RegioneEmiliaRomagna

Agenzia Regionale per la Sicurezza Territoriale e la Protezione Civile

SERVIZIO COORDINAMENTO PROGRAMMI SPECIALI E PRESIDI DI COMPETENZA

DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA GIUNTA REGIONALE N. 40 DEL 13/03/2020 APPROVAZIONE DEL PIANO DEGLI INTERVENTI URGENTI – ANNUALITA' 2020 DI CUI ALL'ART. 2 COMMA 1 DPCM DEL 27 FEBBRAIO 2019 "ASSEGNAZIONE DELLE RISORSE FINANZIARIE DI CUI ALL'ART. 1 COMMA 1028 DELLA LEGGE 30 DICEMBRE 2018 N. 145 ."

TITOLO INTERVENTO:
"RIPRISTINO DELL'OFFICIOSITÀ IDRAULICA E DEL VERSANTE IN DESTRA IDRAULICA A MONTE E A VALLE DI PONTE SAVONIERO"
COMUNE DI PALAGANO (MO)
COD. INT. 15802

CUP: **CIG:**

Importo del finanziamento: € 335.000,00

1) Relazione idrologica e idraulica

GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

Geom. Ferretti William
(Progettista responsabile)

ing. Monia Rivoli
(Collaboratore)

ing. Andrea Artusi
(supporto tecnico)
(*firmato digitalmente*)

Data, 12/06/2020

Visto di validazione

(art. 26 co. 8 D.Lgs 50/2016)

Il Responsabile Unico del Procedimento
(Dott.ssa Rita Nicolini)

Sommario

1. PREMESSA 2

2. ANALISI IDROLOGICA 7

2.1. DESCRIZIONE DEL BACINO IDROGRAFICO 7

2.3. DEFINIZIONE DELLA CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA 11

2.5. STIMA DELLA PORTATA DI MASSIMA PIENA 13

3. VERIFICHE IDRAULICHE BIDIMENSIONALI IN MOTO VARIO DELLO STATO DI PROGETTO 16

3.1. STATO DI PROGETTO – Q=178 mc/s – PTCP MODENA – TR 100 ANNI 18

3.2. STATO DI PROGETTO – Q=265 l/s – PAI – TR 100 ANNI 22

3.3. STATO DI PROGETTO – Q=290 l/s – PAI – TR 200 ANNI 25

4. CONCLUSIONI 28

1. PREMESSA

La presente relazione illustra gli effetti degli interventi in progetto volti al ripristino dell'officiosità idraulica e del versante in destra idraulica del Torrente Dragone a monte e a valle di Ponte Savoniero in Comune di Palagano.

Si riporta di seguito un inquadramento aerofotogrammetrico e fotografico della porzione di torrente oggetto di studio e un immagine aerea di maggiore dettaglio che individua un tratto del corso d'acqua idraulicamente a monte del ponte sulla SP28 ove sulla scarpata in destra idraulica sono evidenti i segni di erosione in atto.

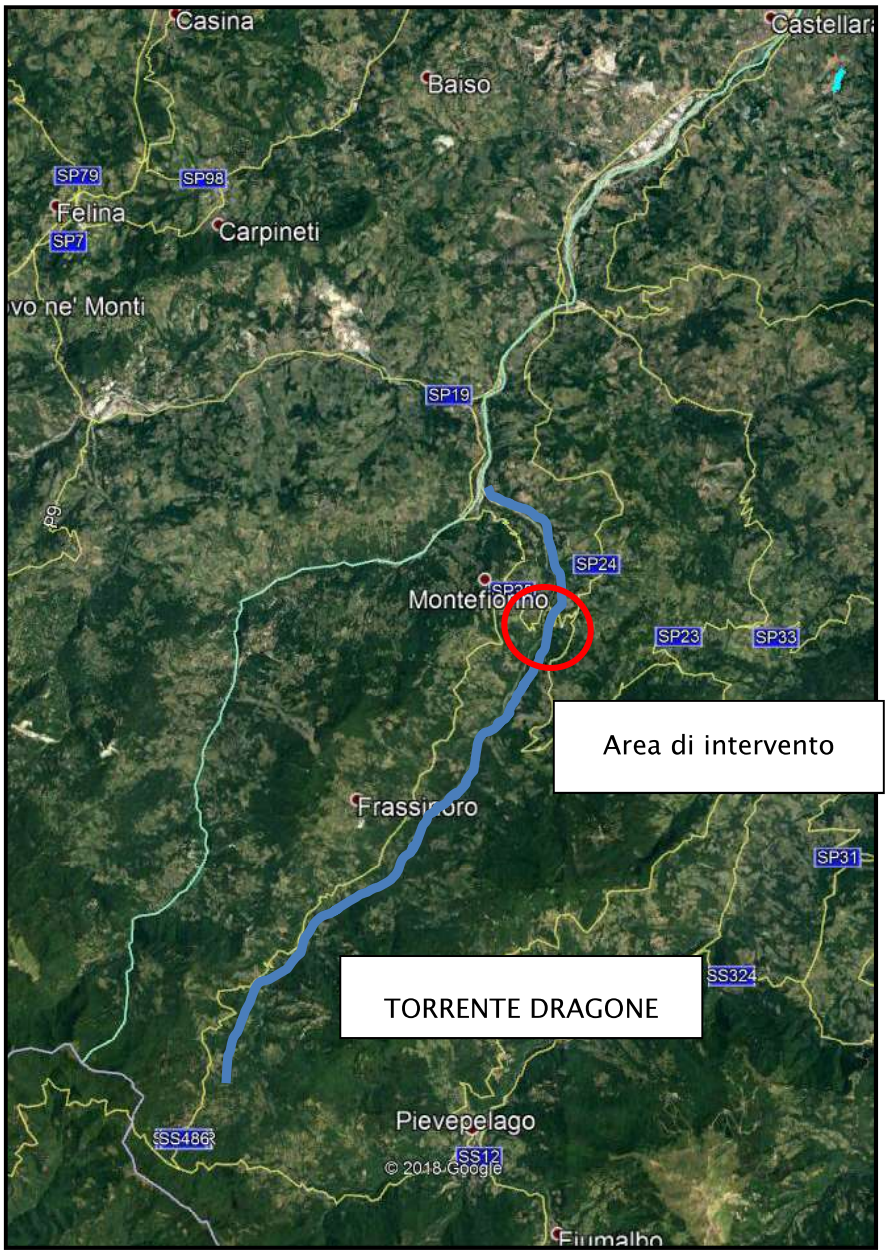


FIGURA 1 - ORTOFOTO – TORRENTE DRAGONE – FONTE: GOOGLE EARTH.

FIGURA 2 – INQUADRAMENTO FOTOGRAFICO AEREO DELL'AREA OGGETTO DI INTERVENTO.

FIGURA 3: INQUADRAMENTO FOTOGRAFICO DI DETTAGLIO DELL'AREA OGGETTO DI INTERVENTO.

Il presente studio nasce dall'esigenza di valutare le condizioni post-operam di deflusso delle portate al colmo nell'alveo del Torrente Dragone in corrispondenza delle sezioni oggetto di studio (Lat. 44°20'58"N - Long. 10°38'46"E), pervenendo alla definizione del profilo altimetrico della vena liquida in alveo, allo scopo di un corretto dimensionamento delle opere di difesa idraulica previste.

Il consolidamento della scarpata in oggetto è previsto tramite la posa di massi ciclopici a base piana di dimensioni minime pari a 0.25mc, intasati con boiacca cementizia fino ad una altezza superiore con congruo franco di sicurezza al livello del pelo libero che si attende durante il transito delle portate di progetto con riferimento a tempo di ritorno 200 anni. Al di sopra di tale quota, gli stessi massi ciclopici manterranno la stessa disposizione ma con posa "a secco".

Si riporta di seguito una sezione tipologica delle opere di consolidamento, rimandando agli elaborati progettuali di dettaglio per maggiori approfondimenti.

