



REGIONE PUGLIA COMUNE DI BRINDISI (BR)



Proponente:



VRE .2

VRE.2 SRL

Via Luigi Galvani, 24
20124 - Milano (MI)
C.F./P.IVA:11773270969
pec: vre.2@pecviridisenergia.com



Procedura:

Valutazione di impatto ambientale (art. 23, D.Lgs. 156/06)

Oggetto:

Costruzione ed esercizio di un impianto agrovoltaiico, costituito da lotto Brindisi A della potenza in immissione pari a 5,486 MW e lotto Brindisi B della potenza in immissione pari a 5,486 MW, con relativo collegamento alla rete elettrica.
Comune di Brindisi (BR)

IMPIANTO DI PRODUZIONE: "VRE.2"

ID Progetto del MiTE:

Identificatore:

63_PD_R

Scala:

-

Elaborato redatto da:

H2O Pro S.r.l.
Dott. Ing. Salvatore Vernole
Ordine degli Ingegneri, Prov. di Bari, n. A5736
c.so A. De Gasperi 529/C, 70125 Bari
studio@h2opro.it

Titolo elaborato:

Relazione idraulica

PROGETTAZIONE E COORDINAMENTO



Arato SRL
Dott. Ing. Giada Stella Maria Bolignano
Ordine degli Ingegneri, Prov. di Reggio Calabria, n. A 2508
Via Diaz, 74 - 74023 Grottaglie (TA)
info@aratosrl.com

GEOLOGIA E IDROLOGIA

Dott. Geol. Rita Amati

Dott. Geol. Rita Amati
Ordine dei Geologi della Puglia, n. 495
Via Girasoli 142, 74122 Taranto - Lama (TA)
r.amati7183@gmail.com

OPERE ELETTRICHE



Studio Tecnico BFP SRL
Dott. Ing. Danilo Pomponio
Ordine degli Ingegneri, Prov. di Bari, n. A6222
Via Degli Arredatori, 8 - 70026 Modugno (BA)
info@bfpgroup.net

IDRAULICA



H2O Pro S.r.l.
Dott. Ing. Salvatore Vernole
Ordine degli Ingegneri, Prov. di Bari, n. A5736
c.so A. De Gasperi 529/C, 70125 Bari
studio@h2opro.it

ACUSTICA



Dott. Ing. Marcello Latanza
Ordine degli Ingegneri, Prov. di Taranto, n. A2166
via Costa 25/b - 74027 S. Giorgio Jonico (TA)
marcellolatanza@gmail.com

STUDIO PEDO-AGRONOMICO

Agr. Vittorino Palmisano

Dott. Agr. Vittorino Palmisano
Ordine dei Dottori Agronomi e Forestali, Prov. di Taranto, n. 284
Via Enrico Fermi 43, 74019 Palagiano (TA)
vitt.palmisano@gmail.com

ARCHEOLOGIA



MUSEION Soc. Coop.
Dott. Archeologa Paola Iacovazzo
Via del Tratturello Tarantino 6, 74123 Taranto (TA)
museion-archeologia@libero.it

STRUTTURE ED OPERE CIVILI



Dott. Ing. Giuseppe Furnari
Ordine degli Ingegneri, Prov. di Catania, n. A6223
Viale del Rotolo, 44
95126 Catania (CT)
sep.furnari@gmail.com

Rev.	Data	Descrizione revisione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
0	07/2022	Prima emissione	Ing. D'Elia	Ing. Bolignano	Ing. Bolignano
1					
2					
3					

Questo documento contiene informazioni di proprietà di VRE.2 S.r.l. e deve essere utilizzato esclusivamente dal destinatario in relazione alle finalità per le quali è stato ricevuto. E' vietata qualsiasi forma di riproduzione o di divulgazione senza l'esplicito consenso di VRE.2 S.r.l..

Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico costituito da Brindisi A della potenza in immissione pari a 5,486 MW e Brindisi B della potenza in immissione pari a 5,486 MW, con relativo collegamento alla rete elettrica, sito nel Comune di Brindisi (BR) - Impianto "VRE.2"

Proponente: VRE.2 S.R.L.



SOMMARIO

1	PREMESSE E SINTESI GENERALE DELL'INTERO STUDIO DI COMPATIBILITÀ	2
2	MODELLO IDRAULICO UTILIZZATO	3
2.1	SCELTA DEI LIMITI DI RAPPRESENTAZIONE DELLE AREE DI ALLAGAMENTO	4
3	RILIEVO EFFETTUATO	5
4	ANALISI IDRAULICA	10
4.1	STUDIO MONODIMENSIONALE	10
4.2	STUDIO BIDIMENSIONALE	18
4.3	VERIFICA DEL RINTERRO DEL CAVIDOTTO	27
5	COMPATIBILITÀ DELL'INTERVENTO	32

Progettazione:

H2O Pro S.r.l.
Dott. Ing. Salvatore Vernole
Ordine degli Ingegneri, Prov. di
Bari, n. A5736
c.so A. De Gasperi 529/C,
70125 Bari
studio@h2pro.it



Titolo elaborato:

RELAZIONE IDRAULICA

Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico costituito da Brindisi A della potenza in immissione pari a 5,486 MW e Brindisi B della potenza in immissione pari a 5,486 MW, con relativo collegamento alla rete elettrica, sito nel Comune di Brindisi (BR) - Impianto "VRE.2"

Proponente: VRE.2 S.R.L.



1 PREMESSE E SINTESI GENERALE DELL'INTERO STUDIO DI COMPATIBILITÀ

Il presente studio è finalizzato alla verifica della compatibilità idrologica ed idraulica della proposta progettuale, avanzata dalla società VRE.2 S.r.l. facente parte del gruppo VIRIDIS, relativo ad un impianto agrivoltaico da realizzare nel Comune di Brindisi, costituito da Brindisi A avente potenza installata pari a 6,325 MW e potenza in immissione pari a 5,486 MW e Brindisi B avente potenza installata pari a 5,636 MW e potenza in immissione pari a 5,486 MW con relative opere di connessione insistenti nel medesimo comune.

Gli impianti saranno allacciati alla Rete di Distribuzione Nazionale in MT tramite la costruzione delle cabine di consegna connesse in antenna dalla Cabina primaria CP di Campofreddo CP DW00-1-381658 in conformità al preventivo di connessione codice di rintracciabilità 314498688 relativo a Brindisi A e codice di rintracciabilità 314498848 per Brindisi B.

Posto quanto sopra, il presente studio dimostra la compatibilità idrologica del progetto al Piano di Assetto Idrogeologico, in particolare, lo studio riguarda:

- la verifica del posizionamento dei campi fotovoltaici, in relazione all'idrografia superficiale (reticoli idrografici riportati sul PRGA, sulla cartografia IGM 1:25.000 e elementi dell'idrografia superficiale riportati sulla bozza della carta idrogeomorfologica della Regione Puglia);
- Verifica dell'intersezione del cavidotto con i reticoli idrografici e la relativa progettazione e la verifica delle modalità di posa del cavidotto in funzione della capacità erosiva della piena di progetto (bicentenaria);
- studio di compatibilità per la nuova viabilità in progetto (presenza in aree a diversa pericolosità o adiacenza o intersezione ai reticoli idrografici e quindi il rispetto degli artt 6 e 10 delle NTA del PAI).

Si precisa che il posizionamento dell'impianto è stato già studiato per minimizzare l'interferenza con i vincoli di salvaguardia di cui agli artt 6, 7, 8, 9 e 10 delle NTA del PAI, pertanto il presente studio illustra soltanto i risultati dello screening effettuato in fase di progettazione.

Lo studio in questione è stato redatto in conformità a quanto previsto dalla relazione generale di piano del PAI e come richiesto dalla Regione Puglia con delibera DGR 3029/2010; in particolare è stato effettuato:

- Nella relazione idrologica (62_PD_R) si valuta la compatibilità idrologica ed idraulica dell'intero progetto con l'analisi morfologica dei bacini tributari dei reticoli idrografici interferenti con il tracciato del cavidotto.
- Nella presente relazione idraulica (63_PD_R) sono state individuate le aree a media pericolosità idraulica OLTRE le quali realizzare l'intervento, contestualmente è stata verificata la posa del cavidotto con uno studio idraulico, condotto mediante applicazione di modellistica di propagazione delle piene in alveo in condizioni di moto permanente, adottando un modello monodimensionale, per valutare la forza erosiva del regime idraulico e verificare di conseguenza il ricoprimento della zona di attraversamento del reticolo idrografico del cavidotto.

Progettazione:

H2O Pro S.r.l.
Dott. Ing. Salvatore Vernole
Ordine degli Ingegneri, Prov. di
Bari, n. A5736
c.so A. De Gasperi 529/C,
70125 Bari
studio@h2opro.it



Titolo elaborato:

RELAZIONE IDRAULICA

Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico costituito da Brindisi A della potenza in immissione pari a 5,486 MW e Brindisi B della potenza in immissione pari a 5,486 MW, con relativo collegamento alla rete elettrica, sito nel Comune di Brindisi (BR) - Impianto "VRE.2"



Proponente: VRE.2 S.R.L.

2 MODELLO IDRAULICO UTILIZZATO

Una volta definite l'estensione dei bacini tributari, le caratteristiche dei suoli, il valore delle precipitazioni di progetto, il valore delle portate critiche (ovvero i picchi degli idrogrammi di piena relativamente a tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni, nonché la forma degli idrogrammi e il relativo volume di piena, grandezze determinate con la formulazione CN – SCS appena descritta) si è proceduto con la simulazione della propagazione delle piene in moto vario al fine di individuare le aree inondabili; a tal fine si è utilizzato un modello con dominio a schema bidimensionale operando analisi idrauliche in moto vario, atteso che a causa dell'estensione del campo di indagine, della morfologia del territorio, dello stato di antropizzazione delle aree di interesse, delle conseguenti incertezze nel poter unicamente definire una direzione preferenziale dei deflussi, le valutazioni idrauliche non possono essere condotte facendo riferimento a software di propagazione delle piene lungo percorsi monodimensionali stabiliti a priori: per questi motivi occorre far riferimento a software di calcolo idraulico più sofisticati e complessi in grado di simulare la propagazione delle piene in domini bidimensionali con la possibilità di associare al loro interno, tratti monodimensionali.

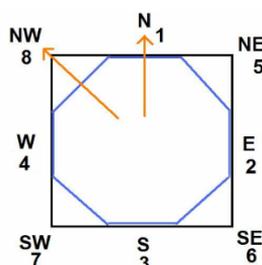
Il software utilizzato è il FLO-2D (FLO-2D Software, Inc. – Arizona – USA). Il software studia la dinamica della modellazione della piena in condizioni di alvei incisi e di territori pianeggianti, modella la propagazione secondo otto direzioni anziché una come i modelli monodimensionali. Di seguito si illustrano brevemente i contenuti del modello rimandando ogni ulteriore approfondimento ai documenti presenti sul sito ufficiale (www.flo-2D.com).

Il modello matematico del moto vario è quello che meglio si presta a descrivere la traslazione dell'onda di piena; la sua formulazione deriva dal sistema di equazioni differenziali alle derivate parziali di De Saint Venant che, scritte nella forma ad una dimensione risultano le seguenti:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad \text{equazione di continuità}$$

$$\frac{\partial y}{\partial x} + \frac{U}{g} \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{\partial U}{\partial t} = i_f - J \quad \text{equazione dinamica}$$

dove y rappresenta il tirante idrico e U rappresenta la velocità media nella sezione in una delle otto direzioni del flusso della cella.



L'equazione di continuità esprime il bilancio delle masse entranti ed uscenti da una generica cella, mentre l'equazione dell'energia esprime, per quella medesima cella, il bilancio energetico; questa è differenziata dal moto permanente per l'introduzione delle derivate parziali rispetto tempo. Ancora: la portata è variabile sia nello spazio che nel tempo, le perdite di carico sono basate sull'equazione di Manning.

Per Il processo alluvionale le equazioni del moto in FLO-2D sono applicate calcolando la velocità media di flusso attraverso il confine della griglia di calcolo una direzione alla volta delle otto potenziali disponibili come condizioni al contorno di queste otto, quattro sono nel verso ortogonale degli assi principali (Nord-est sud e ovest) e quattro in direzione diagonale (NE-SE-SW e NW). Ciascun calcolo di velocità è essenzialmente unidimensionale in natura e viene risolto indipendentemente dalle altre sette direzioni. La stabilità di questo schema numerico è basata su un rigido criterio per il controllo della misura della variabile computazionale del passo temporale.

La procedura di calcolo dell'algoritmo consiste in:

<p>Progettazione: H2O Pro S.r.l. Dott. Ing. Salvatore Vernole Ordine degli Ingegneri, Prov. di Bari, n. A5736 c.so A. De Gasperi 529/C, 70125 Bari studio@h2opro.it</p> 	<p>Titolo elaborato: RELAZIONE IDRAULICA</p>	
<p>Codice elaborato: 63_PD_R</p>	<p>Pag. 3 di 32</p>	

Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico costituito da Brindisi A della potenza in immissione pari a 5,486 MW e Brindisi B della potenza in immissione pari a 5,486 MW, con relativo collegamento alla rete elettrica, sito nel Comune di Brindisi (BR) - Impianto "VRE.2"



Proponente: VRE.2 S.R.L.

- calcolo dei parametri caratteristici idraulici (tirante, pendenza e Manning) sono mediati sul contorno tra i due elementi della griglia,
- ogni cella è associata univocamente ad un valore di elevazione, un coefficiente di scabrezza di Manning ed un tirante idrico;
- il tirante idrico per il calcolo della velocità lungo i confini della cella è stimato dal precedente valore del timestep incrementato in maniera lineare con la formula di Manning;

$$d_x^{i+1} = d_x^i + d_{x+1}^i$$

- la prima stima della velocità è computata utilizzando l'equazione dell'onda diffusiva ($S_f = S_0 - \partial h / \partial x$);
- il valore di velocità individuato viene utilizzato come primo valore per il metodo di Newton- Raphson (metodo delle tangenti) per la risoluzione dell'equazione dell'onda dinamica completa. Le velocità V nelle singole direzioni sono determinate separatamente;
- la portata in ogni singola direzione viene computata moltiplicando la velocità individuata con l'area della sezione idraulica corretta con un parametro che tiene conto della riduzione dovuta ad ostacoli (WRFs);
- Anche gli altri parametri idraulici sono mediati tra le celle adiacenti in direzione del flusso per calcolare la velocità, scabrezza, sezione bagnata, tirante e perimetro bagnato;
- L'incremento di portata nel passo temporale lungo le otto direzioni viene sommato e distribuito negli accumuli locali e successivamente trasformato in aumento di tirante idrico;

$$\Delta Q_x^{i+1} = Q_n + Q_e + Q_s + Q_w + Q_{ne} + Q_{se} + Q_{sw} + Q_{nw}$$

$$\Delta d_x^{i+1} = \Delta Q_x^{i+1} \Delta t / A_{swf}$$

- Il processo deve essere verificato se supera criterio di stabilità numerica senza il quale la simulazione è riportata all'istante precedente e aumentato il time step fino alla determinazione della velocità che soddisfa i criteri di stabilità:

Ossia: $\Delta t < \zeta S_0 \Delta x^2 / q_0$

dove:

Δt = Passo temporale

ζ = Coeffic. empirico ($0.10 < \zeta < 1.0$)

S_0 = Pendenza del fondo

Δx = Dimensione della cella

q_0 = Portata specifica per il canale.

2.1 SCELTA DEI LIMITI DI RAPPRESENTAZIONE DELLE AREE DI ALLAGAMENTO

Le valutazioni idrauliche condotte in questo studio, come vedremo, hanno consentito di individuare le aree interessate dall'inondazione in riferimento alle piene relative ad un tempo di ritorno di 200 anni.

L'indicazione di allagamento di una superficie non è 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.

Progettazione:

H2O Pro S.r.l.
Dott. Ing. Salvatore Vernole
Ordine degli Ingegneri, Prov. di
Bari, n. A5736
c.so A. De Gasperi 529/C,
70125 Bari
studio@h2opro.it



Titolo elaborato:

RELAZIONE IDRAULICA

Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico costituito da Brindisi A della potenza in immissione pari a 5,486 MW e Brindisi B della potenza in immissione pari a 5,486 MW, con relativo collegamento alla rete elettrica, sito nel Comune di Brindisi (BR) - Impianto "VRE.2"



Proponente: VRE.2 S.R.L.

