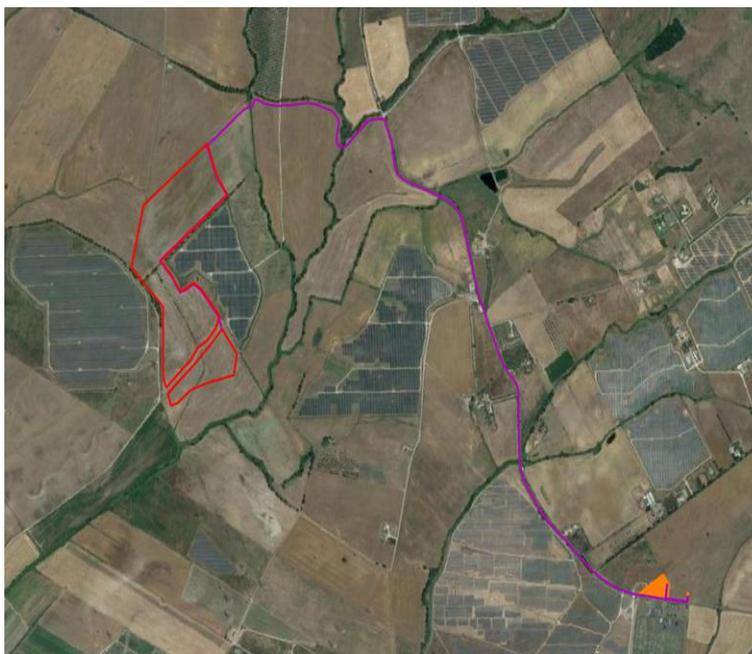


**COMUNE DI MONTALTO DI CASTRO**

*Provincia di Viterbo*

**STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA A CORREDO DELLA  
REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI  
MONTALTO DI CASTRO (VT)**



**PROPONENTE: SF CELESTE SOLARE**



**Novembre 2021**

**Ing Dario Tricoli**

Via Carlo Pisacane 25/F  
88100 Catanzaro  
tel/fax 0961 33381 - cel. 349 6187665  
[www.ruwa.it](http://www.ruwa.it) – [www.tricardi.it](http://www.tricardi.it) – [dario.tricoli@libero.it](mailto:dario.tricoli@libero.it) - P.I. 02723670796

**COMUNE DI MONTALTO DI CASTRO**  
**Provincia di Viterbo**

***PROPONENTE: SF CELESTE SOLARE***

**REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI  
MONTALTO DI CASTRO (VT)**

**Studio di compatibilità idraulica  
INTEGRAZIONI**

**Novembre 2021**

**Ing. Dario Tricoli**



## Indice generale

<b>1 – Premessa.....</b>	<b>4</b>
<b>2 – Descrizione del fenomeno.....</b>	<b>6</b>
<b>3 – Implementazione modello stato attuale.....</b>	<b>8</b>
<b>4 – Implementazione modello stato progetto.....</b>	<b>12</b>

## 1 – Premessa

Il presente elaborato è stato redatto in risposta alla nota Prot. n. 8918 emessa dal Consorzio di Bonifica Litorale Nord il 01/06/2021 nella quale si richiedevano alcune integrazioni nell'ambito all'approvazione del progetto “intervento di impianto fotovoltaico a terra Montalto Prato Solare della potenza di circa 14 MWp connesso alla Rete MT E-distribuzione, ubicato nel Comune di Montalto di Castro, Provincia di Viterbo in località Prataccione e Caprarecce”, per il quale è stato elaborato uno studio di compatibilità idrologica e idraulica a firma dello scrivente di cui il presente documento costituisce integrazione ed è da considerarsi parte integrante. Al fine di potere esprimere il parere di competenza sul progetto relativo alla realizzazione di un parco fotovoltaico sito nel Comune di Montalto di Castro (VT) il Consorzio di Bonifica Litorale Nord ha richiesto la trasmissione della seguente documentazione integrativa per la parte dello studio di compatibilità idrologica ed idraulica:

- *progetto definitivo delle vasche di laminazione o sistemi simili per la raccolta delle acque meteoriche e il successivo graduale sversamento nei fossi demaniali, tarato nel principio dell'invarianza idraulica (elaborati grafici con indicazione delle quote assolute e dimensioni, del diametro della tubazione di raccordo e dello stesso punto di scarico ed il dimensionamento del tubo di controllo flusso, ecc.);*

