



PROGETTO IMPIANTO FOTOVOLTAICO BRINDISI AREE ESTERNE (BR)



Fotovoltaico - Brindisi (BR)
Relazione idrologica e idraulica

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

| | | | | | | | | |
|---|------------------|------------|--|---------------|----------------|--------------------------|------------------|--------------------------------|
| CD-FE | 00 | 09/11/2022 | Emissione | M. Matarrese | M. Miglionico | D. Pomponio | P. D'Agostino | A. Luce |
| Stato di Validità | Numero Revisione | Data | Descrizione | BFP Preparato | BFP Verificato | BFP Approvato | Eni Progetti | Eni Plenitude S.p.A. Approvato |
| Indice Revisione | | | Nome progetto | | | ID Documento Committente | | |
| Logo Committente e Denominazione Commerciale | | | PROGETTO IMPIANTO FOTOVOLTAICO BRINDISI AREE ESTERNE | | | BRINFV00BARU0018 | | |
|  Eni New Energy S.p.A. | | | | | | Commissa N. | | |
| Logo Appaltatore e Denominazione Commerciale | | | | | | ID Documento Appaltatore | | |
|  | | | | | | -- | | |
| Nome d'Impianto e Oggetto | | | | | | Scala | Numero di Pagine | |
| BRINDISI (BR) Fotovoltaico – Brindisi Aree Esterne | | | | | | n.a. | 1 / 42 | |
| Titolo Documento | | | | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA | | | | | | | | |

Software: Microsoft Word

File Name: Relazione idrologica

| | | | |
|---|-------------------------|----------------------|---------------------|
|  | BRINFV00BARU0018 | Pagina 2 / 42 | |
| | | Stato di Validità | Numero Revisione |
| | | CD-FE | 00 |

SOMMARIO

| | | |
|-------------|---|-----------|
| 1. | INTRODUZIONE | 3 |
| 2. | NORMATIVA DI RIFERIMENTO..... | 4 |
| 3. | DESCRIZIONE DEL PROGETTO..... | 6 |
| 4. | STUDIO IDROLOGICO | 9 |
| 4.1. | ANALISI MORFOLOGICA | 10 |
| 4.2. | ANALISI PLUVIOMETRICA | 14 |
| 4.3. | METODO SCS-CN PER IL CALCOLO DELLA PIOGGIA NETTA O EFFICACE..... | 17 |
| 4.4. | METODO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI PER IL CALCOLO DELLE PORTATE DI PIENA | 20 |
| 5. | STUDIO IDRAULICO..... | 21 |
| 5.1. | ANALISI IDRAULICA CON Tr = 200 ANNI..... | 23 |
| 6. | CONCLUSIONI | 41 |

| | | | |
|---|--------------------------|----------------------|---------------------|
|  | BRIN FV00BARU0018 | Pagina 3 / 42 | |
| | | Stato di Validità | Numero Revisione |
| | | CD-FE | 00 |

1. INTRODUZIONE

Il progetto fotovoltaico in oggetto si sviluppa in un'area sita nel territorio comunale di Brindisi (BR), per un'estensione pari a circa 29 ettari. E' stato effettuato, ai fini della presente relazione, uno studio idrologico dell'intera area di progetto, attraverso l'individuazione dei bacini idrografici nei quali ricade l'area progettuale, rappresentati nel paragrafo 5.1 della presente relazione.

Ai fini della progettazione è stato eseguito un rilievo topografico di dettaglio su un'area agricola, ubicata a Sud del polo industriale di Brindisi. Nello specifico le operazioni prevedevano la rappresentazione morfologica e degli elementi antropici visibili, di un'area estesa per oltre 50 Ha, comprensiva di un buffer intorno al perimetro, così come richiesto dalle specifiche.

L'attività, inoltre, comprendeva anche la sovrapposizione delle mappe catastali mediante utilizzo dei Punti Fiduciali.



Ubicazione dell'area

| | | | |
|---|-------------------------|----------------------|---------------------|
|  | BRINFV00BARU0018 | Pagina 4 / 42 | |
| | | Stato di Validità | Numero Revisione |
| | | CD-FE | 00 |



Rilievo dell'area

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) dell'Autorità di Bacino della Puglia è stato approvato con Delibera del Comitato Istituzionale n. 39 del 30.11.2005 e pubblicato il 30.12.2005. Esso è finalizzato al miglioramento delle condizioni di regime idraulico e della stabilità dei versanti ed a consentire uno sviluppo sostenibile del territorio nel rispetto degli assetti naturali, della loro tendenza evolutiva e delle potenzialità d'uso, e rappresenta la disciplina che più particolarmente si occupa delle tematiche proprie della difesa del suolo.

Il P.A.I. costituisce il Piano Stralcio del Piano di Bacino, ai sensi dell'articolo 17 comma 6 ter della Legge 18 maggio 1989, n° 183; ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo ricadente nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia.

Le finalità del P.A.I. (art. 1) sono realizzate, dall'Autorità di Bacino della Puglia e dalle altre Amministrazioni competenti, mediante:

- la definizione del quadro della pericolosità idrogeologica in relazione ai fenomeni di esondazione e di dissesto dei versanti;
- la definizione degli interventi per la disciplina, il controllo, la salvaguardia, la regolarizzazione dei corsi d'acqua e la sistemazione dei versanti e delle aree instabili a protezione degli abitati e delle infrastrutture, indirizzando l'uso di modalità di intervento che privilegino la valorizzazione ed il recupero delle caratteristiche naturali del terreno;
- l'individuazione, la salvaguardia e la valorizzazione delle aree di pertinenza

| | | | |
|---|-------------------------|----------------------|---------------------|
|  | BRINFV00BARU0018 | Pagina 5 / 42 | |
| | | Stato di Validità | Numero Revisione |
| | | CD-FE | 00 |

fluviale;

- la manutenzione, il completamento e l'integrazione dei sistemi di difesa esistenti;
- la definizione degli interventi per la difesa e la regolazione dei corsi d'acqua;
- la definizione di nuovi sistemi di difesa, ad integrazione di quelli esistenti, con funzioni di controllo della evoluzione dei fenomeni di dissesto e di esondazione, in relazione al livello di riduzione del rischio da conseguire.


Il PAI (art. 4), in relazione alle condizioni idrauliche, alla tutela dell'ambiente e alla prevenzione di presumibili effetti dannosi prodotti da interventi antropici, disciplina le aree agli artt. 6, 7, 8, 9 e 10.

In particolare, le aree di cui sopra sono definite:

- Alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali (art. 6);
- Aree ad alta pericolosità idraulica (A.P.) (art. 7);
- Aree a media pericolosità idraulica (M.P.) (art. 8);
- Aree a bassa pericolosità idraulica (B.P.) (art. 9);
- Fasce di pertinenza fluviale (art. 10).

Relativamente alle zone a diversa pericolosità idraulica (A.P., M.P., B.P.), individuate in rapporto a eventi alluvionali, queste risultano arealmente individuate nelle "Carte delle aree soggette a rischio idrogeologico" allegate al PAI, mentre, per i restanti reticoli idrografici per i quali non sono state definite le aree a pericolosità idraulica, ai sensi delle NTA (Norme Tecniche di Attuazione) del PAI si applicano i contenuti dell'art. 6 per "Alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali" e dell'art. 10 per le "Fasce di pertinenza fluviale", la loro delimitazione e tutela segue i seguenti criteri:

- (art. 6 comma 8) quando il reticolo idrografico e l'alveo in modellamento attivo e le aree golenali non sono arealmente individuate nella cartografia in allegato al PAI e le condizioni morfologiche non ne consentano la loro individuazione, le norme si applicano alla porzione di terreno a distanza planimetrica, sia in destra che in sinistra, dall'asse del corso d'acqua, non inferiore a 75 m;
- (art. 10 comma 3) quando la fascia di pertinenza fluviale non è arealmente individuata nelle cartografie in allegato al PAI, le norme si applicano alla porzione di terreno, sia in destra che in sinistra, contermini all'area golenale, come individuata dall'art. 6 comma 8, di ampiezza comunque non inferiore a 75 m.
- Laddove esistono perimetrazioni delle aree AP, MP e BP così definite:
- area ad alta pericolosità idraulica (A.P.): porzione di territorio soggette ad essere allagate per eventi di piena con tempo di ritorno inferiore o pari a 30 anni;
- area a media pericolosità idraulica (M.P.): porzione di territorio soggette ad essere allagate per eventi di piena con tempo di ritorno compreso tra 30 e 200 anni;
- area a bassa pericolosità idraulica (B.P.): porzione di territorio soggette ad essere allagate per eventi di piena con tempo di ritorno compreso tra 200 e 500

| | | | |
|---|-------------------------|----------------------|---------------------|
|  | BRINRV00BARU0018 | Pagina 6 / 42 | |
| | | Stato di Validità | Numero Revisione |
| | | CD-FE | 00 |

anni;
trovano applicazione le norme contenute negli art. 7, 8 e 9.

Gli obiettivi del PAI sono definiti dall'art. 17 e consistono nel perseguire il raggiungimento delle condizioni di sicurezza idraulica e della qualità ambientale come definite dall'art. 36. L'art. 36 definisce per sicurezza idraulica la "condizione associata alla pericolosità idraulica per fenomeni di insufficienza del reticolo di drenaggio e legata alla non inondabilità per eventi con tempo di ritorno assegnati". *Agli effetti del PAI, infatti, si intendono in sicurezza idraulica le aree non inondate per eventi con tempo di ritorno fino a 200 anni.* Pertanto, ai sensi dell'art. 36 è stata effettuata la modellazione idraulica utilizzando tempi di ritorno pari a 200 anni.

3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

L'impianto di progetto sarà ubicato nel Tavoliere Brindisino-Salentino, che connota l'entroterra dell'Alto Salento in cui il sito si colloca, pianeggiante con quote altimetriche molto contenute, comprese all'interno dell'area di progetto tra 3,3 e 9,9 m.s.l.m, in un'area situata a sud-est dell'abitato di Brindisi (BR).

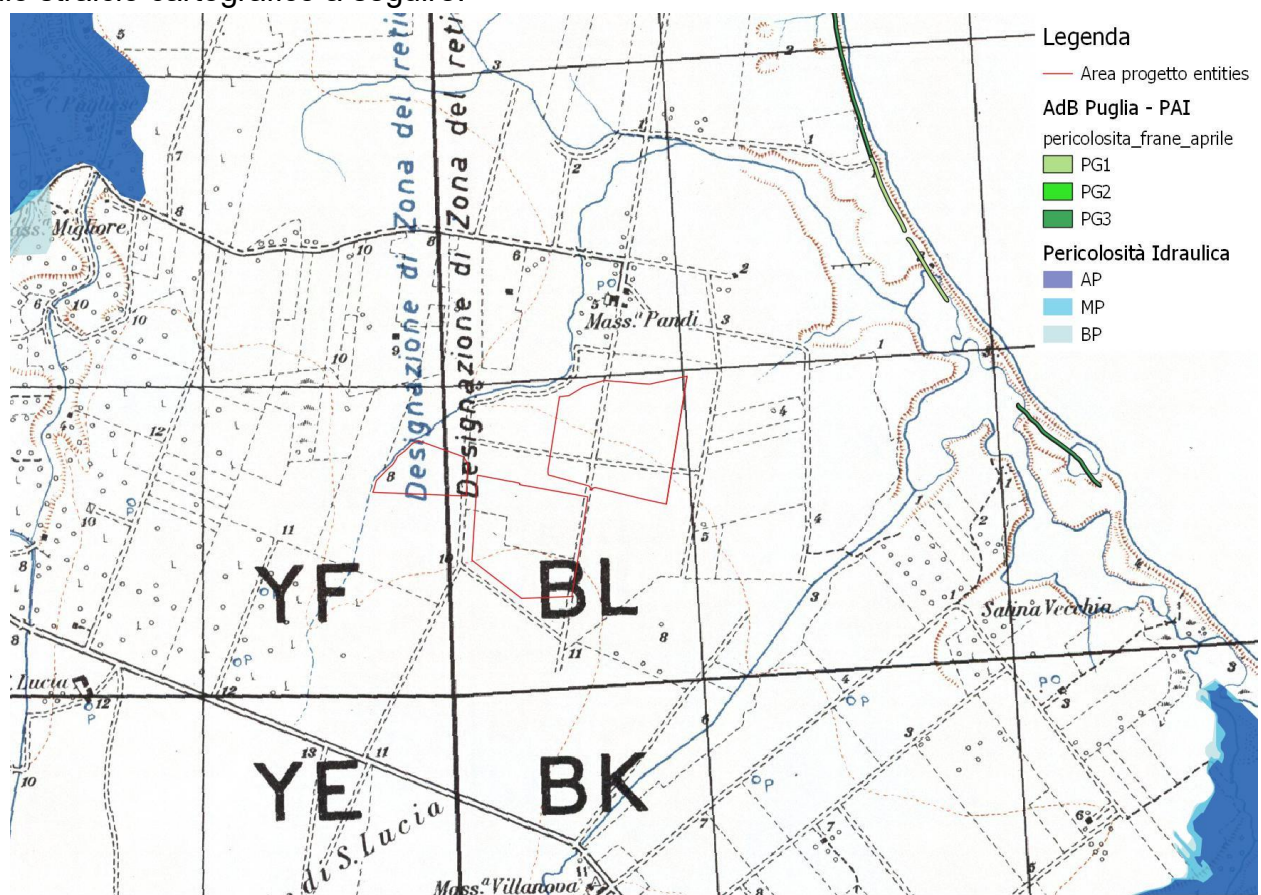
Nella seguente immagine, si riporta uno stralcio aerofotogrammetrico dell'area del parco eolico oggetto del presente studio.



Post-processing Dataset Lidar

| | | | |
|---|-------------------------|----------------------|---------------------|
|  | BRINFV00BARU0018 | Pagina 7 / 42 | |
| | | Stato di Validità | Numero Revisione |
| | | CD-FE | 00 |

Secondo le perimetrazioni del P.A.I. della Regione Puglia dell'Autorità di Bacino della Puglia, aggiornate in data aprile 2022 su cartografia ufficiale consultabile tramite il WebGis dell'Adb Puglia, dell'intero intervento progettuale nessun elemento attraversa aree a pericolosità idraulica né aree a pericolosità geomorfologica, così come evidente nello stralcio cartografico a seguire.



Inquadramento su PAI

In merito all'aggiornamento e revisione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) redatto ai sensi dell'art. 12 del D. Lgs 49/2010 – Il ciclo 2016-2021, dell'intero intervento progettuale nessun elemento attraversa aree a pericolosità idraulica, come precedentemente citato.

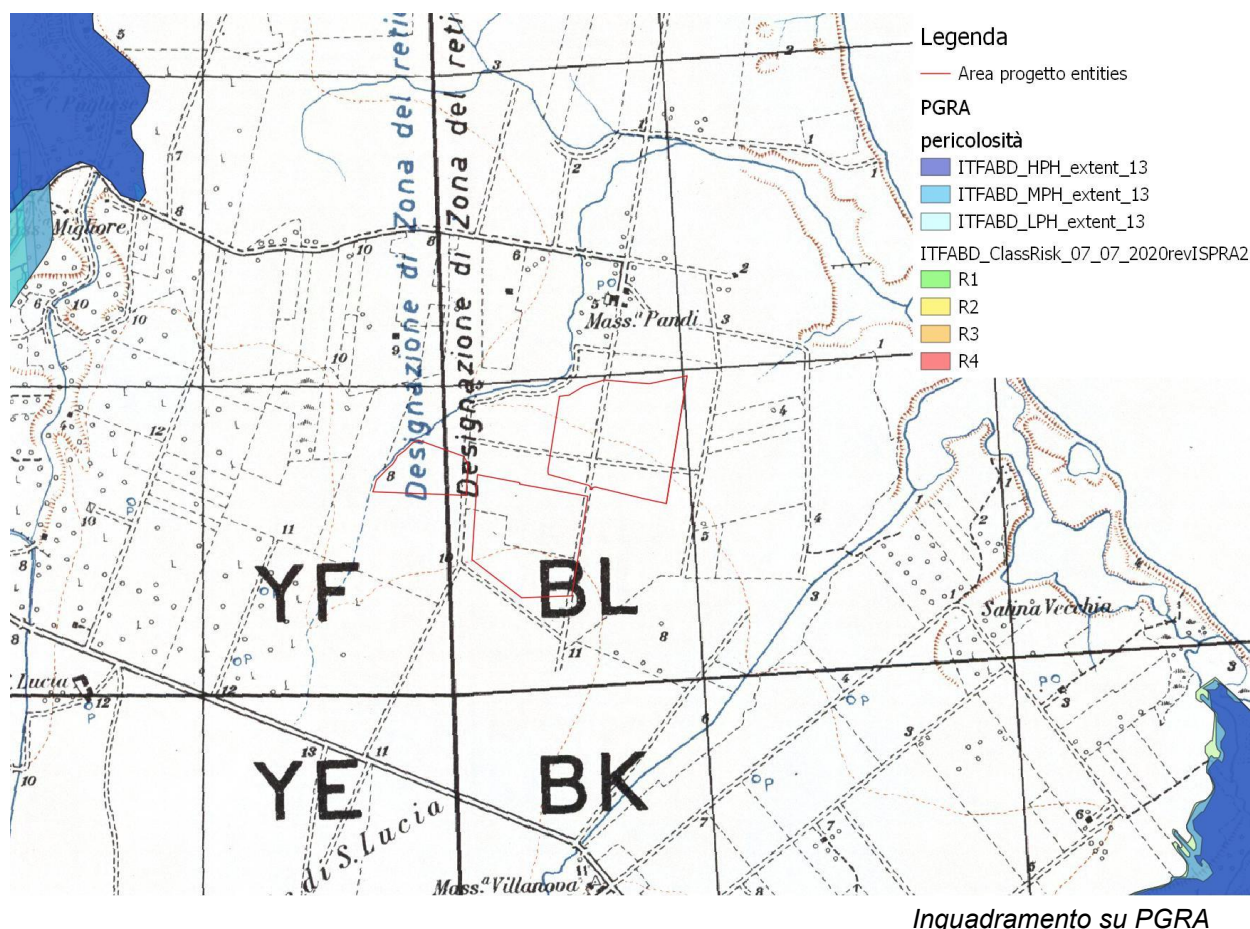


BRINFV00BARU0018

Pagina
8 / 42Stato di
ValiditàNumero
Revisione

CD-FE

00



Relativamente alla Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia, redatta dall'Autorità di Bacino della Regione Puglia, non risulta alcuna interferenza dell'impianto fotovoltaico con i reticoli idrografici secondari o "corso d'acqua episodico", presenti sul territorio circostante.

