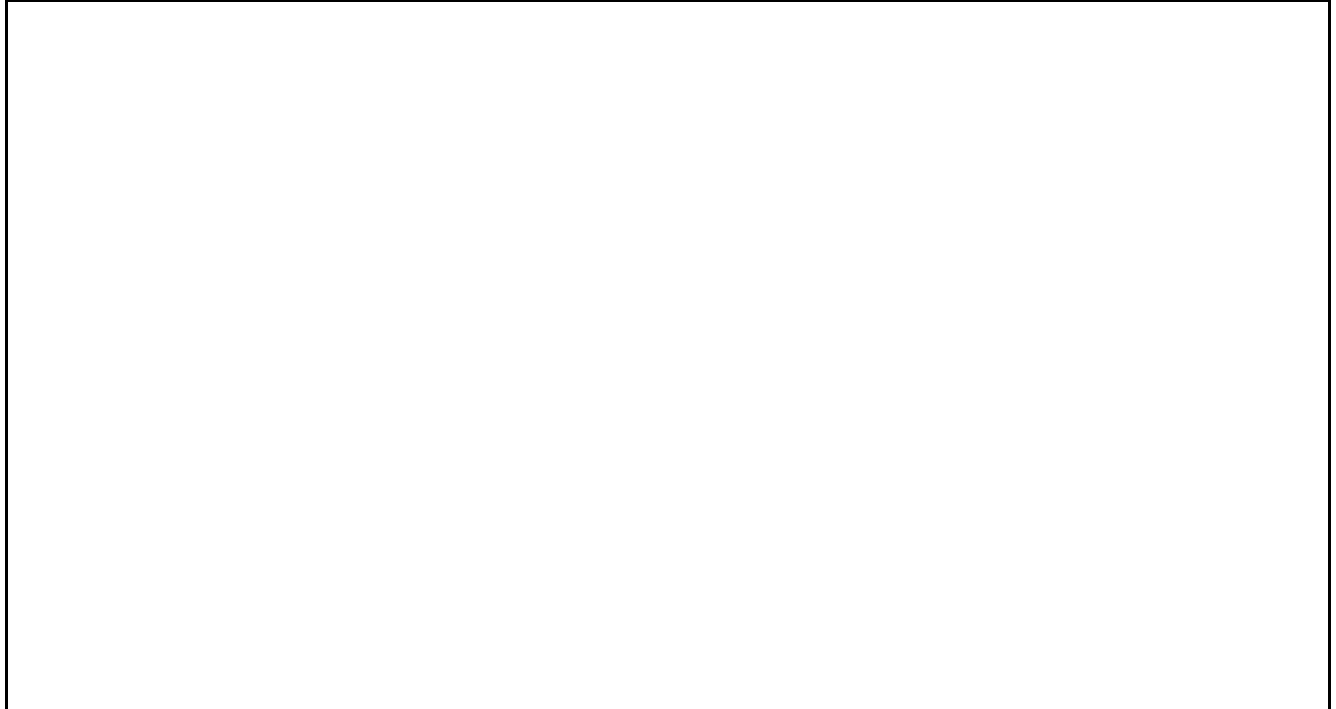
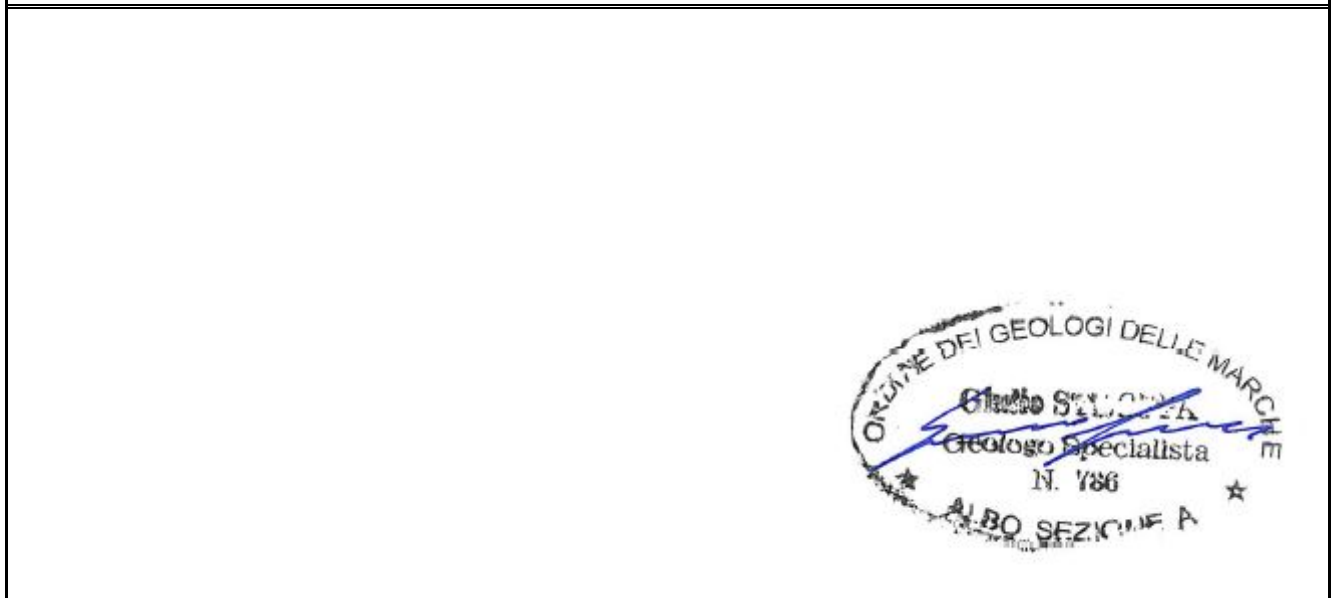


| | | | |
|---|--|--|--|
| Contraente:  | Progetto: MET. S. EUFEMIA-CROTONE DN 550 (22"), DP 70 bar RIFACIMENTO ATTRAVERSAMENTO FIUME S. ANNA | | Cliente:  |
| | N° Contratto : N° Commessa : NR/15215 | | |

| | | | |
|--|--------------------------|---------------------------|--|
| N° documento: 03049-PPL-RE-200-034 | Foglio 1 di 34 | Data 04-10-2019 | N° documento Cliente: RE-200-034 |
|--|--------------------------|---------------------------|--|



RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA E
VERIFICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA
Attraversamento Fiume S. Anna



| | | | | | |
|-----|------------|------------------|-----------|-------------|-----------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 00 | 04-10-2019 | EMISSIONE | VANNI | STROPPA | CAPRIOTTI |
| REV | DATA | TITOLO REVISIONE | PREPARATO | CONTROLLATO | APPROVATO |

| | | | | | | | |
|--|-------|----------------|--|--|--|--|--------------------------------|
| MET. S. EUFEMIA-CROTONE DN 550 (22"), DP 70 bar RIFACIMENTO ATTRAVERSAMENTO FIUME S. ANNA | | | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA E VERIFICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA ATTR. FIUME S.ANNA | | | | | | | |
| N° Doc. Ingegneria: 03049-PPL-RE-200-034 | Rev.: | 00 | | | | | N° Doc. Cliente: RE-200-034 |
| | | Foglio 2 di 34 | | | | | |