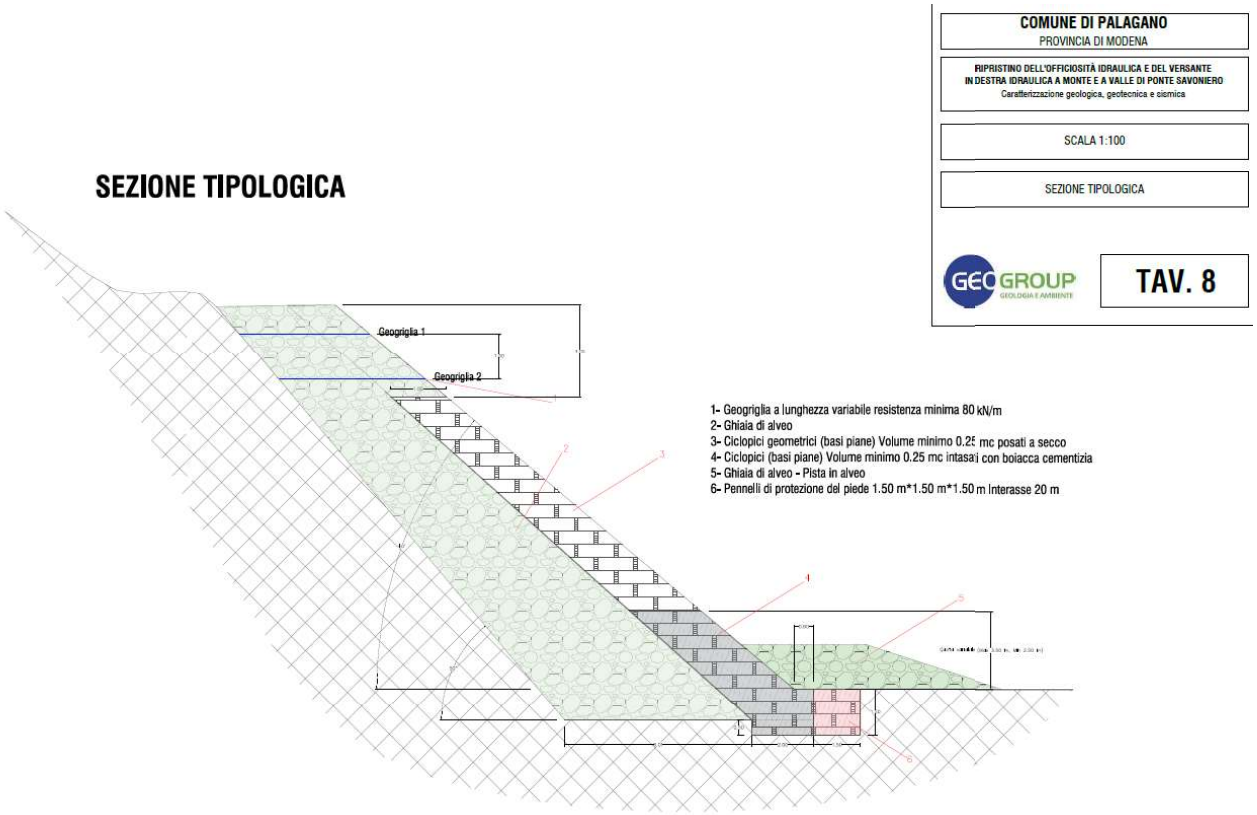


FIGURA 4: SEZIONE TIPOLOGICA DELLE OPERE DI CONSOLIDAMENTO IN DESTRA IDRAULICA PREVISTE A

2. ANALISI IDROLOGICA

Le considerazioni e le stime numeriche di seguito riportate sono volte a stimare possibili idrogrammi di piena che insistono sul Torrente Dragone nel tratto oggetto di studio e definire i valori al colmo di portata attesi. L'analisi idrologica è stata condotta secondo metodi semplificati a partire dalla statistica sulla pluviometria per assegnato tempo di ritorno.

Nei paragrafi seguenti si descriveranno gli aspetti di idrologici di bacino, i metodi di calcolo utilizzati e le modellazioni matematiche idrauliche eseguite per differenti portate di riferimento (Tr = 100 anni e Tr =200 anni).

2.1. DESCRIZIONE DEL BACINO IDROGRAFICO

Il Torrente Dragone è un corso d'acqua che scorre nella vallata dell'appennino modenese percorsa dalla SP 486 R, ex SS 486, strada dalla quale si può raggiungere il Passo delle Radici e quindi il confine con la Regione Toscana.

Il bacino idraulico del Dragone a sud è delimitato proprio dal crinale di confine con la Regione Toscana, mentre ad est e a ovest corrono i crinali delle montagne che separano il bacino idraulico di interesse rispettivamente dal bacino idraulico del Torrente Scoltenna e da quello del Torrente Dolo. Il bacino è caratterizzato per metà circa da aree boschive, mentre per il resto sono presenti ampie zone adibite a pascolo o a aree non coltivate. Si tratta di un bacino fondamentalmente di tipo montano, con versanti piuttosto acclivi e buone velocità di scorrimento dell'acqua.

L'estensione del bacino preso in esame con sezione di chiusura poco a monte rispetto alla zona in in esame ha un'estensione di circa 105 km.^{2}

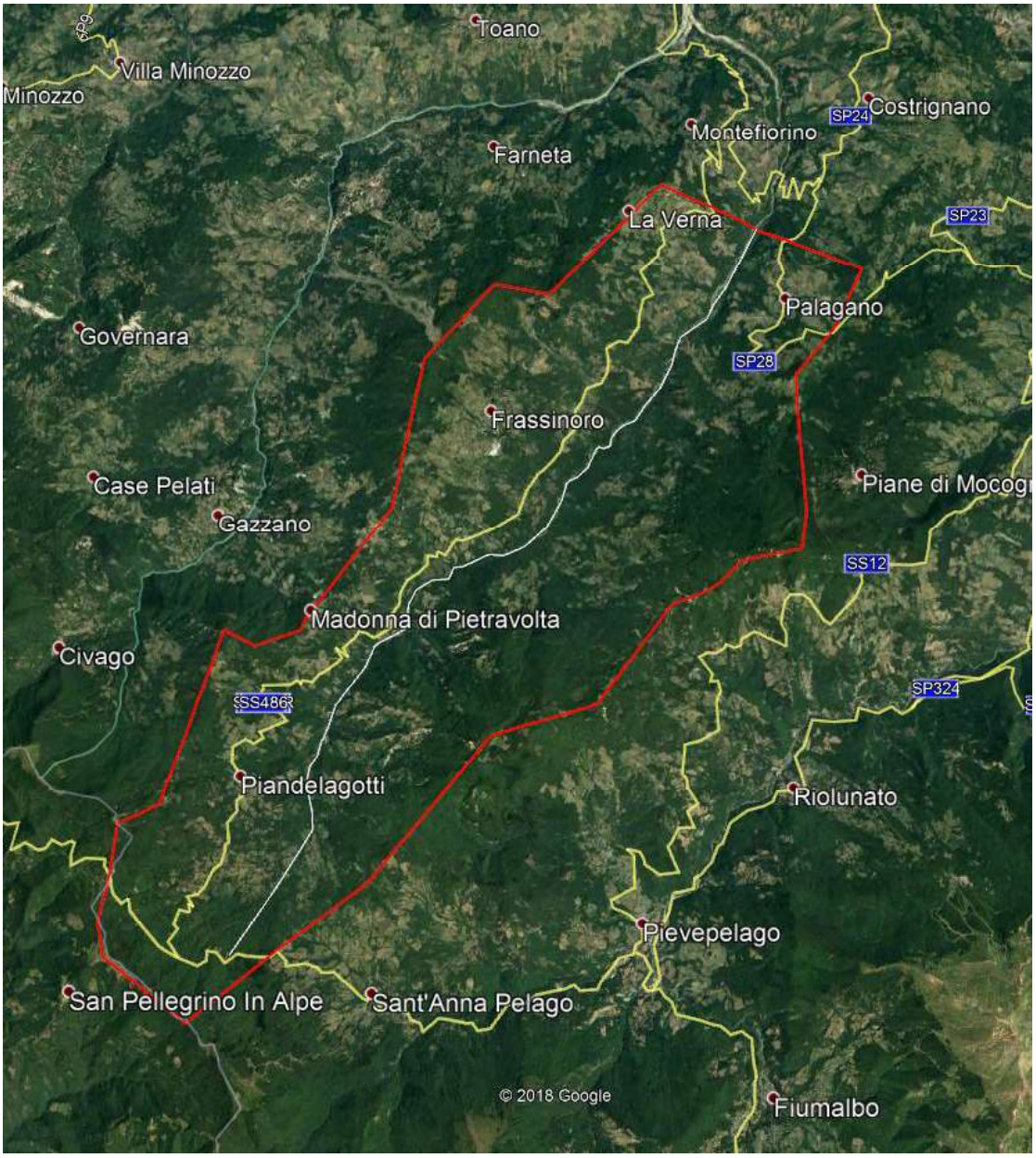


FIGURA 5 - BACINO IDROLOGICO DEL TORRENTE DRAGONE.

