



Comune di Traversetolo

COSTRUZIONE DI EDIFICIO INDUSTRIALE (PDC N.42/2019): PDC IN VARIANTE PER REALIZZAZIONE SERBATOIO RISERVA IDRICA E GRUPPO DI POMPAGGIO

I01

Relazione idrologica idraulica Del sistema di scarico rete acque bianche

COMMITTENTE:

MRPET S.R.L.

VIA PEDEMONTANA, 35

LOC. MAMIANO, TRAVERSETOLO (PR)

STUDIO IDRAULICO:



Ing. Gian Lorenzo Bernini

Ing. Rosaria Ragazzini

Settembre 2021

INDICE

1	PREMESSA	3
2	CRITERI E METODOLOGIA D'IMPOSTAZIONE DEL LAVORO.....	5
2.1	Raccolta, trasferimento, contenimento e scolo delle acque bianche	6
3	SISTEMA DI COLLETTAMENTO ACQUE BIANCHE.....	7
3.1	Contributo dell'area al collettore fognario.....	7
3.2	Definizione della rete drenante e dei bacini imbriferi.....	7
3.3	Idrologia e determinazione delle curve di possibilità pluviometrica	8
3.4	Analisi idrologica-idraulica	9
3.5	La calibrazione del modello idrologico SWMM.....	12
3.6	La formazione dei deflussi di riferimento.....	13
3.7	Stato Attuale: determinazione delle portate scaricate	13
3.8	Stato di Progetto: determinazione delle portate scaricate della rete di scolo acque bianche	14
4	CONCLUSIONI	22

1 PREMESSA

La presente relazione precisa i criteri adottati per il dimensionamento del sistema di drenaggio delle acque bianche in relazione al progetto per la “costruzione di edificio industriale (pdc n.42/2019): pdc in variante per realizzazione di serbatoio di riserva idrica e gruppo di pompaggio” a servizio della società MrPet s.r.l. con sede in via Pedemontana n.35, località Mamiano di Traversetolo in Comune di Traversetolo (PR), in sponda destra del torrente Parma. La relazione in oggetto riprende in toto quella redatta e già consegnata riguardo al “Progetto di adeguamento tecnico per la realizzazione di silos completi di trasporti meccanici finalizzati allo stoccaggio di materie prime/vegetali”.

L'intervento, finalizzato al completamento del sito industriale attualmente in essere, è da considerarsi come ampliamento del ciclo produttivo attuale, a potenziamento della logistica interna, indispensabile per collocare MrPet sui mercati nazionali ed internazionali.

Le reti di drenaggio delle acque meteoriche dei fabbricati esistenti scaricano nel torrente Parma mediante tubazione posta a nord dell'area. A servizio dei fabbricati esistenti è presente un impianto di depurazione che scarica, mediante tubazione indipendente DN200, nella fognatura acque bianche subito a monte dello scarico finale delle stesse nel torrente Parma.

Le aree di ampliamento hanno superficie pari a 24.670 m² così suddivisa: 11.390 m² a copertura dei fabbricati, 9.230 m² destinati a piazzali pavimentati, 3.230 a pavimentazione drenante e 820 m² a verde. Le figure seguenti mostrano la planimetria di inquadramento con individuate l'area esistente e l'area di ampliamento:

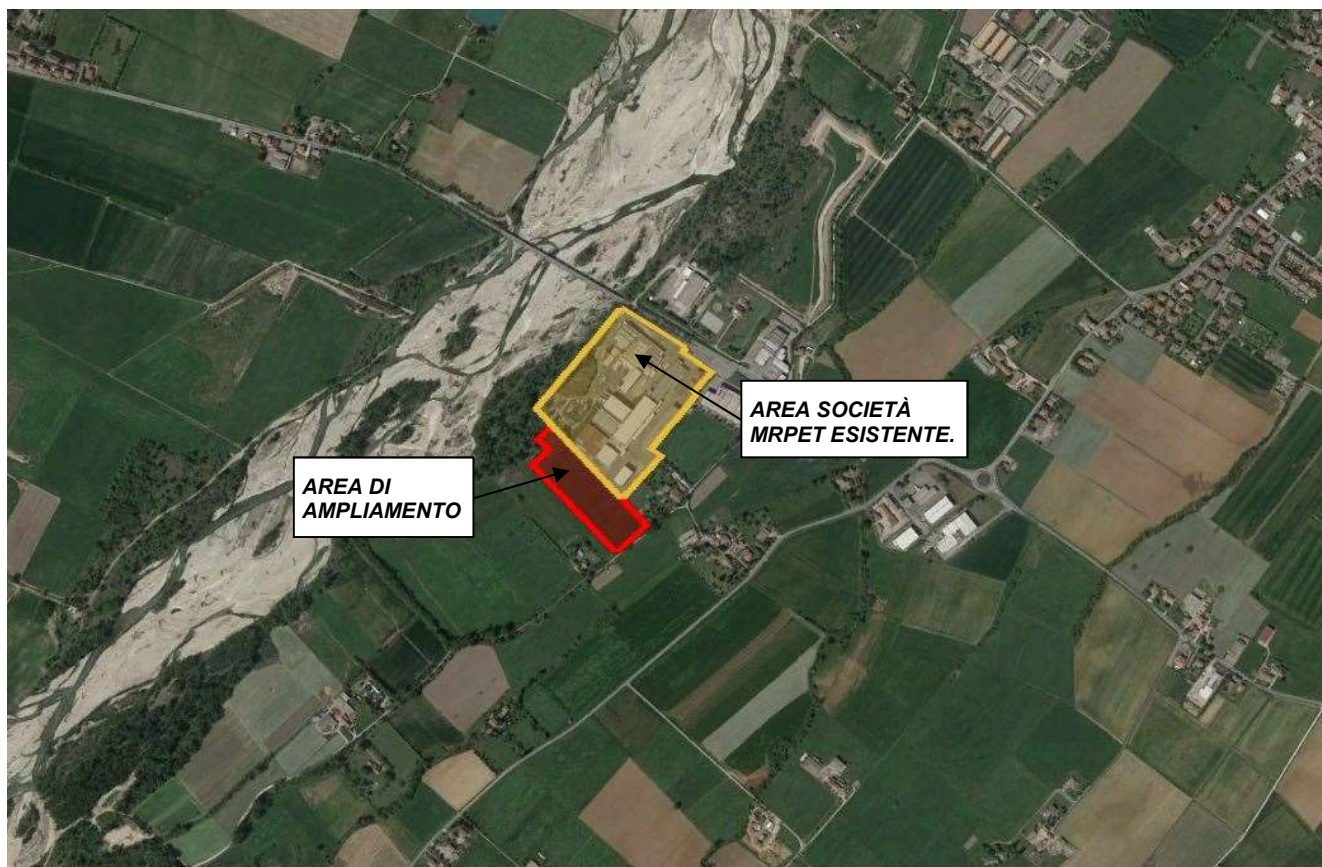


Figura 1: Planimetria di inquadramento

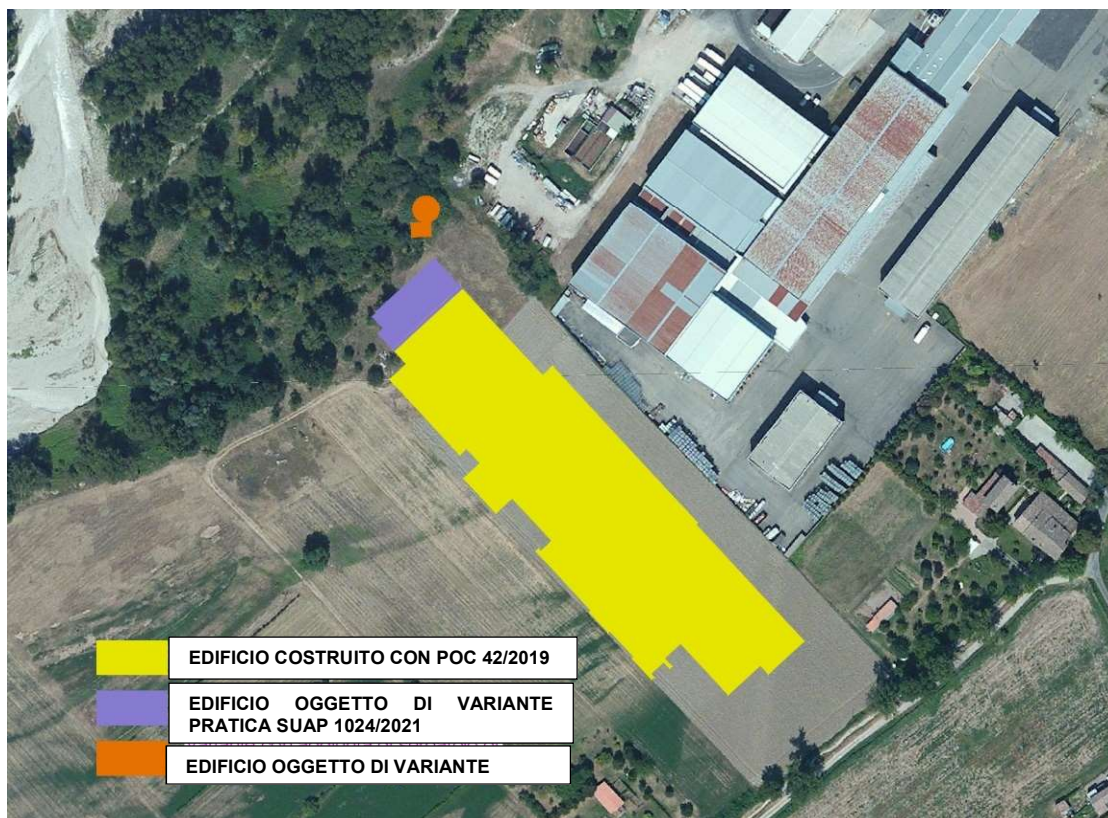


Figura 2: Planimetria di inquadramento di dettaglio

Il dimensionamento della rete acque bianche è stato eseguito in conformità a quanto disposto dalle recenti direttive comunali e nel rispetto dei seguenti criteri:

- Il tempo di ritorno (TR) massimo dell'evento di pioggia sia uguale a **100 anni**;
- La portata in uscita nello stato di progetto non sia superiore a quella presumibile nello stato di fatto (criterio dell'invarianza della portata);
- Lo scarico nella fognatura privata esistente avvenga attraverso una strozzatura (tubo DN125)

Determinate le portate nello Stato di Fatto e di Progetto, esaminando eventi di pioggia con tempo di ritorno 100 anni e durate differenti, si calcolano le portate defluite per il dimensionamento della rete di collettamento delle acque bianche ed eventualmente il volume da invasare depurando l'idrogramma di piena generato della quota parte scaricabile nel ricettore finale o nell'estrema eventualità ipotizzata, che non si possa scaricare temporaneamente nel ricettore finale in quanto la sezione di deflusso presenti livelli maggiori del tubo di immissione. La rete acque bianche è stata dimensionata preliminarmente col supporto del modello idrologico-idraulico SWMM vers. 5.0 (Storm Water Management Model), sviluppato e aggiornato dall'agenzia federale statunitense per la protezione dell'ambiente U.S. E.P.A.. La rete acque bianche è stata progettata per drenare e contenere deflussi generati anche da eventi di pioggia con tempo di ritorno TR pari a 100 anni, sia in termini di portata che di volume. Il dimensionamento della rete acque bianche è stato progettato e verificato con condotte con diametro dal DN315 al DN800 e scarico finale a gravità con tubazione DN125. Il dimensionamento della rete acque bianche e dello scarico finale è studiato per laminare, in fase di massimo esercizio, un volume di 1.550 m³ derivante dal volume di invaso di una vasca di laminazione a cielo aperto.

2 CRITERI E METODOLOGIA D'IMPOSTAZIONE DEL LAVORO

Gli interventi definiti riguardano la raccolta, il drenaggio, il contenimento e lo scolo delle acque bianche; di seguito, si espongono i criteri, le metodologie e i vincoli assunti.

Determinate le portate nello stato attuale, esaminando eventi di pioggia con tempo di ritorno 100 anni e durate differenti, si calcolano le portate defluite e si verifica la rete di collettamento delle acque bianche valutando anche eventuali sistemi di mitigazione delle portate in uscita verso il ricettore finale delle acque.

Le modifiche di destinazione d'uso del territorio determinano variazioni sostanziali dei parametri idraulici di riferimento (coefficiente di deflusso e tempi di corrivazione), per tale motivo in via cautelativa si propone, nello stato di progetto, di mantenere al massimo lo stesso valore al colmo della portata che si genera nello stato di fatto, al fine di non perturbare l'equilibrio idraulico della rete idrica superficiale attuale. È quindi necessario, per la rete di raccolta delle acque bianche, ricercare all'interno dell'area polmoni di ritenzione, capaci di laminare le portate in arrivo, mantenendo quelle in uscita su valori analoghi a quelli dello stato di fatto.

Allo stato attuale l'area oggetto di ampliamento si configura come una porzione di territorio di circa 24.670 m² a verde.

La nuova rete delle acque bianche sarà realizzata attraverso l'utilizzo di tubazioni in PVC da DN315 a DN800. Lo scarico finale nella rete esistente avverrà con condotta **DN125** al fine di garantire la laminazione delle acque del comparto in esame. La laminazione sarà garantita dalla presenza di una vasca di laminazione a cielo aperto avente volume massimo pari a circa 2.110 m³ e un volume utile di 1.550 m³.

I pozzetti di ispezione saranno di dimensioni interne minime 120x120 cm, posizionati a distanza di almeno 50 m e, comunque, in corrispondenza di bruschi cambi di direzione. Le caditoie stradali di scolo delle acque di pioggia andranno posizionate in modo da servire una superficie scolante di circa 100 m² e dovranno essere di dimensione 50x50 cm con sifone tipo Milano. Tutti i pozzetti e le tubazioni della rete dovranno essere a tenuta idraulica e quindi opportunamente stuccati ed impermeabilizzati.

Il dimensionamento della rete è stato progettato adottando i seguenti principi:

- La portata in uscita nello stato di progetto non sia superiore a quella presumibile nello stato di fatto (**criterio dell'invarianza della portata**);
- Il tempo di ritorno (TR) massimo dell'evento sia uguale a **100 anni**;
- Il volume d'invaso, stimato quale differenza tra gli idrogrammi in uscita tra i due stati simulati, è ottenibile attraverso un sistema di laminazione realizzato mediante una vasca di laminazione a cielo aperto;
- Lo scarico nel ricettore finale avvenga attraverso una condotta tarata (tubo non superiore al DN125).

I risultati delle verifiche hanno consentito di calibrare, e quindi meglio interpretare, le soluzioni tecniche relative allo smaltimento delle acque di pioggia generate dal comparto.

2.1 RACCOLTA, TRASFERIMENTO, CONTENIMENTO E SCOLO DELLE ACQUE BIANCHE

Lo studio idrologico e idraulico si è svolto secondo le seguenti fasi:

- Individuazione dei bacini tributari per ogni tratto fognario, definizione dell'uso del suolo previsto, con particolare riferimento alle caratteristiche di permeabilità del territorio;
- Valutazione delle sollecitazioni pluviometriche che, per assegnati livelli di probabilità, possono interessare l'area in esame;
- Definizione dei carichi idraulici esterni gravanti sul collettore acque bianche esistente;
- Valutazione della risposta idrologica dell'area attraverso il sistema idrico di drenaggio in termini di portate, velocità e volumi di deflusso per l'assegnato livello di probabilità;
- Definizione delle portate scaricate nella rete di drenaggio consortile e verifica delle condizioni di scarico.

I risultati delle verifiche hanno consentito di calibrare, e quindi meglio interpretare, le soluzioni tecniche per mitigare le problematiche idrauliche riguardanti l'area in oggetto.

Nella figura seguente viene riportata la schematizzazione della rete di scolo acque bianche in progetto fino al punto di scarico nella fognatura esistente:

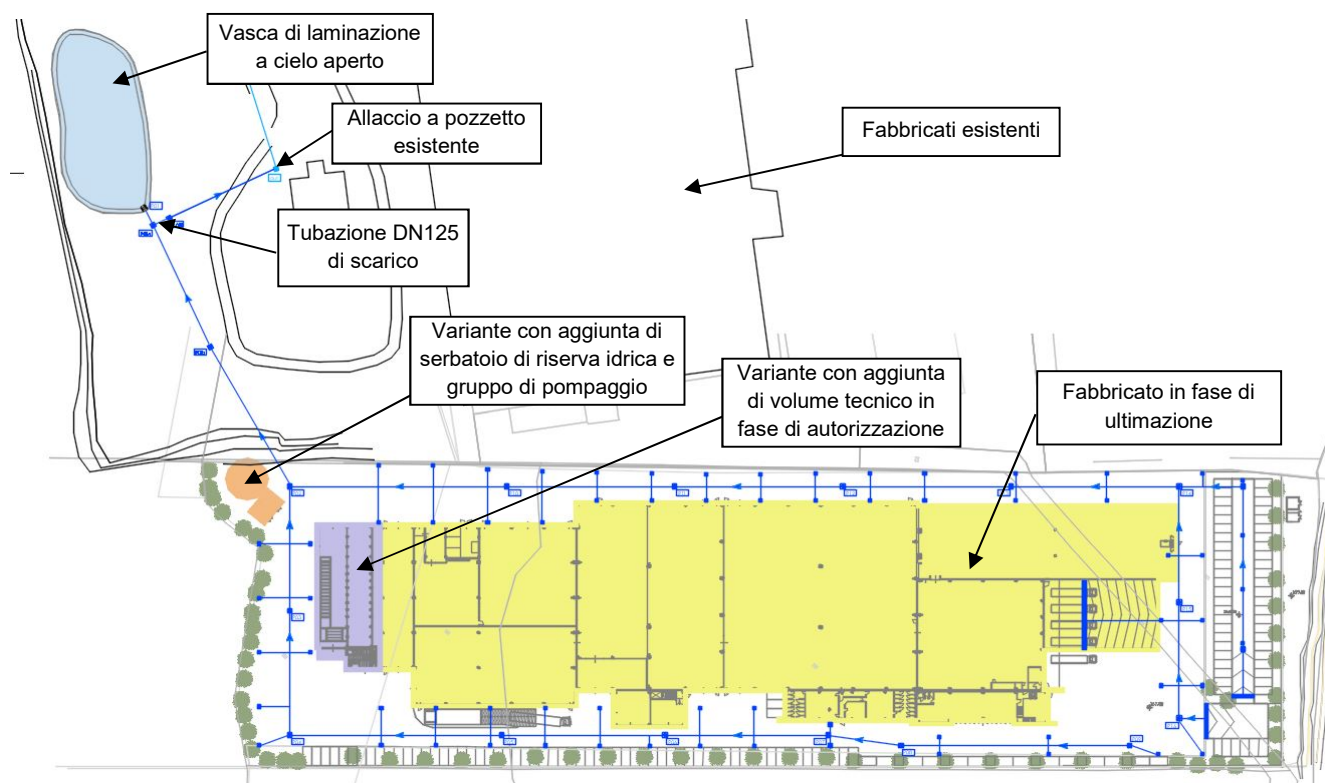


Figura 3: Planimetria rete acque bianche in progetto

3 SISTEMA DI COLLETTAMENTO ACQUE BIANCHE

Il presente capitolo illustra i criteri e i parametri di calibrazione con cui si è implementata la simulazione idraulica del comparto e, quindi, il conseguente dimensionamento della rete di drenaggio acque bianche. I parametri idraulici utilizzati per determinare la portata al colmo e quindi i volumi d'acqua piovana scolati dall'intera area sottesa, sono riferiti alla condizione attuale e considerando i valori del coefficiente CN di riferimento, valutati per un suolo di tipo C, cioè a tessitura fine e infiltrazione lenta come argille limose, deboli strati di limo sabbioso e con debole contenuto organico, sono quelli riportati nel documento *"Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica"* contenuto all'interno del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) dell'Autorità di Bacino del fiume Po. Il Tempo di Ritorno di riferimento per i risultati esposti nelle tabelle è posto uguale a 100 anni.