INDICE

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | PREMESSE | 3 |
| 2 | CARATTERISTICHE OPERA IN PROGETTO | 5 |
| 3 | PORTATE DI PIENA | 6 |
| 4 | STUDIO IDRAULICO | 8 |
| 5 | DETERMINAZIONE DELLA MASSIMA PROFONDITÀ DI EROSIONE | 14 |
| 6 | CONCLUSIONI | 18 |
| 7 | VERIFICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA | 19 |
| 7.1 | ATTRAVERSAMENTO IN SUBALVEO | 21 |
| 7.2 | PIL | 22 |
| 8 | CONCLUSIONI | 26 |
| | ANNESSO 1: GENERALITÀ SUL MODELLO HEC-RAS | 27 |
| | ANNESSO 2: GRAFICO SPERIMENTALE PER LA DETERMINAZIONE DI β_C | 33 |
| | ALLEGATI | 34 |

| MET. S. EUFEMIA-CROTONE DN 550 (22"), DP 70 bar | | | | | | |
|---|----------------|----|--|------------|--|------------------|
| RIFACIMENTO ATTRAVERSAMENTO FIUME S. ANNA | | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA E VERIFICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA ATTR. FIUME S.ANNA | | | | | | |
| N° Doc. Ingegneria: | Rev.: | 00 | | | | N° Doc. Cliente: |
| 03049-PPL-RE-200-034 | Foglio 3 di 34 | | | RE-200-034 | | |

1 PREMESSE

La presente relazione è finalizzata alla determinazione delle caratteristiche idrologiche-idrauliche del Fiume S. Anna, necessarie per la verifica della profondità di posa in subalveo della nuova condotta in acciaio DN 550 (22") DP70 bar, finalizzata al rifacimento dell'attraversamento in subalveo esistente la cui condotta è ubicata circa 40 m a valle di quello oggetto del presente progetto.

Il Fiume S. Anna è uno dei vari corsi d'acqua che, unendosi in località Stazione Isola Capo Rizzuto danno vita al Fiume Esaro, che si immette in mare in corrispondenza dell'abitato di Crotona. L'attraversamento è ubicato in una zona distinta ai F. 48 e 49 delle NCT del Comune di Crotona.

Scopo e finalità del presente studio è pertanto verificare l'idoneità della profondità di posa rispetto alle possibili dinamiche evolutive del fondo alveo o a possibili fenomeni di dissesto/erosione localizzati in corrispondenza del transito degli eventi di piena.

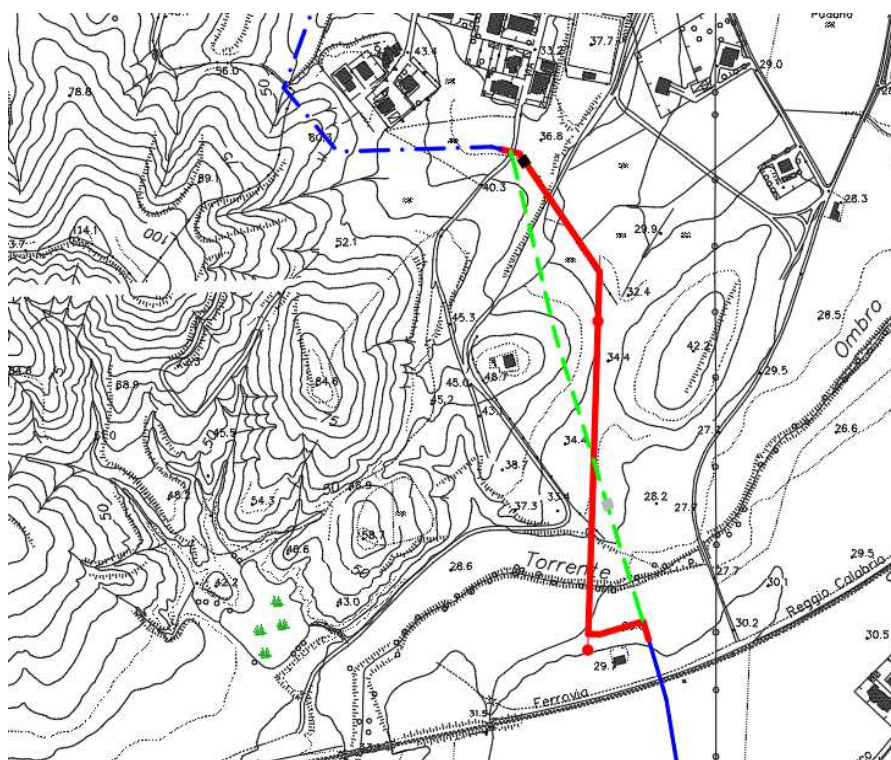


Fig. 1: Stralcio cartografia CTR della zona dell'attraversamento. In rosso il nuovo metanodotto. In verde la condotta esistente da rimuovere

| | | | | | | | |
|--|----------------|----|--|------------|--|--|------------------|
| MET. S. EUFEMIA-CROTONE DN 550 (22"), DP 70 bar | | | | | | | |
| RIFACIMENTO ATTRAVERSAMENTO FIUME S. ANNA | | | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA E VERIFICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA ATTR. FIUME S.ANNA | | | | | | | |
| N° Doc. Ingegneria: | Rev.: | 00 | | | | | N° Doc. Cliente: |
| 03049-PPL-RE-200-034 | Foglio 4 di 34 | | | RE-200-034 | | | |

A tal fine è stata eseguita una specifica modellazione idraulica di un tratto d'alveo significativo posto a cavallo della zona di intervento, nell'ipotesi di moto permanente, mediante elaboratore elettronico, con l'ausilio del programma di calcolo Hec-Ras (per le cui caratteristiche si rimanda all'annesso 1).

Si è provveduto in tal modo alla determinazione delle grandezze caratteristiche del deflusso in alveo quali altezza del tirante idrico, velocità della corrente, raggio idraulico, ecc.

I valori così calcolati sono stati poi utilizzati per le verifiche della profondità di posa della nuova condotta eseguite al par. 6.

Per il reperimento dei dati necessari all'esecuzione dello studio si è fatto riferimento a:

- *Piano Stralcio di Bacino per l'assetto idrogeologico della Regione Calabria;*
- *Cartografia allegata al suddetto PAI.*

| | | | | | | |
|--|----------------|----|--|------------|--|------------------|
| MET. S. EUFEMIA-CROTONE DN 550 (22"), DP 70 bar | | | | | | |
| RIFACIMENTO ATTRAVERSAMENTO FIUME S. ANNA | | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA E VERIFICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA ATTR. FIUME S.ANNA | | | | | | |
| N° Doc. Ingegneria: | Rev.: | 00 | | | | N° Doc. Cliente: |
| 03049-PPL-RE-200-034 | Foglio 5 di 34 | | | RE-200-034 | | |

2 CARATTERISTICHE OPERA IN PROGETTO

L'attraversamento verrà eseguito con tecnologia trenchless, tramite TOC di lunghezza complessiva 381,60 m ad una profondità variabile dal piano campagna da 1,5 m in corrispondenza delle buche di spinta e di arrivo, e 23,60 m in corrispondenza del punto di inversione della pendenza.

In particolare, in corrispondenza dell'alveo inciso del torrente, la profondità sarà di circa 6,80 m.

Pertanto non essendovi interferenze di alcun genere con l'alveo inciso, non sono previste opere di ripristino in quanto anche i pozzi di spinta e di arrivo della TOC, una volta ultimata l'infissione, verranno richiusi con completo ripristino del piano di campagna originario. Il tutto come dettagliato sull'elaborato grafico di progetto.

Per il dettaglio dell'intervento e le caratteristiche costruttive dello stesso si rimanda all'elaborato grafico di progetto Tav. AT-DW-201-150.

