

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



IL DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE:

Ing. L. LACORO

Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche

## PROGETTO ESECUTIVO

**ITINERARIO NAPOLI – BARI  
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO  
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO  
3° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO**

**IDRAULICA  
SISTEMAZIONI IDRAULICHE**

Torrente S. Martino Viadotto NI 10 - Relazione idraulica

APPALTATORE IL DIRETTORE TECNICO  Ing. M. FERRONI	SCALA: <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; text-align: center; margin: 5px auto;">-</div>
--	---

COMMESSA    LOTTO    FASE    ENTE    TIPO DOC.    OPERA/DISCIPLINA    PROGR.    REV.

I F 2 R    3 2    E    Z Z    R I    I D 0 0 0 2    0 0 3    B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE	S. Giacomini	29/06/21	D. Nave	30/06/21	M. Nuti	30/06/21	IL PROGETTISTA P. Cucino
B	EMISSIONE A SEGUITO RDV	S. Giacomini	29/10/21	D. Nave	30/10/21	M. Nuti	30/10/21	

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROV. DI NAPOLI  
Dott. P. Cucino  
ISCRIZIONE ALBO N° 2248  
01/07/21

File: IF2R.3.2.E.ZZ.RI.ID.00.0.2.003.A

n. Elab.:

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
SISTEMAZIONI IDRAULICHE Torrente S. Martino NI10- Relazione idraulica	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID.00.0.2.003	REV. A	FOGLIO 2 di 22

<b>INDICE DELLE FIGURE.....</b>	<b>3</b>
<b>1 INTRODUZIONE .....</b>	<b>4</b>
<b>2 DESCRIZIONE E INQUADRAMENTO DELL'INTERFERENZA.....</b>	<b>6</b>
<b>3 CONSIDERAZIONI IDROLOGICHE .....</b>	<b>7</b>
<b>4 VERIFICHE IDRAULICHE .....</b>	<b>8</b>
<b>4.1 METODOLOGIA.....</b>	<b>8</b>
<b>4.1.1 SIMULAZIONE NUMERICA.....</b>	<b>8</b>
<b>4.2 SCHEMATIZZAZIONE ADOTTATA .....</b>	<b>10</b>
<b>4.3 CRITERI DI VERIFICA .....</b>	<b>11</b>
<b>4.4 SIMULAZIONE ANTE OPERAM .....</b>	<b>11</b>
<b>4.4.1 Risultati simulazione ante operam .....</b>	<b>11</b>
<b>4.5 SIMULAZIONE POST OPERAM .....</b>	<b>14</b>
<b>4.5.1 Risultati simulazione post operam.....</b>	<b>16</b>

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>SISTEMAZIONI IDRAULICHE</b> Torrente S. Martino NI10- Relazione idraulica	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID.00.0.2.003	REV. A	FOGLIO 3 di 22

### **INDICE DELLE FIGURE**

Figura 1: Inquadramento territoriale dell'area in esame	4
Figura 2: Stralcio planimetria di progetto del Torrente San Martino	6
Figura 3: Profilo idraulico ante operam	12
Figura 4: Planimetria di esondazione ante operam	13
Figura 5: Sezione di progetto attraversamento stradale NI 10	16
Figura 6: Profilo idraulico di progetto	17
Figura 7: Sezione attraversamento NI 10	17
Figura 8: Planimetria di esondazione post operam	18

---

APPALTATORE: <b>TELESE</b> S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
SISTEMAZIONI IDRAULICHE Torrente S. Martino NI10- Relazione idraulica	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID.00.0.2.003	REV. A	FOGLIO 4 di 22

## 1 INTRODUZIONE

La presente relazione riassume i risultati della verifica idraulica del Torrente San Martino evidenziato in Figura 1, tributario in destra idraulica del Fiume Calore, nell'ambito del Progetto Esecutivo del 2° Lotto funzionale della linea Cancello – Benevento, nella tratta tra Frasso Telesino e Vitulano.

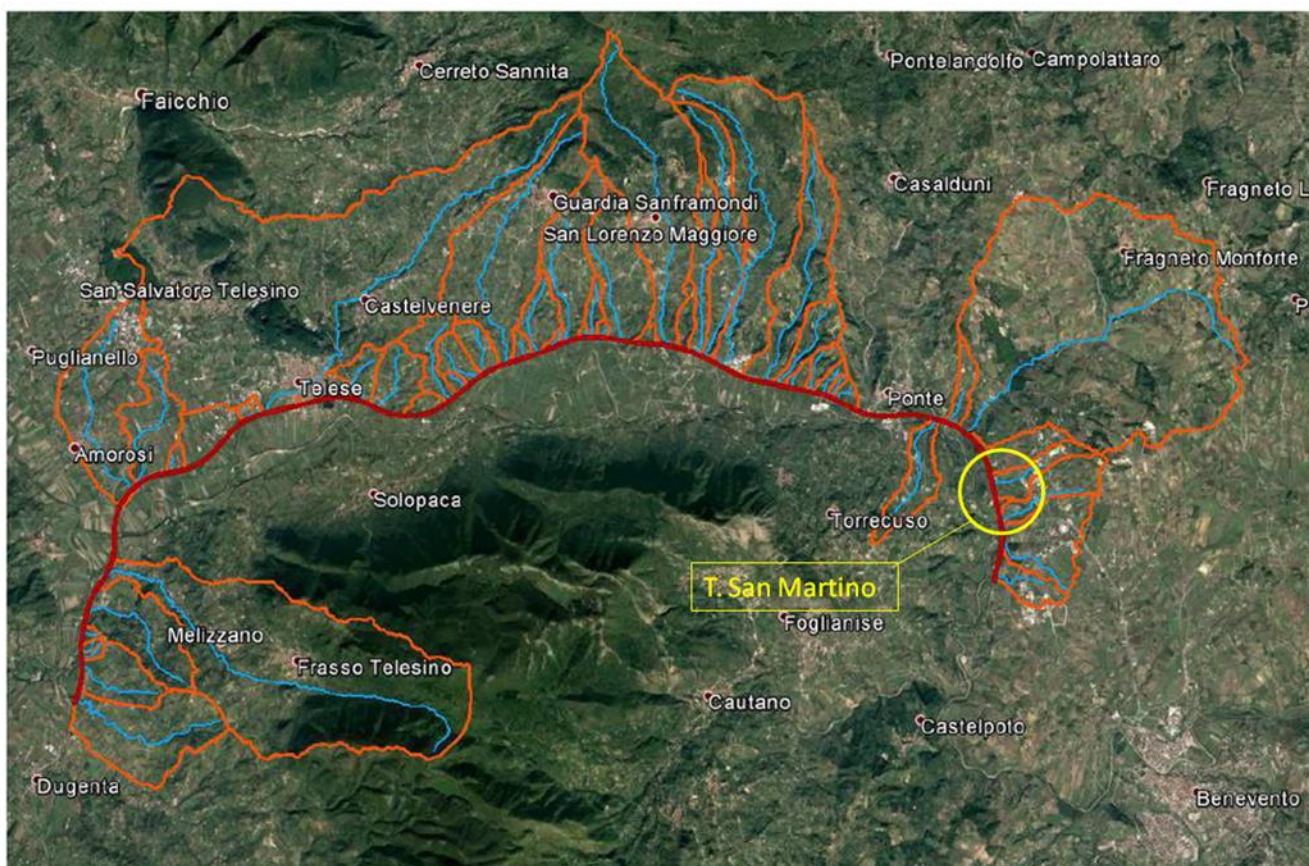


Figura 1: Inquadramento territoriale dell'area in esame

Nel presente studio si è fatto riferimento ai seguenti documenti:

