

S.S 685 "DELLE TRE VALLI UMBRE"
TRATTO SPOLETO - ACQUASPARTA
1° stralcio: Madonna di Baiano-Firenzuola

PROGETTO ESECUTIVO

COD. **PG143**

PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GDG - ICARIA

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Nando Granieri
 Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351

IL PROGETTISTA:

Dott. Ing. Federico Durastanti
 Ordine degli Ingegneri della Prov. di Terni n° Terni n°A844

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini
 Ordine dei Geologi della Regione Umbria n°108

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Filippo Pambianco
 Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A1373

Il Responsabile di Progetto

Arch. Pianificatore Marco Colazza

Il Responsabile del Procedimento

Dott. Ing.
 Alessandro Micheli

PROTOCOLLO

DATA

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



Dott.Ing. N.Granieri
 Dott.Arch. N.Kamenicky
 Dott.Ing. V.Truffini
 Dott.Arch. A.Bracchini
 Dott.Ing. F.Durastanti
 Dott.Ing. E.Bartolucci
 Dott.Geol. G.Cerquiglini
 Geom. S.Scopetta
 Dott.Ing. L.Sbrenna
 Dott.Ing. E.Sellari
 Dott.Ing. L.Dinelli
 Dott.Ing. L.Nani
 Dott.Ing. F.Pambianco
 Dott. Agr. F.Berti Nulli

Dott. Ing. D.Carlaccini
 Dott. Ing. S.Sacconi
 Dott. Ing. G.Cordua
 Dott. Ing. V.De Gori
 Dott. Ing. C.Consorti
 Dott. Ing. F.Dominici

Dott. Ing. V.Rotisciani
 Dott. Ing. F.Macchioni
 Geom. C.Vischini
 Dott. Ing. V.Piunno
 Dott. Ing. G.Pulli
 Geom. C.Sugaroni



04.STUDIO IDROLOGICO IDRAULICO
04.01 IDROLOGIA E IDRAULICA

Studio bidimensionale dell'onda di piena del torrente Marroggia

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	ANNO	T00ID00IDRRE03A		
DTPG143	E	23	CODICE ELAB. T00ID00IDRRE03	A	-
A	Emissione		Ago 2023	F.Macchioni	V.Rotisciani N.Granieri
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO

Sommario

1 Premessa	2
2 Inquadramento.....	2
2.1 La diga.....	4
3 Dati acquisiti	5
4 Pericolosità idraulica dell'area di studio.....	5
5. Modellazione idraulica	6
5.1 Costruzione del modello del terreno.....	7
5.1.1 Pre processing in GIS	7
5.1.2 Boundaries.....	8
5.2 Idrogramma in ingresso.....	9
5.3 Parametri di calibrazione.....	9
5.3.1 Scabrezza	9
5.3.2 Viscosità cinematica	11
5.4 Simulazioni e risultati	11

Commessa	Rev.	Data	Documento	Redazione	Verifica	Approv.	Pagina
21 23 STG	00	28/09/2021	Relazione idraulica	FF	MDV	EG	1

1 Premessa

La seguente relazione illustra lo studio idraulico condotto sul Torrente Marroggia al fine di individuare le aree di allagamento conseguenti alla piena duecentennale del torrente a valle della diga di Arezzo, al confine tra le province di Terni e di Perugia. Lo studio si inserisce nell'ambito del 1° stralcio del progetto di completamento della strada delle tre valli umbre finanziato dalla Cassa di Risparmio di Spoleto, nel tratto Fiorenzuola-Baiano di Spoleto.

A seguito dell'acquisizione e della verifica dei dati disponibili è stato implementato un modello idraulico bidimensionale mediante il modulo dedicato, MIKE21, del codice di calcolo MIKE sviluppato dal *Danish Hydraulic Institute* (DHI). Sono state condotte analisi nella configurazione topografica attuale e nella configurazione post operam.

2 Inquadramento

Il Torrente Marroggia appartiene al sistema Timia-Teverone-Marroggia che convoglia le acque di drenaggio della Valle umbra meridionale nel sistema Topino-Chiascio afferente al fiume Tevere umbro. Il deflusso naturale del torrente è stato regolato negli anni '60 con la costruzione della diga di Arezzo sul versante orientale dei Monti Martani, in prossimità della strada provinciale 418 che collega Acquasparta con Spoleto.

Il nuovo tracciato stradale delle tre valli umbre si snoda per circa 4,37 km, di cui 2,66 km su rilevato e 1,7 km su viadotto; prevede l'intersezione con il Torrente Marroggia in località Crocemaroggia a monte dell'attraversamento della SR418.

Commessa	Rev.	Data	Documento	Redazione	Verifica	Approv.	Pagina
21 23 STG	00	28/09/2021	Relazione idraulica	FF	MDV	EG	2