Si intende per "corso d'acqua episodico", un corso d'acqua temporaneo con acqua in alveo solo in seguito ad eventi di precipitazione particolarmente intensi, anche meno di una volta ogni 5 anni. I corsi d'acqua a carattere episodico vengono considerati ambienti al limite della naturalità, in cui i popolamenti acquatici sono assenti o scarsamente rappresentati, anche nei periodi di presenza d'acqua. Sulla base di questi reticoli, in corrispondenza delle sezioni di chiusura pertinenti all'area oggetto di studio, si è definito il bacino idrografico afferente a tale sezione di chiusura, ottenendo i bacini idrografici rappresentati in seguito.

In merito all'impatto sulla risorsa idrica superficiale, quindi, l'area di impianto fotovoltaico risulta in parte interna all'area golenale (fascia di rispetto di 75 m a destra e a sinistra dall'asse del reticolo), come definita all'art. 6 delle NTA del PAI, nonché interno alla fascia di pertinenza fluviale di 150 m a destra e a sinistra dell'asse del reticolo, come definita dall'art. 10 delle NTA del PAI.

Nel rispetto di quanto prescritto dalle NTA del PAI, sono state redatte le seguenti

| | | | |
|---|-------------------------|----------------------|---------------------|
|  | BRINFV00BARU0018 | Pagina 9 / 42 | |
| | | Stato di Validità | Numero Revisione |
| | | CD-FE | 00 |

relazioni di compatibilità idrologica e idraulica, al fine di analizzare gli effetti dell'intervento progettuale sul regime idraulico per tempi di ritorno di 200 anni e, quindi, di verificare la sussistenza delle condizioni di sicurezza idraulica, come definita dall'art. 36 delle NTA e precedentemente specificata.

L'area di impianto risulta posta a sud di un reticolo perimetrato dalla carta idrogeomorfologica, nonché da carta IGM (Istituto Geografico Militare), e di un canale artificiale.



Inquadramento su Carta Idrogeomorfologica

4. STUDIO IDROLOGICO

Lo studio idrologico ha la finalità di definire le portate generate da un bacino idrografico in conseguenza ad eventi meteorici con prefissato tempo di ritorno. Nello specifico, l'Autorità di Bacino della Puglia ha individuato i tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni, per la definizione degli scenari rispettivamente di alta, media e bassa probabilità, assumendo altresì come riferimento per la condizione di sicurezza idraulica e, quindi, per la compatibilità idraulica lo scenario con tempo di ritorno di 200 anni, ai sensi dell'art. 36 delle NTA del PAI. Lo studio idrologico si compone delle seguenti fasi:

- 1) analisi morfologica per la determinazione delle caratteristiche morfometriche dei

| | | | |
|---|-------------------------|----------------------|---------------------|
|  | BRINFV00BARU0018 | Pagina 10 / 42 | |
| | | Stato di Validità | Numero Revisione |
| | | CD-FE | 00 |

bacini idrografici;

- 2) analisi pluviometrica per la definizione dell'altezza totale di precipitazione;
- 3) definizione della precipitazione netta o efficace, ovvero la componente di precipitazione che partecipa al ruscellamento superficiale, pari alla pioggia totale depurata da quella persa in conseguenza a perdite idrologiche (immagazzinamento superficiale, vegetazione, evaporazione, infiltrazione);
- 4) trasformazione afflussi - deflussi per il calcolo della portata di piena.

4.1. ANALISI MORFOLOGICA

L'analisi morfologica consiste nella delimitazione dei bacini idrografici affluenti e nella determinazione delle caratteristiche morfometriche degli stessi. I bacini sono determinati sulla base del modello digitale del terreno (Digital Elevation Model – DEM), mediante procedure automatiche in ambiente GIS.

Per poter stimare gli afflussi meteorici e valutare le portate di piena, sono stati calcolati i contributi dei vari sottobacini.

Dall'analisi del rilievo di dettaglio effettuato sull'area di impianto, è stato rilevato un ulteriore canale artificiale, non presente su carta idrogeomorfologica e IGM, di recente realizzazione, pertanto si è ritenuto corretto estendere l'analisi anche al suddetto canale, al fine di valutare gli afflussi meteorici e valutare le portate di piena anche del suddetto canale, analizzato sul DTM realizzato a valle del rilievo di dettaglio.

L'analisi idrologica è, quindi, rivolta ai 3 bacini di studio:

| Basin | Superfici e (Kmq) | L. asta principal e (Km) | Hmax (m.s.l.m) | Hmin (m.s.l.m) | Hmean (m.s.l.m) | Dislivell o (m) | Pendenz a media bacino (%) | Pendenz a asta principal e (%) | Pendenz a (m/m) |
|-------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|--|--|--------------------|
| Bacino 1 | 2.04 | 3.00 | 17.60 | 4.5 | 11.13 | 13.12 | 1.15 | 0.44 | 0.004 |
| Bacino 3 | 0.01 | 0.60 | 5.93 | 0.83 | 4.08 | 5.10 | 25.75 | 0.85 | 0.009 |
| Bacino 2 | 0.75 | 2.00 | 12.13 | 0.86 | 6.19 | 11.27 | 0.99 | 0.56 | 0.006 |



BRINFV00BARU0018

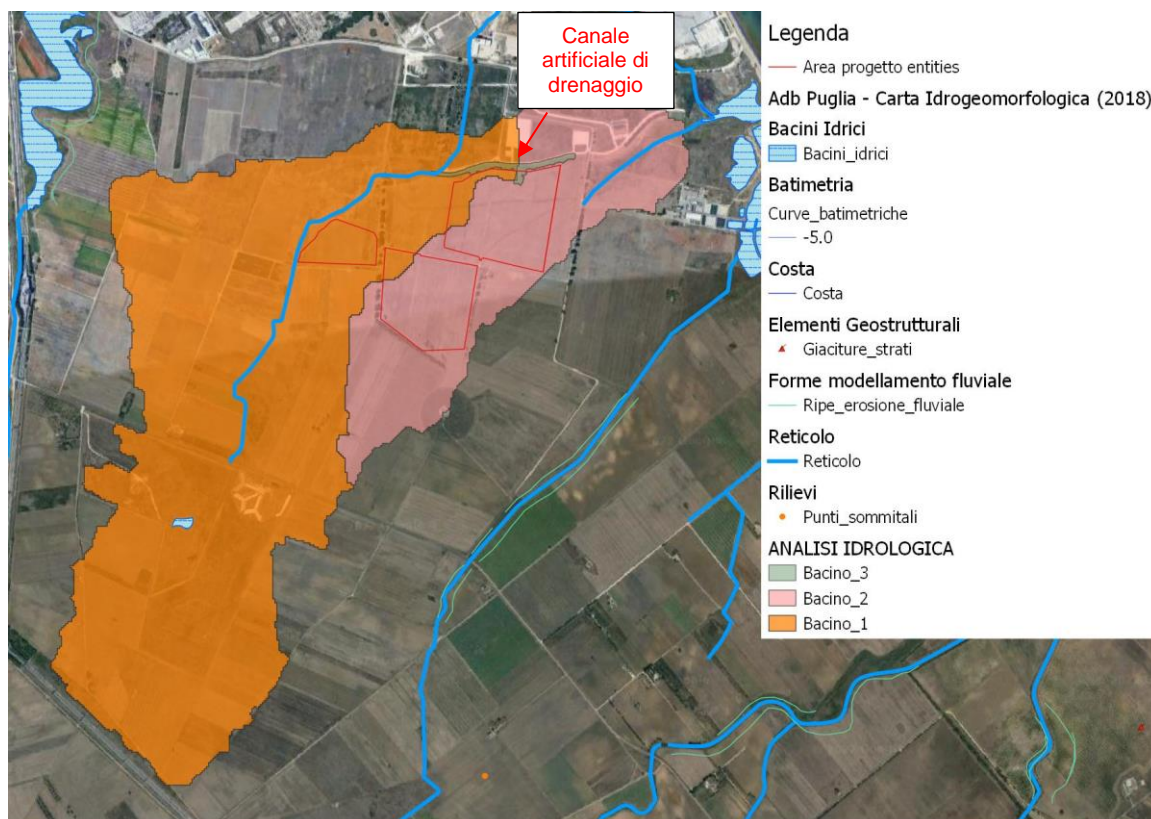
Pagina
11 / 42

Stato di
Validità

Numero
Revisione

CD-FE

00



Bacini idrografici di studio

Il bacino 3 è stato perimetrato sulla base del DTM di dettaglio ottenuto dal rilievo attraverso un survey topografico, in corrispondenza del canale artificiale di drenaggio presente a nord dell'area, nel quale confluisce il reticolo ad ovest, ricadente nel bacino 1, pertanto, nella modellazione idraulica per il canale artificiale è stata utilizzata la portata ottenuta cumulativamente dal bacino 1 e dal bacino 3.



BRINFV00BARU0018

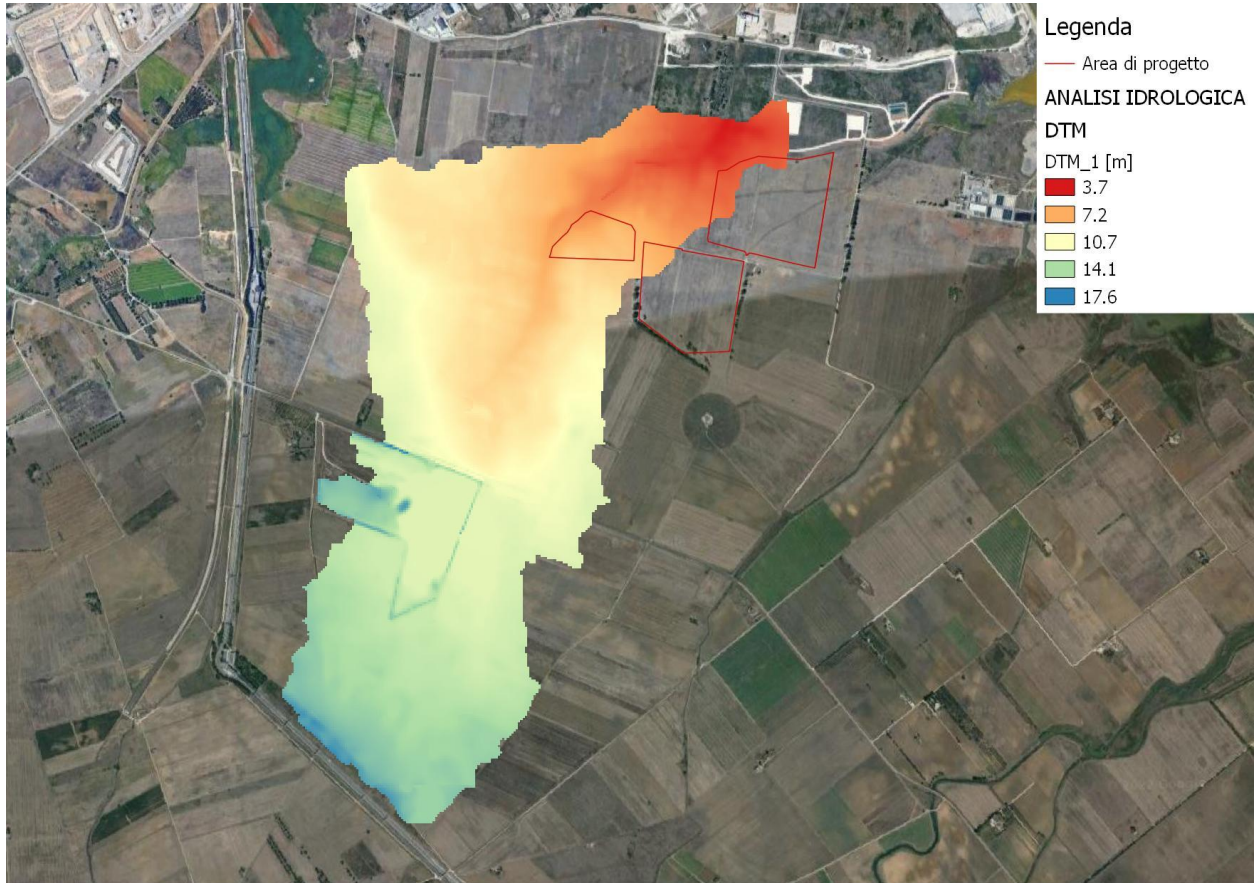
Pagina
12 / 42

Stato di
Validità

Numero
Revisione

CD-FE

00



DTM Bacino 1 (quote)



BRINFV00BARU0018

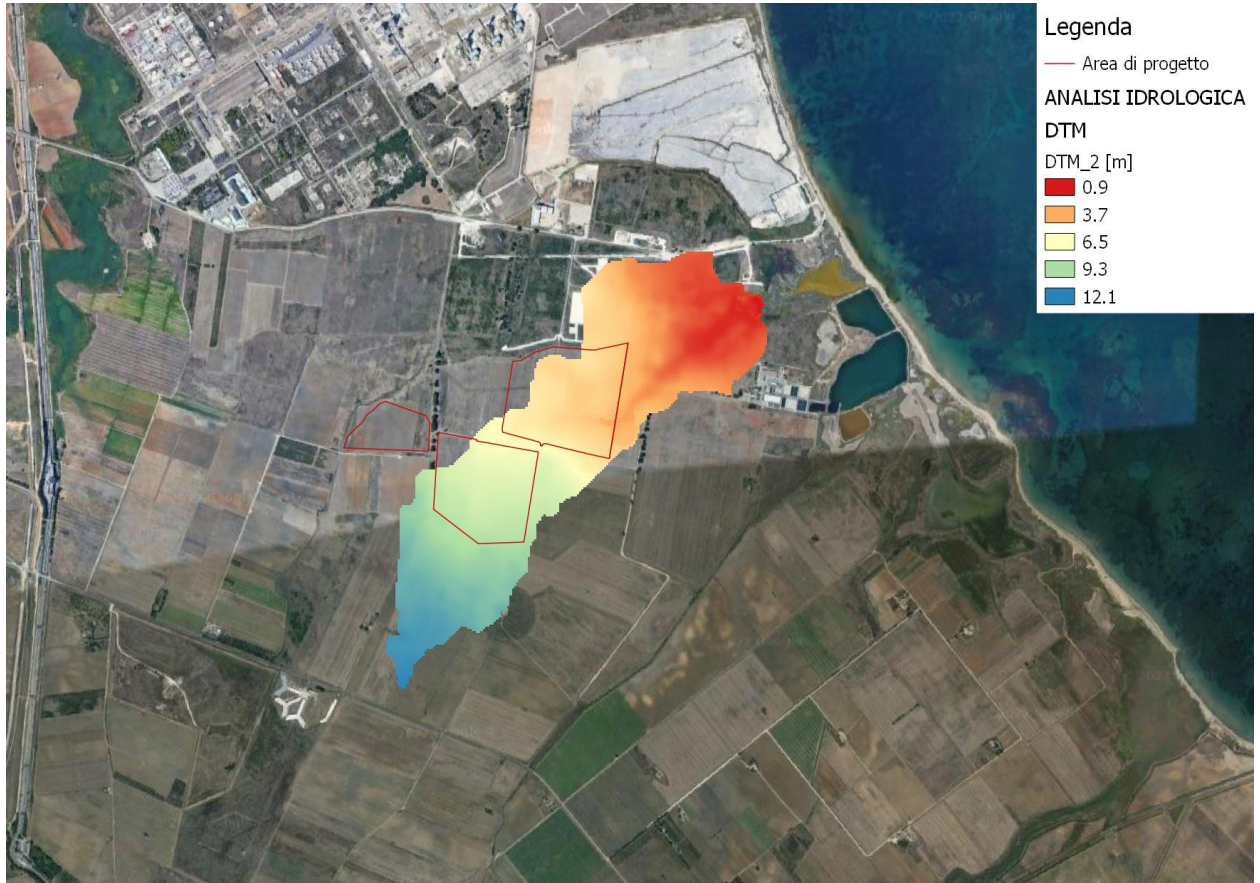
Pagina
13 / 42

Stato di
Validità

Numero
Revisione

CD-FE

00



DTM Bacino 2 (quote)

| | | | |
|---|-------------------------|----------------------|---------------------|
|  | BRINFV00BARU0018 | Pagina 14 / 42 | |
| | | Stato di Validità | Numero Revisione |
| | | CD-FE | 00 |



DTM Bacino 3 (quote)

4.2. ANALISI PLUVIOMETRICA

La determinazione delle curve di possibilità pluviometrica dei bacini idrografici è stata determinata attraverso la procedura propria del progetto Valutazione Piene (VaPi) del Gruppo Nazionale di Difesa delle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI), metodologia di riferimento delle NTA del PAI dell’Autorità di Bacino della Puglia, ai sensi della Relazione di Piano del Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) della Puglia.