Le principali caratteristiche del bacino idrografico possono essere riassunte nel valore della superficie, della lunghezza e della pendenza dell'asta principale nonchè della pendenza dei diversi versanti. Con tali caratteristiche è possibile calcolare il tempo di corrivazione e quindi la pioggia critica per i bacini considerati. A tale scopo, le considerazioni addotte mediante le formule di Giandotti e di Pezzoli sono del tutto condivisibili e forniscono stime di valori minimi e massimi per i tempi di corrivazione. Le caratteristiche geometriche ed i relativi tempi di corrivazione sono riportati nella tabella 1.

Caratteristiche morfometriche		
Superficie (*S*)	km^2	105
Lunghezza Asta (*L*)	km	20
Quota min percorso idraulico (*H0*)	m slm	444
Quota max percorso idraulico	m slm	1125
Quota max bacino	m slm	1680
Pend. media asta principale (*P,i*)	%	3,4
Quota media bacino (*Hm*)	m slm	1062
Calcolo tempi di corrivazione		
Tempo Corrivaz. (Giandotti)	h	3.57
Tempo Corrivaz. (Pezzoli)	h	5.97
Tempo Corrivaz. (Kirpich)	h	3.95

TABELLA 1 - CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE DEL BACINO E CALCOLO TEMPI DI CORRIVAZIONE

Si riportano di seguito le formule sopra citate:

$$t_c = \frac{4 \cdot \sqrt{S} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot \sqrt{Hm - H0}}$$

Giandotti

$$t_c = 0{,}055\,\frac{L}{i^{0,5}}$$

Pezzoli

$$t_c = 0.02221 \cdot \left(\frac{L}{\sqrt{P}}\right)^{0.8}$$

Kirpich

FIGURA 6 - PROFILO ALTIMETRICO DEL TORRENTE DRAGONE.

2.3. DEFINIZIONE DELLA CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

Per la valutazione della curva pluviometrica in base alla quale calcolare la massima portata al colmo nella sezione di chiusura, si è fatto riferimento ai valori riportati nel PTCP della Provincia di Modena per piogge di durata superiore a 1 ora e con Tr=100 anni.

L'equazione della curva pluviometrica è:

$$h_{TR100,PTCP} = aT^n = 55.25T^{0.216}$$

Tempo Ritorno	a1 (mm/h)	n1	a2 (mm/h)	n2
[anni]	[t<1 h]	[t<1 h]	[t>1 h]	[t>1 h]
2	23.54	0.355	22.20	0.300
5	33.15	0.345	31.05	0.263
10	39.50	0.342	36.90	0.245
20	45.60	0.340	42.50	0.235
50	53.50	0.339	49.80	0.245
100	59.44	0.338	55.25	0.216

TABELLA 2 - PARAMETRI DELLA CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA DERIVATI PER L'AREA IN OGGETTO DAL PTCP DELLA PROVINCIA DI MODENA - FONTE: PTCP PROVINCIA DI MODENA.

Al contempo, sono state effettuate considerazioni idrauliche con riferimento alle curve di possibilità pluviometrica riportate nel Piano Ambito per l'assetto Idrogeologico PAI (stazione di misura Piandelagotti in quanto maggiormente rappresentativa) per il medesimo bacino idrologico con riferimento ad eventi di tempo di ritorno 100 e 200 anni la cui espressione analitica risulta rispettivamente:

$$h_{TR100,PAI} = aT^n = 59.11T^{0.475}$$

e

$$h_{TR200,PAI} = aT^n = 64.77T^{0.473}$$

Stazione di misura		T = 20 anni		T = 100 anni		T = 200 anni		T = 500 anni	
Cod.	Denominazione	a	n	a	n	a	n	a	n
1921	Ligonchio	41.99	0.463	53.66	0.454	58.63	0.451	65.21	0.448
1922	Castelnuovo Monti	39.49	0.259	50.62	0.238	55.38	0.232	61.65	0.225
1926	Fontanaluccia Diga	44.23	0.355	57.11	0.339	62.61	0.334	69.86	0.329
1930	Farneta C.Le	38.17	0.357	47.99	0.357	52.25	0.357	57.74	0.357
1932	Piandelagotti	45.88	0.482	59.11	0.475	64.77	0.473	72.24	0.471
1937	Pavullo Nel Frignano	43.07	0.336	55.65	0.334	61.01	0.334	68.09	0.333
1942	Sassuolo	33.62	0.375	42.36	0.374	46.08	0.373	51.01	0.373
1958	Moglia Di Sermide	40.85	0.254	53.15	0.246	58.34	0.244	65.35	0.240
1971	Strettara C.Le	50.53	0.263	66.72	0.249	73.61	0.245	82.76	0.241
1973	Sestola	45.50	0.347	58.17	0.333	63.66	0.329	70.91	0.324
1985	Guiglia Staz.Agraria	45.54	0.330	59.26	0.327	65.10	0.326	72.81	0.325
1993	Modena (Burana)	46.29	0.248	59.74	0.244	65.46	0.242	73.06	0.241

TABELLA 3: PARAMETRI DELLA CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA DERIVATI PER L'AREA IN OGGETTO DAL PAI.

2.5. STIMA DELLA PORTATA DI MASSIMA PIENA

La portata viene stimata tramite la formula razionale, derivata direttamente dal metodo cinematico, nell'ipotesi che la precipitazione critica sul bacino sia quella con durata pari al tempo di corrivazione.

$$Q_{max} = 0.278\frac{khS}{T_c}$$

Con :

- S=superficie [km^2]
- h=altezza di pioggia [mm]
- k=coefficiente di deflusso
- T_c=tempo di corrivazione [ore]
- Q_{max}=portata di massima piena [mc/s]

Per quanto riguarda la valutazione del coefficiente di deflusso si è fatto riferimento al metodo Curve Number (CN), come anche indicato dal PTCP

Avendo considerato come tipo di suolo quello individuato con la lettera B (*Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel Gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione*.), dalla tabella seguente si ottiene:

Aree extra urbane				
Tipo di copertura (uso del suolo)	Tipo di suolo			
	A	B	C	D
Terreno coltivato:				
senza interventi di conservazione	72	81	88	91
con interventi di conservazione	62	71	78	81
Terreno da pascolo: cattive condizioni	68	79	86	89
buone condizioni	39	61	74	80
Praterie buone condizioni	30	58	71	78
Terreni boscosi o forestati:				
terreno sottile, sottobosco povero, senza foglie	45	66	77	83
sottobosco e copertura buoni	25	55	70	77
Spazi aperti, prati rasati, parchi: buone condizioni con almeno il 75% dell'area con copertura erbosa	39	61	74	80
condizioni normali, copertura erbosa attorno al 50%	49	69	79	84

TABELLA 4 - VALORI DEL CN PER TIPO DI SUOLO – FONTE: PTCP PROVINCIA DI MODENA.

