



Comune di Fontanellato

r_emiro.Giunta - Prot. 03/05/2021.0417513.E

**AMMODERNAMENTO
DELL'INSEDIAMENTO PRODUTTIVO DI
VIA BOSCO DI SOPRA N°102
LOC. PAROLETTA**

**RELAZIONE IDRAULICA
RETE ACQUE BIANCHE**

PROPRIETÀ

**SOCIETÀ AGRICOLA TELLINA DI SALVI ALESSIA E VALERIO
VIA BOSCO DI SOPRA, 102, LOC. PAROLETTA
43012, FONTANELATO (PR)**

PROGETTO RETI ACQUE BIANCHE



Ing. Gian Lorenzo Bernini

Febbraio 2021

INDICE

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | PREMESSA | 3 |
| 2 | LA RETE ACQUE BIANCHE | 5 |
| 2.1 | Definizione della rete drenante e dei bacini imbriferi..... | 5 |
| 2.2 | Contributo dell'area al collettore fognario..... | 7 |
| 2.3 | Criteri e metodologia d'impostazione del lavoro..... | 7 |
| 2.4 | Idrologia e determinazione delle curve di possibilità pluviometrica | 7 |
| 3 | ANALISI IDROLOGICA-IDRAULICA | 9 |
| 3.1 | Descrizione dello stato di fatto e di progetto | 11 |
| 3.1.1 | Stato di fatto | 11 |
| 3.1.2 | Stato di progetto..... | 12 |
| 3.2 | La calibrazione del modello idrologico SWMM..... | 12 |
| 3.3 | Determinazione delle portate scaricate della rete di scolo acque bianche | 14 |
| 3.3.1 | Stato di progetto – TR 100 anni..... | 14 |
| 4 | VALUTAZIONE DELLA COMPATIBILITÀ IDRAULICA DEL PROGETTO | 18 |
| 4.1 | Misure per la compatibilità idraulica del progetto | 20 |
| 5 | CONCLUSIONI | 21 |

1 PREMESSA

La presente relazione illustra, in via preliminare, i criteri adottati per il dimensionamento e la verifica di compatibilità idraulica del sistema di drenaggio delle acque bianche relative all'ammodernamento dell'insediamento produttivo della Società Agricola Tellina ubicato in comune di Fontanellato, località Paroletta, via Bosco di Sopra n°102 nel Comune di Fontanellato. Il dimensionamento e la modellazione delle reti sono stati eseguiti basandosi sui dati ricavabili dal rilievo topografico e dai documenti progettuali attualmente a disposizione.

Allo stato attuale il centro aziendale oggetto di intervento è costituito da un fondo rustico di superficie complessiva pari a circa 8,85 ha, parte di un fondo più ampio e di forma approssimativamente ripartita lungo l'asse nord-sud della strada di ingresso, che è a servizio dell'intero appoderamento e che collega i fabbricati esistenti.

L'intervento in progetto prevede l'insediamento di un moderno allevamento zootecnico con sistema di digestione anaerobica dei reflui, con produzione di biogas da destinarsi a cogenerazione elettrica e produzione di calore, e comporta la realizzazione di un nuovo centro aziendale che ricade in parte sui sedimi dell'insediamento agricolo esistente in cui sussiste, a fianco, il vecchio fabbricato colonico tutelato che sarà mantenuto e ripristinato. L'intervento in progetto prevede l'impermeabilizzazione di circa 5,75 ha di cui circa 3,95 ha di copertura dei nuovi fabbricati e circa 1,80 ha di aree cortilizie.

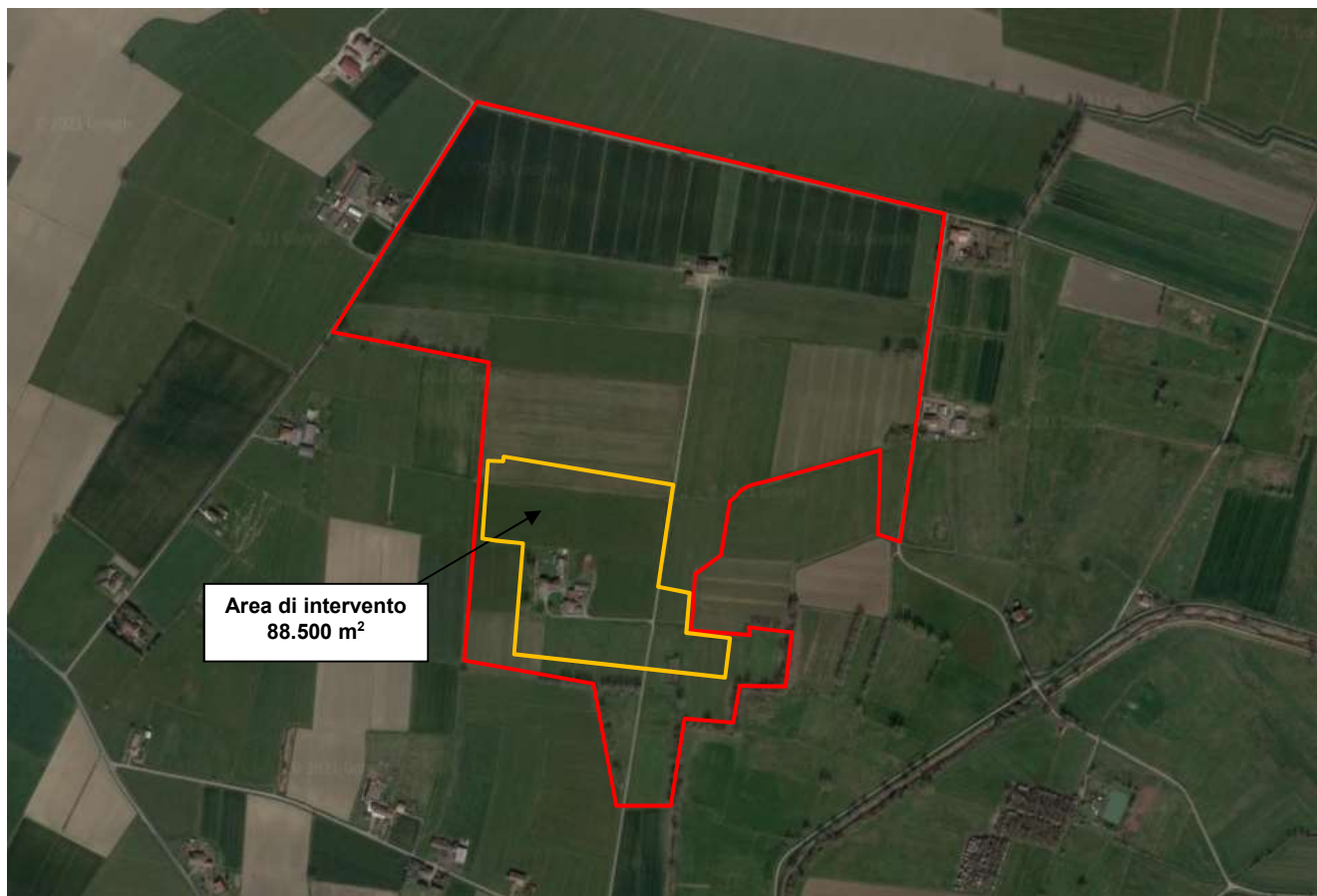


Figura 1 - Individuazione della zona oggetto di studio

Il dimensionamento della rete fognaria acque bianche prende in considerazione il contributo dovuto agli scarichi meteorici di tutte le superfici impermeabilizzate previste dal progetto. La figura seguente mostra l'inquadramento territoriale dell'area in oggetto. La verifica preliminare della rete acque bianche è stata eseguita 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 indiretto nel ricettore finale avvenga in conformità con quanto indicato dal regolamento di polizia idraulica del Consorzio della Bonifica Parmense.