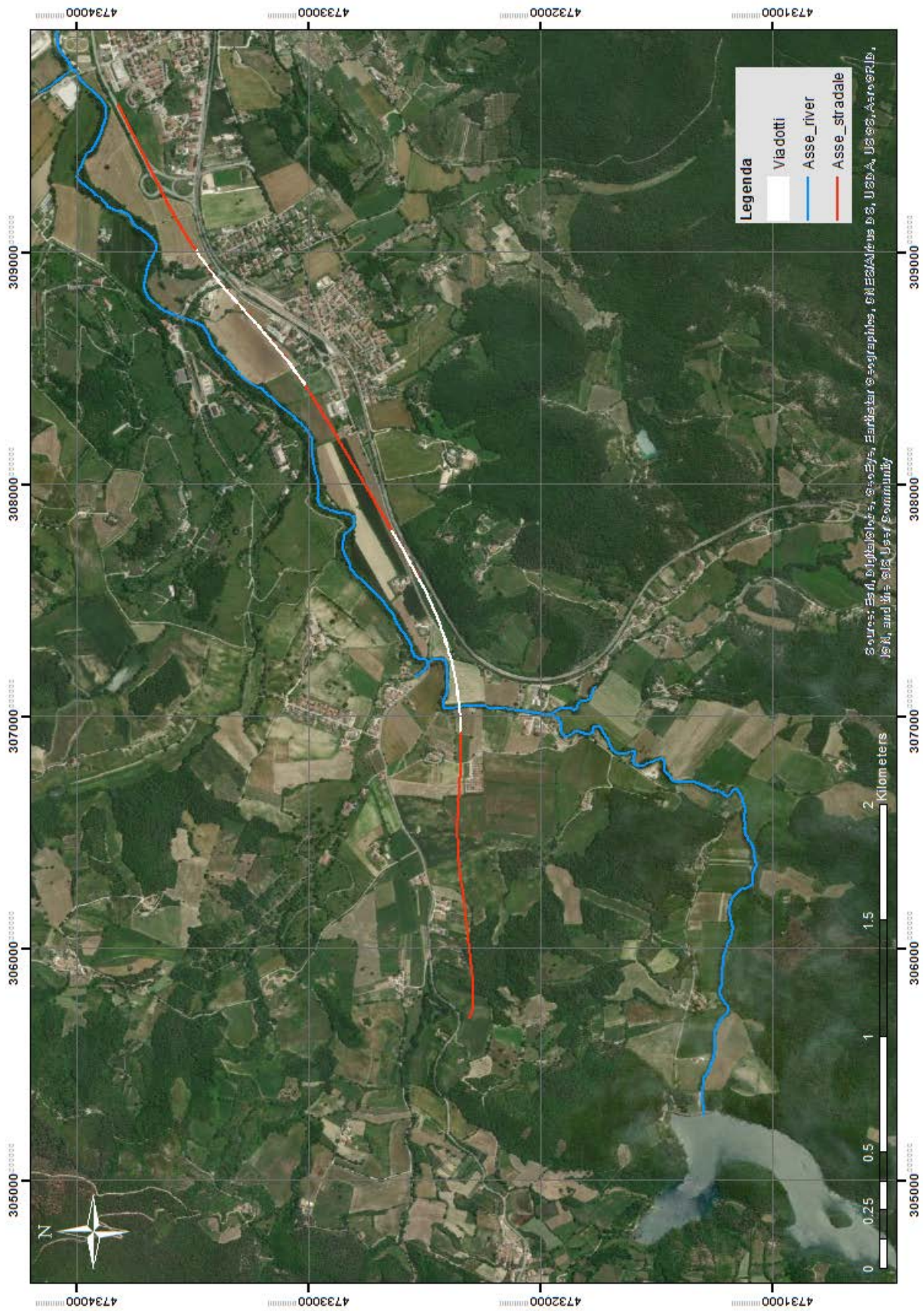


Figura 1. Inquadramento dell'intervento su immagine satellitare

Commessa	Rev.	Data	Documento	Redazione	Verifica	Approv.	Pagina
21 23 STG	00	28/09/2021	Relazione idraulica	FF	MDV	EG	3

2.1 La diga

La diga di Arezzo è la più importante opera idraulica realizzata negli ultimi 50 anni dal Consorzio di Bonificazione Umbra per la regolazione delle piene. Collaudata nel 1964, a partire dal 1977 assolve la duplice funzione di regolazione delle piene e serbatoio per l'irrigazione.

Si tratta di una diga "a gravità" ovvero resistente alla spinta dell'acqua invasata grazie all'azione del proprio peso e dell'attrito tra i conci e dell'ammasso roccioso di fondazione.

Lo sbarramento ha un andamento planimetrico costituito da tre tratti rettilinei raccordati da due curve circolari di raggio di m 100 e m 130 (tale andamento dà una soddisfacente impostazione dell'opera sia in rapporto alla morfologia che alla costipazione del terreno) ed è suddiviso in 19 conci di m 14 ciascuno con una larghezza massima della fondazione pari a 31 m.

La capienza del serbatoio è pari a circa 6,5 milioni di mc, di cui 3,6 destinati all'irrigazione e 0,5 come franco morto. La capacità residua tra le due quote di circa 2,4 Milioni di mc è destinata alla modulazione delle piene.

Il bacino idrografico captato dalla diga si estende su una superficie di circa 23 kmq su un dislivello che va dai 900 m s.l.m. del Monte Vagliamenti, dove nasce il Torrente Marroggia, ai 410 m s.l.m. del livello di massimo invaso della diga. Il lago artificiale prodotto dallo sbarramento si estende tra i comuni di Spoleto (PG) e Acquasparta (TR) ed è denominato anche come lago di Firenzuola, dal nome del borgo sovrastante.

Commessa	Rev.	Data	Documento	Redazione	Verifica	Approv.	Pagina
21 23 STG	00	28/09/2021	Relazione idraulica	FF	MDV	EG	4



Figura 2. Vista dello sbarramento da monte (fonte Consorzio di Bonificazione Umbra)

3 Dati acquisiti

L'impostazione e dello studio idraulico è stato basato sui seguenti dati:

- Nuvola di punti LiDAR in formato LAS (LiDAR Aerial Survey) dell'area di studio;
- Fogli 335 e 336 della Cartografia Tecnica Regionale in formato dwg;
- Planimetria e modello 3D dell'intervento di progetto.

4 Pericolosità idraulica dell'area di studio

L'autorità competente sul territorio in cui si localizzano gli interventi in progetto è l'Autorità del Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale. L'area di studio è inquadrata all'interno della tavola 30 del Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) del Fiume Tevere e redatto da Regione Umbria, Consorzio della Bonificazione Umbra e Università degli Studi di Firenze.

Lo studio alla base delle mappe di allagabilità è molto dettagliato sia dal punto visto idrologico che idraulico. Il modello idrologico prende in considerazione varie metodologie mettendo a confronto i risultati di modelli cinematici e di modelli basati sull'idrogramma unitario, tenendo in considerazione per la taratura l'analisi delle serie storiche e dei singoli eventi di piena registrati dalla rete di monitoraggio idropluviometrica presente nel bacino Topino-Marroggia.

Il modello idraulico è stato costruito in moto vario avendo in ingresso gli idrogrammi definiti alla chiusura dei bacini minori e lungo le aste principali del reticolo idrografico.

Commessa	Rev.	Data	Documento	Redazione	Verifica	Approv.	Pagina
21 23 STG	00	28/09/2021	Relazione idraulica	FF	MDV	EG	5

Uno stralcio della planimetria delle fasce di esondazione del Torrente Marroggia nel tratto interessato dal presente progetto stradale è riportato di seguito.