CN=67 (valore medio tra quelli individuati in rosso)

Si determina il coefficiente di deflusso come il rapporto tra l'altezza di pioggia netta e l'altezza di pioggia nel T_c:

$$k = \frac{h_n}{h}$$

Si riportano le formule per il calcolo di h_n secondo la teoria del metodo CN:

$$SI = 25.4\left[\left(\frac{1000}{CN}\right) - 10\right]$$

$$h_n = \frac{(h - i_a)^2}{h - i_a + SI}$$

$$i_a = \beta \cdot SI$$

Dove:

- SI=altezza di pioggia massima immagazzinabile nel suolo in condizioni di saturazione (capacità di ritenzione potenziale) [mm]
- I_a=perdita iniziale [mm]
- β = coeff. Adimensionale che varia tra 0.1 e 0.2 (il valore 0.1 è più prudenziale)

Il coefficiente di deflusso risulta essere:

$$k = \frac{h_n}{h} = \frac{19.57}{72.73} = 0.27$$

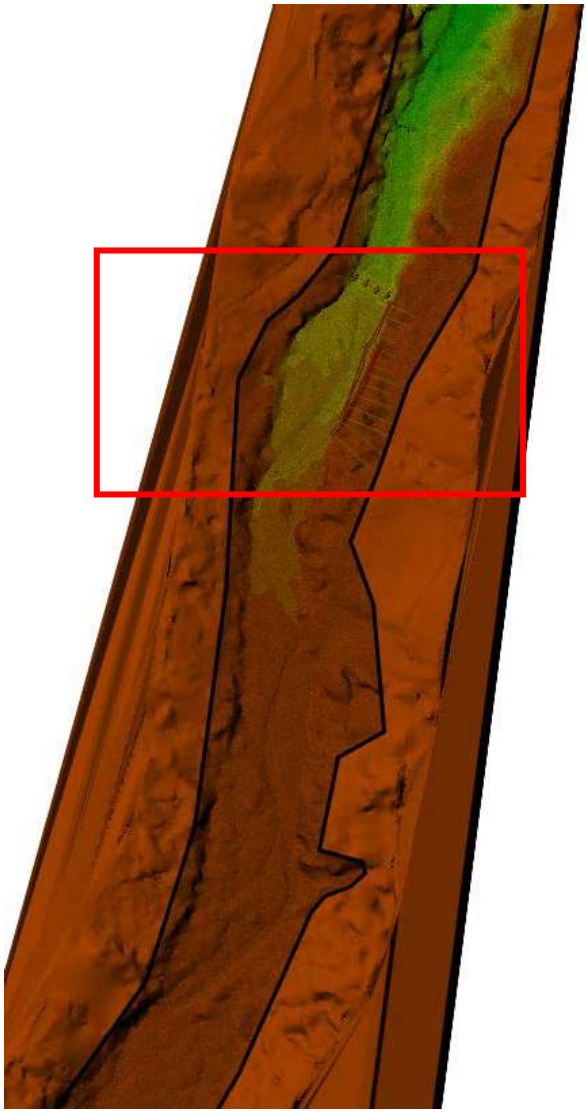
Per il calcolo di Q_{max} si assume cautelativamente un coefficiente di deflusso pari a 0.30.

Si ricava quindi, nelle tre diverse ipotesi di curve di possibilità climatica:

	PTCP MO – TR100	PAI – TR100	PAI – TR200
Q [mc/sec]	178,40	265,37	290,05

TABELLA 5: PROSPETTO RIASSUNTIVO DELLE PORTATE DI PROGETTO PER DIVERSE FONTI E TEMPI DI RITORNO.

3. VERIFICHE IDRAULICHE BIDIMENSIONALI IN MOTO VARIO DELLO STATO DI PROGETTO



E' stato investigato un tratto d'alveo di sviluppo pari a 2 km circa a partire da 1 km a monte del nuovo ponte di Savoniero sulla SP 28 fino a 900 m circa a valle dello stesso.

FIGURA 7: MODELLO DIGITALE DEL TERRENO DELL'ALVEO DEL TORRENTE DRAGONE NEL TRATTO OGGETTO DI STUDIO.

Nel presente capitolo sono presentati i risultati delle verifiche idrauliche bidimensionali in moto vario condotte allo stato di progetto concentrando l'analisi sulle sezioni oggetto di intervento di difesa in destra idraulica (tratta d'alveo di lunghezza pari a 150 m a monte del nuovo ponte).

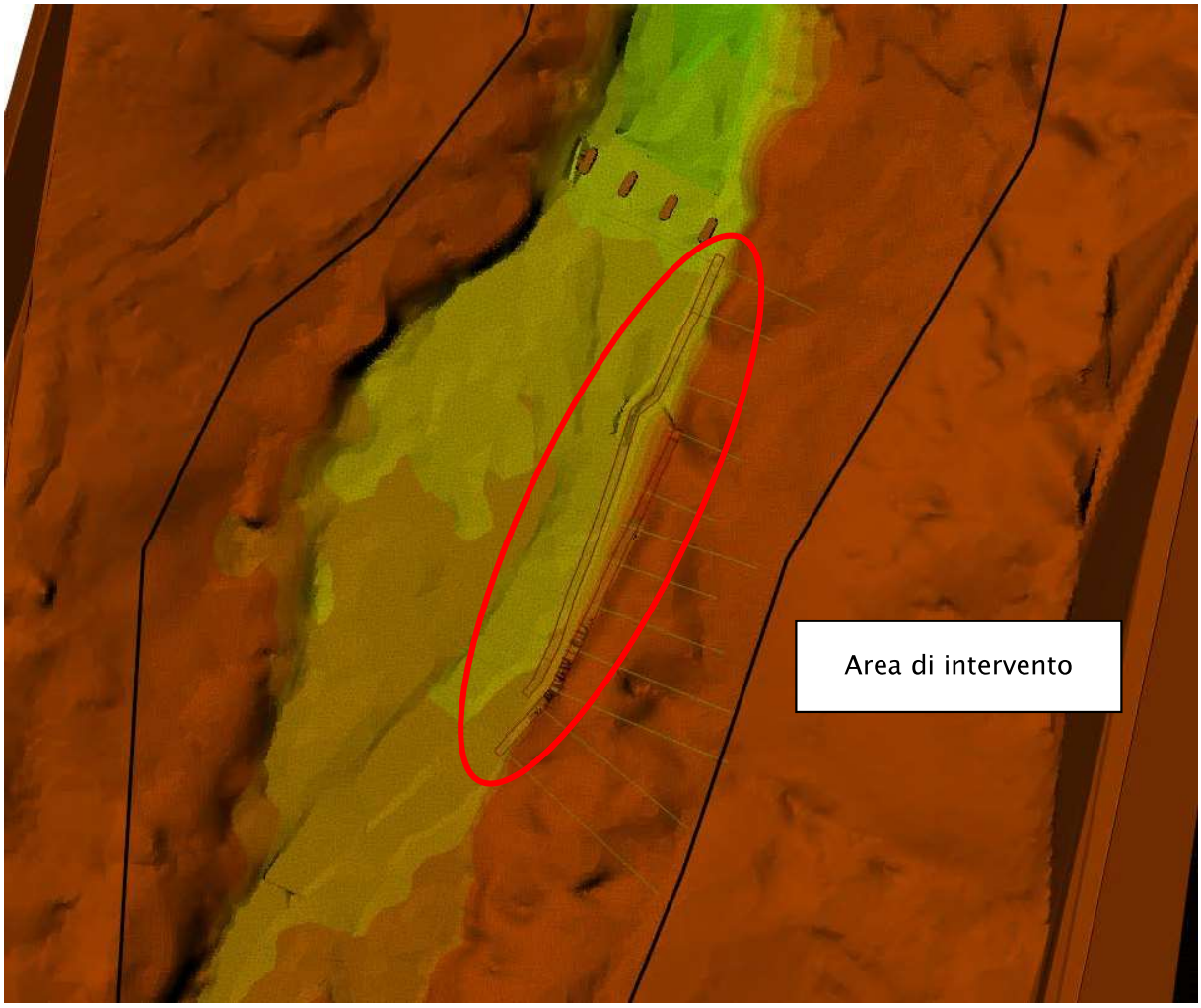


FIGURA 8: MODELLO DIGITALE DEL TERRENO DELL'ALVEO DEL TORRENTE DRAGONE. DETTAGLIO DELL'AREA OGGETTO DI INTERVENTO.

3.1. STATO DI PROGETTO – Q=178 mc/s – PTCP MODENA – TR 100 ANNI

Nella presente simulazione idraulica bidimensionale, le opere di consolidamento previste a progetto risultano compiutamente definite dal punto di vista geometrico. A favore di sicurezza non sono stati tenuti in considerazione i movimenti terra previsti nella porzione centrale dell'alveo che conducono ad un generale lieve approfondimento del fondo oltre ad una generale regolarizzazione dello stesso.

Gli effetti di tale approssimazione determinano simulazioni numeriche caratterizzate da un andamento del pelo libero più irregolare sia longitudinalmente che trasversalmente e generalmente più alto rispetto alle condizioni reali.

Per completezza di trattazione si riporta nel seguente prospetto la quota massima attesa del pelo libero in corrispondenza della sponda destra con riferimento alle sezioni trasversali di progetto ritenute essere maggiormente significative.