Nel VaPi l’analisi idrologica è basata sulla legge di distribuzione statistica TCEV (Two Components Extreme Value). La particolarità di questo modello è quella di riuscire a considerare gli estremi idrologici, che sono di fatto gli eventi che inducono un livello di pericolosità più elevato, riconducendosi al prodotto di due funzioni di distribuzione di probabilità di tipo Gumbel, una che riproduce l’andamento degli eventi ordinari e l’altra che riproduce l’andamento degli eventi eccezionali.

L’identificazione dei parametri della distribuzione TCEV consente di costruire un modello regionale con struttura gerarchica, basata su tre livelli di regionalizzazione, con due zone omogenee al primo e secondo livello, ovvero Puglia Settentrionale e Puglia Centro – Meridionale, e sei zone omogenee al terzo livello, dove si indaga la variabilità spaziale del valor medio dell’altezza di pioggia, con formulazioni diverse per ognuna di

| | | | |
|---|--------------------------|----------------------|---------------------|
|  | BRIN FV00BARU0018 | Pagina 15 / 42 | |
| | | Stato di Validità | Numero Revisione |
| | | CD-FE | 00 |

esse.



Zone omogenee al terzo livello di VaPi Puglia



Zone omogenee al terzo livello di VaPi Puglia con area impianto

Come si può notare dalle perimetrazioni delle zone VaPi, l'area del parco fotovoltaico rientra nella zona omogenea 6 della Puglia Centro - Meridionale, pertanto l'equazione da applicare è la seguente:

$$\text{ZONA 6: } h = x(t, z) = 33,70 * t^{((0.488 + 0.0022 z) / 3.178)}$$

dove la durata di progetto t delle curve pluviometriche si assume pari al tempo di ritardo del bacino espresso in ore, definito come la distanza tra il baricentro dello ietogramma e

| | | | | |
|---|-------------------------|--|----------------------|---------------------|
|  | BRINFV00BARU0018 | | Pagina 16 / 42 | |
| | | | Stato di Validità | Numero Revisione |
| | | | CD-FE | 00 |

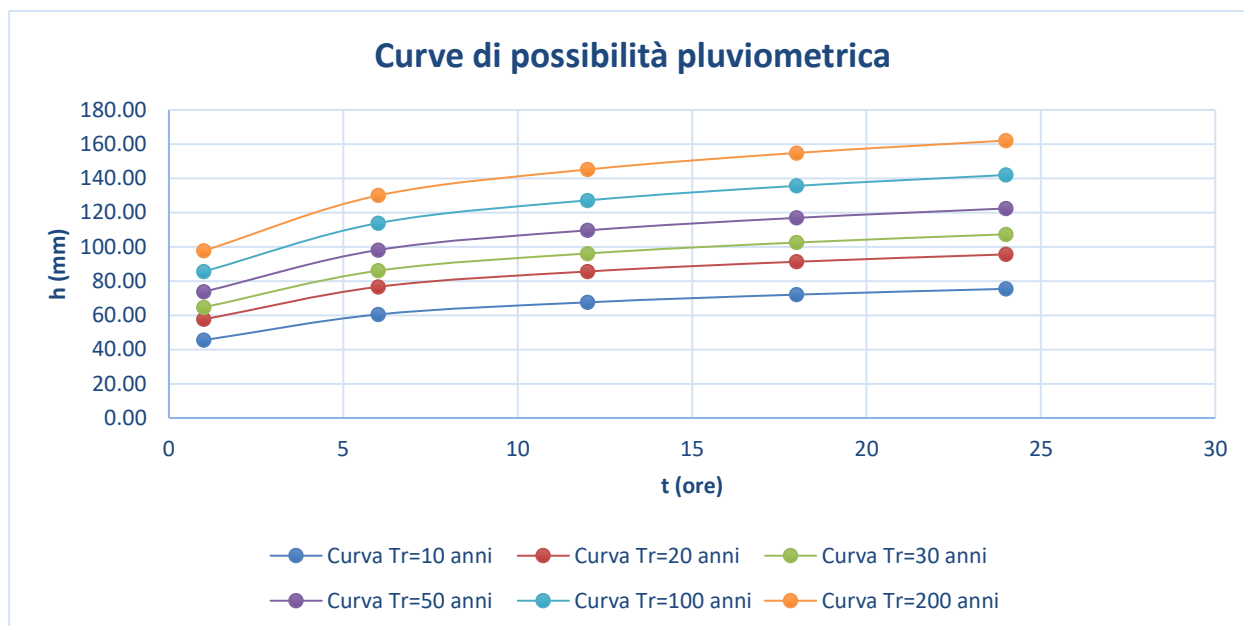
il baricentro dell'onda di piena e z rappresenta la quota.

Per quanto concerne il fattore di crescita K_t per la Puglia Centro - Meridionale, esso è espresso dalla seguente espressione: $K_T = 0.1599 + 0.5166 \cdot \ln T$, dove T rappresenta il tempo di ritorno, ai sensi della Relazione di Piano del Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) della Puglia.

| | | Tempo di ritorno (anni) | | | | | | | | | | | |
|---------|----|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 2 | 5 | 10 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 100 | 200 | 500 | 1000 |
| Tabella | KT | 0.91 | 1.26 | 1.52 | 1.81 | 1.9 | | 2.1 | 2.19 | 2.48 | 2.77 | 3.15 | 3.43 |
| Formula | KT | 0.52 | 0.99 | 1.35 | 1.71 | 1.82 | 1.92 | 2.07 | 2.18 | 2.54 | 2.90 | 3.37 | 3.73 |

| t (ore) | h (mm) | Kt 10 | h10 (mm) | Kt 20 | h20 (mm) | Kt 30 | h30 (mm) | Kt 50 | h50 (mm) | Kt 100 | h100 (mm) | Kt 200 | h200 (mm) |
|------------|-----------|-------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|--------|--------------|--------|--------------|
| 1 | 33.70 | 1.35 | 45.50 | 1.71 | 57.63 | 1.92 | 64.70 | 2.19 | 73.80 | 2.54 | 85.60 | 2.9 | 97.73 |
| 6 | 44.83 | 1.35 | 60.52 | 1.71 | 76.66 | 1.92 | 86.07 | 2.19 | 98.18 | 2.54 | 113.87 | 2.9 | 130.00 |
| 12 | 50.06 | 1.35 | 67.58 | 1.71 | 85.60 | 1.92 | 96.12 | 2.19 | 109.63 | 2.54 | 127.16 | 2.9 | 145.18 |
| 18 | 53.40 | 1.35 | 72.09 | 1.71 | 91.31 | 1.92 | 102.53 | 2.19 | 116.95 | 2.54 | 135.64 | 2.9 | 154.86 |
| 24 | 55.90 | 1.35 | 75.47 | 1.71 | 95.60 | 1.92 | 107.34 | 2.19 | 122.43 | 2.54 | 142.00 | 2.9 | 162.12 |

| Tr (anni) | 10 | 20 | 30 | 50 | 100 | 200 |
|--------------|--------|--------|--------|--------|-----------|--------|
| t (ore) | h (mm) | h (mm) | h (mm) | h (mm) | h (mm) | h (mm) |
| 1 | 45.50 | 57.63 | 64.70 | 73.80 | 85.60 | 97.73 |
| 6 | 60.52 | 76.66 | 86.07 | 98.18 | 113.87 | 130.00 |
| 12 | 67.58 | 85.60 | 96.12 | 109.63 | 127.16 | 145.18 |
| 18 | 72.09 | 91.31 | 102.53 | 116.95 | 135.64 | 154.86 |
| 24 | 75.47 | 95.60 | 107.34 | 122.43 | 142.00 | 162.12 |



Per i bacini pugliesi, in accordo con il VaPi Puglia, per il calcolo del tempo di ritardo si considera la seguente formula empirica, ottenuta in base ad una stima ai minimi quadrati, in funzione dell'area del bacino in Km2:

$$t = tr = 0,344 A^{0,5}$$

| Basin | Area (Km ²) | t (ore) |
|----------|-------------------------|---------|
| Bacino 1 | 2.04 | 0.49 |
| Bacino 2 | 0.75 | 0.30 |
| Bacino 3 | 0.01 | 0.03 |

Di seguito si riporta l'altezza di pioggia totale che è pari a $X(t, T) = x(t, z) * K_T$, con K_T fattore di crescita che dipende dal tempo di ritorno, dove T rappresenta il tempo di ritorno, t rappresenta il tempo di ritardo e z la quota.

| Bacino | h (mm) | Kt (TR = 10) | h10 (mm) | Kt (TR = 20) | h20 (mm) | Kt (TR = 30) | h30 (mm) | Kt (TR = 50) | h50 (mm) | Kt (TR = 100) | h100 (mm) | Kt (TR = 200) | h200 (mm) |
|----------|--------|--------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|---------------|-----------|
| Bacino 1 | 30.1 | 1.52 | 45.68 | 1.71 | 51.39 | 1.92 | 57.70 | 2.19 | 65.81 | 2.54 | 76.33 | 2.9 | 87.1 |
| Bacino 2 | 27.8 | 1.52 | 42.31 | 1.71 | 47.60 | 1.92 | 53.45 | 2.19 | 60.96 | 2.54 | 70.71 | 2.9 | 80.7 |
| Bacino 3 | 19.9 | 1.52 | 30.24 | 1.71 | 34.02 | 1.92 | 38.20 | 2.19 | 43.57 | 2.54 | 50.54 | 2.9 | 57.7 |

4.3. METODO SCS-CN PER IL CALCOLO DELLA PIOGGIA NETTA O EFFICACE

La portata idrologica di piena viene calcolata con il metodo del "Soil Conservation

| | | | |
|---|-------------------------|----------------------|---------------------|
|  | BRINRV00BARU0018 | Pagina 18 / 42 | |
| | | Stato di Validità | Numero Revisione |
| | | CD-FE | 00 |

Service” (S.C.S.).

Per la stima della pioggia netta o efficace, ovvero la componente di precipitazione che partecipa al ruscellamento superficiale pari alla pioggia totale depurata dalla parte di pioggia persa in conseguenza a perdite idrologiche (immagazzinamento superficiale, vegetazione, evaporazione, infiltrazione) si è utilizzata la metodologia del Soil Conservation Service (SCS) che prevede la determinazione del Curve Number (CN).

Il Curve Number è un parametro di fondamentale importanza nelle valutazioni idrologiche, in quanto viene usato per determinare l'aliquota di precipitazione netta, ovvero l'aliquota di precipitazione totale che contribuisce alla formazione del deflusso, indicando l'attitudine del bacino a produrre ruscellamento.

Tale parametro assume valori compresi tra 0 (terreni permeabili) e 100 (terreni impermeabili) e si stima in funzione delle caratteristiche idrologiche dei suoli e di copertura vegetale.

La stima del CN è effettuata determinando il gruppo idrologico di appartenenza di ciascun suolo e, all'interno di ciascun gruppo, valutando la copertura d'uso del suolo; alle sottoclassi così determinate viene associato un valore di CN. Gli strati informativi utili alla definizione del Curve Number sono quindi rappresentati dalla Carta Geolitologica e dalla Carta di Uso del Suolo, disponibili sul SIT Puglia.

L'attribuzione delle 4 classi di permeabilità (A, B, C, D,) del metodo SCS-CN¹ è operata avendo come base cartografica la carta geolitologica della Puglia 1: 250.000. È associato un livello di permeabilità a ciascuna unità geolitologica, valutando in maniera qualitativa porosità, fessurazione, carsismo e pendenza.

| | |
|-----------------|--|
| Gruppo A | Suoli aventi scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde, con scarsissimo limo ed argilla e ghiaie profonde, molto permeabili. Capacità di infiltrazione in condizioni di saturazione molto elevata. |
| Gruppo B | Suoli aventi moderata potenzialità di deflusso. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A. Elevate capacità di infiltrazione anche in condizioni di saturazione. |
| Gruppo C | Suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta. Suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali. Scarsa capacità di infiltrazione e saturazione. |
| Gruppo D | Potenzialità di deflusso molto elevata. Argille con elevata capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressochè impermeabili in vicinanza della superficie. Scarsissima capacità di infiltrazione a saturazione. |

Gruppi geolitologici

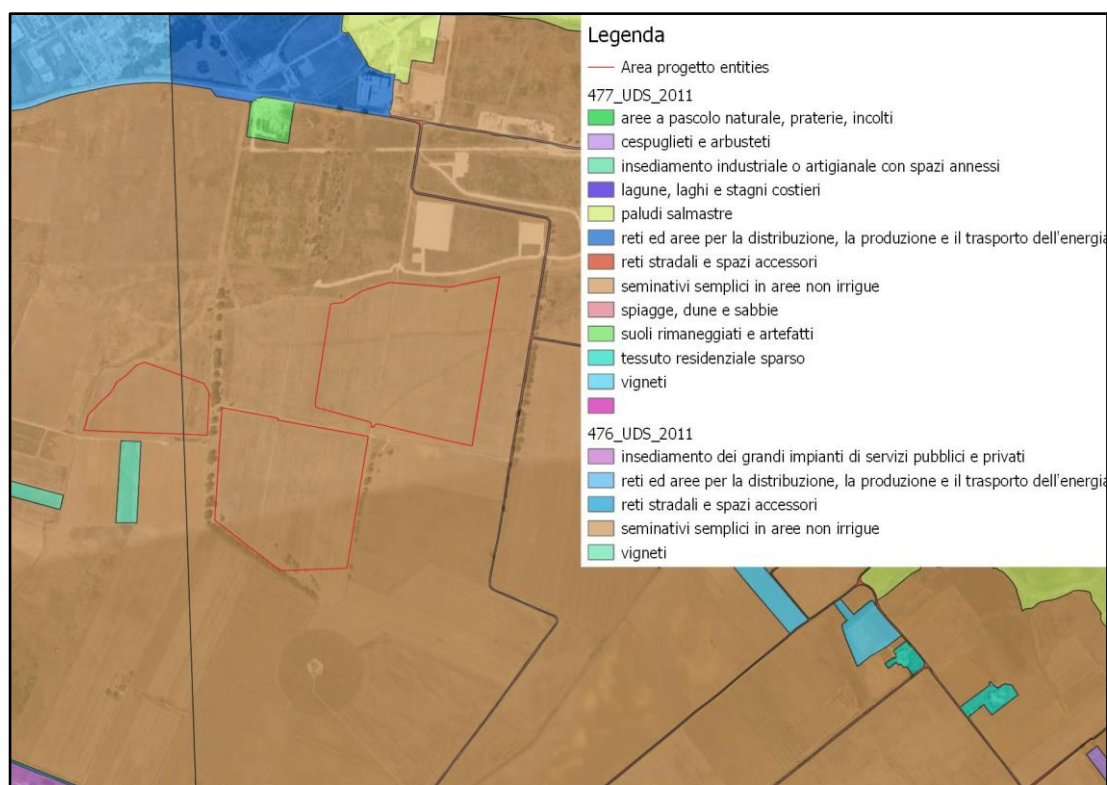
La copertura del suolo è valutata attraverso la Carta di Uso del Suolo (Land Use), pubblicata sul portale del SIT Puglia (<http://webapps.sit.puglia.it/freewebapps/UDS2011/index.html>). Ad ognuna delle 67 tipologie di uso del suolo è associata una macrocategoria di copertura, che comprende diverse situazioni di aree caratterizzate da differenti morfologie (pascoli, terrazzamenti, etc.) varie coperture vegetali (boschi, praterie, parchi), condizioni di conservazione e

¹ “Soil Conservation Service Curve Number S. C. S.-c. N. Methodology” - S. K. Mishra, V. P. Singh

| | | | |
|---|-------------------------|----------------------|---------------------|
|  | BRINFV00BARU0018 | Pagina 19 / 42 | |
| | | Stato di Validità | Numero Revisione |
| | | CD-FE | 00 |

destinazione d'uso (coltivazioni, parcheggi, distretti industriali o altro).

L'area di progetto ricade in aree classificate come "Seminativo semplice in aree non irrigue".



Carta Uso del Suolo (fonte SIT Puglia)

Nell'applicazione del metodo SCS sono previste tre classi di CN, rispettivamente la I, la II, e la III in funzione dell'altezza di pioggia caduta nei 5 giorni precedenti l'evento esaminato (Antecedent Moisture Condition): molto asciutto (<50 mm), standard (tra 50 e 110 mm) e molto umido (oltre 110 mm).

| AMC categoria CN | Altezza di precipitazione antecedente di 5 giorni | | | |
|---------------------|---|-------------|---------------------|-------------|
| | Stagione di riposo | | Stagione vegetativa | |
| | [in] | [mm] | [in] | [mm] |
| I | < 0,5 | < 12,7 | < 1,4 | < 35,6 |
| II | 0,5 - 1,1 | 12,7 - 27,9 | 1,4 - 2,1 | 35,6 - 53,3 |
| III | > 1,1 | > 27,9 | > 2,1 | > 53,3 |

Nel caso specifico, è stato utilizzato un valore del CN pari alla classe AMC-tipo II legato al CNII, supponendo una condizione standard di umidità del terreno nei 5 giorni precedenti l'evento meteorico.