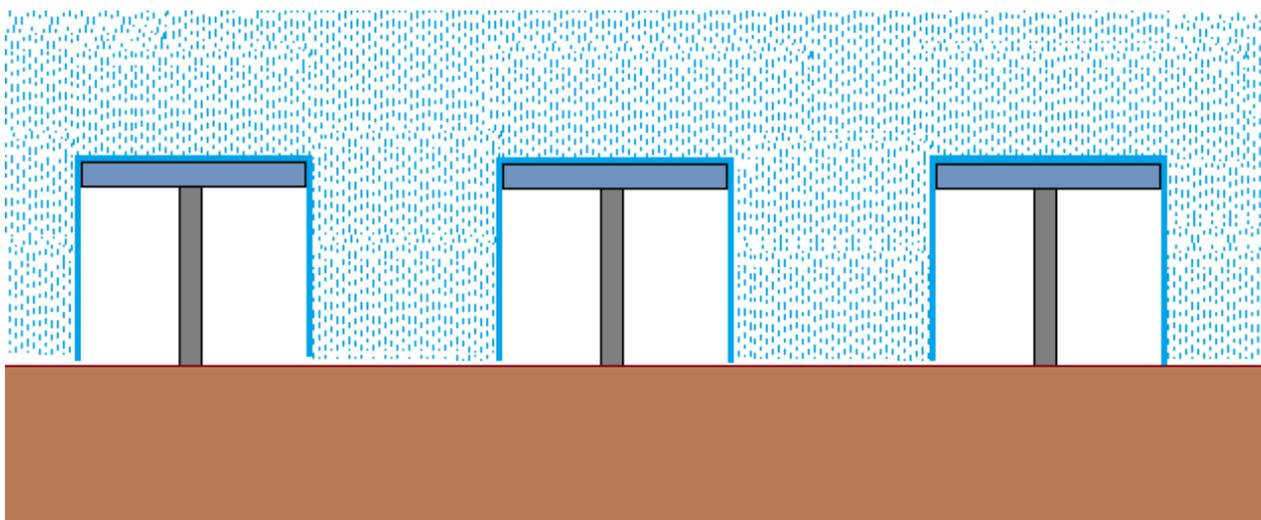
Come già riportato nello studio di compatibilità idraulica redatto nel Luglio 2021 si evidenzia che sulla base di valutazioni qualitative, la tipologia delle batterie di pannelli fotovoltaici di progetto, che prevede una certa distanza tra le varie batterie, permette di affermare che l'installazione dei pannelli non costituisca consumo di suolo in quanto non viene sottratta allo stesso superficie permeabile. In questo caso infatti l'acqua piovana intercettata dai pannelli non tende a concentrarsi sui pannelli stessi, come farebbe invece sulla falda di un tetto di un edificio di grandi o medie dimensioni, ma ricade subito sul suolo posto al di sotto dei pannelli stessi, le caratteristiche del suolo al di sotto dei pannelli non vengono in alcun modo alterate per cui permane la permeabilità originaria della zona. Non è pertanto necessario realizzare vasche di laminazione o sistemi simili per la raccolta delle acque meteoriche in quanto gli interventi in progetto, non provocano ostacolo al libero deflusso delle acque e non variano le permeabilità dei suoli, consentendo di affermare che nello stato di progetto si ha invarianza idraulica.

La redazione del presente documento integrativo è stata finalizzata pertanto alla dimostrazione quantitativa di quanto appena affermato. A tal proposito è stato realizzato un modello di simulazione afflussi-deflussi dinamico implementato nel software SWMM e realizzato ad-hoc al fine di dimostrare che l'installazione delle batterie di pannelli fotovoltaici in progetto non altera le condizioni di permeabilità dei suoli e non produce una modifica sostanziale delle condizioni di rischio idraulico della zona. Di seguito quindi sarà dapprima descritto il fenomeno fisico da rappresentare e successivamente verranno mostrati i modelli di dettaglio con cui sono state rappresentate le condizioni ante-operam e post-operam modellate attraverso il software SWMM e saranno infine

riportate alcune riflessioni sui risultati ottenuti.

## 2 – Descrizione del fenomeno

Nel corso di questo paragrafo verrà descritto nel dettaglio il fenomeno della precipitazione al suolo nelle condizioni ante e post operam. Nella fattispecie, come discusso in precedenza, l'intervento in progetto consiste nella realizzazione di un impianto fotovoltaico e quindi nella posa in opera di batterie di pannelli fotovoltaici posti ad una certa distanza tra loro. La precipitazione che in condizioni naturali andrebbe a cadere sul terreno viene nello stato post-operam difatti intercettata dalla superficie del pannello. Si specifica che a vantaggio di sicurezza, nella presente trattazione, è stata considerata la posizione orizzontale del pannello in quanto consente di massimizzare l'effetto di copertura al suolo. Inoltre, le considerazioni effettuate fanno riferimento ad una precipitazione che avviene esclusivamente nel verso verticale. In tale ottica la superficie del pannello intercetta la precipitazione che naturalmente precipiterebbe sulla porzione di terreno sottostante e la restituisce ai piedi del pannello stesso come mostra la Fig. 1.



*Fig. 1: Schematizzazione dell'effetto indotto dalla presenza dei pannelli durante un generico evento pluviometrico*

In particolare per la ricostruzione del modello in oggetto, con riferimento alla Fig 2, è stato considerato un pannello fotovoltaico avente larghezza massima in posizione orizzontale pari a 2.38 m e distanza tra un pannello e l'altro pari a 2.60 m. Per l'implementazione del modello in oggetto è stato successivamente fatto riferimento ad una fascia generica lunga 100 m e larga pertanto 4.98 m (pari quindi alla somma della larghezza massima in posizione orizzontale e della distanza tra un pannello e l'altro) avente quindi una superficie totale pari a 498 mq (0.0498 ha).

