

ACCORDO OPERATIVO AI SENSI DELL'ART.38 L.R.24/2017
RIGENERAZIONE AD USO RESIDENZIALE DEL COMPARTO EX CASERME
Via Giardini - Modena

COMMITTENTE

CESA COSTRUZIONI S.r.l.
Via Quintino Sella n.3
20121 Milano (MI)
C.F. e P.IVA 01982540369

PROGETTISTI E CONSULENTI**COORDINAMENTO DI PROGETTO, PROGETTAZIONE URBANISTICA,
PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA**

aTEAM Progetti Sostenibili
Via Torre 5 - 41121 Modena
email: info@ateamprogetti.com
tel. +39 059 7114689
Arch. Lucia Bursi, Arch. Elena Fiocchi, Mirco Sileo

**CONSULENZA GEOLOGICA, IDRAULICA E SISMICA**

Dott. Geol. Valeriano Franchi
Viale Caduti in Guerra 1 - 41121 Modena
email: valerianofranchi@gmail.com
tel. +39 335 6611883

PROGETTO DEL VERDE

Dott. Paolo Filetto
email: paolovincenzo.filetto@gmail.com
tel. 339 5910874

PROGETTAZIONE OPERE DI URBANIZZAZIONE E OPERA PUBBLICA

Ingegneri Riuniti
Via G. Pepe, 15 - 41126 Modena
e-mail: info@ingegneririuniti.it
Tel. 059.33.52.08 - Fax 059.33.32.21
OOUU: Dott. Ing. Federico Saldari, Dott.sa Ing. Erica Guasconi
Opere stradali: Dott. Ing. Lorenzo Ferrari, Dott. Ing. Davide Galliani

**CONSULENZA ACUSTICA, QUALITA' DELL'ARIA E MOBILITA'**

Praxis Ambiente Srl
Via Canaletto Centro 476/A - 41121 Modena
email: info@praxisambiente.it
tel. +39 059 454000
Dott. Carlo Odorici - Ing. Roberto Odorici

**CONSULENZA ARCHEOLOGICA**

AR/S Archeosistemi S.C.
Via Nove Martiri 11/A - Reggio Emilia (RE)
email: barbarasassi@archeosistemi.it
tel. +39 0522 532094
Dott.ssa Barbara Sassi



NOME FILE:		ELABORATO DA:	APPROVATO DA:	OGGETTO:
GIA_AO_PU_R05_Relazione idraulica		VF	FB	Accordo Operativo ai sensi dell'art.38 L.R.24/2017 Rigenerazione ad uso residenziale del comparto Ex Caserme di Via Giardini
CARTELLA:		PROTOCOLLO:		TITOLO ELABORATO:
\\192.168.1.210\condivisa\lavori valela-team\via giardini\cartiglio\gia_ao_cartiglio - standard		000		Relazione idraulica
REV.	DATA	NOTE		
COLLABORATORI				
Dott. Geol. Marco Sacchi				
SCALA:			DATA:	
			03/05/2024	

INDICE

1.	PREMESSA	2
2.	INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	3
3.	IDROGRAFIA.....	5
4.	IL PROGETTO	7
5.	GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO E SMALTIMENTO DELLE ACQUE.....	8
	5.1. Stima del valore di deflusso attuale dell'area	9
6.	ANALISI DEI SATI PLUVIOMETRICI	10
	6.1. Ietogramma sintetico di progetto tipo Chicago	11
	6.2. Ietogramma di pioggia netto	12
	6.3. Determinazione dei tempi di corrivazione.....	15
	6.4. Trasformazione afflussi-deflussi	16
7.	SISTEMA DI DRENAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE	18
	7.1. Dimensionamento sistema di laminazione privato	18
	7.2. Dimensionamento sistema di laminazione pubblico	19
	7.3. Rete di fognatura acque bianche.....	19
8.	SISTEMA DI SMALTIMENTO ACQUE REFLUE.....	20
9.	RISPARMIO E RIUSO DELLE ACQUE	21
	9.1. Dimensionamento sistema di recupero delle acque meteoriche (Norma UNI/TS 11445:2012).....	21

1. PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto le valutazioni di natura idraulica funzionali alla definizione della soluzione progettuale del sistema di drenaggio urbano delle acque meteoriche e di raccolta e smaltimento delle acque reflue a servizio del progetto di riqualificazione urbana del Comparto Ex Caserme, ubicato lungo la Via Giardini, nella parte sud ovest del territorio urbanizzato della città di Modena.

All'interno del comparto si distinguono l'area di intervento residenziale, concentrata nella parte sud di estensione pari a 9.333 mq di SF in cui è prevista la realizzazione di quattro edifici residenziali, e le aree di cessione, distinte tra le infrastrutture per l'urbanizzazione degli insediamenti, le attrezzature e spazi collettivi e le dotazioni ecologiche.

Le soluzioni tecniche previste per le reti di drenaggio urbano del comparto in oggetto implicano la diversificazione dei deflussi delle acque reflue di origine antropica dalle acque di origine meteorica, così che le prime possano essere recapitate nella rete fognaria pubblica, e le ultime possano essere smaltite nella rete dei canali superficiali esistenti.

Si prevede quindi la realizzazione di due reti separate, una per le acque nere e una per le acque bianche, a servizio del comparto in oggetto, i cui recapiti individuati sono:

- Le acque bianche saranno recapitate nel Cavo Cerca, un canale che scorre interrato in uno scatolare 2x2 m su via Giardini, lungo il confine ovest del comparto in esame, che nel centro urbano di Modena confluisce nel Canale Naviglio, quindi nel Fiume Panaro.
- Le acque nere saranno recapitate nel collettore fognario comunale che scorre anch'esso in uno scatolare interrato 2x2 m, affiancato al Cavo Cerca, sul lato ovest, sempre lungo via Giardini.

Il sistema di gestione delle acque meteoriche è stato sviluppato separando i sistemi di laminazione a servizio del comparto privato residenziale e di quello pubblico delle urbanizzazioni. Entrambi i sistemi confluiranno in un'unica rete che prevede un nuovo punto di allaccio al recettore finale, nella zona nord-ovest del comparto. Per quanto riguarda la rete fognaria di scolo delle acque nere, il sistema di gestione è stato sviluppato in modo da far confluire la nuova rete di raccolta dei reflui provenienti dagli edifici nel collettore fognario comunale lungo via Giardini, mediante due nuovi punti di allaccio, uno a sud e uno a nord.

Nella presente relazione si riportano anche le valutazioni di natura idraulica che hanno portato al rispetto del principio di attenuazione idraulica dell'intervento in oggetto, come richiesto dalla normativa RE di riferimento.

Infine, sono stati preliminarmente dimensionati i sistemi di accumulo delle acque meteoriche per il tema del riuso e risparmio idrico.

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area d'intervento si trova a sud di Modena a margine del tessuto residenziale, a est della via Giardini. A nord confina con l'edificio dismesso ed ex carcere all'incrocio con Via Panni, a ovest è delimitata da Via Giardini, ad est dal canale di Formigine e a sud da un'area libera di proprietà comunale identificata come territorio rurale.

Si tratta di un'area già da tempo antropizzata, ma da molti anni in disuso, sulla quale sono presenti ampie superfici verdi e due fabbricati diroccati.

. Dal punto di vista topografico, l'area si trova in corrispondenza di una zona pianeggiante di media pianura, con una debole pendenza verso NNE, e con quote che, in corrispondenza dell'area, sono prossime a 42 m s.l.m.

Per quanto riguarda il sistema idrografico, esso è rappresentato da canali del sistema di bonifica. Nello specifico, il Cavo Cerca, tombato, corre lungo via Giardini, sul lato ovest del comparto, procedendo verso nord dove confluisce nel Canale Naviglio nel centro urbano di Modena. Sul lato est del comparto è presente il Canale di Formigine, un corso d'acqua ad uso irriguo che scorre in parte pensile fino al centro urbano di Modena, per poi interrarsi e confluire nel Cavo Cerca.

Il clima è caratterizzato, nel periodo 1991-2015, da precipitazioni totali annue, in media, di 655 mm e temperature medie annue di 14,5°C, pari, rispettivamente, ad una variazione di +13 mm e +1,4°C rispetto al periodo 1961-1990.

Nella cartografia regionale, l'area è compresa nella Tavola alla scala 1:25.000 n. 201SE denominata "Modena", nella Sezione alla scala 1:10.000 n. 201150 denominata "Modena Sud-Ovest" e nell'Elemento alla scala 1:5.000 n. 201151 denominato "Modena Sud Ovest".