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. 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..

Le simulazioni idrologiche e idrauliche sono state eseguite utilizzando eventi di pioggia con tempo di ritorno TR fino a 100 anni.

2 LA RETE ACQUE BIANCHE

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 allo stato di fatto, al fine di non perturbare l'equilibrio idraulico della rete idrica superficiale attuale. È quindi necessario, per la rete 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.

2.1 DEFINIZIONE DELLA RETE DRENANTE E DEI BACINI IMBRIFERI

La rete delle acque bianche sarà realizzata prevalentemente con condotte circolari in PVC di diametro compreso tra DN250 e DN800 e sarà costituita da una dorsale principale che percorre lo stradello che attraversa tutto il comparto e da 4 dorsali parallele alla principale che raccolgono le acque meteoriche delle aree più interne. Tali condotte raccoglieranno le acque scolanti dalle coperture dei fabbricati e delle aree cortilizie, convogliando le portate verso il fosso privato posto al confine Sud dell'area il quale scarica a sua volta nel Cavo Fossadone. Tutti i volumi raccolti in rete saranno scaricati attraverso una strozzatura di diametro DN250 tale da permettere il maggiore invaso all'interno del fosso privato in modo da ridurre il valore massimo di portata al colmo allo scarico, permettendo il rispetto del criterio di invarianza della portata. Per eventi di pioggia intensi, il sistema prevede inoltre lo sfioro di parte delle portate verso un bacino di laminazione a cielo aperto ricavato mediante ribassamento del terreno all'angolo Sud Est dell'area e di volume utile pari a circa 3.150 m³. Le portate così laminate verranno reimmesse in rete a gravità all'esaurirsi dell'evento di pioggia o non appena il carico idraulico lo permette. Il sistema di laminazione così dimensionato, costituito dal fosso privato e dal bacino di laminazione, avrà complessivamente un volume utile di invaso pari a circa 3.700 m³.

Nella figura seguente si riporta la planimetria dell'intervento in progetto.

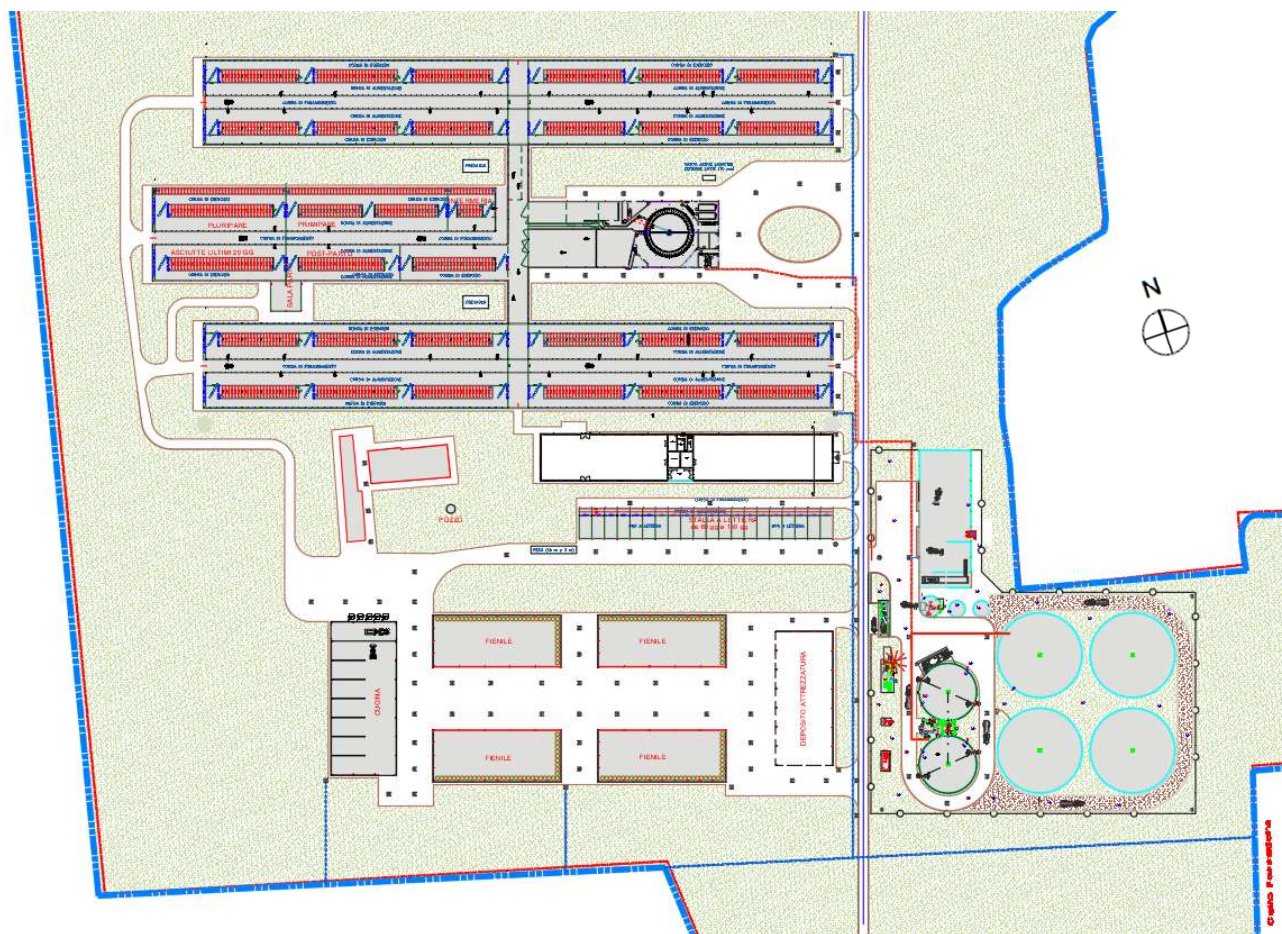


Figura 2 – Planimetria di progetto

La rete così dimensionata disporrà di un volume di invaso di circa 3.700 m³ ottenuto mediante il fosso privato e il bacino di laminazione.

Il dimensionamento della rete acque bianche è stato eseguito 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 indiretto nel Cavo Fossadone avvenga attraverso condotta tarata DN250 e in conformità con quanto indicato dal regolamento di polizia idraulica del Consorzio della Bonifica Parmense.

| Tipo di pavimentazione | ϕ |
|--|--------|
| Pavimentazioni cortilizie e stradali, asfalto, coperture | 0.90 |
| Pavimentazioni stradali, cortilizie e parcheggi drenanti | 0.60 |
| Prati, parchi, giardini ed aree verdi urbane | 0.25 |

Tabella 1 – Valori coefficienti di deflusso utilizzati nei calcoli.