3.1 CONTRIBUTO DELL'AREA AL COLLETTORE FOGNARIO

Sarà esaminato, all'interno delle verifiche idrauliche sia lo stato di fatto che lo stato di progetto dell'area di ampliamento. La rete fognaria delle acque bianche è stata simulata calcolando la massima portata generata e collettata nei nodi critici di ogni condotta e accettando la fuoriuscita dai pozzetti riprodotta con l'utilizzo di Pondered area e inserendo i sistemi di laminazione esistenti.

La rete in progetto è composta da due dorsali principali realizzate mediante tubazioni in PVC con diametri variabili da DN315 a DN800. Le due dorsali si uniranno ed avranno un unico scarico nella fognatura privata esistente a servizio dell'impianto di depurazione, questo tratto di fognatura scarica nella fognatura bianca privata che ha come ricettore finale il torrente Parma. Il nuovo scarico, sarà realizzato mediante tubazione DN125 in modo da limitare la portata scaricata e non variare il contributo al ricettore finale rispetto alla situazione attuale (**criterio dell'invarianza della portata**). La laminazione è garantita dalla presenza di una vasca di laminazione a cielo aperto avente volume utile di 1.550 m³. Tutto il sistema di collettamento è realizzato per raccogliere le acque dei tetti e dei piazzali pavimentati.

3.2 DEFINIZIONE DELLA RETE DRENANTE E DEI BACINI IMBRIFERI

Il sistema idrografico artificiale relativo ai collettori fognari della ditta è schematizzato in diversi bacini caratterizzati dal contributo dell'area e determinato in relazione alle superfici drenate.

I bacini sono stati definiti sulla base dello stato attuale dell'area d'interesse, delle linee di collettori esistenti e dello stato di progetto con i relativi collettori delle acque bianche. Il comparto è stato suddiviso in 25 bacini urbani scolanti all'interno delle rispettive condotte dedicate.

La definizione dell'uso del suolo è stata condotta esaminando, per ogni sottobacino pertinente alle condotte, la densità delle superfici occupate da pavimentazioni impermeabili e permeabili.

3.3 IDROLOGIA E DETERMINAZIONE DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

L'analisi idrologica ha lo scopo di definire le portate sia nello stato di fatto sia in quello di progetto e, quindi, i volumi di laminazione eventualmente necessari a mantenere l'invarianza di portata del ricettore finale, in funzione del "tempo di ritorno" (T_R) e della durata dell'evento di pioggia. L'esame pluviometrico si basa sui dati rilevati alla stazione di Parma Università, per la quale è disponibile una serie storica di circa sessanta anni registrata dal SMI. Le caratteristiche della stazione pluviometrica utilizzata per lo studio sono le seguenti:

- Parma Università (periodo d'osservazione dal 1947 fino al 2019) posta a 55 m. s.l.m.

La stima degli afflussi/deflussi, sul lotto di terreno oggetto di studio, è stata realizzata utilizzando come parametro di calcolo il metodo Curve Number elaborato dal Soil Conservation Service (USA). Questo metodo ricava l'altezza di pioggia efficacemente defluita nel bacino in funzione del tipo di suolo, della sua capacità d'immagazzinamento e delle condizioni dello stesso prima dell'evento. L'analisi è stata fatta analizzando i tempi di ritorno delle piogge, e in funzione di questi e del coefficiente di deflusso, dipendente dal tipo di permeabilità e uso del terreno, si sono determinati i valori massimi della portata istantanea al colmo.

La rete bianca di raccolta e scolo delle acque di pioggia è stata verificata per gestire autonomamente eventi con tempo di ritorno fino ai 100 anni.

La determinazione della portata al colmo col metodo afflussi/deflussi, deve avere come input l'altezza di pioggia ricavate dall'elaborazione dei dati pluviometrici per piogge intense e di breve durata (1,3,6,12,24 ore) rilevati, in questo caso, alla stazione pluviografica di Parma Università, da cui si sono ottenute le curve di possibilità climatica per differenti tempi di ritorno. La determinazione della relazione fra altezza (h) e durata (t) dell'evento di pioggia, in funzione del tempo di ritorno (T_R), è stata ottenuta tramite la legge probabilistica di Gumbel. L'elaborazione statistica ha portato alla definizione delle curve di possibilità climatica, dove l'altezza di pioggia espressa in millimetri è rappresentata dall'espressione:

$$h = n - \frac{\ln \left(-\ln \left(1 - \frac{1}{T_R} \right) \right)}{a}$$

dove:

T_R = tempo di ritorno

$$n = Y - \bar{Y}_N \cdot S_Y$$

$$a = S_N / S_Y$$

Y_N = media ridotta

S_N = deviazione standard ridotta

Y = media aritmetica delle massime altezze di pioggia osservate

S_Y = scarto quadratico medio delle massime altezze di pioggia osservate.

Per la determinazione della relazione fra altezza (h) e durata (t) dell'evento di pioggia in funzione del tempo di ritorno (TR) si è utilizzata la legge di Gumbel, stimandone i parametri $a(T)$ e $n(T)$ al fine di ottenere le curve di possibilità pluviometrica nella forma:

$$h = a(T)t^{n(T)}$$

Nel caso in esame si sono utilizzati i parametri a e n della curva di possibilità pluviometrica per TR 50 anni fornita dal Comune di Parma e dal Consorzio della Bonifica Parmense e mostrati nella tabella seguente.

Durata	<1h	≥1h
a	56.74	61.43
n	0.335	0.297

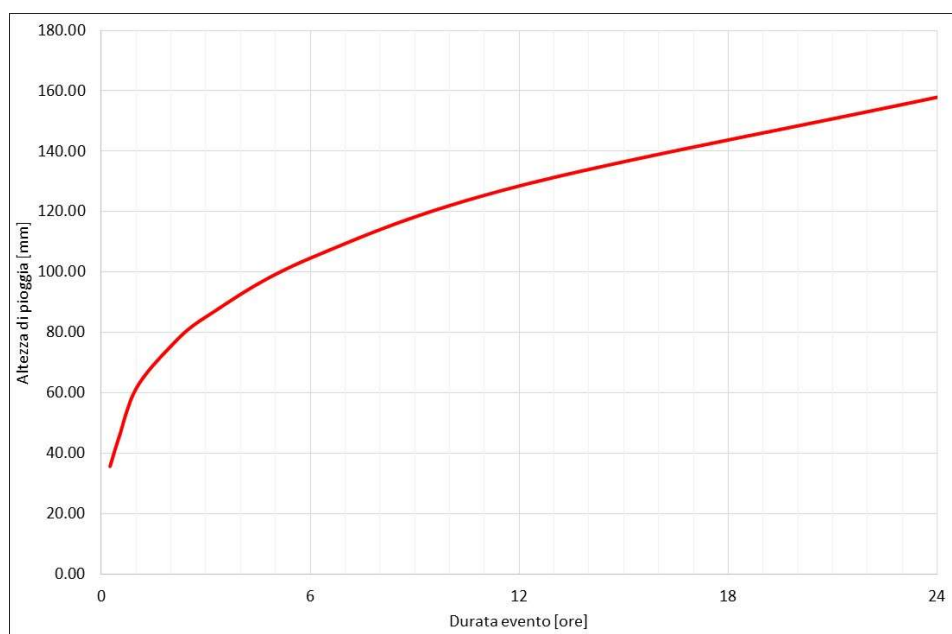


Figura 4: Curva di possibilità pluviometrica alla stazione di Parma per TR 100 anni

3.4 ANALISI IDROLOGICA-IDRAULICA

Individuato il regime pluviometrico e la stazione di riferimento per l'analisi delle piogge, la determinazione delle portate defluenti nelle sezioni di chiusura delle aree scolanti, ovvero nella rete fognaria destinata a riceverle, è stata effettuata con l'utilizzo del modello idrologico-idraulico **SWMM** (*Storm Water Management Model*), sviluppato e aggiornato dall'agenzia federale statunitense per la protezione dell'ambiente U.S. E.P.A, che descrive quantitativamente la trasformazione delle piogge in deflussi superficiali sull'area di un bacino imbrifero e quindi in correnti idriche che confluiscono e si propagano lungo i collettori, consentendo di definire le portate nella configurazione attuale e di progetto in funzione del "Tempo di Ritorno" (TR) e della durata dell'evento di pioggia. Una delle caratteristiche del programma è l'analisi dei deflussi provenienti da piccoli bacini urbani, come nel caso della lottizzazione in oggetto.

Matematicamente il processo è rappresentato dalla soluzione di un sistema di equazioni differenziali che governano il bilancio della massa liquida (equazione di continuità) e della corrispondente energia meccanica (equazione del moto) tanto per il deflusso che si sviluppa come lama d'acqua fluente sulla superficie di una area elementare per effetto della saturazione del suolo e del superamento della sua capacità di infiltrazione, quanto del deflusso che si sviluppa come corrente essenzialmente monodimensionale in ciascuno dei tronchi elementari costituenti la rete drenante.

Oltre tali equazioni differenziali, il modello impone contemporaneamente, attraverso successive formule, le condizioni al contorno, e in particolare l'identità del livello in tutti gli estremi di canali che connettono lo stesso nodo, il legame tra livello raggiunto nei nodi, dimensione fisica delle confluenze e livelli idrici nei canali riceventi. Le condizioni iniziali nel reticolo sono, invece, calcolate sulla base delle condizioni al contorno che riguardano i riceventi e della portata iniziale in ogni tratto.