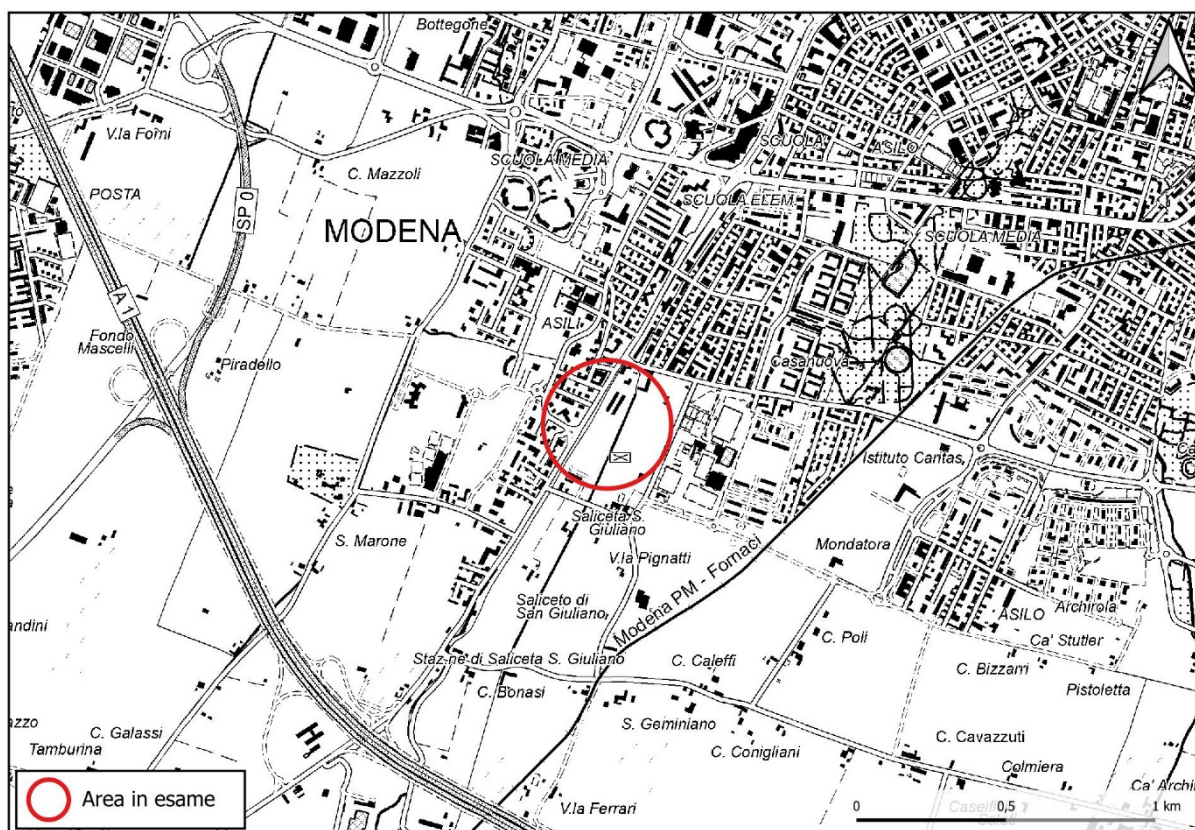


Immagine 2.1 - Inquadramento geografico su C.T.R. con dettaglio topografico a scala 1:25.000 – Tavola nr. 201SE denominata “Modena”.

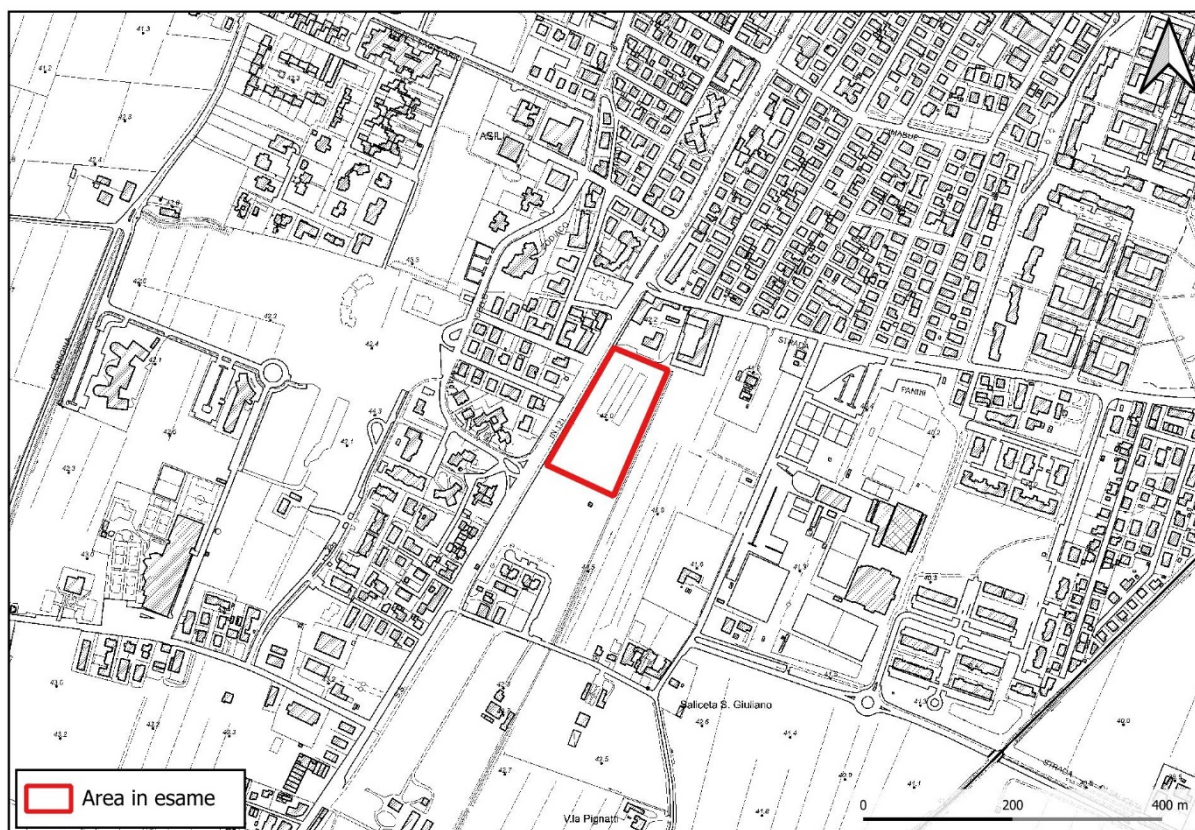


Immagine 2.2 - Ubicazione dell'area d'indagine su C.T.R. con dettaglio topografico a scala 1:5.000 – Elemento n. 201151 denominato “Modena Sud-Ovest”.



Immagine 2.3 - Localizzazione dell'area in esame su base Google Earth

3. IDROGRAFIA

La zona in esame ricade nella media pianura modenese, collocata tra i due principali fiumi modenesi, il Panaro ad est ed il Secchia ad ovest, distanti rispettivamente 7 km e 9 km circa.

Oltre ai suddetti corsi d'acqua naturali, il territorio della città di Modena è attraversato da una fitta rete idrografica minore di cui fanno parte numerosi canali, che scorrono a cielo aperto o parzialmente tombati, che confluiscono nel Canale Naviglio, che a sua volta si immette nel Fiume Panaro in località Bomporto.

L'area in esame si colloca anch'essa all'interno del bacino del Canale Naviglio, ed è delimitata ad ovest dal corso del Cavo Cerca, che corre tombato parallelo a via Giardini, e ad est dal Canale di Formigine, che corre a cielo aperto parallelo al confine orientale del comparto, per poi confluire nel primo corso d'acqua (Immagine 3.1).



Immagine 3.1 – Reticolo idrografico della zona di studio

Il Cavo Cerca è un canale a cielo aperto che corre parzialmente tombato in corrispondenza delle aree urbane, compreso il tratto lungo via Giardini all'altezza dell'area in esame. Il canale nasce a Formigine come recettore delle acque di pioggia del territorio urbano e, dopo un percorso di circa 12 km lungo i quali riceve altri contributi, confluisce attraverso il Canale Soratore nel Naviglio, nell'area urbana di Modena.