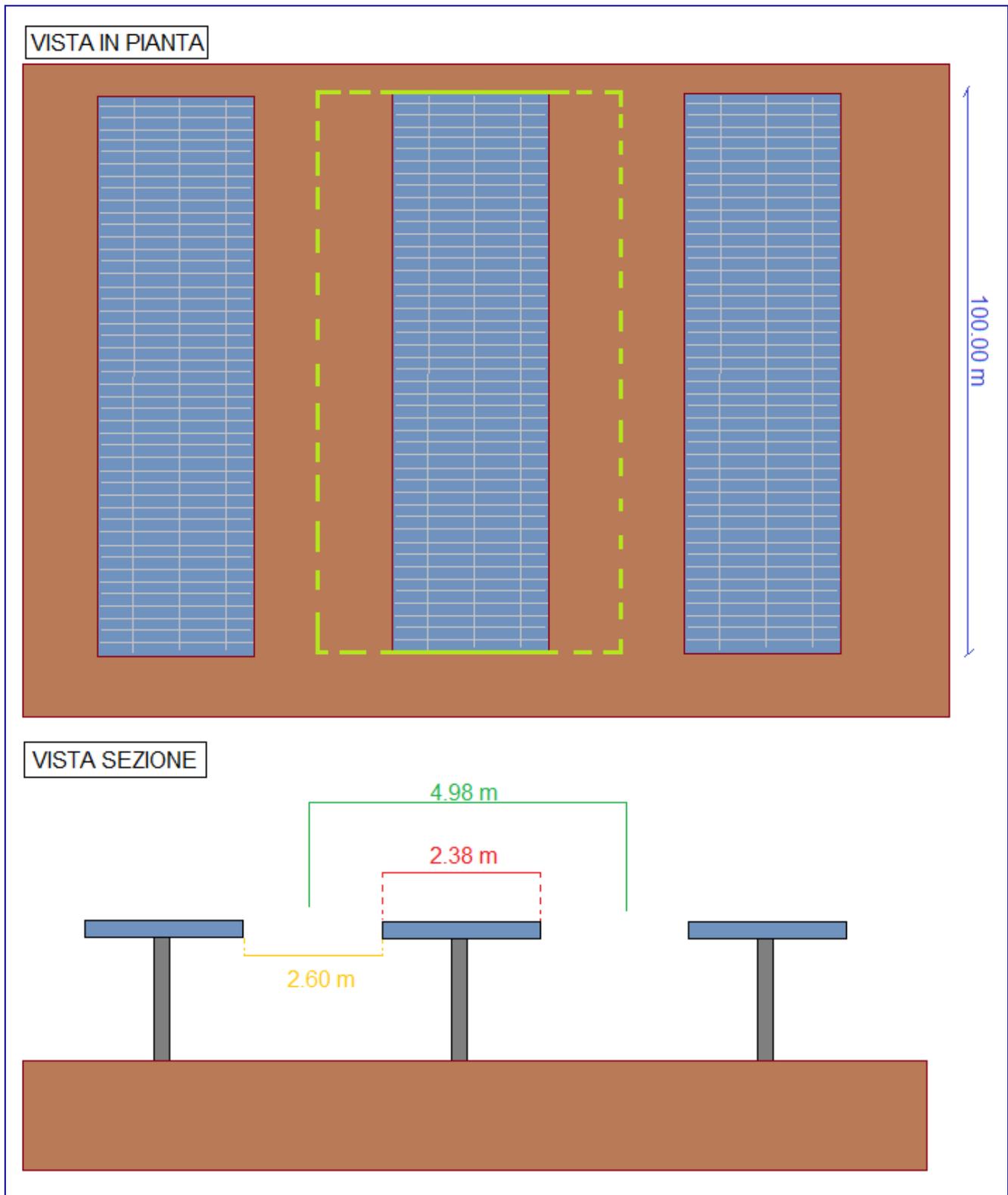


Fig. 2: Vista planimetrica e sezione tipo posa in opera batterie pannelli fotovoltaici

### 3 – Implementazione modello stato attuale

Per l'implementazione del modello dello stato attuale è stata utilizzata un unico elemento Subcatchment che rappresenta il terreno nelle condizioni naturali. A tale superficie di estensione pari a 0.0498 ha è stata applicata una precipitazione coerente a quella utilizzata nell'ambito dello studio di compatibilità idraulica. Nella fattispecie è stato utilizzata la pioggia totale relativa ad un evento di durata pari a tre ore e tempo di ritorno pari a 200 anni come riportato di seguito.