2.2 CONTRIBUTO DELL'AREA AL COLLETTORE FOGNARIO

Il sistema di drenaggio, raccolta e smaltimento di progetto è composto da una rete di fognatura bianca in grado di raccogliere ed evacuare le acque meteoriche di dilavamento provenienti dalle superfici dei lotti in oggetto ed è progettata per avere funzione di invaso dinamico per laminare i volumi di pioggia e convogliarli verso lo scarico nel canale consortile. 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 rappresentata con l'utilizzo di "Ponded area".

2.3 CRITERI E METODOLOGIA D'IMPOSTAZIONE DEL LAVORO

Il sistema idrografico artificiale relativo al collettore fognario in progetto è schematizzato in diversi bacini caratterizzati dal contributo dell'area e determinato in relazione alle superfici drenate previste.

I bacini sono stati definiti sulla base dello stato della pianificazione dell'area di interesse e delle linee di collettori in progetto, in modo da avere una distribuzione delle portate il più uniforme possibile.

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.

Lo studio idrologico ed 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;
- Valutazione della risposta idraulica del lotto attraverso il sistema di drenaggio in termini di portate, velocità e volumi di deflusso per l'assegnato livello di probabilità;
- Dimensionamento dei collettori di progetto in termini di definizione dello speco, regime idraulico di deflusso e grado di riempimento.

I risultati delle verifiche hanno consentito di calibrare, e quindi meglio interpretare, le soluzioni tecniche, per il drenaggio delle acque bianche superficiali.

2.4 IDROLOGIA E DETERMINAZIONE DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

L'analisi idrologica ha lo scopo di definire le portate nello Stato di progetto in funzione del "tempo di ritorno" (TR) e della durata dell'evento di pioggia.

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,

dependente dal tipo di permeabilità e uso del terreno, si sono determinati i valori massimi della portata istantanea al colmo.

Il calcolo della portata di pioggia massima scaricata del collettore è stato svolto facendo riferimento ad un tempo di ritorno pari a 100 anni.

La determinazione della portata al colmo, attraverso il metodo afflussi/deflussi, deve avere come input l'altezza di pioggia ricavate dall'elaborazione statistica dei dati pluviometrici per piogge intense e di breve durata (15', 30', 1h, 3h, 6h, 12h, 24h) rilevati, da cui si ottengono le curve di possibilità pluviometrica per differenti tempi di ritorno. Per la determinazione della relazione fra altezza (h) e durata (d) dell'evento di pioggia in funzione di un prefissato tempo di ritorno (TR) è stato necessario individuare la legge probabilistica che meglio si adatta alla serie storica del campione analizzato. Generalmente, per le elaborazioni statistiche dei dati di pioggia, la distribuzione che meglio interpreta le serie storiche risulta essere quella di Gumbel, descritta dall'espressione:

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

Nel caso in esame si sono utilizzati i parametri a e n della curva di possibilità pluviometrica per TR 100 anni per il Comune di Parma riportati nella tabella seguente:

| Durate | < 1 | ≥ 1 |
|--------|-------|--------|
| a | 56.74 | 61.431 |
| n | 0.335 | 0.297 |

Tabella 2 - Valori caratteristici della curva di possibilità pluviometrica, TR = 100 anni

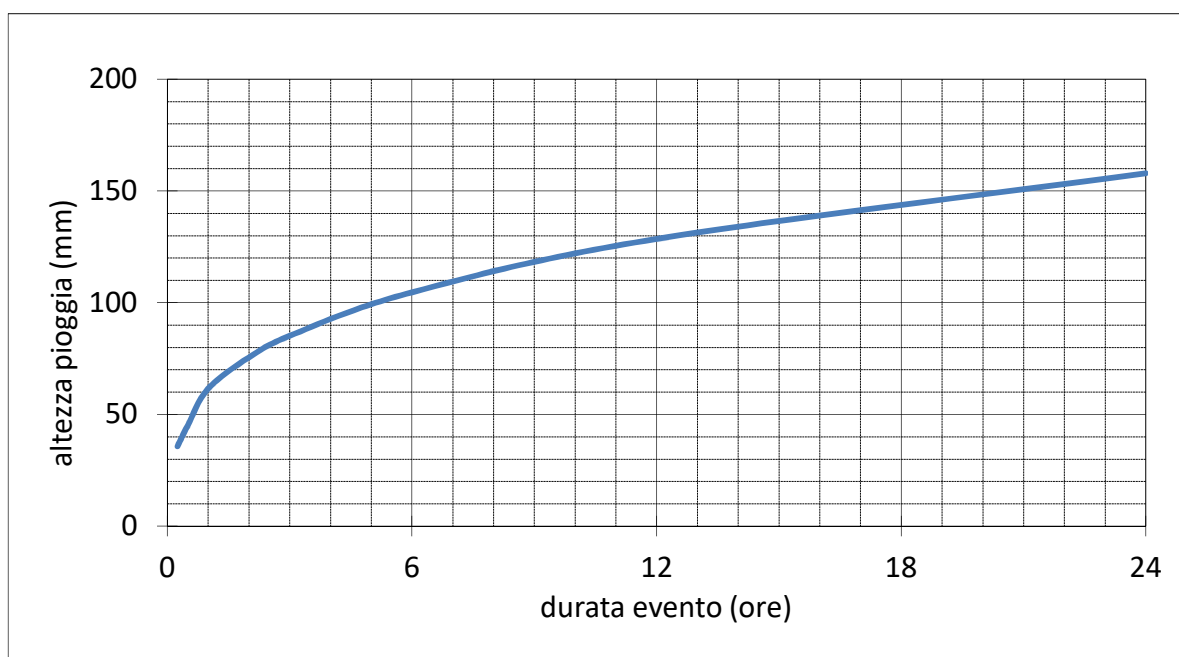


Figura 3 - Curva di possibilità pluviometrica di Parma per TR=100 anni

3 ANALISI IDROLOGICA-IDRAULICA

La simulazione idraulica per 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 dell'intervento 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, ed 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 in esame, si sono esaminati tempi di pioggia con durate differenti, dai 15 minuti fino alle sei ore, e fissato l'intervallo temporale di calcolo della simulazione complessivamente in 24 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:

$$Q = P - S'$$

dove:

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

P (mm) = volume affluito al medesimo istante;

S' (mm) = volume complessivamente perso = S*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:

$$Q = \frac{(P - I)^2}{(P - I - S)}$$

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.

3.1 DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO E DI PROGETTO

La definizione dei parametri utilizzati per la lottizzazione in oggetto riguarda due differenti condizioni:

- Stato di fatto;
- Stato di progetto.