In corrispondenza della divisione del Canale di Modena ad ovest di Formigine, si originano il Canale di Corlo, che prosegue verso nord, e il Canale di Formigine, che devia verso est. Quest'ultimo attraversa il territorio urbano di Formigine e Baggiovara seguendo il percorso di via Giardini fino alla periferia di Modena, dove attraversa zone prevalentemente agricole, passando sul lato est del comparto in esame e proseguendo verso nord tombato al di sotto della zona urbana sino alla sua confluenza nel suddetto Cavo Cerca.

4. IL PROGETTO

Il progetto di riqualificazione urbana del Comparto Ex Caserme è ubicato lungo la Via Giardini, nella parte sud ovest del territorio urbanizzato della città di Modena e fa parte del cosiddetto Rione 08 Saliceta San Giuliano – Villaggio Zeta.

L'area di intervento residenziale (esclusa opera pubblica) è identificata catastalmente al Fg. 198, mapp. 306, 307, 308, 309, 312, con consistenza catastale pari a 16.417,82 mq.

A nord confina con l'edificio dismesso ed ex carcere all'incrocio con Via Panni, a ovest è delimitata da Via Giardini, ad est dal canale di Formigine e a sud da un'area libera di proprietà comunale identificata come territorio rurale.

All'interno del comparto si distinguono l'area di intervento residenziale, concentrata nella parte sud di estensione pari a 9333 mq di SF, e le aree di cessione, distinte tra le infrastrutture per l'urbanizzazione degli insediamenti (P1), le attrezzature e spazi collettivi (P2+V+AD) e le dotazioni ecologiche.

È inoltre prevista la realizzazione di una nuova infrastruttura stradale fuori comparto di collegamento tra Via Giardini e Stradello San Giuliano, costituita da due rotatorie di innesto alla viabilità esistente e da una carreggiata a due corsie a doppio senso di marcia affiancata da una pista ciclabile e da un percorso pedonale.

L'accesso carrabile all'area di intervento è consentito sia da Via Giardini, da cui si accede anche al parcheggio di urbanizzazione primaria, che da sud, tramite la nuova infrastruttura viaria. La viabilità privata interna al comparto si sviluppa sul lato est innestandosi ai due ingressi nord e sud e consentendo il collegamento con il sistema dei parcheggi pertinenziali a raso e seminterrato.

L'accesso pedonale all'area avviene attraverso un percorso pedonale parallelo all'area di parcheggio pubblico che si innesta a quello preesistente su Via Giardini e consente l'ingresso all'area residenziale, servita da percorsi pedonali interni continui di collegamento ai fabbricati.

Questo assetto distributivo consente di limitare l'accesso delle automobili alle aree esterne del lotto meno nobili e di rendere ad esclusivo utilizzo pedonale e ciclabile una vasta area esterna verde che svolge un ruolo significativo e attorno alla quale si distribuiscono 4 edifici residenziali.

La corte interna si trova ad una altezza rialzata di 1,10 m rispetto agli ingressi degli edifici, perché ubicata al di sopra del parcheggio comune seminterrato. Questo dislivello è risolto all'esterno tramite aree verdi in pendenza di accompagnamento alla corte interna. Sul confine ovest, si prevede invece la piantumazione di un filare alberato a separazione e filtro dalla Via Giardini.

Ogni edificio conta 9 alloggi distribuiti su 5 piani (uno al piano terra, due ai 4 piani superiori) per un totale di 36 unità abitative. Al piano terra sono anche ubicati una zona di posteggio biciclette, 4

cantine, un vano tecnico e un locale ad uso comune. Il piano interrato è caratterizzato da un'area centrale comune dove sono distribuiti i garage, collegata ai 4 lati ai corpi scala.



Immagine 4.1 – Estratto Planimetria di inquadramento (si rimanda agli elaborati progettuali per maggiori dettagli)

5. GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO E SMALTIMENTO DELLE ACQUE

Per garantire la corretta gestione delle acque di scolo che interessano il progetto di riqualificazione, si è fatto riferimento alle indicazioni e prescrizioni di cui all'Art. III.IV.2 Depurazione e smaltimento delle acque del Regolamento Edilizio di Modena.

Al comma 11 del medesimo articolo sono indicate le procedure di verifica per l'applicazione dei principi di gestione del rischio idraulico sul territorio, a seconda della tipologia di intervento di trasformazione urbanistica previsto.

Nel caso in oggetto si ricade al punto b (*contesti già consolidati ricompresi nel territorio urbanizzato, nel caso di Accordo Operativo, PAIP, articolo 53 lettera b*), *Permesso di Costruire convenzionato e nuove costruzioni ad intervento diretto e non*) nella tipologia 1) ($St = 0.5 \div 2$ ha).

Per tale tipologia il RE indica di procedere con *l'applicazione del principio dell'attenuazione idraulica, con riduzione di portata specifica in uscita almeno pari al 30% rispetto al valore specifico di deflusso proprio dell'area oggetto di intervento in condizioni ante-operam (coefficiente udometrico da determinarsi nel caso specifico sulla base delle effettive caratteristiche di stato di fatto dell'esistente); tempo di ritorno di riferimento per il dimensionamento della rete di drenaggio delle acque meteoriche interna al comparto: $T_{rete} = 20$ anni; tempo di ritorno di riferimento per il dimensionamento del volume di invaso: $T_{invaso} = 50$ anni.*

5.1. Stima del valore di deflusso attuale dell'area

Per il calcolo del valore di deflusso ante-operam sono state considerate solo le superfici che scoleranno nel sistema fognario in progetto, di estensione complessiva pari a 7.865 mq (edifici, pavimentazioni e aree verdi collegate alla rete di drenaggio).

A queste superfici è stato assegnato un coefficiente udometrico ante-operam pari a 10 l/s per ettaro. In via del tutto cautelativa, infatti, tutta l'area è stata considerata come se ad oggi fosse completamente verde, senza considerare la presenza di alcune aree occupate da vecchi edifici.

Secondo le stime effettuate, la portata in uscita dal comparto in oggetto ante-operam risulta pari a 7,9 l/s.

Considerando che il valore di deflusso post-operam dovrà essere ridotto del 30% rispetto a quello ante-operam, come richiesto dalla normativa, l'intervento nel suo complesso dovrà garantire una portata in uscita non superiore a 5,5 l/s.

Nello specifico, per il lotto privato, le cui superfici scolanti ammontano a circa 6.896 mq, risulta una portata massima in uscita di 4,8 l/s, mentre per il lotto pubblico, le cui superfici scolanti ammontano a circa 969 mq, risulta una portata massima in uscita di 0,7 l/s.

Per il dimensionamento dei sistemi di laminazione si rimanda al successivo Capitolo 7.

6. ANALISI DEI SATI PLUVIOMETRICI

Si descrivono di seguito i passaggi metodologici che hanno permesso il dimensionamento dei sistemi di laminazione delle acque meteoriche intercettate dal comparto in esame.

Lo studio è mirato alla determinazione delle portate al colmo di piena al fine di stabilire l'entità delle altezze idrometriche e, dati i valori delle portate massime di scarico in uscita dal comparto, dimensionare il volume da attribuire ai sistemi di accumulo per laminare l'onda di piena.

Tenendo conto, quindi, che le piene sono rappresentate da rapidi innalzamenti della superficie libera della corrente conseguenti ad un incremento di portata, che nella maggior parte dei casi sono provocati da precipitazioni di forte intensità, e che tali fenomeni dipendono dalla dimensione spaziale del bacino (estensione, configurazione planimetrica e geomorfologica, modalità di deflusso) e dalla dimensione temporale (durata dell'evento di pioggia, sua intensità a parità di durata) la stima delle portate di massima piena può essere condotta attraverso due tipi d'indagine: la prima, in modo diretto, elaborando statisticamente dati di portata misurati in corrispondenza di una sezione o più sezioni; la seconda, con sistemi indiretti, che fanno ricorso a metodi empirici o a modelli matematici di trasformazione afflussi - deflussi.

Per le elaborazioni statistiche dei dati di portata non è stato possibile reperire registrazioni dirette effettuate sulle sezioni di chiusura del bacino in esame.