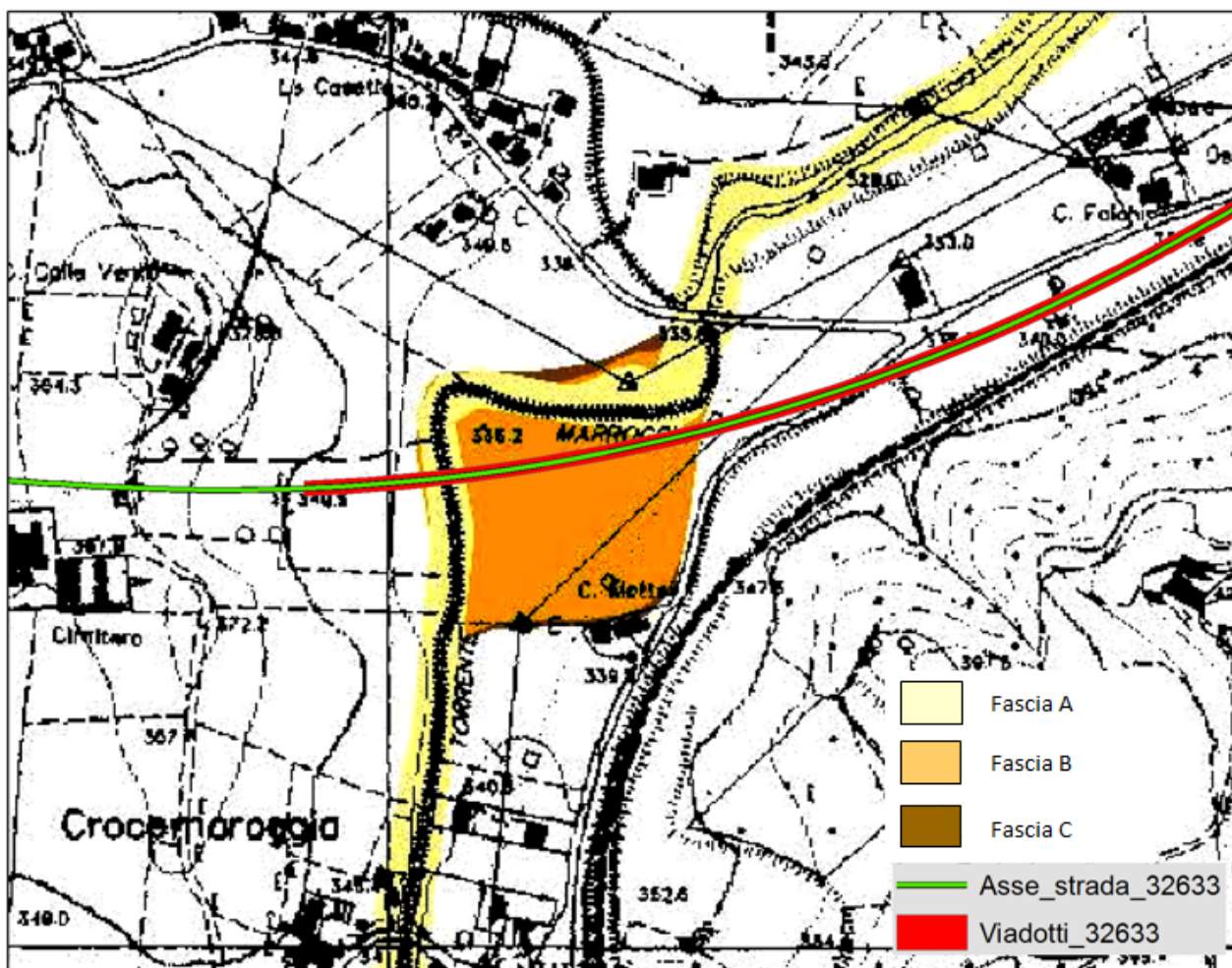


Figura 3. Stralcio PAI –TAV_PB30

5. Modellazione idraulica

La modellazione idraulica è stata effettuata mediante il software MIKE 21 del *Danish Hydraulic Institute* – DHI, certificato dalla F.E.M.A. (*Federal Emergency Management Agency*).

MIKE 21 è un programma modulare contenente diversi codici per la simulazione di corpi idrici per i quali sia possibile schematizzare il comportamento con l'approssimazione idrodinamica bidimensionale piana, per fluidi verticalmente omogenei: il numero "21" che contraddistingue il codice sta proprio ad indicare la bidimensionalità nel piano ("2") e la monodimensionalità lungo la verticale ("1").

Il modulo idrodinamico risolve le equazioni complete del moto di De Saint Venant in un caso bidimensionale piano non stazionario. Le equazioni del modello sono risolte alle differenze finite utilizzando

Commessa	Rev.	Data	Documento	Redazione	Verifica	Approv.	Pagina
21 23 STG	00	28/09/2021	Relazione idraulica	FF	MDV	EG	6

il metodo ADI (*Alternating Direction Implicit*). Il sistema di equazioni linearizzate che scaturisce dall'algoritmo è risolto con il metodo DS (*Double Sweep, Abbott, 1979*).

Il modulo idrodinamico (HD) consente di simulare le variazioni di livello e di corrente in risposta alle differenti tipologie di forzanti considerate. Il ricorso a una modellazione esclusivamente bidimensionale richiede informazioni topografiche di elevato dettaglio oltre che nelle aree golenali anche all'interno dell'alveo.

I dati di input da implementare nel modello si possono raggruppare nelle seguenti categorie:

- parametri temporali e del dominio (risoluzione della griglia di calcolo, time step, durata simulazione);
- fattori di calibrazione (bed resistance, viscosità turbolenta, ecc.);
- condizioni iniziali (livelli e campi di corrente);
- condizioni al contorno (livelli, portate);

L'utilizzo di un approccio di tipo bidimensionale, permette di indagare non solo l'intensità del fenomeno ma anche direzione e verso del vettore velocità in ogni cella della matrice. Ad esempio per ognuno degli elementi della griglia, sono rappresentate le variazioni temporali delle seguenti variabili:

- profondità e livelli idrici;
- flussi di corrente nelle direzioni principali;
- velocità di corrente e direzione

5.1 Costruzione del modello del terreno

La prima scelta progettuale prevista nell'approccio 2D consiste nello stabilire le dimensioni del dominio e della maglia con cui discretizzarlo. Tale scelta è di fondamentale importanza in quanto è in grado di influenzare direttamente i tempi computazionali: l'aumentare del passo della griglia determina una diminuzione dei tempi di calcolo a fronte di una minore accuratezza spaziale della soluzione. La scelta deve quindi essere un compromesso tra le due esigenze.

Analizzando l'area di studio si è ritenuto opportuno adottare una maglia quadrata di lato 4 m considerando l'estensione del dato LAS fornito.

5.1.1 Pre processing in GIS

Dalla nuvola dei punti in formato LAS è stato ricavato, mediante tools dedicati GIS, il dato raster con risoluzione di 1 m congruente a quella del dato rilevato. Si è proceduto poi ricampionando il modello digitale del terreno ottenuto con passo di 4 m per le motivazioni sopra descritte.

Commessa	Rev.	Data	Documento	Redazione	Verifica	Approv.	Pagina
21 23 STG	00	28/09/2021	Relazione idraulica	FF	MDV	EG	7

Una volta importata l'orografia del terreno, definita batimetria in MIKE 21, sono state effettuate operazioni di elaborazione dei dati al fine di escludere dal computo tutte le celle prive di elevazione o quelle decisamente distanti dall'area di studio.

5.1.2 Boundaries

La seconda azione in termini di importanza nell'impostazione di un modello idraulico bidimensionale consiste nella definizione delle condizioni al contorno. Il DTM è stato tagliato in modo da avere sul bordo occidentale il coronamento della diga (in corrispondenza del quale sarà assegnato l'idrogramma di piena) e sul bordo orientale in modo tale da intercettare ortogonalmente il deflusso. Ai fini delle stabilità del modello è essenziale infatti che il deflusso alle boundaries avvenga perpendicolarmente.

E' stata posta particolare attenzione alle celle di bordo, celle che sono state bloccate eccezion fatta per quelle selezionate per la definizione delle condizioni al contorno. In corrispondenza di questi tratti è stata modificata localmente l'elevazione delle celle, abbassandola, per poter assegnare un battente idrico tale assicurare la presenza di acqua durante l'intera simulazione favorendo così la stabilità del calcolo.