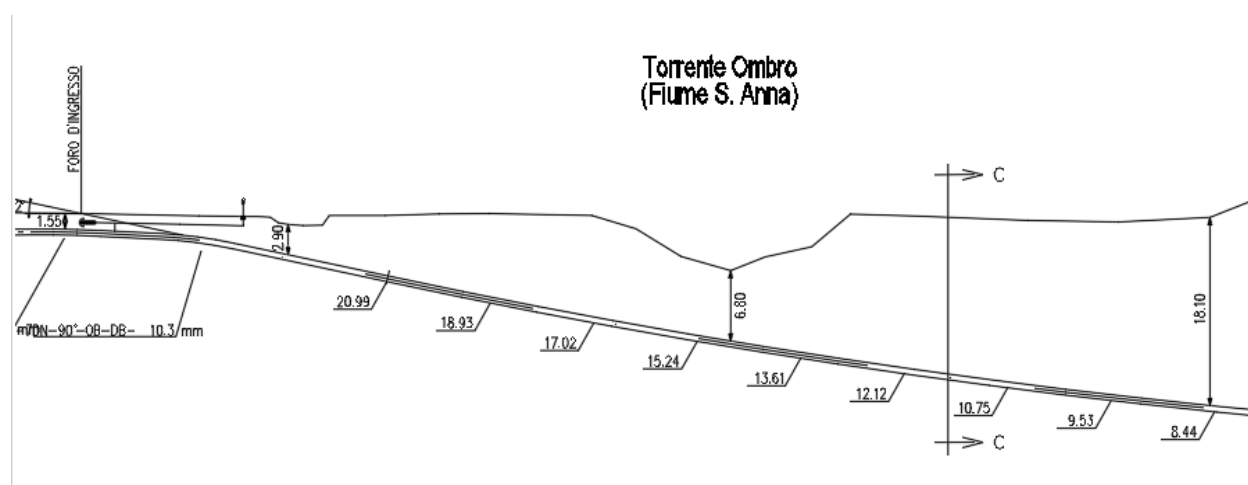


Fig. 2: Attraversamento Fiume S. Anna - Sezione schematica di progetto

| | | | | | | |
|--|----------------|----|--|--|--|--------------------------------|
| MET. S. EUFEMIA-CROTONE DN 550 (22''), DP 70 bar | | | | | | |
| RIFACIMENTO ATTRAVERSAMENTO FIUME S. ANNA | | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA E VERIFICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA ATTR. FIUME S.ANNA | | | | | | |
| N° Doc. Ingegneria: 03049-PPL-RE-200-034 | Rev.: | 00 | | | | N° Doc. Cliente: RE-200-034 |
| | Foglio 6 di 34 | | | | | |

3 PORTATE DI PIENA

Trattandosi di un intervento realizzato con tecnologia no-dig, senza pertanto alcuna interferenza diretta con l'alveo inciso, per la determinazione della portata di progetto si è fatto riferimento alle formule semi-empiriche riportate al paragrafo 5, dell'allegato A delle "Linee guida sulle verifiche di compatibilità delle opere interferenti con i corsi d'acqua" del Piano Stralcio di Bacino per l'assetto idrogeologico della Regione Calabria.

Per la determinazione del bacino di riferimento, alla sezione di interesse, si è fatto riferimento alla cartografia disponibile sul Web-Gis del portale della Regione Calabria.



Fig. 3: Bacino idrografico del Fiume Esaro, in rosso il sottobacino del Fiume alla sezione di interesse

In particolare, tra le formule proposte nelle linee guida, in considerazione dell'importanza dell'opera, si è fatto riferimento alle seguenti espressioni:

| MET. S. EUFEMIA-CROTONE DN 550 (22"), DP 70 bar RIFACIMENTO ATTRAVERSAMENTO FIUME S. ANNA | | | | | | |
|--|-------------|--------|---|----|----|--------------------------------|
| RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA E VERIFICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA ATTR. FIUME S.ANNA | | | | | | |
| N° Doc. Ingegneria: 03049-PPL-RE-200-034 | Rev.: 00 | | | | | N° Doc. Cliente: RE-200-034 |
| | | Foglio | 7 | di | 34 | |

- Formula di Gherardelli-Marchetti:

$$Q_c = A * q_{100} (A / 100)^{(-2/3)}$$

Dove q_{100} è la portata specifica con tempo di ritorno centennale, che per i bacini calabresi è stata stimata in 7,5 mc / sec * Km²

- Formula di Scimeni:

$$Q_c = A * (1 + 600 / (A+10))$$

Dove q_{100} è la portata specifica con tempo di ritorno centennale, che per i bacini calabresi è stata stimata in 7,5 mc / sec * Km²

- Formula di Forti (in caso di precipitazioni massime nelle 24 ore di 200-250 mm):

$$Q_c = A * (0,5 + 2,35 * (500 / (A / 125)))$$

- Formula di Forti (in caso di precipitazioni massime nelle 24 ore di 400 mm):

$$Q_c = A * (1,0 + 3,25 * (500 / (A / 125)))$$

Ove, in tutte le formule, Q_c rappresenta la portata critica in mc/sec, ed A la superficie del bacino in km²

| Bacino | Superficie sottobacino [km ²] | Q_c | Q_c | Q_c | Q_c |
|---------------|---|----------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | Gherardelli [mc/sec] | Scimeni [mc/sec] | Forti 400 mm [mc/sec] | Forti 250 mm [mc/sec] |
| Fiume S. Anna | 47,5 | 585,18 | 543,15 | 494,96 | 347,30 |

Tab. 1: risultati derivanti dall'applicazione delle formule sopra indicate al bacino di interesse

La modellazione verrà eseguita con tutti e 4 i valori sopra calcolati, mentre le verifiche sono state condotte esclusivamente, a favore di sicurezza, con il maggiore dei valori di portata, cui corrispondono le maggiori sollecitazioni.

Tale valore di portata corrisponde ad un evento con tempo di ritorno non inferiore a Tr100 anni.

| | | | | | | | |
|--|----------------|----|--|------------|--|--|------------------|
| MET. S. EUFEMIA-CROTONE DN 550 (22"), DP 70 bar | | | | | | | |
| RIFACIMENTO ATTRAVERSAMENTO FIUME S. ANNA | | | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA E VERIFICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA ATTR. FIUME S.ANNA | | | | | | | |
| N° Doc. Ingegneria: | Rev.: | 00 | | | | | N° Doc. Cliente: |
| 03049-PPL-RE-200-034 | Foglio 8 di 34 | | | RE-200-034 | | | |

4 STUDIO IDRAULICO

Il calcolo in moto permanente è stato eseguito tramite elaboratore elettronico con l'ausilio del programma di calcolo Hec-Ras, per le cui caratteristiche si rimanda all'annesso 1. Il tratto modellato ha una lunghezza di circa 200 m, ove la sezione interessata dalla nuova opera in progetto è quella indicata con il n. 20 nelle seguenti figura 1 e tabella 3. L'ubicazione di tale sezione è riportata altresì nello stralcio planimetrico in Allegato 3.

Si evidenzia che la sezione suddetta rappresenta l'unica effettivamente rilevata topograficamente, mentre le altre, denominate rispettivamente 10 (a valle) e 30 (a monte), sono state ottenute traslando detta sezione verso monte e verso valle secondo la pendenza dell'alveo. Infatti, non essendovi opere interferenti con l'alveo, scopo della modellazione è esclusivamente quello di determinare i parametri caratteristici del moto in corrispondenza della sezione di interesse.

Sono state imposte come condizione al contorno, a monte e valle del tratto modellato, l'altezza di moto uniforme, calcolata con una pendenza pari a quella media del tratto rilevato.

Nella fincatura superiore delle sezioni seguenti sono riportati i valori di scabrezza utilizzati per i vari tratti (secondo l'espressione di Manning che utilizza il modello Hec Ras), i cui valori sono ricavati da fonti di letteratura, come ad esempio nella seguente tabella.