Per quanto riguarda invece i metodi indiretti, la generazione dell'idrogramma di piena di assegnato tempo di ritorno presuppone la ricostruzione sintetica di uno ietogramma di progetto avente lo stesso tempo di ritorno dell'onda che si vuol generare. L'idrogramma di piena scaturisce da una convoluzione dello ietogramma con l'idrogramma unitario di piena relativo al bacino da simulare. Per ietogramma di progetto si intende un evento pluviometrico generato sinteticamente, con l'obiettivo di pervenire ad un corretto dimensionamento del reticolo superficiale di drenaggio. Allo ietogramma di progetto viene associato un tempo di ritorno in quanto le sue caratteristiche (ad esempio l'intensità di picco, il volume totale etc.) possono, in tal modo, trovare corrispondenza in calcoli probabilistici. In particolare è stato applicato il metodo dello ietogramma costante, di assegnato tempo di ritorno, che viene dedotto dalle curve di possibilità pluviometrica con l'ipotesi che l'andamento temporale dell'intensità di pioggia sia costante per tutta la durata dell'evento.

La determinazione delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica è un passaggio di fondamentale importanza per caratterizzare la quantità ed intensità della precipitazione che può gravare sulla zona di progetto; a tal fine i metodi di analisi idrologica dei bacini permettono di individuare i parametri a ed n che individuano le curve di possibilità pluviometrica specifiche della zona considerata, in funzione di differenti tempi di ritorno T , curve che solitamente sono esprimibili nella forma monomia:

$$h(T) = a(T) \cdot t^n$$

dove:

h = altezza di pioggia (mm)

a = intensità della pioggia espressa in millimetri caduti in un'ora (mm/ora) relativa al tempo di ritorno T considerato

t = durata della pioggia (ore)

n = parametro adimensionale (valore < 1)

T = tempo di ritorno

I valori dei coefficienti a ed n della curva di possibilità pluviometrica media rappresentativa del bacino in esame e utilizzati nel presente lavoro, sono stati ricavati dai parametri idrologici di riferimento indicati al comma 14 dell'Art. III.IV.2 del RE, per tempi di ritorno di 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anni.

T (anni)	Coeff. "a"	Coeff. "n ₁ "	Coeff. "n ₂ "
2	24,1	0,3665	0,2793
5	33,0	0,3384	0,2718
10	39,0	0,3272	0,2687
20	44,7	0,3193	0,2664
50	52,1	0,3118	0,2643
100	57,6	0,3074	0,2630

La curva di possibilità pluviometrica di progetto scelta è quella corrispondente ad un tempo di ritorno pari a **TR = 50 anni**, come richiesto dalla normativa (Art. III.IV.2 comma 11 del RE) che ha la seguente espressione:

$$h = 52,1 \cdot t^{0,3118}$$

dove h è espresso in mm e t in ore, con $a = 52,1$ mm/h e $n = 0,3118$.

Successivamente è stato costruito, a partire dalla curva utilizzata, uno ietogramma sintetico di tipo Chicago al fine di poter sollecitare la rete con eventi di pioggia particolarmente gravosi e di poterne valutare conseguentemente il comportamento tramite l'utilizzo di software dedicati alle simulazioni dinamiche (Urbis 2003 v.2).

6.1. Ietogramma sintetico di progetto tipo Chicago

Per le simulazioni del comportamento dinamico della rete in progetto, sollecitata dai massimi eventi di pioggia, si è fatto ricorso a ietogrammi sintetici convenzionali, non essendo disponibili, come è peraltro caso frequente, ietogrammi storici particolarmente gravosi.

Dunque, per verificare tramite modello dinamico il comportamento della rete di drenaggio pluviale si è fatto riferimento allo ietogramma convenzionale di tipo Chicago, con durata dell'evento di pioggia pari a 30 minuti con picco di intensità della precipitazione posto a circa un terzo (30%) della durata dell'intero evento piovoso.

Per le reti di drenaggio a servizio del comparto in esame è stato utilizzato lo ietogramma Chicago descritto nella seguente immagine, da cui risulta una portata di picco pari a 288 l/s ed un volume totale piovuto di circa 42 mm, valori cosiddetti non depurati, cioè non rappresentativi dell'effettivo volume che durante una precipitazione giunge al ricettore finale.

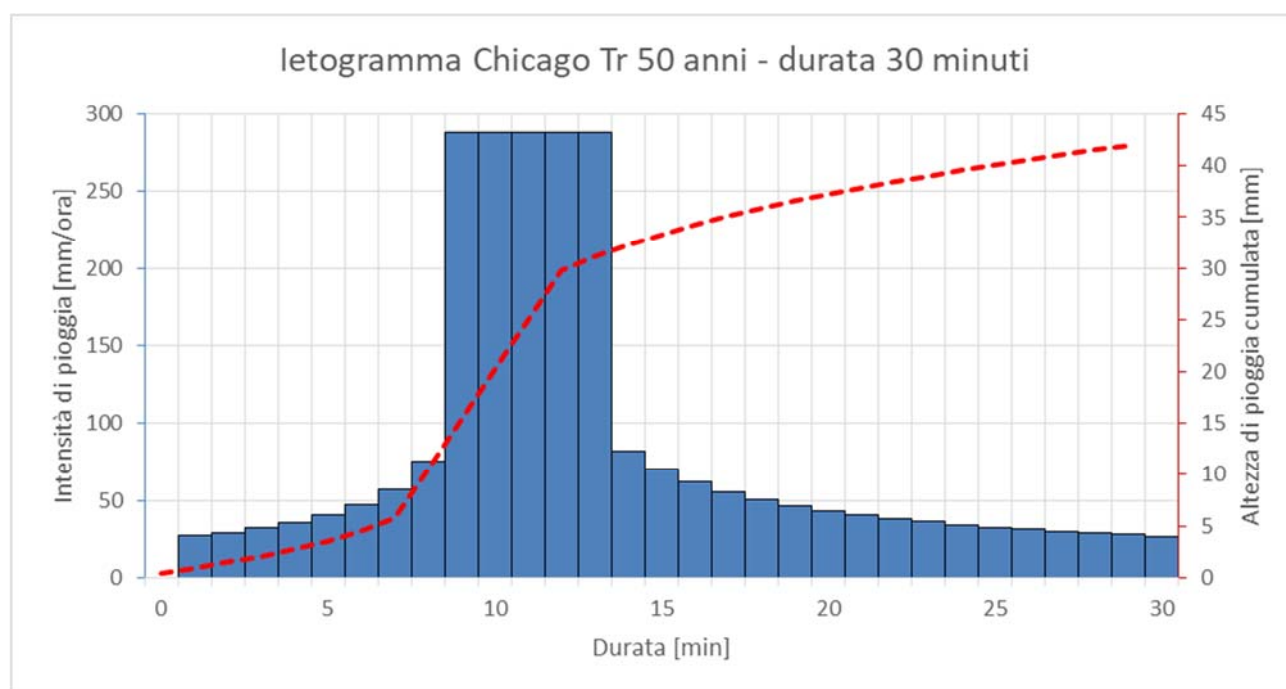


Immagine 6.1.1 – Ietogramma tipo Chicago. In blu l'intensità della pioggia in mm/h, in rosso l'altezza di pioggia cumulata in mm.

6.2. Ietogramma di pioggia netto

Come detto, non tutto il volume affluito durante una precipitazione giunge alla rete idrica superficiale, vi sono infatti fenomeni idrologici legati all'infiltrazione ed all'immagazzinamento di acque nelle depressioni superficiali che incidono sul volume d'acqua piovuta.

Un metodo per ottenere la pioggia netta è quello del CN (Curve Number) del Soil Conservation Service statunitense.

L'indice CN (Curve Number), compreso tra 0 e 100, è diffusamente tabulato nella letteratura statunitense.

Una tabella abbastanza esauriente è quella riportata di seguito.

Tipo di copertura (uso del suolo)	TIPO SUOLO			
	A	B	C	D
TERRENO COLTIVATO				
Senza trattamento di conservazione	72	81	83	91
Con interventi di conservazione	62	71	78	81
TERRENO DA PASCOLO				
Cattive condizioni	68	79	86	89
Buone condizioni	39	61	74	90
PRATERIE				
Buone condizioni	30	58	71	78
TERRENI BOSCOSSI O FORESTATI				
Terrano sottile, sottobosco povero, senza foglie	45	66	77	83
Sottobosco e copertura buoni	25	55	70	77
SPAZI APERTI, PRATIRASATI, PARCHI				
Buone condizioni con almeno il 75% dell'area con copertura erbosa	39	61	74	80
Condizioni normali, con copertura erbosa intorno al 50%	49	69	79	84
AREE COMMERCIALI (impermeabilità 85%)	89	92	94	95
DISTRETTI INDUSTRIALI (imper. 72%)	81	88	91	93
AREE RESIDENZIALI				
Impermeabilità media %	77	83	90	92
65	61	73	83	87
38	57	72	81	86
30	54	70	80	85
25	51	68	79	84
PARCHIEGGI IMPERMEABILIZZATI	98	98	98	98
STRADE				
Pavimentate con cordoli e fognature	98	98	98	
Inghiaiate o selciate con buche	76	85	89	91
In terra battuta (non asfaltate)	72	82	87	89

Immagine 6.2.1 – Indici CN per tipologia di suolo, alla condizione di umidità di tipo standard

Si tenga presente che i tipi di suolo A, B, C, D si riferiscono alla classificazione del Soil Conservation Service riportata nella seguente tabella.

