco Risorse Circolari

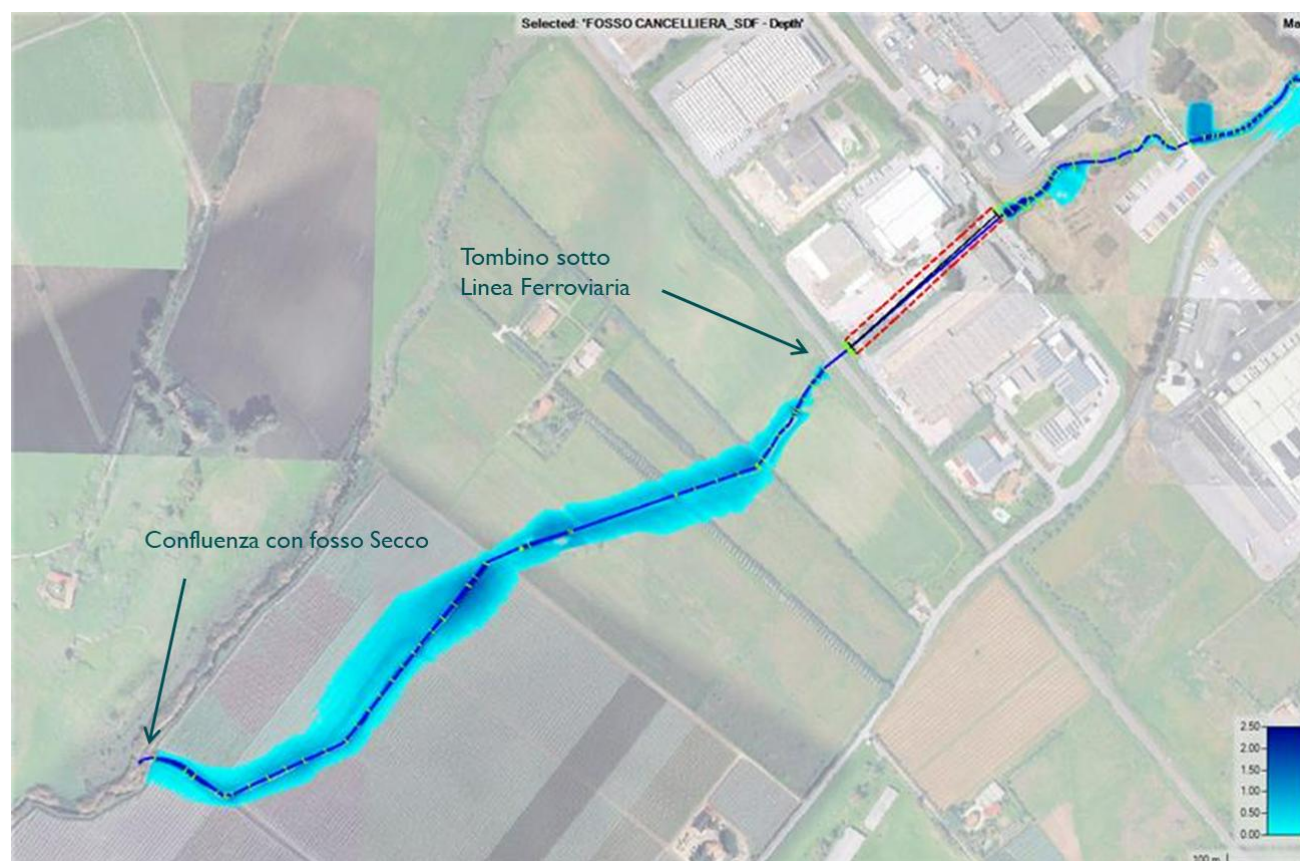


Figura 4.8 – Planimetria risultati Fosso di Cancelliera – Ante Operam – Valle

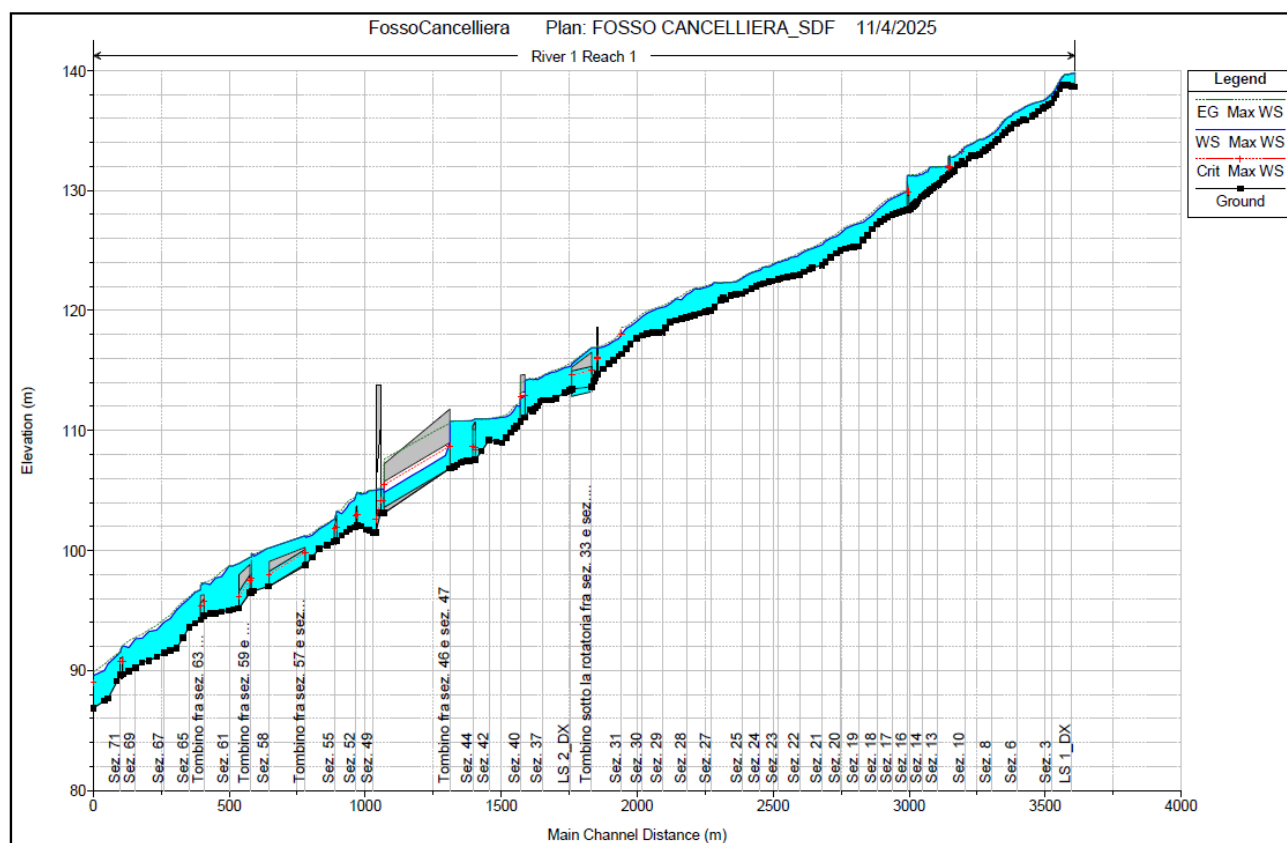


Figura 4.9 – Planimetria risultati Fosso di Cancelliera – Ante Operam – Profilo

4.2.2. SIMULAZIONE POST OPERAM

Nel seguito sono riportati i risultati delle simulazioni Post Operam. Si rileva che la nuova inalveazione riduce il rischio idraulico che oggi è presente sulle aree interessate dall'opera.

Nella configurazione post-operam si conferma, lungo l'intero tratto a monte, una condizione di insufficienza idraulica dovuta principalmente alla presenza di numerosi attraversamenti, che limitano la capacità di deflusso del corso d'acqua, analogamente a quanto riscontrato nello stato ante-operam. All'interno dell'area di intervento non si riscontrano fenomeni di esondazione.

Nel tratto a valle del sito, l'attraversamento posto al di sotto della rotatoria esistente risulta adeguatamente dimensionato nella configurazione post-operam, rispettando il franco di sicurezza: il tirante idrico non supera i due terzi della sezione, evitando la generazione di fenomeni di esondazione.

Nella configurazione post-operam si evidenzia un accumulo di acqua in corrispondenza dell'impluvio naturale a ridosso del confine del sito. Il progetto prevede il ripristino del collegamento tra l'impluvio naturale e il tracciato principale della nuova inalveazione mediante la posa di una condotta con dimensione DN1600, che attraversa il Parco delle Risorse Circolari.

La verifica idraulica con il relativo dimensionamento di tale condotta è riportata nel paragrafo successivo.

La sua presenza consente di drenare l'accumulo di acqua verso il nuovo fosso non alterando in modo sostanziale le dinamiche di esondazione del quadrante.

Posizione e quote di scorrimento sono riportate negli elaborati progettuali.

4.2.3. CONDOTTA DI COLLEGAMENTO IMPLUVIO DN1600

La condotta in cemento DN 1600 ha la funzione di drenare le acque che si accumulano a tergo della recinzione del nuovo sito di progetto, a causa della naturale orografia del terreno, e di reimmetterle nel nuovo tratto di inalveazione. Il dimensionamento è stato effettuato verificando che tale condotta sia in grado di smaltire la portata proveniente dal tratto di monte del fosso della Cancelliera. A tal fine si è fatto riferimento ai risultati della modellazione *post operam* eseguita mediante il software HEC-RAS per un evento con tempo di ritorno di 200 anni, cui corrisponde una portata di progetto pari a 3 m³/s.

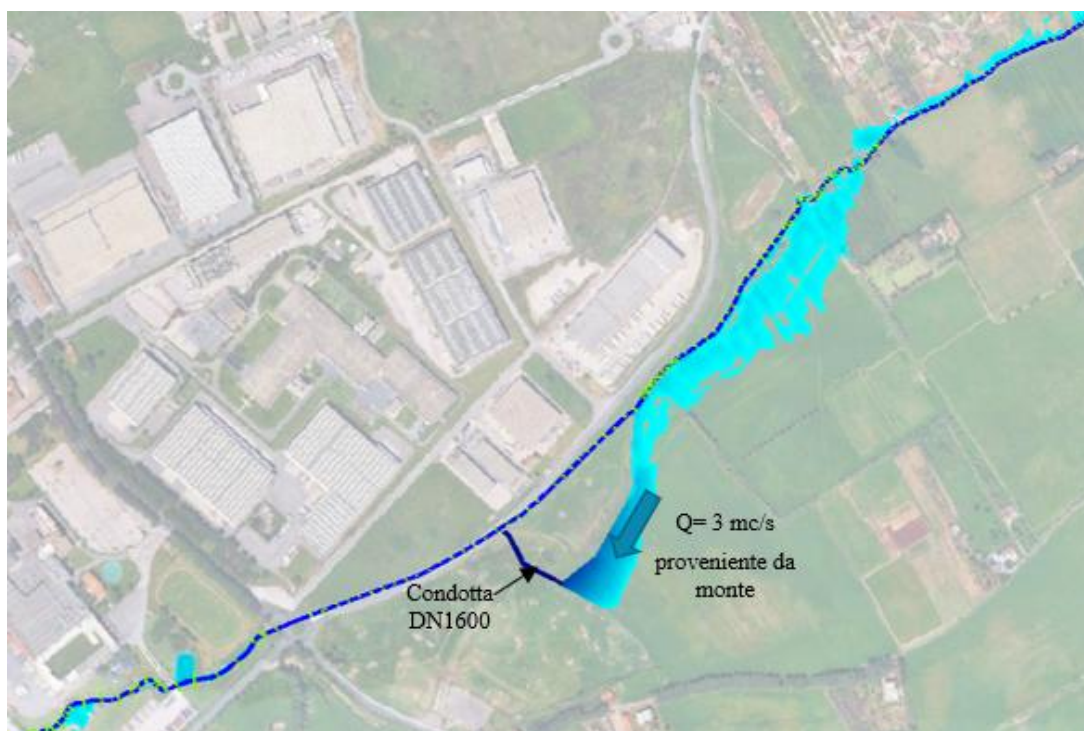


Figura 4.10 – Planimetria risultati Fosso di Cancelliera – Post Operam – Indicazione condotta DN1600

Il calcolo di verifica è stato eseguito utilizzando la formula di Chézy valida per deflussi di correnti a pelo libero in moto uniforme assolutamente turbolento:

$$v = \chi \sqrt{R i}$$

con: v [m/s]: velocità media del fluido

χ [m^{1/2}/s]: parametro di Chézy (coefficiente di conduttanza)

R [m]: raggio idraulico

i : pendenza del canale

Il parametro di Chézy χ [$m^{1/2}/s$] è determinato mediante la formula empirica di Gauckler-Strickler:

$$\chi = k_s R^{\frac{1}{6}}$$

La relazione di Gauckler-Strickler per il calcolo della conduttanza idraulica χ può essere espressa anche in funzione del numero di Manning:

$$\chi = k_s R^{\frac{1}{6}} = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}}$$

con n [$s/m^{1/3}$] = $\frac{1}{k_s}$ = numero di Manning (inverso del coefficiente di Gauckler-Strickler).

Il coefficiente di Gauckler-Strickler k_s cui si è fatto riferimento per la verifica del manufatto è pari a 75 $m^{1/3}/s$, trattandosi di una tubazione in cemento.

Si riporta a seguire la verifica eseguita per la condotta in cemento DN1600:

Tabella 12– Verifica ramo Condotta DN1600

Pendenza	h	A	P	R _h	K _s	χ	Q	% riempimento
m/m	m	m ²	m	m	m ^{1/3} /s	-	l/s	%
0.005	0.817	1.033	2.548	0.41	75	64.523	3000.78	51.08

Tale verifica è risultata quindi soddisfatta, in quanto la portata prevista per un tempo di ritorno di 200 anni pari a 3 m³/s corrisponde ad un riempimento della condotta del 51%.

Per garantire il rispetto del franco idraulico dell'attraversamento in corrispondenza della rotatoria durante gli eventi di piena più estremi, a valle del collettore DN1600 si prevede l'installazione di una soglia sfiorante finalizzata a reimmettere nella nuova inalveazione una portata massima di 1 mc/s. La soglia consente inoltre la laminazione della piena all'interno della condotta, contenendo i volumi delle portate che si accumulano a tergo della recinzione del sito di progetto e che provengono dalla direzione Nord-Est.

È stata pertanto prevista una soglia con altezza pari a 105 cm. Il dimensionamento è stato effettuato mediante l'applicazione della legge della soglia di sfioro di Bazin (*bocca a stramazzo a parete sottile*):

$$Q_{sfiorata} = \mu L_e h^{\frac{3}{2}} \sqrt{2g}$$

L_e [m]: lunghezza della soglia di sfioro

h [m]: altezza dell'acqua misurata rispetto al livello della soglia di sfioro

μ : coefficiente d'efflusso per soglie a sfioro (assunto pari a $\mu = 0,41$)

Alla base della soglia è previsto un foro di diametro pari a 400 mm, al fine di garantire il deflusso delle portate associate a eventi di carattere ordinario. Il dimensionamento del diametro del foro è stato condotto facendo riferimento alla legge dell'efflusso da una bocca a battente, considerando una portata massima complessiva di 1 m³/s, risultante dalla somma della portata defluente dal foro di fondo e della portata sfiorante sulla soglia, in condizioni di un grado di riempimento della condotta DN1600 pari all'85%:

$$Q_{fondo\ soglia} = \mu A \sqrt{2gh}$$

con A [m²]: area della sezione della luce d'efflusso

h [m]: battente sopra la luce d'efflusso

μ : coefficiente d'efflusso per luci a battente ($\mu = 0,6$)

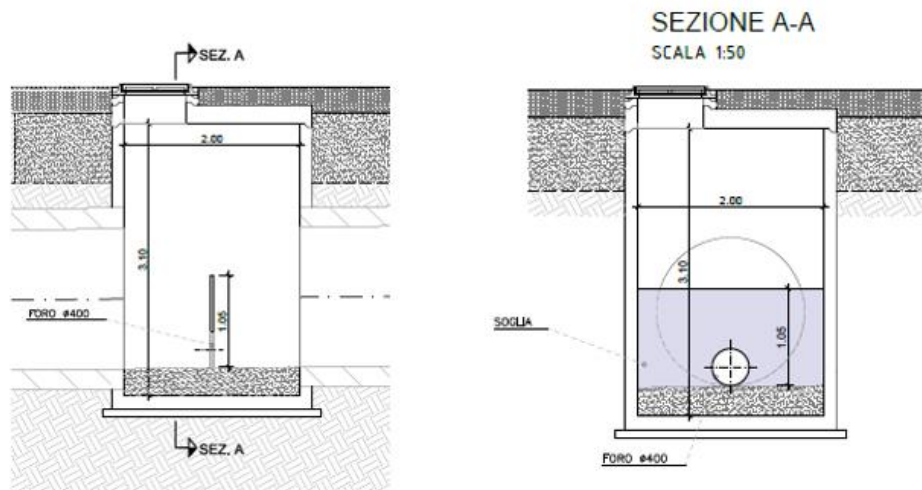


Figura 4.11 – Estratto del particolare costruttivo del manufatto a valle della condotta DN1600

Al fine di garantire una corretta gestione e manutenzione della condotta DN1600, si prevede di installare in corrispondenza dell'imbocco una griglia amovibile con funzione di filtro per l'eventuale ingresso di

fogliame e materiale solido/grossolano che possa ostruire la sezione e creare un ostacolo il libero deflusso delle acque.

I dettagli sono riportati nell'elaborato grafico "WTE-1-E-IC-BS00-0-AM-D-PL-003-A Condotta DN1600 di collegamento impluvio al Nuovo Fosso della Cancelliera – Planimetria, Sezioni e profilo".