I risultati, grafici e numerici, sono riportati nelle pagine seguenti, dove il significato delle grandezze riportate in legenda è il seguente:

- WS Marchetti: Quota acqua corrispondente alla portata calcolata con l'espressione di Marchetti;
- WS Scimeni: Quota acqua corrispondente alla portata calcolata con l'espressione di Scimeni
- WS Forti 400: Quota acqua corrispondente alla portata calcolata con l'espressione di Forti per 400 mm/24 h

| MET. S. EUFEMIA-CROTONE DN 550 (22"), DP 70 bar | | | | | | | |
|---|----------------|----|--|------------|--|--|------------------|
| RIFACIMENTO ATTRAVERSAMENTO FIUME S. ANNA | | | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA E VERIFICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA ATTR. FIUME S.ANNA | | | | | | | |
| N° Doc. Ingegneria: | Rev.: | 00 | | | | | N° Doc. Cliente: |
| 03049-PPL-RE-200-034 | Foglio 9 di 34 | | | RE-200-034 | | | |

- WS Forti 250: Quota acqua corrispondente alla portata calcolata con l'espressione di Forti per 250 mm/24 h
- Crit Marchetti/Crit Scimeni/crit Forti 400/Crit Forti 250: Altezza critica della corrente per portata calcolata con l'espressione indicata;
- Ground Fondo alveo;
- Bank sta Ciglio alveo;

| tipo di superficie | Minimo | Normale | Massimo |
|---|--------|---------|---------|
| ALVEI DI PIANURA | | | |
| non vegetati, rettilinei, corrente regolare | 0.025 | 0.030 | 0.033 |
| come sopra ma con pietre e alghe | 0.030 | 0.035 | 0.040 |
| non vegetati, tortuosi con molienti e rapide | 0.033 | 0.040 | 0.045 |
| come sopra ma con pietre e alghe | 0.035 | 0.045 | 0.050 |
| come sopra, in magra | 0.040 | 0.048 | 0.055 |
| non vegetati, tortuosi, pietre, molienti e rapide | 0.045 | 0.050 | 0.060 |
| molto irregolari e alghe molto fitte | 0.075 | 0.100 | 0.150 |
| ALVEI DI MONTAGNA (SPONDE CON ALBERI E CESPUGLI) | | | |
| sul fondo: ghiaia, ciotoli e massi radi | 0.030 | 0.040 | 0.050 |
| sul fondo: ciotoli e grandi massi | 0.040 | 0.050 | 0.070 |
| GOLENE E PIANE INONDABILI | | | |
| prato senza cespugli, erba bassa | 0.025 | 0.030 | 0.035 |
| prato senza cespugli, erba alta | 0.030 | 0.035 | 0.050 |
| campi incolti | 0.020 | 0.030 | 0.040 |
| coltivazioni a filari | 0.025 | 0.035 | 0.045 |
| colture di cereali in pieno sviluppo | 0.030 | 0.040 | 0.050 |
| aree con cespugli sparsi e erba alta | 0.035 | 0.050 | 0.070 |
| aree con cespugli bassi e alberi, in inverno | 0.035 | 0.050 | 0.060 |
| aree con cespugli bassi e alberi, in estate | 0.040 | 0.060 | 0.080 |
| cespugli fitti, in inverno | 0.045 | 0.070 | 0.110 |
| cespugli fitti, in estate | 0.070 | 0.100 | 0.160 |

Tab. 2: Valori del coefficiente di scabrezza di Manning "n" [s/m^{1/3}]

| | | | | | | |
|--|-----------------|----|--|--|------------|------------------|
| MET. S. EUFEMIA – CATANZARO – CROTONE - DN550 (22'') DP70 bar – RIFACIMENTO | | | | | | |
| ATTRAVERSAMENTO FIUME S.ANNA | | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA FIUME S.ANNA | | | | | | |
| N° Doc. Ingegneria: 03783-PPL-RE-200-034 | Rev.: | 00 | | | | N° Doc. Cliente: |
| | Foglio 10 di 34 | | | | RE-200-034 | |

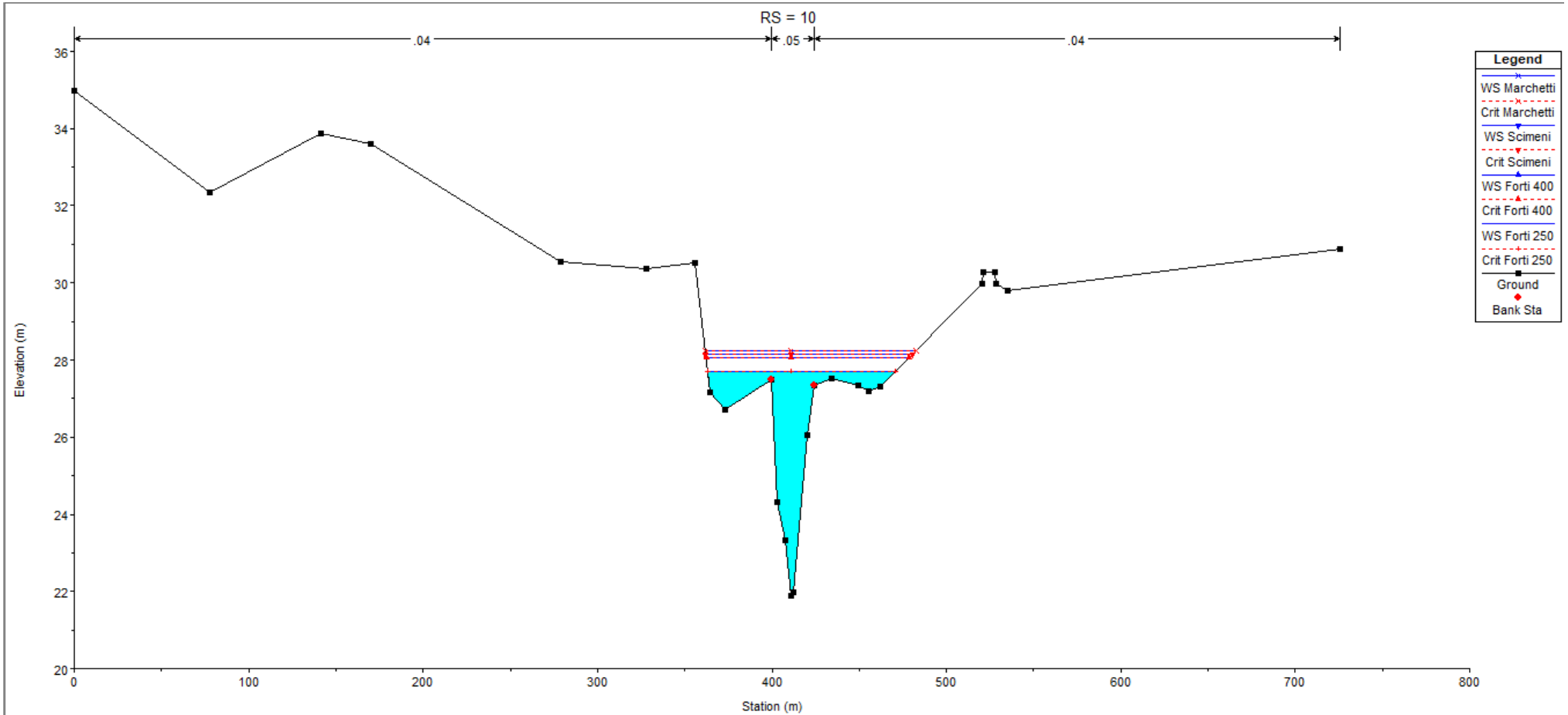


Fig. 4.1: Sezione trasversale (fittizia) alla fine del tratto modellato

| | | | | | | |
|--|-----------------|----|--|--|------------|------------------|
| MET. S. EUFEMIA – CATANZARO – CROTONE - DN550 (22'') DP70 bar – RIFACIMENTO | | | | | | |
| ATTRAVERSAMENTO FIUME S.ANNA | | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA FIUME S.ANNA | | | | | | |
| N° Doc. Ingegneria: 03783-PPL-RE-200-034 | Rev.: | 00 | | | | N° Doc. Cliente: |
| | Foglio 11 di 34 | | | | RE-200-034 | |