3.1.1 STATO DI FATTO

Allo stato attuale l'area oggetto di intervento, di area pari a circa 57.500 m², si configura prevalentemente come superficie agricola, la quale può essere considerata 100% permeabile fatta eccezione per alcuni fabbricati esistenti di copertura complessiva pari a circa 2.500 m². Il ricettore finale delle acque meteoriche afferenti alle superfici in oggetto, raccolte e drenate attraverso scoli superficiali privati, è il Cavo Fossadone, il quale delimita il confine Est della zona oggetto di studio. Per la determinazione della portata generata dal terreno nello stato di fatto si è utilizzato il modello idrologico-idraulico **SWMM** (Storm Water Management Model). Per la calibrazione del modello si sono adottati i seguenti parametri:

- Il valore di CN è stato stimato pari a 80
- Lama d'acqua di detenzione superficiale su suolo impermeabile: 2,5 mm;
- Lama d'acqua di detenzione superficiale su suolo permeabile: 5,0 mm;
- Coefficiente di scabrezza secondo Manning su suolo impermeabile: 0,011 m^{-0,33} s;
- Coefficiente di scabrezza secondo Manning su suolo permeabile: 0,26 m^{-0,33} s;

Nella tabella seguente si riporta il valore della portata generata dal terreno per i diversi tempi di pioggia:

| Tempo di pioggia | Tp | 15' | 30' | 1h | 2h | 3h | 6h | 12h | 24h |
|--------------------------------|------------------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Portata max. generata comparto | Q _{max} | 109,46 | 75,94 | 77,24 | 114,91 | 136,37 | 153,73 | 141,79 | 112,64 |

Tabella 3 – Portate nello stato di fatto TR=100 anni

Come si può notare in massimo della portata è generato da una pioggia di 6 ore ed è pari a circa 153,73 l/s.

3.1.2 STATO DI PROGETTO

Per la definizione dello schema della rete si è considerata la disposizione delle aree e dei fabbricati previsti dalla planimetria di progetto, optando per la realizzazione di una dorsale principale che percorre in direzione Nord-Sud la strada interna dirigendosi verso il fosso privato sito al confine Sud dell'area il quale scarica a sua volta nel Cavo Fossadone con scarico indiretto nel Cavo Fossadone. La rete delle acque bianche è stata modellata considerando l'effettiva impermeabilizzazione prevista dagli interventi in progetto e includendo tutti i contributi di pioggia afferenti alla rete acque bianche. La rete in progetto è stata dimensionata impiegando condotte circolari in PVC di diametri compresi tra DN250 e DN800 per uno sviluppo complessivo di circa 3,5 km. Sono inoltre previste, per le aree impermeabilizzate più distanti dalla strada interna, linee parallele alla dorsale principale anch'esse con scarico nel medesimo fosso privato, realizzate con tubazioni circolari in PVC di diametro compreso tra DN250 e DN600.

Tutti i volumi raccolti in rete e afferenti al fosso privato, il quale avrà anche funzione di invaso dinamico, saranno scaricati attraverso una strozzatura di diametro DN250 tale da permettere il maggiore invaso all'interno della rete e da ridurre il valore massimo di portata al colmo allo scarico, permettendo il rispetto del criterio di invarianza della portata. Per eventi di pioggia intensi, il sistema prevede inoltre lo sfioro di parte delle portate verso un bacino di laminazione a cielo aperto ricavato mediante ribassamento del terreno all'angolo SudEst dell'area e di volume utile pari a circa 3.150 m³. Le portate così laminate verranno reimmesse in rete a gravità all'esaurirsi dell'evento di pioggia o non appena il carico idraulico lo permette. La pendenza media della rete acque bianche è pari a circa 0.2%.

3.2 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. Oltre a fissare i parametri interni di calibrazione del modello di infiltrazione, uguali a quelli adottati per lo stato di fatto, si sono fatte alcune ipotesi fisiche, di seguito riportate, sulla condizione della rete di progetto:

- le condotte della rete sono state considerate pulite, senza nessun tipo di ostruzione e intasamento e quindi in un perfetto stato di manutenzione;

- per le condotte in PVC è stato considerato un coefficiente di scabrezza secondo Manning pari a $0.0125 \text{ m}^{-0.33} \text{ s}$;
- **Coefficiente di deflusso per pavimentazione cortilizie e stradali, asfalto/cls: 0,90;**
- **Coefficiente di deflusso per superfici ghiaiate drenanti: 0,60;**
- **Coefficiente di deflusso per superfici verdi: 0,25;**
- la rete di scarico ha pendenza pari a circa 0,2%;
- la rete è simulata con tubazioni circolari di diametri compresi tra DN250 e DN800;
- lo svuotamento avviene a gravità nel fosso privato posto al confine Sud dell'area, indirettamente nel Cavo Fossadone, attraverso una strozzatura di diametro DN250;
- la condizione a valle del punto terminale in uscita dal sistema è quella di moto uniforme.

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.

L'area è stata suddivisa in 58 sottobacini scolanti, caratterizzati da un valore di permeabilità, pendenza media, larghezza caratteristica della superficie di scolo e da un nodo di recapito. Nella figura seguente è riportata la schematizzazione della rete ai fini della modellazione.