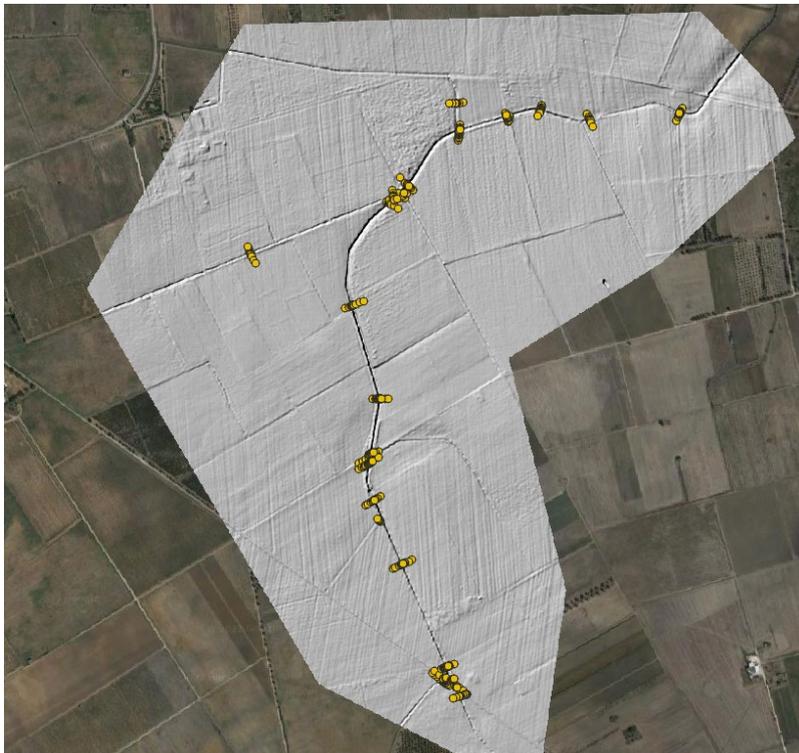
Oltre al tirante idrico, i fattori che influiscono sul livello di pericolo sono la velocità di scorrimento idrico e la persistenza del fenomeno. Infatti un allagamento che presenta un tirante idrico di 0,1 metri risulta diverso da quello derivante da 2 metri, anche se si verifica con lo stesso tempo 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.

Nel caso in oggetto, la rappresentazione delle aree a diversa pericolosità idraulica è stata effettuata sulla base di opportune valutazioni partendo dalla mappa dei valori di tirante idrico > 0.2 m e delle velocità > 0.3 m/s come usualmente adottati come limiti di tagli in diversi altri studi similari.

3 RILIEVO EFFETTUATO

Per far fronte alla modellazione idraulica si è acquisito dalla società SIT srl di Noci un rilievo Lidar ovvero un DTM e DSM con passo da 1 m.

Inoltre è stato effettuato un rilievo planoaltimetrico delle sezioni del *Canale Foggia di Rau* che unitamente al DTM Lidar, si sono potute interpolare tutte le sezioni necessarie per montare il modello idraulico



Rilievo Lidar e planoaltimetrico di dettaglio (in arancio) effettuato

Progettazione:

H2O Pro S.r.l.
Dott. Ing. Salvatore Vernole
Ordine degli Ingegneri, Prov. di
Bari, n. A5736
c.so A. De Gasperi 529/C,
70125 Bari
studio@h2pro.it



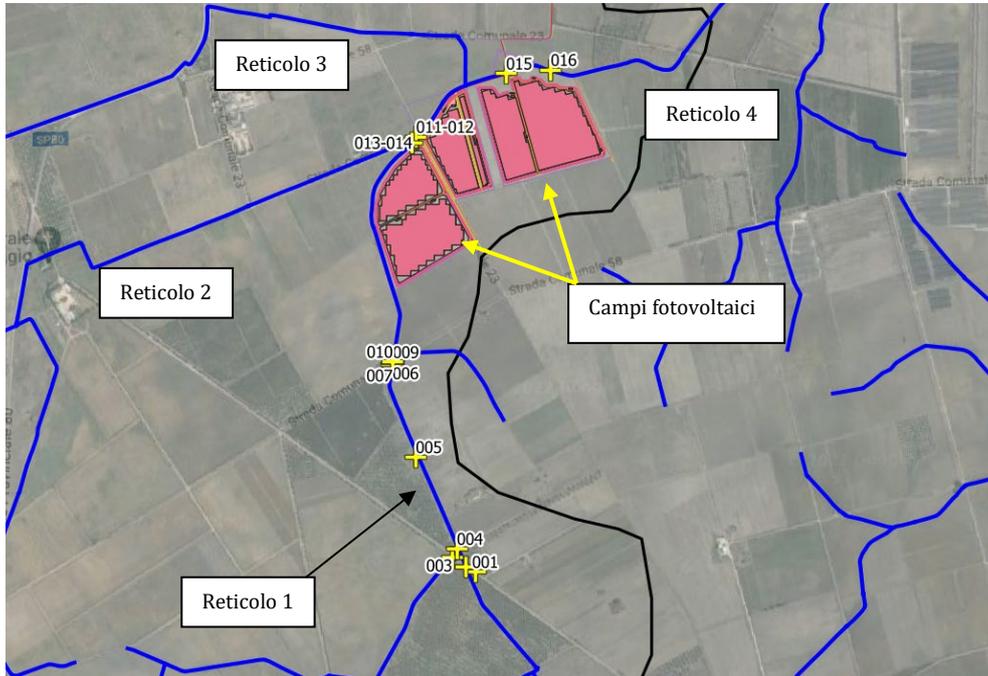
Titolo elaborato:

RELAZIONE IDRAULICA

Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico costituito da Brindisi A della potenza in immissione pari a 5,486 MW e Brindisi B della potenza in immissione pari a 5,486 MW, con relativo collegamento alla rete elettrica, sito nel Comune di Brindisi (BR) - Impianto "VRE.2"



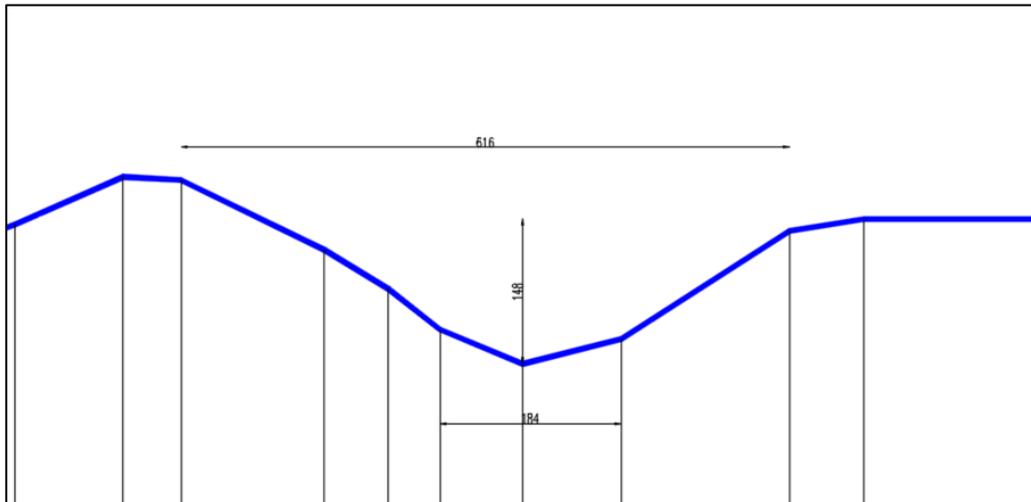
Proponente: VRE.2 S.R.L.



Punti fotografici

Dall'esame della mappa dei reticoli si evince la presenza di n°3 reticoli con andamento sud est – nord est, che convergono in un unico canale (reticolo 4) denominato *Canale Foggia di Rau*.

Il reticolo 1 presenta una sezione tipo trapezoidale con dimensioni medie: profondità 1.50 m, base maggiore 6.50 m e base minore 2.00 m circa



Sezione tipo reticolo 1

Il reticolo 2 presenta una sezione tipo trapezoidale con dimensioni medie: profondità 1.00 m, base maggiore 3.30 m e base minore 1.00 m circa.

Progettazione:

H2O Pro S.r.l.
Dott. Ing. Salvatore Vernole
Ordine degli Ingegneri, Prov. di Bari, n. A5736
c.so A. De Gasperi 529/C,
70125 Bari
studio@h2pro.it

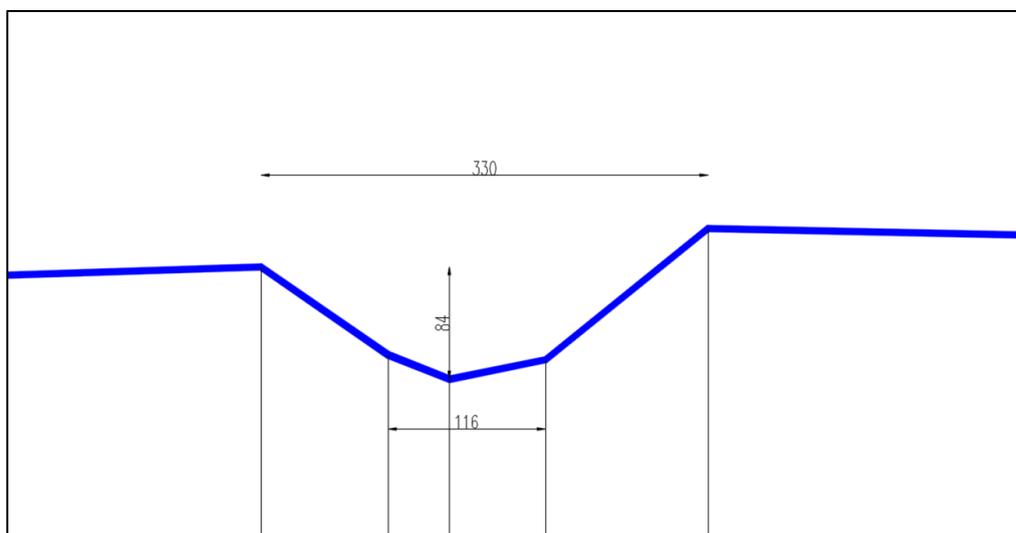


Titolo elaborato:

RELAZIONE IDRAULICA

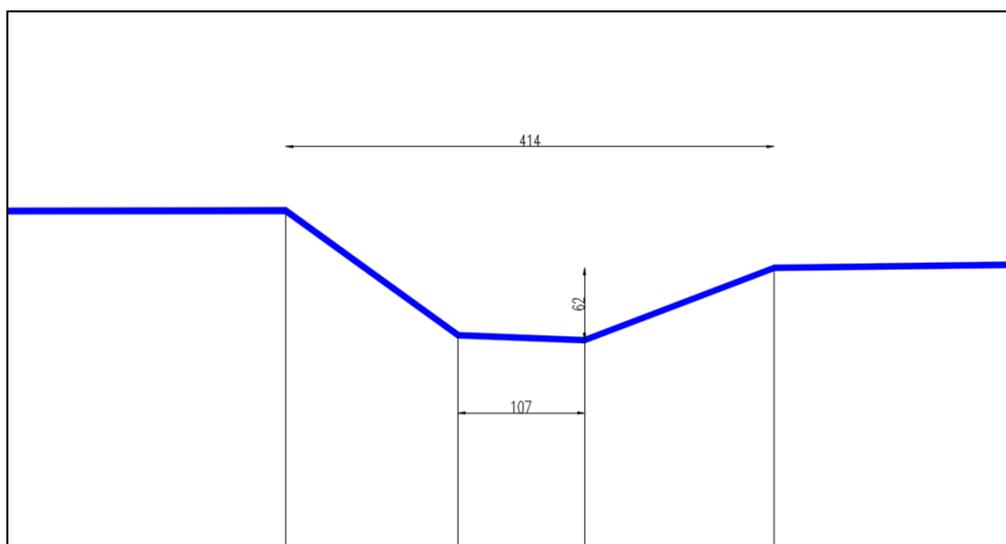
Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico costituito da Brindisi A della potenza in immissione pari a 5,486 MW e Brindisi B della potenza in immissione pari a 5,486 MW, con relativo collegamento alla rete elettrica, sito nel Comune di Brindisi (BR) - Impianto "VRE.2"

Proponente: VRE.2 S.R.L.



Sezione tipo reticolo 2

Il reticolo 3 presenta una sezione tipo trapezoidale con dimensioni medie: profondità 0.60 m, base maggiore 4.00 m e base minore 1.00 m circa.



Sezione tipo reticolo 3

Il reticolo 4 non è altro che la continuazione del reticolo 1 (dal punto di vista del tracciato) con una sezione più larga con dimensioni medie: profondità 1.50 m, base maggiore 9.00 m e base minore 2.00 m circa.

Progettazione:

H2O Pro S.r.l.
Dott. Ing. Salvatore Vernole
Ordine degli Ingegneri, Prov. di
Bari, n. A5736
c.so A. De Gasperi 529/C,
70125 Bari
studio@h2pro.it



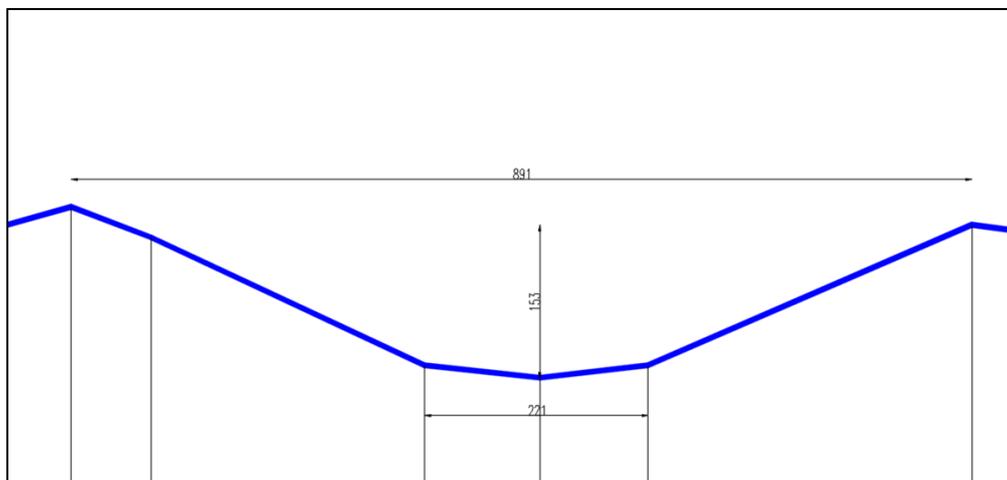
Titolo elaborato:

RELAZIONE IDRAULICA

Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico costituito da Brindisi A della potenza in immissione pari a 5,486 MW e Brindisi B della potenza in immissione pari a 5,486 MW, con relativo collegamento alla rete elettrica, sito nel Comune di Brindisi (BR) - Impianto "VRE.2"



Proponente: VRE.2 S.R.L.



Sezione tipo reticolo 4

Di seguito le foto più rappresentative del rilievo topografico effettuato.



Foto 1



Foto 2



Foto 3



Foto 4

Progettazione:

H2O Pro S.r.l.
Dott. Ing. Salvatore Vernole
Ordine degli Ingegneri, Prov. di
Bari, n. A5736
c.so A. De Gasperi 529/C,
70125 Bari
studio@h2pro.it



Titolo elaborato:

RELAZIONE IDRAULICA

Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico costituito da Brindisi A della potenza in immissione pari a 5,486 MW e Brindisi B della potenza in immissione pari a 5,486 MW, con relativo collegamento alla rete elettrica, sito nel Comune di Brindisi (BR) - Impianto "VRE.2"



Proponente: VRE.2 S.R.L.



Foto 5



Foto 6



Foto 7



Foto 8



Foto 9



Foto 10

Progettazione:

H2O Pro S.r.l.
Dott. Ing. Salvatore Vernole
Ordine degli Ingegneri, Prov. di
Bari, n. A5736
c.so A. De Gasperi 529/C,
70125 Bari
studio@h2pro.it



Titolo elaborato:

RELAZIONE IDRAULICA

Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico costituito da Brindisi A della potenza in immissione pari a 5,486 MW e Brindisi B della potenza in immissione pari a 5,486 MW, con relativo collegamento alla rete elettrica, sito nel Comune di Brindisi (BR) - Impianto "VRE.2"



Proponente: VRE.2 S.R.L.