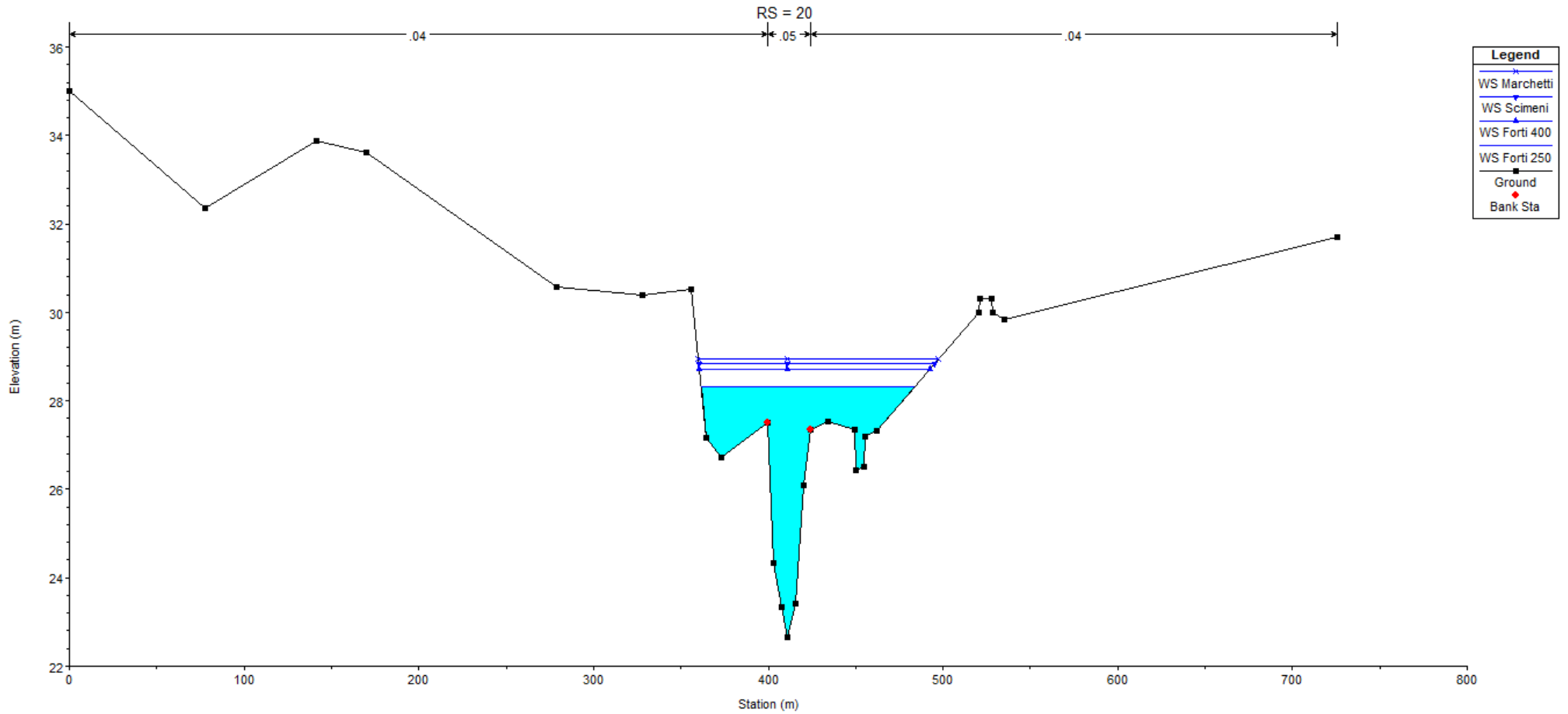


Fig. 4.2: Sezione trasversale in corrispondenza dell'attraversamento in subalveo

| | | | | | | |
|--|-----------------|----|--|--|--|--------------------------------|
| MET. S. EUFEMIA – CATANZARO – CROTONE - DN550 (22'') DP70 bar – RIFACIMENTO | | | | | | |
| ATTRAVERSAMENTO FIUME S.ANNA | | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA FIUME S.ANNA | | | | | | |
| N° Doc. Ingegneria: 03783-PPL-RE-200-034 | Rev.: | 00 | | | | N° Doc. Cliente: RE-200-034 |
| | Foglio 12 di 34 | | | | | |

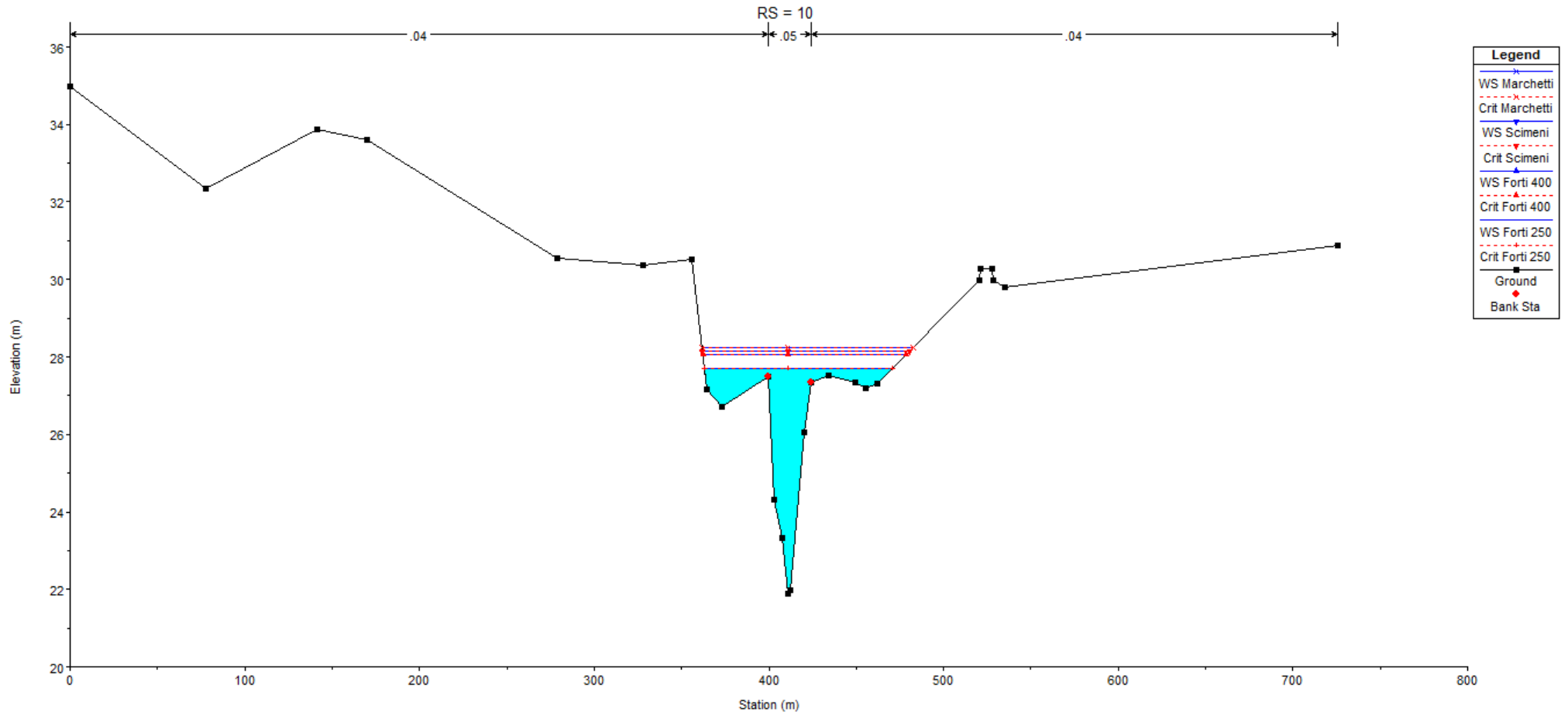


Fig. 4.3: Sezione trasversale all'inizio del tratto modellato

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|----------|--|--|--|-----------------|--|--|--|--------------------------------|--|--|--|
| MET. S. EUFEMIA – CATANZARO – CROTONE - DN550 (22'') DP70 bar – RIFACIMENTO | | | | | | | | | | | | | | | |
| ATTRAVERSAMENTO FIUME S.ANNA | | | | | | | | | | | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA FIUME S.ANNA | | | | | | | | | | | | | | | |
| N° Doc. Ingegneria: 03783-PPL-RE-200-034 | | | | Rev.: 00 | | | | Foglio 13 di 34 | | | | N° Doc. Cliente: RE-200-034 | | | |