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 dalla superficie.

Immagine 6.2.2 – Caratteristiche di permeabilità del suolo secondo la suddivisione del Soil Conservation Service.

Nello studio sono stati considerati terreni prevalentemente di tipo limo-argilloso, che possono essere considerati nella tabella precedente come C.

Le destinazioni d'uso previste hanno quindi permesso di attribuire un valore del parametro CN, dedotto in condizioni medie di umidità del terreno, in relazione al rapporto di copertura delle superfici. In particolare, assimilando l'area in esame ad un'area residenziale, come riportato in Immagine 6.2.1 si è assegnato un valore di **CN 90**. Si tenga presente che oltre alle superfici impermeabili degli edifici residenziali e delle strade, l'intervento prevede la massimizzazione delle superfici permeabili e semipermeabili, attraverso aree verdi e l'adozione di pavimentazioni drenanti per i percorsi pedonali e ciclabili, per i parcheggi, oltre alla copertura del piano interrato con tetto verde.

Vengono anche considerate le perdite che avvengono nel bacino per effetto dell'immagazzinamento nelle depressioni superficiali del terreno. Nel caso di terreni impermeabili, i volumi invasati nelle depressioni superficiali sono sottratti alla precipitazione depurata della quota parte infiltratesi, nel caso di terreni permeabili si farà riferimento alla pioggia lorda.

La tabella seguente (Pecher, 1969-1970) si riferisce al volume massimo di acqua ritenibile nelle depressioni superficiali, una volta riempite.

TIPO DI SUPERFICIE	VOLUME SOTTRATTO (mm)
Perdite dovute al velo d'acqua	
Aree impermeabili (tetti, strade asfaltate, marciapiedi)	0.2 - 0.5
Aree permeabili (giardini, parchi, terreno arabile)	0.2 - 5.0
Perdite dovute al riempimento di depressioni	
Aree permeabili molto lisce	0.2 - 0.4
Aree impermeabili lisce	0.5 - 0.7
Aree coperte con scarsa vegetazione, prati, pascoli	0.6 - 2.5
Aree coperte con densa vegetazione	2.5 - 4.0

Immagine 6.2.3 – Volume ritenibile sulle superfici (Pecher, 1969-1970).

Per quanto attiene il valore del parametro I_a (Initial abstraction o depurazione iniziale) il Soil Conservation Service consiglia di assumere $I_a = 0.2 S'$ che conduce, a detta di parecchi Autori, a valori eccessivamente alti di I_a e quindi a sottostime dei volumi di piena.

Nell'uso pratico e per scopi progettuali si adottano per I_a valori non superiori a 2-4 mm come risulta dalla tabella sopra riportata e che può essere convenientemente utilizzata nel caso dei bacini modenesi.

Nel nostro caso si è scelto di considerare $I_a = 2$ mm, cioè perdite dovute al velo d'acqua superficiale per uno spessore di 2 mm.

Si ottiene quindi un coefficiente di afflusso in rete di circa 0,56, per eventi meteorici con tempo di ritorno cinquantennale, da cui si ottiene lo ietogramma di pioggia netto (depurato) descritto nella seguente figura, e da cui risulta una portata di picco pari a 208 l/s ed un volume totale piovuto pari a 23,4 mm.

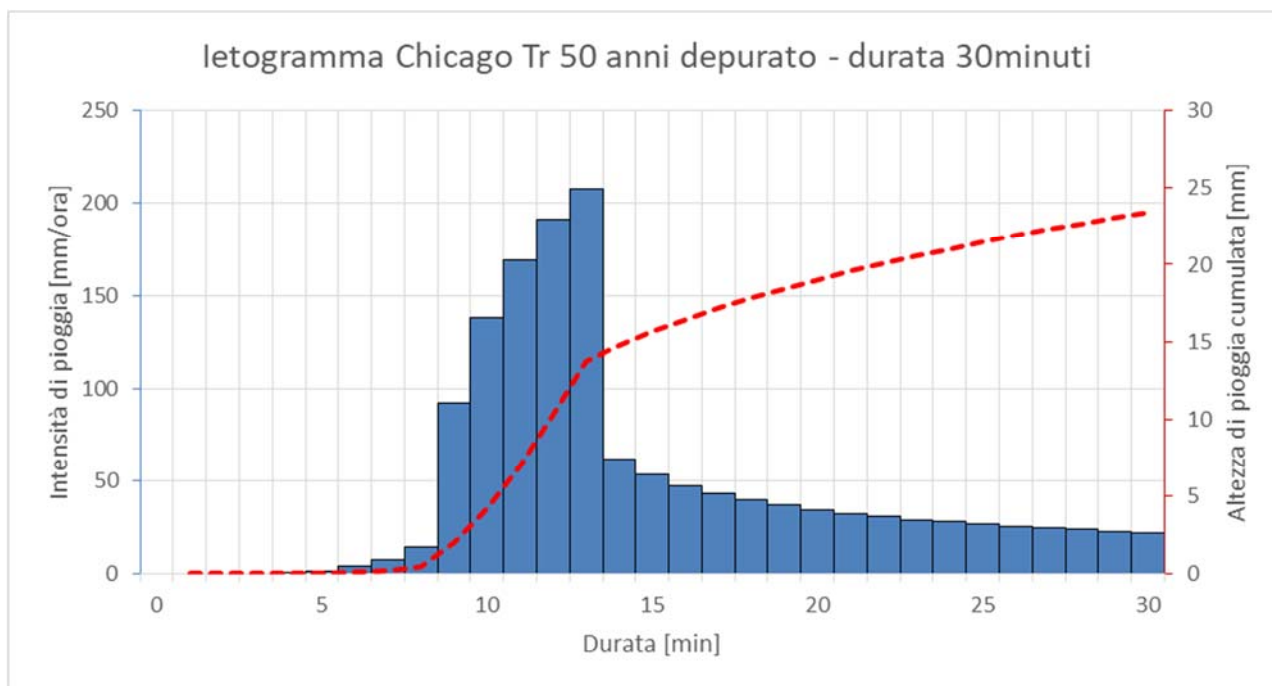


Immagine 6.2.4 – Ietogramma di pioggia netto. In blu l'intensità della pioggia in mm/h, in rosso l'altezza di pioggia cumulata in mm che porta ad un coefficiente di afflusso in rete di circa 0,56, per eventi meteorici con tempo di ritorno cinquantennale.

6.3. Determinazione dei tempi di corrivazione

Come ricordato più sopra, la formazione dell'onda di piena è influenzata oltre che dalle caratteristiche fisiche del bacino descritte sinteticamente dal coefficiente di deflusso (individuato al paragrafo precedente), anche dal tempo di corrivazione, rappresentabile mediante l'espressione:

$$t_c = t_a + t_r$$

ove t_a è il tempo di accesso alla rete relativo al sottobacino drenato dal condotto fognario posto all'estremità di monte del percorso idraulico più lungo e t_r è il tempo di rete.

Per la stima del tempo di corrivazione, calcolabile come somma dei tempi di percorrenza della canalizzazione seguendo il percorso più lungo della rete, si utilizza solitamente la formula del metodo cinematico indicata più sotto.

Nel caso specifico, considerato che il comparto prevede una parte privata residenziale e una parte pubblica di urbanizzazione (fascia nord), per mantenere distinta la gestione delle acque meteoriche, le superfici scolanti possono essere suddivise in due sottobacini.

Si è quindi proceduto al calcolo del tempo di corrivazione per il sottobacino privato e per quello pubblico, utilizzando la formula sotto riportata, stimando il percorso (L) dal punto più a monte del bacino alla sezione di chiusura, mentre per la velocità di percorrenza (v) richiesta dal metodo cinematico è stato adottato un valore medio in condizioni di piena pari a 0,6 m/s.

$$T_{c,1} = \frac{L}{v}$$

Considerando le lunghezze dei tratti di ciascun bacino, circa 200 m la parte residenziale e circa 80 m per la parte delle urbanizzazioni, sono risultati tempi di corrivazione rispettivamente di circa 10 e 3 minuti, compreso anche il tempo di ingresso alla fognatura stimato cautelativamente in circa 1-4 minuti a seconda dell'estensione del bacino.