5. VERIFICA DELLA COMPATIBILITÀ IDRAULICA

Nel seguito si riporta la verifica di compatibilità idraulica dello scarico di emergenza del troppo pieno del Parco delle Risorse Circolari e degli attraversi di progetto che interferiscono con la nuova inalveazione del Fosso della Cancelliera.

5.1. COMPATIBILITÀ SCARICO DI EMERGENZA CON IL FOSSO DELLA CANCELLIERA

In corrispondenza della nuova inalveazione del Fosso della Cancelliera è previsto lo scarico di emergenza del troppo pieno della vasca di seconda pioggia del “Parco delle Risorse Circolari”.

Occorre precisare che sui piazzali esterni e scoperti di tutta l’area del sito industriale serviti dalla rete di raccolta delle acque meteoriche, non è prevista alcuna lavorazione e/o deposito di materiale, che a contatto con le piogge possa comportare il rischio di dilavamento di sostanze in grado di determinare effettivi pregiudizi ambientali.

Inoltre, si evidenzia che le acque meteoriche di prima e seconda pioggia raccolte nel “Parco delle Risorse Circolari” saranno destinate interamente ed in continuo al riutilizzo, in quanto le esigenze idriche del polo impiantistico saranno coperte anche attraverso il riutilizzo delle acque meteoriche.

In dettaglio:

- le acque di prima pioggia, saranno raccolte all’interno della vasca di prima pioggia e inviate in continuo al trattamento chimico fisico ai fini del riutilizzo: pertanto non è previsto alcuno scarico in corrispondenza di tale vasca;
- le acque di seconda pioggia e dei tetti saranno raccolte direttamente nella vasca di seconda pioggia (dimensionata per il rispetto del principio di invarianza) e inviate in continuo al riutilizzo (previo opzionale trattamento chimico fisico): in corrispondenza della vasca di seconda pioggia è previsto uno scarico di emergenza del troppo pieno che si attiverà solo in condizioni eccezionali, ovvero in caso di esubero di disponibilità idrica o di manutenzione programmata della vasca.

Il punto di recapito della condotta di scarico di emergenza in uscita dalla vasca di seconda pioggia è localizzato al punto di coordinate: 300097.0932 E, 4618417.2209 N (nel sistema di riferimento WGS84 UTM zona 33N) in corrispondenza del tratto di nuova inalveazione rivestito in calcestruzzo. La massima portata scaricata in condizioni eccezionali nel Fosso della Cancelliera risulta pari a 200 l/s ed è collettata in corrispondenza della sponda sinistra del fosso nel tratto di nuova inalveazione, tramite una tubazione in ghisa avente diametro DN 630.

In sintesi, dunque, in corrispondenza del tratto in cls di nuova inalveazione si prevede:

1 scarico di emergenza del troppo pieno della vasca di seconda pioggia, a servizio del Parco delle Risorse circolari, individuato al punto di coordinate 300097.0932 E, 4618417.2209N (nel sistema di riferimento WGS84 UTM zona 33N) tramite tubazione in ghisa DN 630 con portata pari a circa 0.200 mc/s.

La portata di progetto utilizzata per le simulazioni idrauliche in condizioni post operam è quella corrispondente al tempo di ritorno di 200 anni, incrementata della portata di scarico proveniente dall'impianto pari a 0.200 mc/s, applicata dalla sezione RS 1980.48 (modello Hec Ras)

Si evidenzia che l'incidenza della portata scaricata pari a 0.200 mc/s risulta molto esigua e pari a 1.4 % rispetto alla portata del fosso della Cancelliera per un tempo di ritorno TR200 in corrispondenza del bacino rotatoria. Inoltre, lo scarico si attiverà solo in condizioni eccezionali ovvero in caso di esubero di disponibilità idrica o di manutenzione programmata della vasca, in quanto tutta l'acqua invasata nella vasca di seconda pioggia è destinata al riutilizzo.

Si riporta di seguito le ipotesi di calcolo nella condizione ante operam ovvero senza la nuova inalveazione e senza scarico, nella condizione inter operam ovvero con la nuova inalveazione e senza scarico, e post operam ovvero con la nuova inalveazione e con l'aliquota scaricata in corrispondenza della sezione RS 1980.48 (modello Hec Ras).

			TR50	TR100	TR200
ANTE OPERAM	BACINO ROTATORIA	$Q_{max} (m^3/s)$	6.7	10.1	14
INTER OPERAM	BACINO ROTATORIA	$Q_{max} (m^3/s)$	6.7	10.1	14
POST OPERAM	BACINO ROTATORIA + SCARICO	$Q_{max} (m^3/s)$	6.9	10.3	14.2

Si riassumono le caratteristiche idrauliche della sezione di scarico nella condizione ante operam, inter operam e post operam.

SEZIONE DI SCARICO

Ipotesi calcolo	Portata	Velocità	Quota pelo libero	Tirante	Incidenza scarico (Q)
	m^3/s	m/s	$m \text{ s.l.m}$	m	%
ANTE OPERAM TR 200	14	2.03	119.5	1.56	-
POST OPERAM TR 200	14.2	1.94	114.9	1.32	1.4%

Si riporta di seguito il profilo idraulico studiato nella condizione ante operam ovvero senza la nuova inalveazione e senza scarico, nella condizione inter operam ovvero con la nuova inalveazione e senza scarico, e post operam ovvero con la nuova inalveazione e con l'aliquota scaricata in corrispondenza della sezione RS 1980.48 (modello Hec Ras).

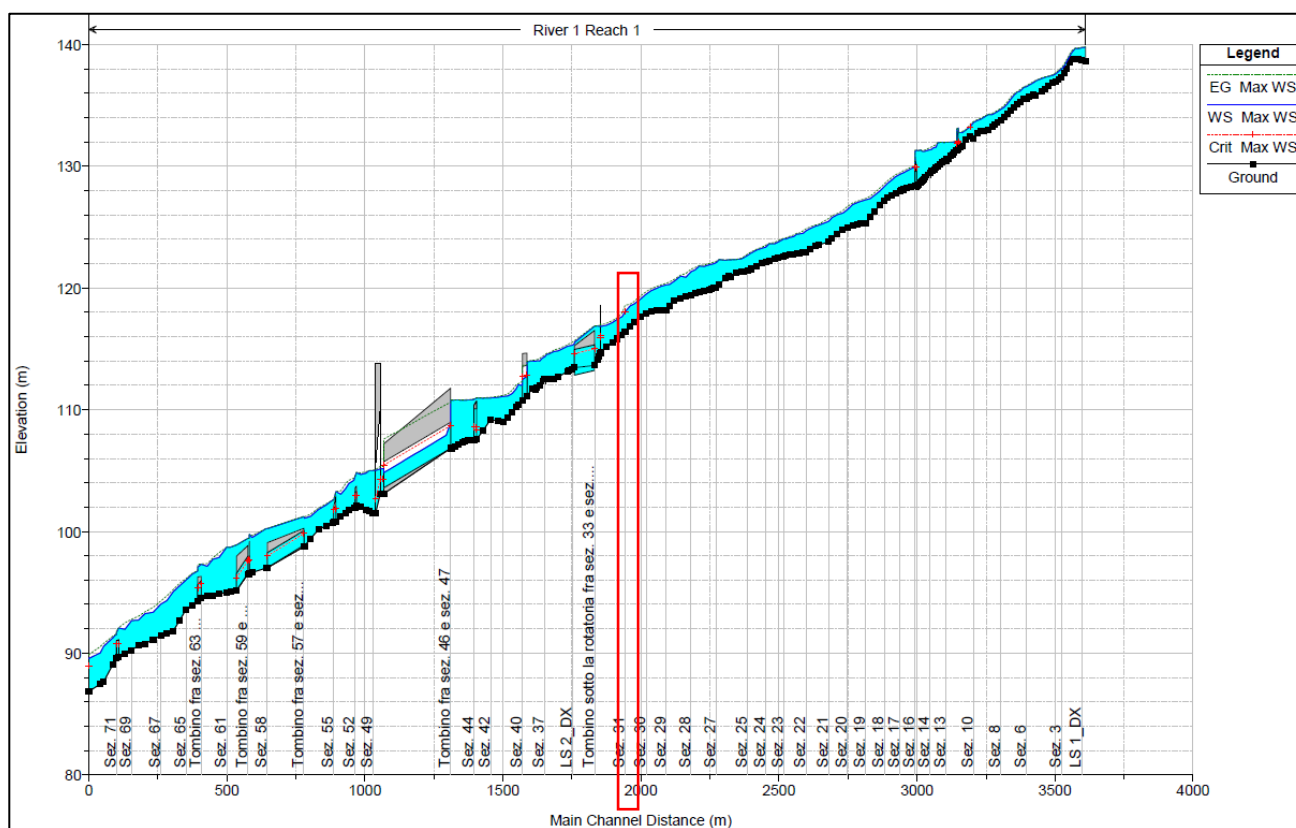


Figura 5.1 – Profilo ante operam senza nuova inalveazione e senza scarico (stato di fatto)

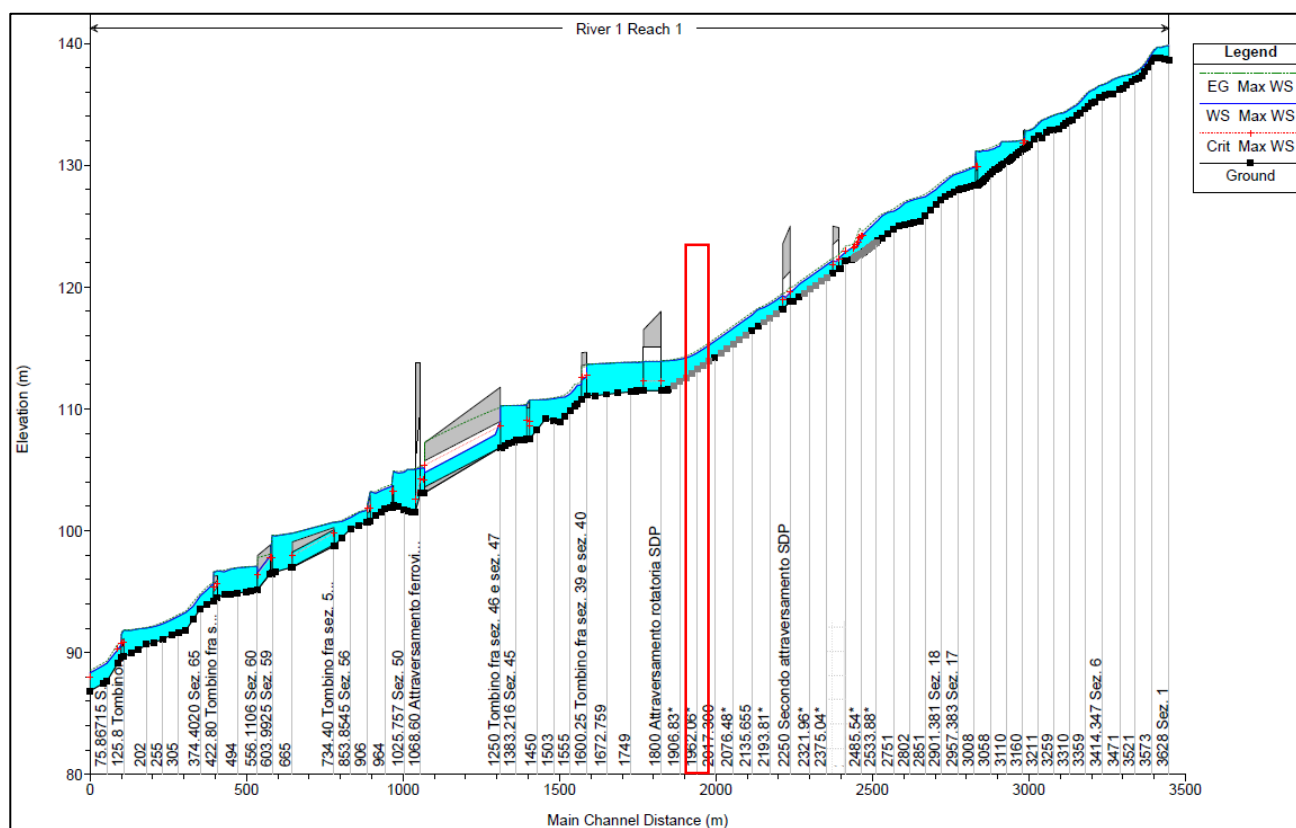


Figura 5.2 – Profilo inter operam con nuova inalveazione e senza scarico

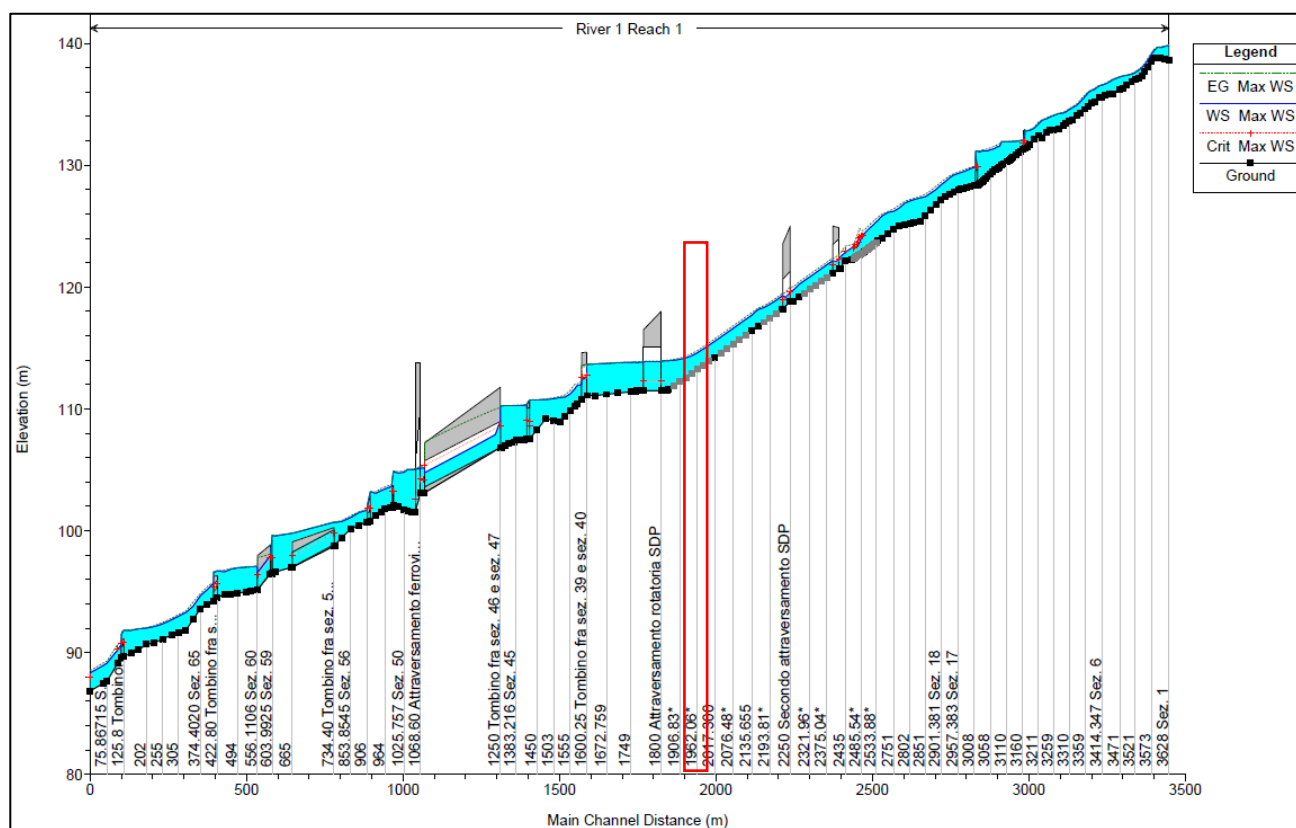
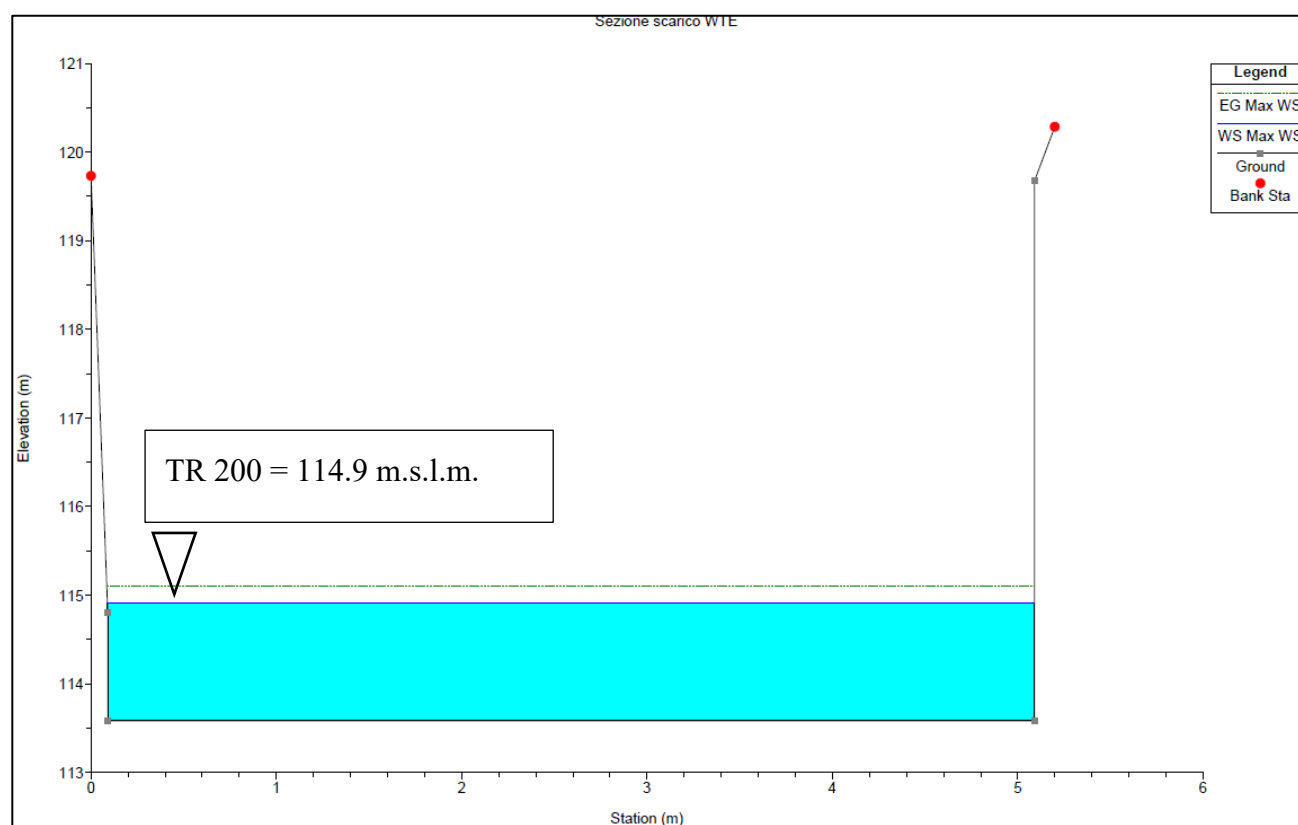