| Sez | Formula | Q [mc/sec] | Quota fondo [m.s.m.] | Quota acqua [m.s.m.] | Tirante idr [m] | Alt. critica [m.s.m.] | Carico Tot [m.s.m.] | P. linea carichi [m] | Velocità [m/sec] | Area [mq] | Larg. p. l. [m] | N. Froude | Raggio idr. [m] | Tens tang [N/mq] |
|-----|-----------|---------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------|--------------|--------------------|-----------|--------------------|---------------------|
| 30 | Forti 250 | 347 | 22.68 | 28.41 | 5.73 | 27.77 | 28.62 | 0.002442 | 2.29 | 196.06 | 124.33 | 0.37 | 1.54 | 84.46 |
| 30 | Forti 400 | 494 | 22.68 | 28.83 | 6.15 | 28.1 | 29.07 | 0.00264 | 2.55 | 249.1 | 134.25 | 0.39 | 1.82 | 101.02 |
| 30 | Scimeni | 543 | 22.68 | 28.95 | 6.27 | 28.21 | 29.2 | 0.002679 | 2.61 | 265.84 | 137.23 | 0.4 | 1.9 | 105.47 |
| 30 | Marchetti | 585 | 22.68 | 29.04 | 6.36 | 28.29 | 29.31 | 0.002734 | 2.68 | 278.81 | 139.49 | 0.4 | 1.96 | 109.95 |
| 20 | Forti 250 | 347 | 22.66 | 28.32 | 5.66 | | 28.54 | 0.002676 | 2.36 | 190.14 | 122.36 | 0.39 | 1.51 | 90.64 |
| 20 | Forti 400 | 494 | 22.66 | 28.72 | 6.06 | | 28.98 | 0.00291 | 2.64 | 240.99 | 132.02 | 0.41 | 1.78 | 108.98 |
| 20 | Scimeni | 543 | 22.66 | 28.84 | 6.18 | | 29.11 | 0.002952 | 2.71 | 257.18 | 134.95 | 0.42 | 1.86 | 113.79 |
| 20 | Marchetti | 585 | 22.66 | 28.94 | 6.28 | | 29.22 | 0.00302 | 2.78 | 269.49 | 137.14 | 0.42 | 1.92 | 118.85 |
| 10 | Forti 250 | 347 | 21.88 | 27.7 | 5.82 | 27.7 | 28.28 | 0.007682 | 3.61 | 119.13 | 107.77 | 0.64 | 1.08 | 222.28 |
| 10 | Forti 400 | 494 | 21.88 | 28.07 | 6.19 | 28.07 | 28.71 | 0.008042 | 3.96 | 160.39 | 116.65 | 0.66 | 1.34 | 258.81 |
| 10 | Scimeni | 543 | 21.88 | 28.14 | 6.26 | 28.14 | 28.83 | 0.008507 | 4.13 | 169.47 | 118.52 | 0.68 | 1.39 | 279.6 |
| 10 | Marchetti | 585 | 21.88 | 28.23 | 6.35 | 28.23 | 28.93 | 0.008542 | 4.2 | 179.76 | 120.6 | 0.69 | 1.45 | 287.23 |

Tab. 3: Risultati della modellazione eseguita

| | | | | | | | |
|---|--------------|----------|-------|----|--|--|-------------------------------------|
| MET. S. EUFEMIA – CATANZARO – CROTONE - 1° TRONCO SANT'EUFEMIA – FIUME CORACE | | | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA E COMPATIBILITÀ IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME S. ANNA | | | | | | | |
| N° Documento: 03783-PPL-RE-200-034 | Foglio 14 | di 34 | Rev.: | 00 | | | N° Documento Cliente: RE-200-034 |

5 DETERMINAZIONE DELLA MASSIMA PROFONDITÀ DI EROSIONE

Per la determinazione della profondità di posa della condotta sono stati valutati gli effetti connessi al transito dell'evento di piena considerato nella modellazione.

Esistono vari studi, per lo più sperimentali, per la determinazione della massima profondità di erosione di un fondo d'alveo in corrispondenza di piene eccezionali, dovute principalmente:

1. alla presenza di discontinuità di fondo;
2. alla presenza di manufatti in alveo (pile, pennelli, briglie, ecc.);
3. alla presenza di curve;
4. alla propagazione di barre alterne;

Si possono fin da subito escludere le casistiche di cui ai punti 2 e 3 infatti nel tratto in esame non sono presenti manufatti in alveo o curve.

Procediamo quindi ad analizzare i casi 1 e 4.

Caso 1:

Nel caso in esame la possibile discontinuità di fondo si può correlare al diverso grado di compattazione tra i terreni dell'alveo indisturbato e quelli interessati dalle operazioni di scavo e rinterro.

Dall'espressione di Shoklitsch¹, utilizzando le grandezze caratteristiche del moto determinate ai paragrafi precedenti, assumendo come portata specifica

$q = Q/(\Omega/yu)$ con:

- Q [mc/sec] portata di progetto calcolato con l'espressione di Marchetti (valore massimo tra quelle calcolate);
- Ω [mq] area della sezione bagnata, come desumibile dal rigo evidenziato in tabella 3;
- yu [m] altezza di moto uniforme ricavato anche esso dalla tabella 3

¹ $S_{max\ prog} = 0,378 * H^{0,5} * q^{0,35}$ con H= carico totale

| | | | | | |
|---|--------------|----------|-------|----|-------------------------------------|
| MET. S. EUFEMIA – CATANZARO – CROTONE - 1° TRONCO SANT'EUFEMIA – FIUME CORACE | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA E COMPATIBILITÀ IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME S. ANNA | | | | | |
| N° Documento: 03783-PPL-RE-200-034 | Foglio 15 | di 34 | Rev.: | 00 | N° Documento Cliente: RE-200-034 |

risulta pertanto:

$$S_{\max \text{ Marchetti}} = 2,42 \text{ m}$$

Su tale valore tuttavia è bene considerare che formule utilizzate consentono di determinare l'ordine di grandezza dei valori in gioco che pertanto vanno utilizzati con notevole cautela ed opportuni coefficienti di sicurezza. Per tali motivi, in considerazione delle caratteristiche dell'alveo fluviale e dei materiali presenti in sito, si ritiene opportuno considerare un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1,30 risulta pertanto:

$$S_{\max \text{ buche (a)}} = 2,42 * 1,30 = 3,14 \text{ m}$$

Esistono poi altre formule empiriche che mettono in correlazione la massima profondità di erosione localizzata in caso di discontinuità di fondo all'altezza d'acqua generata dalla piena. Da cui risulta, applicando lo stesso coefficiente di sicurezza visto in precedenza, utilizzando il tirante idrico calcolato in tabella 3:

$$S_{\max \text{ buche (b)}} = (6,28 / 2) * 1,30 = 4,08 \text{ m}$$

Caso 4:

Le barre alterne sono onde di sedimenti che si propagano molto lentamente sul fondo di corsi d'acqua dando luogo a sequenza di zone di scavo e di deposito.