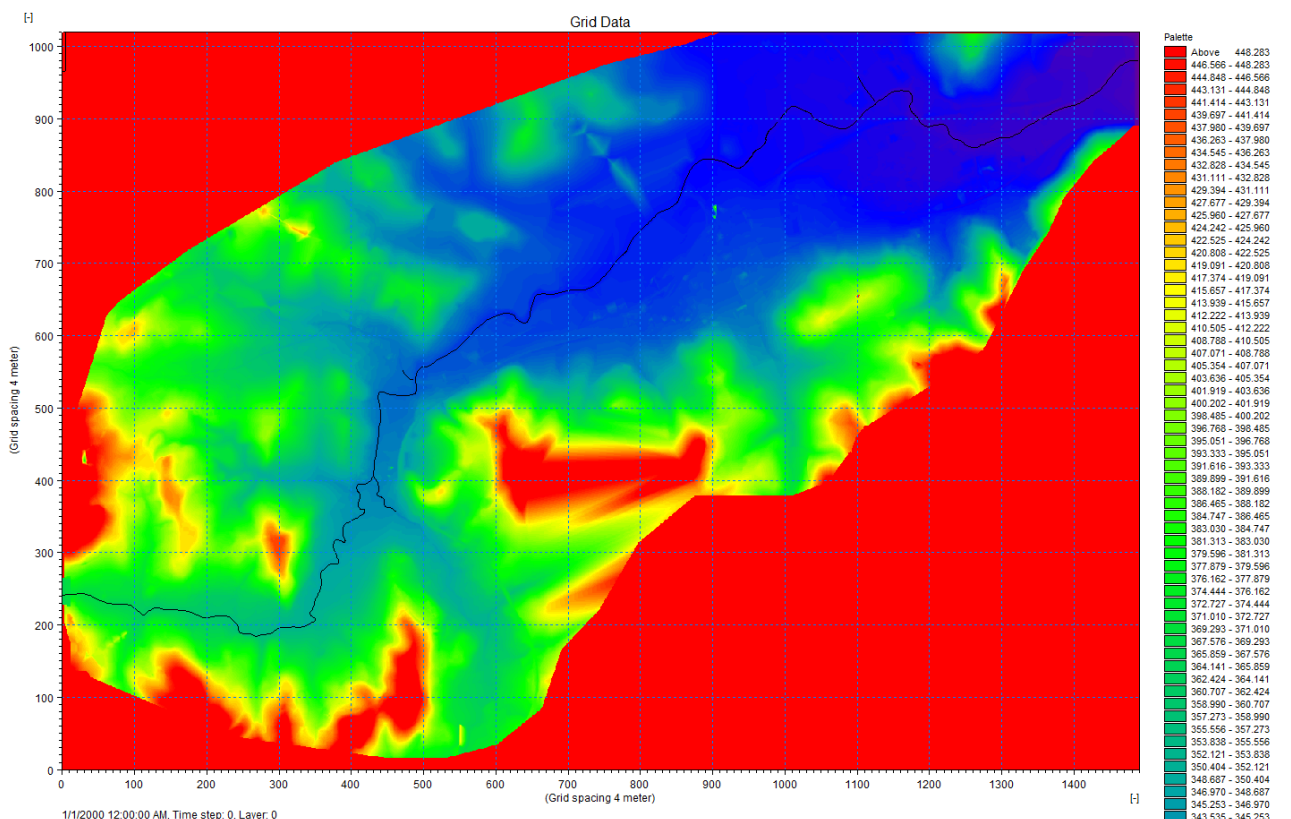


Figura 4. Batimetria- Configurazione Ante Operam

Per la simulazione dello scenario post operam è stata apportata una modifica alla batimetria finora costruita, sovrapponendo il modello digitale dell'opera di progetto. I tratti in viadotto sono stati modellati solo con la presenza delle pile per poter rappresentare correttamente la dinamica del deflusso tra di esse.

Commessa	Rev.	Data	Documento	Redazione	Verifica	Approv.	Pagina
21 23 STG	00	28/09/2021	Relazione idraulica	FF	MDV	EG	8

5.2 Idrogramma in ingresso

L'idrogramma di progetto è stato costruito sulla base di quanto illustrato nella relazione idrologica (elaborato A9JDE021).

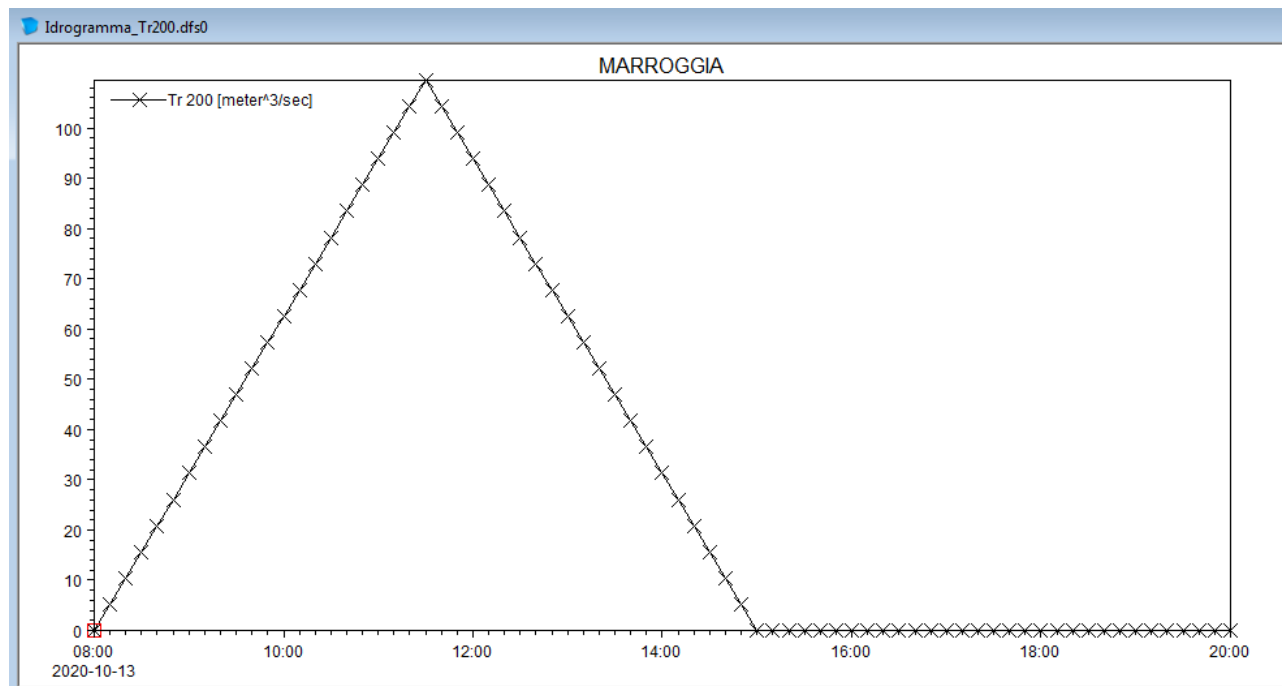


Figura 5. Idrogramma dovuto al collasso istantaneo dello sbarramento

5.3 Parametri di calibrazione

Il procedimento di taratura del modello idrodinamico MIKE 21 implica la messa a punto di un certo numero di parametri, primi fra tutti la scabrezza (in alveo e fuori alveo) e la viscosità cinematica.

5.3.1 Scabrezza

L'accuratezza con la quale viene definita la scabrezza influenza notevolmente il risultato della simulazione idrodinamica, in termini sia di estensione delle aree inondate, sia di distribuzione dei tiranti idrici e delle velocità di scorrimento.

Il software permette di assegnare ad ogni cella del dominio il coefficiente di Strickler k_s in base alla nota equazione di Chézy. La caratterizzazione delle condizioni di scabrezza è stata effettuata stimando il coefficiente di Gauckler-Strickler a partire da una stima del coefficiente di Manning, suo reciproco.