Foto 11



Foto 12



Foto 15



Foto 16

4 ANALISI IDRAULICA

L'analisi idraulica prevede in primis lo studio del **canale principale (reticolo 1 e 4)** con un modello monodimensionale e successivamente lo studio dell'intera zona con software bidimensionale.

4.1 STUDIO MONODIMENSIONALE

Per l'analisi idraulica del reticolo analizzato nel presente studio, si è ritenuto indispensabile adoperare in via preliminare un modello idraulico monodimensionale e successivamente anche uno a schema bidimensionale. Il primo per verificare con certo grado di dettaglio la capacità del canale nel contenere al suo interno la piena di progetto e determinare anche le scale di deflusso degli attraversamenti, il secondo per definire le eventuali aree allagabili in occorrenza di una possibile insufficienza delle opere idrauliche esistenti.

Il modello idraulico monodimensionale utilizzato è l'HEC-RAS del Hydrologic Engineering Center's della US Army Corps of Engineering, gratuitamente distribuito sul web; il secondo è il Flo2D della FLO-2D Software, INC, particolarmente adatto per simulare la propagazione di onde basse in domini pianeggianti o subpianeggianti.

Il tipo di approccio modellistico adoperato nel presente studio è stato di tipo classico, calcolando l'idrogramma di piena a parametri concentrati, secondo quanto descritto nel precedente paragrafo, inserendo i picchi di piena come input del modello idraulico 1D e gli idrogrammi di piena come input nel modello idraulico 2D.

Progettazione:

H2O Pro S.r.l.
Dott. Ing. Salvatore Vernole
Ordine degli Ingegneri, Prov. di
Bari, n. A5736
c.so A. De Gasperi 529/C,
70125 Bari
studio@h2opro.it



Titolo elaborato:

RELAZIONE IDRAULICA

Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico costituito da Brindisi A della potenza in immissione pari a 5,486 MW e Brindisi B della potenza in immissione pari a 5,486 MW, con relativo collegamento alla rete elettrica, sito nel Comune di Brindisi (BR) - Impianto "VRE.2"

Proponente: VRE.2 S.R.L.



Avendo, come vedremo, utilizzato il modello relativamente alle condizioni di moto permanente, si fa un breve cenno alle routine di calcolo utilizzate dal software.

Nel caso di moto permanente, il software è in grado di modellare profili sia di correnti lente che veloci, ed inoltre è possibile valutare profili misti, con passaggio attraverso lo stato critico.

Il profilo idraulico è calcolato normalmente (standard step method) attraverso la soluzione iterativa della equazione dell'energia, tra due sezioni consecutive. Le perdite relative al termine cinetico dell'equazione, sono calcolate aggiungendo alle perdite continue per attrito, "J", un coefficiente di contrazione/espansione, che viene moltiplicato per la differenza delle altezze cinetiche medie tra due sezioni successive.

L'equazione che esprime la perdita di energia è la seguente:

$$h_e = LJ + C \left(\frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right)$$

dove:

- L = lunghezza del tratto di alveo compreso tra le due sezioni successive, "pesata" in funzione della portata defluente all'interno della sezione trasversale su zone con differente coefficiente di attrito (basato sulla equazione di Manning)
- J' = pendenza di attrito "rappresentativa" (media) delle due sezioni successive (in caso di moto uniforme sarebbe parallela al fondo e costante).
- C = coefficiente di contrazione o di espansione

Occorre ribadire che il software è programmato per il calcolo di profili nell'ipotesi monodimensionale, e quindi fornisce, per ciascuna sezione trasversale, un'unica altezza del pelo libero e un'unica altezza della linea dell'energia. L'altezza della linea dell'energia è ottenuta calcolando un valore "pesato" dalla portata di ciascuna delle sottosezioni in cui si può suddividere la sezione trasversale.

Per calcolare quindi il valore dell'energia per l'intera sezione, bisogna ricavare la parte relativa alla altezza cinetica media, passando attraverso la valutazione del coefficiente di velocità α (a sua volta "pesato"):

$$\alpha \frac{\bar{V}^2}{2g} = \frac{Q_1 \frac{V_1^2}{2g} + Q_2 \frac{V_2^2}{2g}}{Q_1 + Q_2}$$

In generale si ottiene, per $Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_N$:

$$\alpha = \frac{[Q_1 V_1^2 + Q_2 V_2^2 + \dots + Q_N V_N^2]}{Q \bar{V}^2}$$

Come detto, le perdite continue per attrito sono valutate come il prodotto di

$$J'_f \times L$$

dove J'_f è la pendenza media della linee dell'energia tra due sezioni consecutive distanti tra loro L (pesate in funzione delle "portate trasversali").

La pendenza della linea dell'energia è calcolata, per ciascuna sezione, tramite l'equazione di Manning, nel modo seguente:

$$J_f = \left(\frac{Q}{K} \right)^2$$

Progettazione:

H2O Pro S.r.l.
Dott. Ing. Salvatore Vernole
Ordine degli Ingegneri, Prov. di
Bari, n. A5736
c.so A. De Gasperi 529/C,
70125 Bari
studio@h2pro.it



Titolo elaborato:

RELAZIONE IDRAULICA

Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico costituito da Brindisi A della potenza in immissione pari a 5,486 MW e Brindisi B della potenza in immissione pari a 5,486 MW, con relativo collegamento alla rete elettrica, sito nel Comune di Brindisi (BR) - Impianto "VRE.2"

Proponente: VRE.2 S.R.L.



dove K rappresenta il termine di "trascinamento" e quindi influenza le perdite continue; il modello contiene espressioni alternative che possono essere scelte dall'utente. In particolare l'espressione

$$J_f = \left(\frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right)^2$$

è quella di default nel programma.

Le perdite per contrazione ed espansione, rappresentative in un certo senso delle perdite localizzate, sono calcolate in HEC-RAS tramite la seguente equazione:

$$h_{ce} = C \left[\frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} - \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} \right]$$

dove:

C = coefficiente di contrazione o espansione

Il programma assume che vi sia una contrazione, ogni volta che l'altezza cinetica (velocity head) a valle è maggiore di quella immediatamente a monte. Al contrario si assume una espansione, quando la altezza cinetica a valle è minore di quella di monte.

In definitiva l'equazione della energia, al fine della valutazione della incognita ovvero del tirante idrico nella singola sezione, viene applicata in maniera iterativa, secondo il seguente schema, assegnate che siano le condizioni al contorno:

- viene assunta una altezza del pelo libero nella sezione a monte di quella ritenuta nota (o a valle a seconda se siamo in corrente lenta o veloce);
- su questo valore ipotetico, si valutano i valori di K e della altezza cinetica;
- ora viene calcolato il termine Jf e quindi è possibile valutare he;
- con i valori ricavati, si ricava la altezza del pelo libero nella sezione di monte;
- si confrontano il valore appena ricavato, con quello assunto al punto 1 e si reitera il calcolo, sino ad una tolleranza di 0.003 m (valore predefinito, modificabile dall'utente).

Il criterio utilizzato per l'assunzione di una altezza iniziale del tirante, varia nell'ambito della procedura, man mano che si sviluppano passaggi successivi. Nel primo passaggio, relativo ai 5 punti descritti, il tirante si basa sulla proiezione di quello della sezione precedente nella sezione in studio. Nel secondo passaggio, invece, è utilizzato il tirante del primo passaggio, incrementata del 70% dell'errore risultante al primo passaggio (altezza calcolata - altezza assunta). Il terzo passaggio e i successivi, sono invece basati su un metodo di proiezione "secante", tendente a limitare la discrepanza evidenziata.

In tutte le situazioni in cui non sia un profilo di corrente gradualmente variato, ma che prevedono risalti idraulici, passaggio attraverso lo stato critico (per bruschi cambi di pendenza, restringimenti, attraversamenti, ponti) e quindi si generano profili di corrente rapidamente variati, il programma utilizza in luogo della equazione dell'energia, l'equazione del momento, o dell'equilibrio dinamico.

L'equazione deriva dalla seconda legge di Newton ($F = m \cdot a$, ovvero Forza=massa*accelerazione), applicata ad una massa d'acqua compresa tra due sezioni; l'espressione della differenza dei momenti nell'unità temporale tra le sezioni 1 e 2, si esprime con la seguente equazione:

$$P_2 - P_1 + W_x - F_f = Q\rho\Delta V_x$$

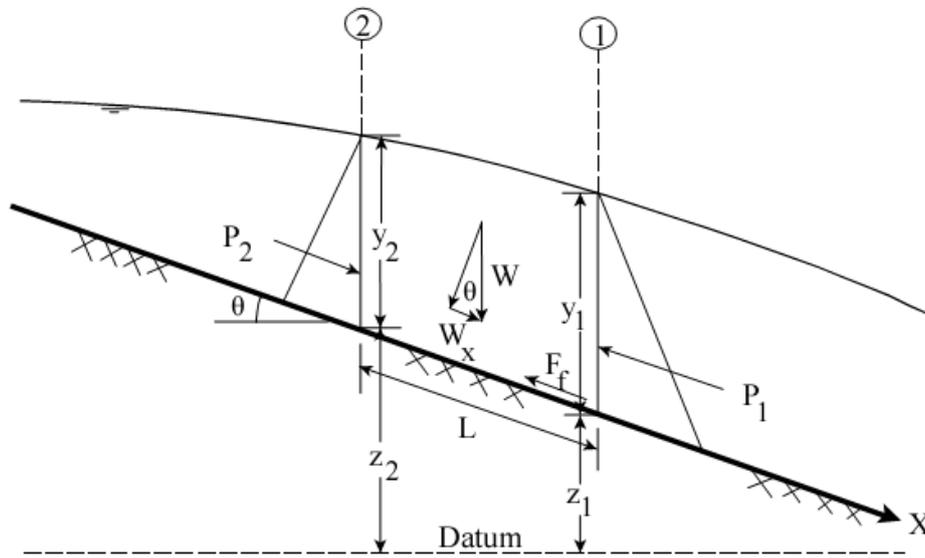
Progettazione:

H2O Pro S.r.l.
Dott. Ing. Salvatore Vernole
Ordine degli Ingegneri, Prov. di
Bari, n. A5736
c.so A. De Gasperi 529/C,
70125 Bari
studio@h2pro.it



Titolo elaborato:

RELAZIONE IDRAULICA



azioni esercitate sulla massa d'acqua

dove:

- P = spinta sulle sezioni 1 e 2
- Wx = forza peso nella direzione del moto
- Ff = forza dovuta alle perdite per l'attrito esterno tra 2 e 1
- Q = portata
- rho = densità dell'acqua
- ΔVx = cambio di velocità tra 2 e 1 nella direzione del moto.

Risolviendo le varie componenti dell'equazione base, si perviene alla formulazione usata dal modello che la soluzione dell'equazione dei momenti, che risulta essere la seguente:

$$\frac{Q_2 \beta_2}{g A_2} + A_2 \bar{Y}_2 + \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) L S_0 - \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) L \bar{S}_f = \frac{Q_1 \beta_1}{g A_1} + A_1 \bar{Y}_1$$

Nel caso di presenza di attraversamenti dei fiumi da parte di infrastrutture a rete la procedura di calcolo individua 4 sezioni a cavallo di ognuno di essi (2 a monte e 2 a valle) che sono influenzate dalla presenza dello stesso (figure 10a e 10b).

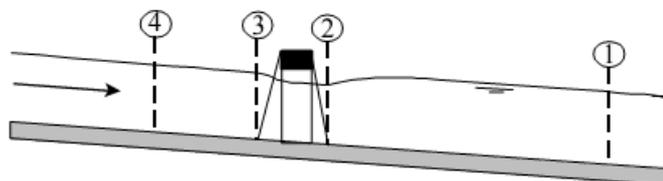


Figura 1 - sezioni interessate dall'interferenza di un attraversamento con il moto a pelo libero dell'acqua

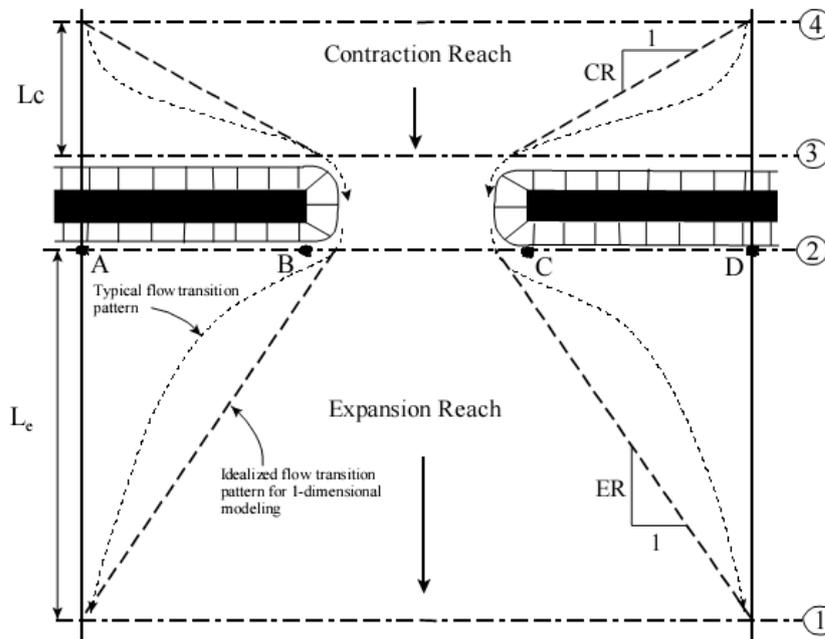
Progettazione:

H2O Pro S.r.l.
Dott. Ing. Salvatore Vernole
Ordine degli Ingegneri, Prov. di Bari, n. A5736
c.so A. De Gasperi 529/C,
70125 Bari
studio@h2pro.it



Titolo elaborato:

RELAZIONE IDRAULICA



sezioni interessate dall'interferenza di un attraversamento con il moto a pelo libero dell'acqua

Le sezioni 3 e 2, nella figura sopra esposta, sono quelle adiacenti all'attraversamento; in esse va inserita la porzione di sezione non interessata dal deflusso idrico (*ineffective flow areas*) a causa del restringimento (a monte) e dell'allargamento (a valle) dei filetti fluidi che, pertanto, non impegnano l'intera sezione. Dal manuale del software si riscontra la possibilità di considerare un rapporto 1 a 1 di contrazione ed espansione fra le sezioni dell'attraversamento e quella immediatamente a monte o valle (sezioni 3 e 2) a patto che venga impostata una distanza dall'impalcato del ponte, quanto più piccola possibile.

La sezione 4 è quella a monte della 3 ove si ipotizza che immediatamente a valle i filetti fluidi tendano a convergere e non sono più paralleli. Per questa sezione il rapporto di contrazione diventa CR a 1, dove CR è il coefficiente di contrazione. Dal manuale del software si evince che da un punto di vista numerico la sezione 4 dovrebbe trovarsi ad una distanza (L_c) pari alla media delle distanze AB e CD, ovvero delle spalle dell'attraversamento che provocano la contrazione dei filetti.

La sezione 1 è quella a valle della 2 dove si ipotizza che i filetti fluidi ritornino ad essere paralleli, il rapporto di espansione è ER a 1 dove ER è il coefficiente di espansione. La sezione 1 dev'essere posta sufficientemente a valle dell'attraversamento in modo da non risentire dell'effetto dello stesso. Dal punto di vista numerico, questa distanza, dipende dalla luce dell'attraversamento, dalla larghezza, dalla forma, dalla pendenza, dalla scabrezza e dalla velocità della corrente. Nella pratica non esiste un metodo univoco per la sua determinazione ma esso va valutato caso per caso; generalmente questo valore non può essere inferiore a quattro volte la larghezza della strozzatura.

Per concludere questa panoramica sul modello, si rammenta la possibilità di inserire nella geometria del sistema aree di accumulo e rilascio, di esondazione al di fuori del canale principale, e di deposito temporaneo o definitivo (ovvero zone in cui la componente cinetica si annulla).

La geometria del canal è stata realizzata importando le sezioni rilevate e inserendole nel *terrain* costituito dal DTM del rilievo LIDAR acquisito, interpolandole con un passo di 5 m.