Figura 5.3 – Profilo post operam con nuova inalveazione e con scarico

Si riporta di seguito un estratto della sezione di scarico estrapolata dal modello di calcolo HEC RAS



Si riporta di seguito la sezione di scarico ingegnerizzata con quota tirante TR 200 anni e quota condotta di scarico (i dettagli della sezione sono riportati nell'elaborato grafico "WTE-1-E-OC-NF00-0-GN-D-PL-001-A Planimetra e sezioni scarichi esistenti e di progetto"):

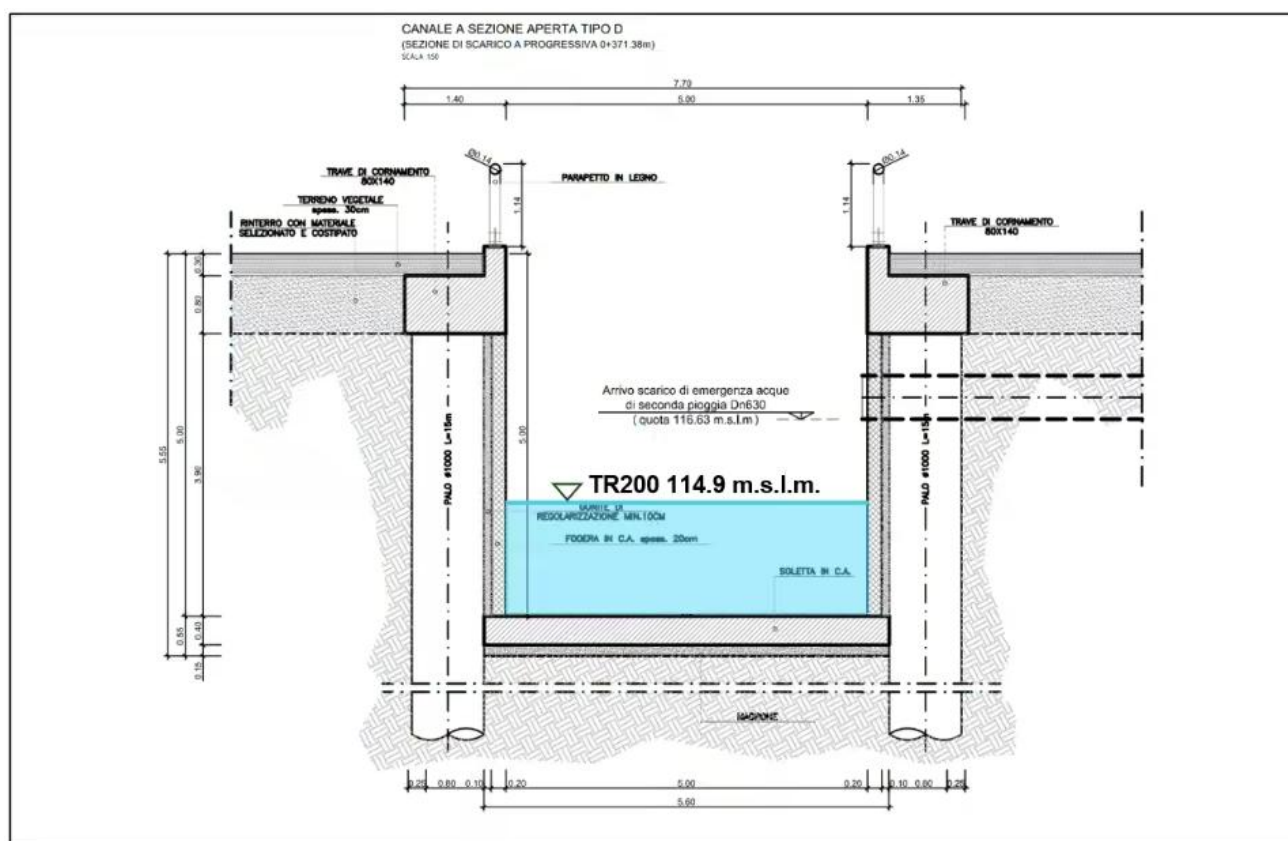


Figura 5.4 – Sezione di scarico di progetto

In merito alla compatibilità idraulica dello scarico di emergenza della vasca di seconda pioggia del Parco delle Risorse circolare è possibile affermare che:

- le portate scaricate non determinano cambiamenti sul profilo idraulico del Fosso della Cancelliera e non alterano le dinamiche già presenti nell'impluvio per il tempo di ritorno considerato non generando nuove criticità e mantenendo inalterata la piena officiosità del corpo idrico recettore.

5.2. COMPATIBILITÀ ATTRAVERSAMENTI DI PROGETTO INTERFERENTI CON IL FOSSO DELLA CANCELLIERA

In corrispondenza della nuova opera di inalveazione sono inoltre previsti 3 attraversamenti, di cui due di progetto ed uno esistente con le relative modifiche di progetto mostrati di seguito:

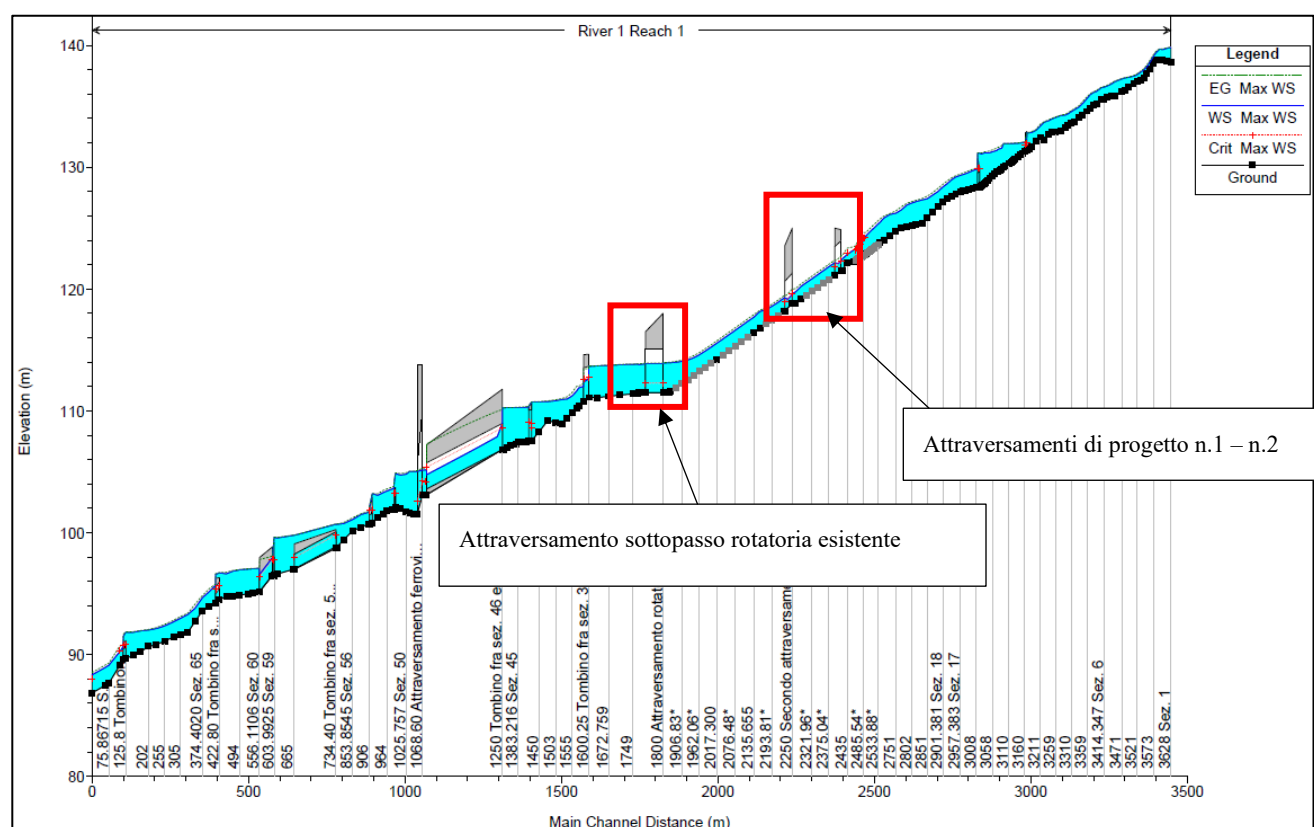


Figura 5.5 – Profilo post operam

In corrispondenza della nuova inalveazione risultano adeguatamente dimensionati nella configurazione post-operam, rispettando il franco di sicurezza: il tirante idrico non supera i due terzi della sezione, evitando la generazione di fenomeni di esondazione come evidenziato dal profilo idraulico e nelle sezioni di calcolo riportate di seguito:

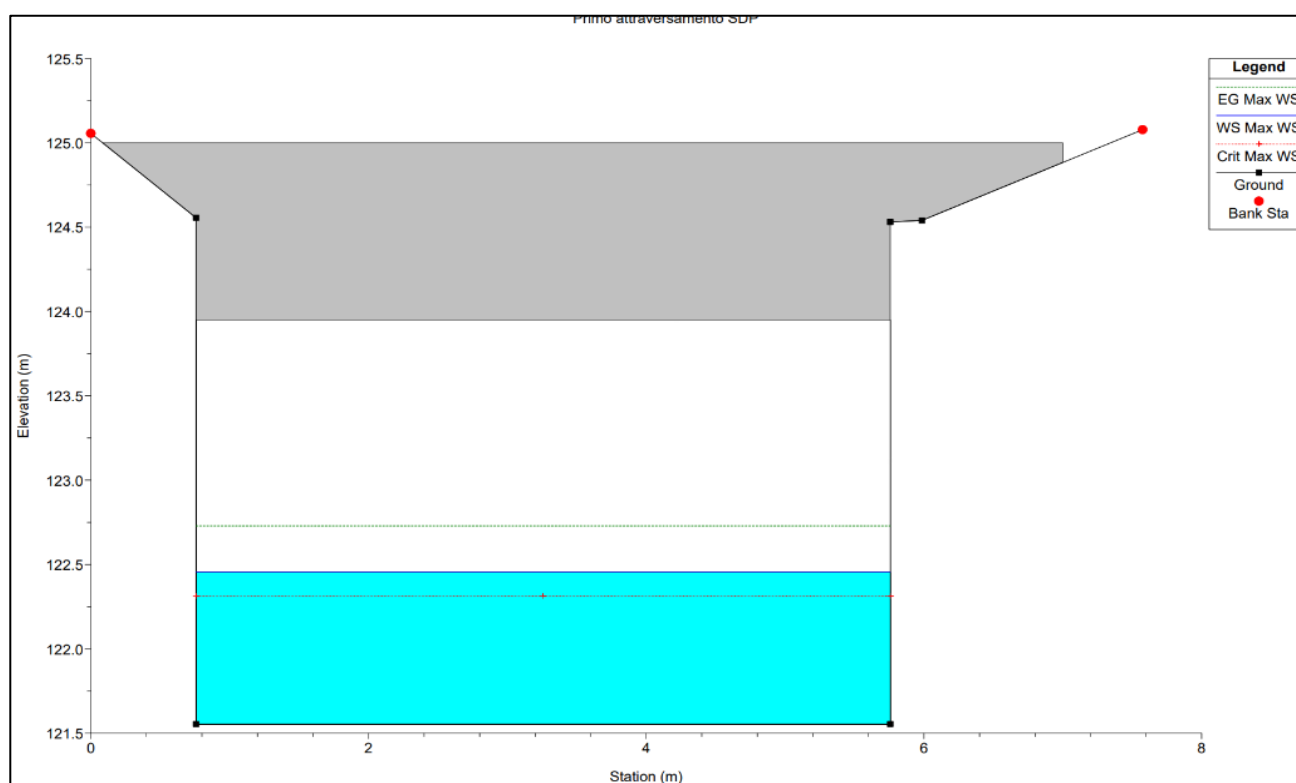


Figura 5.6 – Sezione attraversamento 1 di progetto (post operam con nuova inalveazione e con scarico)

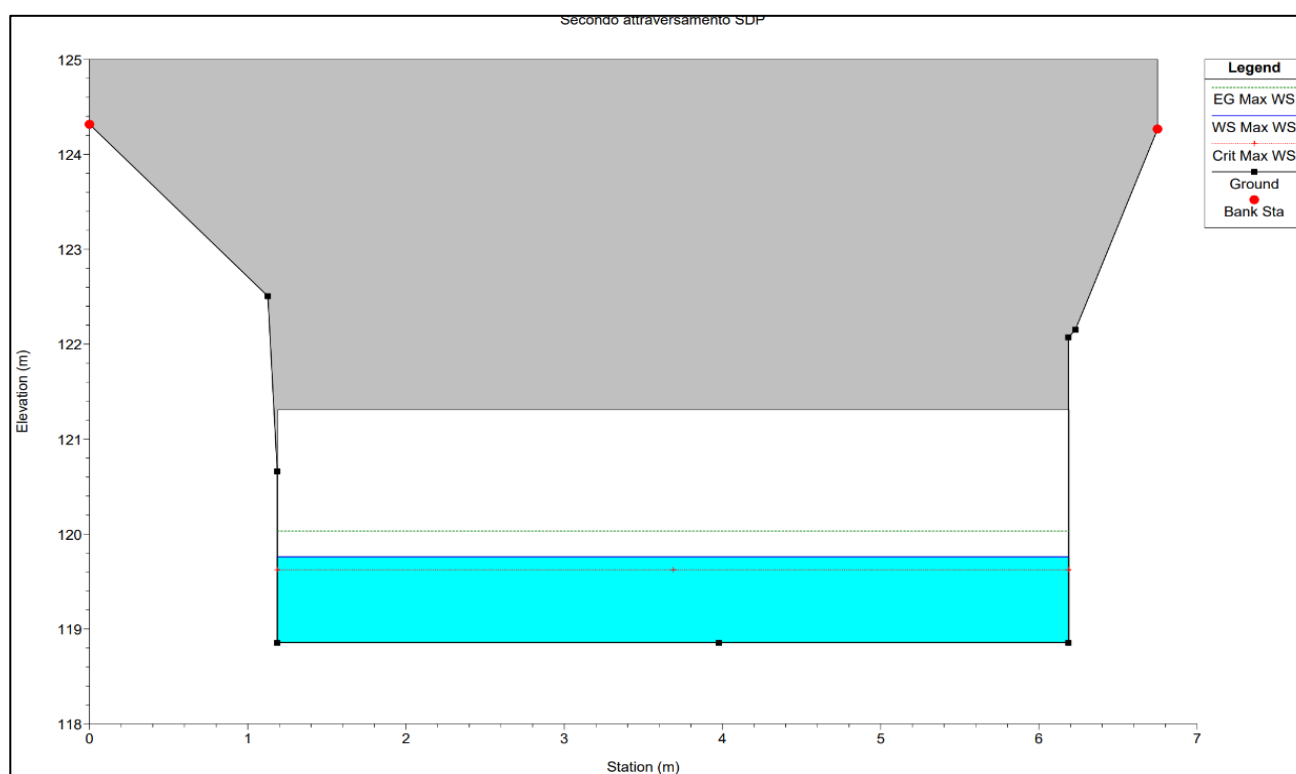


Figura 5.7 – Sezione attraversamento 2 di progetto (post operam con nuova inalveazione e con scarico)