Sezione n. [-] (da monte verso valle)	Quota del pelo libero atteso [m s.l.m.] per Q=178mc/sec
9T	+425.0
6T	+424.5
4T	+424.1
3T	+422.5

TABELLA 6: PROSPETTO RIASSUNTIVO DELLE QUOTE DEL PELO LIBERO ATTESO PER LA SIMULAZIONE IN OGGETTO.

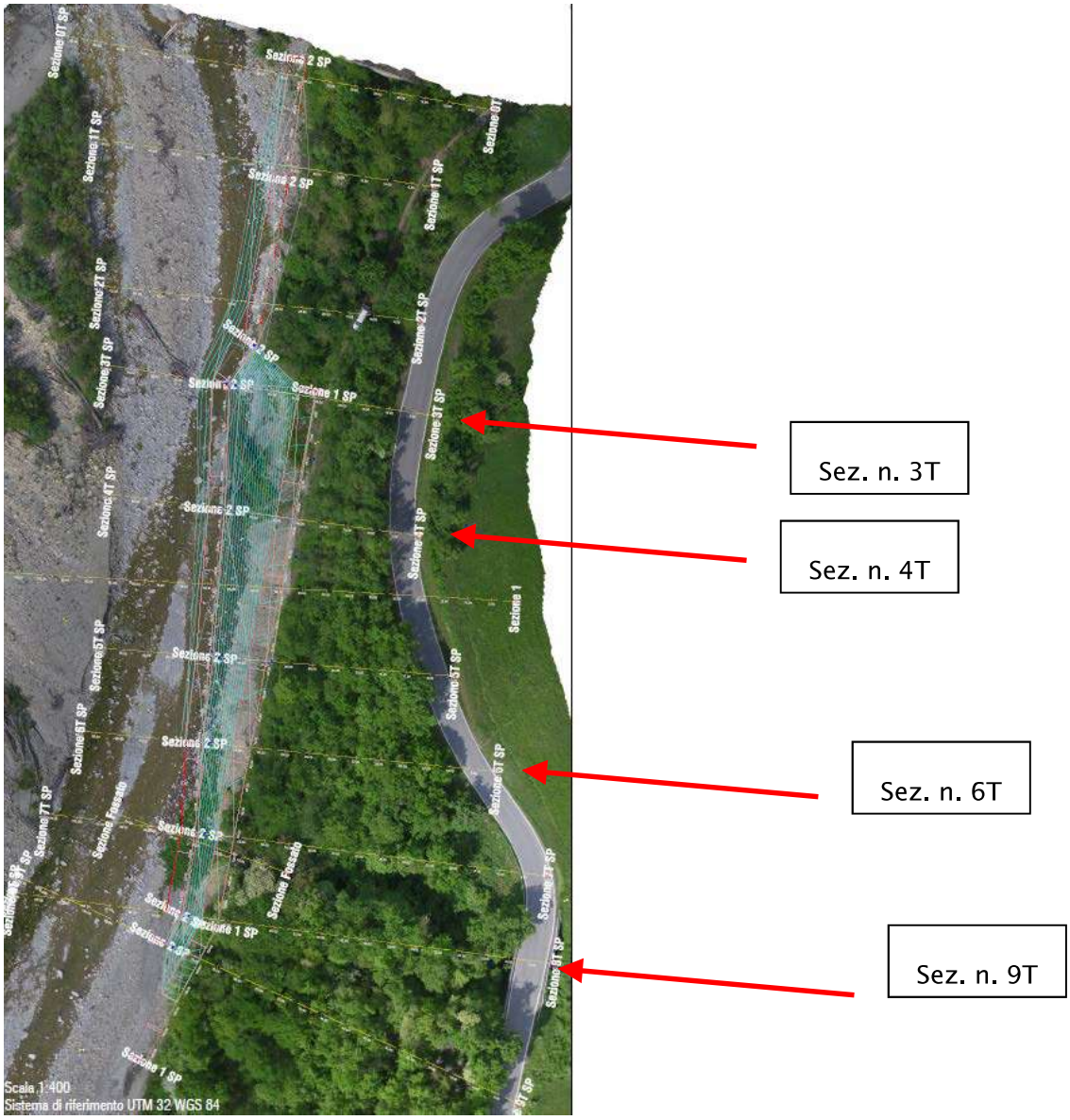


FIGURA 9: INQUADRAMENTO SEZIONI DI PROGETTO DIFESA IDRAULICA.

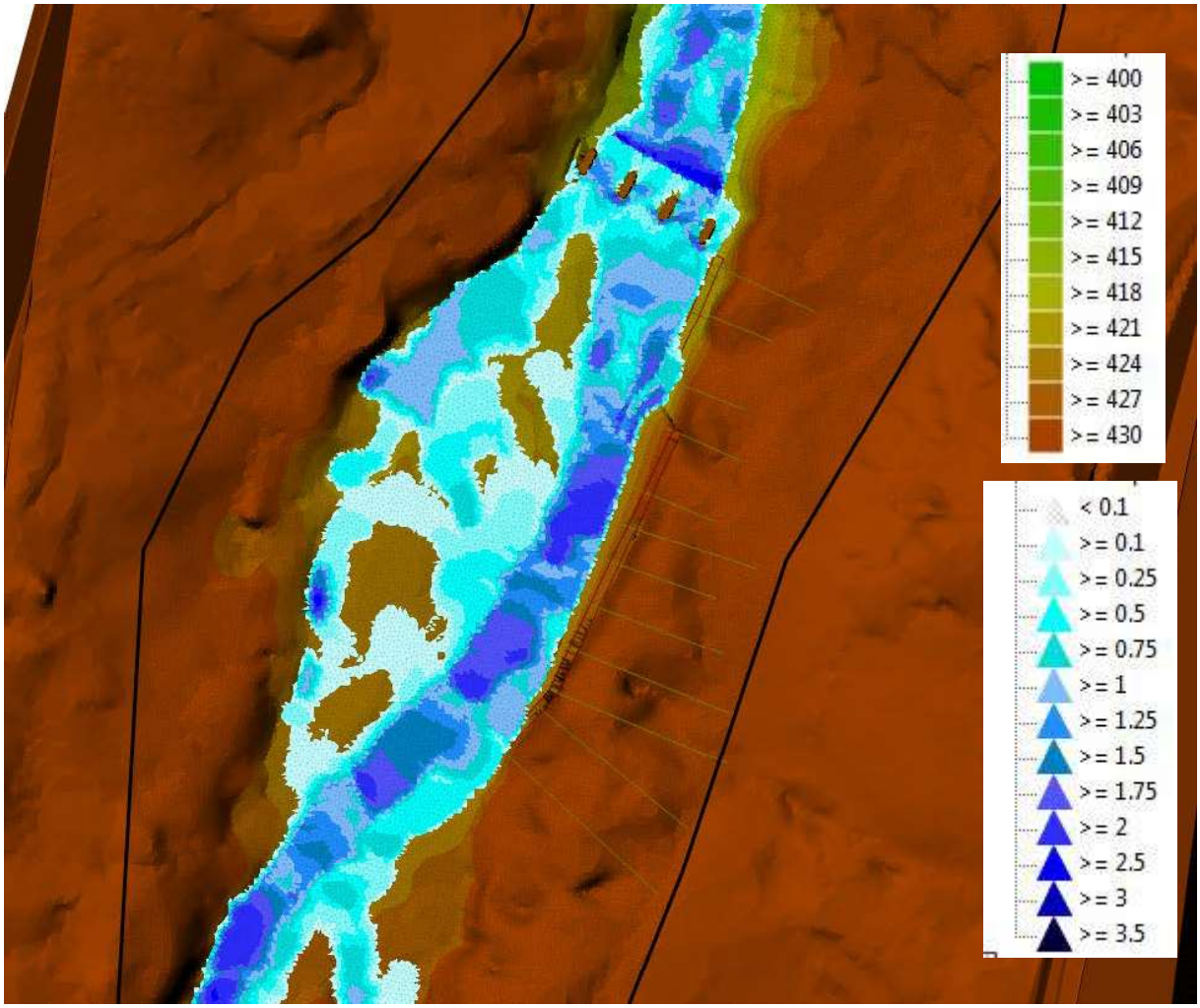


FIGURA 10: STATO DI PROGETTO – Q= 178 MC/SEC – MAPPA DEL MASSIMO INVILUPPO DEI BATTENTI IDRICI.