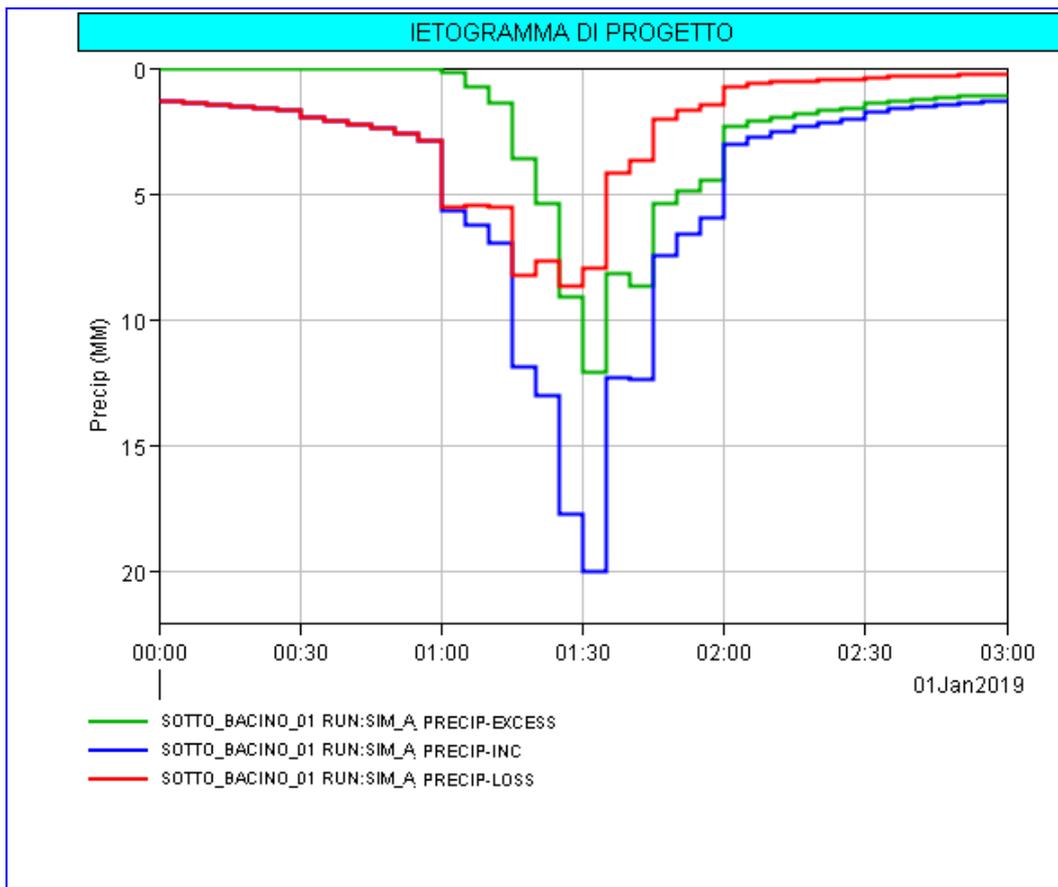


Fig. 3: Ietogramma di progetto per TR 200 anni

Con l'ausilio del software SWMM è stato pertanto implementato il modello secondo lo schema riportato in Fig. 4 . Come si evince dall'immagine il modello è stato discretizzato in un unico elemento (Subcatchment) che rappresenta la superficie del terreno nelle condizioni attuali. Le caratteristiche del bacino di riferimento sono riportate per completezza in Fig. 5. In generale all'elemento "area\_sa" è stata applicata la precipitazione "ieto\_200\_anni"

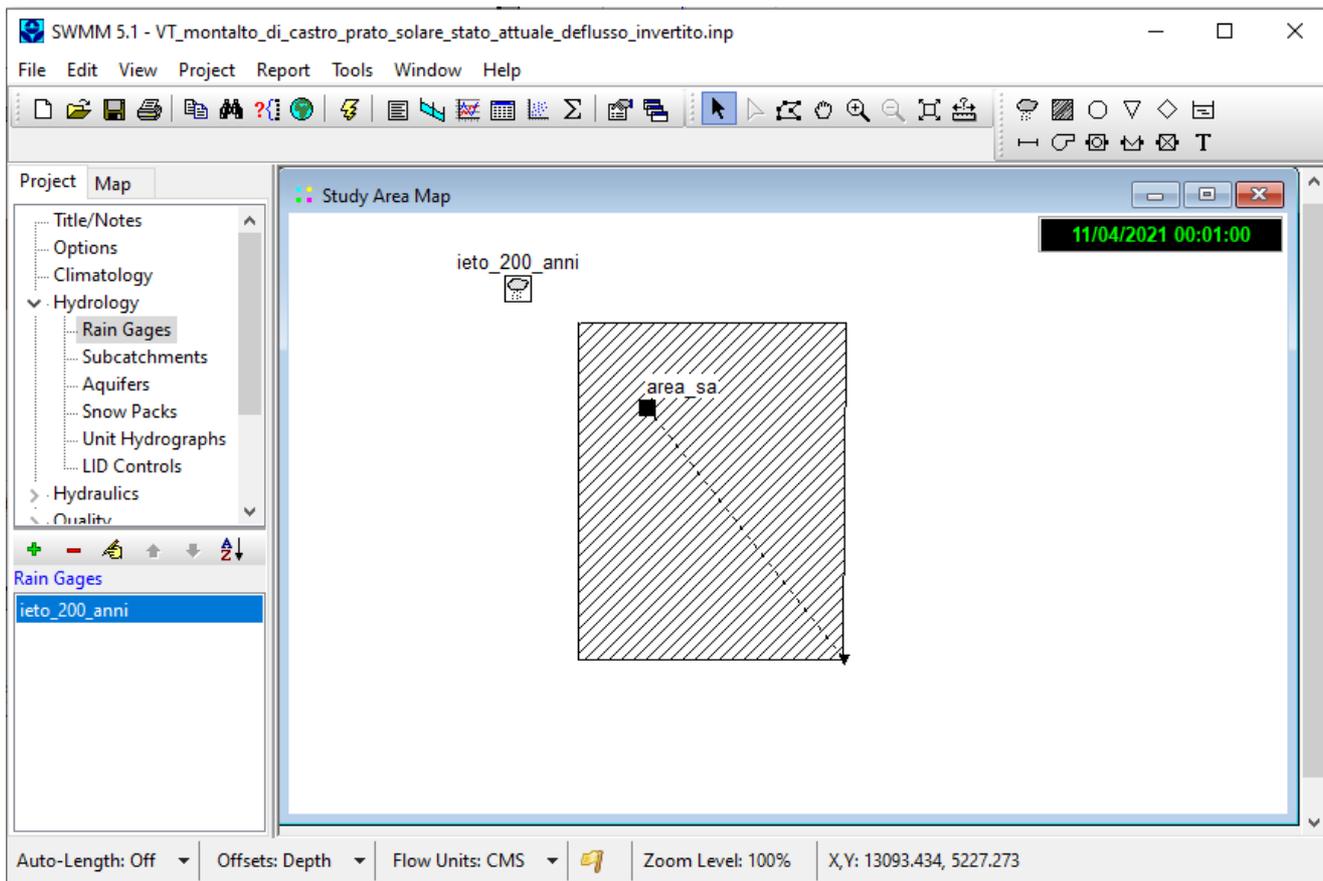


Fig. 4: Schema modello Stato attuale nel software SWMM.

L'elemento "area\_sa" è stato opportunamente collegato ad un elemento "outfall" che rappresenta la sezione di chiusura del bacino dove successivamente sono state osservate le condizioni di deflusso che si generano dalla modellazione numerica.