- “Relazione Idrologica” del Progetto Esecutivo del raddoppio del 2° lotto funzionale Frasso Telesino – Vitulano (elaborato IFR02EZZRIID0000001A)

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>3° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>												
PROGETTAZIONE: Mandatario:      Mandante: <b>SYSTRA S.A.    SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>SISTEMAZIONI IDRAULICHE</b> Torrente S. Martino NI10- Relazione idraulica	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF2R</td> <td>3.2.E.ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.00.0.2.003</td> <td>A</td> <td>5 di 22</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	3.2.E.ZZ	RI	ID.00.0.2.003	A	5 di 22
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	3.2.E.ZZ	RI	ID.00.0.2.003	A	5 di 22								

- RFI, Manuale di Progettazione delle Opere Civili, Parte II, Sezione 3 – Corpo Stradale. Edizione 2016.
- NTC 2008
- Norme di attuazione del P.S.D.A.

APPALTATORE: <b>TELESE</b> S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
SISTEMAZIONI IDRAULICHE Torrente S. Martino NI10- Relazione idraulica	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID.00.0.2.003	REV. A	FOGLIO 6 di 22

## 2 DESCRIZIONE E INQUADRAMENTO DELL'INTERFERENZA

La linea ferroviaria in progetto interseca il T. San Martino alla progressiva km 44+850, in corrispondenza della quale è prevista la realizzazione dell'attraversamento NI 10 .

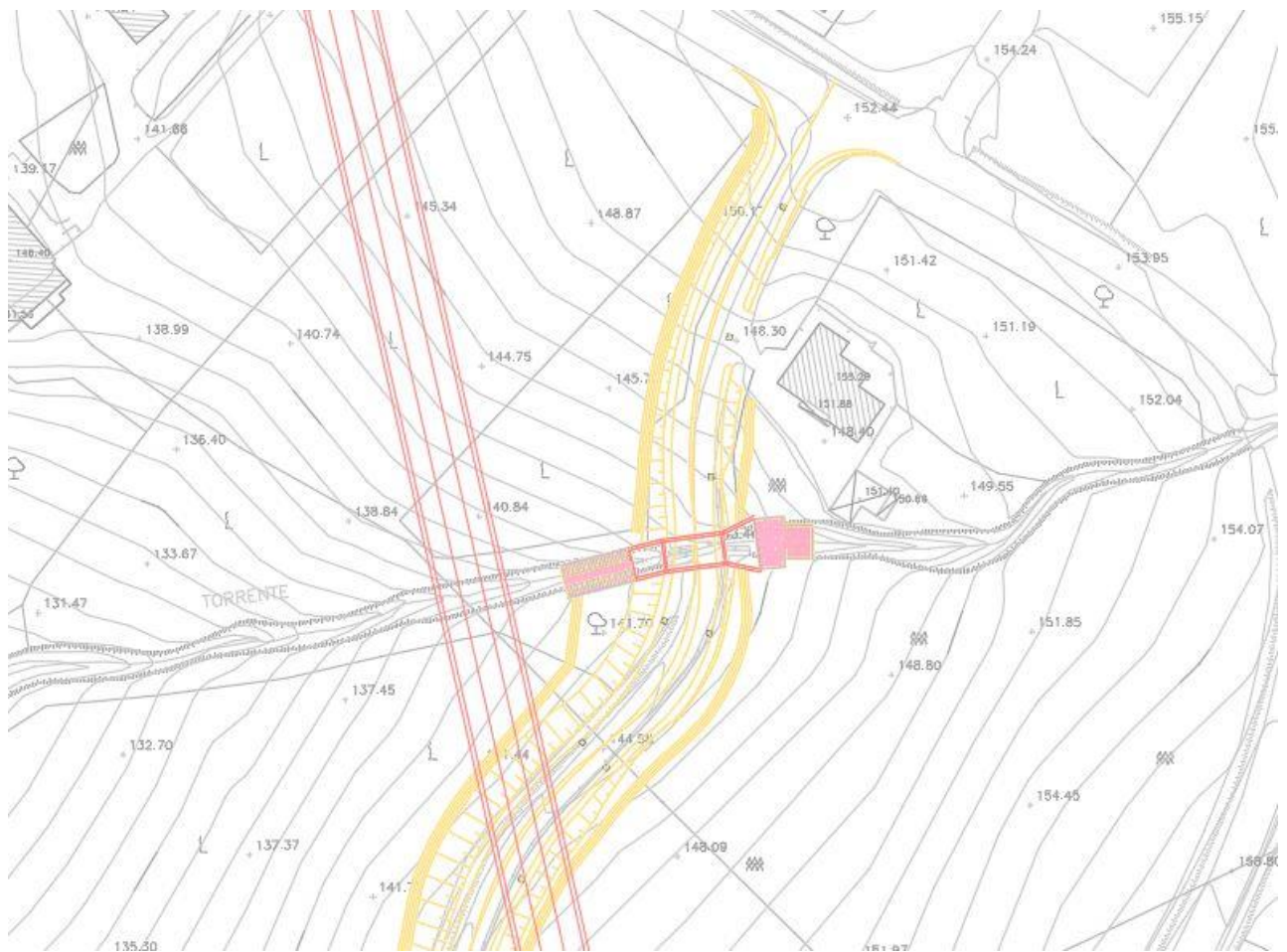


Figura 2: Stralcio planimetria di progetto del Torrente San Martino

APPALTATORE:  Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>3° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
PROGETTAZIONE: Mandatario:      Mandante: <b>SYSTRA S.A.    SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>													
<b>SISTEMAZIONI IDRAULICHE</b> Torrente S. Martino NI10- Relazione idraulica	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF2R</td> <td>3.2.E.ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.00.0.2.003</td> <td>A</td> <td>7 di 22</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	3.2.E.ZZ	RI	ID.00.0.2.003	A	7 di 22
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	3.2.E.ZZ	RI	ID.00.0.2.003	A	7 di 22								

### 3 **CONSIDERAZIONI IDROLOGICHE**

Per quanto riguarda le portate di calcolo, si fa riferimento alla relazione idrologica (elaborato IFR02EZZRIID0000001A); in particolare, le portate di progetto ( $Q_T$ ) sono state valutate secondo la metodologia VAPI (Regione Campania), calcolando la portata indice  $\mu(Q)$  e moltiplicando quest'ultima per il relativo coefficiente di crescita con il tempo di ritorno  $K_T$

$$Q_T = K_T \cdot \mu(Q) \quad [m^3 / s]$$

Per il Torrente San Martino, il valore della portata indice  $\mu(Q)$  è stato stimato pari a 6.17 m<sup>3</sup>/s.

Essendo il bacino del Torrente San Martino di 1.16 km<sup>2</sup>, il tempo di ritorno di progetto è stato fissato in 200 anni, in accordo a quanto previsto dal manuale di progettazione RFI per i corsi d'acqua con superficie del bacino sotteso inferiore a 10 km<sup>2</sup>.