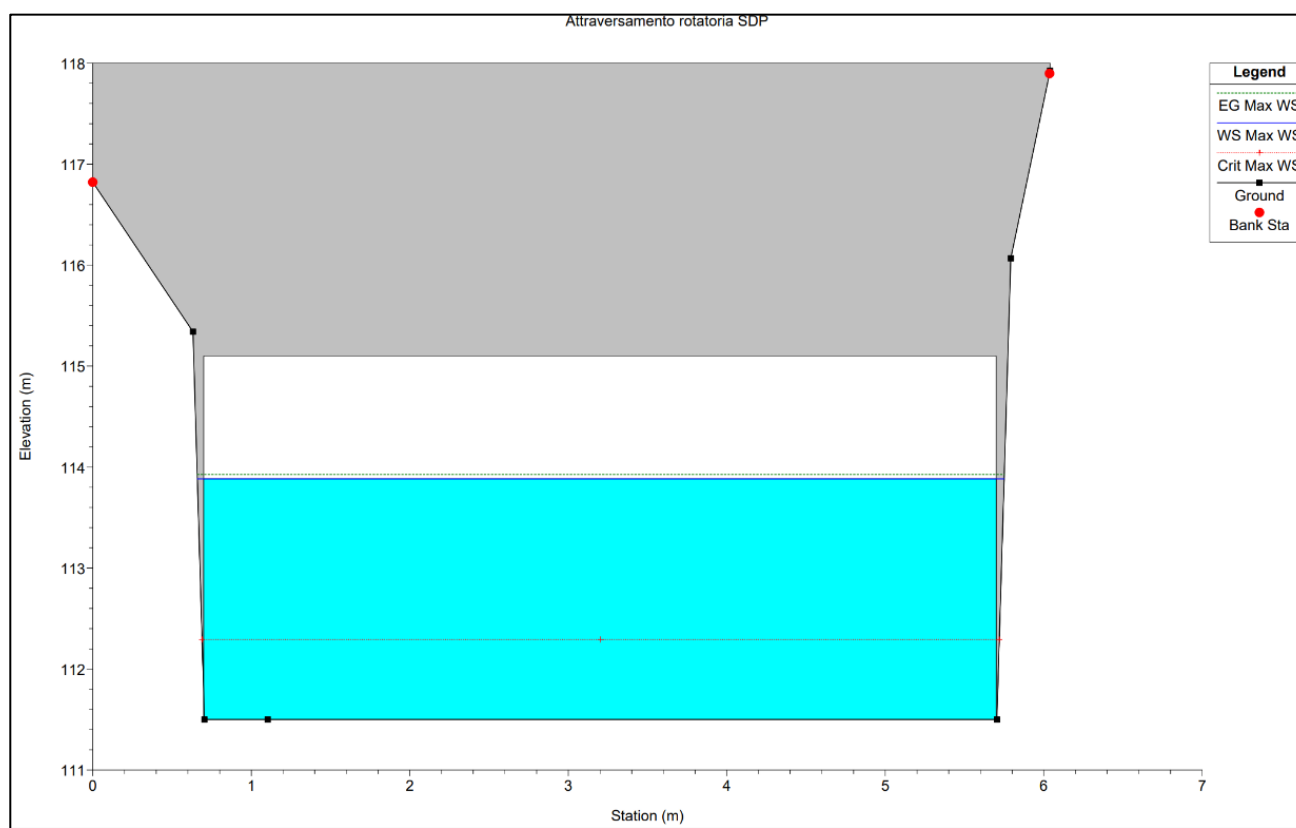


Figura 5.8 – Sezione attraversamento esistente di progetto (post operam con nuova inalveazione e con scarico)

I dettagli delle sezioni degli attraversamenti sono riportati nell'elaborato grafico "WTE-1-E-OC-NF00-0-GN-D-PL-003-A Compatibilità idraulica attraversamenti (Tipo B,C,E)".

6. ULTERIORI SCENARI IDROLOGICI INDAGATI PER TEMPI DI RITORNO ESTREMI

In via cautelativa sono stati analizzati due ulteriore scenari idrologici, caratterizzati da un tempo di ritorno di Tr 500 anni, che considerano:

- l'evento di piena TR 500 del fosso della Cancelliera;
- l'evento di piena TR 500 del fosso della Cancelliera nell'ipotesi di contemporaneità dell'evento di piena TR500 del fosso Secco;



Figura 6.1 – Planimetria di inquadramento su ortofoto del Fosso della Cancelliera e del Fosso Secco

L'approccio idrologico seguito è lo stesso utilizzato per le simulazioni svolte nei capitoli precedenti; pertanto, si conferma che gli idrogrammi inseriti all'interno del modello idraulico considerano la portata di saturazione delle infrastrutture che consentono il recapito al fosso della Cancelliera. L'infrastruttura in

uscita dal sottobacino denominato bacino Monte è costituita da una condotta DN1000 posata a pochi decimetri dal piano di campagna. Questa ha una massima capacità di deflusso sotto il battente conseguente alla sua insufficienza di circa $2 \text{ m}^3/\text{s}$.

Il bacino di Monte presenta una configurazione idraulica tale da contenere il deflusso senza generare un sovraccarico nel tratto tombato a valle.

In prossimità della rotatoria su via Ardeatina, come descritto al capitolo 2, sono presenti una serie di infrastrutture di drenaggio che oggi recapita in vari punti attorno alla rotatoria stessa. Il tratto che fa da limitazione al sistema è costituito da uno scatolare 1000x1000 posato a 55 cm dal piano campagna. Tale infrastruttura costituisce il vettore di trasferimento delle portate in arrivo dal bacino confluenza, e presenta una massima capacità di deflusso sotto il battente conseguente alla sua insufficienza sempre di circa $2 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tale apporto è in accordo con la morfologia e l'organizzazione della rete di drenaggio locale.

Nella figura seguente sono rappresentati gli idrogrammi di piena considerati nella configurazione studiata.

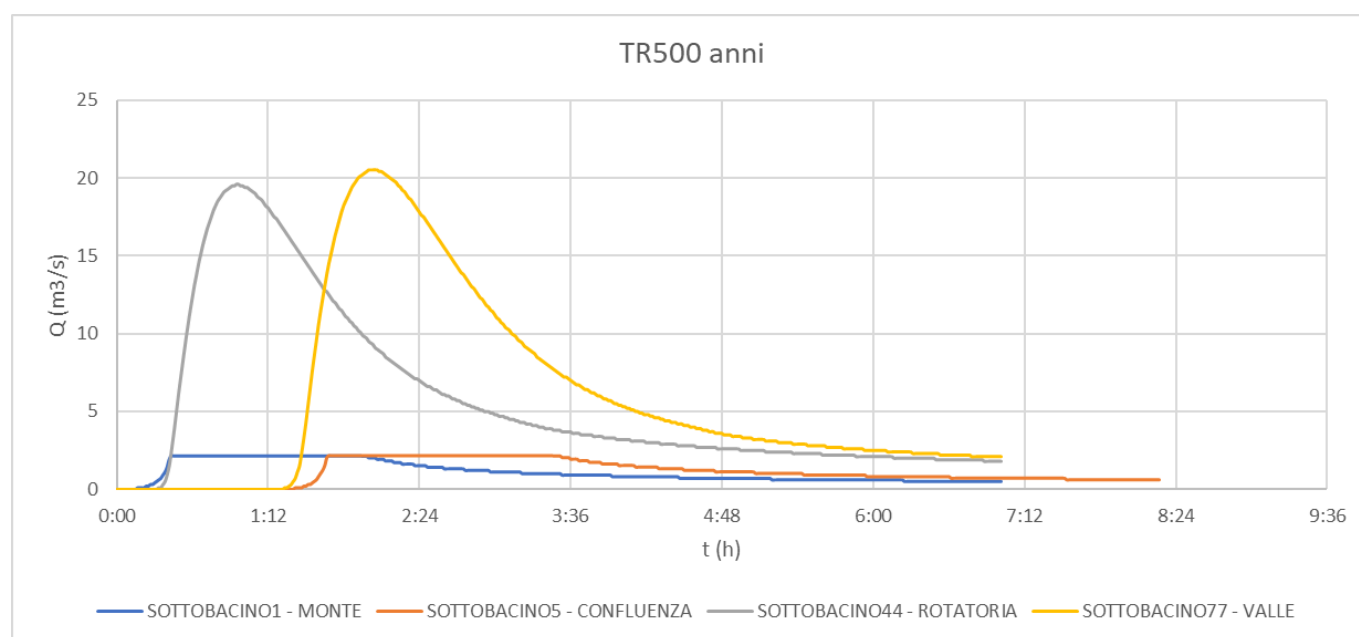


Figura 6.2 – Idrogrammi di progetto TR500

6.1. EVENTO DI PIENA CON TR 500 DEL FOSSO DELLA CANCELLIERA

I risultati della modellazione ante operam evidenziano, lungo l'intero tratto a monte, una condizione di insufficienza idraulica dovuta principalmente alla presenza di numerosi attraversamenti che limitano la capacità di deflusso del corso d'acqua. All'interno dell'area di intervento, si riscontrano contenuti fenomeni

di esondazione. Nel tratto a valle del sito, si rileva che l'attraversamento posto al di sotto della rotatoria esistente risulta idraulicamente insufficiente nelle condizioni di un evento estremo, generando rigurgiti a monte e fenomeni di esondazione localizzati.

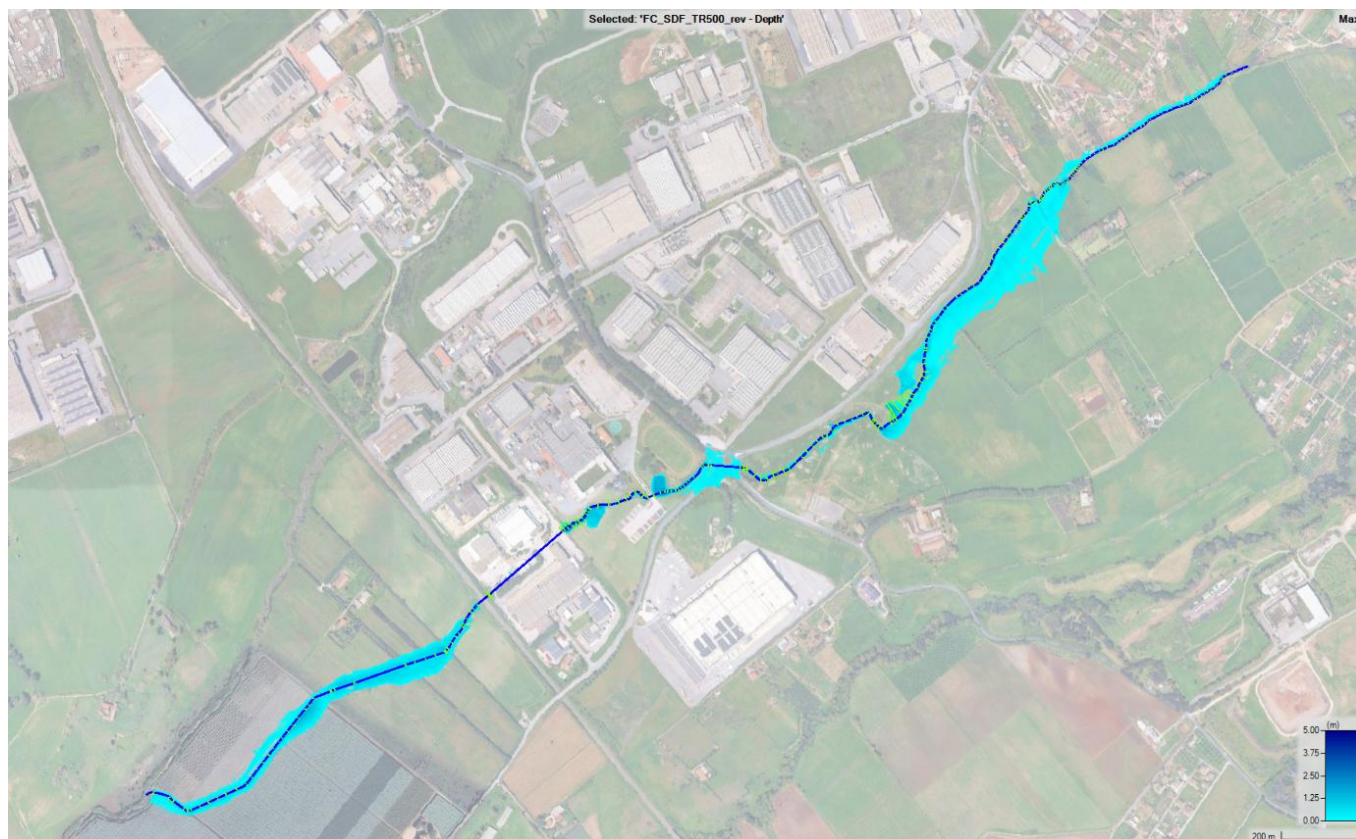


Figura 6.3 – Planimetria risultati Fosso di Cancelliera – Ante Operam

Nella configurazione post-operam si conferma, lungo l'intero tratto a monte, una condizione di insufficienza idraulica dovuta principalmente alla presenza di numerosi attraversamenti, che limitano la capacità di deflusso del corso d'acqua, analogamente a quanto riscontrato nello stato ante-operam. All'interno dell'area di intervento non si riscontrano fenomeni di esondazione.

Nella configurazione post-operam si evidenzia un accumulo di acqua in corrispondenza dell'impluvio naturale a ridosso del confine del sito. Il ripristino del collegamento tra l'impluvio naturale e il tracciato principale della nuova inalveazione avviene mediante la posa di una condotta DN1600 che attraversa il Parco delle Risorse Circolari. La verifica idraulica con il relativo dimensionamento di tale condotta è riportata nel paragrafo 4.2.3. *Condotta di collegamento impluvio DN1600.*

La sua presenza consente di drenare, anche in questo scenario, l'accumulo di acqua verso il nuovo fosso non alterando in modo sostanziale le dinamiche di esondazione del quadrante.

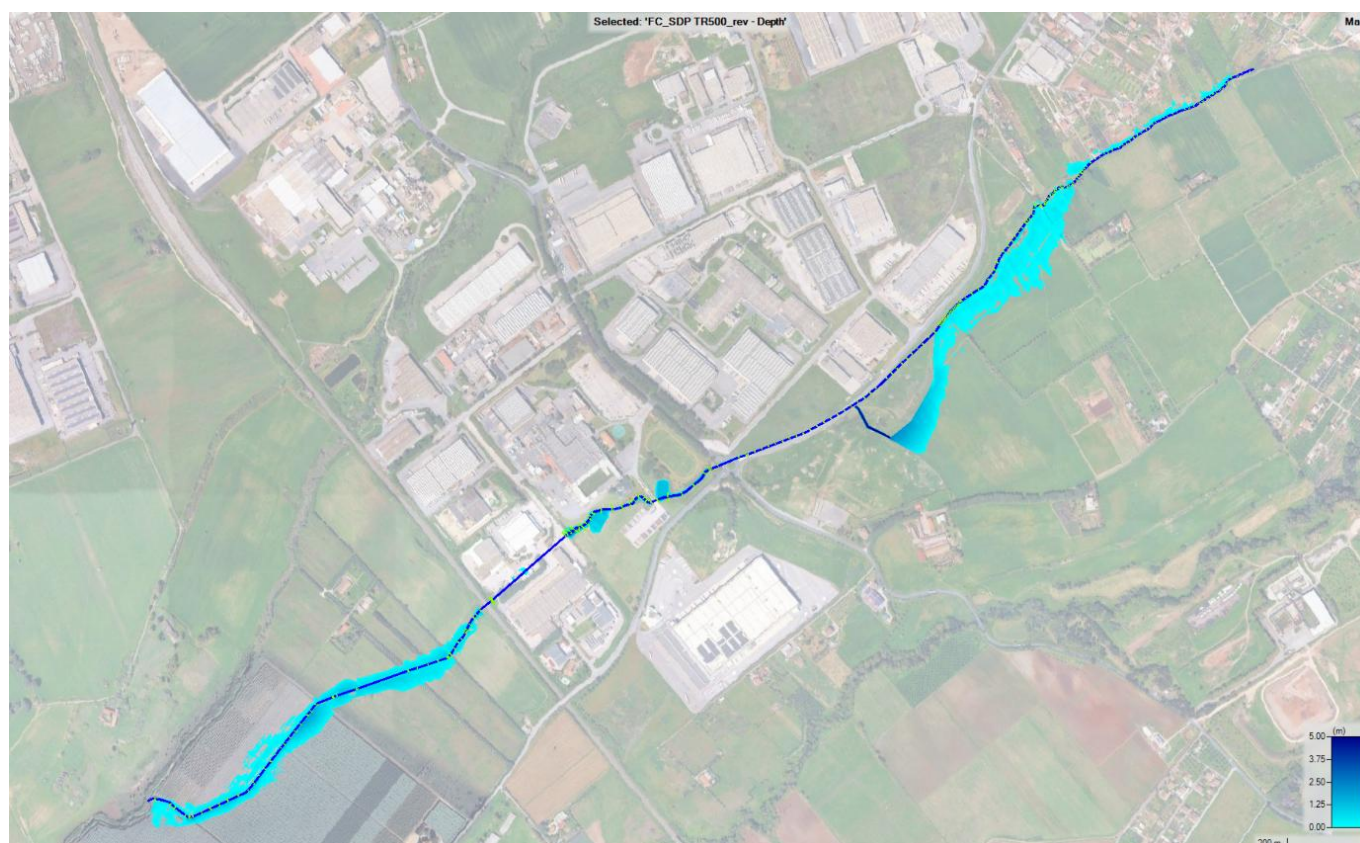


Figura 6.4 – Planimetria risultati Fosso di Cancelliera – Post Operam

6.2. EVENTO DI PIENA CON TR 500 DEL FOSSO DELLA CANCELLIERA E TR 500 DEL FOSSO SECCO

Nell'ipotesi di contemporaneità dell'evento di piena TR500 del fosso Secco e dell'evento di piena TR500 del fosso della Cancelliera, al fine di considerare il contributo della piena del Fosso Secco, è stata introdotta nella modellazione un'aliquota pari a $1 \text{ m}^3/\text{s}$ proveniente da monte, e un'ulteriore aliquota pari a $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ in corrispondenza della sezione a valle della rotatoria.

Tali contributi sono stati stimati analizzando lo studio dell'evento di piena con TR500 anni del Fosso Secco riportato nella proposta di aggiornamento della perimetrazione delle aree a pericolosità e rischio del Piano stralcio di assetto idrogeologico (PAI) Lazio nell'ambito dalle origini del Fosso Secco fino alla confluenza con il Fosso della Cancelliera emanato dal Decreto segretariale n. 194 / 2025.