In particolare è stato implementato un elemento Subcatchment dell'estensione pari a 0.0498 ha, larghezza 100 m e pendenza media relativa alla superficie posta pari a 0.1%. Si è inoltre considerata tutta la superficie in esame come permeabile, assegnando una percentuale di impervious (area impermeabile) pari allo 0%.

Il valore del CN da assegnare all'elemento al fine di considerare le perdite dovute all'infiltrazione è stato posto pari a 80.

Subcatchment area_sa	
Property	Value
Name	area_sa
X-Coordinate	2652.645
Y-Coordinate	6770.692
Description	
Tag	
Rain Gage	ieto_200_anni
Outlet	chiusura
Area	0.0498
Width	100
% Slope	0.1
% Imperv	0
N-Imperv	0.015
N-Perv	0.035
Dstore-Imperv	0.06
Dstore-Perv	5
%Zero-Imperv	25
Subarea Routing	OUTLET
Percent Routed	100
Infiltration Data	CURVE_NUMBER
Groundwater	NO
Snow Pack	
LID Controls	0
Land Uses	0
Initial Buildup	NONE
Curb Length	0
N-Perv Pattern	
Dstore Pattern	
Infil. Pattern	
Infiltration parameters (click to edit)	

Fig. 5: Parametri utilizzati per caratterizzare il bacino “area\_sa”

Dai risultati ottenuti è emerso che il valore massimo di portata che si genera alla sezione di chiusura del sistema è pari a circa 0.0216 mc/s mentre i volumi totali defluiti sono pari a 36.912 mc.

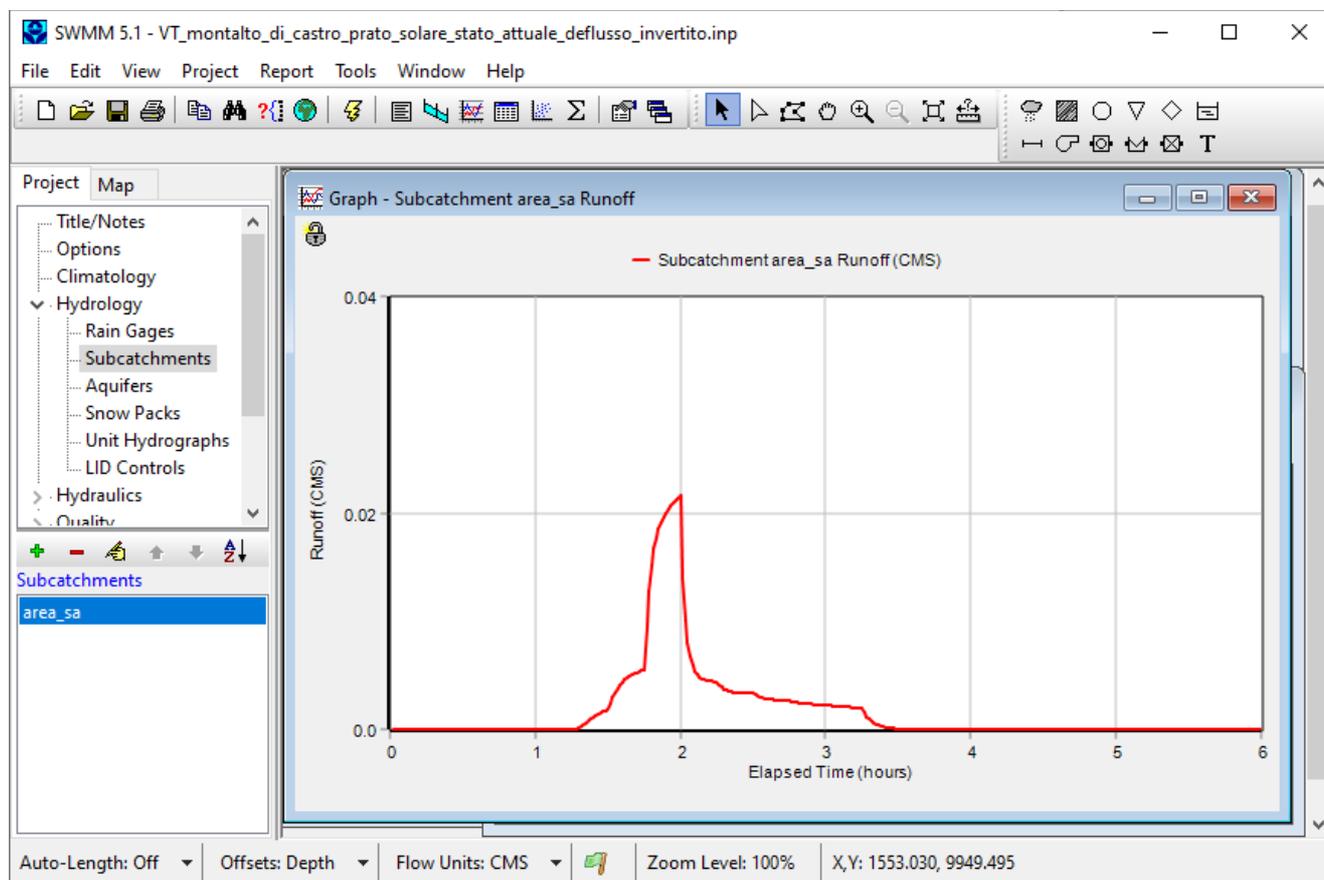


Fig. 6: Idrogramma di piena che si genera alla sezione di chiusura finale nelle condizioni di stato attuale

## 4 – Implementazione modello stato progetto

Per l'implementazione del modello dello stato progetto si è reso necessario modificare il modello di bacino inizialmente implementato per lo stato attuale inserendo alcune modifiche mirate a simulare la presenza dei pannelli fotovoltaici. A tal proposito la superficie originaria del bacino è stata suddivisa nei seguenti elementi:

1. **S\_1** : Superficie pannello fotovoltaico (impermeabile).
2. **S\_2**: Superficie sottostante il pannello fotovoltaico (permeabile);
3. **S\_3**: Superficie esterna non interessata dal pannello fotovoltaico (permeabile).