6.4. Trasformazione afflussi-deflussi

Per la determinazione dei valori di deflusso immessi nella rete fognaria è stato utilizzato il modello di calcolo "URBIS 2003 v.2" che consente, a partire da una precipitazione nota o da una curva di possibilità pluviometrica di assegnato tempo di ritorno, di ricavare l'intera onda di piena e relativa portata al colmo alla sezione di chiusura attraverso la "convoluzione" con l'Idrogramma Unitario Istantaneo (IUH) del bacino.

Nel caso in oggetto, l'IUH è stato calcolato, per ogni sottobacino, con il modello di NASH che interpreta il bacino come una "cascata" di serbatoi lineari, in particolare si è fissato un numero di serbatoi pari a 3 ed un tempo di corrivazione t_c pari ai tempi di corrivazione sopra stimati (3 per il la parte pubblica e 10 per la parte privata residenziale; in tale modello l'idrogramma unitario istantaneo IHU assume la forma:

$$h(t) = \frac{1}{K \cdot (n-1)!} \cdot \left(\frac{1}{k}\right)^{n-1} \cdot e^{-\left(\frac{1}{k}\right)}$$

dove k , denominata costante d'invaso, ha le dimensioni di un tempo e rappresenta il suddetto legame di proporzionalità tra il volume W invasato nel bacino e la portata uscente Q . La costante di invaso lineare k non ha alcun significato fisico, ma è solo un valore concettuale e risulta pertanto un parametro di taratura del modello.

Nella pratica progettuale, la costante di invaso k è espressa secondo la formula empirica:

$$k = 0,5 \cdot \frac{t_c}{n-1}$$

Si è proceduto infine alla convoluzione degli ietogrammi netti con gli idrogrammi unitari specificando in input la superficie dei sottobacini, e si sono ottenuti gli idrogrammi di piena in uscita da ciascun sottobacino.

I valori di portata al colmo di piena calcolati per un tempo di ritorno di 50 anni per i due sottobacini considerati sono risultati pari a 178 l/s per la parte privata residenziale e 45 l/s per la parte pubblica delle urbanizzazioni.

Nelle seguenti figure, usando il Modello di Nash, vengono riportati gli idrogrammi di piena ricavati per piogge aventi tempo di ritorno di 50 anni incidenti nell'area in esame per ciascun sottobacino, utilizzando un CN=90 come prima definito, funzionale al dimensionamento dei sistemi di laminazione.

Per il sottobacino privato si è ottenuto un valore di portata di picco di circa 178 l/s, mentre per il sottobacino pubblico un valore di portata di picco di circa 45 l/s.

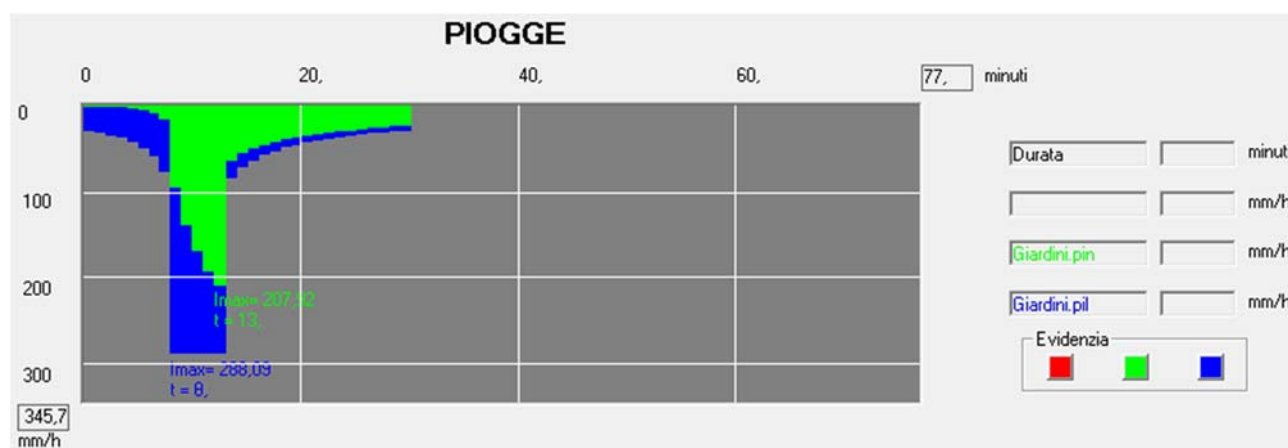


Immagine 6.4.1 – Intensità di pioggia lorda (blu) e netta (verde)) (Risultati delle elaborazioni effettuate utilizzando il programma di idrologia “Urbis 2003 v.2”, a cura di P.Mignosa e A.Paoletti).

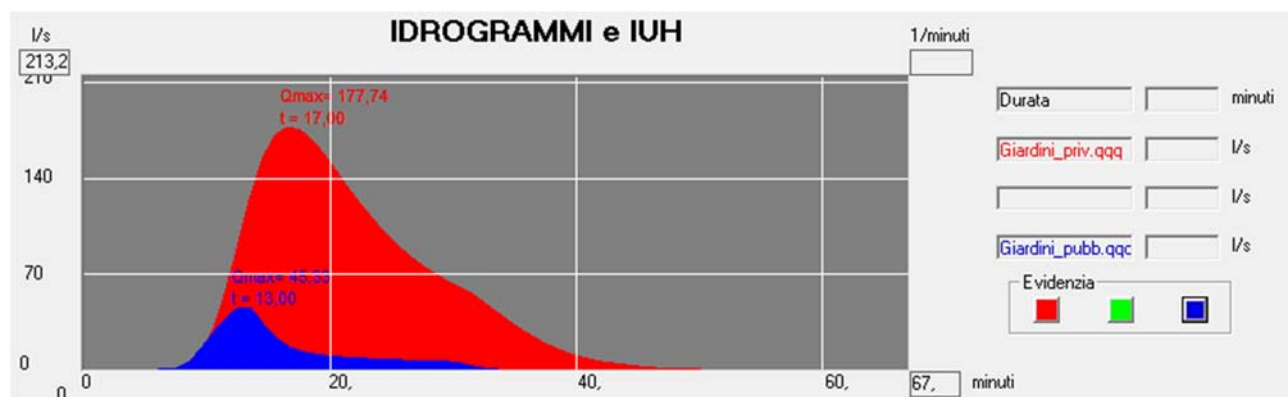


Immagine 6.4.2 – Idrogramma di piena del sottobacino privato residenziale (rosso) e del sottobacino pubblico delle urbanizzazioni (blu).

L'adozione di modelli diversi di tipo “afflussi-deflussi” o di formule empiriche di tradizionale e comune utilizzo in campo idrologico porta ad ottenere risultati che sostanzialmente confermano l'ordine di grandezza delle presenti valutazioni e ne attestano in tal modo l'attendibilità.

7. SISTEMA DI DRENAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE

Il sistema di raccolta e smaltimento delle acque dell'area in oggetto è previsto mediante la realizzazione di due reti separate, una per le acque bianche e una per le acque nere.

La rete delle acque bianche a sua volta sarà costituita da due reti distinte, una afferente l'area privata residenziale ed una afferente l'area pubblica delle urbanizzazioni, ciascuna dotata di un sistema di laminazione. Il recapito finale è individuato nel Cavo Cerca che scorre tombato lungo via Giardini, ad ovest del comparto.

Per gli schemi delle reti fognarie si rimanda agli elaborati di progetto.

7.1. Dimensionamento sistema di laminazione privato

Il dimensionamento del sistema di laminazione è stato effettuato partendo dall'idrogramma di piena ottenuto per il sottobacino privato residenziale, che prevede una portata di picco di circa 178 l/s. Assegnando al sottobacino la portata massima scaricabile precedentemente calcolata come da normativa, pari a 4,8 l/s, si è ricavato un **volume da destinare alla laminazione di 151 mc**, necessario per laminare l'onda di piena.