Per quanto riguarda il deflusso di superficie, il programma considera ogni area elementare utilizzata per la schematizzazione dell'intero bacino come un serbatoio non lineare con un singolo ingresso che rappresenta le precipitazioni, e con più uscite che rappresentano rispettivamente l'infiltrazione, l'evaporazione ed il deflusso superficiale. È quest'ultima la componente maggiormente rappresentativa nel caso presente. La capacità del serbatoio non lineare rappresenta la capacità massima d'accumulo sulle superfici del bacino, fornita principalmente dai micro e macro avvallamenti delle superfici e dal velo d'acqua presente sulle superfici bagnate, d'altezza variabile durante l'evento di pioggia. Nella logica del modello il deflusso superficiale ha inizio solo quando il volume d'acqua nel serbatoio supera la capacità d'accumulo superficiale, mentre l'infiltrazione (solo nella porzione permeabile della superficie) e l'evaporazione riducono continuamente il volume d'acqua accumulato nel serbatoio. L'infiltrazione è modellata secondo il metodo CN del Soil Conservation Service (USA). Nei casi in cui l'infiltrazione e l'evaporazione siano potenzialmente superiori alla precipitazione, il deflusso è ovviamente nullo. E' presente anche la componente di deflusso ipodermico e di base, derivante dalla schematizzazione della regione sotterranea come due serbatoi non lineari interconnessi; tale elemento, introdotto quando si dispone di osservazioni in continuo delle piogge, può simulare anche gli scambi idrici fra falda freatica e corso d'acqua, ma riveste un'importanza trascurabile nella simulazione di singoli eventi di piena, come quelli analizzati in questo studio, perché i tempi di risposta dei due serbatoi sotterranei eccedono largamente quelli del ruscellamento superficiale, fornendo un contributo al deflusso totale che diviene significativo solo in regime fluviale di morbida e magra. Il processo appena descritto, elaborato dal modulo RUNOFF del programma, è ripetuto per ogni area elementare schematizzata, e per ogni passo temporale in cui è necessario discretizzare l'intervallo di tempo durante il quale interessa simulare la trasformazione afflussi-deflussi e la propagazione della conseguente portata lungo il sistema drenante, tenendo conto delle confluenze secondo la struttura topologica della rete idrografica.

Nel caso della società MrPet s.r.l., si sono esaminati tempi di pioggia con durate differenti, dai 15 minuti fino alle 24 ore, e fissato l'intervallo temporale di calcolo della simulazione complessivamente in 48 ore, con pluviogramma di ingresso di tipo triangolare.

I parametri che occorrono fissare per la simulazione idrologica e quindi per la determinazione delle portate generate sono i seguenti:

- Caratteristiche fisiche e morfologiche dell'area sottesa (superfici impermeabili, aree verdi, strade ecc), che consentono di stimare le perdite e i coefficienti di deflusso, attraverso il metodo CN (caratteristiche del tipo di suolo);
- Ietogrammi di ingresso;
- Il metodo di analisi afflussi/deflussi (metodo SCS Curve Number).

Come anticipato, per la determinazione delle principali perdite idrologiche come evapotraspirazione, infiltrazione ed immagazzinamento nelle depressioni superficiali, è stato utilizzato il metodo CN.

Il coefficiente CN attribuisce ad ogni singola porzione di superficie, un valore adimensionale che ne caratterizza la risposta idrologica del suolo in funzione delle sue caratteristiche di permeabilità, d'uso e di copertura al fine di stimare il coefficiente di deflusso medio. Il metodo consiste essenzialmente di due parti: nella prima si stima il volume del deflusso risultante da una pioggia, nella seconda si determina la distribuzione nel tempo del deflusso e la portata al colmo. Rinviano ai testi d'idrologia (es. Ven Te Chow) l'illustrazione del metodo, nel seguito ci si limita a riportare gli elementi necessari alla sua applicazione. Scritta l'equazione di continuità nella forma:

$$Q = P - S'$$

dove:

Q (mm) = volume defluito fino all'istante generico t

P (mm) = volume affluito al medesimo istante

S' (mm) = volume complessivamente perso = $S \cdot Q/P$

S (mm) = volume massimo immagazzinabile nel terreno a saturazione = $25.400/CN - 254$

La valutazione del coefficiente CN e la stima del coefficiente di deflusso (δ), per piogge con diverso tempo di ritorno TR, ha portato ai seguenti valori:

$$Q = (P-I)^2/(P-I-S)$$

dove:

I = quota parte dell'afflusso che va ad invasarsi nelle depressioni superficiali ($=0,2 \cdot S$).

La forma dell'idrogramma di portata è funzione del tempo di corrivazione t_c , della durata D , dell'impulso di pioggia efficace R , del tempo di ritardo del colmo L (Lag), dei tempi di crescita t_p (time to peak), di esaurimento t_r (recession time) e del tempo base (base time).

Il tempo di corrivazione o concentrazione, caratteristico del bacino, è il tempo necessario perché la goccia caduta nel punto idraulicamente più lontano raggiunga la sezione di chiusura. Per i bacini urbani il tempo di corrivazione t_c è descritto dalla somma di due termini:

$$t_c = t_r + t_p$$

- t_r rappresenta il tempo di ruscellamento ovvero il tempo che la particella d'acqua impiega per raggiungere la sezione di chiusura del sottobacino di riferimento;
- t_p rappresenta il tempo di percorrenza ed è quello impiegato dalla particella per raggiungere, dal punto in ingresso alla rete, la sezione di controllo.

Il tempo di ruscellamento è d'incerta determinazione variando, infatti, con la pendenza dell'area, con la natura della pavimentazione, con la tipologia dei drenaggi minori della rete; esso viene assunto con valore minimo di 5 minuti che dai risultati e studi condotti su superfici stradali risulta adeguato a rappresentare il fenomeno di scorrimento delle gocce d'acqua sulla piattaforma.

3.5 LA CALIBRAZIONE DEL MODELLO IDROLOGICO SWMM

Il modello SWMM utilizza un numero elevato di parametri idrologici e idraulici, distribuiti su ogni sottobacino e collettore drenante; i loro valori numerici dovrebbero essere assegnati sulla base del confronto tra il valore delle grandezze misurate (portate o livelli) in alcuni tratti della rete ed il valore delle medesime grandezze ottenuto come risultato del modello di simulazione, con riferimento ad uno o più eventi di pioggia reali monitorati. I valori dei principali parametri del modello SWMM dopo la calibrazione sono i seguenti:

- Lama d'acqua di detenzione superficiale su suolo impermeabile (mm): 2,00 costante per tutti i sottobacini;
- Lama d'acqua di detenzione superficiale su suolo permeabile (mm): 5,0 costante per tutti i sottobacini;
- Coefficiente di scabrezza secondo Manning su suolo impermeabile ($m^{-0,33} s$): 0,016 costante su tutti i sottobacini;
- Coefficiente di scabrezza secondo Manning su suolo permeabile ($m^{-0,33} s$): 0,20 costante su tutti i sottobacini.

Oltre a fissare i parametri interni di calibrazione del modello d'infiltrazione si sono formulate alcune ipotesi fisiche, di seguito riportate, sulla condizione della rete esaminata:

- Le condotte della rete sono state considerate pulite, senza nessun tipo di ostruzione e intasamento e quindi in un perfetto stato di manutenzione;
- Lo svuotamento avviene a gravità con tubazione di DN125;
- La condizione di valle nel punto di uscita dal sistema è quella di moto uniforme.

L'area della società MrPet s.r.l. è stata suddivisa in due principali zone scolanti afferenti alle coperture e ai piazzali pavimentati. In totale, per la schematizzazione modellistica, il comparto è stato suddiviso in diversi sottobacini scolanti, aventi caratteristiche di permeabilità omogenee e dove ogni sottobacino è definito da una pendenza di falda (da 0,15% a 2,50%), da una larghezza della superficie di scolo e da un nodo di recapito.

Il metodo di calcolo utilizzato, per l'implementazione del modello, è il Dynamic Wave, ossia definizione

dei parametri idraulici della rete **in moto vario** e quindi tenendo conto sia degli effetti di laminazione che delle condizioni di monte e valle dinamiche in ogni nodo della rete.

3.6 LA FORMAZIONE DEI DEFLUSSI DI RIFERIMENTO

Il modello SWMM, calibrato secondo le possibilità concesse dalle informazioni preliminari disponibili, è applicato per il calcolo degli idrogrammi delle piene di riferimento, corrispondenti ai tempi di ritorno di **100 anni**. Alla base di tale determinazione si assume che il tempo di ritorno degli eventi estremi di pioggia corrisponda a quello degli eventi estremi di portata. La valutazione degli idrogrammi di riferimento in testa ai tratti simulati delle condotte procede dall'iterazione della modellazione idrologica per ciascuno degli eventi pluviometrici. Nel paragrafi seguenti si riportano i risultati del modello idrologico idraulico.

3.7 STATO ATTUALE: DETERMINAZIONE DELLE PORTATE SCARICATE

Nella tabella seguente si riporta il calcolo dalla portata potenzialmente scaricata nelle condizioni dello stato di fatto, ovvero considerando la superficie di circa 24.752 m², interamente su suolo permeabile, per il quale è stato assunto un valore di CN 80, mentre la durata di pioggia critica è stata calcolata pari a 30'.

TR 100anni	Superficie	%	CN	S	I	PI	Pn	φ
Tipo copertura	m ²			mm	mm	mm	mm	
Verde	24.670	100	80	63,50	12,70	63,63	22,67	0,36
TOTALE	24.670	100%						0,36

Tabella 1: Parametri stima coefficiente di deflusso col metodo C.N. nello stato di fatto.

dove:

C.N. = Curve Number

$S \text{ (mm)} = 25400/CN - 254$ = volume massimo immagazzinabile nel terreno a saturazione

$I \text{ (mm)} = 0,2 \times S$ = volume massimo invasabile nelle depressioni e infiltrato

Pioggia netta (mm) = $(P-I)^2/(P-I+S)$

Si riportano nella tabella seguente i risultati della risposta idraulica in questa configurazione.