Le sezioni in corrispondenza delle quali sono stati immessi i due contributi sono rappresentate in figura.

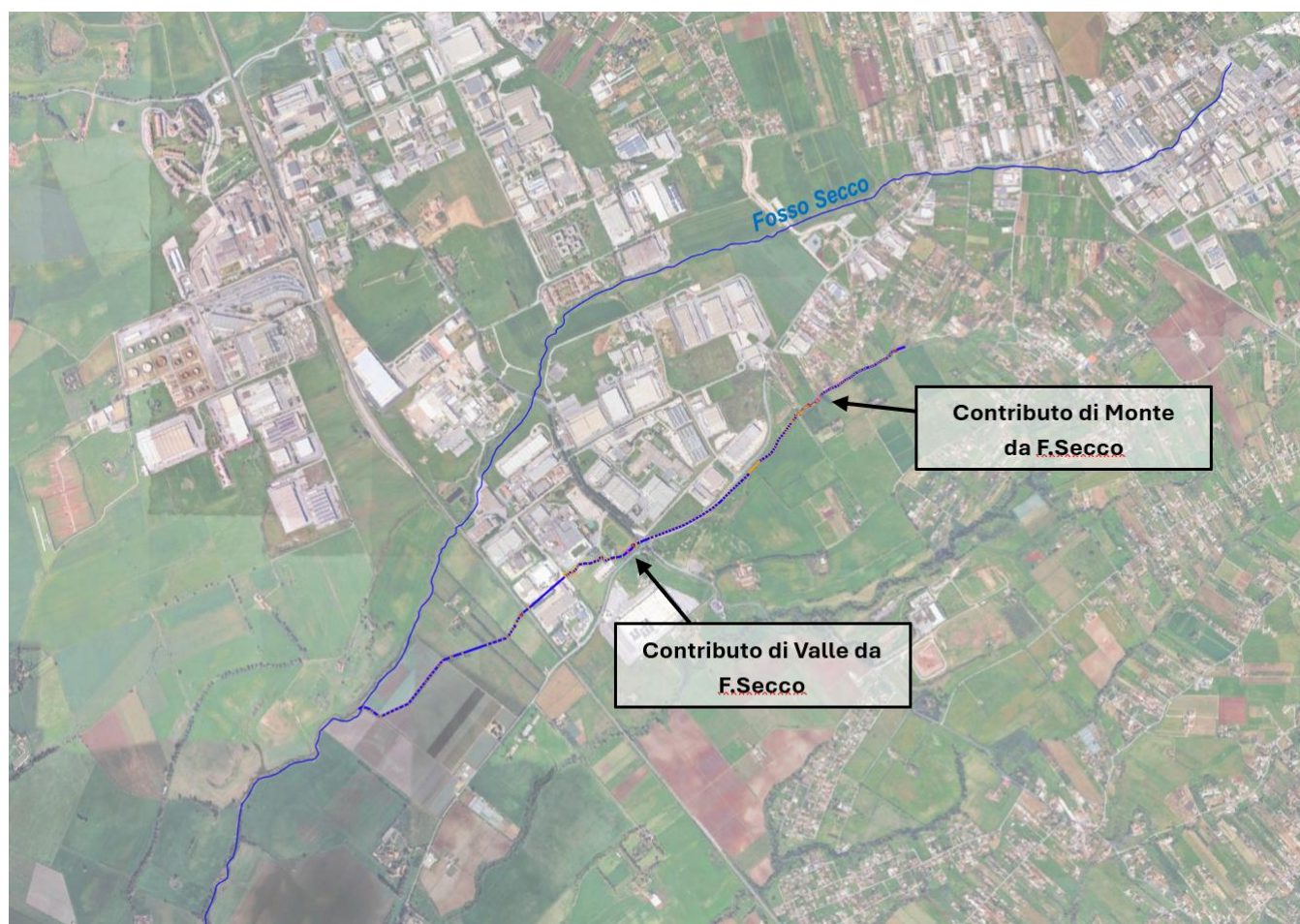


Figura 6.5 – Planimetria con indicazione delle sezioni in corrispondenza dei contributi immessi

I risultati della modellazione ante operam evidenziano, lungo l'intero tratto a monte, una condizione di insufficienza idraulica dovuta principalmente alla presenza di numerosi attraversamenti che limitano la capacità di deflusso del corso d'acqua. All'interno dell'area di intervento, si riscontrano contenuti fenomeni di esondazione. Nel tratto a valle del sito, si rileva che l'attraversamento posto al di sotto della rotatoria esistente risulta idraulicamente insufficiente, generando rigurgiti a monte e fenomeni di esondazione localizzati.

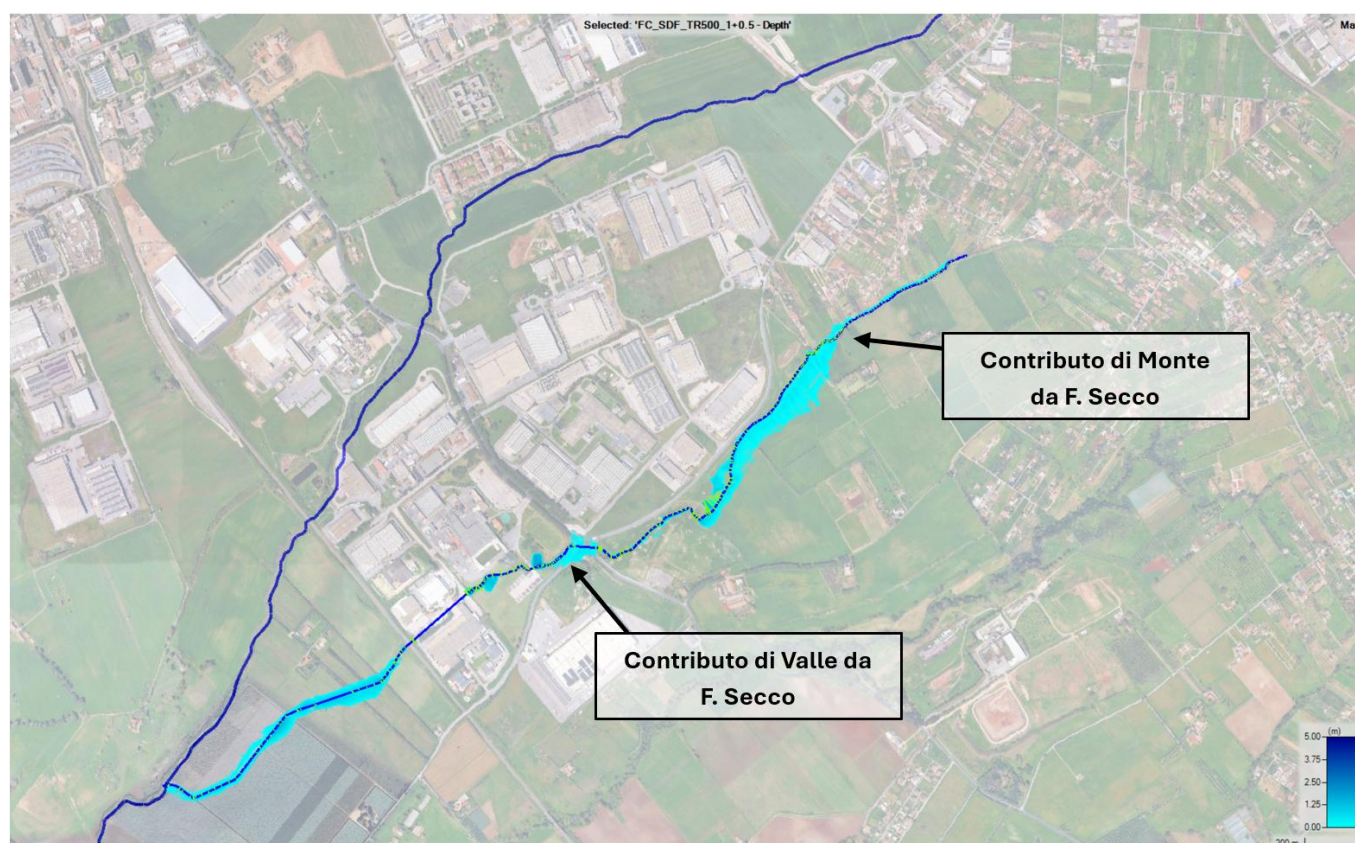


Figura 6.6 – Planimetria risultati Fosso di Cancelliera – Ante Operam

Nella configurazione post-operam si conferma, lungo l'intero tratto a monte, una condizione di insufficienza idraulica dovuta principalmente alla presenza di numerosi attraversamenti, che limitano la capacità di deflusso del corso d'acqua, analogamente a quanto riscontrato nello stato ante-operam. All'interno dell'area di intervento non si riscontrano fenomeni di esondazione.

Nella configurazione post-operam si evidenzia un accumulo di acqua in corrispondenza dell'impluvio naturale a ridosso

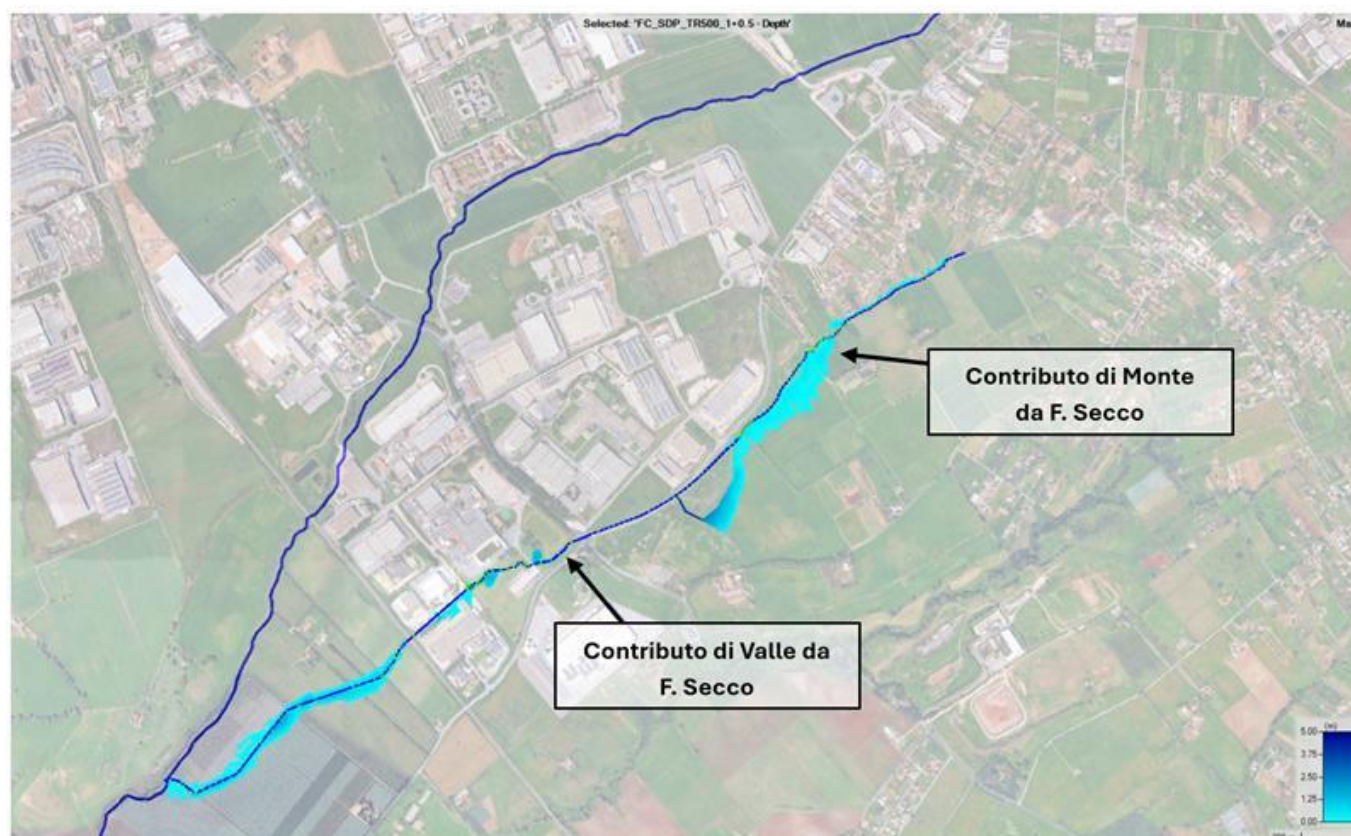


Figura 6.7 – Planimetria risultati Fosso di Cancelliera – Post Operam

Dal confronto tra la simulazione dello stato di progetto dell'evento con TR500 del Fosso della Cancelliera e dell'evento stesso con il contributo del Fosso Secco si osserva che la superficie dell'accumulo di acqua in corrispondenza dell'impluvio naturale a ridosso del confine del sito risulta leggermente più vasta con un aumento dei tiranti di circa 10 cm come evidenziato nell'immagine seguente.

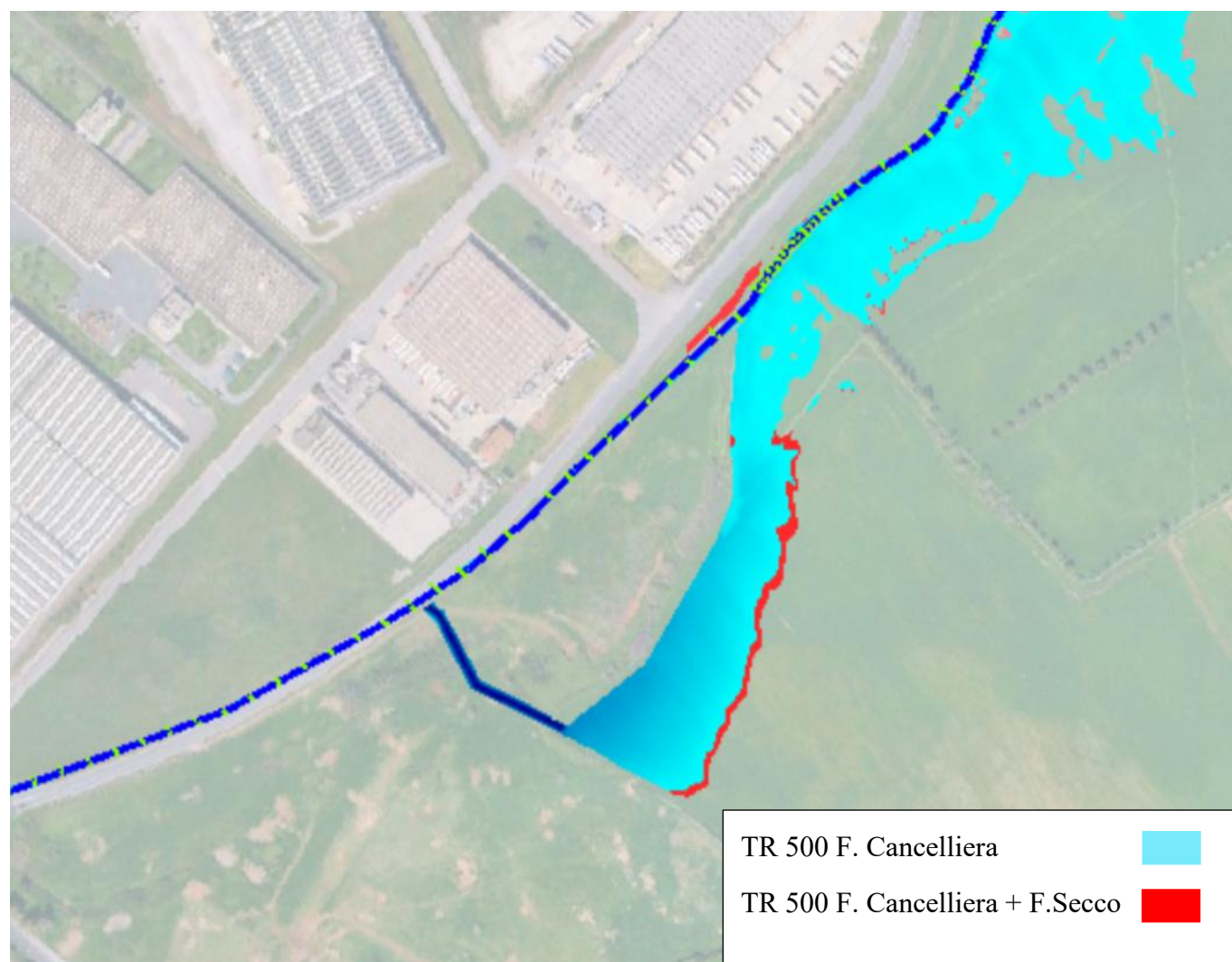


Figura 6.8 – Planimetria risultati Fosso di Cancelliera – Confronto simulazioni Post Operam

Il ripristino del collegamento tra l'impluvio naturale e il tracciato principale della nuova inalveazione avviene mediante la posa di una condotta DN1600, che attraversa il Parco delle Risorse Circolari permettendo di contenere i tiranti idraulici a tergo del muro.

La sua presenza consente di drenare l'accumulo di acqua verso il nuovo fosso non alterando in modo sostanziale le dinamiche di esondazione del quadrante.

7. ANALISI E GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE ALL'INTERNO DEL PARCO DELLE RISORSE CIRCOLARI

7.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il D.L.gs. 03 Aprile 2006 n° 152 e succ. mod. ed int. demanda alle Regioni (art. 113, comma 3) l'obbligo di disciplinare "...i casi in cui può essere richiesto che le acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne siano convogliate e opportunamente trattate in impianti di depurazione per particolari condizioni nelle quali, in relazione alle attività svolte, vi sia il rischio di dilavamento da superfici impermeabili scoperte di sostanze pericolose o di sostanze che creano pregiudizio per il raggiungimento degli obiettivi di qualità dei corpi idrici..".