Il valore di portata corrispondente al tempo di ritorno 200 anni è 21.80 m<sup>3</sup>/s.

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
SISTEMAZIONI IDRAULICHE Torrente S. Martino NI10- Relazione idraulica	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID.00.0.2.003	REV. A	FOGLIO 8 di 22

## 4 VERIFICHE IDRAULICHE

### 4.1 METODOLOGIA

La simulazioni numerica del corso d'acqua è stata condotta utilizzando un programma di calcolo monodimensionale a moto permanente che fornisce un'adeguata rappresentazione del fenomeno, descrivendo le principali grandezze fisiche per ogni sezione idraulica di calcolo. Per la determinazione del profilo idrico nella situazione attuale e di progetto è stato utilizzato il codice denominato HEC – RAS 5.0.7 River Analysis System, sviluppato dalla U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center.

#### 4.1.1 SIMULAZIONE NUMERICA

La procedura di calcolo di HEC-RAS monodimensionale si basa sulla soluzione dell'equazione dell'energia andando a considerare esclusivamente la componente della velocità diretta secondo la direzione prevalente del moto (longitudinale).

I profili di corrente sono ricostruiti risolvendo l'equazione dell'energia per due sezioni consecutive mediante un processo iterativo. L'equazione compare nella forma:

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 \cdot V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 \cdot V_1^2}{2g} + h_e$$

Dove con Y si indica il tirante idrico, Z è la quota geodetica, V è la velocità media,  $\alpha$  è il coefficiente di ragguglio dell'altezza cinetica, g è l'accelerazione di gravità ed  $h_e$  è la perdita di carico totale nel tratto considerato.

Il valore di  $h_e$  è definito dalla somma delle perdite distribuite, dovute all'attrito, e delle perdite localizzate, legate alla contrazione ed espansione della vena liquida, ovvero:

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

Con:

$$L = \frac{L_{lob} \cdot Q_{lob} + L_{rob} \cdot Q_{rob} + L_{ch} \cdot Q_{ch}}{Q_{lob} + Q_{rob} + Q_{ch}}$$

In cui i pedici lob, rob e ch indicano rispettivamente la golena sinistra ("left overbank"), la golena destra ("right overbank") e l'alveo ("channel"),  $S_f$  è la cadente della linea dei carichi totali e C è il coefficiente di espansione/contrazione della vena fluida (compreso tra 0 e 1).



APPALTATORE: <b>TELESE</b> S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
SISTEMAZIONI IDRAULICHE Torrente S. Martino N110- Relazione idraulica	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID.00.0.2.003	REV. A	FOGLIO 9 di 22

Per poter calcolare la conduttività idraulica totale (“conveyance”) ed il coefficiente di ragguglio dell’altezza cinetica di una determinata sezione, è necessario suddividere il flusso in zone in cui la velocità è uniformemente distribuita. Per tale motivo, HEC-RAS, in funzione del valore del coefficiente di Manning attribuito, tratta separatamente il flusso delle golene e quello del canale principale. La conduttività nelle varie zone è calcolata utilizzando l’equazione di Chezy:

$$K = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{2/3}$$

$$Q = K \cdot S_f^{1/2}$$

Dove K è la conduttività in m<sup>3</sup>/s, n è il coefficiente di scabrezza di Manning in m<sup>1/3</sup>/s, A è l’area bagnata del tratto considerato in m<sup>2</sup> e R è il raggio idraulico espresso in m.

Il valore complessivo della conduttività della sezione è dato dalla somma dei singoli contributi, ovvero:

$$K = K_{lob} + K_{rob} + K_{ch}$$

Per quanto riguarda il coefficiente di ragguglio dell’altezza cinetica, questo viene calcolato in funzione della conduttività dei singoli tratti, utilizzando la seguente espressione:

$$\alpha = \frac{(A_t)^2 \cdot \left[ \frac{K_{lob}^3}{A_{lob}^2} + \frac{K_{ch}^3}{A_{ch}^2} + \frac{K_{rob}^3}{A_{rob}^2} \right]}{K_t^3}$$

Dove i pedici lob, rob e ch rappresentano rispettivamente la golena sinistra, destra ed il canale centrale, mentre t indica il valore totale nella sezione.

La cadente media della linea dei carichi totali, rappresentativa di un certo tronco fluviale individuato da due sezioni consecutive, viene calcolata come:

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

Per quanto riguarda il coefficiente C, che compare nel calcolo delle perdite concentrate, il programma considera una contrazione ogni qualvolta l’altezza cinetica della sezione di valle sia maggiore di quella di monte, al contrario considera una espansione.

Definiti i parametri in gioco, il calcolo della superficie libera viene effettuato in maniera iterativa a partire dai dati assegnati di portata e dalle caratteristiche geometriche delle singole sezioni. La procedura di calcolo si svolge assegnando un valore di primo tentativo della superficie libera in corrispondenza della sezione di monte, se la corrente è lenta, o della sezione di valle, se la corrente è veloce. A questo punto, si calcolano tutte le grandezze di interesse precedentemente

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
SISTEMAZIONI IDRAULICHE Torrente S. Martino NI10- Relazione idraulica	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID.00.0.2.003	REV. A	FOGLIO 10 di 22

descritte e si ricava la superficie libera dall'equazione dell'energia utilizzando tali parametri. Questa quota della superficie libera dev'essere confrontata con il valore di partenza e, qualora non si sia raggiunta la convergenza (di default fissata ad una differenza pari a 0.003 m) si ripete il processo iterativamente.

Nelle successive sezioni, il programma fissa la superficie libera di partenza con metodi che variano tra la prima e le successive iterazioni: per il primo tentativo si adotta un valore ottenuto dalla proiezione dell'altezza calcolata alla sezione precedente; alla seconda iterazione il valore di primo tentativo è incrementato del 70 % dell'errore relativo al primo step; dalla terza iterazione in poi si utilizza il metodo "secante", che proietta il valore della differenza tra la quota calcolata e la quota assunta ai due tentativi precedenti, secondo la relazione:

$$WS_i = WS_{i-2} - Err_{i-2} \cdot \frac{Err_{ass}}{Err_{diff}}$$

Dove  $WS_i$  è la nuova quota della superficie libera,  $WS_{i-1}$  è il valore della quota assunta all'iterazione  $i-1$ ,  $WS_{i-2}$  è il valore della quota assunta all'iterazione  $i-2$ ,  $Err_{i-2} = WS_{calcolato,i-2} - WS_{i-2}$ ,  $Err_{ass} = WS_{i-2} - WS_{i-1}$  e  $Err_{diff} = WS_{i-1} - WS_{calcolato,i-1} + Err_{i-2}$ .

Nei casi in cui vi sia passaggio per l'altezza critica, quindi in presenza di fenomeni che producono transizione da corrente lenta a veloce o viceversa, HEC-RAS utilizza l'equazione di bilancio della quantità di moto, in quanto l'equazione dell'energia non risulta applicabile essendo basata sull'ipotesi di flusso gradualmente variato. L'equazione di bilancio della quantità di moto tra due sezioni consecutive 1 e 2 assume la seguente forma:

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

Dove  $P$  è il contributo della pressione idrostatica,  $W$  è il contributo della forza d'inerzia nella direzione del moto,  $F_f$  rappresenta la forza d'attrito,  $Q$  è la portata,  $\rho$  è la densità dell'acqua e  $\Delta V_x$  è la variazione del campo di velocità tra le sezioni 1 e 2.