In particolare le aree S\_1 ed S\_2 sono state calcolate come prodotto tra la larghezza del singolo pannello (2.38 m) per la lunghezza di 100 m e hanno quindi entrambe una area complessiva pari a 0.0238 ha. Gli elementi S\_1 ed S\_2, pur avendo la stessa area rappresentano elementi differenti (la prima la superficie del pannello e la seconda la proiezione del pannello a terra) e per tale motivo il primo elemento è stato considerato completamente impermeabile mentre il secondo elemento è stato caratterizzato in maniera coerente a quanto già precedentemente esposto per il bacino dello stato attuale se si considera che nello stato di progetto tale elemento non sarà soggetto ad alcun tipo di modifica. L'area S\_3 è stata calcolata come differenza tra l'area complessiva relativa allo stato attuale (0.0498 ha) e la superficie S\_2 (0.0238 ha) e vale quindi 0.0260 ha. Per tenere conto degli interventi in progetto che prevedono la realizzazione di un impianto fotovoltaico si è reso necessario applicare alcune modifiche ai parametri che descrivono la superficie non interessata dai pannelli fotovoltaici. In tale aree difatti durante le fasi di esercizio dell'opera si avrà un miglioramento della permeabilità dei suoli e un piccolo aumento della scabrezza a causa delle lavorazioni che saranno eseguite. Pertanto nello schema dello stato di progetto si è aumentata la scabrezza al suolo dal valore 0.035 al valore 0.06 mentre il parametro Dstore-Perv è stato variato da 5 a 30. A questo punto è stata effettuata una ulteriore considerazione. In particolare è stato assunto che non tutta l'acqua che cade sul pannello fotovoltaico si riversa ai piedi del pannello stesso bensì si è voluto ipotizzare che una parte di quest'acqua cade direttamente ai piedi del pannello e va quindi ad alimentare il sottobacino S\_2, mentre la restante parte drena direttamente sul sottobacino S\_3. A tal proposito si è deciso di dividere ulteriormente il bacino S\_1 che rappresenta il pannello fotovoltaico in due bacini distinti (rispettivamente S\_1\_1 ed S\_1\_2) in modo tale da dirottare una parte dei deflussi al di sotto del pannello stesso (bacino S\_2) e la restante parte nel terreno adiacente al pannello (bacino S\_3). Lo schema di modello implementato mediante il software SWMM secondo le ipotesi appena descritte è

riportato in Fig. 7. Come si evince dall'immagine il modello è stato discretizzato in n°4 elementi Subcatchment (n°2 elementi per rappresentare la superficie del pannello fotovoltaico, n° 1 elemento per rappresentare la superficie sottostante il pannello e n° 1 superficie relativa al terreno scoperto) per rappresentare il modello nello stato di progetto. Le caratteristiche dei bacini di riferimento sono riportate per completezza nelle Figg. 8 e 9. Anche in questo caso l'ultimo sottobacino (S\_3) è stato collegato ad un elemento outfall per simulare la sezione di chiusura finale del sistema considerato. Per quanto concerne gli input al modello è stata considerata la precipitazione totale relativa ad un evento di durata pari a 3 ore e tempo di ritorno pari a 200 anni, in maniera del tutto analoga a quanto già discusso per lo stato attuale. La differenza sostanziale rispetto al primo modello è che la precipitazione (ieto\_TR\_200) non interessa tutti gli elementi implementati. Difatti considerata la presenza del pannello fotovoltaico appare evidente come la precipitazione non interessi l'elemento S\_2 che si trova al di sotto del pannello stesso. A tal proposito al sottobacino S\_2 è stata assegnata una precipitazione nulla in quanto esso non viene interessato direttamente dalla pioggia.