Superficie	S	24.670	m ²
Tempo di corrivazione	Tc	0,75	ora
Tempo di ritorno	TR	100	anni
Pioggia critica (Tp=Tc)	P	63,63	mm
Coefficiente di deflusso	φ	0,36	
Portata max. al colmo	Q_{max}	208	l/sec

Tabella 2: Parametri caratteristici e portate nello stato di fatto.

Dalla tabella sopra esposta si vede che la **portata di punta scaricata dall'area in oggetto** risulta per TR100 anni pari a **208 l/s**.

3.8 STATO DI PROGETTO: DETERMINAZIONE DELLE PORTATE SCARICATE DELLA RETE DI SCOLO ACQUE BIANCHE

Seguendo le metodologie sopra esposte, sono stati stimati gli idrogrammi defluenti da ciascun sottobacino per tutti gli eventi pluviometrici assegnati (al variare della durata di pioggia) e quindi la portata in transito istante per istante in ogni collettore e il carico piezometrico all'interno di ciascun nodo della rete. In questo paragrafo si riportano le portate medie e massime scaricate nei singoli nodi finali delle condotte principali. Il metodo di calcolo utilizzato, per l'implementazione del modello, è il Dynamic Wave, ossia definizione dei parametri idraulici della rete in **moto vario** e quindi tenendo conto sia degli effetti di laminazione delle condotte che delle condizioni di monte e valle dinamiche in ogni nodo della rete. Il progetto prevede una variazione dell'uso del suolo con le superfici indicative riportate nella tabella seguente.

	Superficie (m ²)
Impermeabile coperture	11.390
Impermeabile viabilità	9.230
Drenante	3.230
Permeabile	820
Sommano	24.670

Tabella 3 – Superfici impermeabili e permeabili nello stato di progetto.

Il massimo volume di invaso si ottiene per piogge con durata compresa fra le **3** e le **24 ore** raggiungendo il picco per piogge di **12 ore**.

Nelle pagine seguenti, suddivisi per durata di pioggia, si riportano lo ietogramma d'ingresso, l'idrogramma delle portate in ingresso e uscita dallo scarico ed il profilo di rigurgito delle condotte principali fino al recapito nell'istante di massimo riempimento. In particolare si riportano i risultati per durata di pioggia di **30 minuti** e 12 ore per tempo di ritorno pari a **100 anni**.

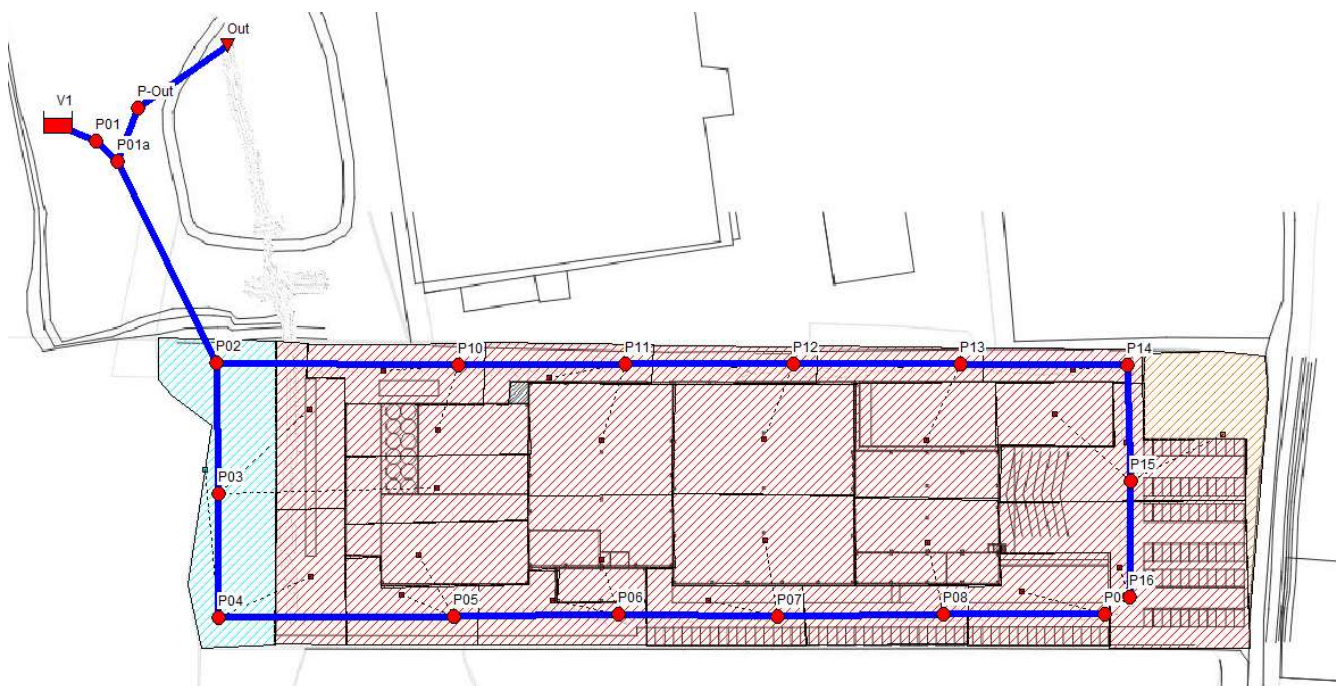


Figura 5: Schematizzazione della rete del nuovo fabbricato nello stato di progetto per la modellazione.

- **TR100 ANNI: DURATA DI PIOGGIA 30 MINUTI**

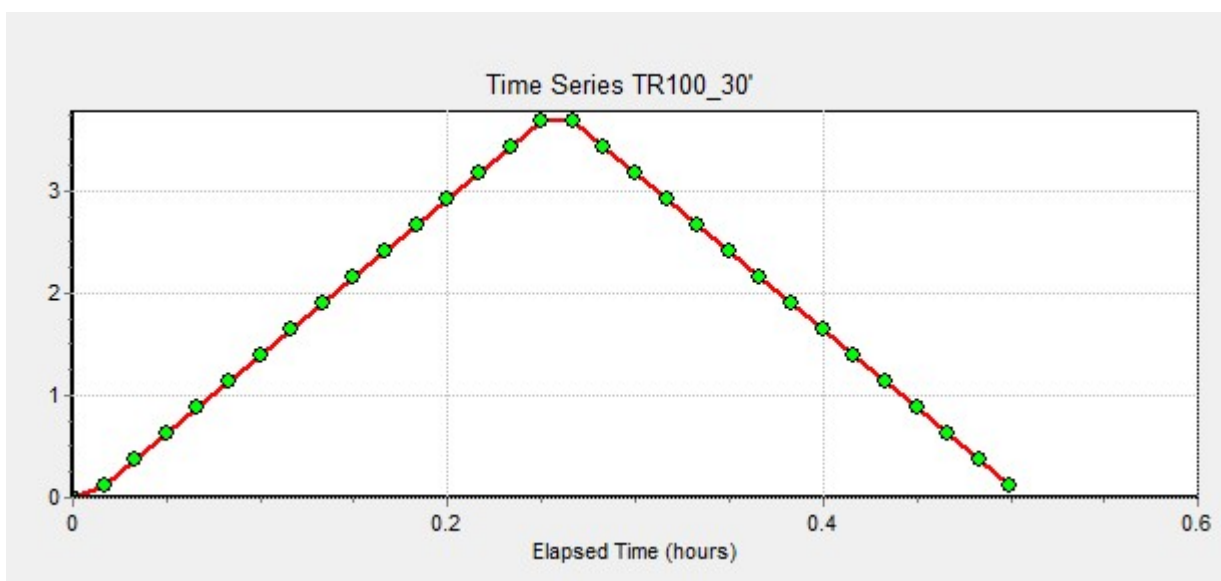


Figura 6: Ietogramma di pioggia corrispondente ad una durata pari a 30 minuti.