Progettazione:

H2O Pro S.r.l.
Dott. Ing. Salvatore Vernole
Ordine degli Ingegneri, Prov. di
Bari, n. A5736
c.so A. De Gasperi 529/C,
70125 Bari
studio@h2pro.it



Titolo elaborato:

RELAZIONE IDRAULICA

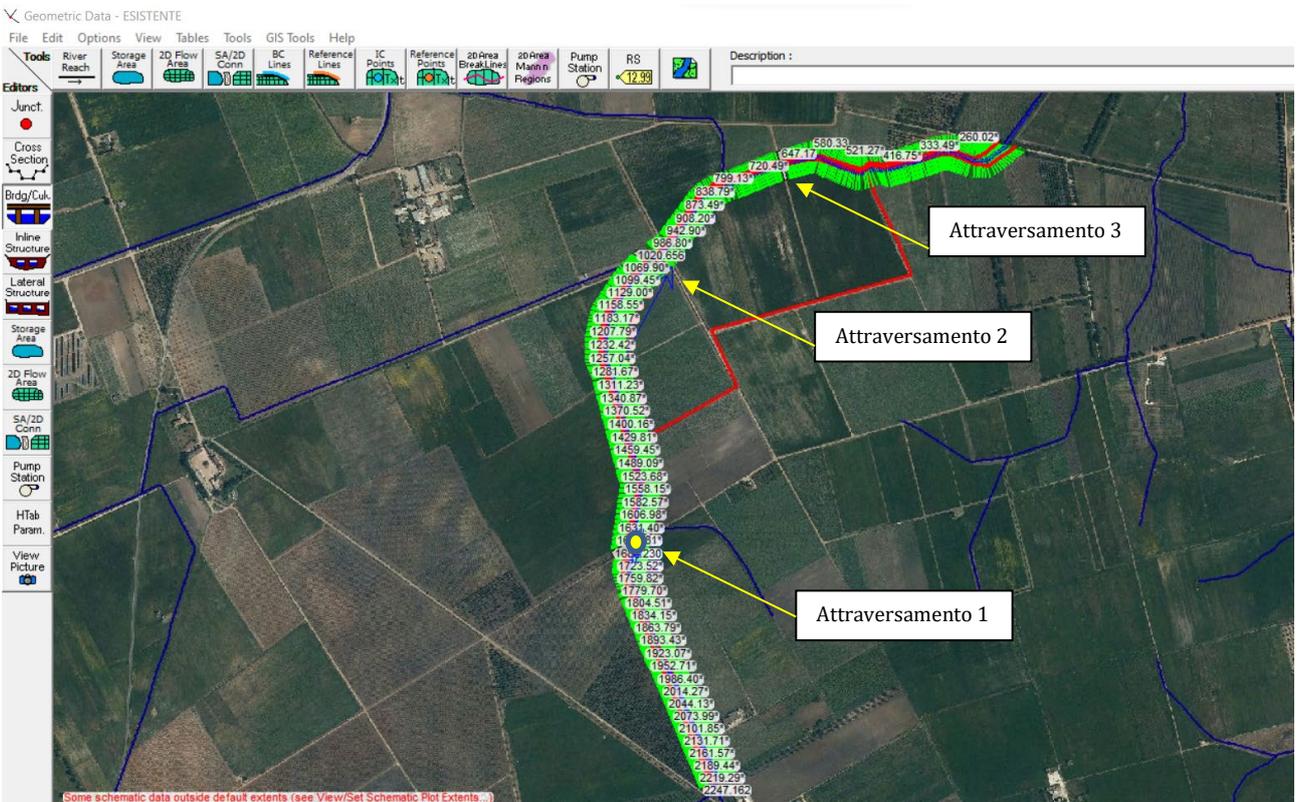
Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico costituito da Brindisi A della potenza in immissione pari a 5,486 MW e Brindisi B della potenza in immissione pari a 5,486 MW, con relativo collegamento alla rete elettrica, sito nel Comune di Brindisi (BR) - Impianto "VRE.2"



Proponente: VRE.2 S.R.L.



Creazione della geometria sulla base del DTM del rilievo LIDAR e delle sezioni rilevate



Progettazione:
 H2O Pro S.r.l.
 Dott. Ing. Salvatore Vernole
 Ordine degli Ingegneri, Prov. di Bari, n. A5736
 c.so A. De Gasperi 529/C,
 70125 Bari
 studio@h2pro.it



Titolo elaborato:
 RELAZIONE IDRAULICA

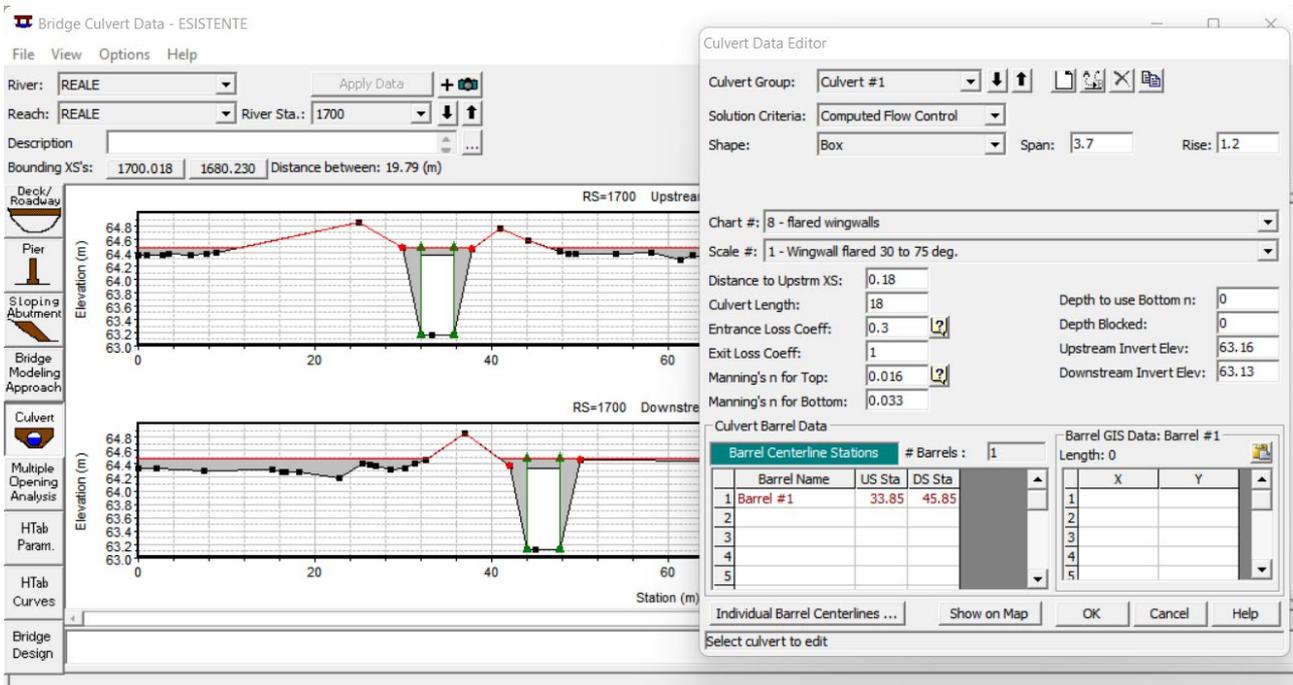
Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico costituito da Brindisi A della potenza in immissione pari a 5,486 MW e Brindisi B della potenza in immissione pari a 5,486 MW, con relativo collegamento alla rete elettrica, sito nel Comune di Brindisi (BR) - Impianto "VRE.2"



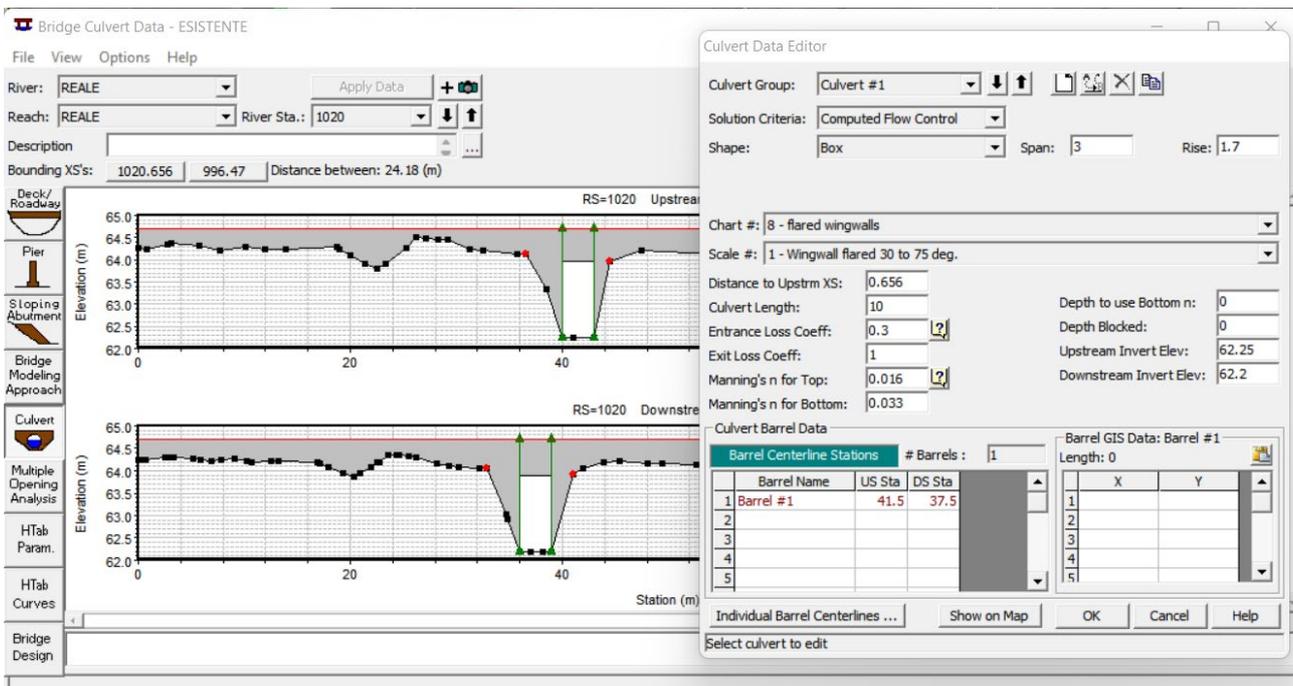
Proponente: VRE.2 S.R.L.

Geometria del modello monodimensionale con indicazione degli attraversamenti principali

Le singolarità rilevate (attraversamenti) sono state inserite nel modello idraulico determinando la scala di deflusso (che sarà inserita nel modello bidimensionale).



Attraversamento 1



Progettazione:
 H2O Pro S.r.l.
 Dott. Ing. Salvatore Vernole
 Ordine degli Ingegneri, Prov. di Bari, n. A5736
 c.so A. De Gasperi 529/C,
 70125 Bari
 studio@h2opro.it



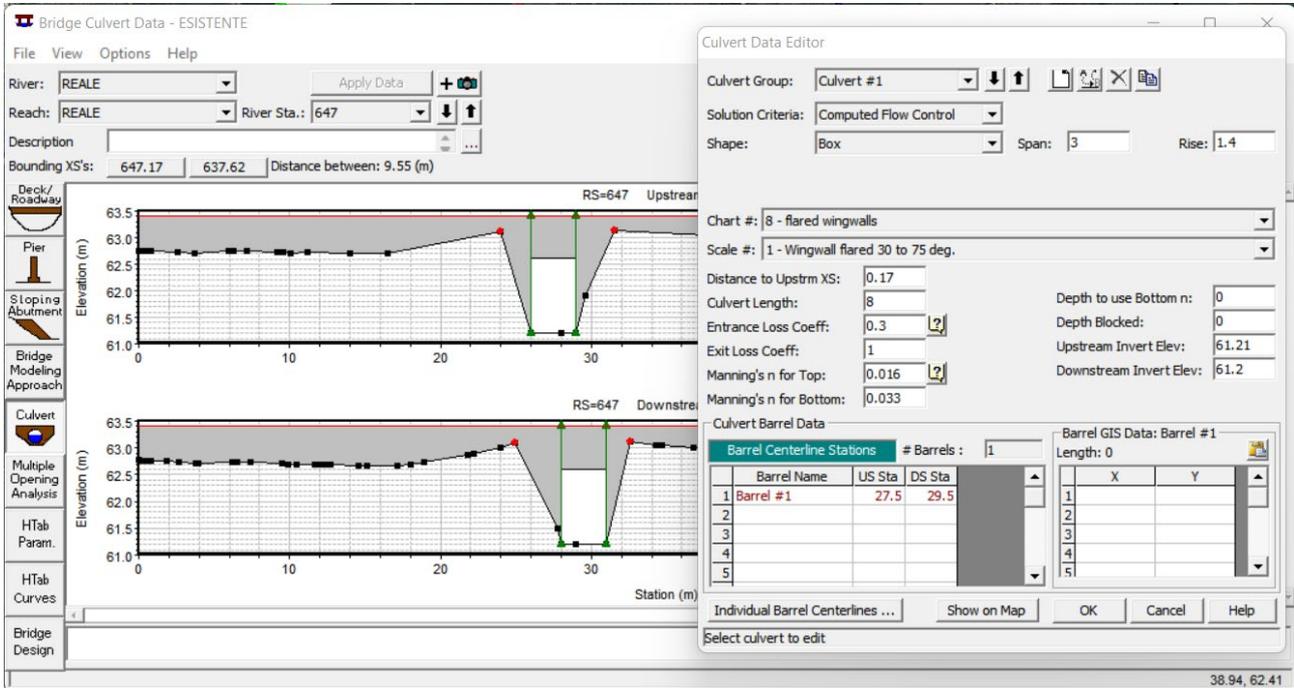
Titolo elaborato:
 RELAZIONE IDRAULICA

Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico costituito da Brindisi A della potenza in immissione pari a 5,486 MW e Brindisi B della potenza in immissione pari a 5,486 MW, con relativo collegamento alla rete elettrica, sito nel Comune di Brindisi (BR) - Impianto "VRE.2"



Proponente: VRE.2 S.R.L.

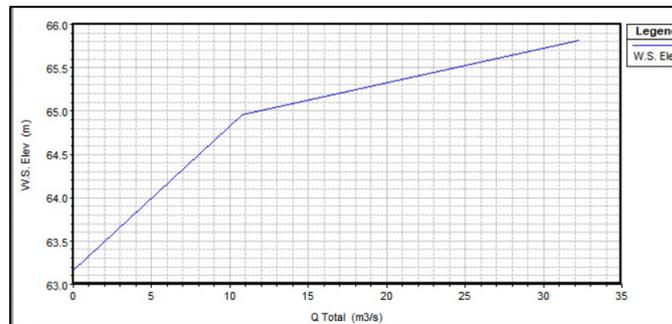
Attraversamento 2



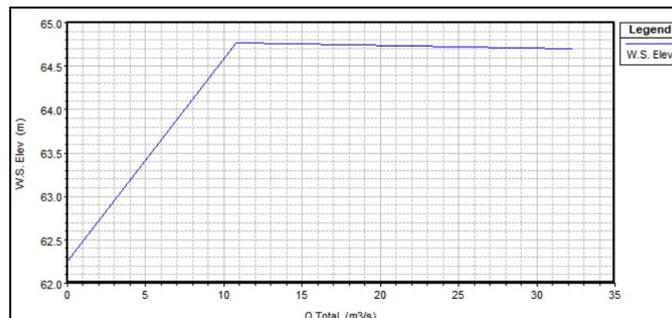
Attraversamento 3

Il coefficiente di scabrezza di Manning utilizzato è pari a 0.033

Dalla modellazione monodimensionale si sono determinate le scale di deflusso degli attraversamenti.