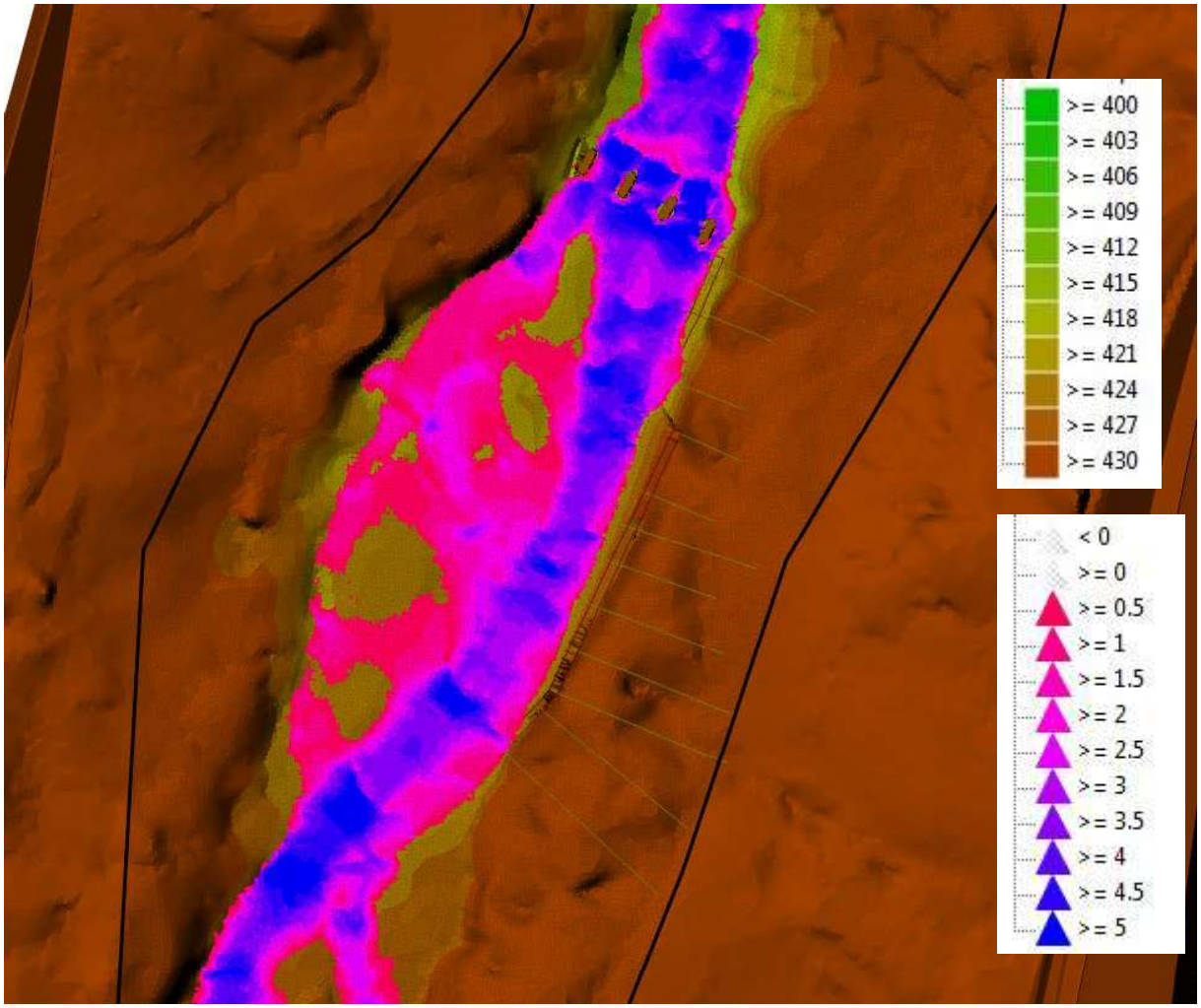


FIGURA 11: STATO DI PROGETTO – Q= 178 MC/SEC – MAPPA DEL MASSIMO INVILUPPO DELLE VELOCITÀ DELLA CORRENTE.

3.2. STATO DI PROGETTO – Q=265 l/s – PAI – TR 100 ANNI

Restano valide premesse e condizioni descritte al paragrafo precedente; si riportano nel seguente prospetto la quota massima attesa del pelo libero in corrispondenza della sponda destra con riferimento alle stesse sezioni trasversali di progetto maggiormente significative.

Sezione n. [-] (da monte verso valle)	Quota del pelo libero atteso [m s.l.m.] per Q=265mc/sec
9T	+425.3
6T	+424.7
4T	+424.3
3T	+422.6

TABELLA 7: PROSPETTO RIASSUNTIVO DELLE QUOTE DEL PELO LIBERO ATTESO PER LA SIMULAZIONE IN OGGETTO.

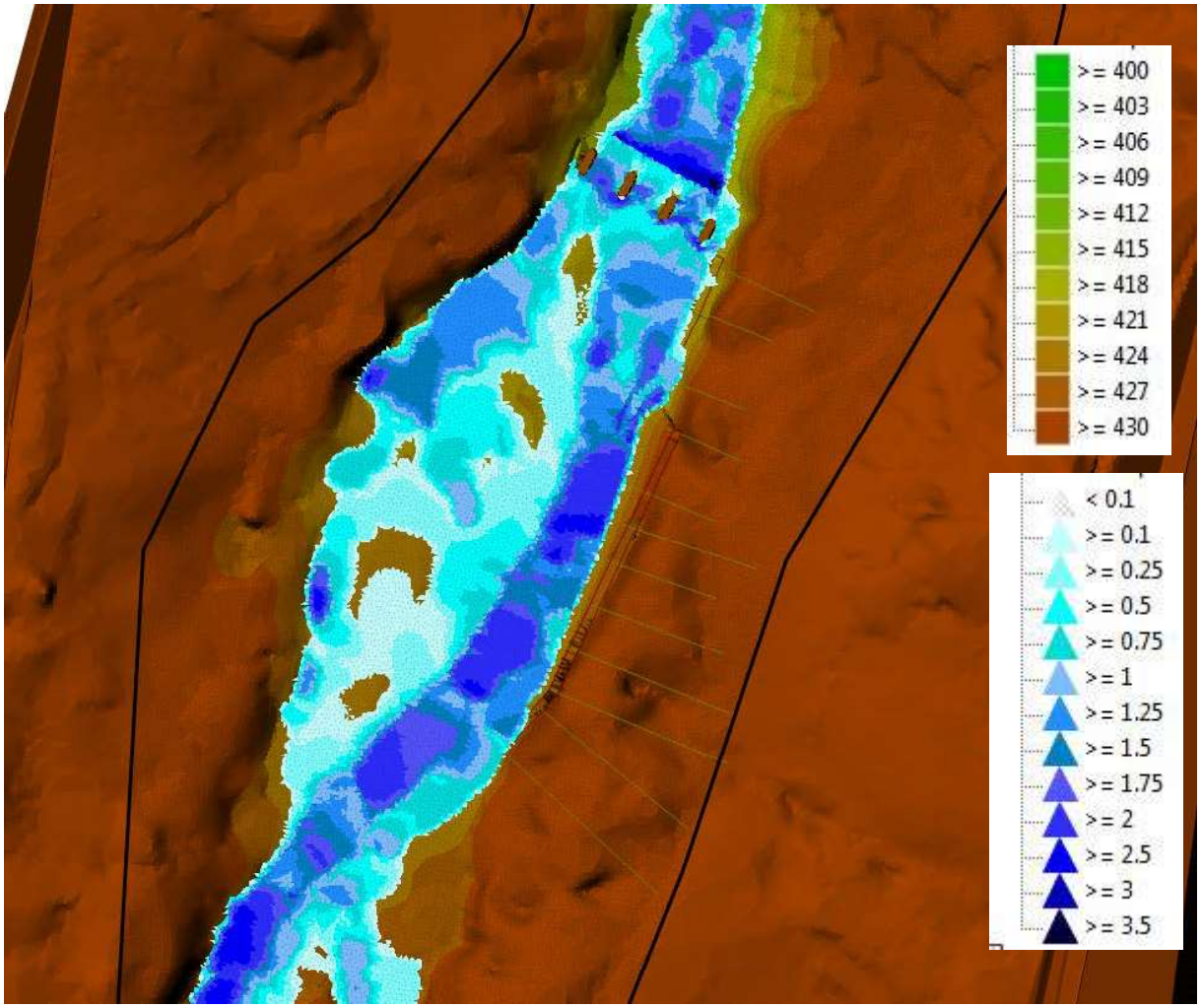


FIGURA 12: STATO DI PROGETTO – Q= 265 MC/SEC – MAPPA DEL MASSIMO INVILUPPO DEI BATTENTI IDRICI.