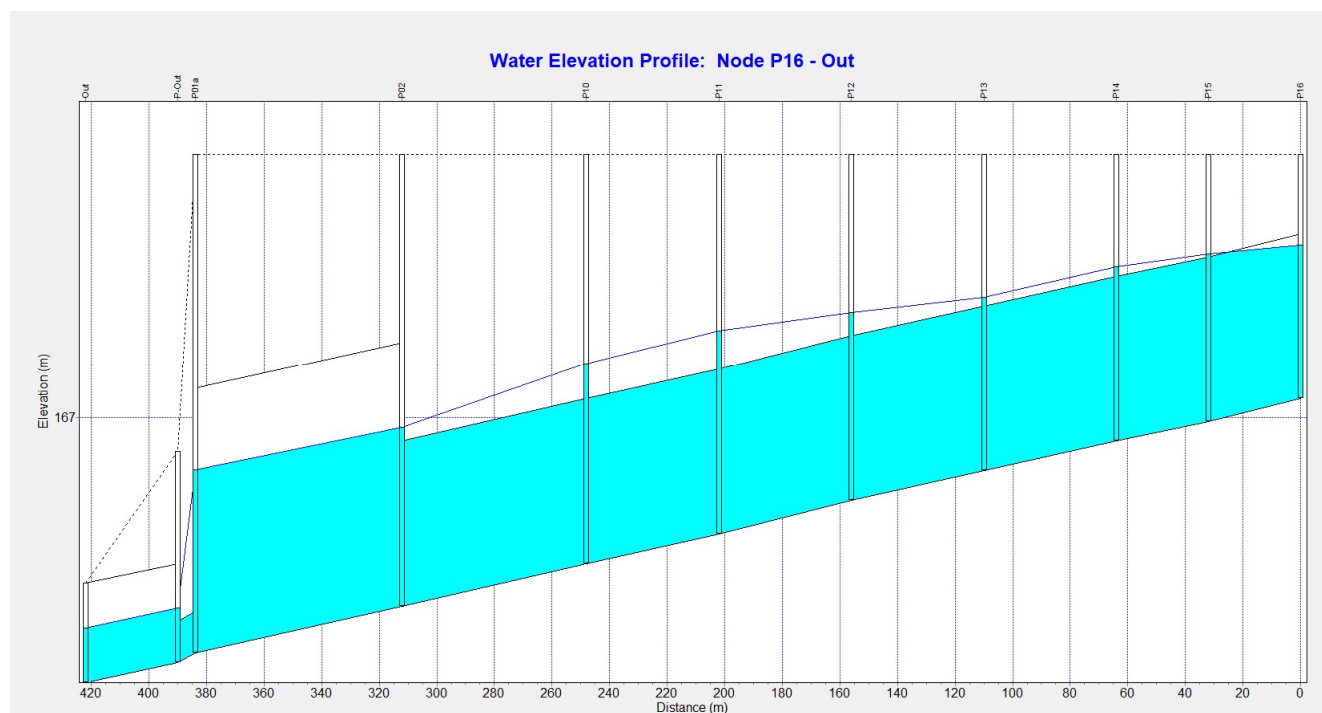


Figura 7: Profilo di rigurgito nuova fognatura da P16 a scarico Out

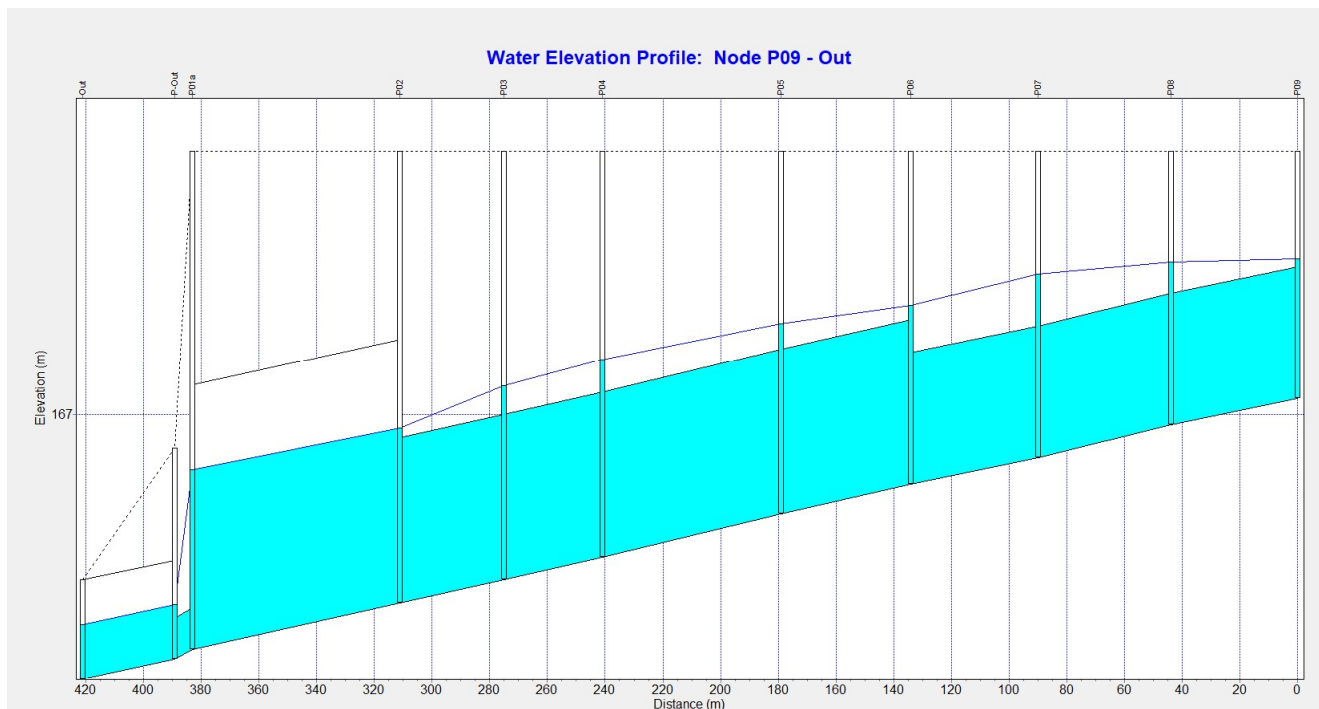


Figura 8: Profilo di rigurgito nuova fognatura da P09 a scarico Out

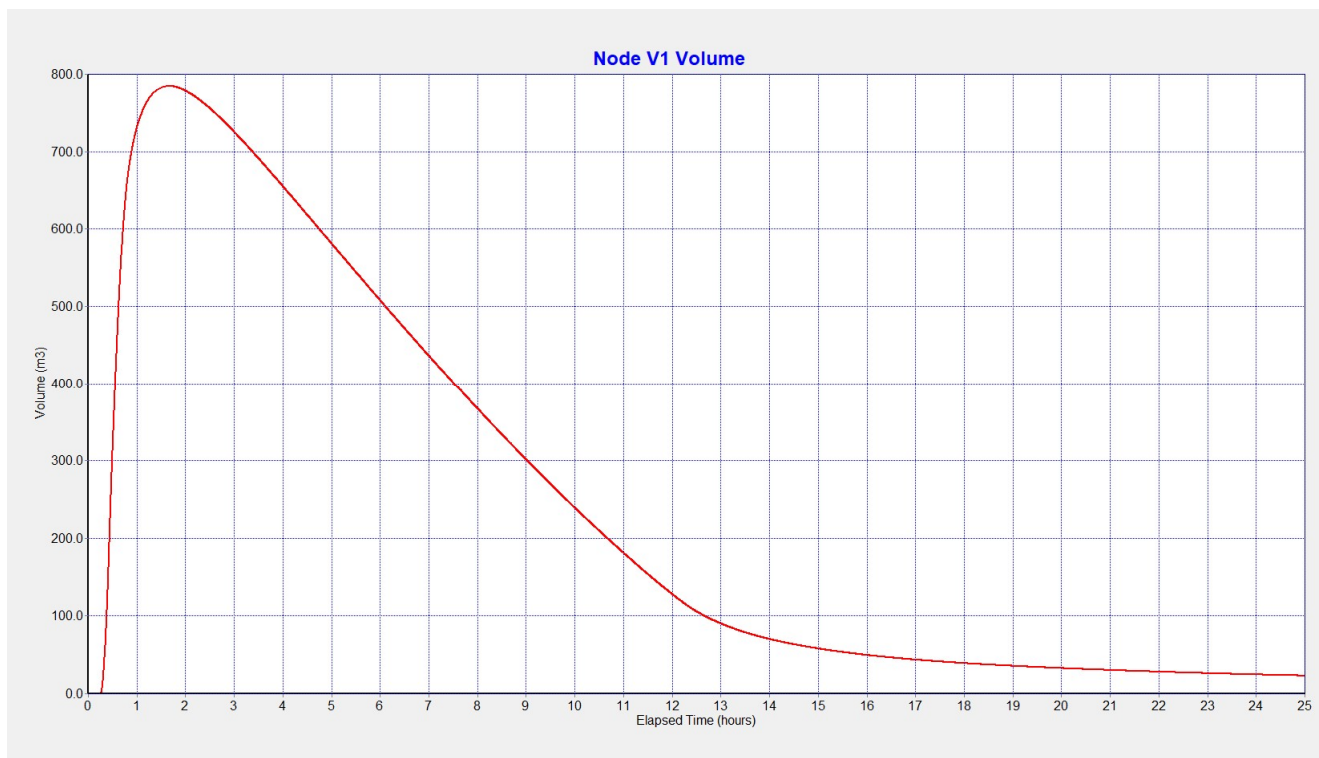


Figura 9: Volume d'invaso vasca di laminazione

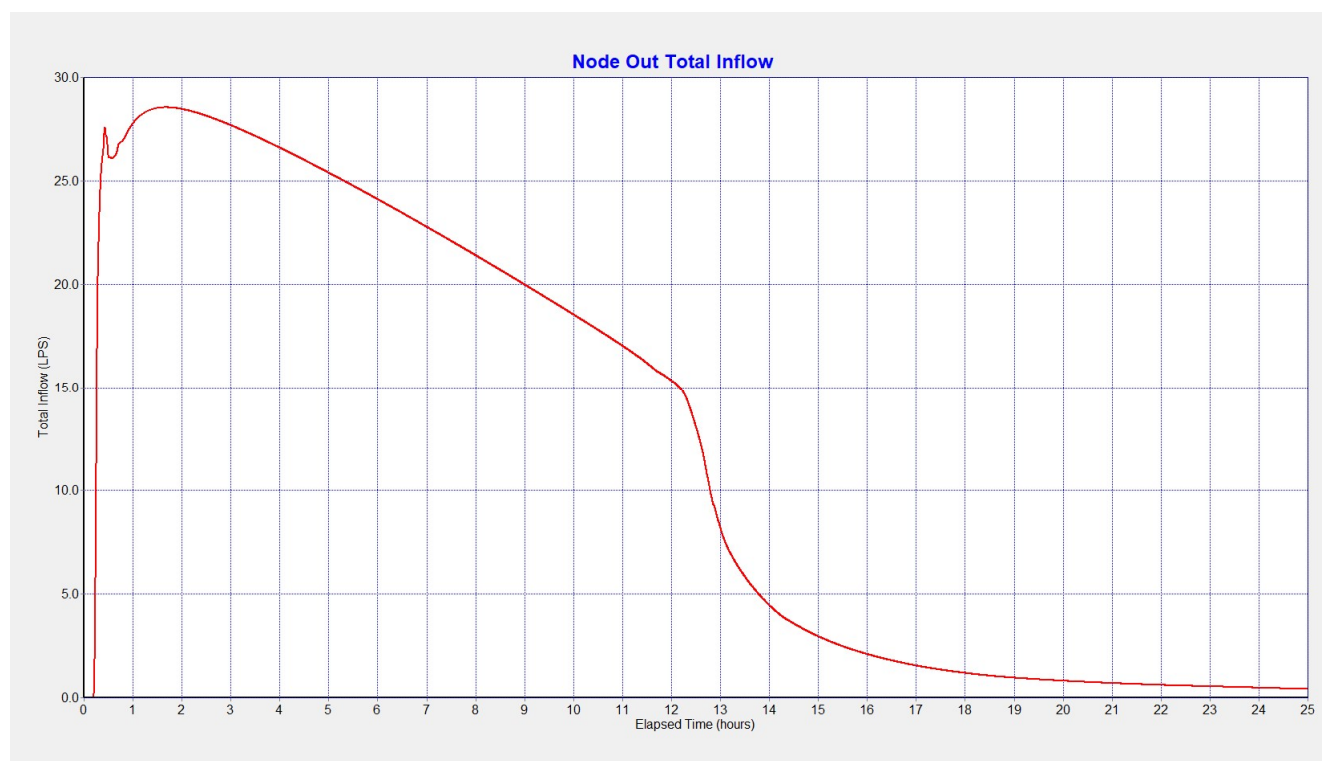


Figura 10: Portata in uscita al nodo di scarico (Out) della nuova fognatura in progetto

Come si può vedere dalle figure riportate, le tubazioni in progetto risultano verificate per tempi di pioggia di 30 minuti senza che si verifichi nessuna fuoriuscita dai pozzetti. Per questo tempo di pioggia la vasca di laminazione prevista raggiunge il massimo invaso di circa 784 m³.