Per quanto concerne la scabrezza delle zone fuori alveo, si è fatto riferimento ai valori tabellati del coefficiente di Manning in funzione dell'uso del suolo¹ dai quali si è risaliti ai valori del coefficiente di

¹ Cfr S. Grimaldi et al. "Flow time estimation with spatially variable hillslope velocity in ungauged basins", Advances in Water Resources 33(2010) 1216-1223

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.903.3106&rep=rep1&type=pdf>

Commessa	Rev.	Data	Documento	Redazione	Verifica	Approv.	Pagina
21 23 STG	00	28/09/2021	Relazione idraulica	FF	MDV	EG	9

scabrezza di Strickler. Questi ultimi, nei modelli 2D, devono essere opportunamente incrementati per tener conto del fatto che sono già considerati gli effetti di resistenza al moto indotti da condizioni di moto non monodimensionale come turbolenza e moti vorticosi. Conseguentemente a quanto detto, i valori del coefficiente di Gauckler-Strickler 1D sono stati maggiorati del 10%. Nella tabella seguente si riportano i valori utilizzati in funzione delle classi di uso del suolo estratte in GIS in base alla Carta dell'Uso del Suolo del 2018 disponibile sul portale ISPRA.

ID CLC	Descrizione Corine Land Use	n	Ks 1D	Ks 2D	Ks progetto
		$m^{-1/3} s$	$m^{1/3} s^{-1}$	$m^{1/3} s^{-1}$	$m^{1/3} s^{-1}$
112	Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado	0.05	20.00	30.00	35
211	Seminativi in aree non irrigue	0.12	8.33	18.33	15
242	Sistemi colturali e particellari complessi	0.25	4.00	14.00	
243	Colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti	0.15	6.67	16.67	
311	Boschi di latifoglie	0.73	1.37	11.37	10
312	Boschi di conifere				
313	Boschi misti di conifere e latifoglie				

Tabella 1 - Valori dei coefficienti di scabrezza in funzione dell'uso del suolo

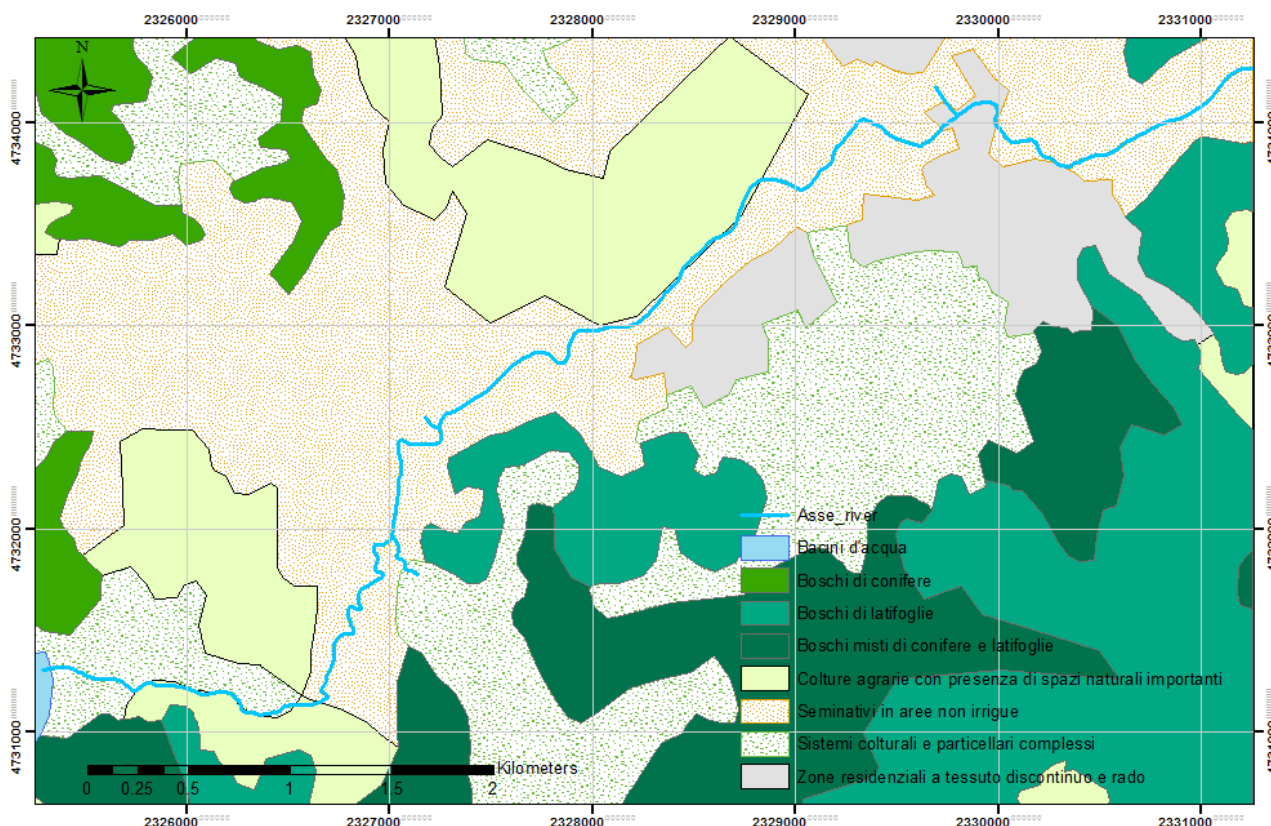


Figura 6. Classi di uso del suolo del CLC 2018

Commessa	Rev.	Data	Documento	Redazione	Verifica	Approv.	Pagina
21 23 STG	00	28/09/2021	Relazione idraulica	FF	MDV	EG	10

A partire dall'uso del suolo è stato dedotto il substrato informativo della scabrezza aggiungendo il campo della fascia fluviale.

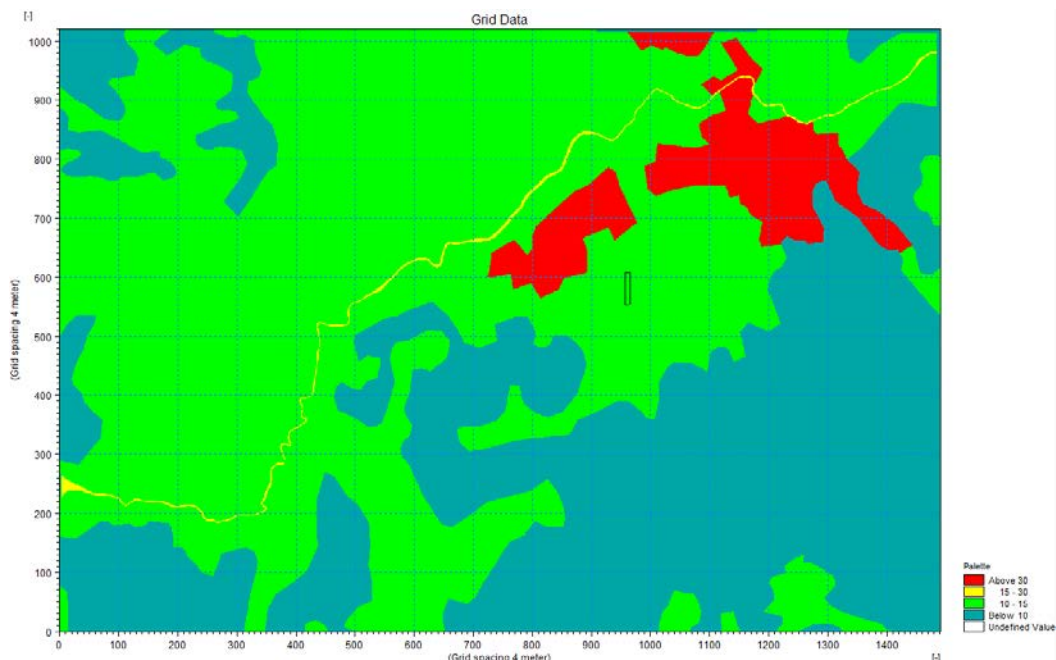


Figura 7. Carta delle scabrezze

5.3.2 Viscosità cinematica

La viscosità cinematica è stata assegnata in maniera uniforme al dominio considerando un valore costante pari a $0.5 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$ secondo la formulazione *velocity based*.