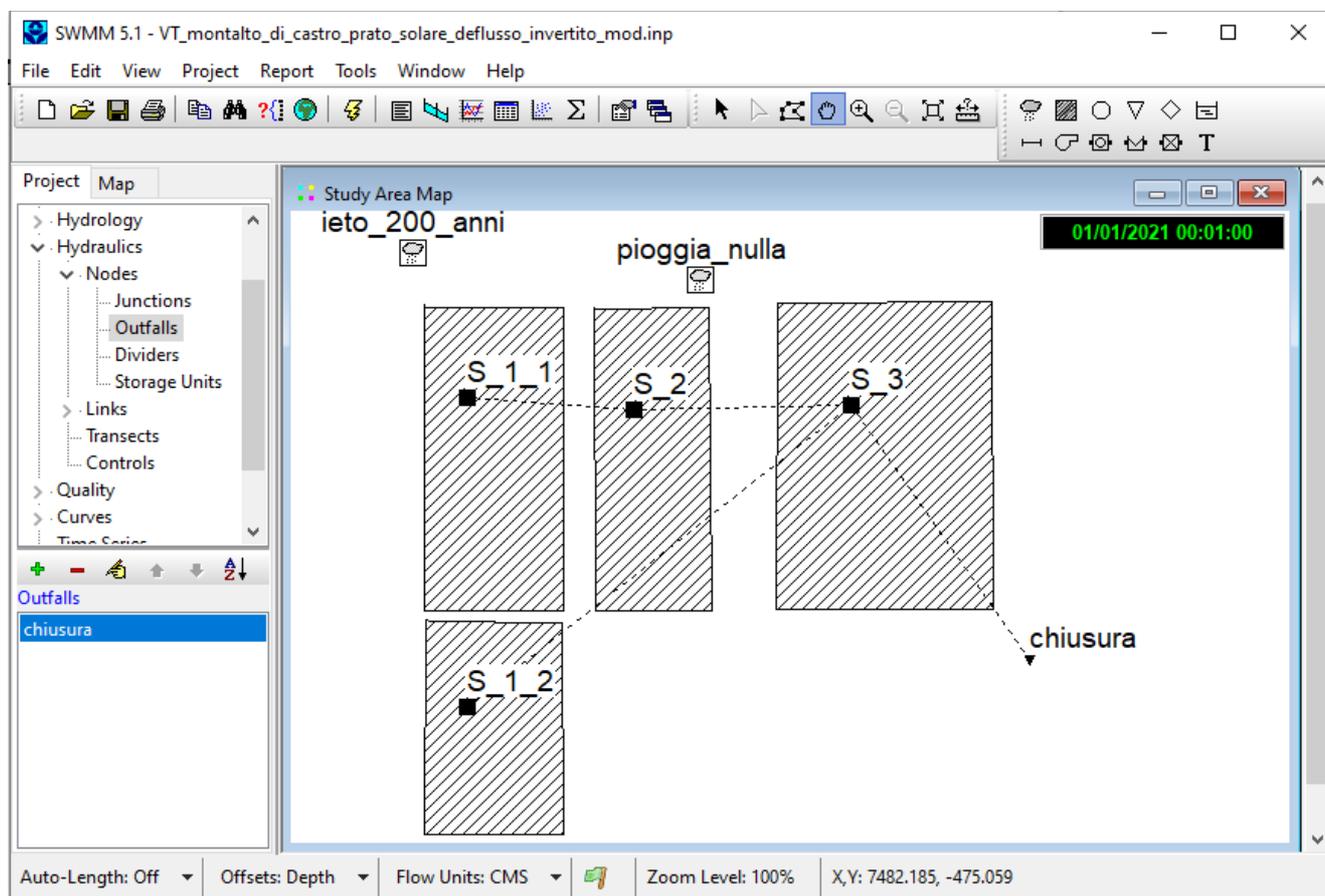


Fig. 7: Schema modello Stato progettato nel software SWMM.

Subcatchment S_1_1		Subcatchment S_1_2	
Property	Value	Property	Value
Name	S_1_1	Name	S_1_2
X-Coordinate	61.059	X-Coordinate	81.448
Y-Coordinate	6146.540	Y-Coordinate	1254.525
Description	area che identifica la superficie im	Description	
Tag	S_1_1	Tag	
Rain Gage	ieto_200_anni	Rain Gage	ieto_200_anni
Outlet	S_2	Outlet	S_3
Area	0.0119	Area	0.0119
Width	50	Width	50
% Slope	0.1	% Slope	0.1
% Imperv	100	% Imperv	100
N-Imperv	0.015	N-Imperv	0.015
N-Perv	0.035	N-Perv	0.035
Dstore-Imperv	0.06	Dstore-Imperv	0.06
Dstore-Perv	5	Dstore-Perv	5
%Zero-Imperv	25	%Zero-Imperv	25
Subarea Routing	OUTLET	Subarea Routing	OUTLET
Percent Routed	100	Percent Routed	100
Infiltration Data	CURVE_NUMBER	Infiltration Data	CURVE_NUMBER
Groundwater	NO	Groundwater	NO
Snow Pack		Snow Pack	
LID Controls	0	LID Controls	0
Land Uses	0	Land Uses	0
Initial Buildup	NONE	Initial Buildup	NONE
Curb Length	0	Curb Length	0
N-Perv Pattern		N-Perv Pattern	
Dstore Pattern		Dstore Pattern	
Infil. Pattern		Infil. Pattern	
Name of node or another subcatchment that receives runoff		Name of node or another subcatchment that receives runoff	

Fig. 8: Parametri utilizzati per caratterizzare i bacini S\_1\_1 ed S\_1\_2

Subcatchment S_2		Subcatchment S_3	
Property	Value	Property	Value
Name	S_2	Name	S_3
X-Coordinate	2654.907	X-Coordinate	6026.685
Y-Coordinate	5965.627	Y-Coordinate	6035.730
Description	superficie che identifica la proiezione	Description	
Tag		Tag	
Rain Gage	pioggia_nulla	Rain Gage	ieto_200_anni
Outlet	S_3	Outlet	chiusura
Area	0.0238	Area	0.0260
Width	100	Width	100
% Slope	0.1	% Slope	0.1
% Imperv	0	% Imperv	0
N-Imperv	0.015	N-Imperv	0.015
N-Perv	0.035	N-Perv	0.060
Dstore-Imperv	0.06	Dstore-Imperv	0.06
Dstore-Perv	5	Dstore-Perv	30
%Zero-Imperv	25	%Zero-Imperv	25
Subarea Routing	OUTLET	Subarea Routing	OUTLET
Percent Routed	100	Percent Routed	100
Infiltration Data	CURVE_NUMBER	Infiltration Data	CURVE_NUMBER
Groundwater	NO	Groundwater	NO
Snow Pack		Snow Pack	
LID Controls	0	LID Controls	0
Land Uses	0	Land Uses	0
Initial Buildup	NONE	Initial Buildup	NONE
Curb Length	0	Curb Length	0
N-Perv Pattern		N-Perv Pattern	
Dstore Pattern		Dstore Pattern	
Infil. Pattern		Infil. Pattern	
Name of node or another subcatchment that receives runoff		Name of node or another subcatchment that receives runoff	