I risultati grafici sopra riportati si possono riassumere brevemente nella tabella seguente:

<i>Portata massima scaricata</i>	<i>28.55</i>	<i>l/s</i>
<i>Portata media scaricata</i>	<i>6.67</i>	<i>l/s</i>
<i>Volume massimo invaso vasca laminazione</i>	<i>784</i>	<i>m³</i>

Tabella 4: Dati riassuntivi delle portate di punta generate nello stato di progetto per TR 100 anni e durata 30 minuti

- **TR100 ANNI: DURATA DI PIOGGIA 12 ore**

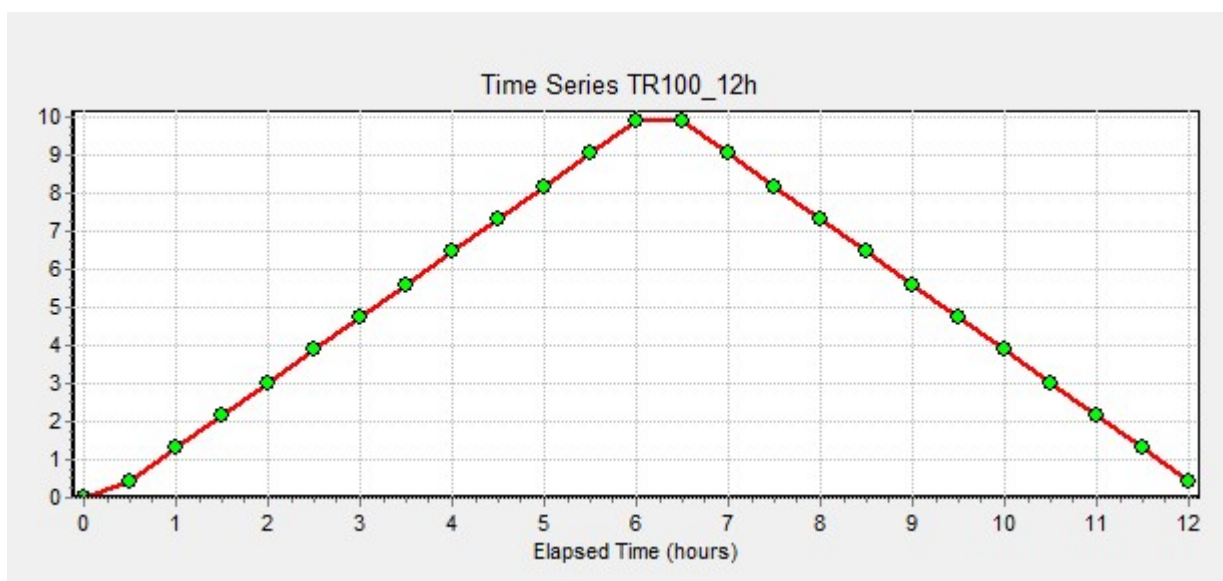


Figura 11: letogramma di pioggia corrispondente ad una durata pari a 12 ore.