## 4.2 SCHEMATIZZAZIONE ADOTTATA

È stato modellato un tratto del Torrente San Martino lungo circa 350 m, interessato dall'attraversamento in progetto.

Le simulazioni idrauliche nelle situazioni attuale e post-operam sono state effettuate avendo assunto le seguenti ipotesi:

- condizioni di moto permanente;
- regime di corrente mista;

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
SISTEMAZIONI IDRAULICHE Torrente S. Martino NI10- Relazione idraulica	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID.00.0.2.003	REV. A	FOGLIO 11 di 22

- condizione di moto uniforme nella sezione di monte e di valle.

I coefficienti di Manning utilizzati nella modellazione sono:

- 0.035-0.04 s/m<sup>1/3</sup> per l'alveo naturale
- 0.05 s/m<sup>1/3</sup> per le aree golenali
- 0.025 s/m<sup>1/3</sup> per le aree con rivestimento in massi sciolti

#### 4.3 CRITERI DI VERIFICA

La verifica idraulica degli attraversamenti idraulici nei confronti dei livelli di massima piena sarà soddisfatta quando il franco rispetto all'intradosso dell' opera risulterà:

1. non inferiore a 1,5 m sopra al livello idrico nella sezione immediatamente a monte dell' attraversamento, per la portata di progetto;
2. non inferiore a 0,50 m sopra la quota del carico idraulico totale per la portata di progetto
3. tombini idraulici: riempimento inferiore al 70%.

- 

#### 4.4 SIMULAZIONE ANTE OPERAM

Per sviluppare il modello sono state utilizzate le sezioni estratte dal rilievo celerimetrico realizzato nell'ambito del progetto esecutivo.

Nella configurazione attuale sono presenti tre attraversamenti stradali.

##### 4.4.1 Risultati simulazione ante operam

Nella Figura 3 si riporta il profilo idraulico ante operam, in cui si osserva l'effetto del rigurgito dei tre attraversamenti esistenti.



APPALTATORE: <b>TELESE</b> S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI          RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO          II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO          3° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A.    Mandante: SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.													
<b>SISTEMAZIONI IDRAULICHE</b> Torrente S. Martino NI10- Relazione idraulica	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF2R</td> <td>3.2.E.ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.00.0.2.003</td> <td>A</td> <td>13 di 22</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	3.2.E.ZZ	RI	ID.00.0.2.003	A	13 di 22
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	3.2.E.ZZ	RI	ID.00.0.2.003	A	13 di 22								

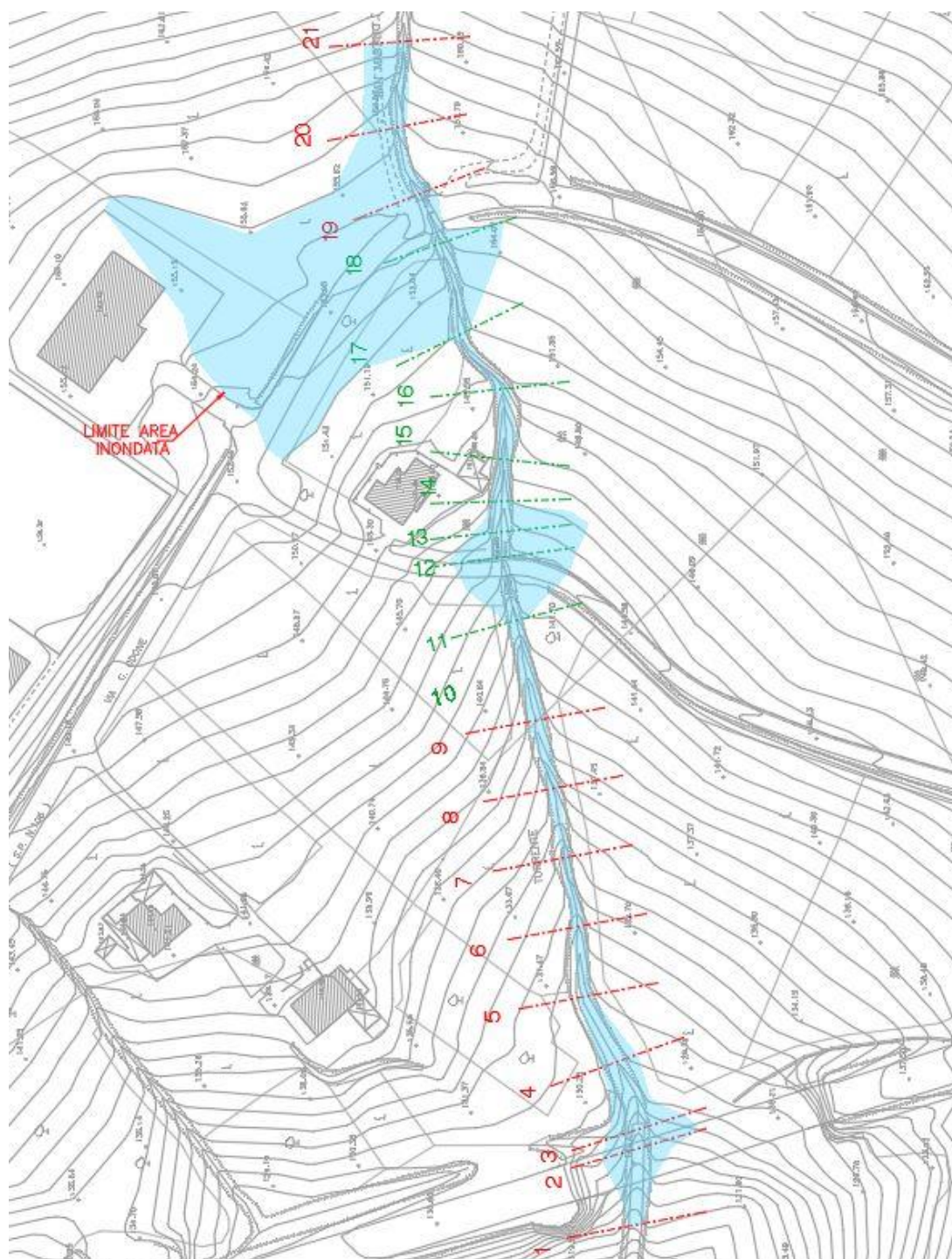
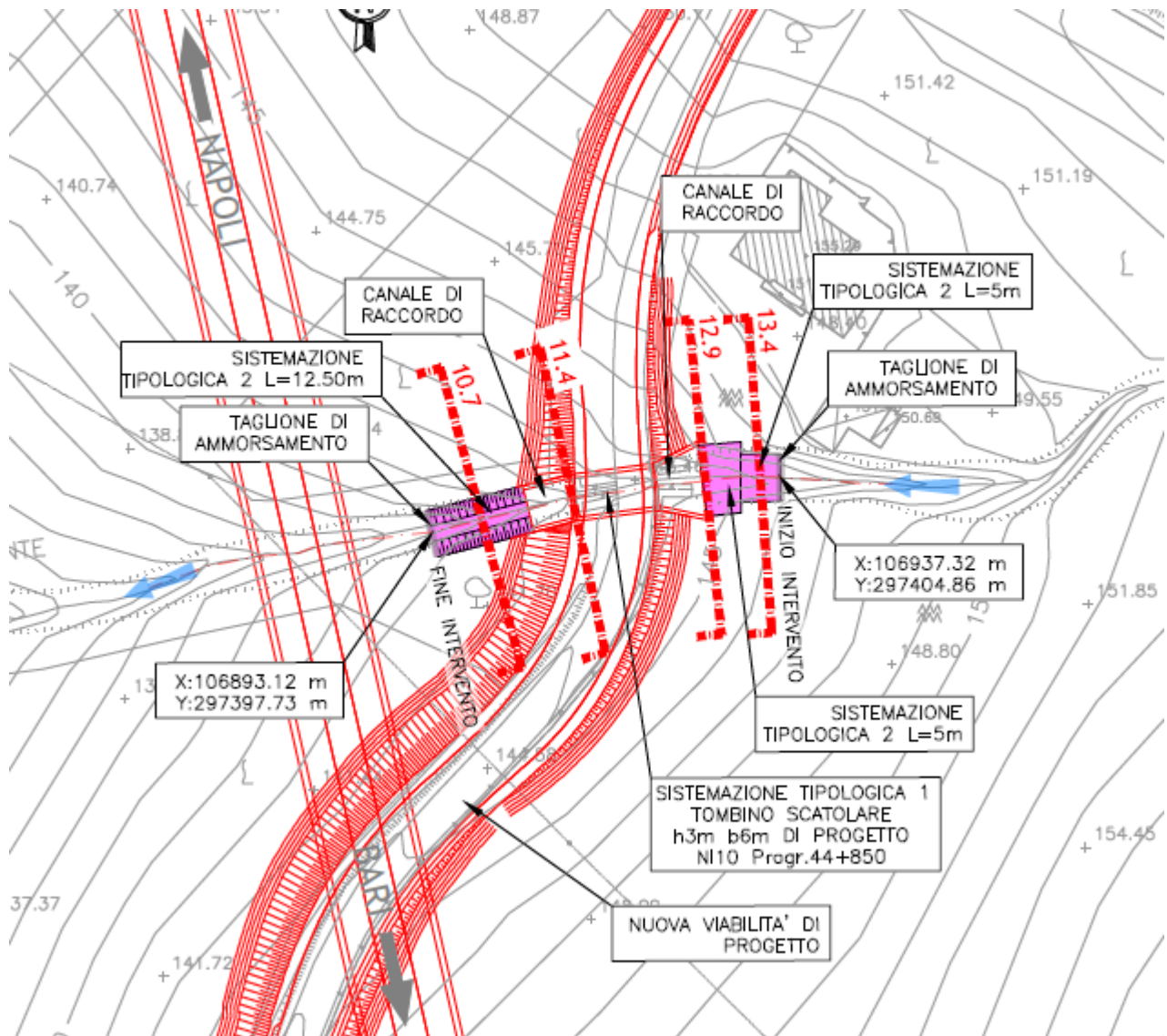