Scala di deflusso Attraversamento 1



Progettazione:
 H2O Pro S.r.l.
 Dott. Ing. Salvatore Vernole
 Ordine degli Ingegneri, Prov. di Bari, n. A5736
 c.so A. De Gasperi 529/C,
 70125 Bari
 studio@h2opro.it



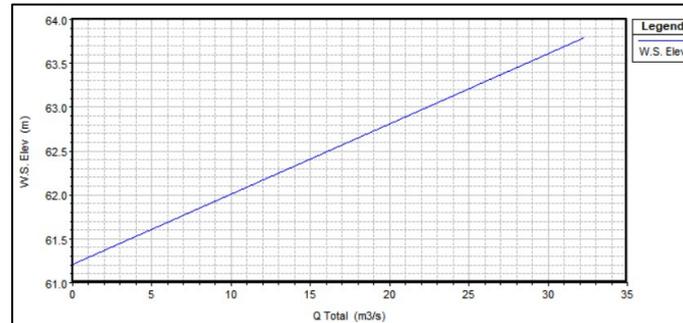
Titolo elaborato:
 RELAZIONE IDRAULICA

Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico costituito da Brindisi A della potenza in immissione pari a 5,486 MW e Brindisi B della potenza in immissione pari a 5,486 MW, con relativo collegamento alla rete elettrica, sito nel Comune di Brindisi (BR) - Impianto “VRE.2”



Proponente: VRE.2 S.R.L.

Scala di deflusso Attraversamento 2



Scala di deflusso Attraversamento 3

4.2 STUDIO BIDIMENSIONALE

L'analisi idraulica bidimensionale ha come scopo l'individuazione delle aree a media pericolosità idraulica OLTRE le quali prevedere l'intervento in oggetto.

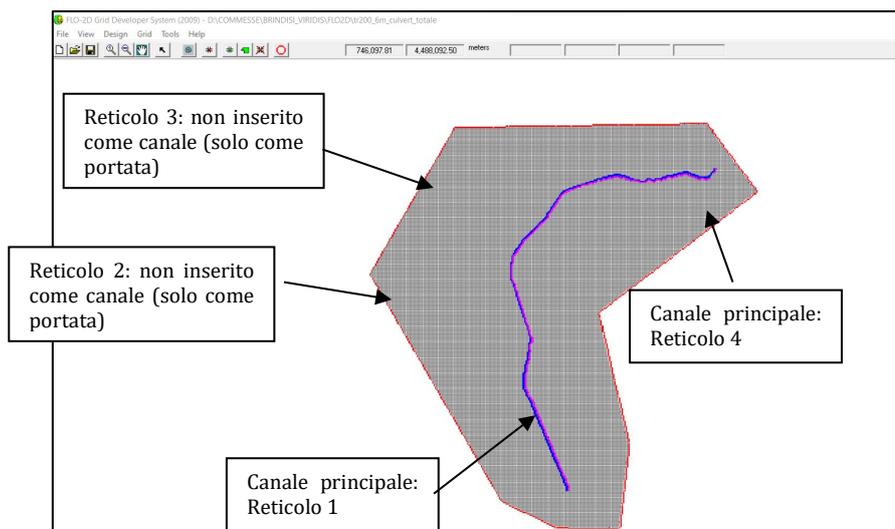
Gli step operativi prevedono la costruzione del modello idraulico su schema bidimensionale (con la valutazione dei coefficienti di scabrezza), con l'inserimento dei canali rilevati e con l'inserimento delle condizioni al contorno di monte (portate idrologiche) e di valle (uscita dal modello).

Le portate sono state inserite in testata ai 3 reticoli idrografici in proporzione alla loro superficie tributaria.

Per il bacino generale I dati topografici per la costruzione del modello geometrico sono stati acquisiti dal rilievo LIDAR costruendo il DTM con la cella da 1 m.

Il DEM acquisito è stato processato attraverso il PREPROCESSING GRID DEVELOPER SYSTEM (GDS), componente del Flo-2D. Il GDS consente di elaborare il DEM inserendo tutti gli elementi necessari per la costruzione della geometria di calcolo. Il GDS opera su un grid di dimensione di cella predefinita, ovviamente la dimensione della cella è correlata alla stabilità del sistema in funzione del time-step di calcolo, delle condizioni al contorno, ecc. Nel caso in oggetto si è adottata una cella di lato 6 metri.

In prima battuta, nel modello idraulico si è inserito solo il canale principale (reticolo 1 e 4), confinandogli altri reticoli (reticoli 2 e 3) alle incisioni del DTM realizzato sulla base LIDAR (a vantaggio di sicurezza).



Progettazione:

H2O Pro S.r.l.
Dott. Ing. Salvatore Vernole
Ordine degli Ingegneri, Prov. di Bari, n. A5736
c.so A. De Gasperi 529/C,
70125 Bari
studio@h2opro.it



Titolo elaborato:

RELAZIONE IDRAULICA

Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico costituito da Brindisi A della potenza in immissione pari a 5,486 MW e Brindisi B della potenza in immissione pari a 5,486 MW, con relativo collegamento alla rete elettrica, sito nel Comune di Brindisi (BR) - Impianto "VRE.2"

Proponente: VRE.2 S.R.L.



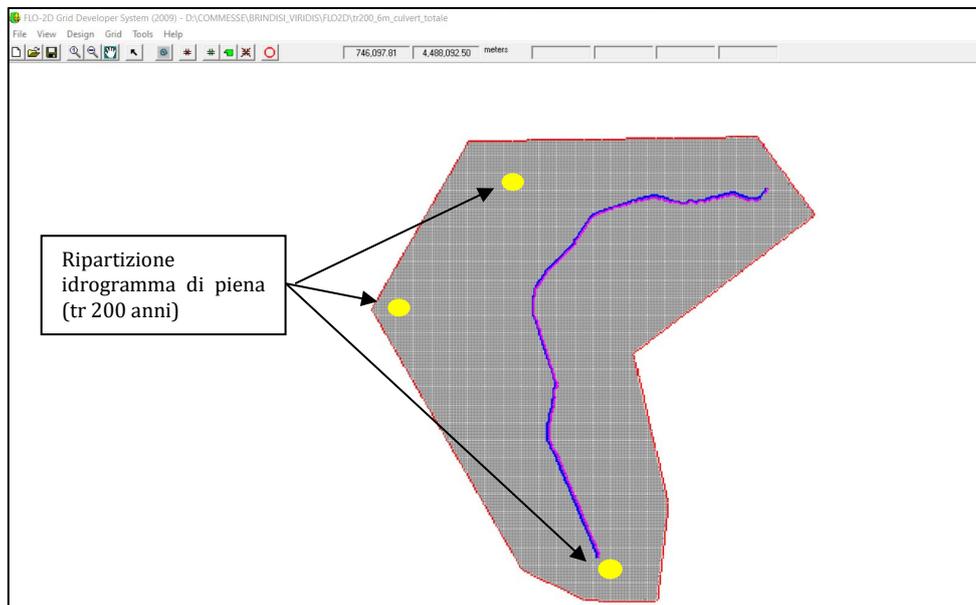
Modello geometrico

Al fine di poter ottenere un quadro complessivo più cautelativo, si sono ipotizzati **diversi scenari** in termini di geometria del modello (dimensioni celle e inserimento singolarità) e di inserimento della posizione dell'idrogramma di input idrologico.

In particolare:

1) Modello Tr 200 anni 6 m senza culvert:

Geometria costruita su DTM Lidar con celle da 6 m inserendo il canale principale importando le sezioni dal modello monodimensionale HEC RAS inserendo l'idrogramma di portata ripartito in parti uguali nei 3 reticoli NON prevedendo gli attraversamenti (ipotizzando il canale senza ostruzioni).



Geometria del modello 1

2) Modello Tr 200 anni 6 m con culvert:

Geometria, come nel modello 1, costruita su DTM Lidar con celle da 6 m inserendo il canale principale importando le sezioni dal modello monodimensionale HEC RAS inserendo l'idrogramma di portata ripartito in parti uguali nei 3 reticoli, prevedendo gli attraversamenti lungo il canale principale (inserimento della scala di deflusso determinata dal modello monodimensionale).

Progettazione:

H2O Pro S.r.l.
Dott. Ing. Salvatore Vernole
Ordine degli Ingegneri, Prov. di Bari, n. A5736
c.so A. De Gasperi 529/C,
70125 Bari
studio@h2pro.it



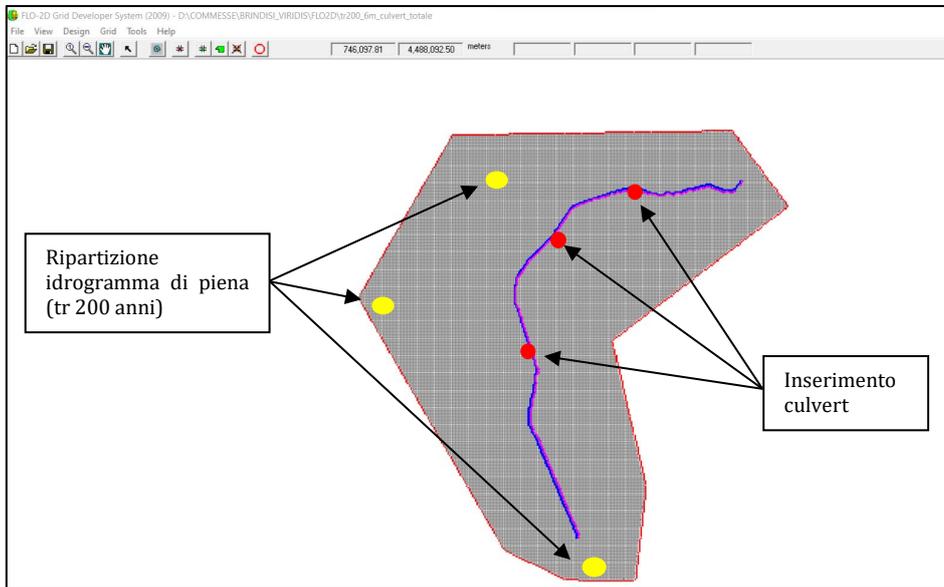
Titolo elaborato:

RELAZIONE IDRAULICA

Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico costituito da Brindisi A della potenza in immissione pari a 5,486 MW e Brindisi B della potenza in immissione pari a 5,486 MW, con relativo collegamento alla rete elettrica, sito nel Comune di Brindisi (BR) - Impianto "VRE.2"



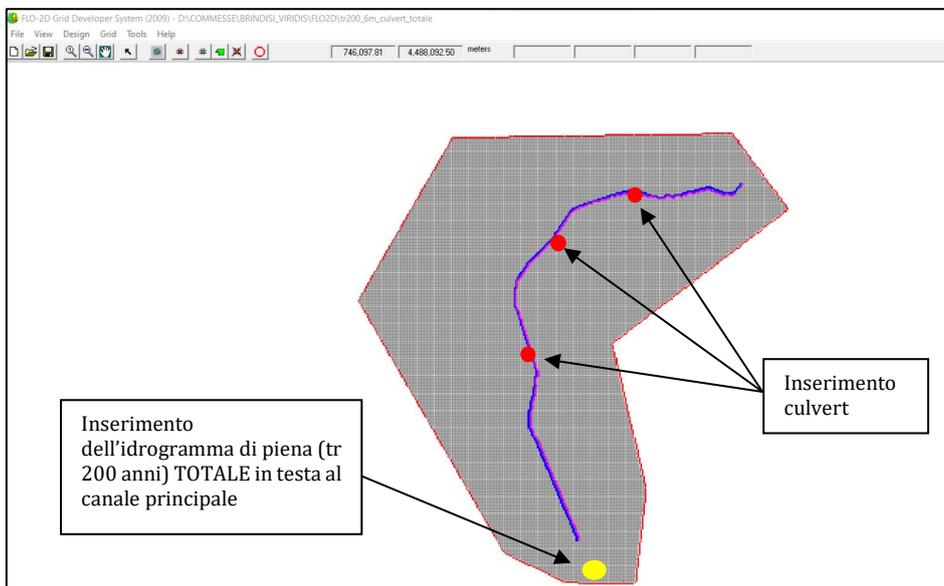
Proponente: VRE.2 S.R.L.



Geometria del modello 2

3) Modello Tr 200 anni 6 m con culvert TOTALE:

Geometria, come nel modello 1, costruita su DTM Lidar con celle da 6 m inserendo il canale principale importando le sezioni dal modello monodimensionale HEC RAS inserendo l'idrogramma di portata **tutto in testa al canale principale**, prevedendo gli attraversamenti lungo il canale principale (inserimento della scala di deflusso determinata dal modello monodimensionale).



Geometria del modello 3

Progettazione:

H2O Pro S.r.l.
Dott. Ing. Salvatore Vernole
Ordine degli Ingegneri, Prov. di
Bari, n. A5736
c.so A. De Gasperi 529/C,
70125 Bari
studio@h2opro.it



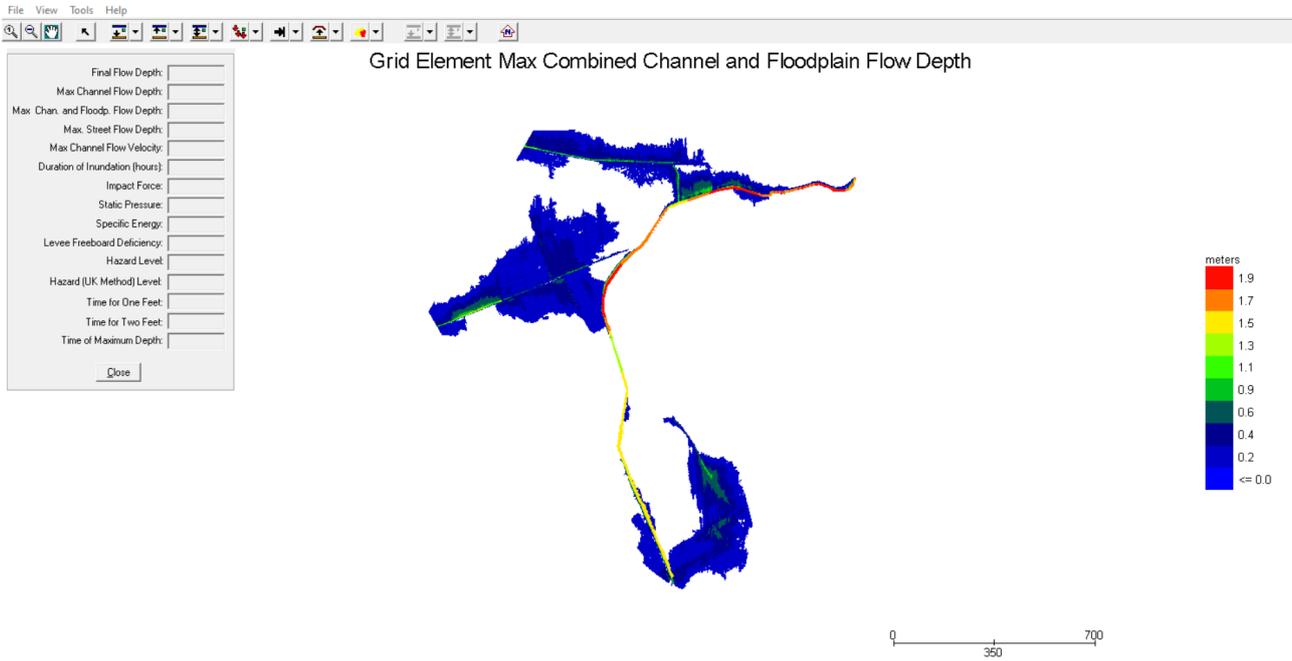
Titolo elaborato:

RELAZIONE IDRAULICA

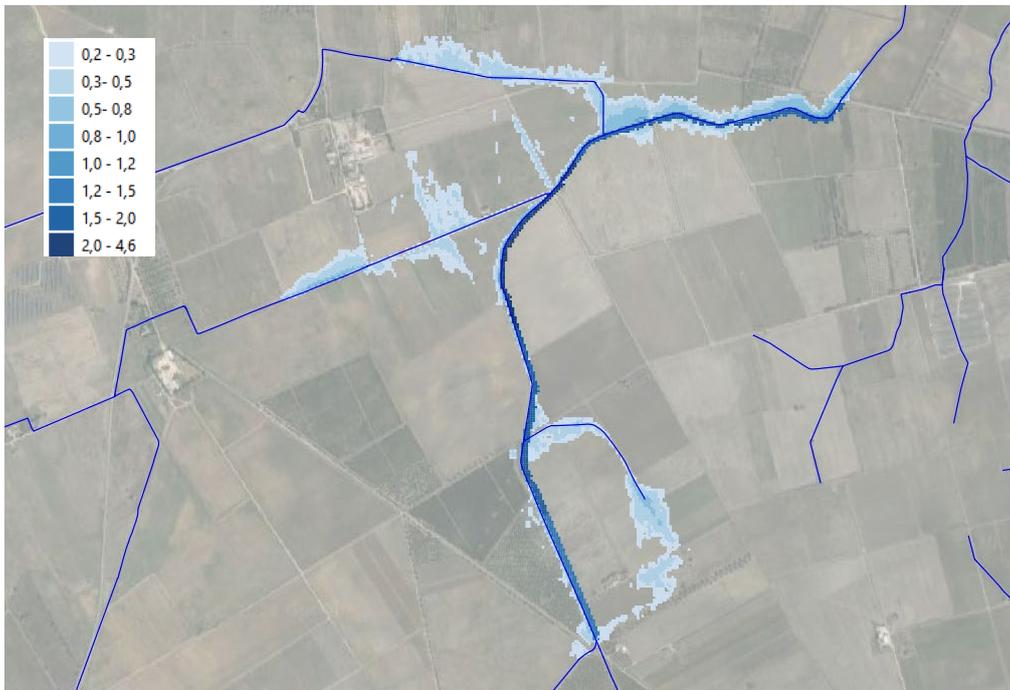
Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico costituito da Brindisi A della potenza in immissione pari a 5,486 MW e Brindisi B della potenza in immissione pari a 5,486 MW, con relativo collegamento alla rete elettrica, sito nel Comune di Brindisi (BR) - Impianto "VRE.2"



Proponente: VRE.2 S.R.L.