5.4 Simulazioni e risultati

Lo scenario corrispondente alla piena duecentennale del torrente Marroggia, supponendo la diga trasparente, è stato analizzato sia nell'assetto ante operam che post operam, adottando una finestra temporale di 12 ore. Si riportano le mappe dei tiranti e delle velocità massime asincrone ottenute.

Commessa	Rev.	Data	Documento	Redazione	Verifica	Approv.	Pagina
21 23 STG	00	28/09/2021	Relazione idraulica	FF	MDV	EG	11

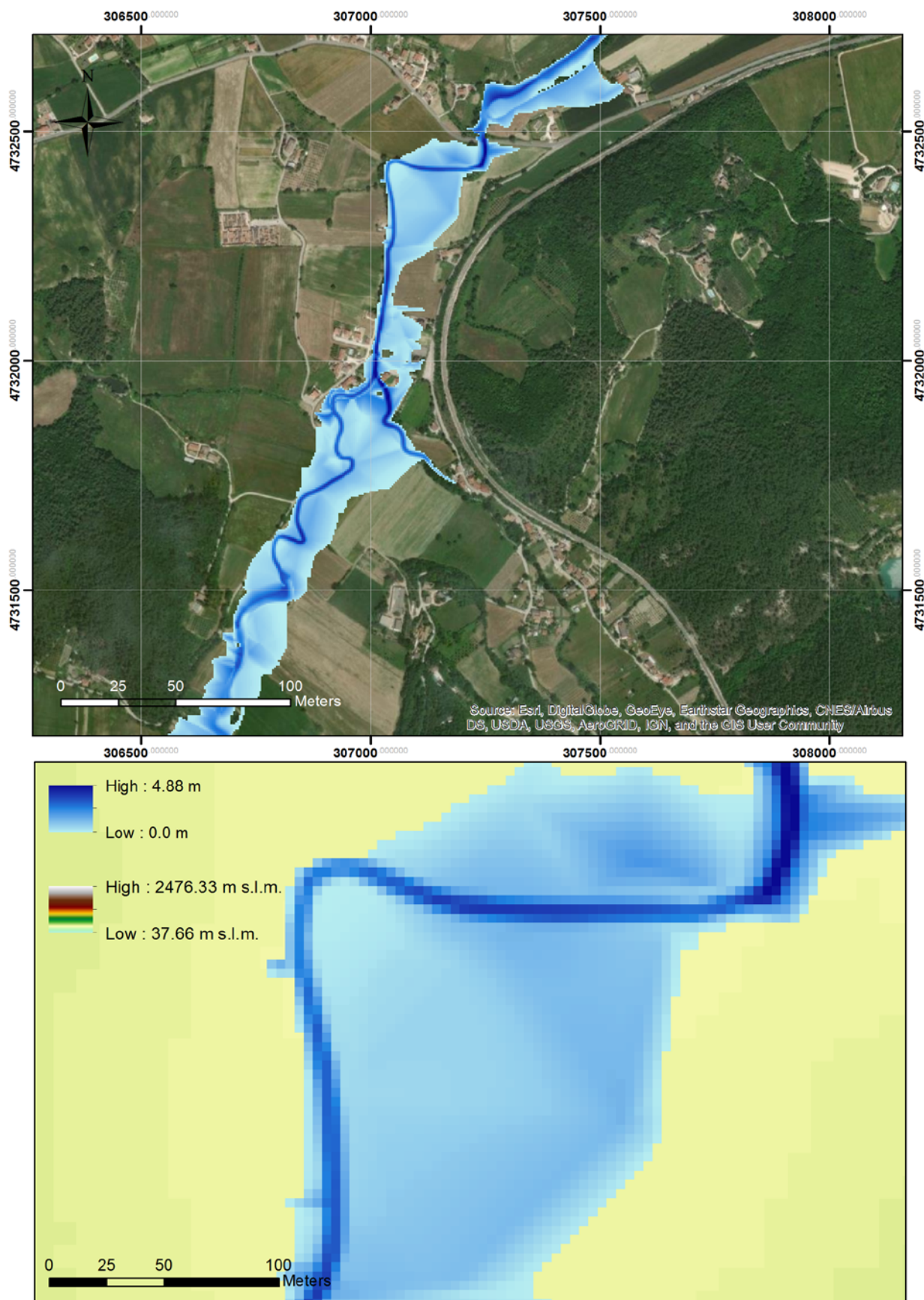


Figura 8. Tiranti massimi asincroni Ante operam

Commessa	Rev.	Data	Documento	Redazione	Verifica	Approv.	Pagina
21 23 STG	00	28/09/2021	Relazione idraulica	FF	MDV	EG	12