Figura 4: Planimetria di esondazione ante operam

APPALTATORE: <b>TELESE</b> S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A.    Mandante: SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
SISTEMAZIONI IDRAULICHE Torrente S. Martino NI10- Relazione idraulica	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID.00.0.2.003	REV. A	FOGLIO 14 di 22

#### 4.5 SIMULAZIONE POST OPERAM

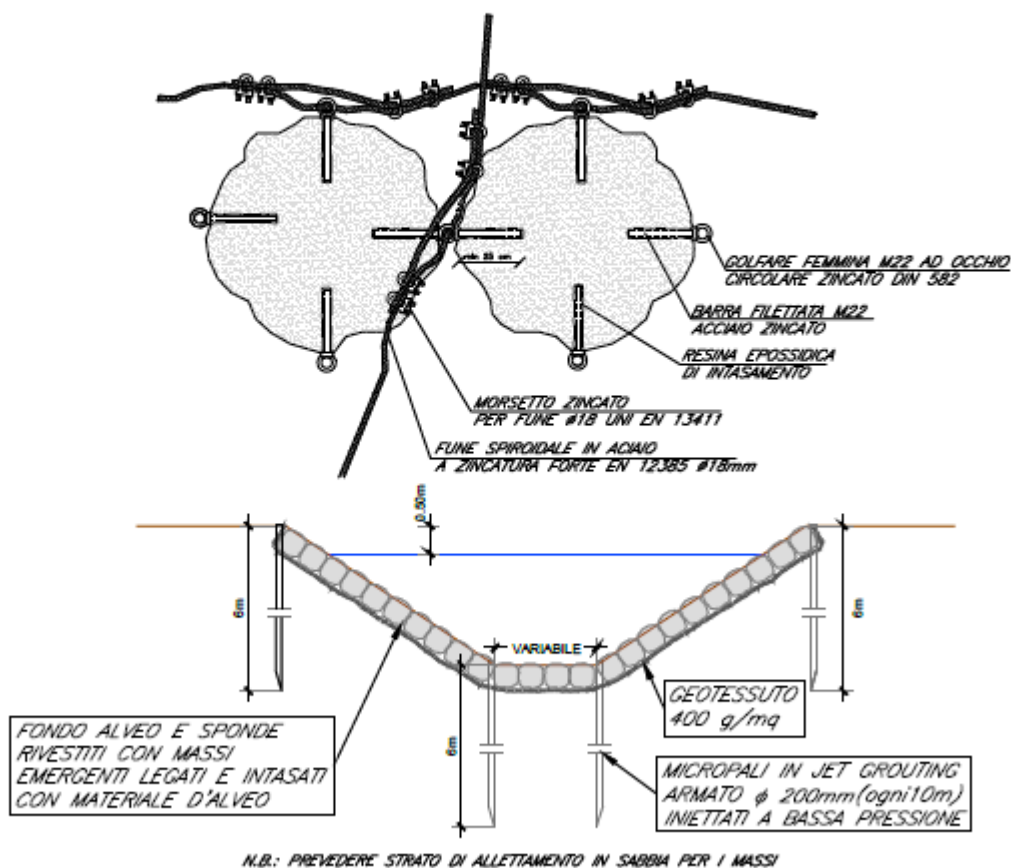
La configurazione di progetto prevede la costruzione del nuovo attraversamento NI 10 costituito da uno scatolare 5.0x2.50 m nella Fig.5. L'inserimento dell'opera è condizionata dalla realizzazione di un salto di circa 2.60 m a monte. I tratti di sistemazione alveo a monte e a valle prevedono l'impiego di massi legati come da fig seguente. Per i dettagli relativi alle estensioni di tale sistemazioni far riferimento agli elaborati grafici consegnati.