Definitivo il parametro del CN è possibile determinare il valore di altezza di pioggia netta P_n , mediante la seguente relazione:

$$P_n = \frac{(P-0.2S)^2}{P+0.8S} \text{ espresso in mm}$$

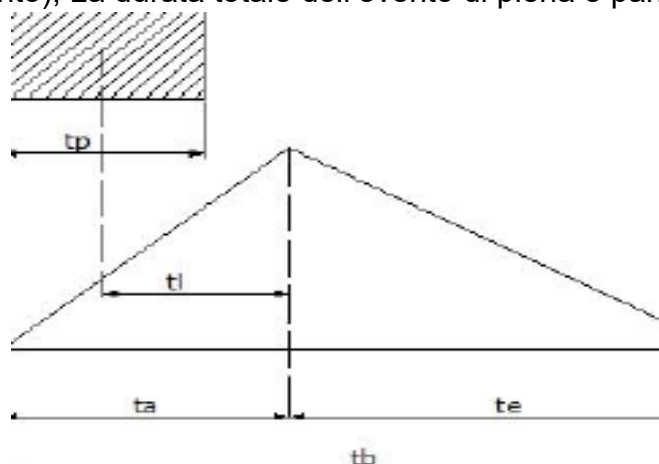
| | | | | |
|---|-------------------------|--|----------------------|---------------------|
|  | BRINRV00BARU0018 | | Pagina 20 / 42 | |
| | | | Stato di Validità | Numero Revisione |
| | | | CD-FE | 00 |

con $S = 254 \cdot (100/CN - 1)$ che rappresenta il massimo volume di invaso del suolo, in funzione del CN e P rappresenta l'altezza di pioggia totale, precedentemente calcolata con il metodo VaPi, in corrispondenza di un evento con assegnato tempo di ritorno.

| Bacino | CN II medio | S (mm) | P10 (mm) | Pn10 (mm) | P20 (mm) | Pn20 (mm) | P30 (mm) | Pn30 (mm) | P50 (mm) | Pn50 (mm) | P100 (mm) | Pn100 (mm) | P200 (mm) | Pn200 (mm) |
|----------|-------------|--------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|
| Bacino 1 | 86.25 | 40.49 | 45.68 | 18.09 | 51.39 | 22.37 | 57.70 | 27.31 | 65.81 | 33.92 | 76.33 | 42.82 | 87.1 | 52.27 |
| Bacino 2 | 87.77 | 35.39 | 42.31 | 17.58 | 47.60 | 21.63 | 53.45 | 26.30 | 60.96 | 32.52 | 70.71 | 40.88 | 80.7 | 49.74 |
| Bacino 3 | 88 | 34.64 | 30.24 | 9.38 | 34.02 | 11.89 | 38.20 | 14.84 | 43.57 | 18.84 | 50.54 | 24.31 | 57.7 | 30.18 |

4.4. METODO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI PER IL CALCOLO DELLE PORTATE DI PIENA

Per il calcolo della portata al colmo di piena si considera, come metodo di trasformazione afflussi – deflussi, l'idrogramma di piena triangolare di Mockus, che ha una fase crescente di durata t_a (tempo di accumulo) e una fase di esaurimento di durata t_e (tempo di esaurimento), La durata totale dell'evento di piena è pari a $t_b = 2.67 \cdot t_a$.



Rappresentazione dell'idrogramma di Mockus

Secondo il metodo SCS, il tempo di ritardo t_L di Mockus, definito come la distanza tra il baricentro dello idrogramma rettangolare e il picco dell'onda di piena, viene calcolato con la formula di Mockus, per cui:

$$t_L = 0.342 \cdot (L^{0.8}/s^{0.5}) \cdot (1000/CN - 9)^{0.7}, \text{ dove:}$$

- L è la lunghezza dell'asta principale in Km;
- s è la pendenza media in % del bacino;
- CN curve number, pari a CN I, CN II o CN III a seconda se il bacino è secco o umido.

Il passaggio dal tempo di ritardo t_L al tempo di corrivazione t_c del bacino avviene attraverso la seguente espressione: $t_c = t_L/0,6$. Attraverso la definizione del tempo di ritardo t_L , si ottiene il tempo di corrivazione t_c , dal quale si ottiene poi il tempo di accumulo t_a , utilizzato per il calcolo della portata al colmo di piena.

| | | | |
|---|--------------------------|----------------------|---------------------|
|  | BRIN FV00BARU0018 | Pagina 21 / 42 | |
| | | Stato di Validità | Numero Revisione |
| | | CD-FE | 00 |

Il tempo di accumulo, espresso in ore, è pari a $t_a = 0.5 t_c + t_L$

L'area sottesa da tale triangolo definisce la portata idrologica al colmo di piena che, pertanto, assume la formulazione seguente: $Q_p = 0,208 (P_n * A) / t_a$.

L'ascissa e l'ordinata del picco dell'onda di piena rappresentano, rispettivamente, il tempo di risposta del bacino e la portata al colmo di piena.

| Bacino | L (km) | s (%) | t _l (ore) | t _p (ore) | t _a (ore) | A (kmq) |
|----------|-----------|----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------|
| Bacino 1 | 3.00 | 1.15 | 1.50 | 2.49 | 2.74 | 2.04 |
| Bacino 2 | 2.00 | 0.99 | 1.10 | 1.84 | 2.02 | 0.75 |
| Bacino 3 | 0.60 | 25.75 | 0.08 | 0.14 | 0.15 | 0.01 |

| Pn10 (mm) | Q (Tr=10) (mc/s) | Pn20 (mm) | Q (Tr=20) (mc/s) | Pn30 (mm) | Q (Tr=30) (mc/s) | Pn50 (mm) | Q (Tr=50) (mc/s) | Pn100 (mm) | Q (Tr=100) (mc/s) | Pn200 (mm) | Q (Tr=200) (mc/s) |
|--------------|------------------------|--------------|------------------------|--------------|------------------------|--------------|------------------------|---------------|-------------------------|---------------|-------------------------|
| 18.09 | 2.8 | 22.37 | 3.5 | 27.31 | 4.2 | 33.92 | 5.2 | 42.82 | 6.6 | 52.27 | 8.1 |
| 17.58 | 1.4 | 21.63 | 1.7 | 26.30 | 2.0 | 32.52 | 2.5 | 40.88 | 3.2 | 49.74 | 3.8 |
| 9.38 | 0.1 | 11.89 | 0.2 | 14.84 | 0.2 | 18.84 | 0.3 | 24.31 | 0.3 | 30.18 | 0.4 |

Lo studio idrologico, quindi, ha l'obiettivo di stimare le portate di piena all'interno dei bacini idrografici di studio, per i tempi di ritorno di 10, 20, 30, 50, 100 e 200 anni.

| Bacino | Q (Tr=10) (mc/s) | Q (Tr=20) (mc/s) | Q (Tr=30) (mc/s) | Q (Tr=50) (mc/s) | Q (Tr=100) (mc/s) | Q (Tr=200) (mc/s) |
|-----------------|------------------------|---------------------|---------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Bacino 1 | 2.8 | 3.5 | 4.2 | 5.2 | 6.6 | 8.1 |
| Bacino 2 | 1.4 | 1.7 | 2.0 | 2.5 | 3.2 | 3.8 |
| Bacino 3 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.4 |

Lo studio idrologico svolto ha portato alla definizione delle curve di possibilità pluviometrica e alle portate al colmo di piena transitanti nei corsi d'acqua per diversi tempi di ritorno pari a 10, 20, 30, 50, 100 e 200 anni, in conformità ai criteri dettati dal PAI dell'Autorità di Bacino della Regione Puglia, calcolate in corrispondenza delle sezioni di chiusura relative ai bacini sopraccitati, rappresentati nel paragrafo 4.1.

5. STUDIO IDRAULICO

Lo studio idrologico svolto con metodologia VaPi Puglia, riportato nella "Relazione Idrologica" in allegato al progetto definitivo, ha permesso di stimare le portate di piena all'interno dei bacini idrografici di studio, per i tempi di ritorno di 10, 20, 30, 50, 100 e 200

| | | | |
|---|-------------------------|----------------------|---------------------|
|  | BRINRV00BARU0018 | Pagina 22 / 42 | |
| | | Stato di Validità | Numero Revisione |
| | | CD-FE | 00 |

anni.

La seguente analisi idraulica consiste nella modellazione bidimensionale del comportamento idraulico dei corpi idrici che interferiscono con l'area di impianto, in condizioni di moto non stazionario e allo stato attuale, attraverso l'ausilio del software HEC-RAS 5.0.7. Lo scopo dell'analisi, eseguita con un periodo di ritorno di 200 anni, è quello di perimetrare le aree dell'impianto in cui è stato rilevato il rischio di alluvione.

Il codice di calcolo HEC-RAS è un programma sviluppato presso l'Hydrological Engineering Center (HEC) dall'United States Army Corps of Engineering (USACE), utilizzato per l'implementazione di modelli numerico-idraulici di canali naturali ed artificiali, per ricostruire, con un accettabile grado di approssimazione, la geometria, la dinamica fluviale e la risposta di un corso d'acqua agli interventi in alveo.

La modellazione bidimensionale in regime di moto vario ha consentito la simulazione del deflusso nelle due direzioni piane, partendo da una rappresentazione 2D della morfologia dell'alveo e delle aree golenali limitrofe, definita con un modello digitale del terreno.

Le leggi fisiche che regolano il moto vario di una corrente a pelo libero sono l'equazione di conservazione della massa e l'equazione di conservazione della quantità di moto:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_l = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial QV}{\partial x} + gA \left(\frac{\partial z}{\partial x} + S_f \right) - q_l V_l = 0$$

le cui variabili introdotte hanno il seguente significato:

- Q = portata defluente in alveo
- q_l = portata immessa lateralmente per unità di lunghezza
- A = sezione idrica della corrente
- g = accelerazione di gravità
- V = velocità media di deflusso della corrente
- V_l = velocità media di deflusso della portata immessa lateralmente;
- S_f = slope friction
- z = quota di pelo libero, che è legata al tirante idrico e alla quota di fondo alveo.

La risoluzione del sistema di equazioni suddetto è affidata al metodo delle differenze finite, il quale permette di riscrivere le equazioni in termini di differenze finite, evitando di dover risolvere delle derivate parziali: si passa così da un sistema di equazioni differenziali alle derivate parziali ad un sistema di equazioni algebriche.

In particolare, la modellazione 2D in HEC-RAS utilizza uno schema di tipo implicito ai volumi finiti, noto come "box scheme". L'algoritmo di soluzione di tipo implicito consente di utilizzare passi temporali di calcolo maggiori rispetto ai metodi espliciti; l'approccio ai volumi finiti fornisce una misura dei miglioramenti in termini di stabilità e robustezza rispetto alle tradizionali tecniche differenziali di soluzione basate su metodi a elementi finiti. Per testare la stabilità del modello si è utilizzato il criterio di Courant – Friedrichs –

| | | | |
|---|--------------------------|----------------------|---------------------|
|  | BRIN FV00BARU0018 | Pagina 23 / 42 | |
| | | Stato di Validità | Numero Revisione |
| | | CD-FE | 00 |

Lewy, abbreviato con CFL, secondo il quale un modello è stabile se è soddisfatta la seguente condizione:

- caso unidimensionale

$$C = \frac{u \cdot \Delta t}{\Delta x} < C_{max}$$

- caso bidimensionale

$$C = \frac{u_x \cdot \Delta t}{\Delta x} + \frac{u_y \cdot \Delta t}{\Delta y} < C_{max}$$

dove u rappresenta la velocità di flusso, Δt è l'intervallo temporale e Δx è l'intervallo spaziale e il numero adimensionale C è chiamato numero di Courant.

La costante C_{max} dipende dalla tipologia di equazione che deve essere risolta e dal tipo di schema numerico utilizzato per la soluzione (esplicito o implicito). Se si utilizza uno schema esplicito allora C_{max} è pari a 1; se invece lo schema è di tipo implicito sono tollerati valori di C_{max} più elevati.

5.1. Analisi idraulica con $T_r = 200$ anni

Definito e generato il modello digitale del terreno (Terrain), si è passato alla creazione del grigliato di calcolo (2D Flow Area) che costituisce il corpo vero e proprio dell'area 2D rappresentativa della piana alluvionale, per lo sviluppo della modellazione bidimensionale.

Per una simulazione accurata, è possibile associare alle aree 2D dei valori di scabrezza variabili che simulino l'eterogeneità reale delle aree inondabili.

Questa variabilità spaziale è stata ottenuta dalla sovrapposizione dell'area 2D di calcolo con la Carta d'Uso del Suolo e dall'attribuzione del coefficiente di scabrezza di Manning relativo alle varie tipologie di uso del suolo. Nel caso specifico, si è attribuito un coefficiente di scabrezza di Manning pari a 0.030.

Nelle simulazioni idrauliche effettuate in condizioni di moto vario per i vari bacini idrografici di studio, come condizione al contorno di valle si è associata la condizione di Normal Depth (pendenza), mentre per la condizione di monte è stata utilizzata l'opzione del Flow Hydrograph (idrogramma di piena), mediante l'inserimento dell'idrogramma di piena con intervalli temporali pari a 10 minuti, considerando un giorno di simulazione.

Si riportano gli idrogrammi di piena, inseriti come condizione di monte nelle simulazioni idrauliche, relativi ai bacini idrografici di studio n. 1 e 2.