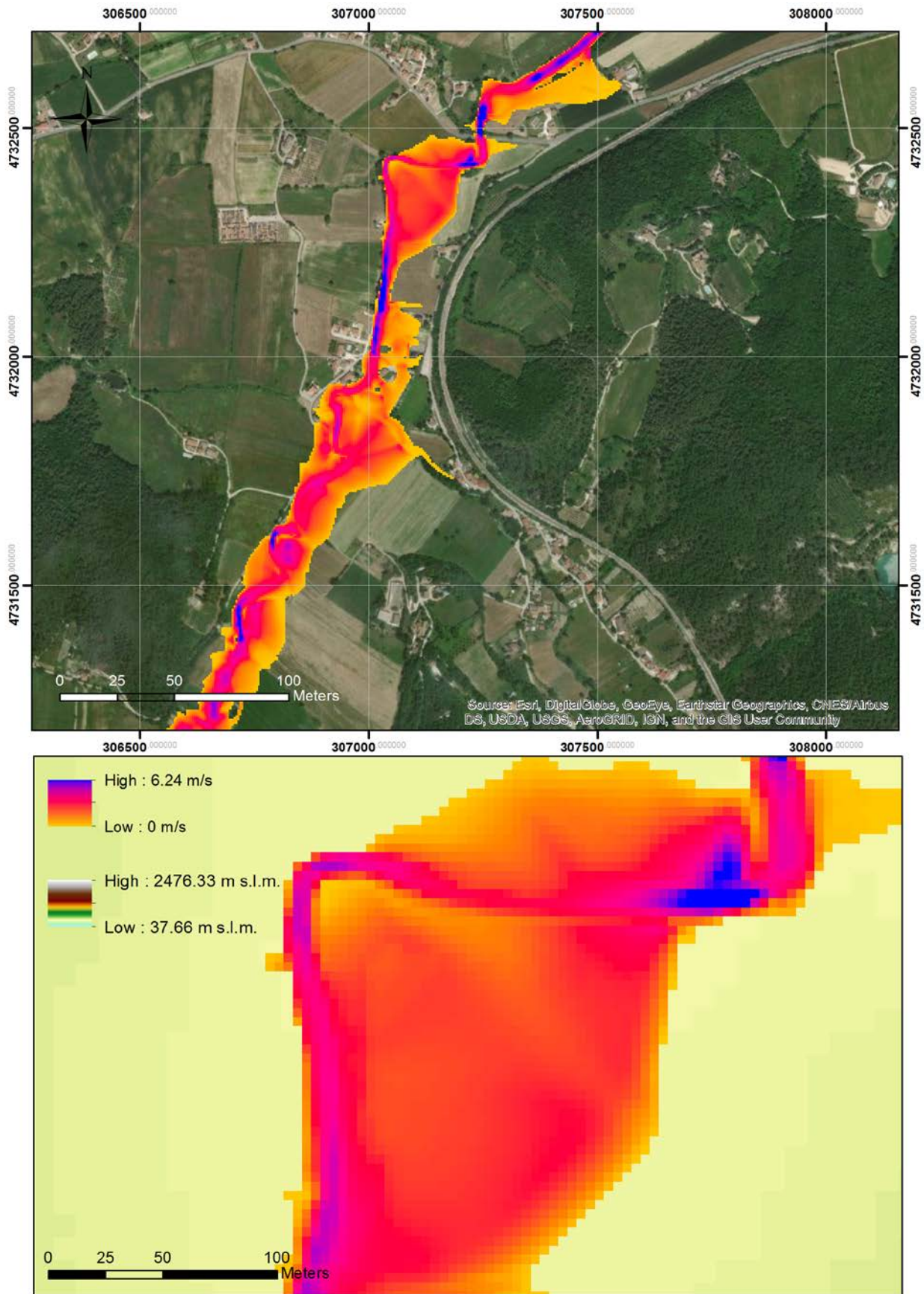


Figura 9. Velocità massime asincrone Ante Operam

Commessa	Rev.	Data	Documento	Redazione	Verifica	Approv.	Pagina
21 23 STG	00	28/09/2021	Relazione idraulica	FF	MDV	EG	13

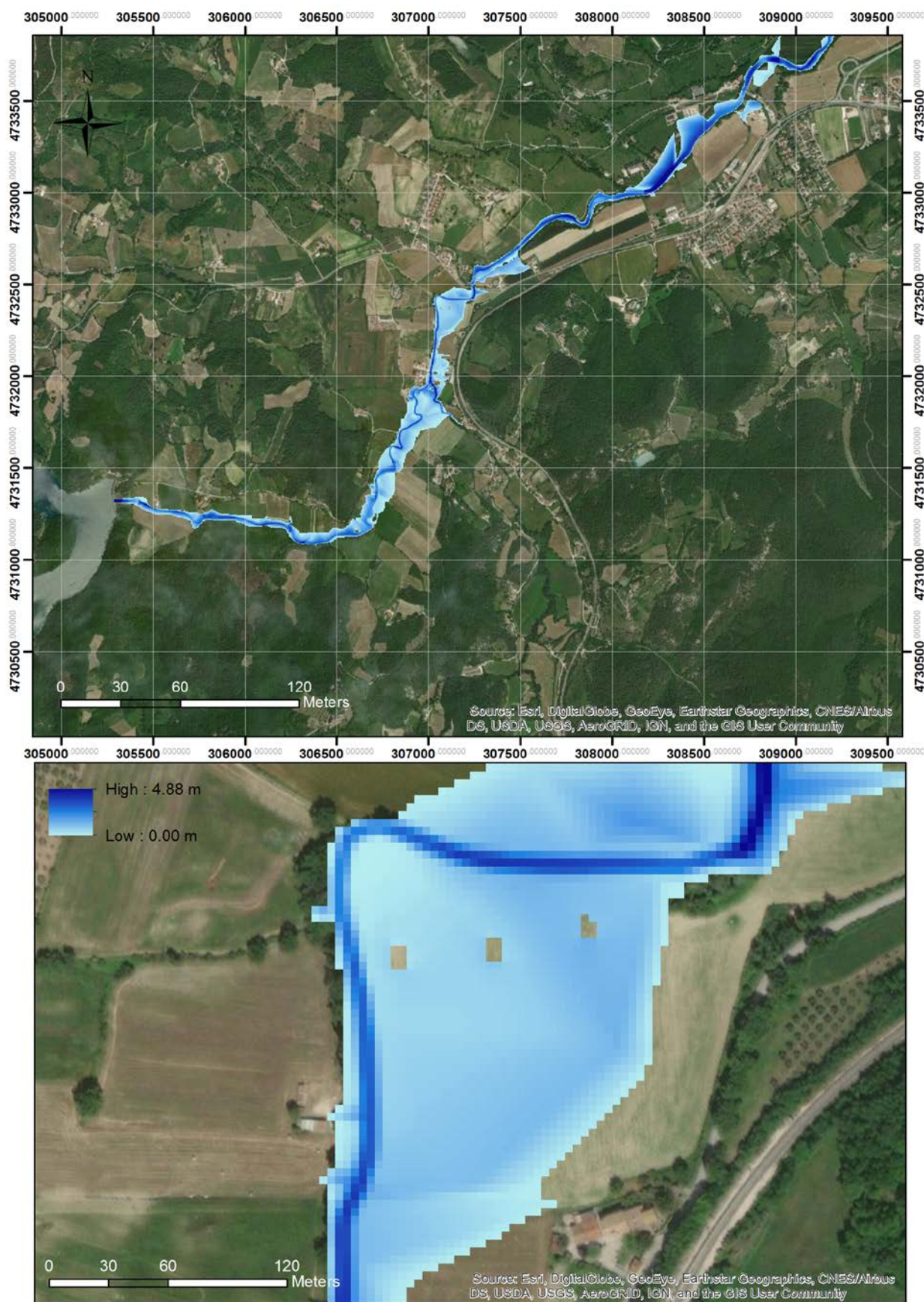


Figura 10. Tiranti massimi asincroni Post operam

Commessa	Rev.	Data	Documento	Redazione	Verifica	Approv.	Pagina
21 23 STG	00	28/09/2021	Relazione idraulica	FF	MDV	EG	14