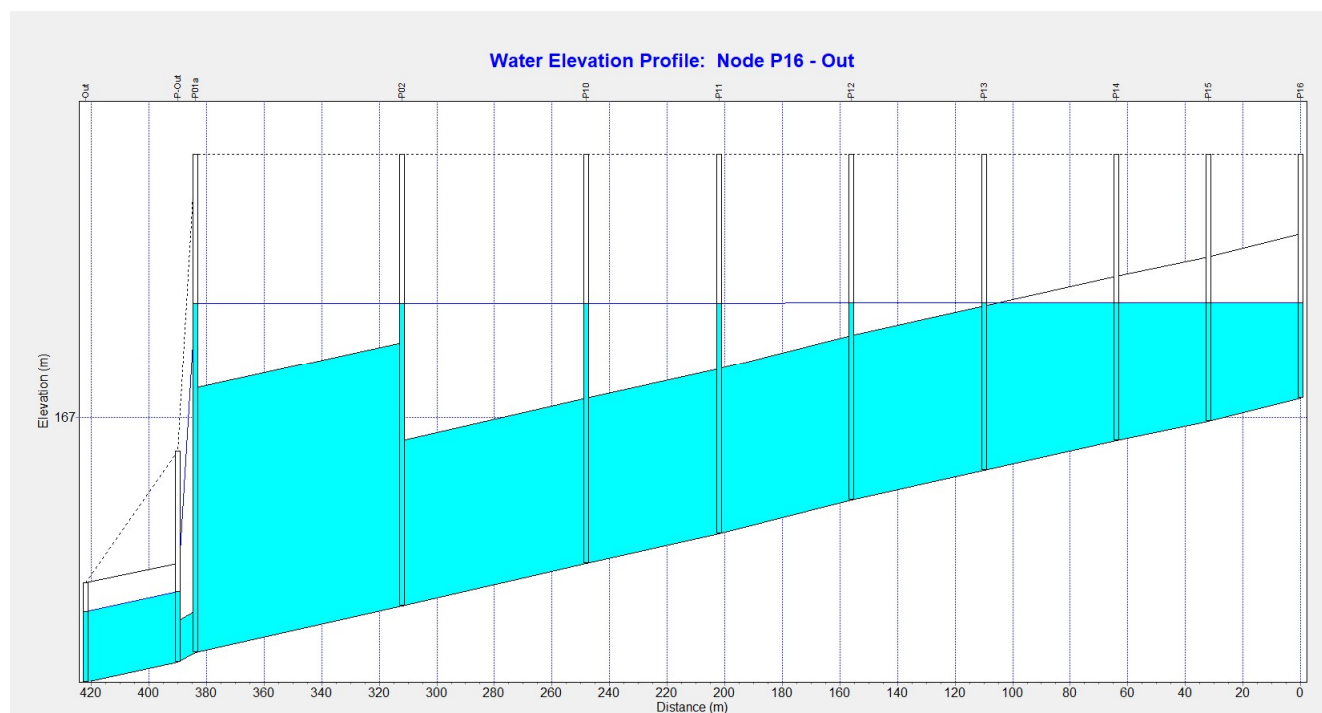


Figura 12: Profilo di rigurgito nuova fognatura da P16 a scarico Out

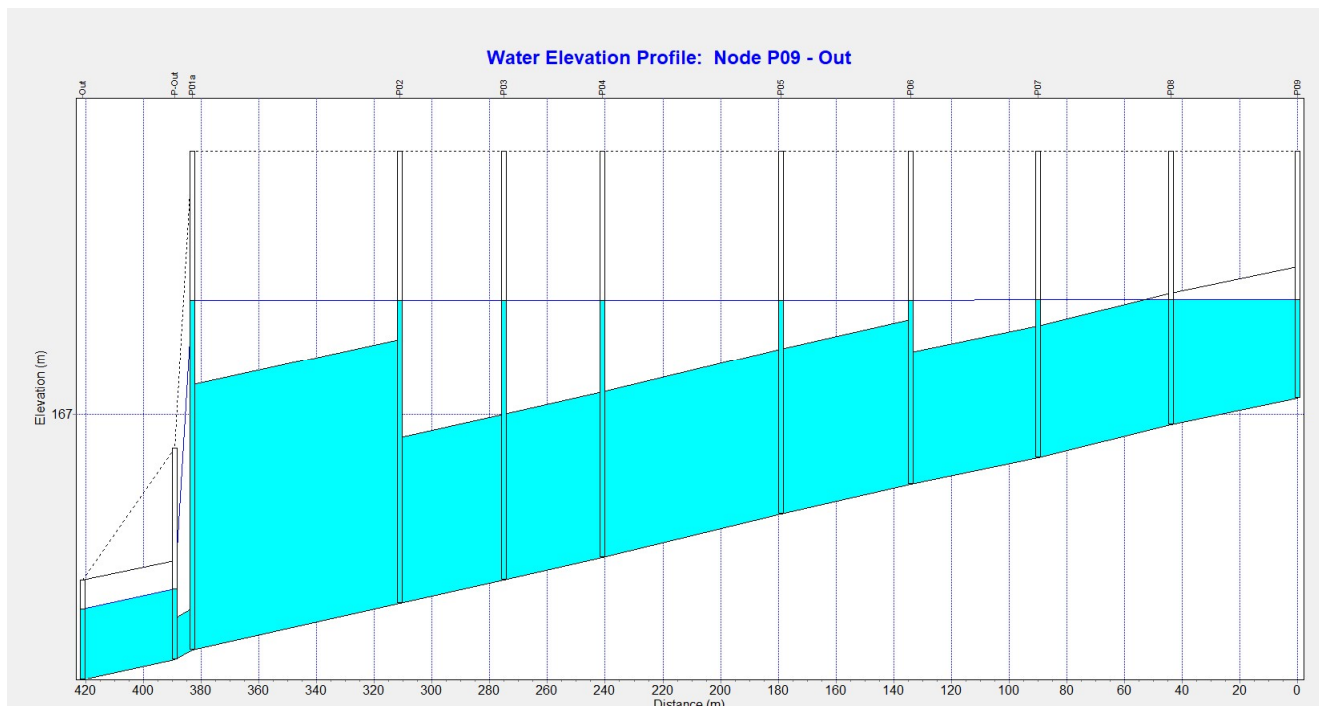


Figura 13: Profilo di rigurgito nuova fognatura da P09 a scarico Out

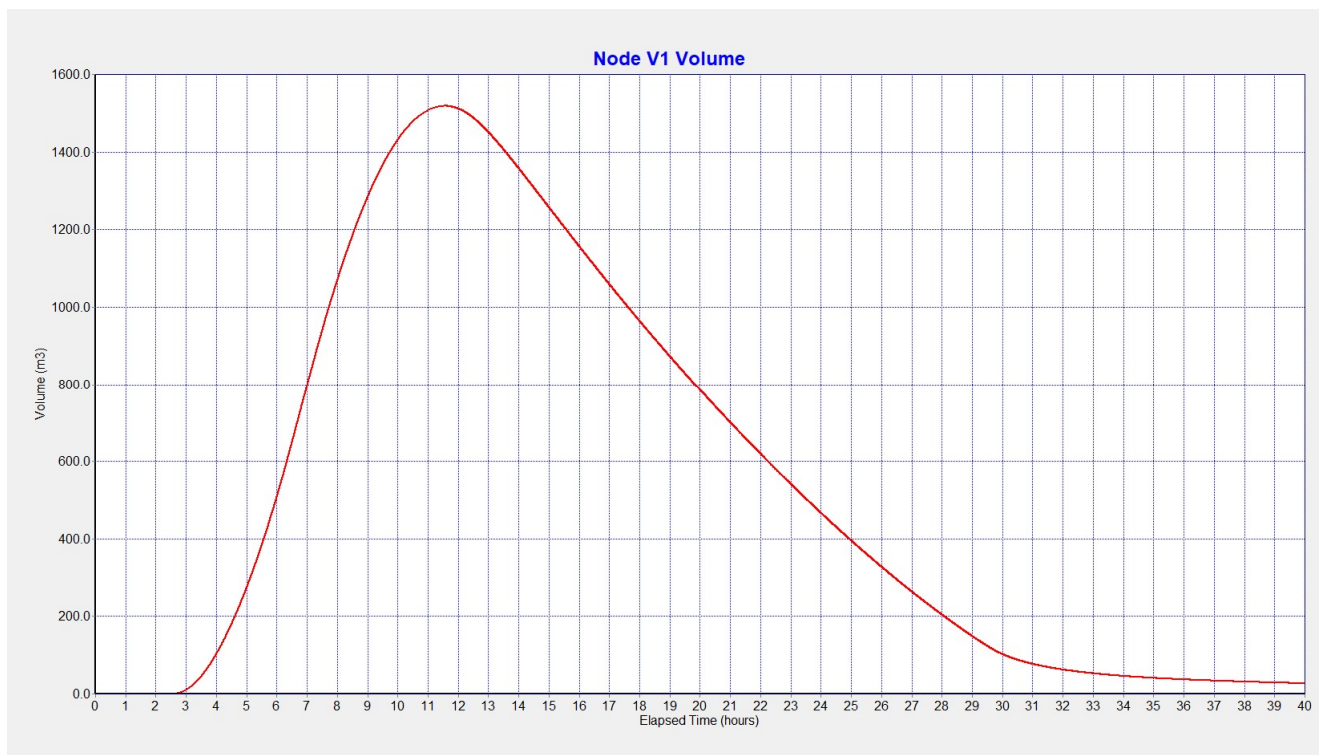


Figura 14: Volume d'invaso vasca di laminazione

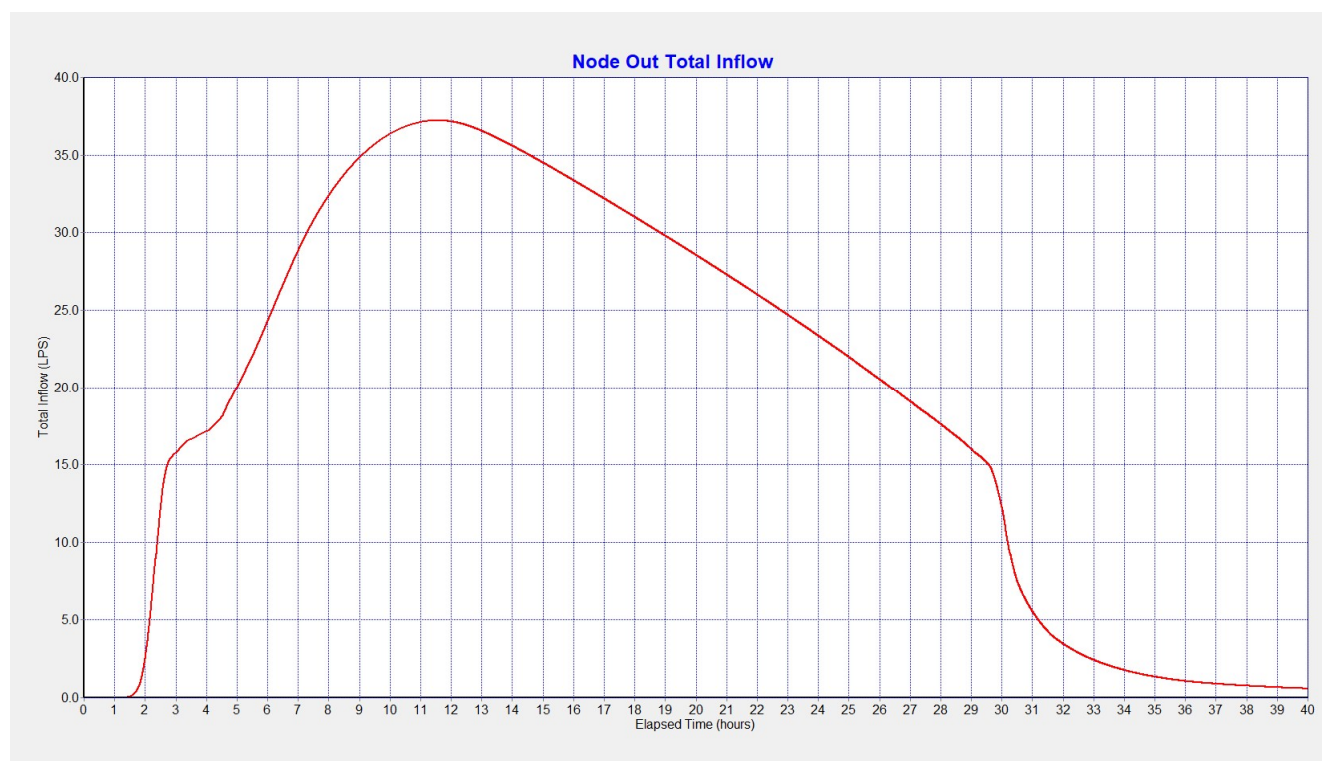


Figura 15: Portata in uscita al nodo di scarico (Out) della nuova fognatura in progetto

Come si può vedere dalle figure riportate, le tubazioni in progetto risultano verificate per tempi di pioggia di 12 ore senza che si verifichi nessuna fuoriuscita dai pozzetti. Per questo tempo di pioggia la vasca di laminazione prevista raggiunge il massimo invaso di circa 1519 m³.

I risultati grafici sopra riportati si possono riassumere brevemente nella tabella seguente:

Portata massima scaricata	37.22	l/s
Portata media scaricata	16.76	l/s
Volume massimo invaso vasca laminazione	1519	m ³

Tabella 5: Dati riassuntivi delle portate di punta generate nello stato di progetto per TR 100 anni e durata 12 ore

Nella tabella seguente si riportano i risultati per tutti i tempi di pioggia esaminati:

	Tempo di pioggia								
	15'	30'	1h	2h	3h	6h	12h	24h	
Portata massima scaricata	27.74	28.55	31.89	34.02	35.32	37.00	37.22	35.15	l/s
Portata media scaricata	5.13	6.67	8.67	10.29	11.48	13.86	16.76	20.16	l/s
Volume massimo invaso vasca	596	784	1034	1214	1332	1496	1519	1316	m ³

Tabella 6: Dati riassuntivi delle portate di punta generate nello stato di progetto per TR 100 anni

Dai risultati riportati si può notare come la portata massima in uscita agli scarichi si verifica per tempi di pioggia pari a 12 ore, questa portata risulta inferiore a quella calcolata per lo stato di fatto, quindi idonea al rispetto dell'invarianza della portata.

Il volume di massimo invaso per la vasca di laminazione prevista si ottiene per tempi di pioggia di 12 ore e risulta essere di 1.519 m³, quindi inferiore al volume utile di progetto previsto di 1.550 m³.

I risultati dimostrano il corretto funzionamento della rete acque bianche in progetto, sia per fini di drenaggio che di laminazione delle acque di pioggia. La laminazione è resa possibile dalla strozzatura finale con tubazione DN125.

4 CONCLUSIONI

La rete fognaria è stata verificata per tutte le durate di pioggia dai 15 minuti alle 24 ore per eventi di pioggia con tempi di ritorno fino ai 100 anni.

I risultati esposti dimostrano che la durata di pioggia critica, che determina il massimo volume di invaso, è quella relativa ad un evento con durata di pioggia di 12 ore. Il massimo volume di invaso per TR=100 anni è di circa **1.519 m³**.

La vasca di laminazione progettata garantisce un volume massimo di 2.110 m³ e volume utile d'invaso pari a **V_{tot}=1.550 m³**, quindi *maggiore del **minimo necessario***.

Le portate in uscita ottenute sono tali da garantire l'invarianza della portata tra stato di fatto e di progetto.