BRINFV00BARU0018

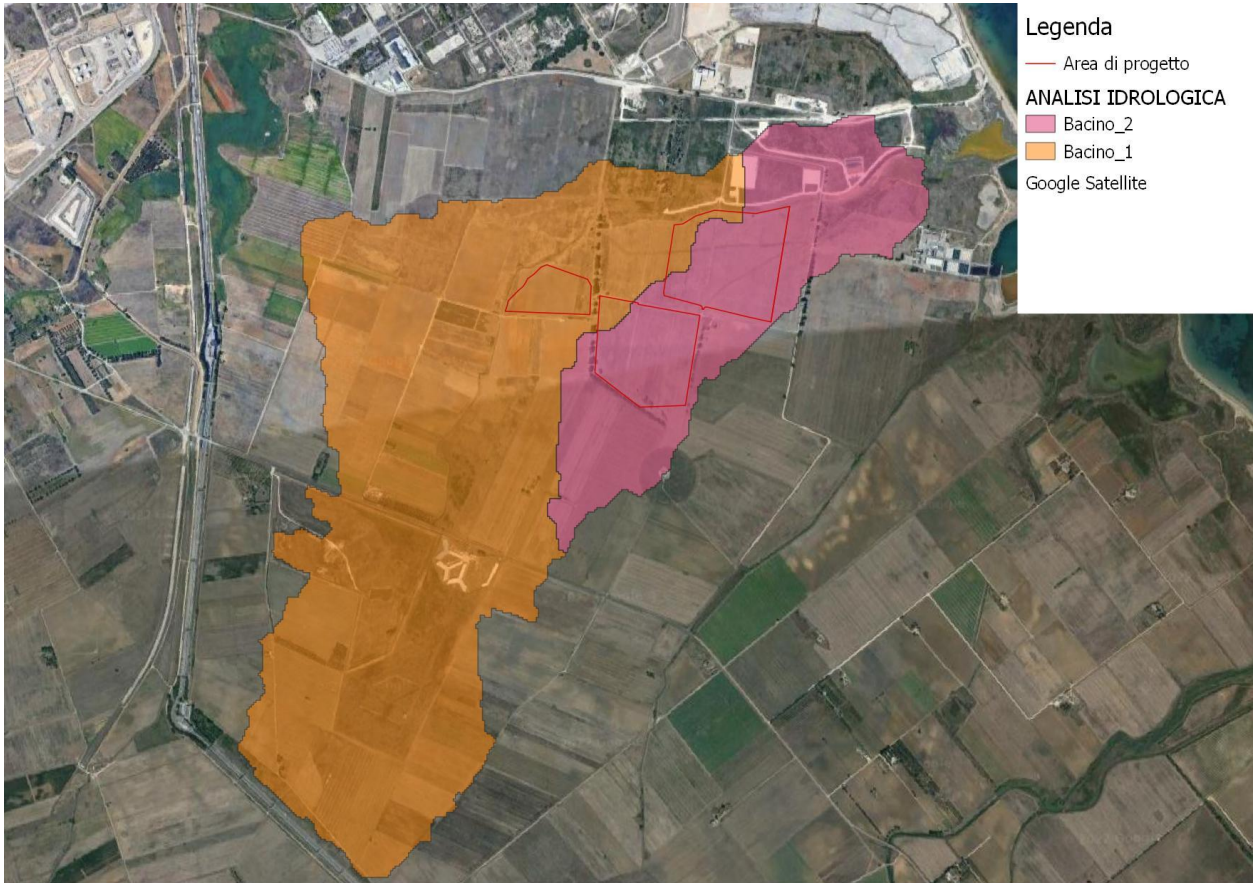
Pagina
24 / 42

Stato di
Validità

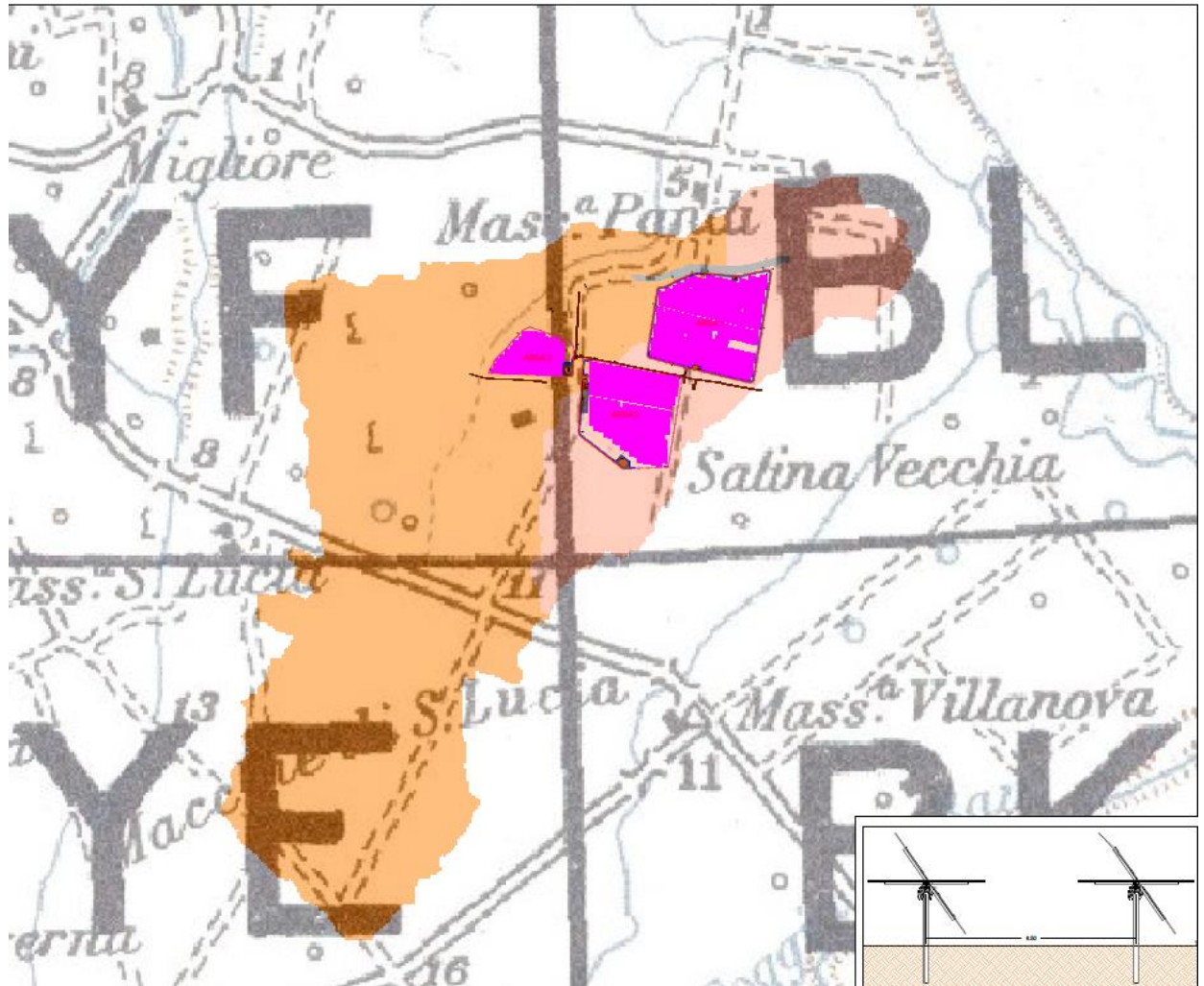
Numero
Revisione

CD-FE

00



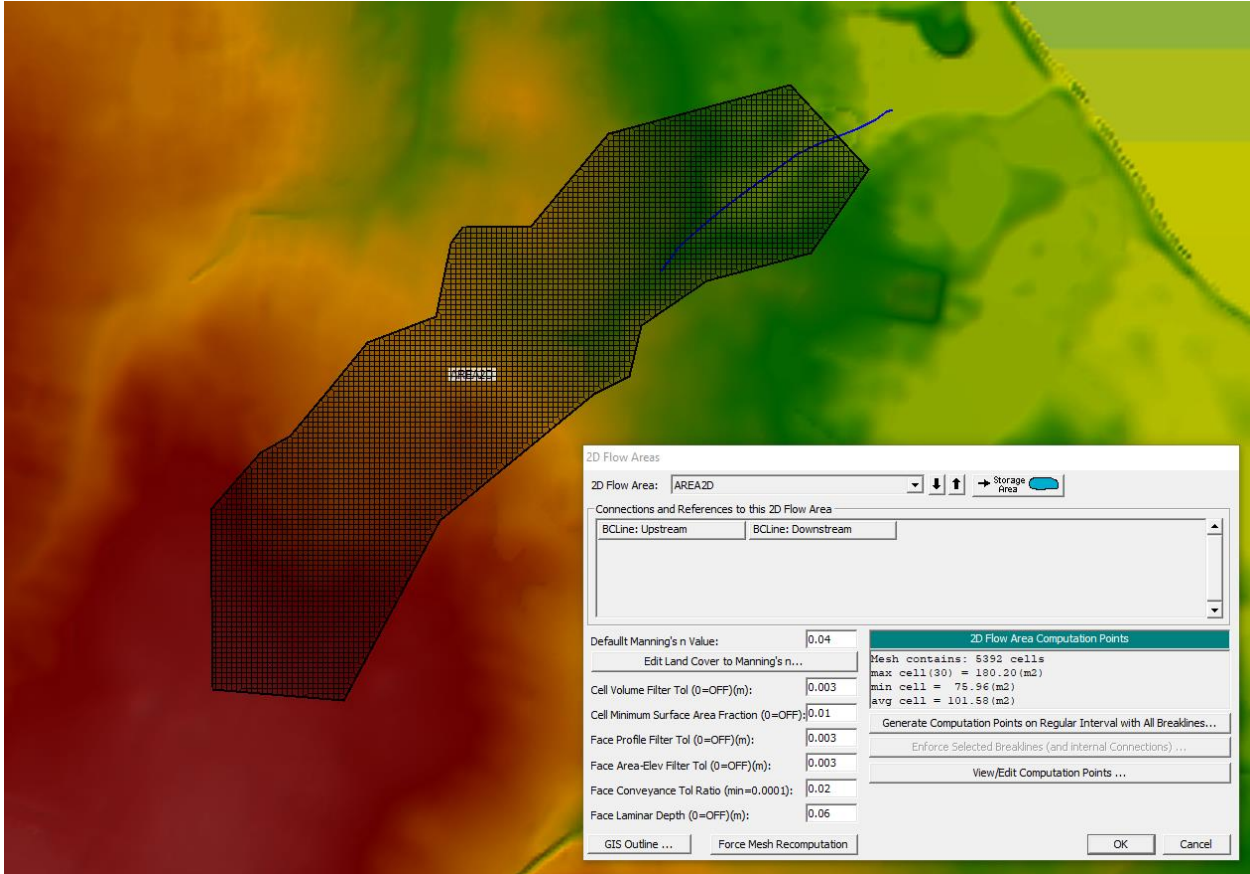
Inquadramento bacini e area di impianto



Inquadramento bacini e layout di impianto

Il picco dell'idrogramma rappresenta la portata di piena di un evento meteorico con tempo di ritorno $T_r = 200$ anni, raggiunta al tempo corrispondente al tempo di accumulo dell'idrogramma di piena.

| | | | |
|---|-------------------------|----------------------|---------------------|
|  | BRINFV00BARU0018 | Pagina 26 / 42 | |
| | | Stato di Validità | Numero Revisione |
| | | CD-FE | 00 |



Geometric Data con indicazione della griglia computazionale per il BACINO 2

| Boundary Condition Types | | | |
|--|-------------------------|------------------------|-----------------------|
| Stage Hydrograph | Flow Hydrograph | Stage/Flow Hydr. | Rating Curve |
| Normal Depth | Lateral Inflow Hydr. | Uniform Lateral Inflow | Groundwater Interflow |
| T.S. Gate Openings | Elev Controlled Gates | Navigation Dams | IB Stage/Flow |
| Rules | Precipitation | | |
| Add Boundary Condition Location | | | |
| Add RS ... | Add SA/2D Flow Area ... | Add SA Connection ... | Add Pump Station ... |
| Select Location in table then select Boundary Condition Type | | | |
| River | Reach | RS | Boundary Condition |
| | | | |
| Storage/2D Flow Areas | | | Boundary Condition |
| 1 | AREA2 | BCLine: UP | Flow Hydrograph |
| 2 | AREA2 | BCLine: DOWN | Normal Depth |

Boundary conditions per il BACINO 2



BRINFV00BARU0018

Pagina
27 / 42

Stato di
Validità

Numero
Revisione

CD-FE

00

Flow Hydrograph

SA: AREA2D BCLine: Upstream

Read from DSS before simulation Select DSS file and Path

File:

Path:

Enter Table Data time interval: 10 Minute

Select/Enter the Data's Starting Time Reference

Use Simulation Time: Date: 16NOV2015 Time: 0000

Fixed Start Time: Date: 16NOV2015 Time: 0000

No. Ordinates Interpolate Missing Values Del Row Ins Row

| Hydrograph Data | | | |
|-----------------|----------------|-------------------------|-------------|
| | Date | Simulation Time (hours) | Flow (m3/s) |
| 1 | 15Nov2015 2400 | 00:00 | 0 |
| 2 | 16Nov2015 0010 | 00:10 | 0.32 |
| 3 | 16Nov2015 0020 | 00:20 | 0.63 |
| 4 | 16Nov2015 0030 | 00:30 | 0.95 |
| 5 | 16Nov2015 0040 | 00:40 | 1.27 |
| 6 | 16Nov2015 0050 | 00:50 | 1.58 |
| 7 | 16Nov2015 0100 | 01:00 | 1.9 |
| 8 | 16Nov2015 0110 | 01:10 | 2.22 |
| 9 | 16Nov2015 0120 | 01:20 | 2.53 |
| 10 | 16Nov2015 0130 | 01:30 | 2.85 |
| 11 | 16Nov2015 0140 | 01:40 | 3.17 |
| 12 | 16Nov2015 0150 | 01:50 | 3.48 |
| 13 | 16Nov2015 0200 | 02:00 | 3.8 |
| 14 | 16Nov2015 0210 | 02:10 | 3.62 |
| 15 | 16Nov2015 0220 | 02:20 | 3.44 |
| 16 | 16Nov2015 0230 | 02:30 | 3.26 |
| 17 | 16Nov2015 0240 | 02:40 | 3.08 |
| 18 | 16Nov2015 0250 | 02:50 | 2.9 |
| 19 | 16Nov2015 0300 | 03:00 | 2.71 |
| 20 | 16Nov2015 0310 | 03:10 | 2.53 |
| 21 | 16Nov2015 0320 | 03:20 | 2.35 |
| 22 | 16Nov2015 0330 | 03:30 | 2.17 |
| 23 | 16Nov2015 0340 | 03:40 | 1.99 |
| 24 | 16Nov2015 0350 | 03:50 | 1.81 |
| 25 | 16Nov2015 0400 | 04:00 | 1.63 |
| 26 | 16Nov2015 0410 | 04:10 | 1.45 |
| 27 | 16Nov2015 0420 | 04:20 | 1.27 |
| 28 | 16Nov2015 0430 | 04:30 | 1.09 |
| 29 | 16Nov2015 0440 | 04:40 | 0.9 |
| 30 | 16Nov2015 0450 | 04:50 | 0.72 |
| 31 | 16Nov2015 0500 | 05:00 | 0.54 |
| 32 | 16Nov2015 0510 | 05:10 | 0.36 |
| 33 | 16Nov2015 0520 | 05:20 | 0.18 |
| 34 | 16Nov2015 0530 | 05:30 | 0 |

Time Step Adjustment Options ("Critical" boundary conditions)


Monitor this hydrograph for adjustments to computational time step

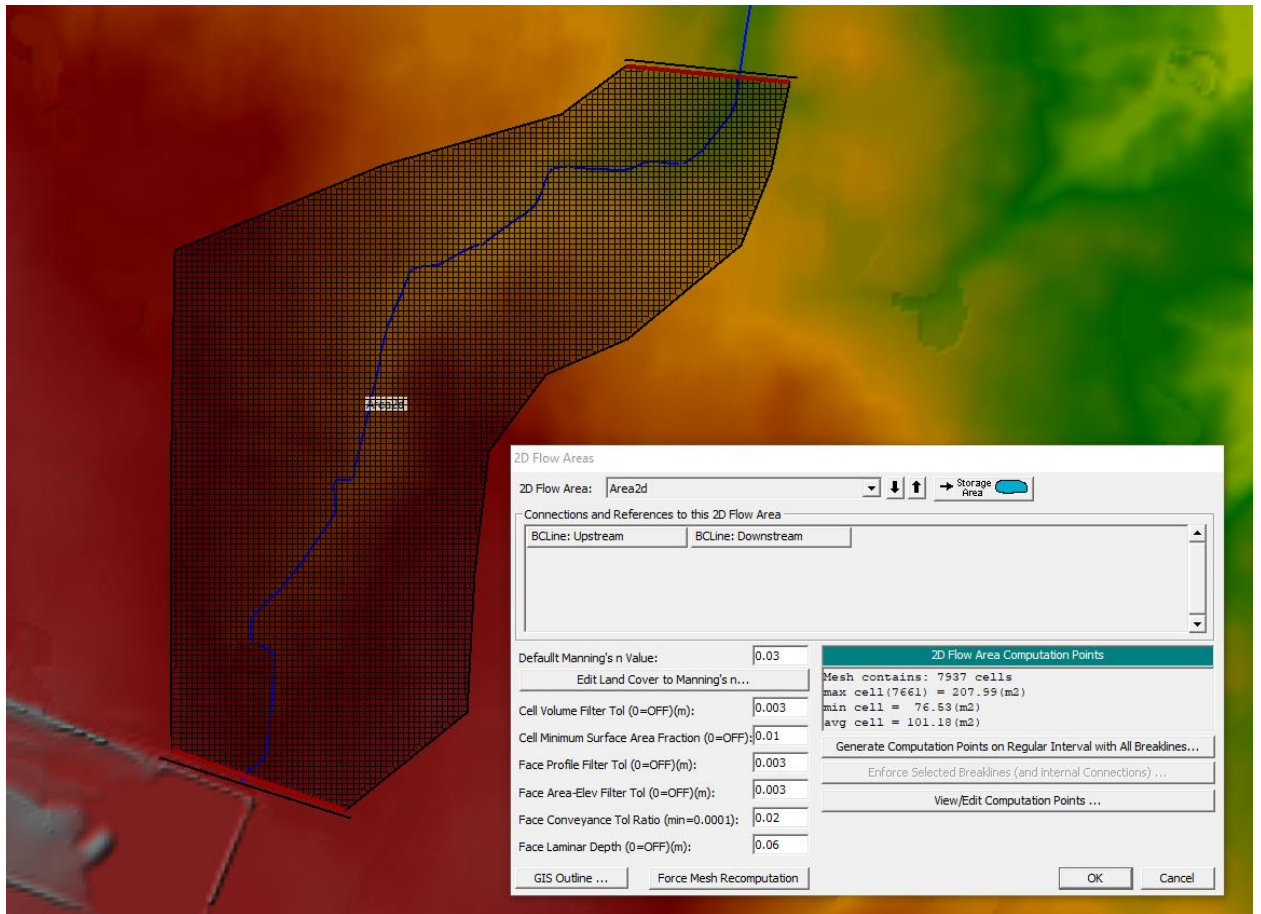
Max Change in Flow (without changing time step):

Min Flow: Multiplier: EG Slope for distributing flow along BC Line: 0.006

Plot Data OK Cancel

Stralcio delle boundary conditions di monte per il BACINO 2

| | | | |
|---|-------------------------|----------------------|---------------------|
|  | BRINFV00BARU0018 | Pagina 29 / 42 | |
| | | Stato di Validità | Numero Revisione |
| | | CD-FE | 00 |



Geometric Data con indicazione della griglia computazionale per il BACINO 1



BRIN FV00BARU0018

Stato di Validità Numero Revisione

CD-FE 00

Flow Hydrograph

SA: Area2d BCLine: Upstream

Read from DSS before simulation

File: _____
Path: _____

Enter Table Data time interval: 10 Minute

Select/Enter the Data's Starting Time Reference

Use Simulation Time: Date: 16NOV2015 Time: 0000
 Fixed Start Time: Date: 16NOV2015 Time: 0000

| Hydrograph Data | | | |
|-----------------|----------------|-------------------------|-------------|
| | Date | Simulation Time (hours) | Flow (m3/s) |
| 1 | 15Nov2015 2400 | 00:00 | 0 |
| 2 | 16Nov2015 0010 | 00:10 | 0.48 |
| 3 | 16Nov2015 0020 | 00:20 | 0.96 |
| 4 | 16Nov2015 0030 | 00:30 | 1.45 |
| 5 | 16Nov2015 0040 | 00:40 | 1.93 |
| 6 | 16Nov2015 0050 | 00:50 | 2.41 |
| 7 | 16Nov2015 0100 | 01:00 | 2.89 |
| 8 | 16Nov2015 0110 | 01:10 | 3.38 |
| 9 | 16Nov2015 0120 | 01:20 | 3.86 |
| 10 | 16Nov2015 0130 | 01:30 | 4.34 |
| 11 | 16Nov2015 0140 | 01:40 | 4.82 |
| 12 | 16Nov2015 0150 | 01:50 | 5.31 |
| 13 | 16Nov2015 0200 | 02:00 | 5.79 |
| 14 | 16Nov2015 0210 | 02:10 | 6.27 |
| 15 | 16Nov2015 0220 | 02:20 | 6.75 |
| 16 | 16Nov2015 0230 | 02:30 | 7.24 |
| 17 | 16Nov2015 0240 | 02:40 | 7.72 |
| 18 | 16Nov2015 0250 | 02:50 | 8.2 |
| 19 | 16Nov2015 0300 | 03:00 | 7.93 |
| 20 | 16Nov2015 0310 | 03:10 | 7.65 |
| 21 | 16Nov2015 0320 | 03:20 | 7.38 |
| 22 | 16Nov2015 0330 | 03:30 | 7.11 |
| 23 | 16Nov2015 0340 | 03:40 | 6.83 |
| 24 | 16Nov2015 0350 | 03:50 | 6.56 |
| 25 | 16Nov2015 0400 | 04:00 | 6.29 |
| 26 | 16Nov2015 0410 | 04:10 | 6.01 |
| 27 | 16Nov2015 0420 | 04:20 | 5.74 |
| 28 | 16Nov2015 0430 | 04:30 | 5.47 |
| 29 | 16Nov2015 0440 | 04:40 | 5.19 |
| 30 | 16Nov2015 0450 | 04:50 | 4.92 |
| 31 | 16Nov2015 0500 | 05:00 | 4.65 |
| 32 | 16Nov2015 0510 | 05:10 | 4.37 |
| 33 | 16Nov2015 0520 | 05:20 | 4.1 |
| 34 | 16Nov2015 0530 | 05:30 | 3.83 |
| 35 | 16Nov2015 0540 | 05:40 | 3.55 |