Mappa dei valori del tirante idrico tr 200 anni modello 1 (SENZA applicazione della soglia di taglio $H > 0.2$ m)



Mappa dei valori del tirante idrico tr 200 anni modello 1 (CON applicazione della soglia di taglio $H > 0.2$ m)

Progettazione:

H2O Pro S.r.l.
Dott. Ing. Salvatore Vernole
Ordine degli Ingegneri, Prov. di
Bari, n. A5736
c.so A. De Gasperi 529/C,
70125 Bari
studio@h2pro.it



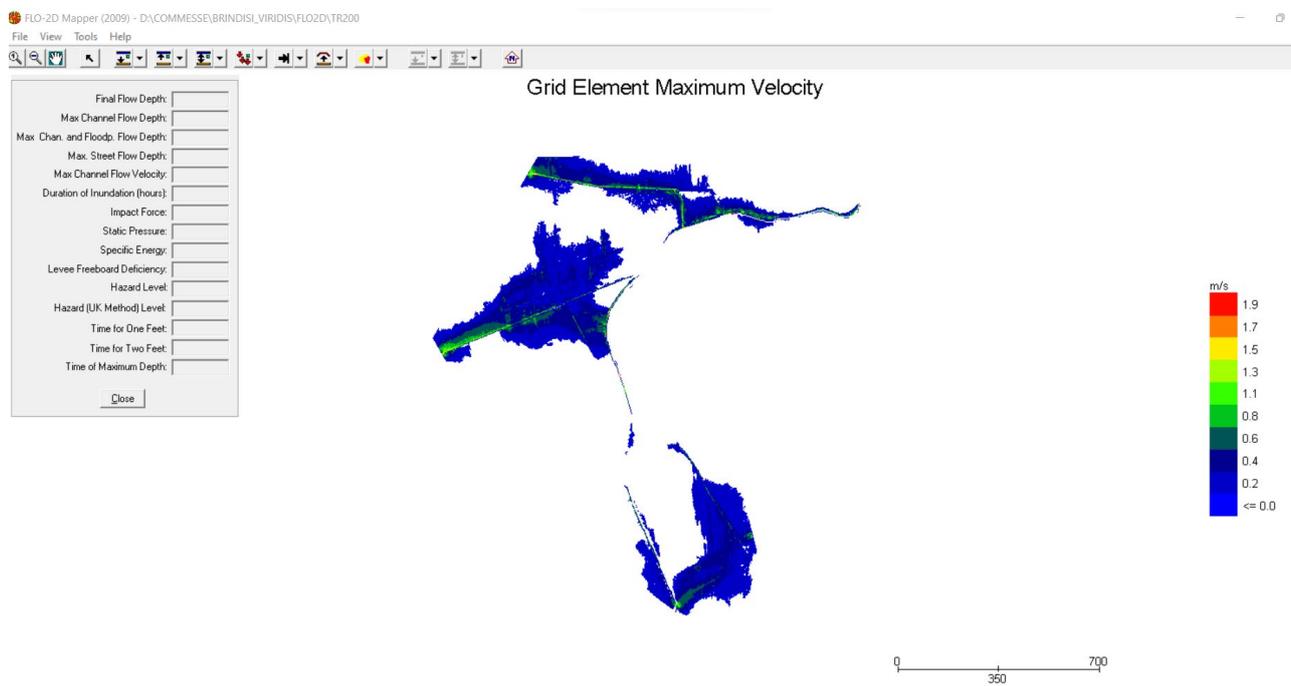
Titolo elaborato:

RELAZIONE IDRAULICA

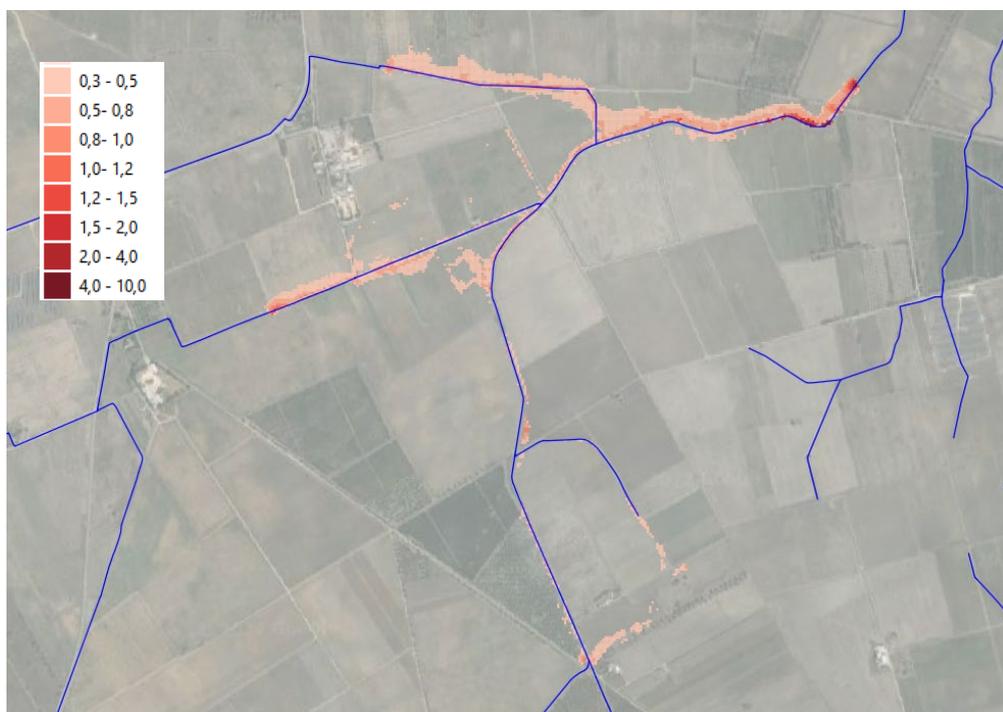
Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico costituito da Brindisi A della potenza in immissione pari a 5,486 MW e Brindisi B della potenza in immissione pari a 5,486 MW, con relativo collegamento alla rete elettrica, sito nel Comune di Brindisi (BR) - Impianto "VRE.2"



Proponente: VRE.2 S.R.L.



Mappa dei valori delle velocità tr 200 anni modello 1 (senza applicazione della soglia di taglio $V > 0.3$ m/s)



Mappa dei valori delle velocità tr 200 anni modello 1 (con applicazione della soglia di taglio $V > 0.3$ m/s)

Progettazione:

H2O Pro S.r.l.
Dott. Ing. Salvatore Vernole
Ordine degli Ingegneri, Prov. di
Bari, n. A5736
c.so A. De Gasperi 529/C,
70125 Bari
studio@h2opro.it



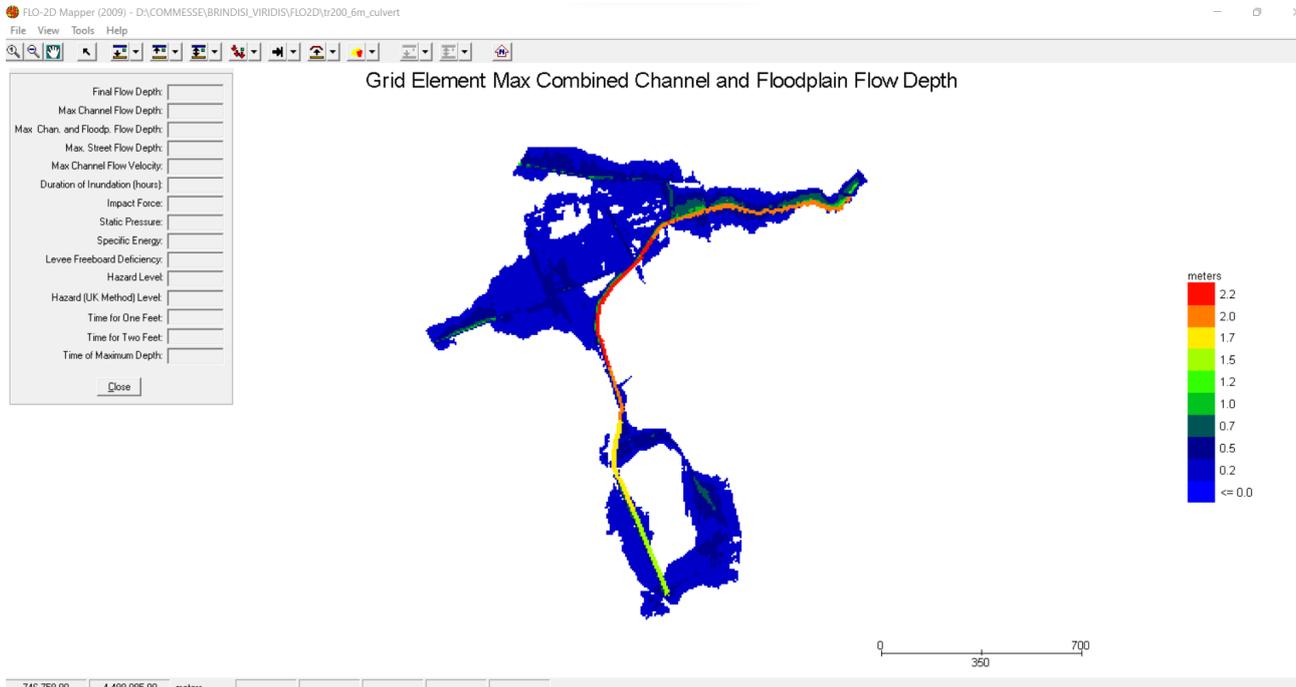
Titolo elaborato:

RELAZIONE IDRAULICA

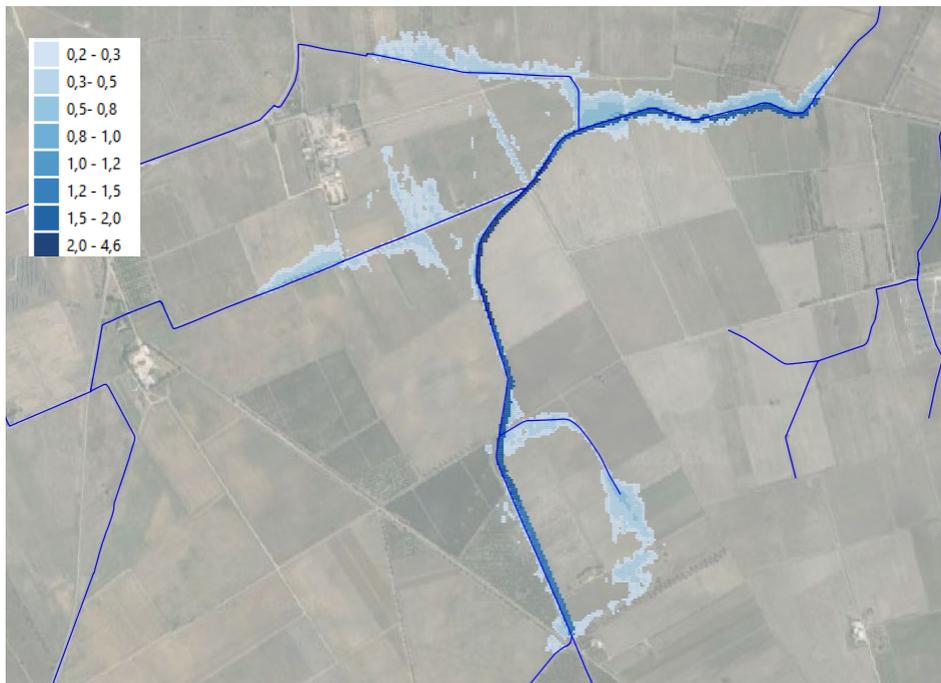
Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico costituito da Brindisi A della potenza in immissione pari a 5,486 MW e Brindisi B della potenza in immissione pari a 5,486 MW, con relativo collegamento alla rete elettrica, sito nel Comune di Brindisi (BR) - Impianto "VRE.2"



Proponente: VRE.2 S.R.L.



Mappa dei valori del tirante idrico tr 200 anni modello 2 (SENZA applicazione della soglia di taglio $H > 0.2$ m)



Mappa dei valori del tirante idrico tr 200 anni modello 2 (con applicazione della soglia di taglio $H > 0.2$ m)

Progettazione:

H2O Pro S.r.l.
Dott. Ing. Salvatore Vernole
Ordine degli Ingegneri, Prov. di Bari, n. A5736
c.so A. De Gasperi 529/C,
70125 Bari
studio@h2pro.it



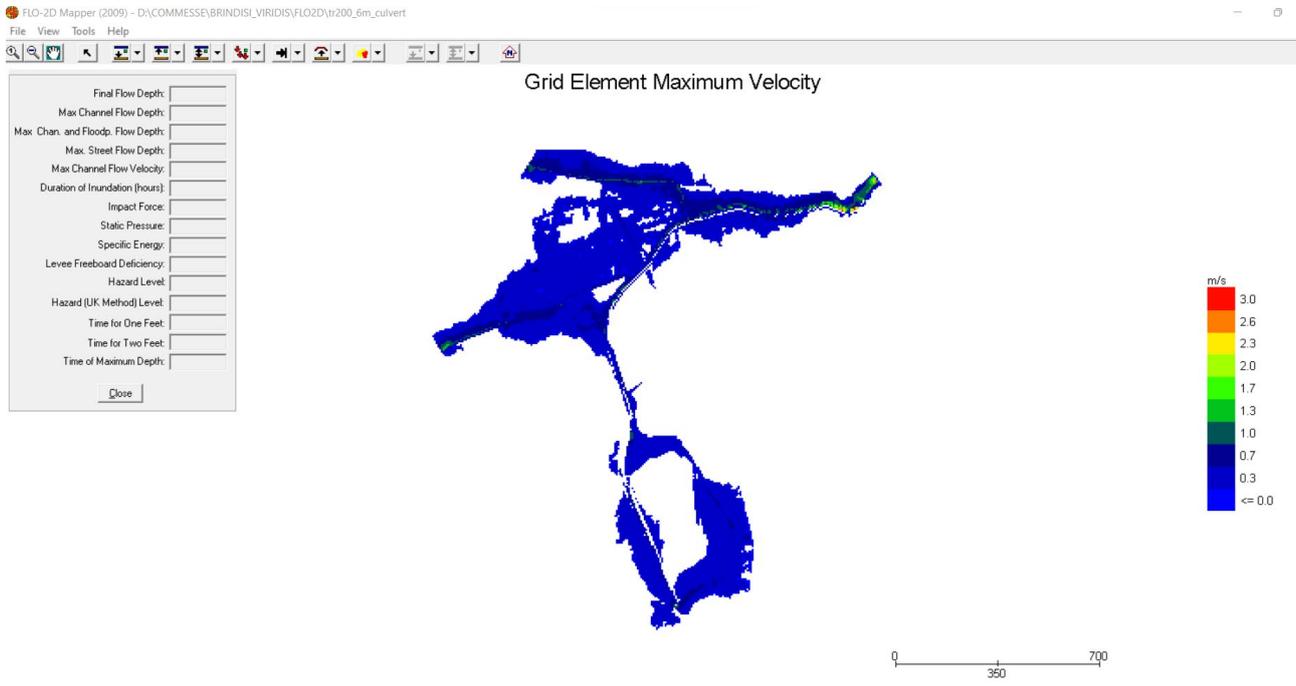
Titolo elaborato:

RELAZIONE IDRAULICA

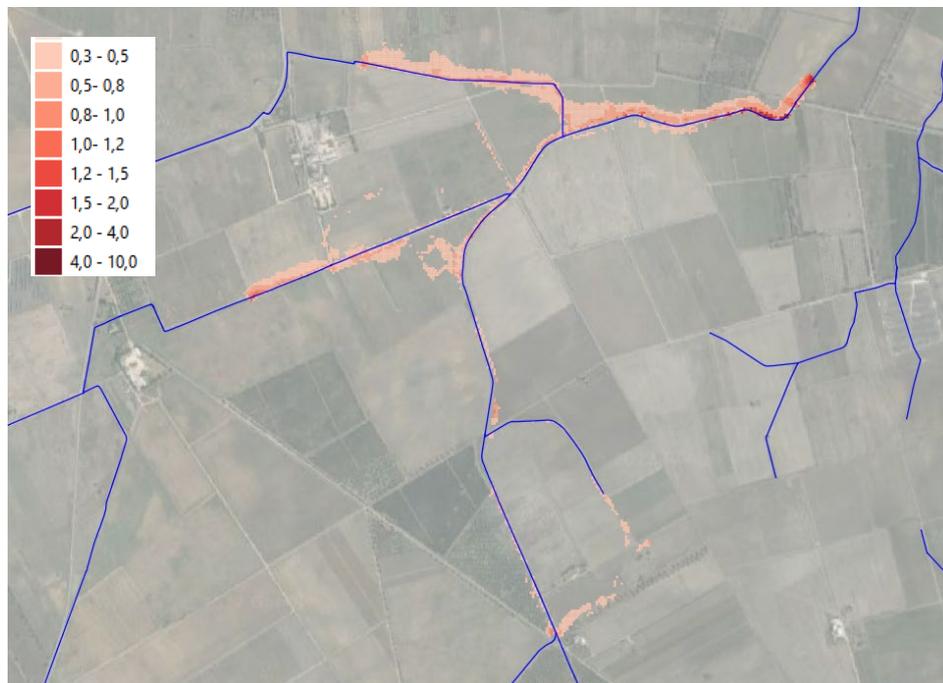
Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico costituito da Brindisi A della potenza in immissione pari a 5,486 MW e Brindisi B della potenza in immissione pari a 5,486 MW, con relativo collegamento alla rete elettrica, sito nel Comune di Brindisi (BR) - Impianto "VRE.2"



Proponente: VRE.2 S.R.L.



Mappa dei valori delle velocità tr 200 anni modello 2 (SENZA applicazione della soglia di taglio $V > 0.3$ m/s)



Mappa dei valori delle velocità tr 200 anni modello 2 (CON applicazione della soglia di taglio $V > 0.3$ m/s)

Progettazione:

H2O Pro S.r.l.
Dott. Ing. Salvatore Vernole
Ordine degli Ingegneri, Prov. di
Bari, n. A5736
c.so A. De Gasperi 529/C,
70125 Bari
studio@h2pro.it



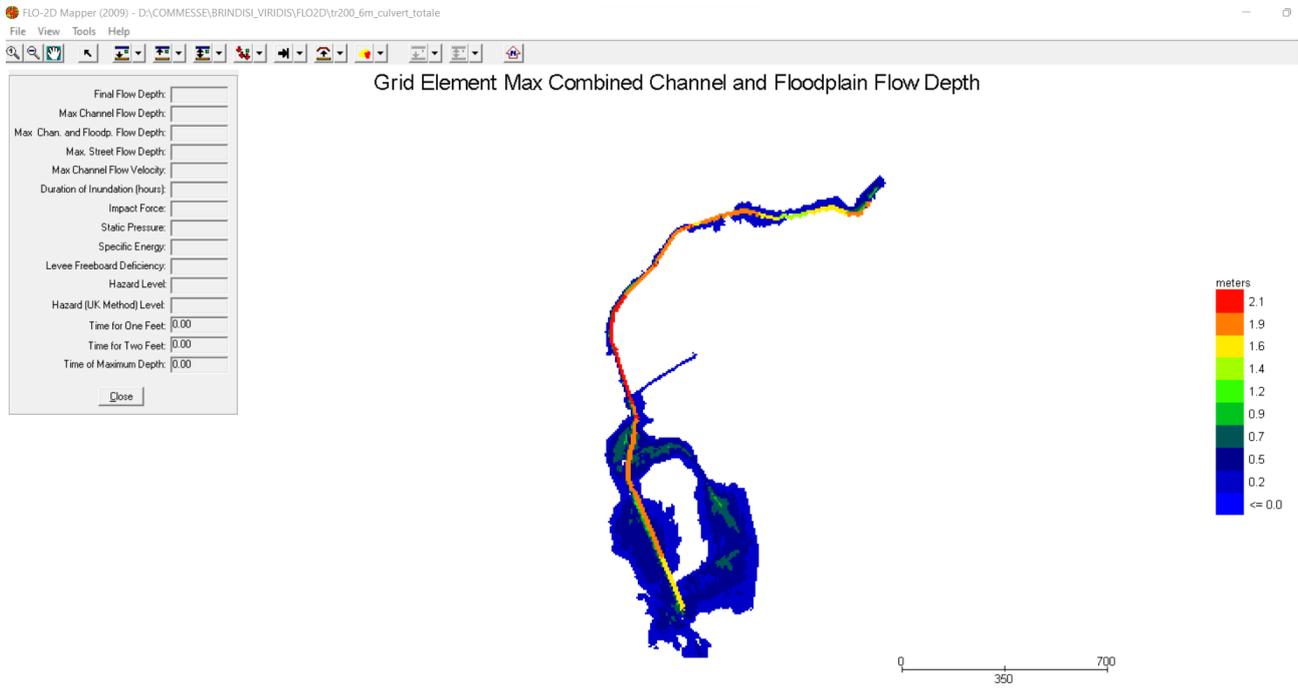
Titolo elaborato:

RELAZIONE IDRAULICA

Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico costituito da Brindisi A della potenza in immissione pari a 5,486 MW e Brindisi B della potenza in immissione pari a 5,486 MW, con relativo collegamento alla rete elettrica, sito nel Comune di Brindisi (BR) - Impianto "VRE.2"



Proponente: VRE.2 S.R.L.



Mappa dei valori del tirante idrico tr 200 anni modello 3 (SENZA applicazione della soglia di taglio $H > 0.2$ m)



Mappa dei valori del tirante idrico tr 200 anni modello 3 (con applicazione della soglia di taglio $H > 0.2$ m)

Progettazione:

H2O Pro S.r.l.
Dott. Ing. Salvatore Vernole
Ordine degli Ingegneri, Prov. di Bari, n. A5736
c.so A. De Gasperi 529/C,
70125 Bari
studio@h2opro.it



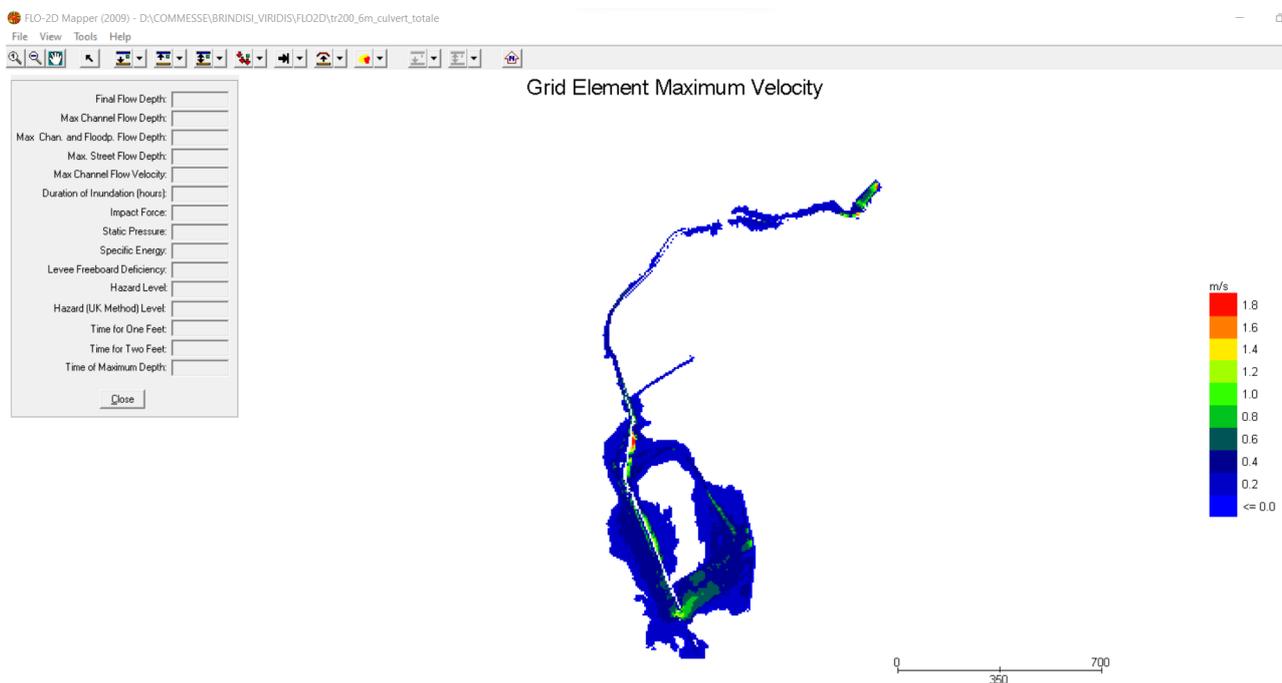
Titolo elaborato:

RELAZIONE IDRAULICA

Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico costituito da Brindisi A della potenza in immissione pari a 5,486 MW e Brindisi B della potenza in immissione pari a 5,486 MW, con relativo collegamento alla rete elettrica, sito nel Comune di Brindisi (BR) - Impianto “VRE.2”



Proponente: VRE.2 S.R.L.



Mappa dei valori delle velocità tr 200 anni modello 3 (senza applicazione della soglia di taglio $V > 0.3$ m/s)



Mappa dei valori delle velocità tr 200 anni modello 3 (CON applicazione della soglia di taglio $V > 0.3$ m/s)

Effettuando l’involuppo delle tre mappe (tiranti e velocità) si è dedotta la mappa della media pericolosità idraulica (TR 200 anni) oltre la quale prevedere l’intervento in oggetto.

Progettazione:

H2O Pro S.r.l.
Dott. Ing. Salvatore Vernole
Ordine degli Ingegneri, Prov. di
Bari, n. A5736
c.so A. De Gasperi 529/C,
70125 Bari
studio@h2opro.it



Titolo elaborato:

RELAZIONE IDRAULICA

Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico costituito da Brindisi A della potenza in immissione pari a 5,486 MW e Brindisi B della potenza in immissione pari a 5,486 MW, con relativo collegamento alla rete elettrica, sito nel Comune di Brindisi (BR) - Impianto "VRE.2"

Proponente: VRE.2 S.R.L.



Area a media pericolosità idraulica (dedotta dalla fusione e involuppo delle mappe con soglia di taglio dei vari modelli idraulici effettuati)

4.3 VERIFICA DEL RINTERRO DEL CAVIDOTTO

La compatibilità dell'intersezione del cavidotto con il reticolo idrografico si ottiene progettando la posa del cavidotto ovvero presentare i seguenti requisiti:

- cavidotto interrato;
- cavidotto posizionato ad una profondità tale da non essere interessato dall'erosione del passaggio della piena bicentenaria;
- non modificare la morfologia dell'alveo;
- Non aumentare la pericolosità nelle zone contermini;

La posa del cavidotto, al fine di soddisfare tali requisiti sarà effettuata con tecnologie senza scavo (NO DIG).

Al fine di valutare la profondità di posa del cavidotto, invece, si calcoleranno le forze di erosione in particolare:

- ✓ Forze di erosione generalizzate (erosione diffusa all'interno del canale in condizioni di assenza di singolarità);
- ✓ Forze di erosione localizzate dovute a singolarità quali la presenza di pile del ponte in alveo.

Progettazione:

H2O Pro S.r.l.
Dott. Ing. Salvatore Vernole
Ordine degli Ingegneri, Prov. di
Bari, n. A5736
c.so A. De Gasperi 529/C,
70125 Bari
studio@h2pro.it



Titolo elaborato:

RELAZIONE IDRAULICA

Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico costituito da Brindisi A della potenza in immissione pari a 5,486 MW e Brindisi B della potenza in immissione pari a 5,486 MW, con relativo collegamento alla rete elettrica, sito nel Comune di Brindisi (BR) - Impianto "VRE.2"

Proponente: VRE.2 S.R.L.



Premesso che tutte le verifiche saranno esposte nella relazione idraulica, il cavidotto sarà posato:

lungo la banchina della strada ad una profondità di circa -1.00 m;

nell'alveo, ad una profondità di circa -1.00 m in grado di garantire un franco di sicurezza sull'escavazione massima che si potrebbe avere in caso di piena. L'attraversamento avviene sempre idraulicamente a valle dell'infrastruttura dove l'erosione è minima.

In generale la corrente idrica, esercita una azione di trascinamento sui grani di materiale disposti sul contorno bagnato e, se questi non sono sufficientemente stabili, li sposta: ossia, erode il letto fluviale mobile.

L'erosione provoca l'abbassamento del letto e/o il crollo delle sponde con allargamento a spostamento (migrazione) dell'alveo.

Si suole distinguere tra:

- erosione locale, che si realizza in prossimità di singolarità idrauliche - ostacoli costituiti da pile o spalle di ponti, ovvero salti e scivoli che causano bruschi aumenti di velocità della corrente - ove la turbolenza risulta particolarmente intensa. Il fenomeno ha decorso rapidissimo e può portare alla rovina dell'opera in alveo (ponte, argine, briglia) nel corso di una sola piena. L'erosione locale può avvenire in condizioni sia di acqua chiara sia di "letto vivo" ossia con trasporto del materiale di alveo di monte. Questo tipo di erosione è dovuta principalmente ad eventi intensi associati a precipitazioni eccezionali.

- erosione generalizzata, che si sviluppa quando la portata di sedimento immessa da monte non è sufficiente a saturare la capacità di trasporto della corrente idrica; la saturazione della capacità di trasporto avviene prelevando materiale d'alveo, ossia, erodendo il letto; questa può procedere uniformemente o localmente ma in maniera graduale

Questo tipo di erosione è dovuta alle piene ordinarie.

La profondità della erosione di un tronco d'alveo per carenza di apporto di materiale solido da monte può invece essere studiata con delle formulazioni empiriche.

Infatti la sua sezione si deformerà, approfondendosi e/o allargandosi, fino a che l'azione di trascinamento della corrente non diminuirà al di sotto del valore critico individuato.

Per le valutazioni più speditive si può ricavare la profondità di erosione δ come differenza tra il tirante d'acqua h antecedente alla erosione e il tirante d'acqua h_e a fenomeno avvenuto:

$$\delta = h_e - h$$

Il tirante d'acqua h_e a fenomeno avvenuto si ricava dalle formule, del tutto empiriche e senza giustificazione teorica, dell'equilibrio dei canali a regime.

La formula di Blench (1969) propone:

$$h_e = 0.379 q^{2/3} d_{50}^{-1/6} \quad \text{per sabbia e limo} \quad \text{con } 6 \cdot 10^{-5} < d_{50} \text{ (m)} < 0.002$$

$$h_e = 0.692 q^{2/3} d_{50}^{-1/12} \quad \text{per sabbia e ghiaia} \quad \text{con } 0.002 < d_{50} \text{ (m)}$$

la formula di Maza Alvarez ed Echavarria (1973) propone:

$$h_e = 0.365 q^{0.784} d_{50}^{-0.157} \quad \text{per sabbia e ghiaia con} \quad d_{75} \text{ (m)} < 0.006$$

Dove per q = portata nell'unità di larghezza del canale.

Nei casi di studio del presente progetto, si calcolerà la portata specifica, il tirante idrico in condizioni stazionarie e il tirante idrico post evento di piena. La differenza costituisce lo scavo dell'erosione.