Ipotizzando che l'evento di piena abbia una durata temporale abbastanza lunga da instaurare condizioni di moto assimilabili a quelle di moto permanente e uniforme, il criterio per l'esistenza di barre alterne, in moto permanente uniforme in un alveo rettilineo, è che:

$$\beta > \beta_c$$

Dove:

$$\beta = \frac{b_f}{2Y_{\text{med}}}$$

Con b_f larghezza del fondo e Y profondità media della corrente.

| | | | | |
|---|--------------------|-------|----|-------------------------------------|
| MET. S. EUFEMIA – CATANZARO – CROTONE - 1° TRONCO SANT'EUFEMIA – FIUME CORACE | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA E COMPATIBILITÀ IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME S. ANNA | | | | |
| N° Documento: 03783-PPL-RE-200-034 | Foglio 16 di 34 | Rev.: | 00 | N° Documento Cliente: RE-200-034 |

I valori di β_c si trovano rappresentati in grafici sperimentali in funzione della scabrezza relativa (intesa come rapporto tra il *diametro medio dei sedimenti D* e la *profondità media della corrente Y*) e della tensione di Shields².

Esistono poi espressioni empiriche per il calcolo della massima altezza di deposito rispetto al fondo della buca di erosione.

Utilizzando l'espressione di Ikeda:

$$H_{b\max} = 0,18 * Y * \left(\frac{D}{Y}\right)^{0,45} * \beta^{1,45}$$

Nota la quale è possibile ricavare la massima profondità di erosione come:

$$\eta_{\max} = 0,50 \div 0,57 * H_{b\max}$$

Con riferimento alle grandezze caratteristiche calcolate per la sez. 20, riportate in tab. 3, si ricavano quindi i risultati riportati nella seguente tabella:

| | Tr 200 |
|------------------------|---------------|
| bf³ | 42.91 |
| Y | 6.28 |
| D | 0.01 |
| β | 3.41 |
| β_c | 11.0 |
| H | No |
| μ_{max} | No |

Tab. 6: profondità di scavo prevedibile per la presenza di barre alterne

Poiché $\beta < \beta_c$ non si ha la formazione di barre alterne.

Definizione della profondità di posa

Alla luce delle analisi di cui ai punti precedenti, si ritiene pertanto che la condizione più gravosa sia quella analizzata al punto 1 – caso (b), erosione dovuta a

² cfr Annesso 2

³ Si assume bf come rapporto tra l'area della sezione liquida e l'altezza di moto uniforme come desumibili dalla tabella 3 per la sezione 20

| | | | | | | | |
|---|---------------------|-----------------|--------------|--|--|--|--|
| MET. S. EUFEMIA – CATANZARO – CROTONE - 1° TRONCO SANT'EUFE MIA – FIUME CORACE | | | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA E COMPATIBILITÀ IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME S. ANNA | | | | | | | |
| N° Documento: 03783-PPL-RE-200-034 | Foglio 17 | di 34 | Rev.: | | | | N° Documento Cliente: RE-200-034 |
| | | | 00 | | | | |

discontinuità di fondo, pertanto la quota del ricoprimento minimo della condotta dovrebbe risultare non inferiore a 4,08 m, con un coefficiente di sicurezza di 1,30. Poichè il progetto prevede di attraversare il corso d'acqua con una TOC ad una profondità di 6,80 m dal punto più depresso del fondo alveo, si può ritenere la condotta in sicurezza rispetto alle possibili profondità di erosione ed alle possibili dinamiche evolutive del corso d'acqua.

| | | | | | |
|---|--------------|----|----|-------|-------------------------------------|
| MET. S. EUFEMIA – CATANZARO – CROTONE - 1° TRONCO SANT'EUFEMIA – FIUME CORACE | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA E COMPATIBILITÀ IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME S. ANNA | | | | | |
| N° Documento: 03783-PPL-RE-200-034 | Foglio 18 | di | 34 | Rev.: | N° Documento Cliente: RE-200-034 |
| | | | | 00 | |

6 CONCLUSIONI

Il presente studio ha lo scopo di valutare l' idoneità della profondità di posa della nuova condotta di attraversamento in subalveo del Torrenet S. Anna che, si ricorda, verranno eseguiti con tecnologia trenchless ad una profondità di 6,80 m dal punto più depresso del fondo alveo.

Alla luce di quanto esposto ai punti precedenti,

Le verifiche condotte hanno evidenziato:

- che ricoprimento della condotta risulta verificato rispetto alle massime profondità di scavo localizzato prevedibili in occasione delle piene con un coefficiente di sicurezza superiore a 1,30;

Si ritiene pertanto la profondità di posa prevista idonea a garantire il corretto ricoprimento della condotta per un tempo superiore alla vita utile dell'opera.

| | | | | | |
|---|--|---------------|--|------------------------------|--|
| MET. S. EUFEMIA – CATANZARO – CROTONE - 1° TRONCO SANT’EUFEMIA – FIUME CORACE | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA E COMPATIBILITÀ IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME S. ANNA | | | | | |
| N° Documento: | | Foglio | | Rev.: | |
| 03783-PPL-RE-200-034 | | 19 di 34 | | 00 | |
| | | | | N° Documento Cliente: | |
| | | | | RE-200-034 | |

7 VERIFICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

Nel presente paragrafo si intendono valutare gli effetti indotti dalle opere in progetto al fine di definirne la Compatibilità Idraulica nei confronti del regime idrologico-idraulico e delle dinamiche evolutive del corso d’acqua in esame.

Per quanto riguarda gli strumenti di pianificazione vigenti, sia le cartografie del PAI⁴ che quelle del Piano Generale Rischio Alluvioni, individuano lungo tutto l’alveo del Fiume S. Anna una ampia fascia di esondabilità a pericolosità elevata (tratteggio arancione delle immagini sottostanti) con delle zone laterali caratterizzate a sua volta da pericolosità media (tratteggio azzurro) e bassa (tratteggio verde).

Tale previsione risulta peraltro confermata dalle modellazioni seppur speditive eseguite a corredo del presente studio. Infatti analizzando le curve di livello della cartografia CTR si può stimare, per la zona di interesse, un tirante idrico per le piene frequenti di circa 30,00 m.s.m., valore che risulta perfettamente in linea con la modellazione eseguita che, nella sezione dell’attraversamento, restituisce un tirante di 29,29 m.s.m.

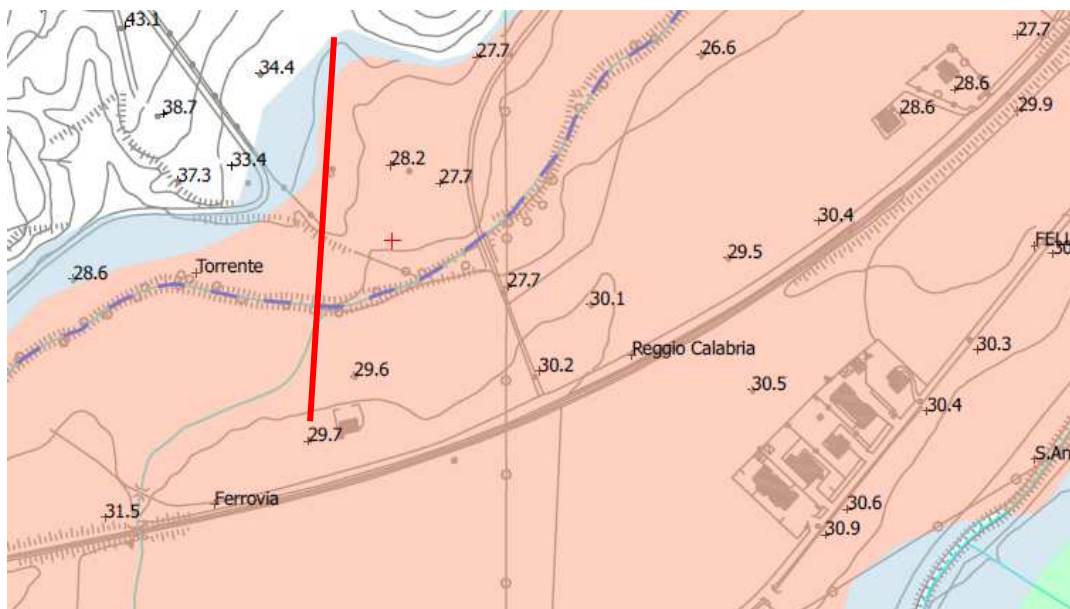


Fig. 5: Stralcio tavole Piano Gestione Rischio Alluvioni – Tav. 571144P – Perimetrazioni zone a rischio idraulico. In rosso il metanodotto in progetto