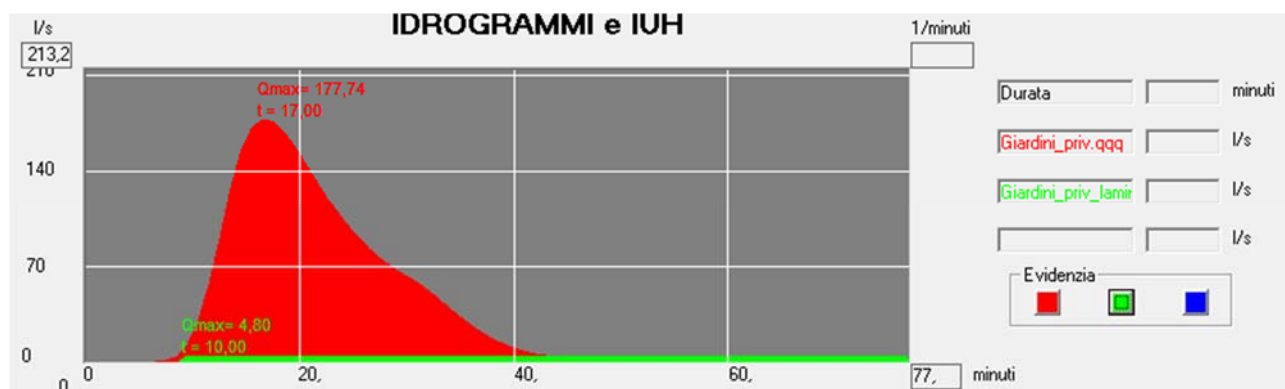


Immagine 7.1.1 – Idrogramma di piena (rosso) e idrogramma di piena laminato (verde) con volume di accumulo necessario pari a 151 mc e con portata massima in uscita tarata a 4,8 l/s riferito al bacino privato residenziale

Si prevede di ricavare il volume necessario mediante il sovradimensionamento delle dorsali fognarie principali, previste lungo gli assi interni della viabilità. A titolo puramente indicativo, uno scatolare delle dimensioni di 1x1 m e di lunghezza di 160 m consente di accumulare 160 mc, sufficienti per garantire la laminazione dell'onda di piena della parte privata residenziale.

La portata di scarico tarata non superiore ai 4,8 l/s sarà garantita da una tubazione di diametro ridotto da installarsi nel punto terminale della dorsale, dove si allaccerà alla nuova dorsale pubblica prevista nel lotto delle urbanizzazioni, che a sua volta scaricherà le acque nella rete fognaria pubblica esistente (Cavo Cerca lungo via Giardini).

7.2. Dimensionamento sistema di laminazione pubblico

Il dimensionamento del sistema di laminazione è stato effettuato partendo dall'idrogramma di piena ottenuto per il sottobacino pubblico delle urbanizzazioni, che prevede una portata di picco di circa 45 l/s. Assegnando al sottobacino la portata massima scaricabile precedentemente calcolata come da normativa, pari a 0,7 l/s, si è ricavato un **volume da destinare alla laminazione di 21,6 mc**, necessario per laminare l'onda di piena.

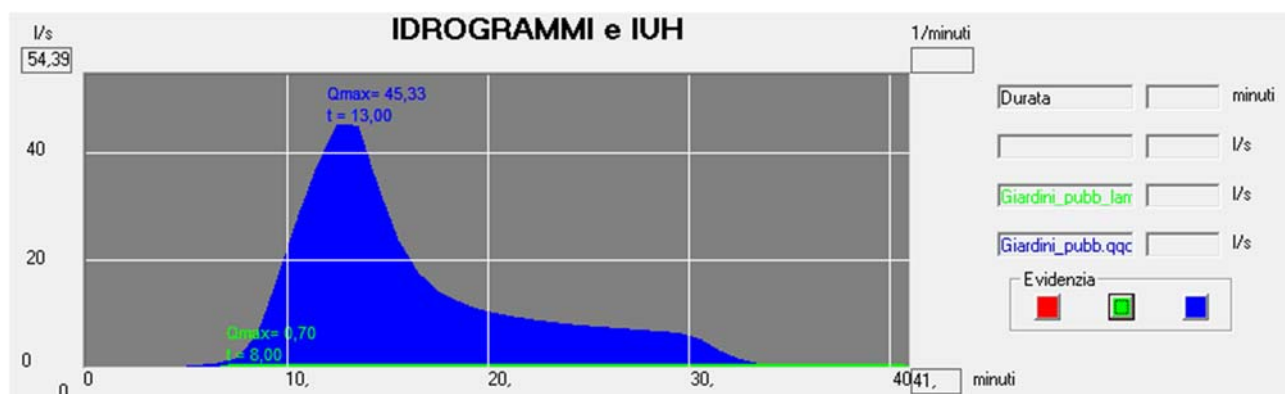


Immagine 7.2.1 – Idrogramma di piena (blu) e idrogramma di piena laminato (verde) con volume di accumulo necessario pari a 21,6 mc e con portata massima in uscita tarata a 0,7 l/s riferito al bacino pubblico delle urbanizzazioni

Il progetto prevede di ricavare il volume necessario mediante il sovradimensionamento della dorsale fognaria principale, prevista lungo la nuova viabilità. Nello specifico è prevista la posa di una tubazione di diametro 800 mm e lunghezza di circa 80 m, capace di accumulare 40 mc (>21,6 mc necessari).

La portata di scarico tarata sarà garantita da una valvola tipo Hydroslide da installarsi nel punto terminale della dorsale, prima dell'allaccio alla rete fognaria pubblica esistente (Cavo Cerca lungo via Giardini). In particolare si prevede l'installazione di una valvola che consenta di scaricare massimo 5,5 l/s, pari alla portata massima scaricabile del lotto pubblico (0,7 l/s) più la quota del lotto privato (4,8 l/s), la cui rete confluisce, previo laminazione interna e con portata tarata, nella rete fognaria delle urbanizzazioni.

7.3. Rete di fognatura acque bianche

Sulla base delle considerazioni suddette, la rete di fognatura delle acque bianche sarà suddivisa in due settori, uno afferente il lotto privato residenziale ed uno afferente il lotto pubblico delle urbanizzazioni, entrambe con recapito finale il Cavo Cerca.

Le acque intercettate dalle superfici pavimentate interne al lotto privato confluiranno, attraverso opportune caditoie, all'interno di dorsali. La rete di raccolta delle acque meteoriche nel lotto privato

prevede la realizzazione di due dorsali lungo i rami di viabilità interna nord e sud, le quali si collegheranno alla dorsale principale lungo la strada sul confine est del comparto. A sua volta, la dorsale principale si innesterà a nord nella dorsale di raccolta del lotto pubblico, con massima portata scaricabile tarata a 4,8 l/s. Le dorsali fognarie saranno sovradimensionate per garantire l'accumulo di almeno 151 mc di acqua, al fine di ottemperare al principio dell'attenuazione idraulica.

L'intervento prevede anche la raccolta e accumulo delle acque intercettate dalle coperture degli edifici residenziali per usi non pregiati, per un volume complessivo di 90 mc. Le acque saranno indirizzate all'interno di due vasche previste al di sotto degli stalli per biciclette nella zona occidentale del comparto. Nel caso di riempimento delle vasche di accumulo, le acque delle coperture bypasseranno il sistema di recupero e confluiranno nelle dorsali principali, ove verranno laminate e scaricate con portata tarata nella rete pubblica.

Nel settore afferente le aree pubbliche, che si sviluppa lungo la fascia a nord del lotto privato, è prevista una dorsale DN 800 che raccoglie le acque provenienti dalle aree di viabilità pubblica e dei parcheggi pubblici, oltre al contributo idrico laminato e con portata tarata proveniente da sud, dalla rete fognaria del lotto privato. La dorsale fognaria è prevista sovradimensionata al fine di garantire un accumulo di 40 mc, superiori ai 21,6 mc necessari per ottemperare al principio dell'attenuazione idraulica.

Lo scarico finale delle acque avverrà con portata tarata nel Cavo Cerca, mediante la realizzazione di un nuovo punto di allaccio. La portata massima scaricabile di 5,5 l/s (0,7 l/s del lotto pubblico e 4,8 l/s del lotto privato) sarà garantita mediante l'installazione di una valvola tipo Hydroslide prima dell'innesto nella fogna pubblica.

8. SISTEMA DI SMALTIMENTO ACQUE REFLUE

Il sistema di smaltimento delle acque reflue prodotte dagli edifici residenziali del nuovo comparto sarà costituito da una nuova rete di scolo che convoglierà i reflui in due nuove dorsali fognarie, previste lungo la viabilità interna nord e sud del lotto privato

Le acque saranno quindi convogliate verso ovest, nel recettore finale individuato nella condotta fognaria comunale esistente, ubicata lungo via Giardini, che corre parallela al Cavo Cerca.