Time Step Adjustment Options ("Critical" boundary conditions)

Monitor this hydrograph for adjustments to computational time step

Max Change in Flow (without changing time step): _____

Min Flow: _____ Multiplier: _____ EG Slope for distributing flow along BC Line: 0.004



BRIN FV00BARU0018

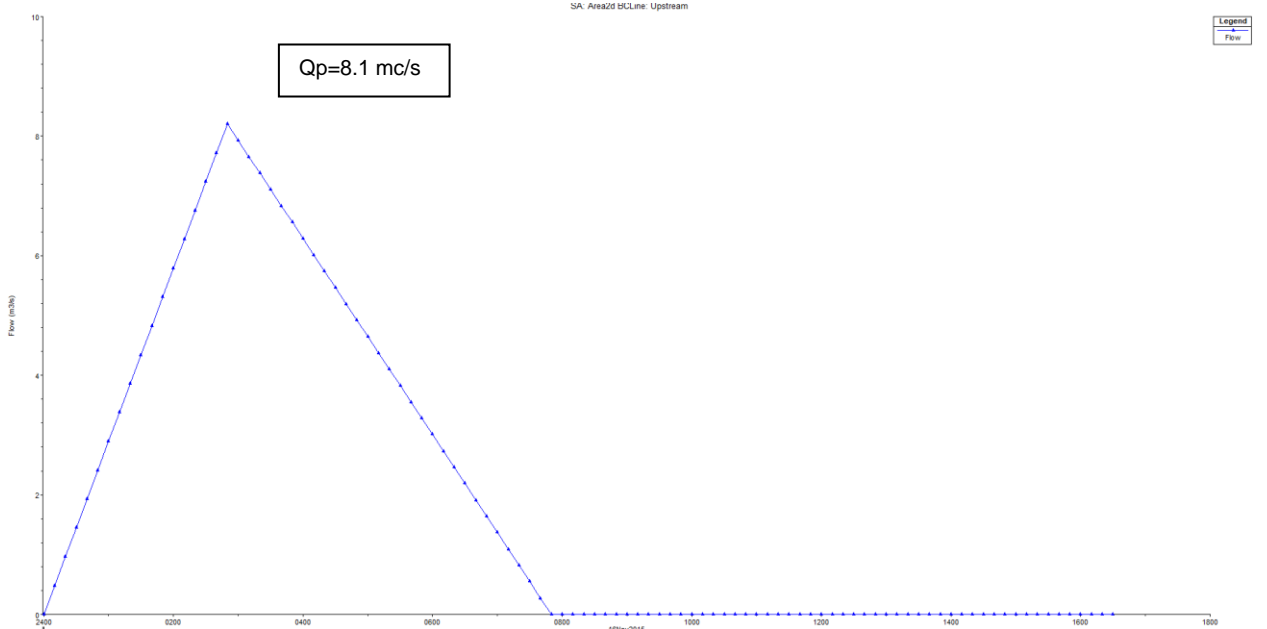
Pagina
31 / 42

Stato di
Validità

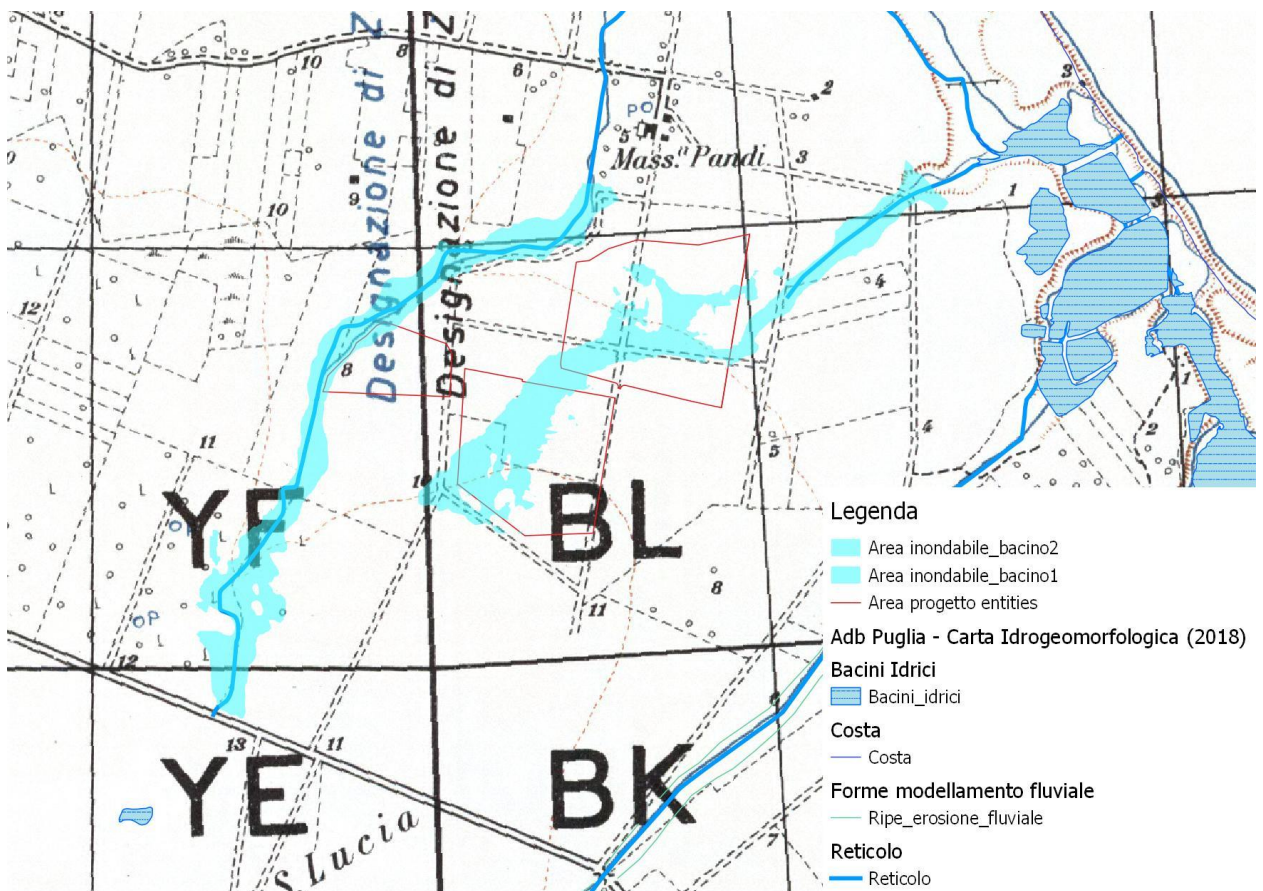
Numero
Revisione

CD-FE

00



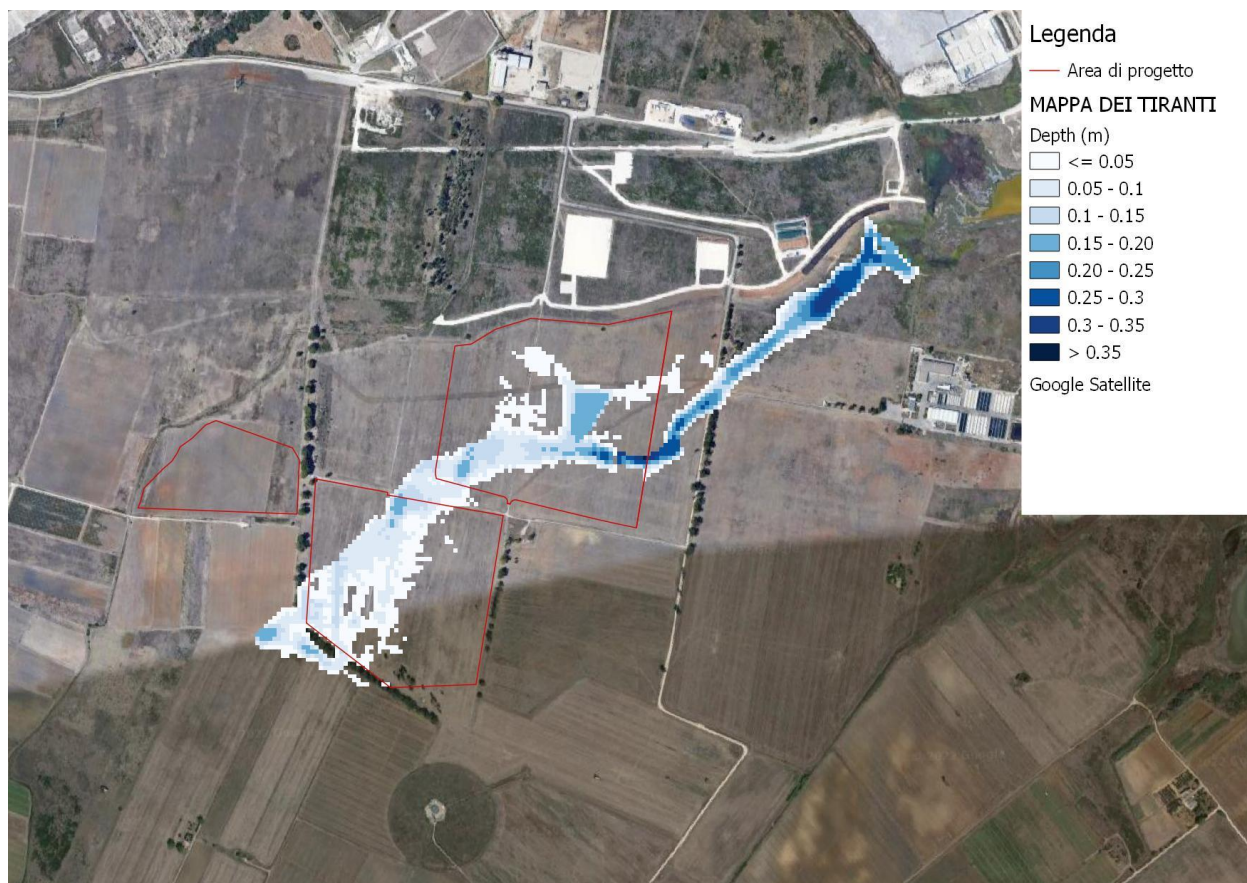
Idrogramma di piena in input – BACINO 1



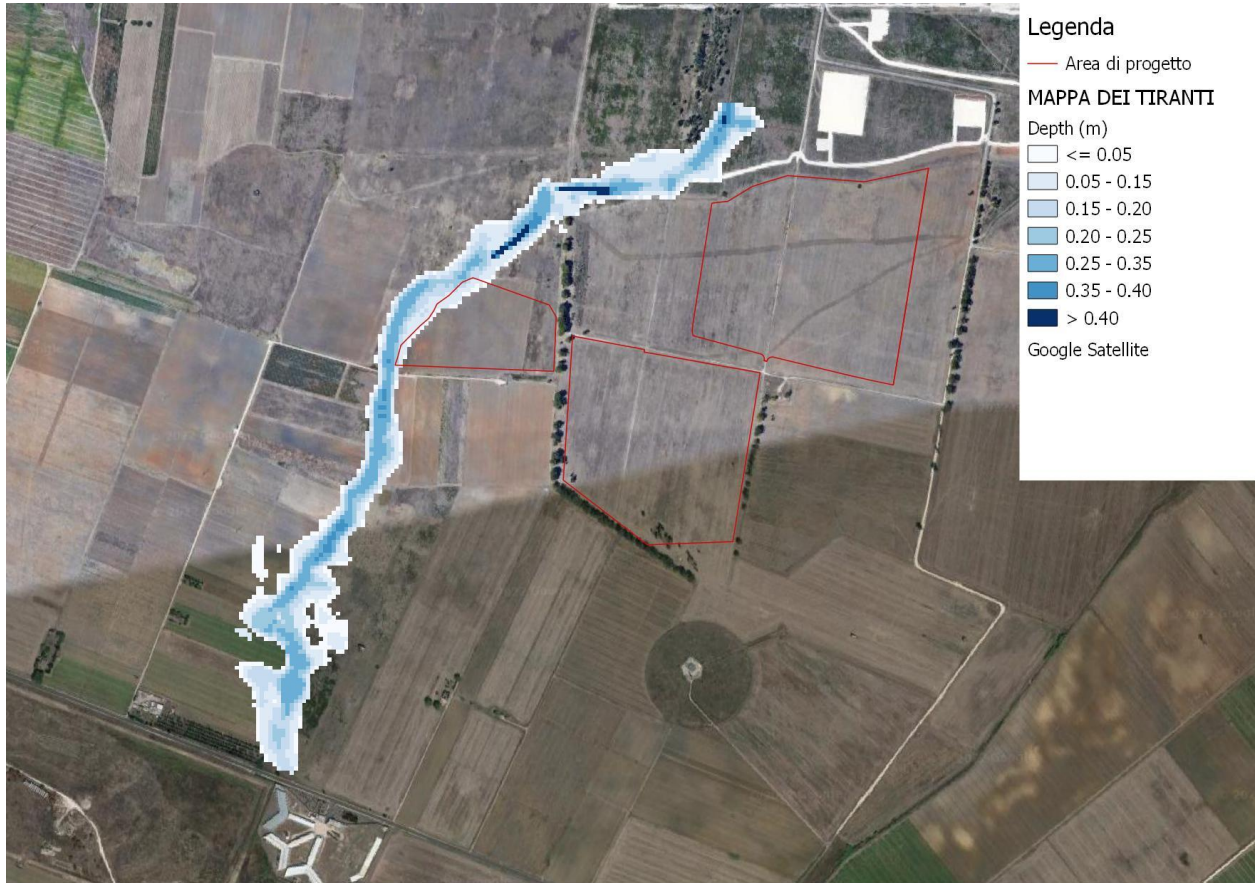
Stralcio mappa area allagabile con $Tr = 200$ anni (scala 1:10.000)

| | | | |
|---|--------------------------|----------------------|---------------------|
|  | BRIN FV00BARU0018 | Pagina 32 / 42 | |
| | | Stato di Validità | Numero Revisione |
| | | CD-FE | 00 |

Si riporta anche la mappa dei tiranti dei reticoli studiati con indicazione dei battenti idrici raggiunti in ogni punto.



Stralcio della mappa dei tiranti con $Tr = 200$ anni (scala 1:8.000)

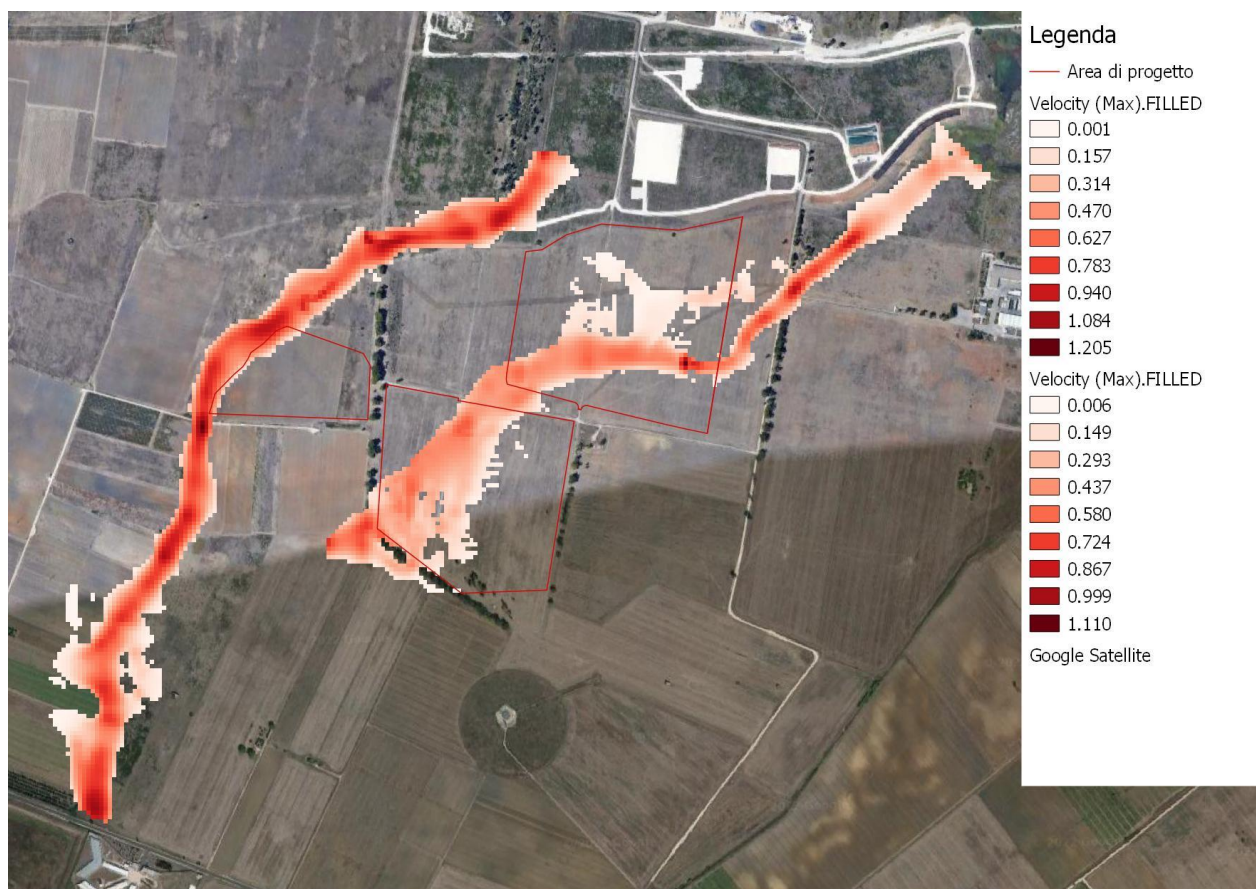


Stralcio della mappa dei tiranti con $Tr = 200$ anni (scala 1:8.000)

Come è possibile evincere dagli stralci soprariportati, all'interno delle perimetrazioni dell'area di progetto, nella zona a ovest si raggiungono tiranti massimi dell'ordine di 0.15-0.2 m, mentre nell'area posta ad est si raggiungono tiranti massimi dell'ordine di 0.3-0.35 m, solo in una porzione limitata di impianto, mentre nell'area a sud i tiranti sono al di sotto di 0.15 m quasi per la totalità dell'impronta allagabile, limitando il tirante massimo tra 0.15-0.2 m in una piccola percentuale di superficie.