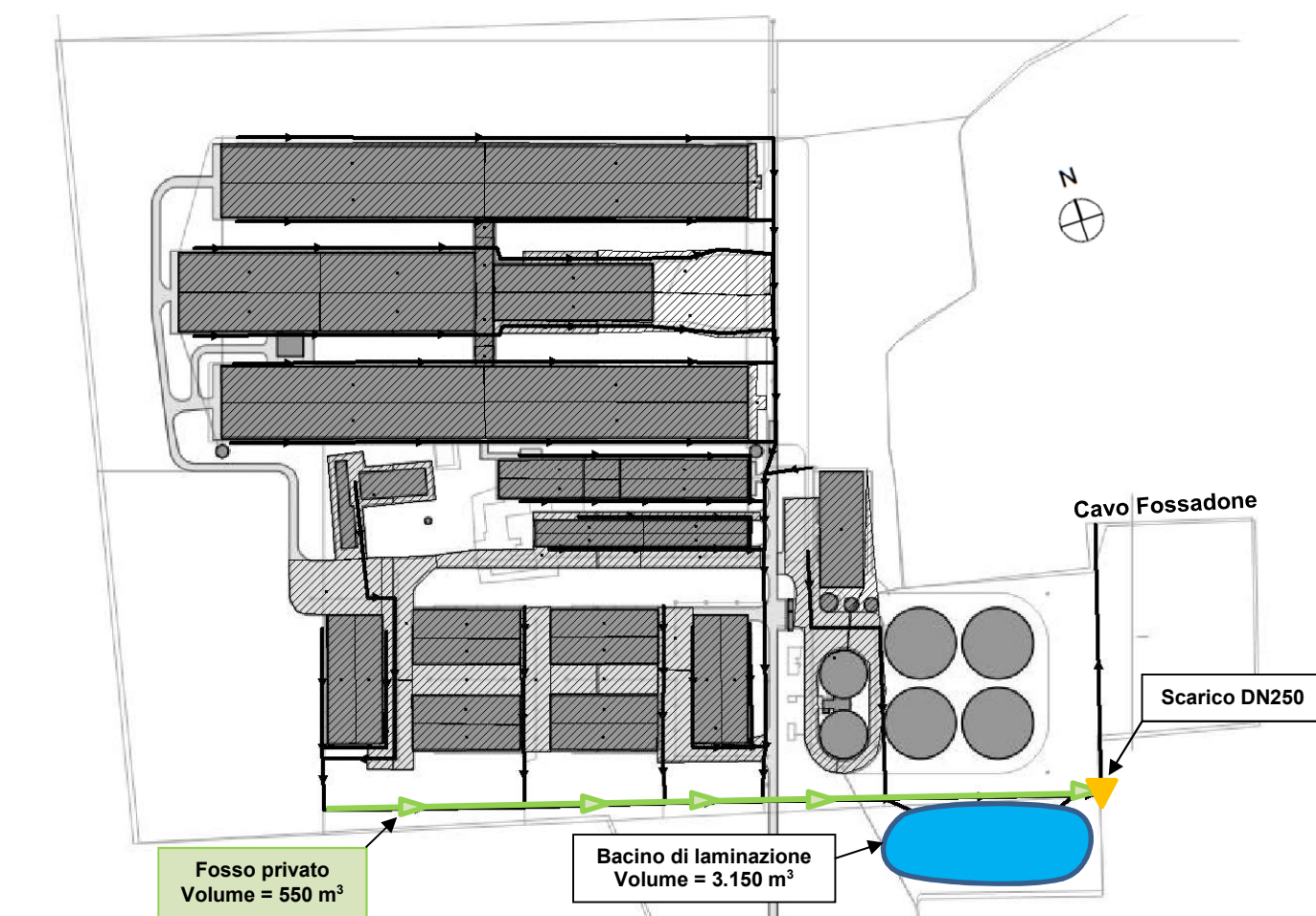


Figura 4 - Schematizzazione modellistica della rete di raccolta delle acque meteoriche

Lo scarico finale nel fosso che conferisce al Cavo Fossadone avviene attraverso una strozzatura di diametro DN250, che consente alle acque meteoriche in uscita dalla rete e dalla vasca di laminazione di essere scaricate con valori massimi di portata inferiori a quelli dello stato di fatto, anche per eventi pluviometrici con tempo di ritorno fino ai 100 anni.

| | ESISTENTE | | PROGETTO | |
|--|------------------------------|-------------|------------------------------|-------------|
| | Superficie (m ²) | ϕ | Superficie (m ²) | ϕ |
| IMPERMEABILE | 2.500 | 0,90 | 57.500 | 0,90 |
| DRENANTE | 1.200 | 0,60 | 2.900 | 0,60 |
| PERMEABILE | 84.800 | 0,25 | 28.100 | 0,25 |
| SUPERFICIE TOTALE E ϕ EQUIVALENTE | 88.500 | 0,27 | 88.500 | 0,68 |

Tabella 4 – Copertura superficiale e coefficienti di deflusso allo stato di fatto e di progetto.

3.3 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 ed il carico piezometrico all'interno di ciascun nodo della rete. 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.

3.3.1 STATO DI PROGETTO – TR 100 ANNI

Il massimo volume di invaso si ottiene per piogge con durata compresa fra i 15 minuti e le 24 ore raggiungendo il picco di portata massima allo scarico per eventi di pioggia di durata pari a 6 ore.

Nelle pagine seguenti, suddivisi per durata di pioggia, si riportano lo ietogramma di ingresso, l'idrogramma delle portate in ingresso e uscita dallo scarico ed il profilo di rigurgito delle condotte principali fino al recapito finale nell'istante di massimo riempimento. Si riportano in particolare i risultati per piogge di durata pari a 6 ore e per tempo di ritorno pari a 100 anni.

Nella figura seguente è riportato lo ietogramma di ingresso per una durata di pioggia di 6 ore. I risultati delle simulazioni sono riportati sinteticamente nella tabella seguente per ciascuna durata di pioggia.

- TR100 ANNI: DURATA DI PIOGGIA 6 ORE**

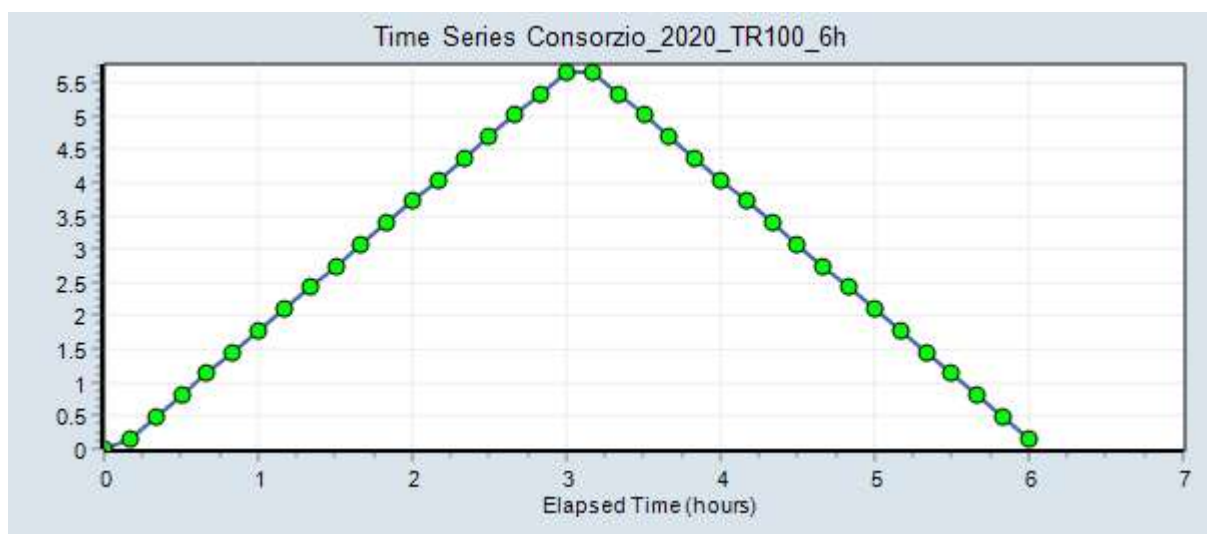


Figura 5 – Ietogramma di pioggia corrispondente ad una durata pari a 6 ore e TR 100 anni