Progettazione:

H2O Pro S.r.l.
Dott. Ing. Salvatore Vernole
Ordine degli Ingegneri, Prov. di
Bari, n. A5736
c.so A. De Gasperi 529/C,
70125 Bari
studio@h2pro.it



Titolo elaborato:

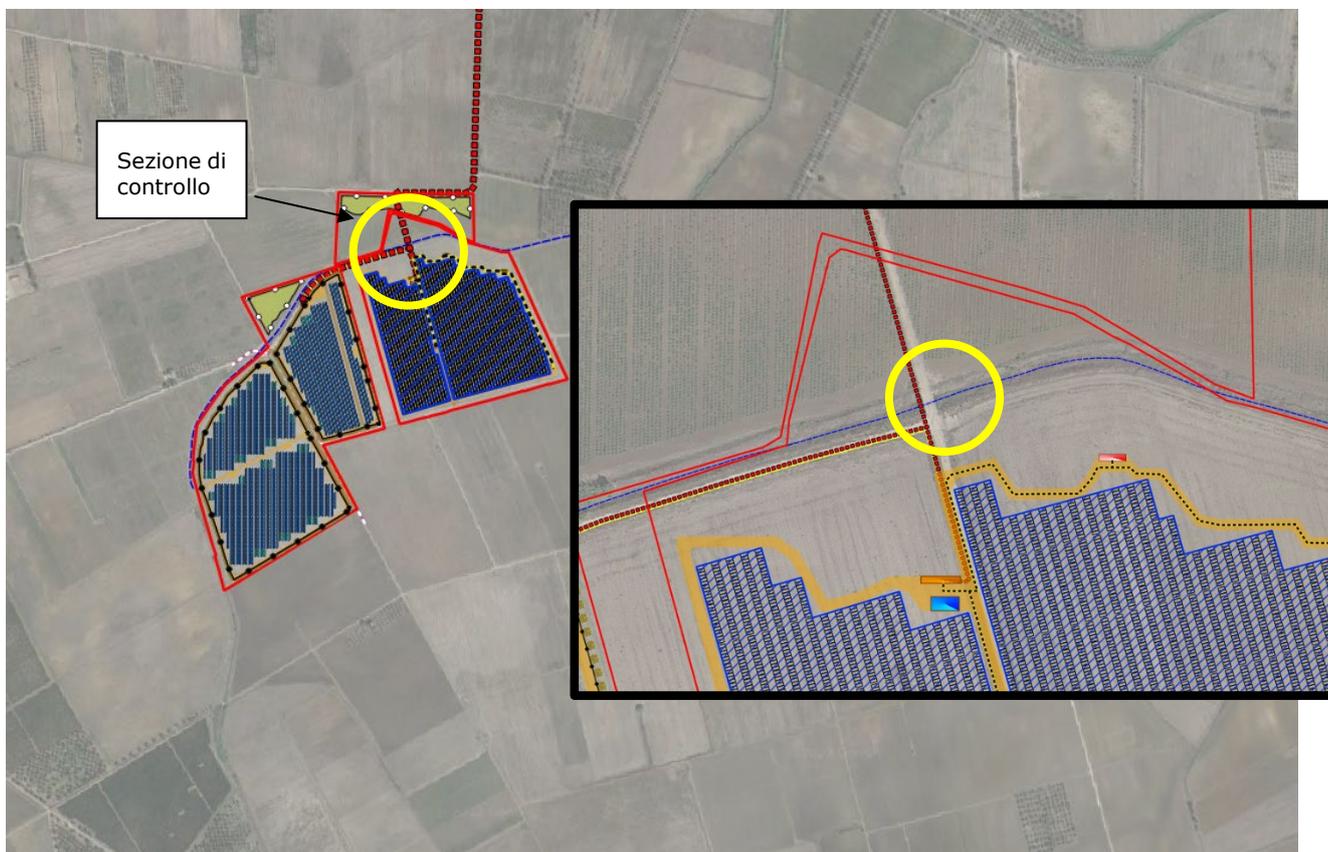
RELAZIONE IDRAULICA

Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico costituito da Brindisi A della potenza in immissione pari a 5,486 MW e Brindisi B della potenza in immissione pari a 5,486 MW, con relativo collegamento alla rete elettrica, sito nel Comune di Brindisi (BR) - Impianto "VRE.2"



Proponente: VRE.2 S.R.L.

Per quanto la verifica idraulica, si è scelto lo stesso reticolo indagato per la determinazione delle aree a diversa pericolosità idraulica in quanto rappresentativo rispetto le altre intersezioni. (regime idraulico più gravoso).



Intersezione del cavidotto con il reticolo idrografico

Per il calcolo della quota di posa della tubazione interrata si è proceduto alla determinazione delle forze di erosione in funzione della portata relativa alla piena massima transitabile nella sezione di controllo.

Tale verifica essendo quella più significativa e peggiorativa viene poi estesa a tutte le intersezioni del cavidotto con le aree a media pericolosità idraulica individuate.

Di seguito si riporta l'idrogramma determinato dalla sezione di controllo con il modello idraulico bidimensionale.

Progettazione:

H2O Pro S.r.l.
Dott. Ing. Salvatore Vernole
Ordine degli Ingegneri, Prov. di
Bari, n. A5736
c.so A. De Gasperi 529/C,
70125 Bari
studio@h2pro.it



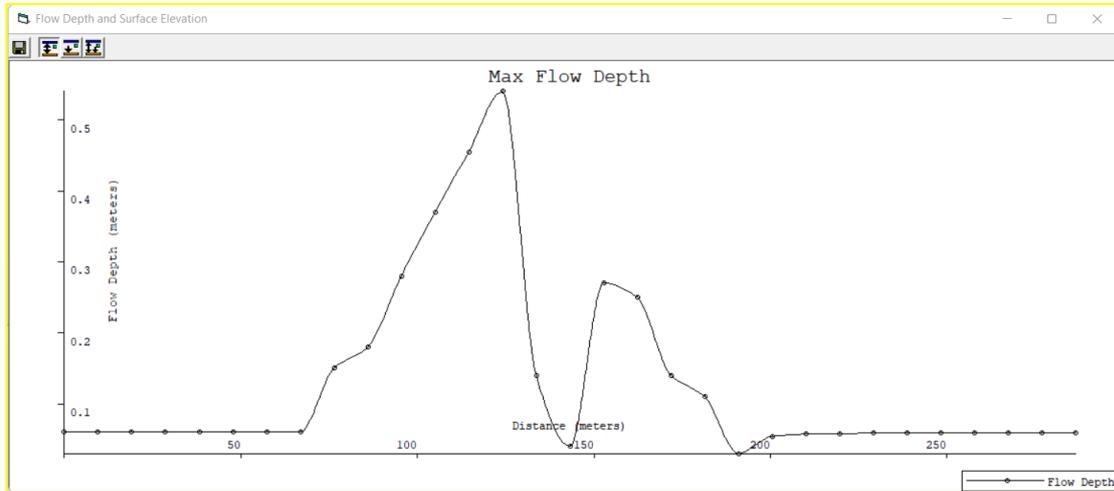
Titolo elaborato:

RELAZIONE IDRAULICA

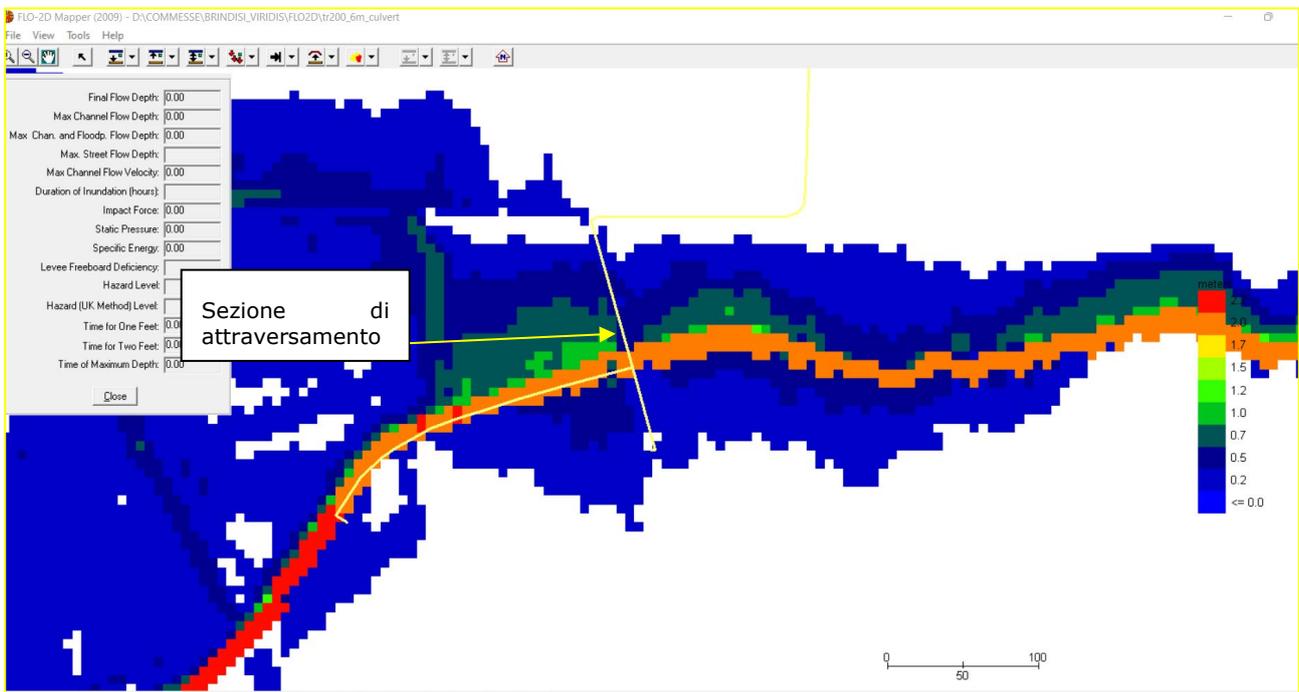
Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico costituito da Brindisi A della potenza in immissione pari a 5,486 MW e Brindisi B della potenza in immissione pari a 5,486 MW, con relativo collegamento alla rete elettrica, sito nel Comune di Brindisi (BR) - Impianto "VRE.2"



Proponente: VRE.2 S.R.L.



Portata idraulica tr 200 anni 32.31 mc/s
 Larghezza floodplain nella sezione di attraversamento: 150 m
Supponendo che tutta la portata sia concentrata all'interno del canale:
 Larghezza floodplain nella sezione di attraversamento: 8.00 m
 Portata specifica: 4.03 mc/s / m
 Tirante idrico medio nel canale: $1.50 + 0.6 = 2.10$ m



Al fine di non sottovalutare le forze erosive, si è considerato una composizione granulometrica del fondo dell'alveo (d50) media di 0.0004 mm (molto cautelativa in quanto $\gg 0.002$ mm che contraddistingue un terreno totalmente argilloso).

Progettazione:

H2O Pro S.r.l.
 Dott. Ing. Salvatore Vernole
 Ordine degli Ingegneri, Prov. di
 Bari, n. A5736
 c.so A. De Gasperi 529/C,
 70125 Bari
 studio@h2opro.it



Titolo elaborato:

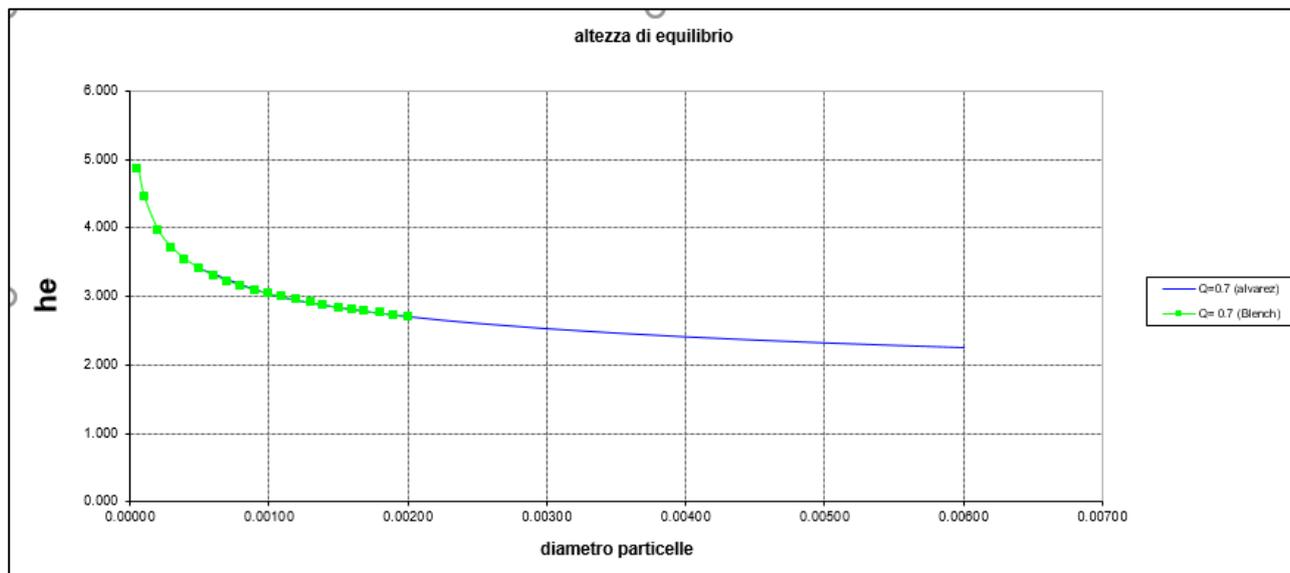
RELAZIONE IDRAULICA

Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico costituito da Brindisi A della potenza in immissione pari a 5,486 MW e Brindisi B della potenza in immissione pari a 5,486 MW, con relativo collegamento alla rete elettrica, sito nel Comune di Brindisi (BR) - Impianto "VRE.2"

Proponente: VRE.2 S.R.L.



Utilizzando la formula di Blench e di Maza Alvarez si ottiene la profondità di equilibrio dell'alveo a seguito della piena e dello scavo erosivo massimo.



Curve della Profondità di equilibrio in funzione della portata specifica e delle dimensioni delle particelle delle terre costituenti l'alveo

Dal grafico si ricava che l'altezza di equilibrio è di circa 2.7 m.

La differenza $(2.10 - 2.7) = 0.60$ m rappresenta lo scavo massimo che risulta comunque inferiore al ricoprimento minimo di -1.00 m previsto.

La posa del cavidotto così come rappresentata risulta protetta da eventuali erosioni diffuse dovute all'intersezione dei reticoli idrografici.

Tutti gli attraversamenti dei reticoli saranno effettuati in TOC per i quali è prevista comunque una profondità di attestazione del cavidotto di circa -1.00 al di sotto di ogni tombino esistente.

Progettazione:

H2O Pro S.r.l.
Dott. Ing. Salvatore Vernole
Ordine degli Ingegneri, Prov. di
Bari, n. A5736
c.so A. De Gasperi 529/C,
70125 Bari
studio@h2pro.it



Titolo elaborato:

RELAZIONE IDRAULICA

Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico costituito da Brindisi A della potenza in immissione pari a 5,486 MW e Brindisi B della potenza in immissione pari a 5,486 MW, con relativo collegamento alla rete elettrica, sito nel Comune di Brindisi (BR) - Impianto "VRE.2"

Proponente: VRE.2 S.R.L.



5 COMPATIBILITA DELL'INTERVENTO

Dall'analisi idraulica effettuata si sono determinati:

- Le aree a media pericolosità idraulica (Tr 200 anni) OLTRE le quali prevedere l'intervento;
- il ricoprimento della trincea di posa del cavidotto in prossimità dell'intersezione dei reticoli idrografici e con le aree a media pericolosità idraulica.

Dall'immagine seguente si evince che i campi fotovoltaici e le opere annesse sono stati previsti al di fuori delle aree a media pericolosità idraulica, pertanto ritenuti in sicurezza idraulica.



Sovrapposizione dell'intervento con le aree a media pericolosità idraulica

Nell'elaborato grafico, si riscontra il dettaglio del posizionamento del campo rispetto alle aree individuate..

Progettazione:

H2O Pro S.r.l.
Dott. Ing. Salvatore Vernole
Ordine degli Ingegneri, Prov. di
Bari, n. A5736
c.so A. De Gasperi 529/C,
70125 Bari
studio@h2pro.it



Titolo elaborato:

RELAZIONE IDRAULICA