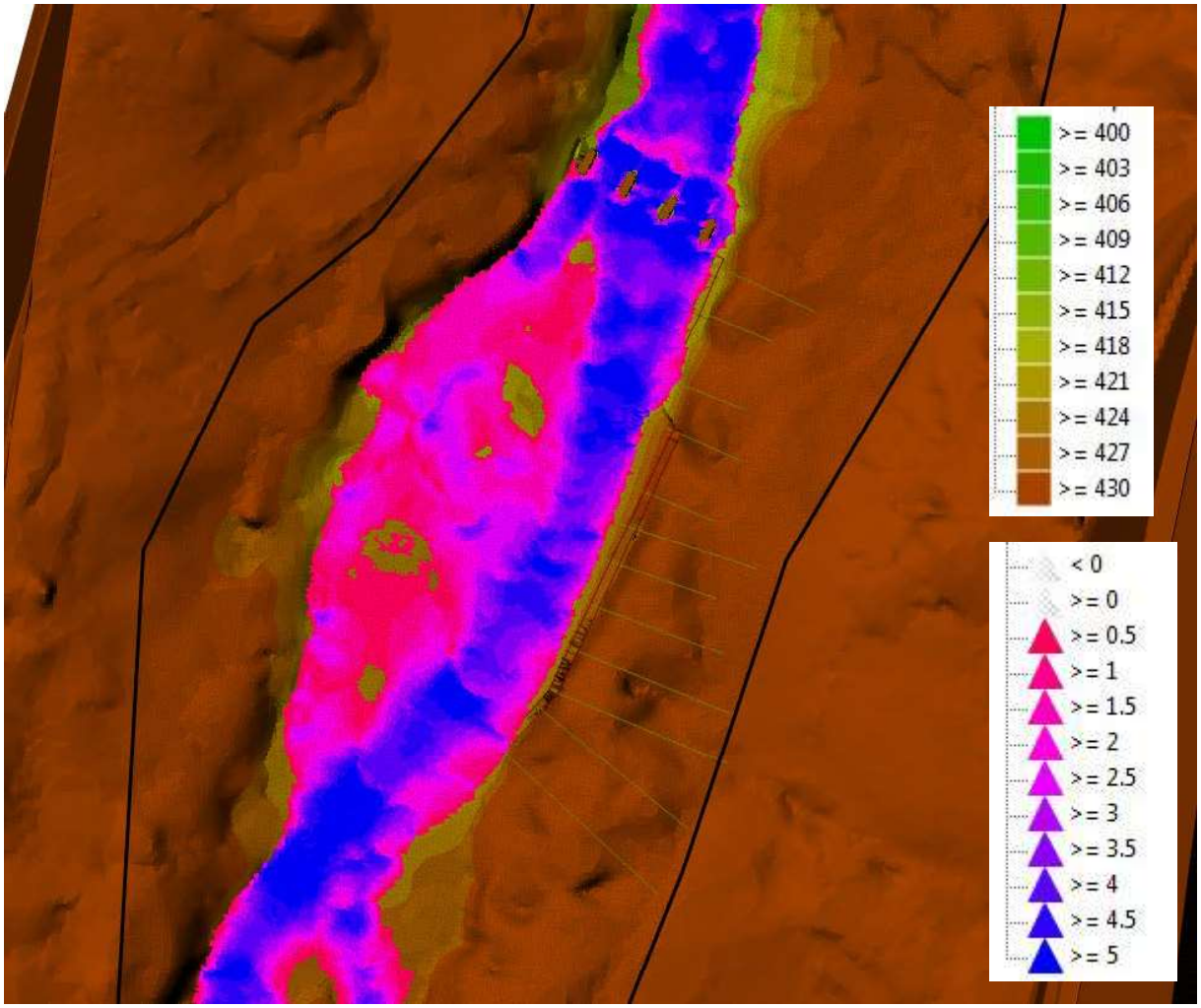


FIGURA 13: STATO DI PROGETTO – Q= 265 MC/SEC – MAPPA DEL MASSIMO INVILUPPO DELLE VELOCITÀ DELLA CORRENTE.

3.3. STATO DI PROGETTO – Q=290 l/s – PAI – TR 200 ANNI

Restano valide premesse e condizioni descritte al paragrafo precedente; si riportano nel seguente prospetto la quota massima attesa del pelo libero in corrispondenza della sponda destra con riferimento alle stesse sezioni trasversali di progetto maggiormente significative.

Sezione n. [-] (da monte verso valle)	Quota del pelo libero atteso [m s.l.m.] per Q=290mc/sec
9T	+425.5
6T	+424.8
4T	+424.4
3T	+422.6

TABELLA 8: PROSPETTO RIASSUNTIVO DELLE QUOTE DEL PELO LIBERO ATTESO PER LA SIMULAZIONE IN OGGETTO.

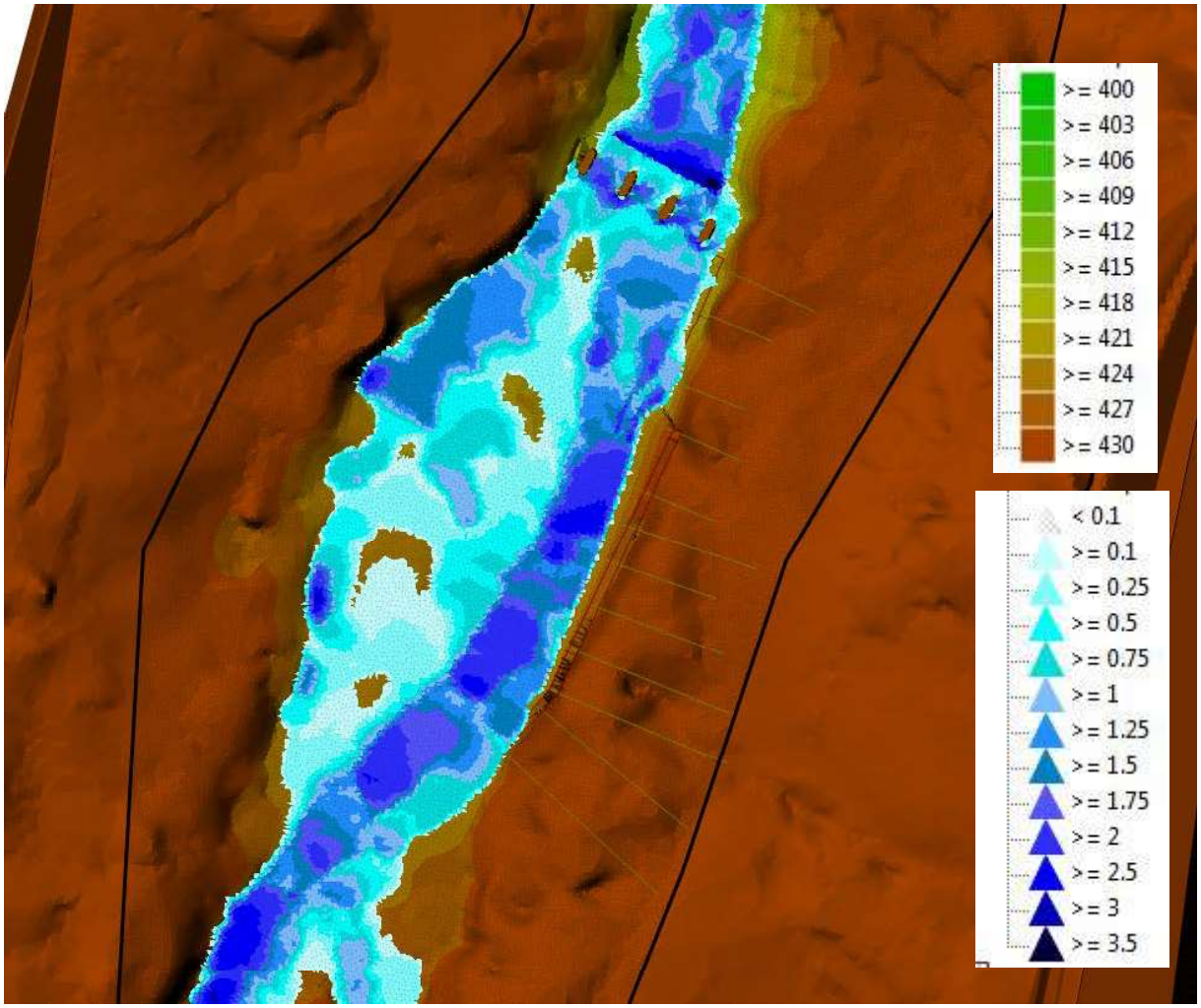


FIGURA 14: STATO DI PROGETTO – Q= 290 MC/SEC – MAPPA DEL MASSIMO INVILUPPO DEI BATTENTI IDRICI.