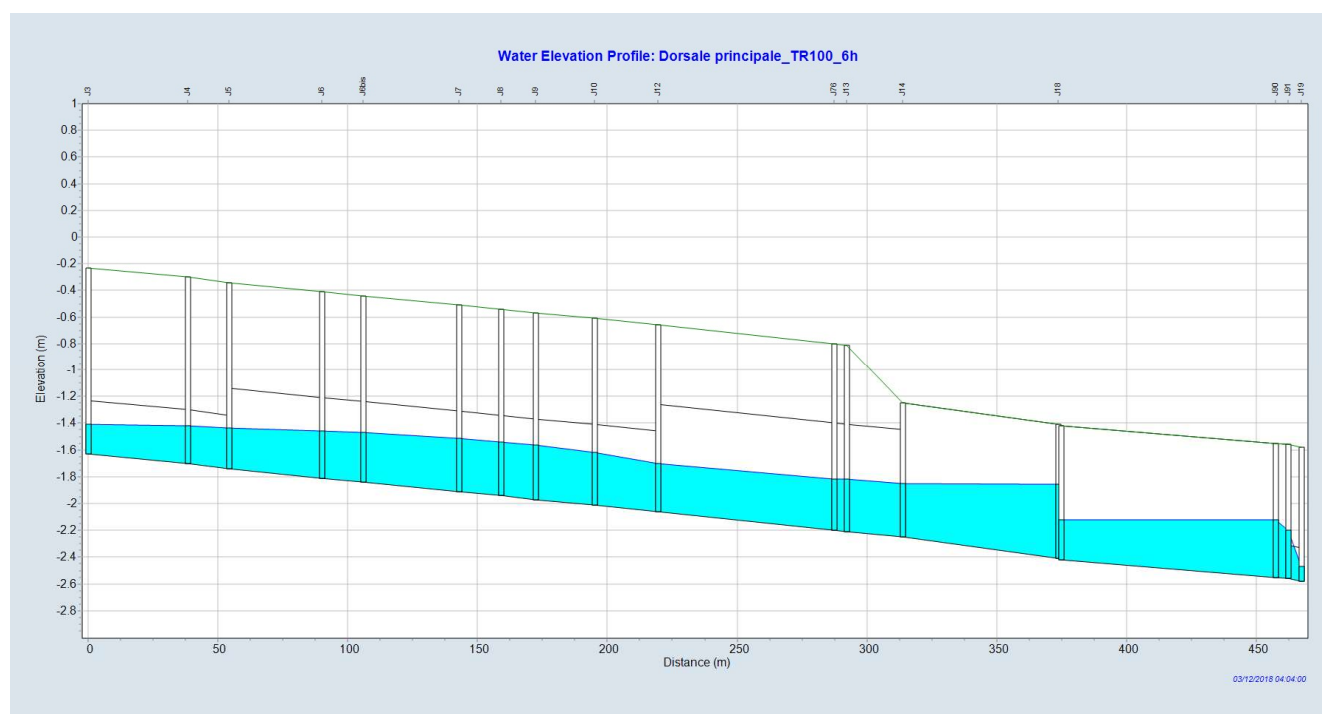


Figura 6 – Profilo di rigurgito della dorsale principale fino allo scarico DN250, pioggia di 6 ore e TR 100 anni

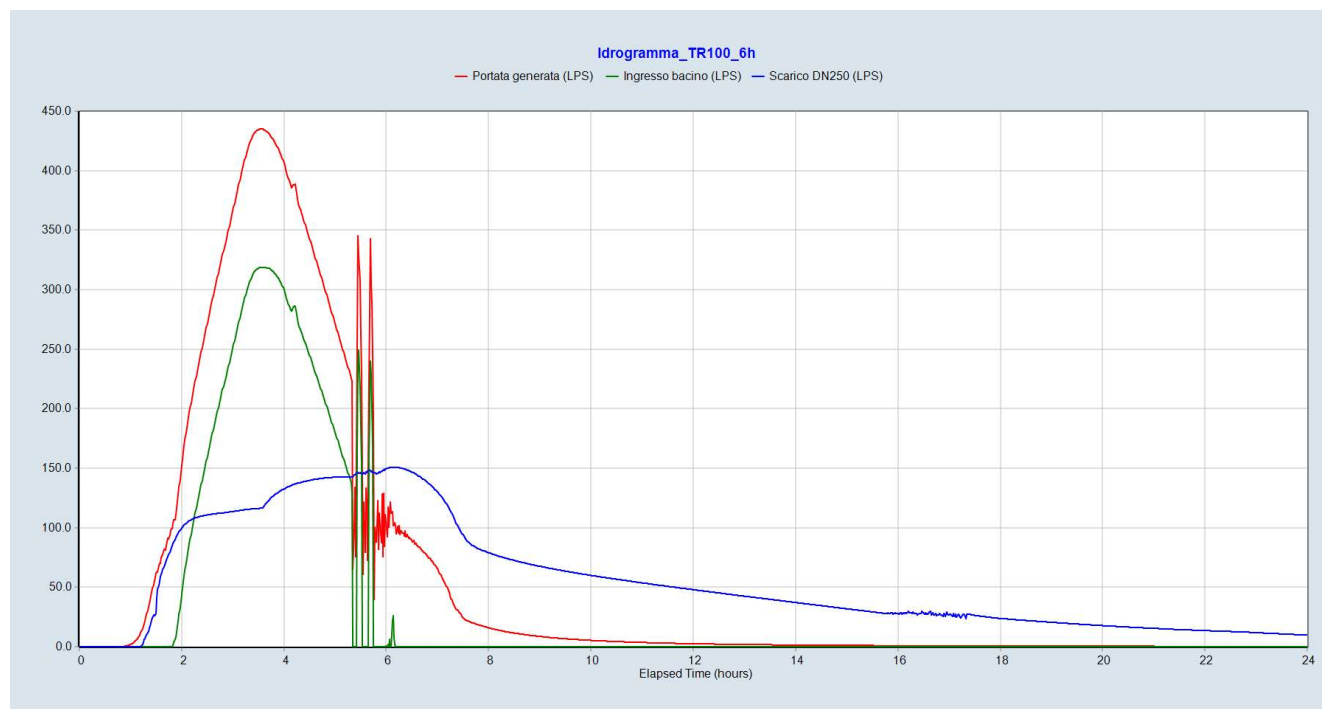


Figura 7 – Idrogramma generato dal comparto, in entrata al bacino di laminazione e allo scarico DN250 nel fosso privato

| | | |
|----------------------------------|---------------|----------------|
| Portata massima in ingresso | 435,42 | l/s |
| Vasca: Volume utile | 3.150 | m ³ |
| Vasca: Volume laminato | 2.536 | m ³ |
| Fosso: Volume utile | 550 | m ³ |
| Fosso: Volume laminato | 245 | m ³ |
| Portata massima scaricata | 150,04 | l/s |

Tabella 5 – Parametri caratteristici e portate nello stato di progetto, pioggia di 6 ore e TR 100 anni

| TR100 | Scarico DN250 | Bacino di laminazione Volume = 3.150 m ³ | |
|-----------|------------------|--|-------------------------------|
| Durata | Q max (l/s) | Volume max (m ³) | Massimo riempimento (m) |
| 15' | 118,86 | 803 | 0,23 |
| 30' | 122,42 | 1.173 | 0,34 |
| 1h | 136,41 | 1.805 | 0,52 |
| 2h | 145,04 | 2.227 | 0,64 |
| 3h | 147,62 | 2.427 | 0,69 |
| 6h | 150,04 | 2.536 | 0,72 |
| 12h | 140,39 | 2.193 | 0,63 |
| 24h | 120,49 | 1.359 | 0,39 |

Tabella 6 - Portate di punta scaricate, volumi laminati e altezza di riempimento massimo per eventi pluviometrici TR=100 anni

Dai risultati esposti si dimostra che la durata di pioggia critica, che determina il massimo volume di invaso e la massima portata di picco allo scarico, è quella di 6 ore. I volumi laminati all'interno delle tubazioni e nelle vasche di laminazione riducono la portata massima a circa 150 l/s.