La normativa nazionale cui far riferimento per la corretta gestione e tutela delle acque meteoriche di dilavamento e per i relativi scarichi, rimanda dunque a leggi e regolamenti locali per la definizione di criteri e procedure di dettaglio da adottare.

La Regione Lazio, con Deliberazione di Giunta Regionale n. 18, del 23 novembre 2018, ha approvato il Piano di Tutela delle Acque attualmente vigente, che all'art. 30 stabilisce la disciplina per le acque meteoriche di dilavamento e di prima pioggia, definendo acque di prima pioggia "...le prime acque meteoriche di dilavamento relative ad ogni evento meteorico preceduto da almeno 48 ore di tempo asciutto, per un'altezza di 5 mm di precipitazione uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di drenaggio..".

Ai sensi del comma 3 dell'articolo 113 del d.lgs. 152/2006 e della deliberazione della Giunta regionale 18/2018, le acque di lavaggio e di prima pioggia dei piazzali e aree esterne industriali dove avvengano lavorazioni, lavaggi, accumulo e trasferimento di materiali o semilavorati, di attrezzature o automezzi o vi siano depositi di materiali, materie prime, prodotti, ecc., devono essere convogliate e opportunamente trattate, prima dello scarico nel corpo ricettore, con sistemi di depurazione chimici, fisici, biologici o combinati, a seconda della tipologia delle sostanze presenti.

Inoltre, la norma succitata indica che "per quanto riguarda gli apporti meteorici successivi alle portate di prima pioggia, questi potranno essere scaricati direttamente nel corpo idrico salvo che il rischio di dilavamento di inquinanti connesso con le attività esercitate non si esaurisca con le acque di prima pioggia..".

Per quanto riguarda la gestione delle acque meteoriche all'interno del sito, occorre anzitutto precisare che sui piazzali esterni e scoperti di tutta l'area individuata, non è prevista alcuna lavorazione e/o deposito di materiale che a contatto con le piogge possa comportare il rischio di trascinamento di sostanze in grado di determinare effettivi pregiudizi ambientali.

Tuttavia, i *“Depositi di rifiuti, centri di raccolta/stoccaggio/trasformazione degli stessi”*, rientrano in quelle attività indicate a titolo esemplificativo nell'art. 5 della Deliberazione di Giunta Regionale n. 19, del 13 maggio 2011, in cui è obbligatorio prevedere il trattamento delle acque di prima pioggia.

Inoltre, occorre precisare che le esigenze idriche del Parco delle Risorse Circolari saranno coperte prioritariamente attraverso il riutilizzo delle acque meteoriche; pertanto, le stesse saranno sottoposte ad un ulteriore trattamento chimico-fisico per renderle compatibili con il riutilizzo.

Il riutilizzo di acqua depurata è regolamentato dal Decreto Ministeriale n. 185 del 12 giugno 2003 *“Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue in attuazione dell'articolo 26, comma 2, del D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152”* nel quale all'art 3 sono espressamente indicate le destinazioni d'uso ammissibili delle acque reflue recuperate tra cui al comma c) industriale: come acqua antincendio, di processo, di lavaggio e per i cicli termici dei processi industriali, con l'esclusione degli usi che comportano un contatto tra le acque reflue recuperate e gli alimenti o i prodotti farmaceutici e cosmetici.

Tale regolamento sancisce i requisiti di qualità chimico-fisici e microbiologici dei principali parametri inquinanti indicando all'art. 4 comma 1 che in caso di riutilizzo per destinazione d'uso industriale, le parti interessate (gestore ed utilizzatore) concordano limiti specifici in relazione alle esigenze dei cicli produttivi nei quali avviene il riutilizzo.

Inoltre, i *“Depositi di rifiuti, centri di raccolta/stoccaggio/trasformazione degli stessi”*, rientrano in quelle attività indicate a titolo esemplificativo nell'art. 5 della Deliberazione di Giunta Regionale n. 19, del 13 maggio 2011, in cui è obbligatorio prevedere il trattamento delle acque di prima pioggia.

7.2. GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE

Il presente paragrafo ha lo scopo di illustrare le soluzioni tecnologiche e impiantistiche individuate per garantire l'approvvigionamento idrico industriale del polo impiantistico *“Parco delle Risorse Circolari”*, nel completo rispetto dei principi del riuso delle materie, della tutela della risorsa idrica e degli aspetti di sostenibilità ambientale e socioeconomica.

Le esigenze idriche del polo impiantistico saranno coperte prioritariamente attraverso il riutilizzo delle acque meteoriche (eventualmente sottoposte a trattamento chimico-fisico, limitatamente alle acque di prima pioggia) che insistono sul sedime dello stabilimento. In aggiunta, l'acqua ad uso industriale necessaria per la corretta e funzionale gestione degli impianti tecnologici presenti nel polo impiantistico sarà fornita una quota parte dalla portata dei reflui depurati provenienti dall'impianto di depurazione Santa Maria in Fornarola sito nel Comune di Albano Laziale, opportunamente trattati per il riutilizzo.

Per quanto riguarda la gestione delle acque meteoriche all'interno del sito industriale occorre anzitutto precisare che sui piazzali esterni e scoperti di tutta l'area individuata non è prevista alcuna lavorazione e/o deposito di materiale, che a contatto con le piogge possa comportare il rischio di trascinamento di sostanze in grado di determinare effettivi pregiudizi ambientali.

Pertanto, la gestione delle acque meteoriche all'interno del sito industriale prevede:

- la raccolta tramite rete di drenaggio delle "Acque Meteoriche di Prima Pioggia" delle superfici esterne dell'impianto (piazzali, viabilità ecc.) per un volume complessivo di circa 225 mc (corrispondente ad una precipitazione di 5 mm uniformemente distribuita sull'intera superficie servita dalla rete di drenaggio) e il convogliamento delle stesse all'interno dell'Impianto di trattamento prima pioggia e successivamente verso l'impianto chimico-fisico che poi restituisce le acque trattate alla vasca antincendio e alla vasca industriale;
- partizione delle "Acque meteoriche di Seconda Pioggia" a monte della vasca di prima pioggia e raccolta delle stesse nella vasca di seconda pioggia per un volume complessivo di circa 4.200 mc, dimensionato al fine di garantire il rispetto del principio di invarianza.
- raccolta dedicata delle "Acque Meteoriche Bianche" (provenienti dalle coperture tra cui i tetti verdi) e delle "Acque Meteoriche di Seconda Pioggia" (provenienti dai piazzali tramite bypass della prima pioggia), nella vasca di seconda pioggia per essere poi avviate direttamente ad uso industriale per un recupero sostenibile della risorsa, in quanto tecnicamente prive di sostanze inquinanti e dunque non soggette alla disciplina delle acque di prima pioggia. È comunque prevista la possibilità di inviare le acque raccolte nella vasca di seconda pioggia al trattamento chimico fisico per renderle idonee al riutilizzo. Nella fase finale dello svuotamento della vasca di seconda pioggia si avvierà il sistema di pulizia del fondo vasca da eventuali residui solidi e si invierà al trattamento presso l'impianto chimico fisico il volume residuo accumulato nella vasca stessa, al fine di rendere le

acque raccolte idonee al riutilizzo con successivo trasferimento all'interno della vasca antincendio e vasca industriale.

Per il dimensionamento della vasca di seconda pioggia si evidenzia che il calcolo deriva dai volumi dell'invarianza idraulica in quanto tale vasca ha finalità non solo di accogliere le acque di seconda pioggia ma anche di garantire il loro riutilizzo.

In uscita dalla vasca di prima pioggia, dalla vasca di seconda pioggia e dall'impianto di trattamento chimico-fisico, è prevista l'installazione di misuratori di portata elettromagnetici per consentire di effettuare il bilancio idrico.

In ingresso alla vasca di prima pioggia sono presenti due valvole antiriflusso che impediscono il passaggio delle acque nella vasca una volta piena, attivando quindi lo scolmatore che devia le successive acque in ingresso al sistema, verso la vasca di seconda pioggia.

La vasca di prima pioggia è equipaggiata con un idroeiettore, necessario a mantenere un livello di agitazione tale da impedire fenomeni di sedimentazione all'interno della stessa. Saranno inoltre installate elettropompe sommerse per il sollevamento delle acque al trattamento chimico-fisico.

La vasca di seconda pioggia, oltre alle acque di seconda pioggia provenienti da strade e piazzali, riceve le acque provenienti dalle parti più elevate dell'impianto (coperture edificio e tettoie a verde di copertura impianti) potenzialmente non inquinate. È dotata di un sistema di pulizia di fondo vasca che attraverso un insieme di valvolismi temporizzato, convoglia le acque risultanti dal lavaggio, potenzialmente contenenti materiale sedimentabile e le indirizza verso la vasca di equalizzazione per poi essere trattate nell'impianto chimico-fisico prima dello stoccaggio nel bacino antincendio e vasca industriale.

8. RISPETTO DEL PRINCIPIO DI INVARIANZA IDRAULICA

La normativa vigente per la verifica dell'invarianza idraulica dell'area di interesse è rappresentata dalla "Deliberazione di Giunta Regionale n.117 del 24 marzo 2020 - Regione Lazio" che ha approvato le "Linee guida sulla Invarianza Idraulica delle trasformazioni territoriali" - "D.Lgs 49/2010 – Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni".

L'obiettivo, è quello di garantire l'invarianza idraulica dell'area di intervento, affinché ogni nuova trasformazione dello stato del suolo non aggravi la portata del reticolo idrografico, evitando di incrementare potenziali situazioni di rischio e conservando l'equilibrio idraulico dello stato dei luoghi.

Secondo tale principio ogni strumento di pianificazione e/o intervento che può esser ritenuto responsabile di una diminuzione "non trascurabile" di permeabilità superficiale, ovvero di "un'apprezzabile" impermeabilizzazione potenziale delle superfici destinate a trasformazione, deve essere corredato da opportune "azioni compensative", mirate a garantire il "principio di invarianza idraulica".

Le fasi di studio dell'invarianza idraulica prevedono la definizione della tipologia di intervento di trasformazione del suolo, attraverso la scelta di aree caratterizzate da differenti gradi di permeabilità, al fine di limitare le superfici da impermeabilizzare, e definire aree possibilmente caratterizzate da capacità di infiltrazione. In base alla trasformazione del suolo differenziata in base a "Soglie Dimensionali", si definisce la classe di intervento ai fini dell'invarianza idraulica.

Si riporta la tabella delle Linee Guida sulla invarianza idraulica nelle trasformazioni territoriali " D.lgs 49/2010 "Attuazione della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni" della Regione Lazio relativa alle differenti Classi di Intervento.

Tabella I - classificazione degli interventi di trasformazione dell'uso del suolo ai fini dell'invarianza idraulica	
CLASSI DI INTERVENTO	SOGLIE DIMENSIONALI
1) Trascurabile impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici di estensione <u>inferiore a 0,1 ha</u> (1.000 m ²)
2) Modesta impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici di estensione <u>maggiore di 0,1 ha</u> (1.000 m ²) ed <u>inferiore ad 1 ha</u> (10.000 m ²)
3) Significativa impermeabilizzazione potenziale	– Intervento su superfici di estensione <u>maggiore di 1 ha</u> (10.000 m ²) ed <u>inferiore a 10 ha</u> (100.000 m ²); – Interventi su superfici di estensione <u>superiore a 10 ha</u> (100.000 m ²) con <u>Imp^(*) < 0,3</u>
4) Marcata impermeabilizzazione potenziale	Interventi su superfici di estensione <u>superiore a 10 ha</u> (100.000 m ²) con <u>Imp^(*) > 0,3</u>

(*) : frazione della superficie totale che sarà impermeabilizzata

Figura 8.1 Classi di intervento

L'intervento ricade nella Classe 4 denominata "Marcata impermeabilizzazione potenziale", come riportato nella lettera c) delle Linee Guida sulla invarianza idraulica nelle trasformazioni territoriali "D.lgs 49/2010 "Attuazione della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni", si determinerà un volume di invaso tale che:

- 1) individuazione del bacino idrografico del corpo idrico recettore di valle, nel quale vengono scaricate le portate meteoriche provenienti dall'area interessata dalla trasformazione (impermeabilizzazione) dell'uso del suolo;
- 2) valutazione dell'idrogramma di piena del corpo idrico recettore di valle, relativo al colmo della portata attesa;
- 3) valutazione dell'idrogramma di piena relativo alla sola area interessata dalla trasformazione (*impermeabilizzazione*) dell'uso del suolo, rispettivamente prima e dopo la trasformazione medesima. Tale idrogramma viene valutato, di regola, ricorrendo al "metodo cinematico", con riferimento ad un evento di pioggia caratterizzato da un tempo di ritorno di 200 anni e di durata pari al tempo di corrivazione del bacino idrografico del corpo idrico recettore di valle;
- 4) valutazione, con l'ausilio di un opportuno modello idrologico, dell'effettiva "laminazione" esercitata dai previsti dispositivi di invaso;
- 5) dimensionamento delle luci di scarico, in relazione al tirante idrico consentito nei suddetti dispositivi, al fine di assicurare l'invarianza del colmo di portata;

- 6) sovrapposizione dell'idrogramma di piena di cui al punto 2) con l'idrogramma di piena di cui al punto 3) dopo la trasformazione (*impermeabilizzazione*) dell'uso del suolo;
- 7) verifica, a seguito della sovrapposizione di cui al punto 6), del mantenimento del colmo di portata alle condizioni *ante trasformazione*.

Pertanto, si riportano di seguito i punti dello studio:

1) individuazione del bacino idrografico del corpo idrico recettore:

E' stato individuato il bacino idrografico del Fosso della Cancelliera in corrispondenza del punto di scarico delle portate meteoriche provenienti dal sito corrispondente al **Bacino Rotatoria** studiato al capitolo 3.3

Stima dei deflussi superficiali : si riportano di seguito le portate ottenute per i vari tempi di ritorno:

		TR50	TR100	TR200
BACINO ROTATORIA	Q_{max} (m ³ /s)	6.7	10.1	14

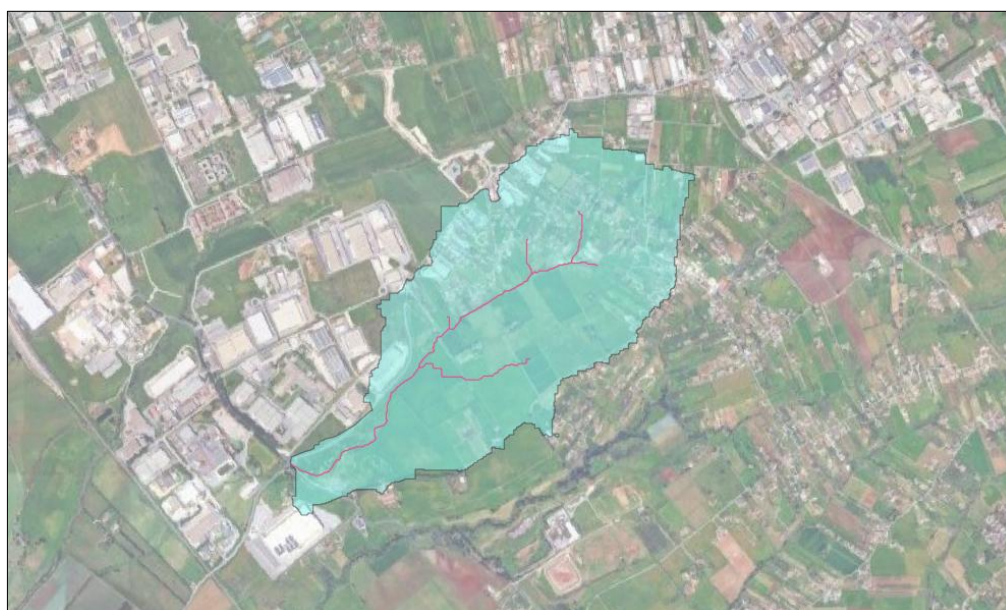
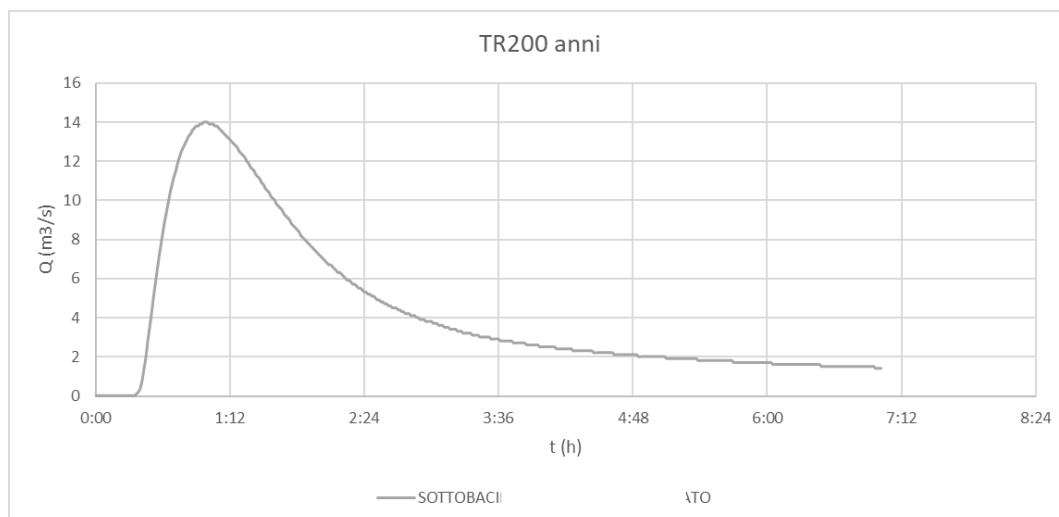


Figura 8.2 Bacino Rotatoria

2) valutazione dell'idrogramma di piena del corpo idrico recettore di valle relativo al colmo della portata attesa:

È stato individuato l'idrogramma di piena TR200 anni del **Bacino Rotatoria**



3) valutazione dell'idrogramma di piena relativo alla sola area interessata dalla trasformazione (impermeabilizzazione) dell'uso del suolo, rispettivamente prima e dopo la trasformazione

Considerando una superficie totale di intervento dell'area da trasformare di 103.800 mq, con un Tr 200 anni e una Tp pari al tempo di corrivazione del bacino idrografico del corpo idrico recettore di valle in corrispondenza di "Bacino Rotatoria" si riportano di seguito i coefficienti e gli l'idrogrammi di piena ante e post operam:

AREE ANTE OPERAM		
	<u>S (mq)</u>	<u>coeff.</u>
Aree Verdi	98660	0.2
Area Impermeabile	5140	0.8

AREE POST OPERAM		
	<u>S (mq)</u>	<u>coeff.</u>
Area Verde	18210	0.2
Area Parcheggio drenante	5150	0.3
Area Tetti verdi	22300	0.45
Area Tetti Impermeabili	20720	0.8
Area Impermeabile	37425	0.8

Considerando i coefficienti di deflusso ponderati si ottengono le portate relative all'ante e al post operam del parco delle risorse circolari.