Si riporta, inoltre, anche la mappa delle velocità desunta dalle modellazioni bidimensionali.

| | | | |
|---|--------------------------|----------------------|---------------------|
|  | BRIN FV00BARU0018 | Pagina 34 / 42 | |
| | | Stato di Validità | Numero Revisione |
| | | CD-FE | 00 |



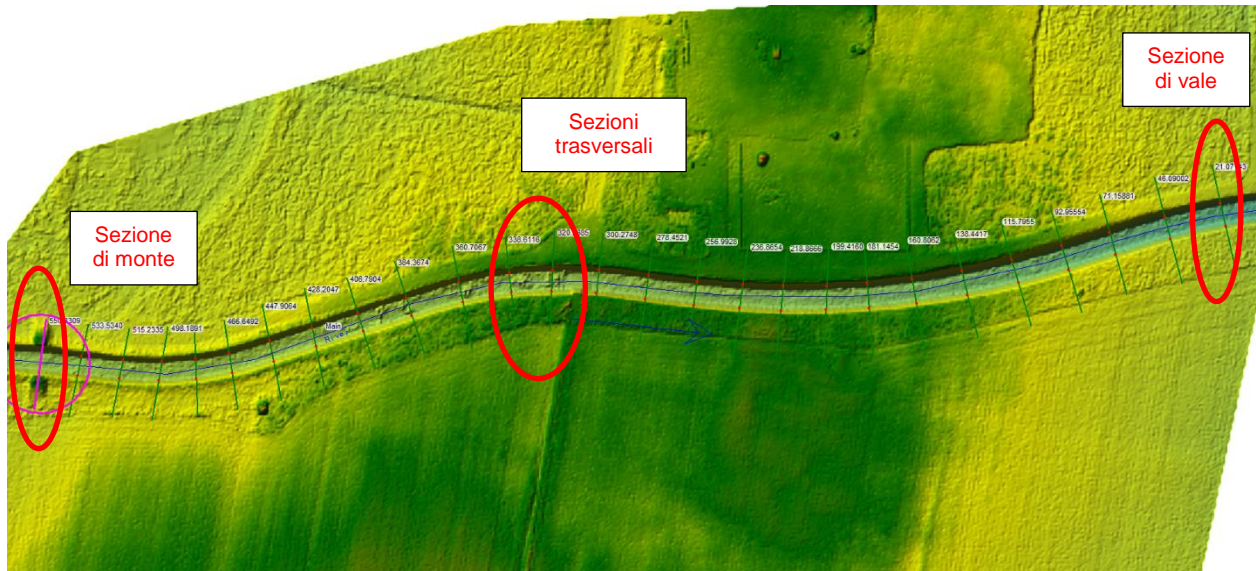
Stralcio della mappa delle velocità con $T_r = 200$ anni (scala 1:8.000)

Come è possibile evincere dagli stralci soprariportati, all'interno delle perimetrazioni dell'area di progetto, nella zona a ovest si raggiungono velocità massime dell'ordine di 0.69 m/s, mentre nell'area posta ad est si raggiungono velocità massime dell'ordine di 1.11 m/s, solo in una porzione limitata di impianto, mentre nell'area a sud il valore massimo di velocità è di 0.6 m in una piccola percentuale di superficie.

Per quanto riguarda il canale artificiale a Nord dell'area di impianto, è stata condotta un'analisi monodimensionale, estrapolando le sezioni trasversali dal DTM di dettaglio, ai fini di aumentare il livello di precisione, ottenuto da rilievo topografico effettuato. Lo studio idraulico monodimensionale, mediante il software Hec-Ras, ha permesso di valutare l'efficienza dell'opera in relazione al loro comportamento idraulico in regime di piena per eventi con tempo di ritorno pari a 200 anni, considerando come input per il modello di calcolo la portata data dalla somma della portata del bacino 3, afferente al canale, e del reticolo 1, dal quale si diparte il canale artificiale.

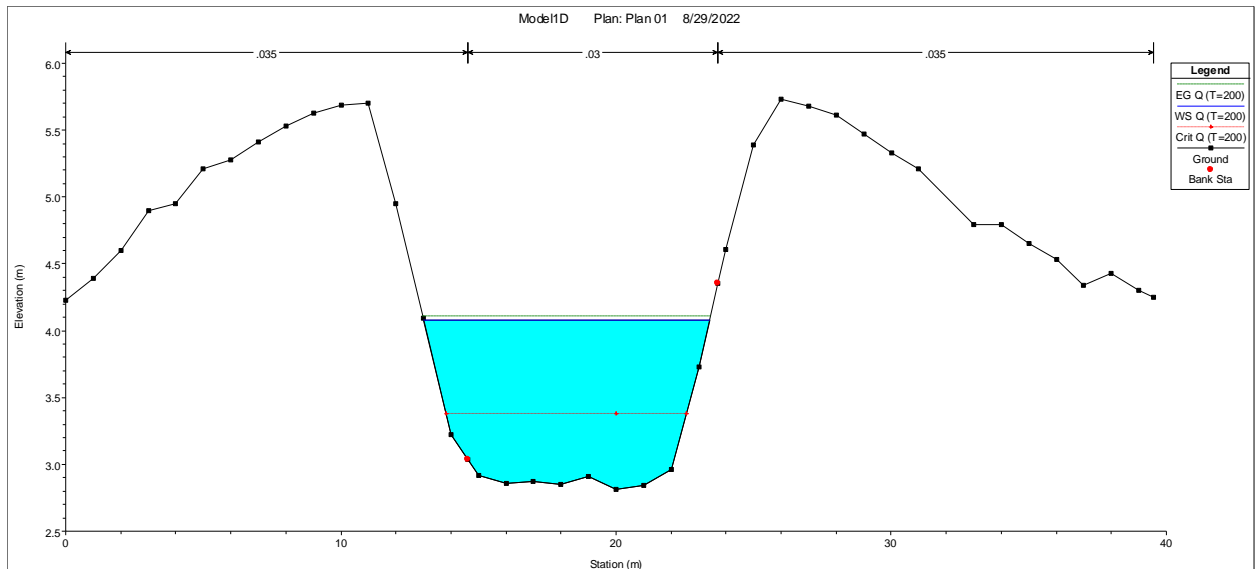
Di seguito si mostrano i profili di corrente e i livelli raggiunti dalla piena duecentennale in corrispondenza delle intersezioni considerate. Le caratteristiche idrauliche (livello idrico, velocità della corrente, numero di Froude, livello dell'energia totale, area bagnata e larghezza in superficie) calcolate nelle sezioni trasversali delle aste fluviali sono

riportate di seguito.



Geometria del modello idraulico

Si riportano, di seguito, i risultati del modello idraulico in termini di profilo e alcune sezioni trasversali.



Sezione trasversale di monte



BRIN FV00BARU0018

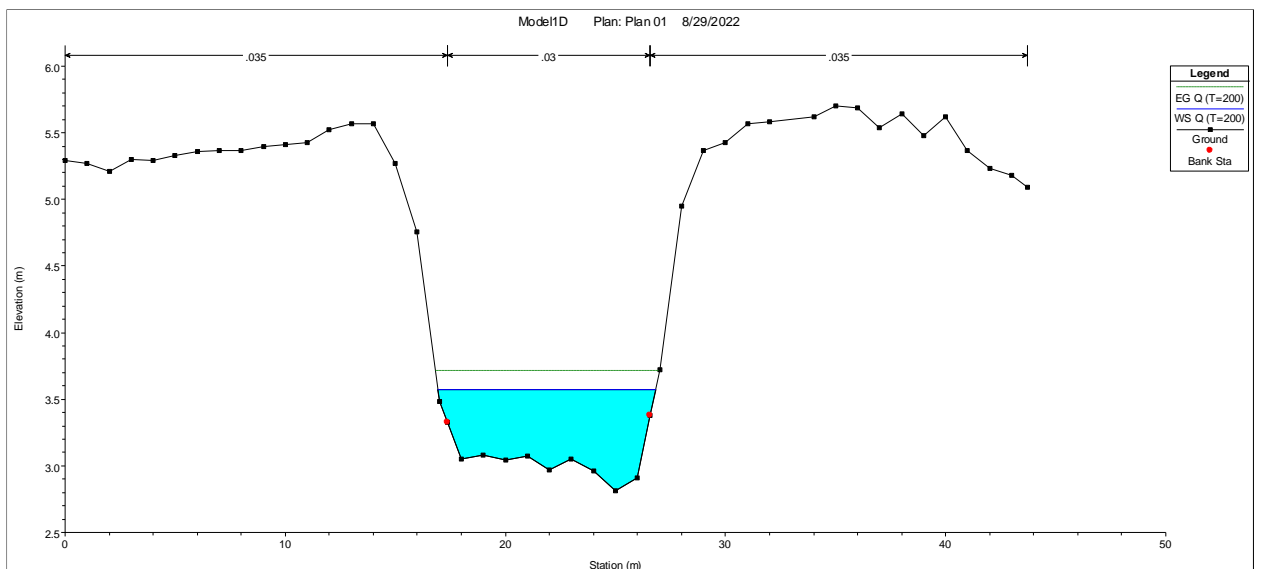
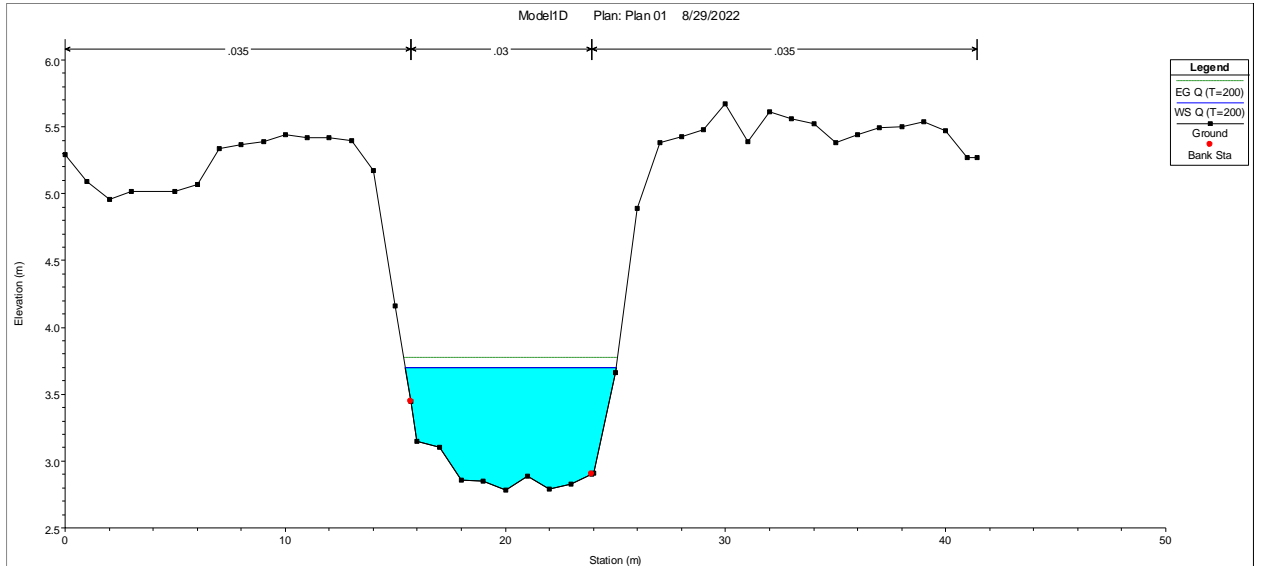
Pagina
36 / 42