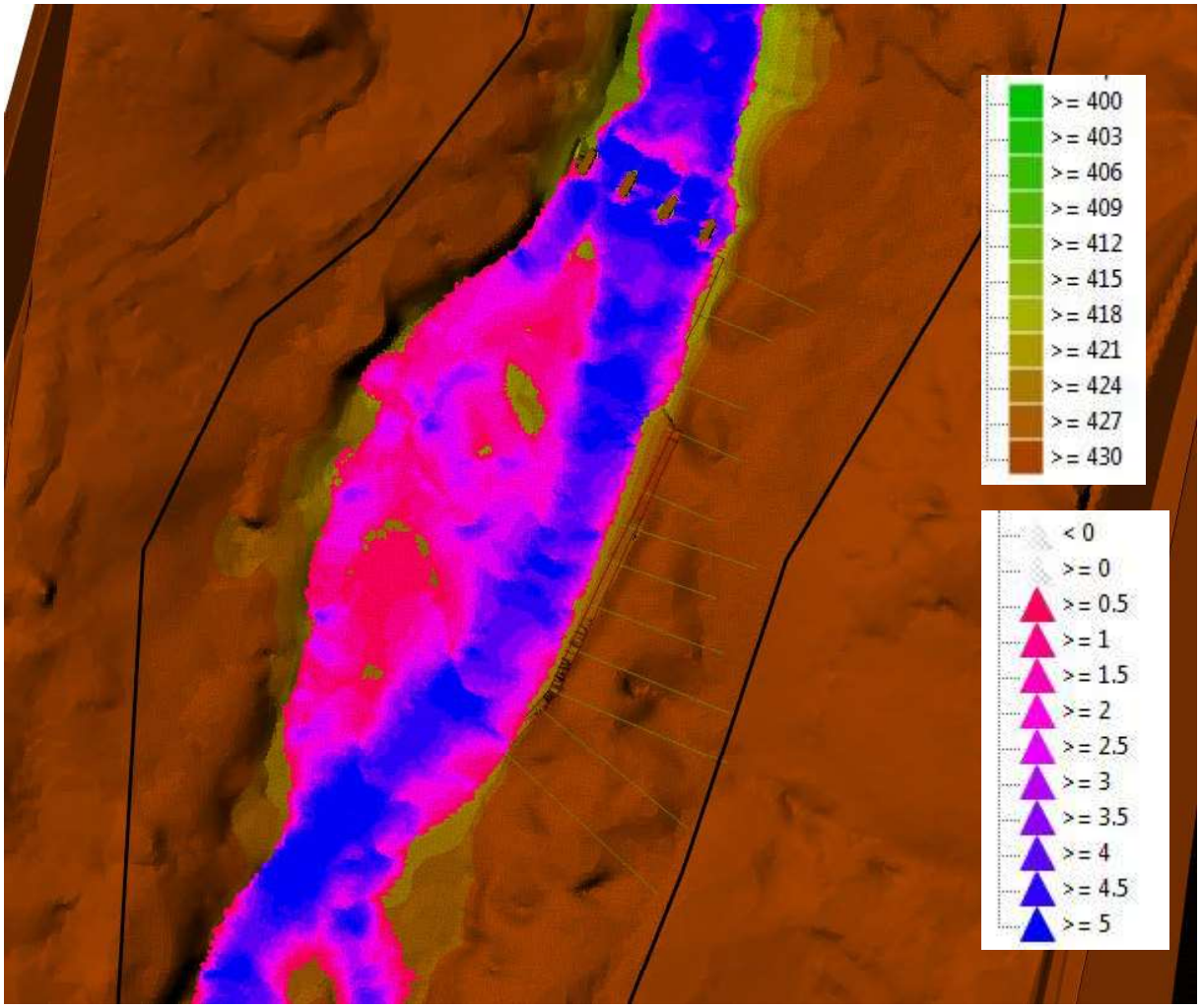


FIGURA 15: STATO DI PROGETTO – Q= 290 MC/SEC – MAPPA DEL MASSIMO INVILUPPO DELLE VELOCITÀ DELLA CORRENTE.

4. CONCLUSIONI

Sono stati valutati gli effetti degli interventi in progetto volti al ripristino dell'officiosità idraulica e del versante in destra idraulica del torrente Dragone a monte di Ponte Savoniero in Comune di Palagano,

Sono state analizzate le condizioni post-operam di deflusso delle portate al colmo in corrispondenza delle sezioni oggetto di studio pervenendo alla definizione del profilo altimetrico della vena liquida in alveo, allo scopo di un corretto dimensionamento delle opere di difesa idraulica previste.

Il consolidamento della scarpata in oggetto è previsto tramite la posa di massi ciclopici a base piana di dimensioni minime pari a 0.25mc, intasati con boiacca cementizia fino ad una altezza superiore con congruo franco di sicurezza al livello del pelo libero che si attende durante il transito delle portate di progetto con riferimento a tempo di ritorno 200 anni. Al di sopra di tale quota, gli stessi massi ciclopici manterranno la stessa disposizione ma con posa "a secco".

Sono stati considerati tre differenti scenari di simulazione, funzione del tempo di ritorno caratteristico dell'evento meteorico di riferimento:

- Q=178 mc/s (PTCP Modena – Tr 100 anni)
- Q=265 mc/s (PAI – Tr 100 anni)
- Q=290 mc/s (PAI – Tr 200 anni)

abbinati ad una condizione geometrica che descrive compiutamente lo stato di progetto previsto.

Sezione n. [-] (da monte verso valle)	Quota del pelo libero atteso [m s.l.m.] per Q=178mc/sec	Quota del pelo libero atteso [m s.l.m.] per Q=265mc/sec	Quota del pelo libero atteso [m s.l.m.] per Q=290mc/sec
	PTCP Modena – TR100	PAI - TR 100	PAI - TR 200
9T	+425.0	+425.3	+425.5
6T	+424.5	+424.7	+424.8
4T	+424.1	+424.3	+424.4
3T	+422.5	+422.6	+422.6

TABELLA 9: PROSPETTO RIASSUNTIVO DELLE QUOTE DEL PELO LIBERO PER LE DIVERSE PORTATE CARATTERISTICHE ANALIZZATE.

I risultati ottenuti hanno dimostrato che nelle condizioni geometriche di progetto, il pelo libero della corrente lambisce unicamente la quota parta di protezione spondale di progetto costituita da massi ciclopici intasati con boiacca di cemento, garantendo un franco di sicurezza medio di circa 50/80 cm rispetto alla porzione soprastante di massi ciclopici, di uguale forma e dimensione media ma caratterizzati da "posa a secco".

Gli inviluppi delle massime velocità attese in corrispondenza delle opere di progetto in destra idraulica evidenziano che le stesse sono sempre contenute entro valori massimi di 3,5 m/s circa e dunque non critiche per le opere strutturali stesse.

Inoltre, come esplicitato nei paragrafi precedenti, nelle simulazioni idrauliche bidimensionali eseguite è stata effettuata una approssimazione di tipo geometrico/idraulico cautelativa: la ricostruzione del modello digitale del terreno non considera la movimentazione del sedimento nella porzione centrale d'alveo, nell'area prospiciente la scarpata in oggetto. Alla luce di ciò, il profilo del pelo libero atteso nelle condizioni reali post-operam sarà necessariamente più omogeneo sia longitudinalmente che trasversalmente rispetto alla direzione principale di deflusso e conseguentemente si stabilizzerà a quote altimetriche assolute inferiori, incrementando il fattore di sicurezza.