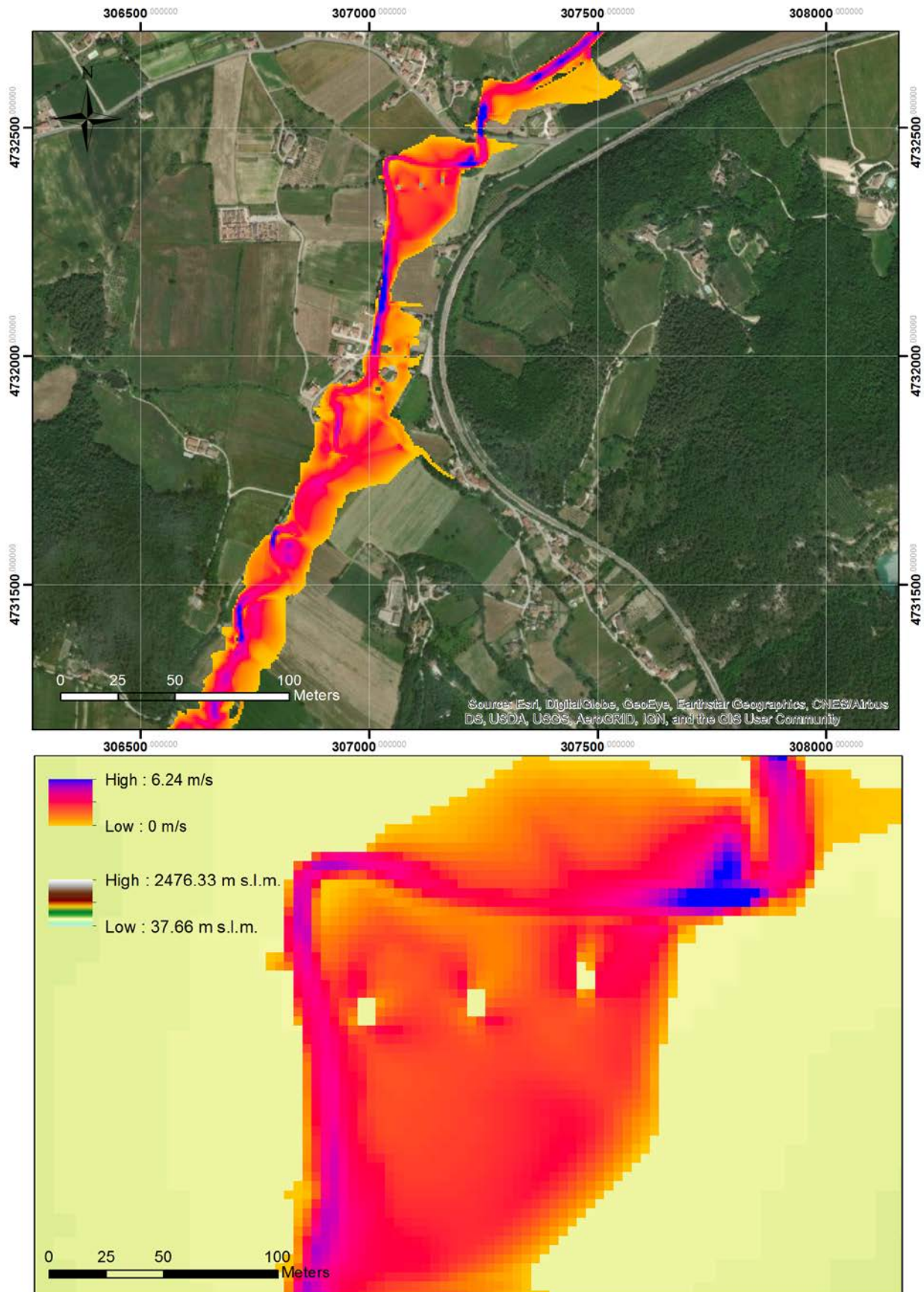


Figura 11. Velocità massime asincrone- Post Operam

Commessa	Rev.	Data	Documento	Redazione	Verifica	Approv.	Pagina
21 23 STG	00	28/09/2021	Relazione idraulica	FF	MDV	EG	15

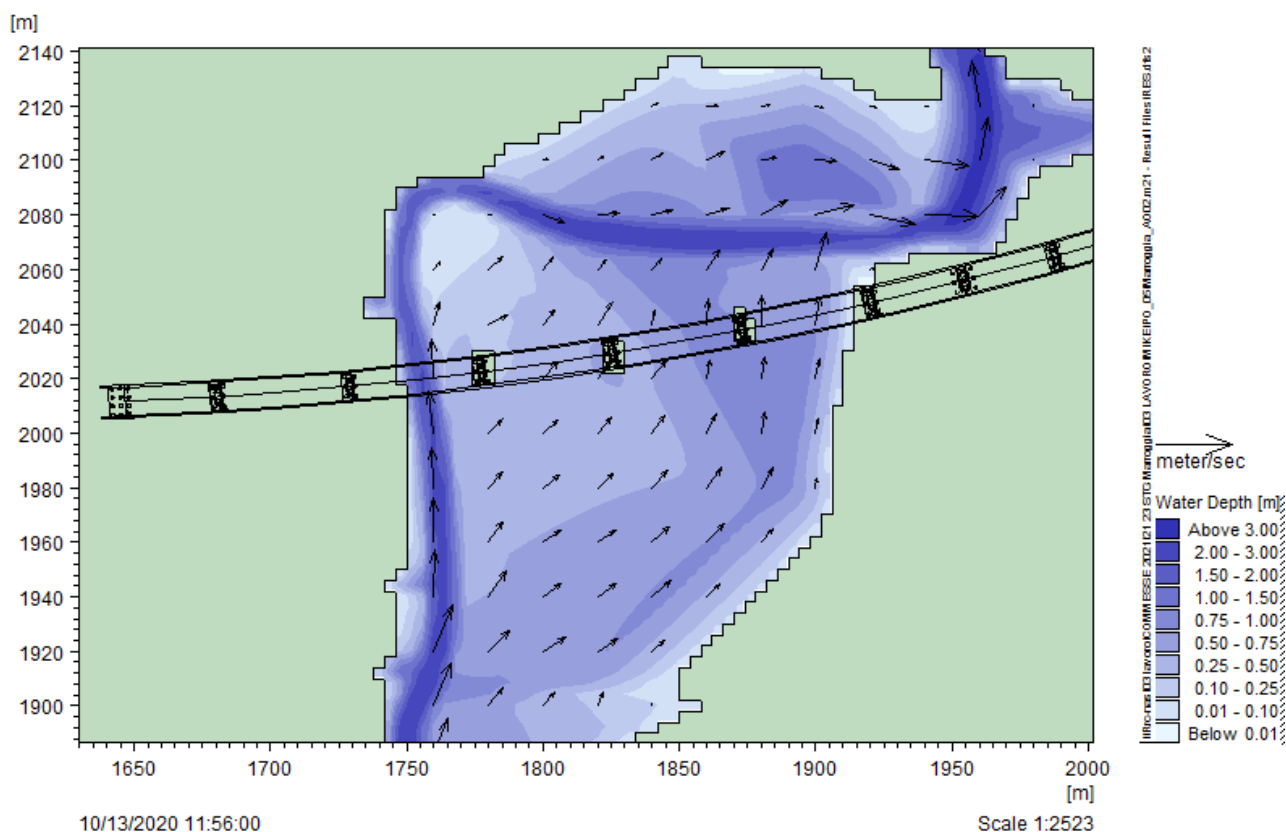


Figura 12. Fermo immagine del video della piena nell'assetto Post Operam

Nella figura 12 è rappresentato il fermo immagine del video della piena Tr 200, nell'assetto post operam, nell'istante in cui i tiranti e le velocità raggiungono il loro valore massimo nell'area golenale ove sono presenti le pile di progetto. Si evince come tre pile in particolare siano investite dal deflusso con direzione prevalente SW-NE e S-N rispettivamente per le due pile ovest e per la pila est.

L'area golenale è interessata da un allagamento con battente idrico medio di circa 50 cm: attorno alle pile ovest si riscontra un tirante massimo di circa 45 cm mentre sulla pila est si ha un valore di circa 85 cm. La velocità massima raggiunta attorno alle pile si attesta sul metro al secondo.

Commessa	Rev.	Data	Documento	Redazione	Verifica	Approv.	Pagina
21 23 STG	00	28/09/2021	Relazione idraulica	FF	MDV	EG	16