		ANTE	POST
AREA TOTALE	m2	103800	103800
Φ (PONDERATO)		0.23	0.59
Q	m3/s	1.14	2.92

Di seguito la costruzione degli idrogrammi ante e post con intensità di pioggia TR200 anni pari a $i = 172 \text{ mm/h}$ e durata pari a T_c del bacino rotatoria.

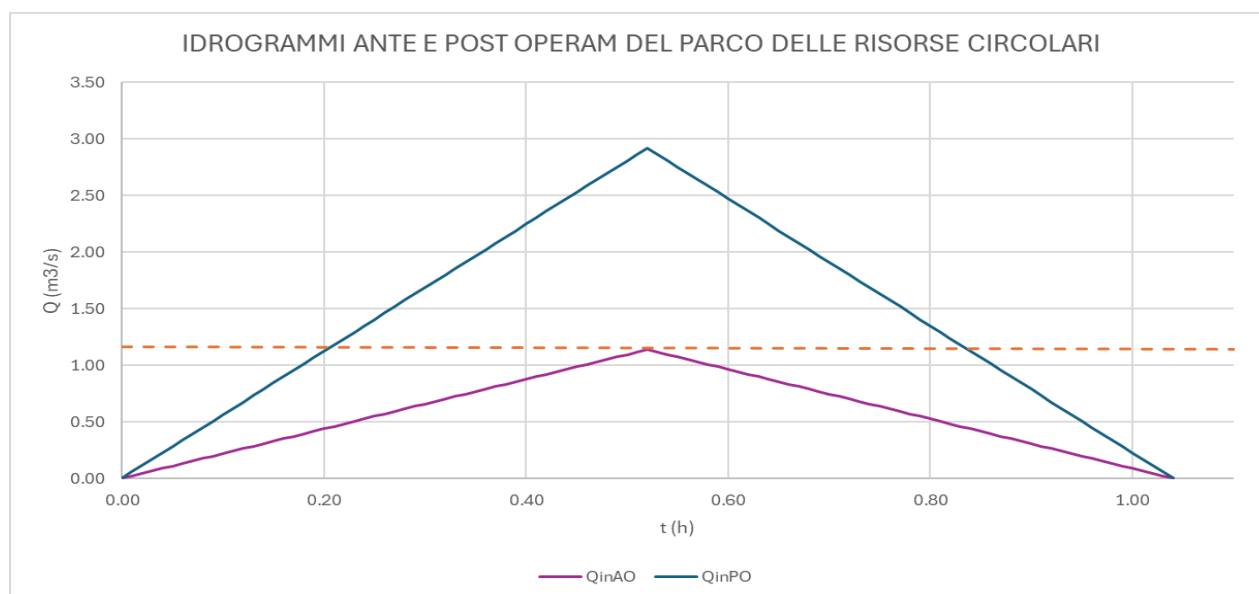


Figura 8.3 Stima del volume di compenso

Dalla sovrapposizione degli idrogrammi il volume da invasare per mantenere il picco della portata del post operam pari a quella dell'ante operam è pari a 2040 mc.

Al fine di verificare il volume di compenso così calcolato si è svolta inoltre una verifica del volume d'invaso mediante la seguente espressione semplificata:

$$w = w^o \frac{1}{1-n-15l} - w^o P$$

Il volume totale di 2040 mc dovrà risultare inferiore a $W = w \cdot A$ essendo A l'area totale oggetto di trasformazione considerata.

Dati di input

ϕ^o	0,23	Coefficiente di deflusso nelle condizioni ante operam (prima della urbanizzazione)
ϕ	0,9	Coefficiente di deflusso post operam
l	100%	% di area che viene trasformata 103800
P	0%	% di area che non viene trasformata

Si ottiene:

$$w = 184 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$W = w \cdot A = 1910 \text{ m}^3$$

Il volume calcolato con la formula speditiva risulta inferiore al volume stimato di 2040 mc che pertanto risulta verificato.

Il volume da invasare ai fini del rispetto del principio di invarianza idraulica è pari a 2040 mc.

Il dimensionamento però viene svolto anche nell'ipotesi che, in accordo con il principio di recupero sostenibile delle acque di pioggia, la portata non venga scaricata verso il recettore, ma riutilizzata nell'impianto stesso.

In questa ipotesi la vasca deve essere dimensionata per accogliere tutta la portata in ingresso.

Pertanto, il volume da accumulare risulterebbe pari al volume di ingresso di 5470 mc. Ai fini del dimensionamento della vasca di invarianza, al volume così calcolato va sottratto il volume che sarà accumulato nella vasca di prima pioggia pari a 225 mc, il volume di 1030 mc che sarà invasato nella rete di drenaggio (costituita da 1.5 km DN600, 2.4 km DN400 0.15 Km DN315 e 150 pozzetti) e il volume di 40 mc che, nel tempo di pioggia, viene convogliato tramite pompa (con portata di 6 l/s) alle vasche antincendio e industriale.

Pertanto, il volume finale da adottare per la vasca di invarianza risulta pari a 4177 mc, ma a scopo cautelativo è stata prevista installazione di una vasca avente volume utile pari a **4200 mc**.

Si prevede di dotare la vasca di uno scarico di troppo pieno di emergenza DN630 posto alla quota di 3.5 m dal fondo vasca al fine di garantire una massima portata scaricabile di 0.200 mc/s.

Pertanto, dalla legge di efflusso si ricava:

$$Q = \mu \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}^{3/2} = 0.200 \text{ mc/s}$$

9. DIMENSIONAMENTO DELLE RETI

Per effettuare la verifica e il dimensionamento della rete per le acque meteoriche di piazzale è necessario determinare il valore della portata massima di pioggia.

Come curva di possibilità pluviometrica è stata utilizzata la curva fornita dal Comune di Roma all'interno del documento "Criteri per il dimensionamento dei condotti fognari della città di Roma" – Dipartimento XII Lavori Pubblici e Manutenzioni e Manutenzione Urbana.

Per bacini idrografici aventi estensione $A \leq 1000$ ha si adotta la formula:

$$h = at^n$$

con h [mm]: altezza di precipitazione

t [ore]: durata della precipitazione

a, n : parametri della curva di possibilità pluviometrica

I coefficienti a e n assumono i valori seguenti:

$$a = 111,6 \quad n = 0,73 \quad \text{per } t \leq 0,807$$

Per la determinazione della massima portata di piena in corrispondenza della sezione di chiusura del bacino scolante, è stato utilizzato il "metodo razionale", il quale si basa sull'ipotesi che la durata della pioggia critica per una determinata sezione sia uguale al tempo di corrivazione.

Utilizzando tale metodo, le portate massime di origine meteorica sono state calcolate mediante l'espressione:

$$Q [\text{m}^3/\text{s}] = \varphi \cdot i \cdot A / 360000$$

dove:

- φ è il coefficiente di afflusso, usato per tenere conto della natura della superficie considerata;
- i (in mm/h) è l'intensità media oraria, data dal rapporto di h , altezza d'acqua caduta, su T , durata della pioggia;
- A (m^2) è la superficie interessata dalla pioggia;

Per la determinazione della portata scaricata è stata effettuata un'analisi idrologica dell'area di progetto.

Per prima cosa è stata analizzata la rete di drenaggio, composta dalla rete di drenaggio di strade e piazzali e dalla rete di drenaggio delle acque meteoriche dei tetti.

Il sistema di collettamento delle acque meteoriche è costituito da una rete di tipo separato che prevede:

- collettamento e raccolta delle acque meteoriche provenienti da strade e piazzali con recapito nella vasca di raccolta delle acque di prima pioggia dimensionata in modo tale da garantire un trattamento idoneo e successivo bypass verso la vasca di seconda pioggia;
- collettamento e raccolta delle acque meteoriche bianche provenienti dai tetti con recapito nella vasca di seconda pioggia per essere poi avviate ad uso industriale per un recupero sostenibile della risorsa.

Definite le caratteristiche del bacino colante è stato successivamente determinato il tempo di corrivazione del bacino

Il tempo di corrivazione si definisce come il tempo necessario alla particella d'acqua di percorrere l'intero bacino fino alla sezione di chiusura dove viene eseguito il calcolo della portata seguendo il percorso idraulicamente più lungo.

Nei sistemi di drenaggio urbano il tempo di corrivazione T_c viene generalmente definito come la somma di due contributi: il tempo di ingresso in rete T_i e il tempo di percorrenza della rete T_r :

$$T_c = T_i + T_r$$

Il tempo di ingresso in rete è il tempo che la particella d'acqua piovuta in un generico punto impiega per entrare nel sistema di drenaggio mentre il tempo di rete indica l'intervallo di tempo che la particella ormai entrata in rete impiega per raggiungere la sezione di chiusura, sulla base della velocità che la particella si suppone avere all'interno dell'impluvio.

Nel caso in esame si fa l'ipotesi che il tempo di afflusso all'interno della rete di drenaggio sia pari a 10 minuti, mentre per il tempo di rete, si suppone che la velocità media delle particelle d'acqua in movimento all'interno del collettore sia pari a circa 1 m/s.

Analizzando la rete di drenaggio esistente è stato individuato il percorso idraulicamente più lungo, utilizzando la formulazione di Viparelli, si ottiene un tempo di corrivazione T_c pari a:

$$T_c = T_i + \frac{L}{60 v} = 0.25 \text{ ore}$$

Dove:

- T_c è il tempo di corrivazione in minuti;

- L è la lunghezza dell'asta principale in m;
- v è la velocità media all'interno del sistema di drenaggio in m/s.

DIMENSIONAMENTO DELLA RETE DI SMALTIMENTO

Si riporta di seguito lo schema relativo alla rete di smaltimento delle acque meteoriche:

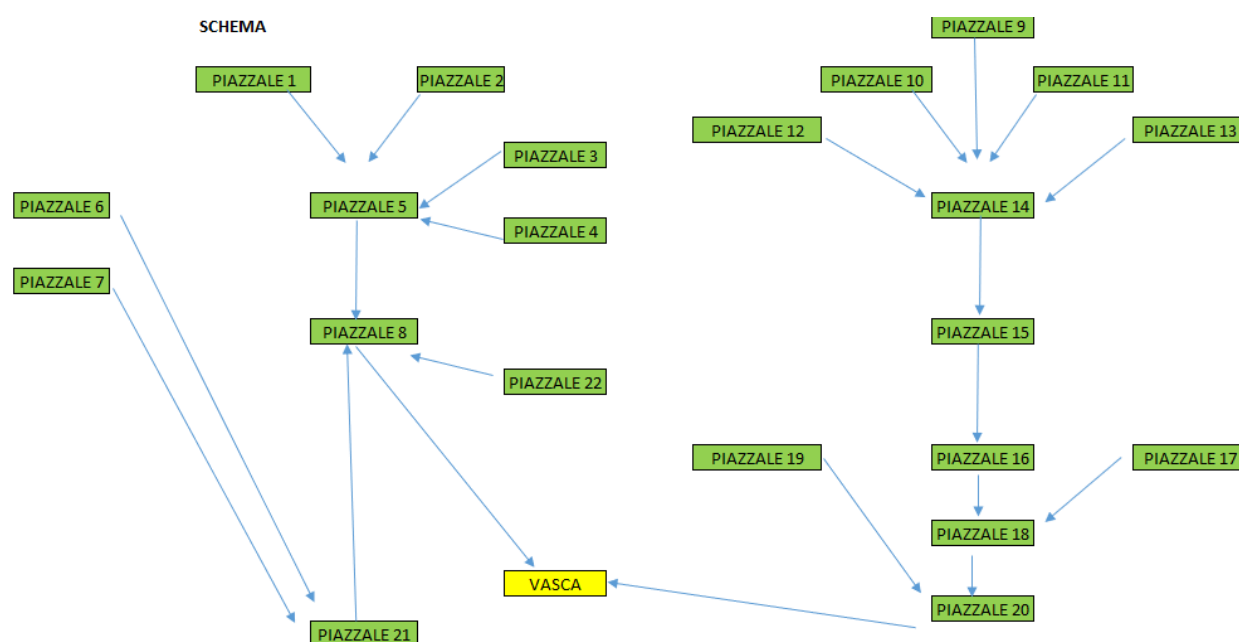


Figura 9.1 – schema relativo alla rete di smaltimento delle acque meteoriche

La rete per lo smaltimento delle acque meteoriche è costituita da canalette grigliate in PVC con diametri di 400 e 600mm con una pendenza pari al 0.4%. Una rete di pozzetti 800x800 mm e collettori di diametro 600 mm quindi convogliano le acque provenienti dalle canalette verso la vasca di prima pioggia.

Per il dimensionamento della rete interna, quindi le canalette grigliate e i collettori, sono stati considerati dimensionanti per l'intera rete i tratti idraulicamente maggiormente sollecitati, in base alle superfici impermeabili sottese ai vari tratti.

La portata massima per il DN 400 è pari a $0.175 \text{ m}^3/\text{s}$, mentre per il DN 600 è pari a $0.57 \text{ m}^3/\text{s}$.

Dai calcoli effettuati tutte le canalette risultano verificate per la massima portata.

Tabella 9.1 Dimensionamento idraulico delle reti relative alle acque meteoriche afferenti ai piazzali e tetti

PIAZZALE	AREA	PIOGGIA	COEFF.	PORTATA	DIAMETRO
[-]	[ha]	[mm/h]	[-]	[m ³ /s]	[mm]
1	0.35	162.263	0.6	0.082	400
2	0.15	162.263	0.6	0.041	315
3	0.20	163.263	0.6	0.050	315
4	0.30	162.263	0.6	0.078	400
5	0.15	162.263	0.6	0.285	600
6	0.20	162.263	0.6	0.071	315
7	0.15	162.263	0.6	0.064	315
9	0.20	162.263	0.6	0.052	315
10	0.20	162.263	0.6	0.045	315
11	0.10	162.263	0.6	0.026	315
12	0.20	162.263	0.6	0.044	315
13	0.05	162.263	0.6	0.009	315
14	0.15	162.263	0.6	0.205	600
15	0.25	162.263	0.6	0.266	600
16	0.15	163.263	0.6	0.297	600
17	0.35	162.263	0.6	0.089	400
18	0.20	162.263	0.6	0.430	600
19	0.10	162.263	0.6	0.017	315

20	0.05	162.263	0.6	0.459	600
21	0.50	162.263	0.6	0.264	400
8	0.15	162.263	0.6	0.655	600
22	0.30	163.263	0.6	0.078	600

TETTI	AREA	PIOGGIA	COEFF.	PORTATA	DIAMETRO
[-]	[ha]	[mm/h]	[-]	[m ³ /s]	[mm]
1	1.20	162.263	0.3	0.161	400
2	2.00	162.263	0.3	0.264	600
3	0.25	162.263	0.3	0.028	400
4	0.35	162.263	0.6	0.086	400
5	0.15	162.263	0.3	0.014	400
6	0.45	162.263	0.3	0.055	400

VERIFICA IN MOTO UNIFORME

Il calcolo di verifica è eseguito utilizzando la formula di Chézy valida per deflussi di correnti a pelo libero in moto uniforme assolutamente turbolento:

$$v = \chi \sqrt{R i}$$

con: v [m/s]: velocità media del fluido

χ [m^{1/2}/s]: parametro di Chézy (coefficiente di conduttanza)

R [m]: raggio idraulico

i : pendenza del canale

Il parametro di Chézy $\chi \left[m^{1/2}/s \right]$ è determinato mediante la formula empirica di Gauckler-Strickler:

$$\chi = k_s R^{\frac{1}{6}}$$

La relazione di Gauckler-Strickler per il calcolo della conduttanza idraulica χ può essere espressa anche in funzione del numero di Manning:

$$\chi = k_s R^{\frac{1}{6}} = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}}$$

con $n \left[s/m^{1/3} \right] = \frac{1}{k_s}$ = numero di Manning (inverso del coefficiente di Gauckler-Strickler).

Nel nostro caso si è utilizzato un k_s pari a 120 per le condotte in PVC.

Si riportano di seguito le scale di deflusso delle condotte aventi diametro maggiore (DN400 e DN600).