Il progetto prevede di realizzare due nuovi punti di allaccio, uno sud e uno a nord, a servizio delle rispettive nuove dorsali fognarie, senza che tali reti passino attraverso l'area del lotto pubblico delle urbanizzazioni.

Il dimensionamento preliminare della rete è stato effettuato ipotizzando una presenza di 144 abitanti equivalenti (4 abitanti ogni alloggio) e una dotazione giornaliera di 250 litri, che porta a portate di punta sui 5,5 l/s. In via indicativa, si assume di utilizzare condotti della rete fognaria in PVC con innesti a bicchiere e con diametri di 200 mm, sovrastimati rispetto al valore di punta previsto, ma di garanzia rispetto a possibili ostruzioni, con una pendenza dello 0,5%, tale da assicurare il deflusso per gravità dei reflui ivi trasportati.

Tutte le condotte fognarie nere dovranno essere realizzate a perfetta tenuta, inoltre, nei loro tratti più orientali ricadenti entro la zona di tutela dei pozzi acquedottistici, e nei tratti più occidentali in cui attraversano il cavo cerca per innestarsi nella fogna comunale esistente, come dovranno essere controtubate, ad ulteriore protezione di eventuali percolazioni.

9. RISPARMIO E RIUSO DELLE ACQUE

Al fine di ridurre i consumi idrici del nuovo intervento, si prevede la realizzazione di un sistema di accumulo delle acque meteoriche per riutilizzarle per usi non pregiati all'esterno degli edifici stessi.

Il sistema di raccolta delle acque meteoriche intercettate dalle superfici delle coperture da destinare ad usi non potabili, è stato dimensionato secondo le indicazioni progettuali della norma UNI/TS 11445:2012¹.

Contestualmente alla realizzazione di tale sistema, il progetto prevede l'installazione di impiantistica idrosanitaria a basso consumo, tra cui cassette di risciacquo con volume massimo 6 litri e con doppio azionamento di cacciata (3-6 litri) e rubinetteria con riduttori di flusso.

Ai sensi dell'Art. III.I.2.2 Risparmio e riuso delle acque del RE del Comune di Modena, l'adozione di tali impianti permette di garantire, per l'intervento in oggetto, un consumo domestico massimo giornaliero pari a 140 l/abitante equivalente, e di conseguenza il livello prestazionale minimo.

9.1. Dimensionamento sistema di recupero delle acque meteoriche (Norma UNI/TS 11445:2012)

Per il calcolo del volume di accumulo sono state considerate le superfici coperte degli edifici in progetto, dalle quali è stato determinato il volume di acqua intercettabile (Q), e i fabbisogni esterni e interni agli edifici, dai quali è stato determinato il volume di acqua richiesta annualmente (R).

¹ UNI/TS 11445 "Impianti per la raccolta e utilizzo dell'acqua piovana per usi diversi dal consumo umano - Progettazione, installazione e manutenzione

Il volume Q è stato calcolato secondo l'espressione [1], moltiplicando le superfici dei coperti (A) pari a 1.908 mq, per la piovosità annua della zona (P), pari a 627 mm (media 2005-2022, fonte ARPAE, è stato utilizzato circa l'ultimo ventennio e non un periodo più lungo perché più rappresentativo dei cambiamenti climatici in corso), e per il coefficiente di afflusso (φ). Quest'ultimo è stato considerato cautelativamente pari a 0,8 in quanto i tetti sono considerati impermeabili.

$$[1] \quad Q = \varphi \cdot P \cdot A = 0,80 \cdot 627 \cdot 1.908 = 957.053 \text{ litri}$$

Dall'espressione sopra riportata, si è stimato un volume annuale che le superfici impermeabili delle coperture sono in grado di intercettare pari a circa **$Q = 960 \text{ mc/anno}$** .

La valutazione del volume di acqua richiesto (R) è stata determinata considerando due diversi utilizzi, esterni ed interni agli edifici, nello specifico per l'irrigazione delle aree verdi e per il rifornimento dei WC, secondo le espressioni [2] e [3].

Il volume di acqua necessario all'esterno degli edifici per l'irrigazione delle aree verdi (R_{verde}) è stato valutato moltiplicando il fabbisogno irriguo anno (r), considerato comunemente pari a 300 litri per metro quadrato, per l'estensione delle superfici verdi da irrigare (A), pari a circa 3.810 mq.

$$[2] \quad R_{\text{verde}} = r \cdot A = 300 \cdot 3.810 = 1.143.000 \text{ litri}$$

Il volume di acqua necessario all'interno degli edifici per il rifornimento delle cassette dei WC dei bagni è stato calcolato moltiplicando gli Abitanti Equivalenti (AE) previsti, pari a 144 (stimati in via cautelativa considerando 4 abitanti per ogni appartamento e un numero massimo di appartamenti di 36) e un consumo pro-capite giornaliero per l'azionamento dei WC di 32 litri (assimilato ad uso abitazione e già ridotto del 20% considerando di installare cassette con un massimo scarico di 6 litri e con doppio azionamento da 6-3 litri).

$$[3] \quad R_{\text{wc}} = AE \cdot r \cdot 365 = 144 \cdot 32 \cdot 365 = 1.682.000 \text{ litri}$$

Dall'applicazione delle formule sopra riportate, si è stimato un fabbisogno annuale per l'irrigazione delle aree verdi pari a circa **$R_{\text{verde}} = 1.143 \text{ mc/anno}$** e un fabbisogno annuale per il rifornimento dei WC pari a circa **$R_{\text{wc}} = 1.682 \text{ mc/anno}$** , per un fabbisogno complessivo di circa **$R = 2.825 \text{ mc/anno}$** .

I fabbisogni R risultano nettamente superiori al volume di afflusso meteorico annuo Q , ed in particolare il fabbisogno per il rifornimento delle cassette dei WC risulta superiore a quello necessario per l'irrigazione delle aree verdi, quest'ultimo a sua volta di poco superiore al volume intercettabile.

Pertanto, il volume utile del sistema di accumulo (V_{utile}) è stato determinato considerando il valore minimo tra Q ed R , in questo caso corrispondente a Q , moltiplicato per il coefficiente 0,06 (fp) che tiene in considerazione dei periodi con assenza di precipitazioni (21 gg).

$$[4] \quad V_{\text{utile}} = Q \cdot 0,06 = 56,6 \text{ mc}$$

Per ottenere il volume ottimale del sistema di accumulo (V_{ottimale}), al fine di ottimizzare l'efficienza del sistema, tale valore deve essere moltiplicato per il fattore di sicurezza pari a 1,5:

$$[5] \quad V_{\text{ottimale}} = V_{\text{utile}} \cdot 1,5 = 86,4 \text{ mc}$$

Dall'applicazione dell'espressione sopra riportata si ottiene un volume di accumulo ottimale per la vasca di recupero delle acque meteoriche pari a **$V_{\text{ottimale}} = 86,4 \text{ mc}$** .

Considerato che il volume intercettabile (960 mc/anno) è di poco inferiore al fabbisogno per l'irrigazione delle aree verdi (1.143 mc/anno), mentre risulta essere quasi la metà di quello necessario per rifornire i WC (1.682 mc/anno), il progetto prevede di riutilizzare le acque meteoriche per usi esterni agli edifici.

Il volume necessario sarà ricavato mediante la realizzazione di due vasche di raccolta interrata, ciascuna del volume 45 mc, per complessivi 90 mc (>86,4 mc necessari), delle dimensioni di 3x7,5 m e 2 m di altezza, ricavate nella zona degli stalli per biciclette sul lato ovest del comparto. Le aree verdi da irrigare saranno divise in due settori, uno nord e uno sud, ciascuno servito da una vasca di recupero dedicata.

Il rifornimento delle vasche di accumulo sarà garantito dal collegamento diretto con la rete di raccolta delle acque meteoriche intercettate dalle coperture degli edifici. Nel caso in cui l'afflusso sia tale da riempire le vasche, le acque bypasseranno tale sistema e saranno recapitate nella rete fognaria bianca.

Mediante una pompa installata in ciascuna vasca, le acque accumulate saranno distribuite nei rispettivi impianti di irrigazione. Tale sistema dovrà essere dotato anche di un allaccio ad altre fonti di approvvigionamento di acqua, nel caso in cui le vasche di accumulo non abbiano scorte sufficienti a causa di periodi secchi molto prolungati, comunque nel caso in cui l'accumulo non sia sufficiente a coprire i fabbisogni.