I risultati dimostrano il corretto funzionamento del sistema acque bianche e mostrano che non avvengono fuoriuscite d'acqua da nessun pozzetto, anche per eventi di pioggia di progetto con tempi di ritorno pari a 100 anni.

La portata massima scaricata per la durata di pioggia critica nelle condizioni analizzate è inferiore alla massima portata al colmo calcolata per lo stato di fatto.

4 VALUTAZIONE DELLA COMPATIBILITÀ IDRAULICA DEL PROGETTO

La Direttiva 2007/60/CE riguardante la valutazione e la gestione del rischio di alluvioni, recepita nell'ordinamento italiano con il Decreto Legislativo 23 febbraio 2010 n. 49, vuole creare un quadro di riferimento omogeneo a scala europea per la gestione dei fenomeni alluvionali e si pone, pertanto, l'obiettivo di ridurre i rischi di conseguenze negative derivanti dalle alluvioni soprattutto per la vita e la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale, l'attività economica e le infrastrutture.

Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) è lo strumento previsto dalla Direttiva Alluvioni 2007/60/CE, per ridurre gli impatti negativi delle alluvioni sulla salute, l'economia e l'ambiente e favorire, dopo un evento alluvionale, un tempestivo ritorno alla normalità.

Il piano, sulla base delle mappe di pericolosità e di rischio di alluvione, definisce la strategia generale a livello di distretto, individua gli obiettivi distrettuali e le misure per orientare e fare convergere verso il comune obiettivo della sicurezza delle popolazioni e del territorio tutti gli strumenti di pianificazione distrettuale, territoriale e di settore vigenti compresa la pianificazione di emergenza di competenza del sistema della Protezione Civile. Definisce inoltre le priorità d'azione per le Aree a Rischio Potenziale Significativo, le infrastrutture strategiche, i beni culturali e le aree protette esposte a rischio, per i quali gli obiettivi generali di distretto devono essere declinati per mitigare da subito le criticità presenti con specifiche misure. Il PGRA è stato approvato con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 del 3 marzo 2016. Le mappe della pericolosità rappresentano l'estensione potenziale delle inondazioni causate dai corsi d'acqua (naturali e artificiali) e dal mare, con riferimento a tre scenari (alluvioni rare, poco frequenti e frequenti) rappresentati con tre diverse tonalità di blu, associando al diminuire della frequenza di allagamento il diminuire dell'intensità del colore. Le mappe del rischio indicano la presenza degli elementi potenzialmente esposti (popolazione coinvolta, servizi, infrastrutture, attività economiche, etc.) che ricadono nelle aree allagabili e la corrispondente rappresentazione in 4 classi da molto elevata (R4) a moderata o nulla (R1). Le 4 categorie di rischio sono rappresentate mediante una paletta di colori che va dal giallo (rischio moderato o nullo) al viola (rischio molto elevato), passando per l'arancione (rischio medio) e il rosso (rischio elevato).

In figura sono riportate le mappe della pericolosità e del rischio elaborate per il territorio comunale, e in particolare nell'area d'interesse, redatte conformemente a quanto richiesto dalla Direttiva 2007/60/CE e dal D.Lgs. 49/2010. Le mappe della pericolosità elaborate contengono la perimetrazione delle aree che potrebbero essere interessate da inondazioni causate dai corsi d'acqua (naturali e artificiali), rappresentate con tre diverse tonalità di blu, associando al ridursi della frequenza di allagamento il diminuire dell'intensità del colore.

Il primo aggiornamento delle mappe di pericolosità e del rischio alluvioni è stato esaminato nella seduta di Conferenza Istituzionale Permanente del 20 dicembre 2019, e in data 16 marzo 2020 sono stati pubblicati gli atti della Conferenza Istituzionale Permanente e le mappe delle aree allagabili, ai sensi di quanto disposto nelle Deliberazioni n.7 e 8 del 20 dicembre 2019.

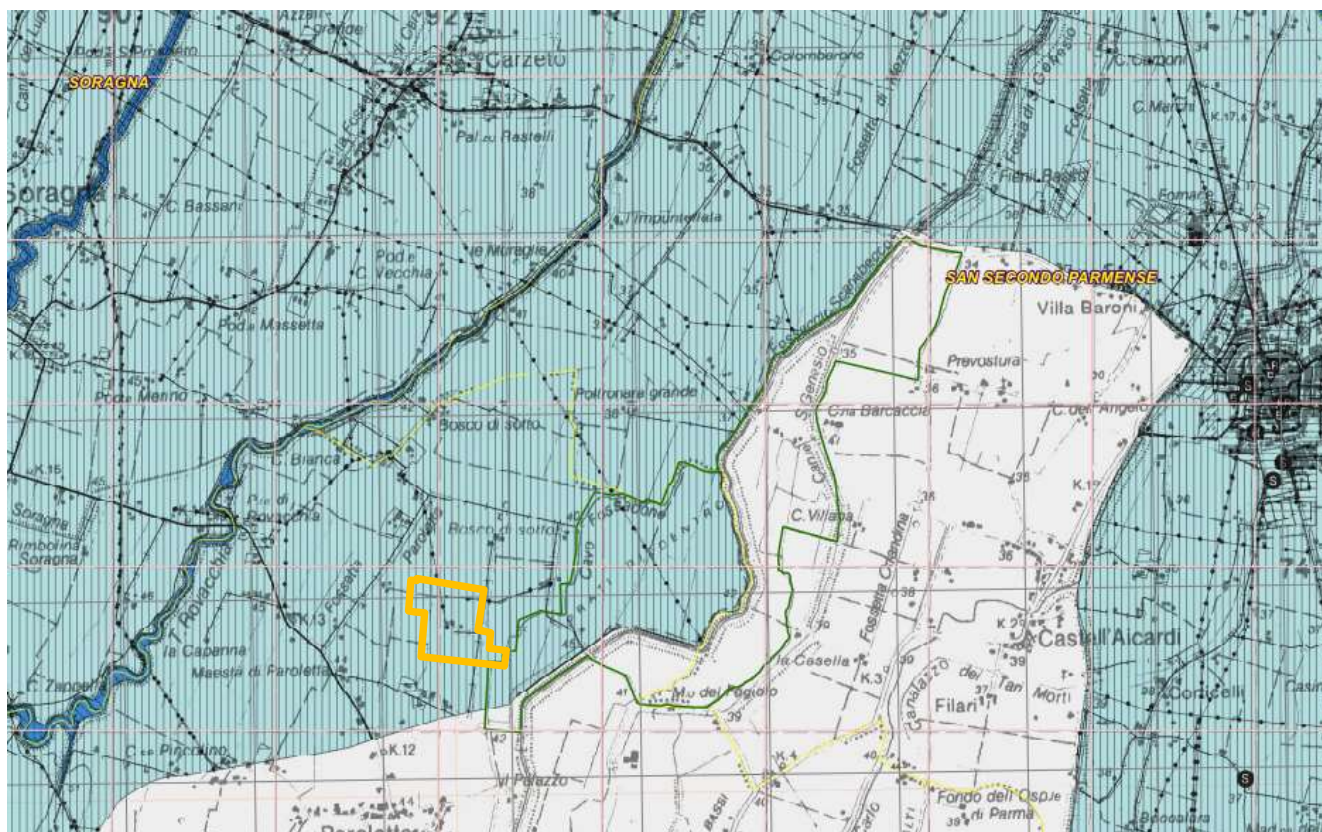


Figura 8 – Estratto della tavola Piano Gestione Rischio Alluvioni – Aree Inondabili: Mappa della Pericolosità (A.d.B.Po Decreto n.122/2014) Reticolo principale.