APPALTATORE:	<b>TELESE</b> S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
SISTEMAZIONI IDRAULICHE	Torrente S. Martino N110- Relazione idraulica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
		IF2R	3.2.E.ZZ	RI	ID.00.0.2.003	A	15 di 22

## SISTEMAZIONE TIPOLOGICA 2

PARTICOLARE SPONDE RIVESTITE CON MASSI EMERGENTI MINIMO 80 cm PESO  
>700 Kg LEGATI E INTASATI CON MATERIALE D'ALVEO



APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
SISTEMAZIONI IDRAULICHE Torrente S. Martino NI10- Relazione idraulica	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID.00.0.2.003	REV. A	FOGLIO 16 di 22

## Sezione 14

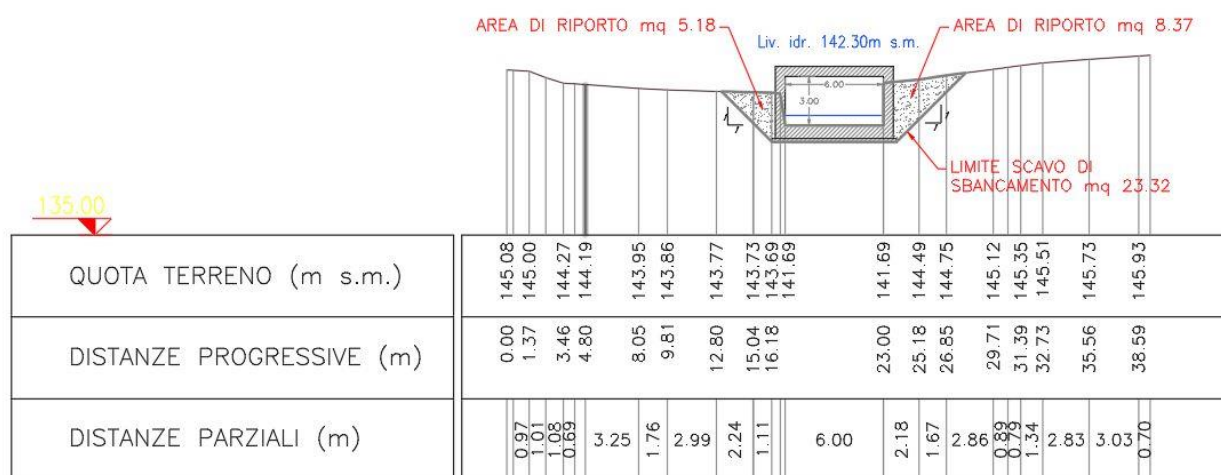


Figura 5: Sezione di progetto attraversamento stradale NI 10

### 4.5.1 Risultati simulazione post operam

Nel profilo idraulico di progetto in FIG. 6 e nella sezione di progetto dell'attraversamento FIG. 7 si osserva come l'attraversamento sia compatibile idraulicamente con la piena a Tr 200 anni. Nella configurazione di progetto rimangono inalterate le condizioni di deflusso dei ponti stradali rispetto alla condizione anteoperam.



APPALTATORE: <b>TELESE</b> S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO												
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO												
SISTEMAZIONI IDRAULICHE Torrente S. Martino NI10- Relazione idraulica	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF2R</td> <td>3.2.E.ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.00.0.2.003</td> <td>A</td> <td>17 di 22</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	3.2.E.ZZ	RI	ID.00.0.2.003	A	17 di 22
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	3.2.E.ZZ	RI	ID.00.0.2.003	A	17 di 22								