Scala delle portate sezione circolare 400

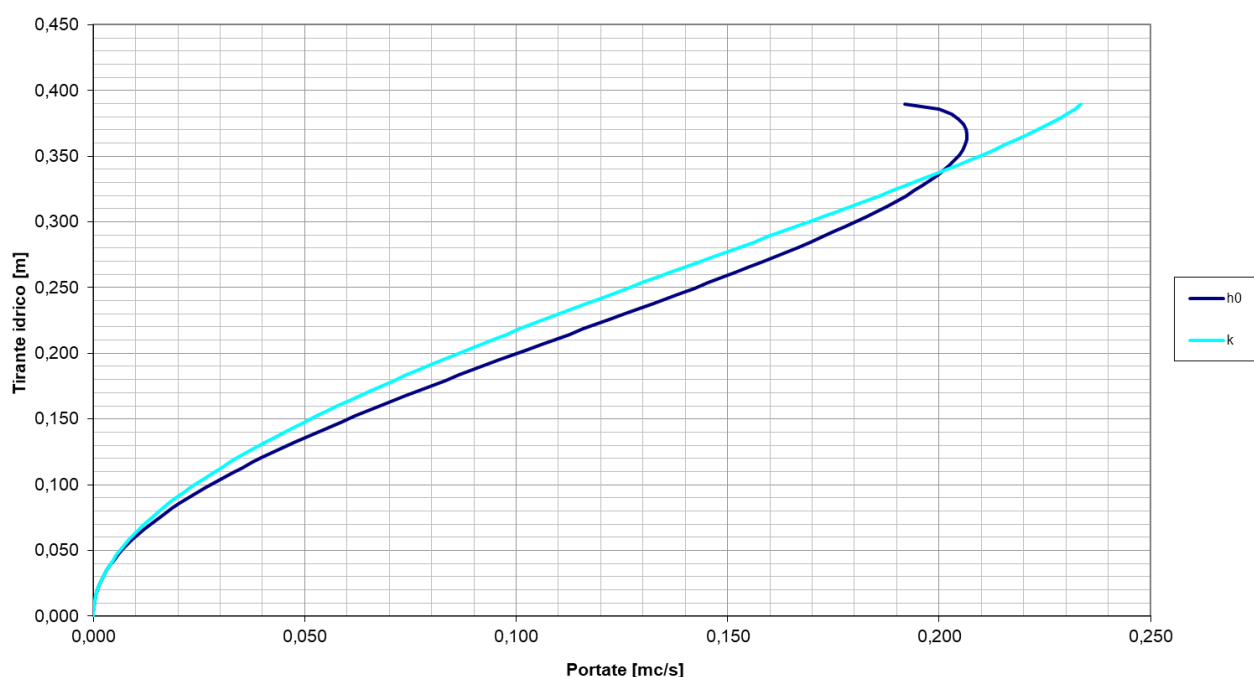


Figura 9.2 – Scala di deflusso per sezione circolare DN400

Scala delle portate sezione circolare 600

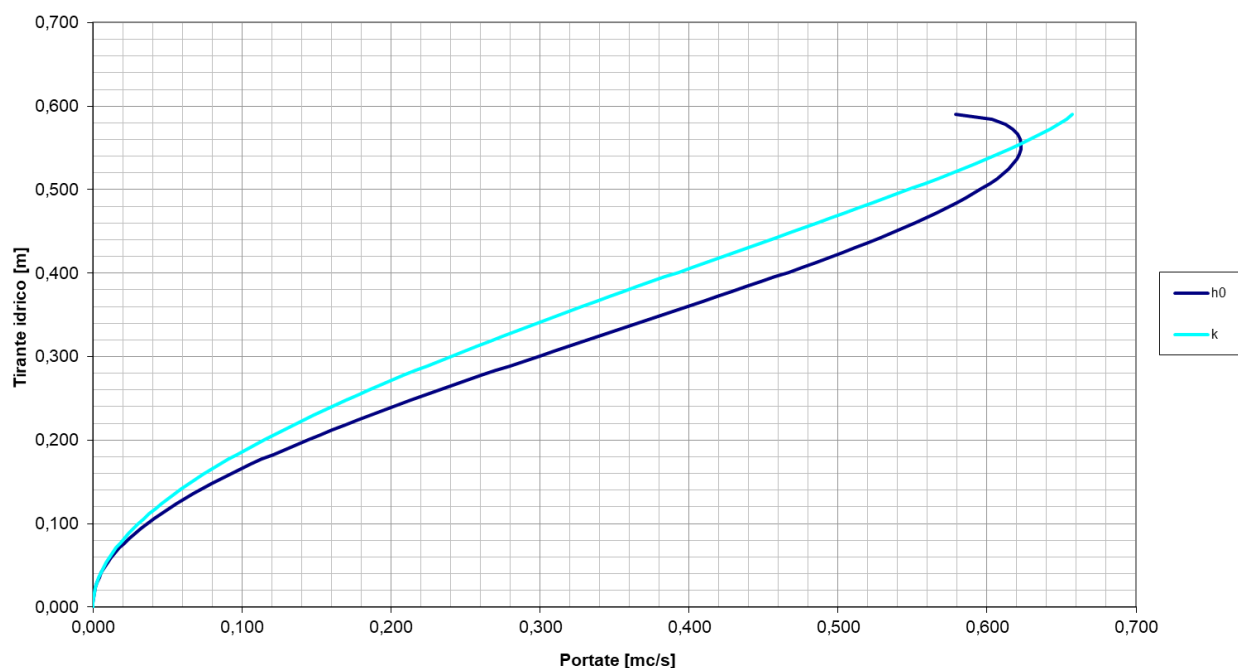


Figura 9.3 – Scala di deflusso per sezione circolare DN600

10. DIMENSIONAMENTO ALTRE RETI

Nel presente paragrafo sono illustrate le altre reti presenti all'interno dell'area del Parco delle Risorse Circolari.

10.1. APPROVVIGIONAMENTO ACQUA INDUSTRIALE

La rete di approvvigionamento delle acque industriali permette di addurre le acque dalla vasca di prima pioggia, dalla vasca di seconda pioggia e dal punto di fornitura della linea in arrivo da Santa Maria in Fornarola.

La rete è costituita da tre linee separate:

- 1 - Una linea di collegamento tra la vasca di prima pioggia e l'impianto di trattamento chimico - fisico, costituita da una tubazione PEAD De200 di lunghezza pari a 348 m

- 2 - Una linea di collegamento tra la vasca di seconda pioggia e la vasca acque industriali, con la possibilità di collegamento con l'impianto di trattamento chimico -fisico, costituita da una tubazione PEAD De200 di lunghezza pari a 277 m
- 3 - Una linea di collegamento tra il punto di allaccio con la rete esterna in arrivo da Santa Maria in Fornarola e la vasca acque industriali, costituita da una tubazione PEAD De200 di lunghezza pari a circa 265 m

Le linee sono dimensionate per una portata di 6 l/s, sebbene la linea esterna al sito in arrivo da Santa Maria in Fornarola sia dimensionata, in via cautelativa, per portate superiori.

Di seguito il dettaglio del dimensionamento delle tre reti.

Linea	Diametro interno	Portata	velocità	scabrezza	Lunghezza	Perdite di carico distribuite	Perdite di carico concentrate	Perdite di carico totali	Pressione
	[mm]	[l/s]	[m/s]	[mm]	[m]	[m]	[m]	[m]	[bar]
1	163,6	6	0.29	0.25	348	0.23	0.02	0.25	3
2	163,6	6	0.29	0.25	277	0.18	0.02	0.20	3
3	163,6	6	0.29	0.25	265	0.17	0.02	0.19	7

10.2. DISTRIBUZIONE ACQUE INDUSTRIALI

È prevista la posa di una condotta di distribuzione delle acque di processo, composta da una linea realizzata in PEAD De125 lunga 145 m.

Linea	Diametro interno	Portata	velocità	scabrezza	Lunghezza	Perdite di carico distribuite	Perdite di carico concentrate	Perdite di carico totali	Pressione
	[mm]	[l/s]	[m/s]	[mm]	[m]	[m]	[m]	[m]	[bar]
1	102,2	6	0.73	0.25	145	1.03	0.10	1.13	9

10.3. RECUPERO DELLE ACQUE INDUSTRIALI

È previsto un sistema di recupero delle acque di processo, composto da una serie di rilanci e di linee realizzate in PEAD De110, De125 e De225, complessivamente per ciascun diametro di 115 m, di 285 m e 715 m rispettivamente, che consentono, previo successivo trattamento, di ottimizzare i consumi idrici.

Le portate sono da intendersi come portate massime di scarico che vengono recapitate in punti all'esterno dei vari edifici presenti nel sito.

Linea	Diametro interno	Portata	velocità	scabrezza	Lunghezza	Perdite di carico distribuite	Perdite di carico concentrate	Perdite di carico totali	Pressione
	[mm]	[l/s]	[m/s]	[mm]	[m]	[m]	[m]	[m]	[bar]
1	102,2	18	2,19	0.25	125	7,63	0,86	8,49	1,5
2	102,2	19	2,32	0.25	50	3,4	0,96	4,36	1,5
3	102,2	17	2,07	0.25	110	5,94	0,76	6,70	1,5
4	90,0	1	0,16	0.25	115	0,53	0,00	0,53	1,5
5	184,0	39	1,47	0.25	385	5,00	0,39	5,39	1,5

6	184,0	44	1,65	0.25	330	5,51	0,49	6,00	1,5
---	-------	----	------	------	-----	------	------	------	-----

10.4. APPROVVIGIONAMENTO ACQUA POTABILE

La rete di approvvigionamento delle acque potabili è composta da due linee PEAD De200, una di lunghezza pari a circa 120 m, una di lunghezza pari a 237 m.

Le portate di dimensionamento sono pari a 2 l/s.

Di seguito il dettaglio del dimensionamento delle due reti.

Linea	Diametro interno	Portata	velocità	scabrezza	Lunghezza	Perdite di carico distribuite	Perdite di carico concentrate	Perdite di carico totali	Pressione
	[mm]	[l/s]	[m/s]	[mm]	[m]	[m]	[m]	[m]	[bar]
1	163,6	2	0.1	0.25	120	0.01	0.00	0.01	5
2	163,6	2	0.1	0.25	237	0.02	0.00	0.02	5

10.5. RETE DI RACCOLTA ACQUE NERE

Per il dimensionamento della rete di smaltimento delle acque reflue civili, la portata di dimensionamento è pari a:

- 5,3 l/s per l'edificio polifunzionale;
- 3,9 per l'edificio fossa/ avanfossa.

Le portate confluiscono in due tubazioni che poi si uniscono in un'unica linea che recapita in un impianto di sollevamento fognario, che allontana i reflui verso l'allaccio alla rete esterna su strada.

Le condotte sono in PVC De 315, con pendenza pari a 0,4%.

Di seguito la scala di deflusso di tale speco, dal quale si evince che per le portate in gioco il grado di riempimento è assolutamente compatibile con la funzionalità della linea.

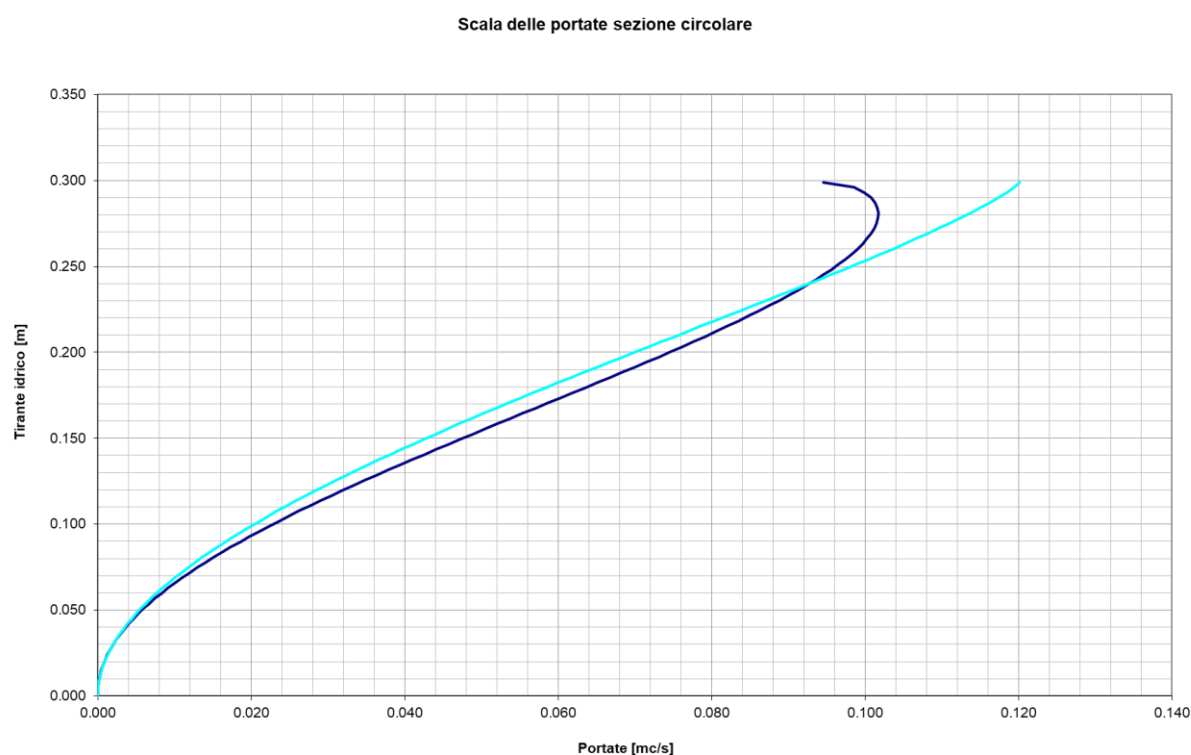


Figura 10.1 – Scala di deflusso per sezione circolare De315

10.6. SISTEMA DI IRRIGAZIONE

L'irrigazione delle aree verdi presenti nel sito viene garantita con una derivazione dalla vasca acque industriali.

È prevista la presenza di un sistema irriguo, per una lunghezza complessiva di circa 480 m, composto da tre linee di condotte in PEAD De200 che consentono l'approvvigionamento di tre serbatoi di accumulo a servizio dell'impianto di irrigazione.

Il volume complessivo di accumulo è pari a 250 m³, suddivisi in tre manufatti, aventi volume rispettivamente pari a 100 m³ a 80 m³ e a 70 m³.

È previsto che la portata nelle condotte sia pari a circa 2 l/s, in modo da contenere i tempi necessari al riempimento di ciascun modulo entro tempi accettabili (circa 14 ore per la vasca più grande, circa 11 per quella intermedia e poco meno di 10 ore per la più piccola).

Linea	Diametro o interno	Portata	velocità	scabrezza	Lunghezza	Perdite di carico distribuite	Perdite di carico concentrate	Perdite di carico totali	Pressione
	[mm]	[l/s]	[m/s]	[mm]	[m]	[m]	[m]	[m]	[bar]
1	163,6	2	0.1	0.25	20	0.00	0.00	0.00	1,5
2	163,6	2	0.1	0.25	460	0.04	0.00	0.04	1,5

11. CONCLUSIONI

Nel presente lavoro è stato studiato il bacino del fosso della Cancelliera nella sua interezza per determinarne le sue caratteristiche idrologiche ed idrauliche, è stato sviluppato un modello matematico relativo ai principali elementi del fosso della Cancelliera con particolare riferimento agli attraversamenti che insistono su di esso.

Le caratteristiche idrologiche ed idrauliche del bacino della Cancelliera sono state confrontate ed opportunamente tarate sulla base dei risultati di studi analoghi svolti su fossi appartenenti al medesimo reticolo idrografico.

Tale modello ha permesso di determinare le condizioni di rischio che insistono sul Fosso.

Nella configurazione ante operam ci sono numerosi tombini ed attraversamenti che risultano insufficienti in riferimento alla piena con TR di 200 anni, In particolare, nella rotatoria tra via della Cancelliera e via Ardeatina persiste una condizione di pericolosità idraulica legata all'insufficienza del relativo sottoattraversamento.

Le opere sul fosso della Cancelliera relative al progetto della nuova inalveazione permettono di risolvere le criticità idrauliche presenti allo stato attuale delle prospicenze dell'area individuata per la realizzazione del sito come evidenziato nella configurazione post-operam del modello idraulico.

Nella configurazione post operam le nuove opere non alterano significativamente il rischio idraulico rispetto a quello oggi insistente sul Fosso della Cancelliera, nella parte interessata dagli interventi.

Nelle zone limitrofe alla rotatoria sulla via Ardeatina, subito a valle del nuovo sito, il rischio idraulico invece viene diminuito per effetto del nuovo dimensionamento del tombino sotto la rotatoria stessa.

La presente relazione illustra inoltre lo studio idrologico-idraulico sviluppato per l'intero comparto funzionale destinato al "Parco delle Risorse Circolari". All'interno del documento è proposta la nuova configurazione del tracciato del Fosso della Cancelliera, elaborata in ottemperanza a quanto richiesto dalla nota dell'AUBAC (prot. n. 3417/2025 del 19 marzo 2025).

Nel capitolo dedicato alla verifica della compatibilità idraulica dello scarico di emergenza del troppo pieno della vasca di seconda pioggia, prevista lungo il nuovo tracciato si evidenzia che l'incidenza risulta molto esigua per tutti i tempi di ritorno indagati e pari a 1.4 % per la portata con TR200 e che lo scarico si attiverà

solo in condizioni eccezionali ovvero in caso di esubero di disponibilità idrica o di manutenzione programmata della vasca.

Inoltre, si evidenzia il rispetto del franco idraulico per un evento con TR 200 anni per i tre attraversamenti previsti, tale verifica viene eseguita secondo le disposizioni delle NTC 2018 – Capitolo 5 e della Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, recante le istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" (DM 17 gennaio 2018, G.U. n. 35 dell'11/02/2019 – Suppl. Ordinario n. 5).

Al capitolo 8 è riportato lo studio idrologico idraulico per il rispetto del principio di invarianza idraulica in linea con la Dgr. Lazio n. 117/2020 riferito all'intero comparto funzionale del "Parco delle Risorse Circolari".

Infine, sono stati sviluppati ulteriori scenari di eventi estremi redatti in coerenza con le metodologie adottate dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale per una più ampia garanzia di tutela del territorio.