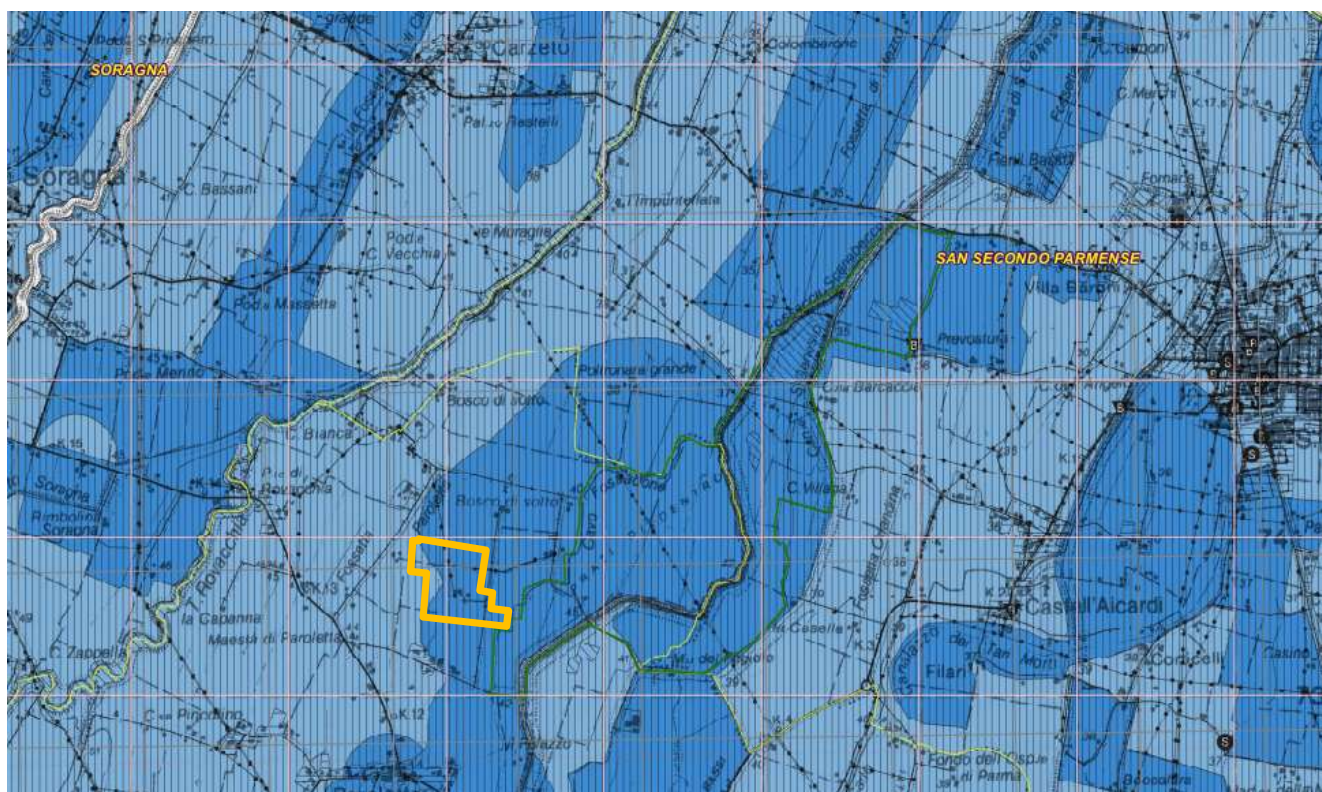


Figura 9 – Estratto della tavola Piano Gestione Rischio Alluvioni – Aree Inondabili: Mappa della Pericolosità (A.d.B.Po Decreto n.122/2014) Reticolo secondario di pianura.

L'area oggetto di interesse è in classe di pericolosità P1 per il reticolo principale e in classe di pericolosità P2 e P3 per il reticolo secondario di pianura.

4.1 MISURE PER LA COMPATIBILITÀ IDRAULICA DEL PROGETTO

Il progetto recepisce, vista la localizzazione dell'intervento in zona di pericolosità P2 e P3 per il reticolo secondario di pianura, le misure indicate dalla D.G.R. 1300/2016 per ridurre il danneggiamento dei beni e delle strutture e la sicurezza sanitaria e ambientale ed in particolare:

- Le superfici del comparto sono superiori alle quote del piano campagna confinante di almeno 50 cm, sufficiente a ridurre la vulnerabilità e adeguata al livello di pericolosità ed esposizione;
- Nessun piano seminterrato e/o interrato;
- Nessun intervento che comporti accumulo d'acqua ovvero che comporti l'aggravio delle condizioni di pericolosità/rischio per le aree circostanti.

Queste cautele costruttive consentono di rendere l'intervento compatibile con le criticità idrauliche rilevate, in base al tipo di pericolosità e al livello di esposizione dell'area. Si precisa, inoltre, che l'intervento non comporta una riduzione o una parzializzazione apprezzabile della capacità di invaso dell'area, e che non crea modifiche all'attuale dinamica fluviale e quindi alle infrastrutture esistenti.

5 CONCLUSIONI

Dai risultati esposti si dimostra che la durata di pioggia critica, che determina il massimo volume di invaso e la massima portata in uscita, è quella di 6 ore.

I risultati dimostrano il corretto funzionamento del sistema acque bianche in progetto sia ai fini di drenaggio che di laminazione delle acque di pioggia e, durante gli eventi critici analizzati, mostrano che non avvengono fuoriuscite e che i livelli d'invaso non creano problemi di allagamento anche per eventi con tempo di ritorno pari a 100 anni.

La rete fognaria acque bianche così progettata è verificata per tutte le durate di pioggia dai 15 minuti alle 24 ore per il tempo di ritorno di progetto di TR 100 anni.

*Il volume massimo laminato dal sistema di raccolta acque bianche durante l'evento critico di progetto è pari a circa **2.780 m³** a fronte di un volume disponibile dal bacino di laminazione di circa **3.700 m³**.*

*Lo scarico finale della rete acque bianche avviene nel fosso privato con scarico indiretto nel Cavo Fossadone attraverso condotta tarata di diametro **DN250** che realizza la strozzatura necessaria per la laminazione delle piogge e la limitazione dei deflussi in uscita.*

*Il sistema di gestione delle acque bianche in progetto consente di limitare la portata scaricata definendo una complessiva **portata al colmo pari a circa 150 l/sec**, tale valore rispetta il criterio di invarianza idraulica.*