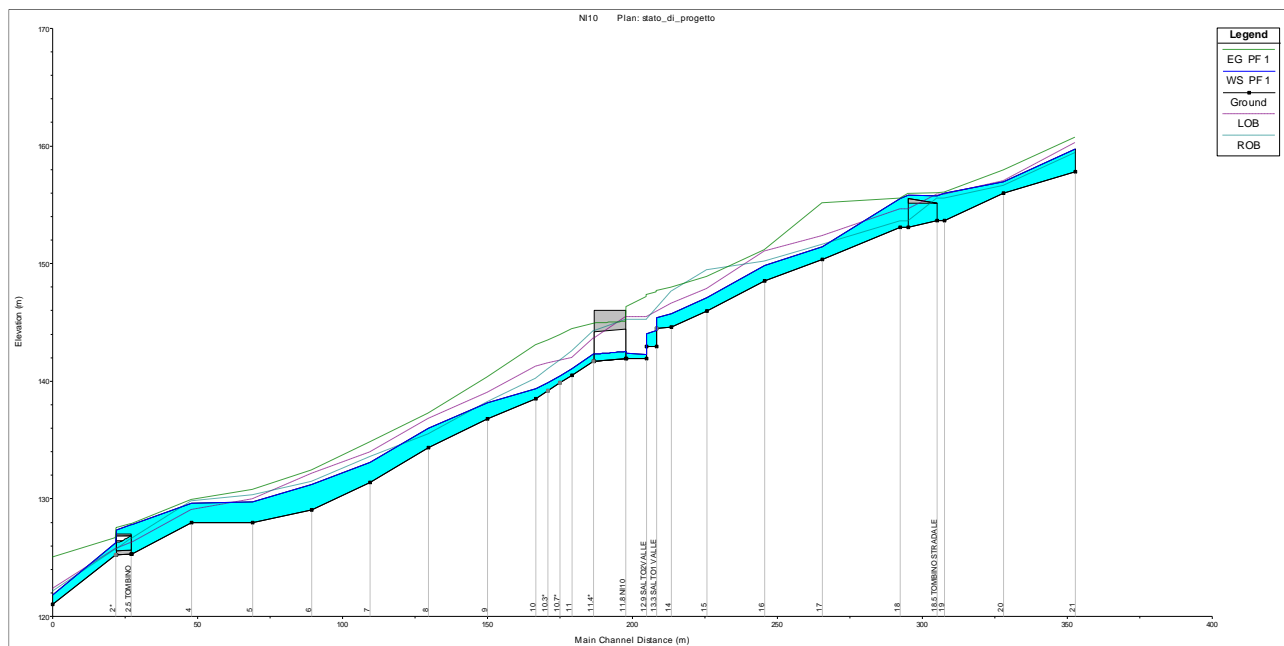


Figura 6: Profilo idraulico di progetto

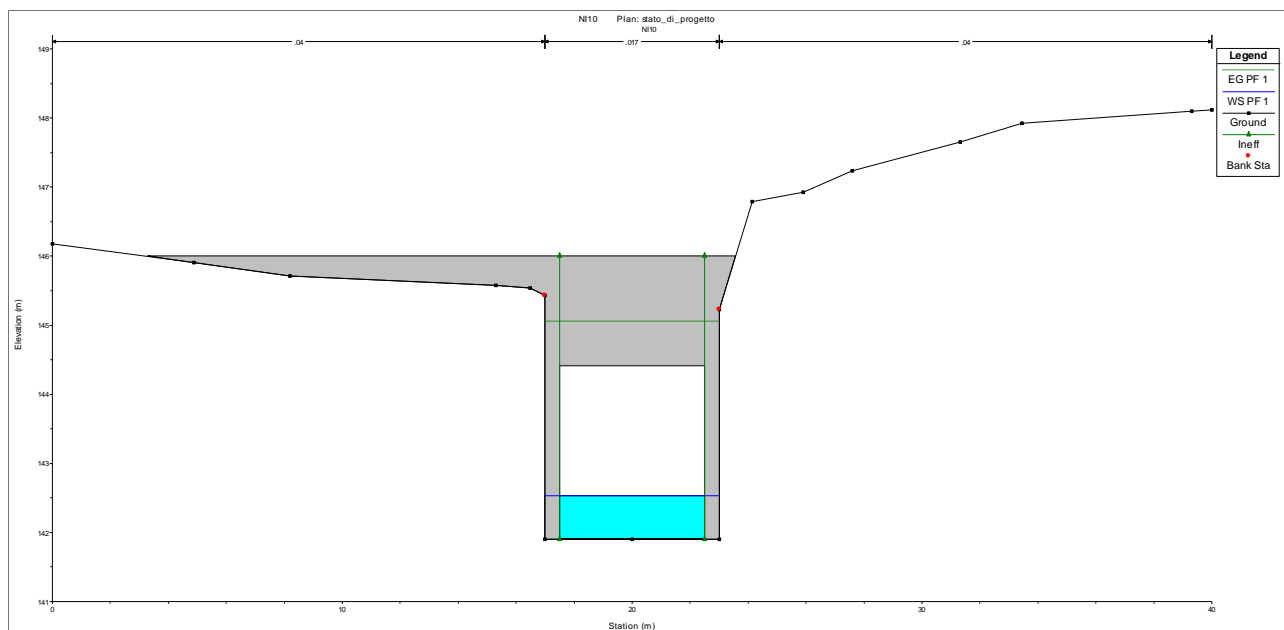


Figura 7: Sezione attraversamento NI 10

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>3° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A.    Mandante: SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF2R</td> <td>3.2.E.ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.00.0.2.003</td> <td>A</td> <td>18 di 22</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	3.2.E.ZZ	RI	ID.00.0.2.003	A	18 di 22
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	3.2.E.ZZ	RI	ID.00.0.2.003	A	18 di 22								
<b>SISTEMAZIONI IDRAULICHE</b> Torrente S. Martino NI10- Relazione idraulica													

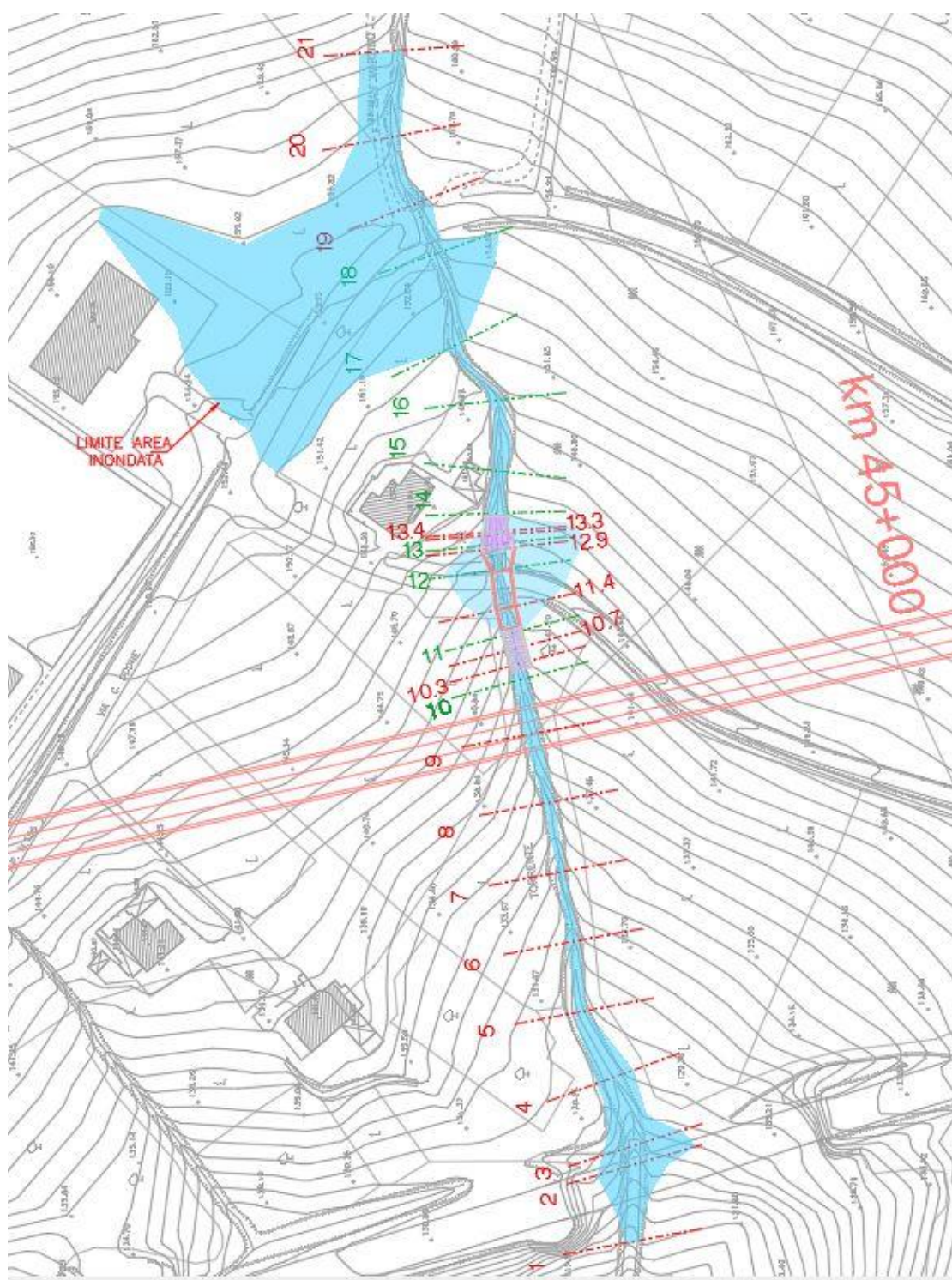


Figura 8: Planimetria di esondazione post operam

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>SISTEMAZIONI IDRAULICHE</b> Torrente S. Martino NI10- Relazione idraulica	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID.00.0.2.003	REV. A	FOGLIO 19 di 22

Nello studio effettuato è stata valutata la compatibilità idraulica dell'infrastruttura di progetto e degli interventi di sistemazione idraulica, che garantiscono la minima interferenza delle opere ferroviarie con il normale deflusso delle acque.

Si evidenzia che il deflusso delle acque, non essendoci esondazione alcuna, avviene esclusivamente all'interno dell'alveo e che il livello idrico, che si instaura al disotto dell'intradosso del nuovo attraversamento (Viadotto VI22) in progetto, è inferiore al valore al quale corrisponde un franco di sicurezza idraulica rispondente alla normativa vigente; in particolare, in ottemperanza della circolare n°617 del 2 Febbraio 2009 ('Istruzioni per l'applicazione delle NTC 2008'), la differenza di quota tra l'intradosso del ponte ferroviario in progetto e il livello di piena corrispondente a Tr =200 anni è maggiore del franco minimo prescritto di 1,5 m, come mostrato nella tabella seguente.