Stato di
Validità

Numero
Revisione

CD-FE

00



Sezioni trasversali



BRINFV00BARU0018

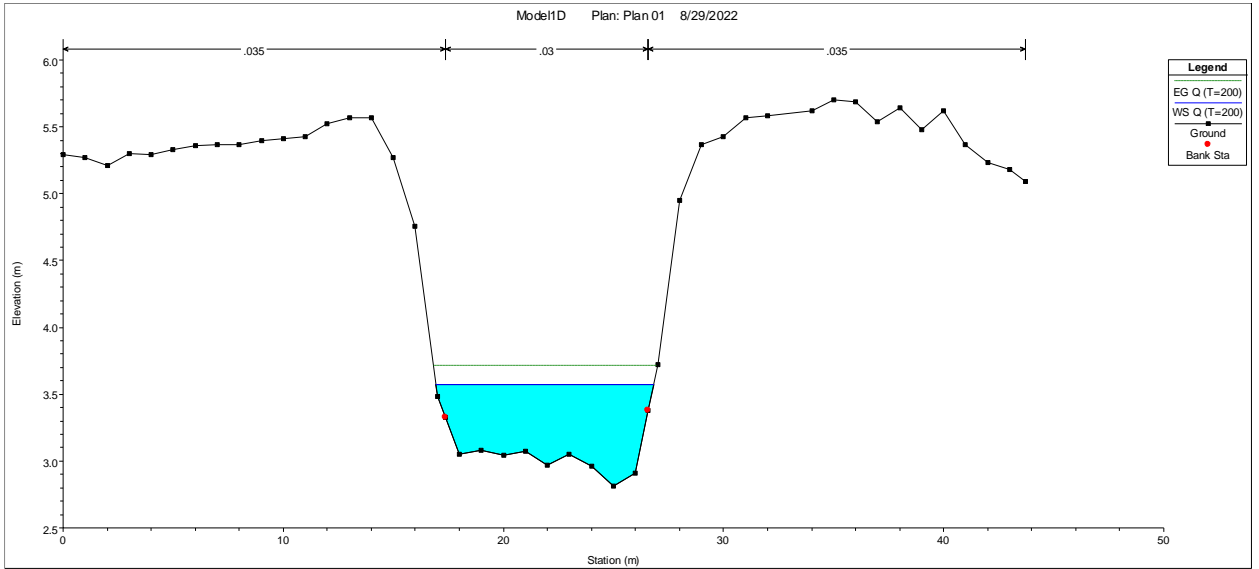
Pagina
37 / 42

Stato di
Validità

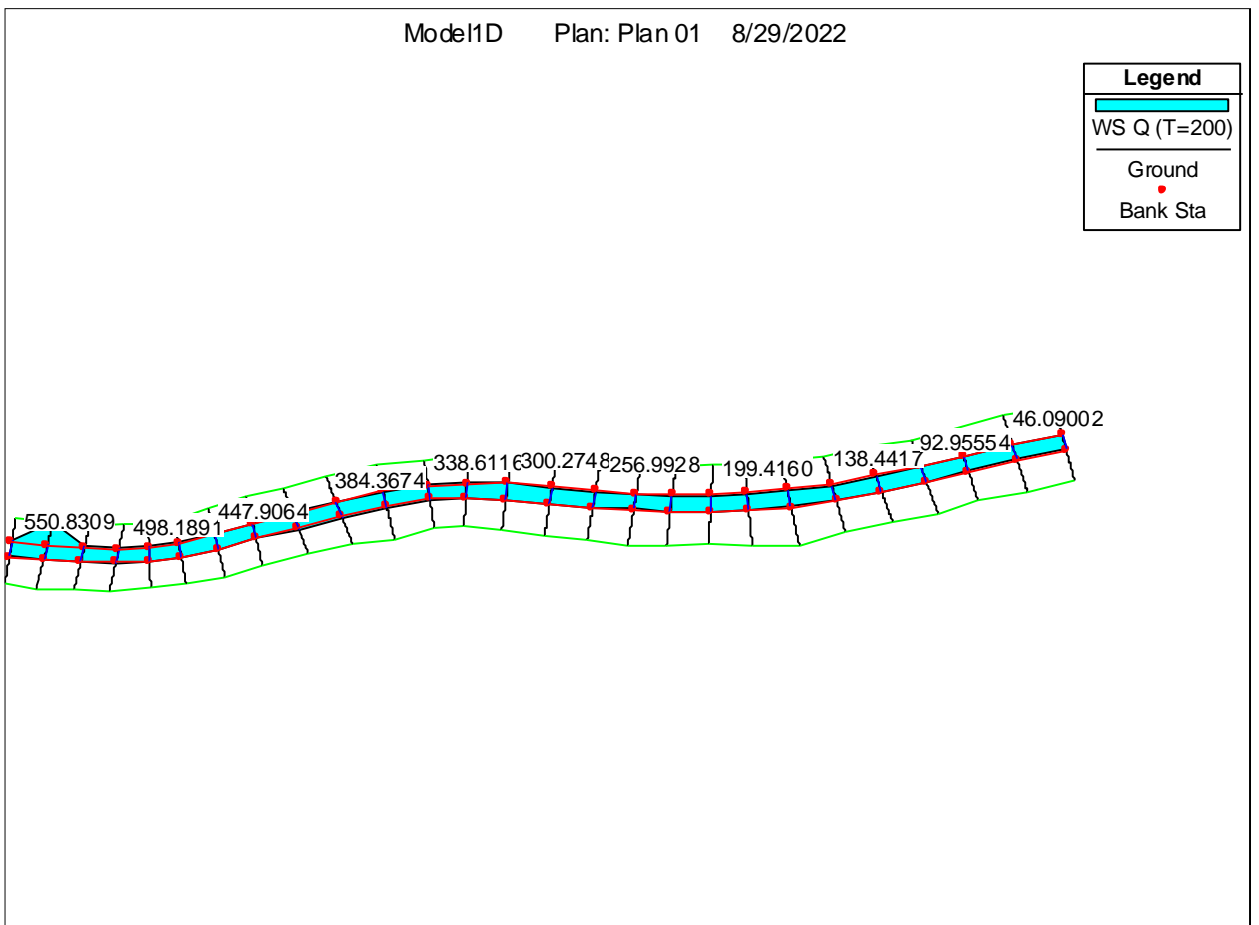
Numero
Revisione

CD-FE

00



Sezione trasversale di valle



Planimetria area allagabile



BRINFV00BARU0018

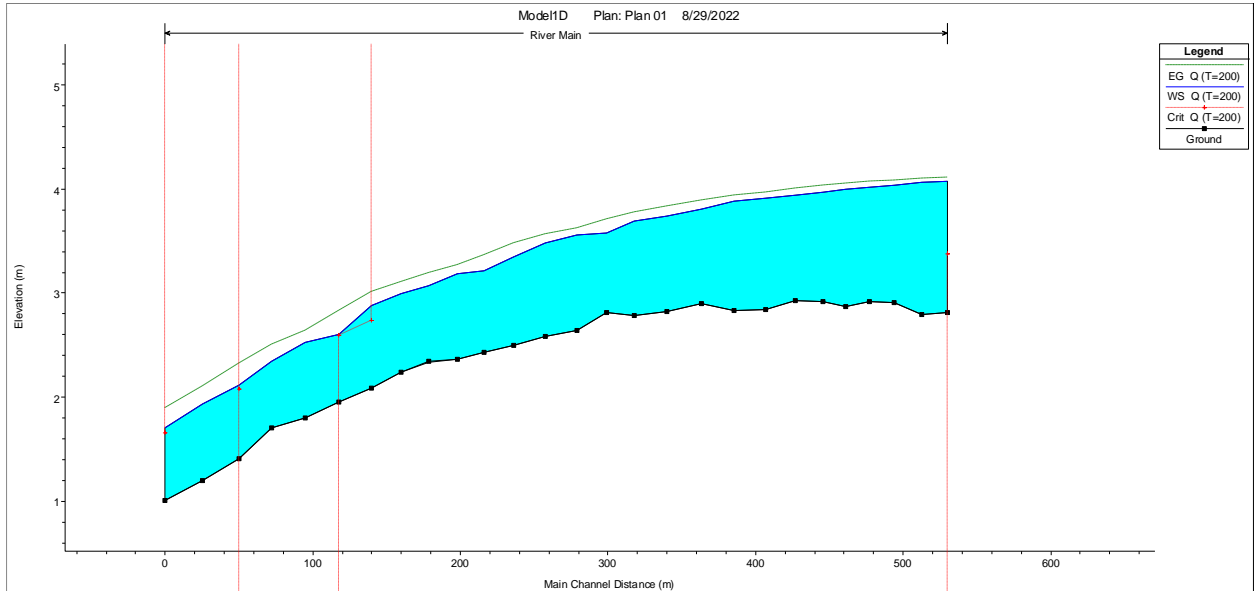
Pagina
38 / 42

Stato di
Validità

Numero
Revisione

CD-FE

00



Profilo longitudinale

Profile Output Table - Standard Table 1

File Options Std. Tables Locations Help

| HEC-RAS Plan: Plan 01 River: River Reach: Main Profile: Q (T=200) | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|-----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Reach | River Sta | Profile | Q Total (m3/s) | Min Ch El (m) | W.S. Elev (m) | Crit W.S. (m) | E.G. Elev (m) | E.G. Slope (m/m) | Vel Chnl (m/s) | Flow Area (m2) | Top Width (m) | Froude # Chl |
| Main | 550.8309 | Q (T=200) | 8.50 | 2.81 | 4.08 | 3.38 | 4.11 | 0.000583 | 0.83 | 10.68 | 10.38 | 0.25 |
| Main | 533.5340 | Q (T=200) | 8.50 | 2.79 | 4.07 | | 4.10 | 0.000566 | 0.83 | 10.73 | 13.61 | 0.25 |
| Main | 515.2335 | Q (T=200) | 8.50 | 2.91 | 4.04 | | 4.09 | 0.000858 | 0.99 | 9.05 | 9.67 | 0.31 |
| Main | 498.1891 | Q (T=200) | 8.50 | 2.92 | 4.02 | | 4.07 | 0.001026 | 1.04 | 8.50 | 9.61 | 0.33 |
| Main | 482.0806 | Q (T=200) | 8.50 | 2.87 | 4.00 | | 4.05 | 0.000992 | 1.01 | 8.68 | 9.90 | 0.33 |
| Main | 466.6492 | Q (T=200) | 8.50 | 2.92 | 3.97 | | 4.03 | 0.001365 | 1.11 | 7.77 | 9.46 | 0.38 |
| Main | 447.9064 | Q (T=200) | 8.50 | 2.93 | 3.94 | | 4.01 | 0.001751 | 1.15 | 7.38 | 9.20 | 0.41 |
| Main | 428.2047 | Q (T=200) | 8.50 | 2.84 | 3.91 | | 3.97 | 0.001444 | 1.13 | 7.65 | 9.46 | 0.39 |
| Main | 406.7904 | Q (T=200) | 8.50 | 2.83 | 3.88 | | 3.94 | 0.001357 | 1.11 | 8.10 | 10.20 | 0.38 |
| Main | 384.3674 | Q (T=200) | 8.50 | 2.90 | 3.81 | | 3.90 | 0.002694 | 1.35 | 6.61 | 10.23 | 0.51 |
| Main | 360.7067 | Q (T=200) | 8.50 | 2.82 | 3.74 | | 3.83 | 0.002799 | 1.37 | 6.34 | 9.34 | 0.52 |
| Main | 338.6116 | Q (T=200) | 8.50 | 2.78 | 3.70 | | 3.78 | 0.002011 | 1.26 | 7.00 | 9.57 | 0.45 |
| Main | 320.2685 | Q (T=200) | 8.50 | 2.81 | 3.57 | | 3.71 | 0.005563 | 1.65 | 5.21 | 9.89 | 0.71 |
| Main | 300.2748 | Q (T=200) | 8.50 | 2.64 | 3.55 | | 3.63 | 0.002119 | 1.20 | 7.08 | 9.72 | 0.45 |
| Main | 278.4521 | Q (T=200) | 8.50 | 2.58 | 3.48 | | 3.57 | 0.002957 | 1.35 | 6.30 | 9.35 | 0.53 |
| Main | 256.9928 | Q (T=200) | 8.50 | 2.50 | 3.35 | | 3.48 | 0.005383 | 1.64 | 5.19 | 9.10 | 0.69 |
| Main | 236.8654 | Q (T=200) | 8.50 | 2.43 | 3.22 | | 3.37 | 0.006136 | 1.71 | 4.96 | 8.95 | 0.73 |
| Main | 218.8666 | Q (T=200) | 8.50 | 2.36 | 3.19 | | 3.28 | 0.002829 | 1.32 | 6.44 | 9.44 | 0.51 |
| Main | 199.4160 | Q (T=200) | 8.50 | 2.34 | 3.07 | | 3.20 | 0.005097 | 1.61 | 5.32 | 9.55 | 0.68 |
| Main | 181.1454 | Q (T=200) | 8.50 | 2.24 | 3.00 | | 3.11 | 0.004134 | 1.49 | 5.72 | 9.48 | 0.61 |
| Main | 160.8062 | Q (T=200) | 8.50 | 2.09 | 2.88 | 2.73 | 3.01 | 0.005519 | 1.60 | 5.31 | 9.78 | 0.69 |
| Main | 138.4417 | Q (T=200) | 8.50 | 1.95 | 2.60 | 2.60 | 2.83 | 0.011901 | 2.11 | 4.03 | 8.79 | 0.99 |
| Main | 115.7955 | Q (T=200) | 8.50 | 1.80 | 2.52 | | 2.64 | 0.004523 | 1.50 | 5.68 | 9.92 | 0.63 |
| Main | 92.95554 | Q (T=200) | 8.50 | 1.70 | 2.35 | | 2.50 | 0.007250 | 1.75 | 4.85 | 9.65 | 0.79 |
| Main | 71.15881 | Q (T=200) | 8.50 | 1.41 | 2.12 | 2.07 | 2.32 | 0.009251 | 2.00 | 4.25 | 8.27 | 0.89 |
| Main | 46.09002 | Q (T=200) | 8.50 | 1.20 | 1.93 | | 2.10 | 0.007470 | 1.81 | 4.68 | 9.08 | 0.81 |
| Main | 21.07143 | Q (T=200) | 8.50 | 1.01 | 1.70 | 1.66 | 1.90 | 0.009012 | 1.94 | 4.38 | 8.91 | 0.88 |

| | | | |
|---|-------------------------|----------------------|---------------------|
|  | BRINFV00BARU0018 | Pagina 39 / 42 | |
| | | Stato di Validità | Numero Revisione |
| | | CD-FE | 00 |



Stralcio mappa area allagabile con $T_r = 200$ anni (scala 1:10.000)

La conduzione dello studio idraulico nelle condizioni precedentemente descritte ha evidenziato che le aree da adibire alla costruzione dell'impianto fotovoltaico sono parzialmente interferite dall'area inondabile (fig. soprastante).

Va sottolineato che l'indicazione di allagamento di una superficie non rappresenta di per sé un fattore di pericolosità, particolari condizioni di allagamento però possono mettere in condizioni di pericolo le persone presenti nelle aree in cui essi si verificano.

Oltre al tirante idrico, i fattori che influiscono sul livello di pericolosità sono la velocità di scorrimento idrico e la persistenza del fenomeno. Infatti, un allagamento che presenta un tirante idrico di 0,1 metri risulta diverso da quello derivante da 2 metri, anche se si verifica con lo stesso tempo di ritorno. Al contrario, se il primo possiede una elevata velocità di scorrimento, potrebbe diventare più pericoloso del secondo valore se fosse quest'ultimo quasi statico. L'Autorità di Bacino della Puglia non fornisce indicazioni a riguardo, tuttavia in Puglia, sono stati adottati nel tempo diversi criteri in funzione di valutazioni e scelte effettuate dai progettisti.

Inizialmente sono stati assunti come limiti di rappresentazione della pericolosità, e quindi della vulnerabilità idraulica, i seguenti limiti:

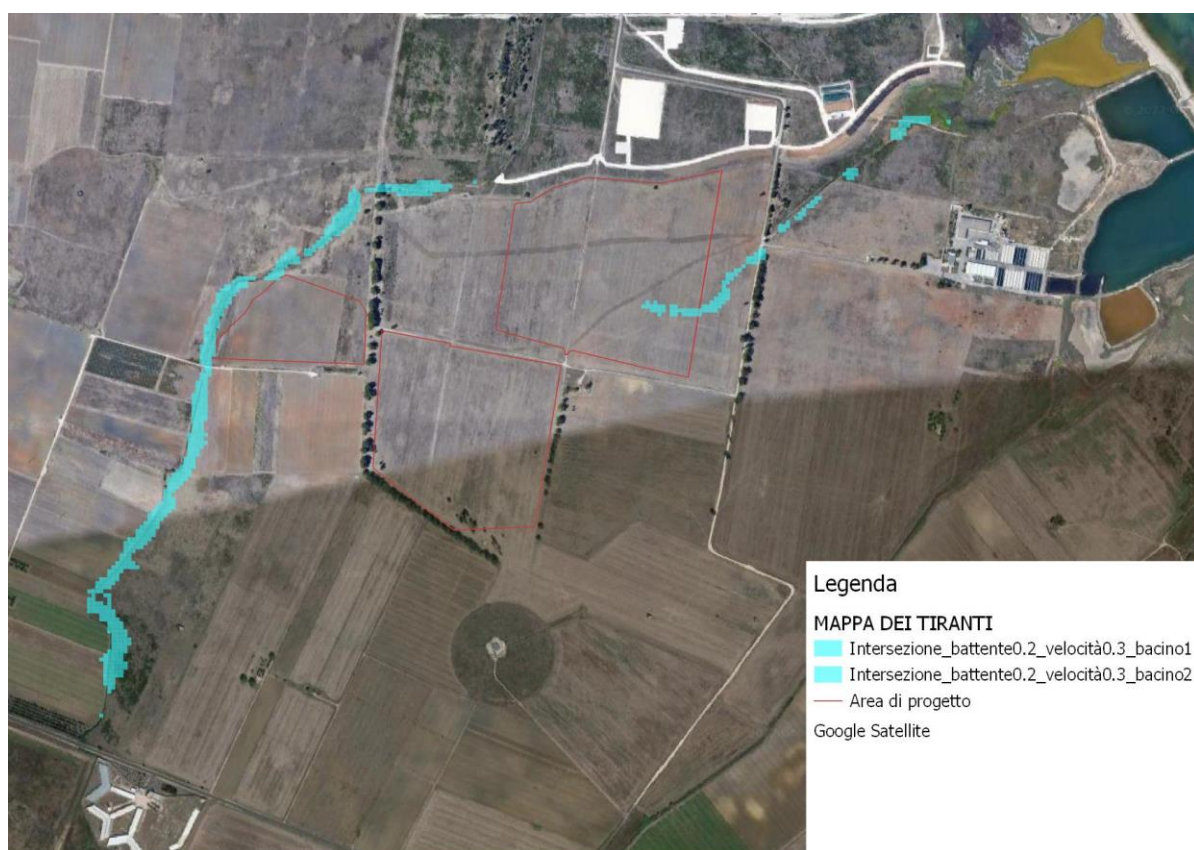
- tirante idrico > 0,2 m;
- velocità > 0,3 m/s,

| | | | |
|---|-------------------------|----------------------|---------------------|
|  | BRINFV00BARU0018 | Pagina 40 / 42 | |
| | | Stato di Validità | Numero Revisione |
| | | CD-FE | 00 |

che risultano comunque molto cautelativi rispetto ai limiti proposti dalla letteratura tecnica.

Dal punto di vista operativo si è proceduto al taglio mediante il comando QGis chiamato “Intersezione”, ove il comando ha generato un nuovo raster nel caso venisse soddisfatta la contemporanea presenza di $h \geq 0,2$ m e velocità $\geq 0,3$ m/s, in cui “h” e “v” sono rispettivamente i valori delle celle dei rasters del tirante e velocità.

Applicando un “taglio” dei valori di tirante $\leq 0,2$ m e di velocità $\leq 0,3$ m/s, si ha una esigua riduzione dell’area a pericolosità duecentennale, (Fig. sottostante).



Stralcio mappa area allagabile con $Tr = 200$ anni ottenuta con filtraggio

| | | | |
|---|--------------------------|----------------------|---------------------|
|  | BRIN FV00BARU0018 | Pagina 41 / 42 | |
| | | Stato di Validità | Numero Revisione |
| | | CD-FE | 00 |



Stralcio impianto su mappa area allagabile con $Tr = 200$ anni ottenuta con filtraggio

Questo studio idrologico e idraulico ha evidenziato la sostanziale mancanza di pericolosità idraulica delle aree d'imposta dei pannelli fotovoltaici, fatta salva una porzione di possibile alluvionamento massimo di 10/15 cm, a fronte di una distanza dei pannelli fotovoltaici dal p.c. di circa 50 cm. Il piano di imposta dell'impianto fotovoltaico risulta così esterno all'area inondabile.

6. CONCLUSIONI

La presente relazione di compatibilità idraulica ha consentito di perimetrare l'effettiva impronta allagabile della rete idrografica, relativa ad un evento meteorico con tempo di ritorno pari a 200 anni (Tr associato alla compatibilità idraulica secondo le NTA del PAI).

La modellazione idraulica è stata svolta in modo bidimensionale e in condizioni di moto non stazionario per i primi due bacini e in modo monodimensionale e in condizioni di moto permanente per il canale artificiale, utilizzando il software HEC-RAS River Analysis System.

Dai risultati delle modellazioni di flooding, si può osservare che l'area di progetto risulta in parte interessata dalle aree inondabili duecentennali.

Applicando un "taglio" dei valori di tirante $\leq 0,2$ m e di velocità $\leq 0,3$ m/s, si ha una esigua riduzione dell'area a pericolosità duecentennale.

Questo studio idrologico e idraulico ha evidenziato la sostanziale mancanza di pericolosità idraulica delle aree d'imposta dei pannelli fotovoltaici, fatta salva una

| | | | |
|---|-------------------------|----------------------|---------------------|
|  | BRINFV00BARU0018 | Pagina 42 / 42 | |
| | | Stato di Validità | Numero Revisione |
| | | CD-FE | 00 |

porzione di possibile alluvionamento massimo di 10/15 cm., a fronte di una distanza dei pannelli fotovoltaici dal p.c. di circa 50 cm. Il piano di imposta dell'impianto fotovoltaico risulta così esterno all'area inondabile.