Fig. 9: Parametri utilizzati per caratterizzare i bacini S\_2 ed S\_3

Dai risultati ottenuti nella modellazione dello stato di progetto è emersa una sostanziale coerenza con quanto accadeva nello stato attuale. Infatti il valore massimo della portata che si genera alla sezione di chiusura varia molto poco ( da 0.0216 mc/s a 0.0225 mc/s) presentando un incremento di circa il 4.17% mentre il volume defluito alla sezione di chiusura varia da 37.044 mc a 36.912 mc riducendosi difatto dello 0.38 %.

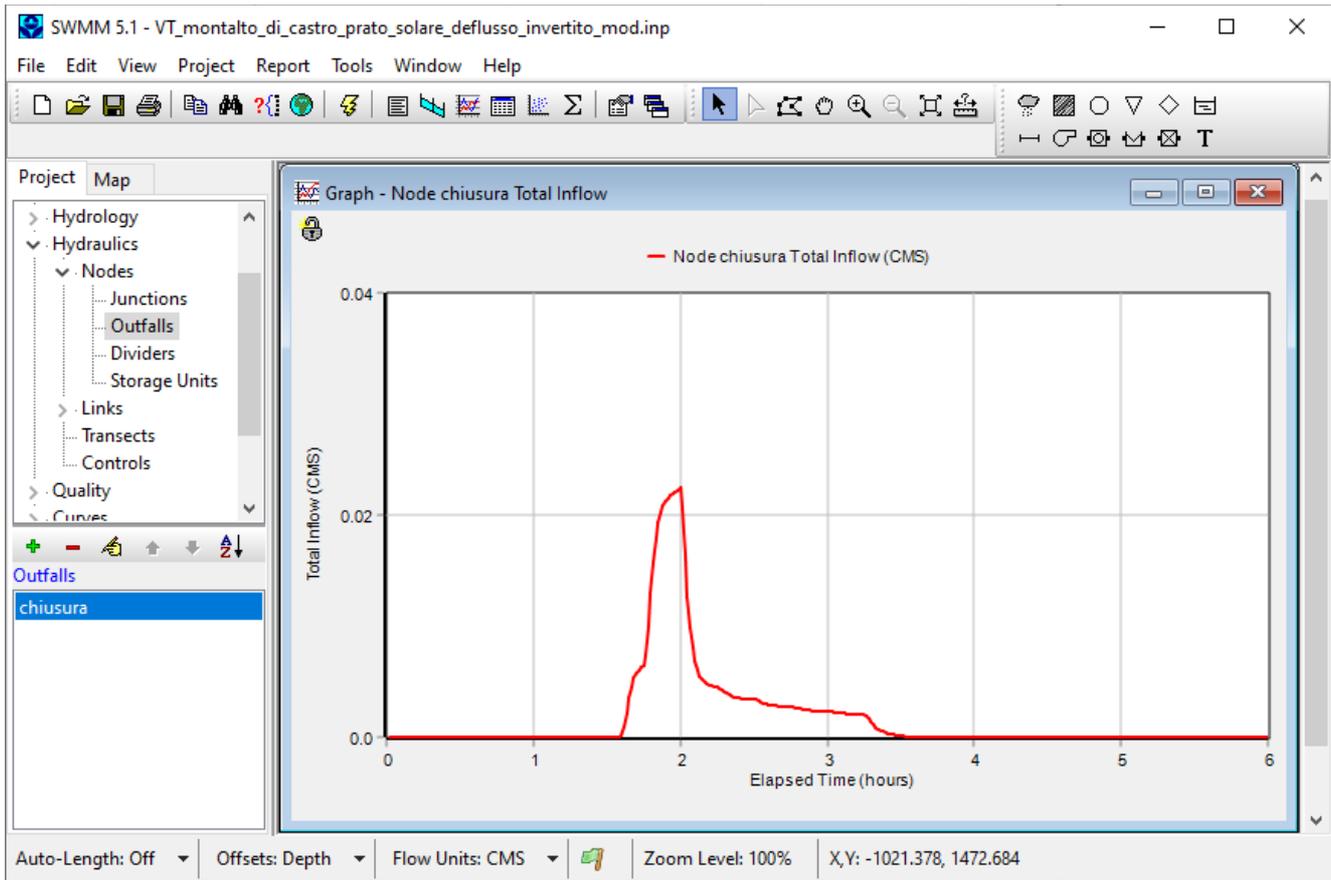


Fig. 10: Idrogramma di piena che si genera alla sezione di chiusura finale nelle condizioni di stato progetto

Alla luce di quanto appena discusso, sulla base delle verifiche quantitative condotte nelle condizioni di stato attuale e di progetto si può affermare che l'intervento in progetto non provoca un peggioramento delle modalità di deflusso nelle aree di interesse, consentendo di affermare che l'intervento provoca sostanziale invarianza idraulica e pertanto non è necessario realizzare vasche di laminazione o sistemi similari per la raccolta delle acque meteoriche.

Novembre 2021

Ing. Dario Tricoli

A circular professional stamp for Dario Tricoli, an engineer in the Province of Catanzaro. The stamp contains the text 'ORDINE PROVINCIALE INGEGNERI', 'Dot. Ing. Dario TRICOLI', 'A', and 'N. 3003'. Below the stamp is a handwritten signature in blue ink.