HEC-RAS Plan: PRO 1 River: t. Reventa Reach: . Profile: PF 1

Reach	River Sta	W.S. Elev (m)	E.G. Elev (m)
.	12	90.36	91.13
.	11	89.98	91.04
.	10	89.47	90.91
.	9	88.43	90.71
.	8.9	87.09	90.58
.	8	86.23	90.11
.	7.50	Bridge	
.	7	88.98	89.09
.	6	88.78	89.05
.	5	88.80	89.03
.	4	88.73	89.02
.	3	88.76	88.99
.	2	88.73	88.98
.	1	88.10	88.91
.	0.95	Bridge	
.	0.9	87.90	88.76
.	0.60	88.22	88.57
.	0.55	Bridge	
.	0.5	88.10	88.46

#### 4.6 DIMENSIONAMENTO DELLE SISTEMAZIONI

La verifica di stabilità degli interventi in progetto può essere condotta impiegando le formule della teoria di Shields per il moto incipiente delle particelle solide del materiale d'alveo, sottoposte

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>SISTEMAZIONI IDRAULICHE</b> Torrente S. Martino N10- Relazione idraulica	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID.00.0.2.003	REV. A	FOGLIO 20 di 22

all'azione della corrente idrica. La relazione di dipendenza dello sforzo tangenziale critico  $\theta_{cr}$  dalle caratteristiche idrauliche della corrente è la seguente:

$$\frac{\tau_{cr}}{(\gamma_s - \gamma_w) \cdot d} = \theta_{cr} \quad (1)$$

Dove:

$\theta_{cr}$  è funzione del numero di Reynolds e vale circa 0,06;

$\gamma_s$  e  $\gamma_w$  sono rispettivamente il peso specifico del sedimento e dell'acqua;  $d$  è il diametro medio delle particelle costituenti il materiale di rivestimento in mm.

#### TENSIONE CRITICA FONDO ALVEO PIANO

$\gamma_s$ - peso specifico dei massi [N/m<sup>3</sup>] 26000

$\gamma_w$ - peso specifico acqua [N/m<sup>3</sup>] 10000

$d$ - diametro masso [m] 0.8

$\theta_{crit}$  mass legati 0.06

$\theta_{crit}$  0.06

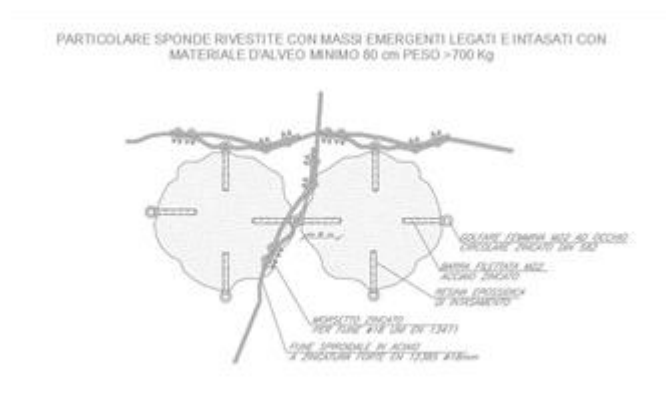
$\tau_{cr}$  [N/m<sup>2</sup>] 768

Dalla relazione precedente è possibile esplicitare il diametro  $d$  in funzione dello sforzo tangenziale agente sulla generica sezione di interesse, ricavabile dai risultati del modello di calcolo. Lungo il tratto del Torrente Reventa studiato, gli sforzi tangenziali assumono il valore massimo di circa 558 N/m<sup>2</sup>, per la portata di progetto con tempo di ritorno  $T = 200$  anni. Assumendo  $\gamma_s$  e  $\gamma_w$  rispettivamente pari a 26000 N/m<sup>3</sup> (roccia silicea) e 10000 N/m<sup>3</sup>, il diametro medio del materiale di rivestimento calcolato con la (1) risulta pari a circa 190 mm.

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
SISTEMAZIONI IDRAULICHE Torrente S. Martino NI10- Relazione idraulica	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID.00.0.2.003	REV. A	FOGLIO 21 di 22

Reach	River Sta	Profile	Shear Chan (N/m2)	Shear Total (N/m2)	E.G. Elev (m)
.	12	PF 1	120.74	98.90	91.13
.	11	PF 1	151.77	122.27	91.04
.	10	PF 1	188.46	142.69	90.91
.	9	PF 1	294.92	263.97	90.71
.	8.9	PF 1	478.01	458.75	90.58
.	8	PF 1	558.50	558.50	90.11
.	7.50		Bridge		
.	7	PF 1	11.53	11.53	89.09
.	6	PF 1	30.73	20.00	89.05
.	5	PF 1	25.45	18.42	89.03
.	4	PF 1	35.24	20.50	89.02
.	3	PF 1	30.41	19.21	88.99
.	2	PF 1	31.12	18.44	88.98
.	1	PF 1	86.93	67.67	88.91
.	0.95		Bridge		
.	0.9	PF 1	92.74	71.88	88.76
.	0.60	PF 1	37.33	37.33	88.57
.	0.55		Bridge		
.	0.5	PF 1	38.73	38.73	88.46

Nel presente Progetto sono stati scelti massi legati come nel particolare rappresentato poiché i valori di tensione ottenuti nel modello risultano superiori ai 268 N/m<sup>2</sup> assunto come valore massimo aldisopra del quale è necessario considerare una sistemazione più resistente in termini di dimensione dei massi e di legatura. La protezione in pietrame prevista è stata scelta indicando il diametro minimo pari a 800 mm



Al fine di proteggere i rivestimenti dall'erosione causata dalla filtrazione della corrente sull'interfaccia opera di protezione-suolo, è opportuno predisporre un filtro di materiale granulare o in geotessuto sulla superficie di contatto. Il filtro deve essere dimensionato in base alla verifica della velocità di filtrazione, data dalla seguente formula:

$$V_b = n_{\text{filter}} \cdot v_f \cdot (d_m/2)^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad (2) \text{ dove:}$$

APPALTATORE:  Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>3° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
PROGETTAZIONE: Mandatario:      Mandante: <b>SYSTRA S.A.    SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>													
<b>SISTEMAZIONI IDRAULICHE</b> Torrente S. Martino NI10- Relazione idraulica	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF2R</td> <td>3.2.E.ZZ</td> <td>RI</td> <td>ID.00.0.2.003</td> <td>A</td> <td>22 di 22</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	3.2.E.ZZ	RI	ID.00.0.2.003	A	22 di 22
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	3.2.E.ZZ	RI	ID.00.0.2.003	A	22 di 22								

nfilter è il coefficiente di scabrezza del fondo ed è pari a 0,02 per un filtro di tessuto, o 0,025 per un filtro di ghiaia sotto il rivestimento; dm è il diametro del materiale del rivestimento; if è la pendenza del fondo del canale.

La velocità Vb deve essere paragonata con la velocità Ve sull'interfaccia con il materiale di base. Nel caso in esame si possono assumere per Ve valori pari a 1,8 m/s per la ghiaia grossolana ed a 1,67 m/s per limo e ciottoli coesivi. Quando si utilizza un geotessile sotto il rivestimento, la velocità del flusso che passa attraverso di esso diminuisce in funzione dello spessore del filtro stesso ed è un valore caratteristico del materiale impiegato, solitamente fornito dai produttori.

Alla luce delle precedenti verifiche e considerazioni, la configurazione finale di progetto risulta idraulicamente compatibile con le norme della legislazione vigente di protezione dai rischi idraulici e con la conformazione odierna dei luoghi. Gli interventi di sistemazione ripropongono la sagoma delle sezioni attuali d'alveo e la riprofilatura del fondo e delle sponde.

Le opere di sistemazione idraulica previste consentono di assicurare, con il periodo di ritorno di progetto stabilito, la sicurezza dell'infrastruttura ferroviaria, e di ridurre le eventuali condizioni di rischio, evitando esondazioni nella zona di intervento.

Particolari accorgimenti saranno adottati per una corretta manutenzione delle opere, onde poter ridurre al minimo gli interventi atti a garantirne l'efficienza ed, in ogni caso, a ridurre a livelli minimi i costi delle opere