⁴ Sia quelle vigenti del 2011 che quelle approvate ma non ancora adottate del 2016

| | | | | | | |
|---|--|---------------------------|--|--------------------|--|--|
| MET. S. EUFEMIA – CATANZARO – CROTONE - 1° TRONCO SANT'EUFEMIA – FIUME CORACE | | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA E COMPATIBILITÀ IDRAULICA ATTRAVERSAmento FIUME S. ANNA | | | | | | |
| N° Documento: 03783-PPL-RE-200-034 | | Foglio 20 di 34 | | Rev.: 00 | | N° Documento Cliente: RE-200-034 |

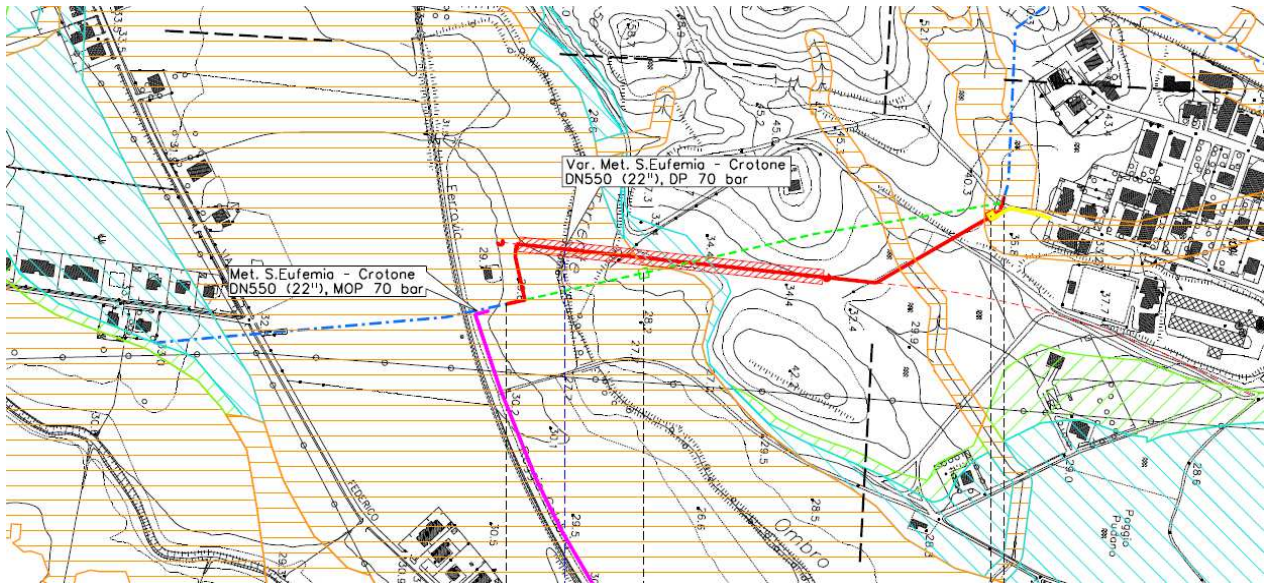


Fig. 6.1: Stralcio Variante PAI approvata ma non ancora adottata (2016) – perimetrazione aree a rischio idraulico

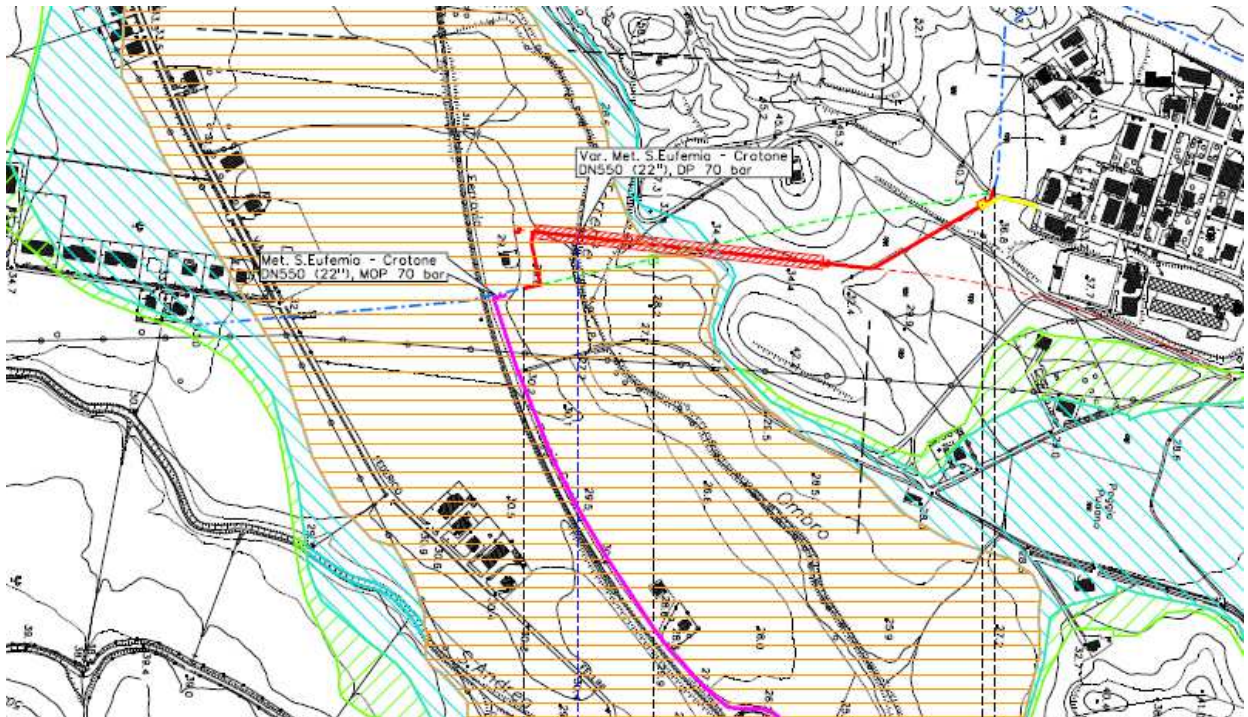


Fig. 6.2: Stralcio PAI vigente (2011) – perimetrazione aree a rischio idraulico

Dal confronto delle immagini sopra riportate si rileva subito che tutti gli strumenti analizzati confermano l'estensione della zona di esondabilità connessa alle piene del Fiume S. Anna, perimetrazione che interessa parzialmente la nuova TOC in progetto.

| | | | | | | |
|---|--|--------------------|--|-------|--|-------------------------------------|
| MET. S. EUFEMIA – CATANZARO – CROTONE - 1° TRONCO SANT'EUFEMIA – FIUME CORACE | | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA E COMPATIBILITÀ IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME S. ANNA | | | | | | |
| N° Documento: 03783-PPL-RE-200-034 | | Foglio 21 di 34 | | Rev.: | | N° Documento Cliente: RE-200-034 |

L'aggiornamento delle tavole relativo alla variante 2016, ancorchè non definitivamente adottato, evidenzia peraltro anche una ulteriore perimetrazione di rischio che interessa le opere in progetto in corrispondenza del termine dell'area di intervento, prima del ricollegamento con le linee esistenti.

Dall'analisi delle cartografie, in considerazione dell'altimetria della zona, si rileva come tale perimetrazione non sia connessa ai deflussi nell'alveo principale del Fiume S. Anna bensì a quelli di un modesto fosso superficiale (poco più di un impluvio) appartenente al reticolo secondario.

In tale posizione in particolare il progetto prevede la realizzazione di un PIL installazione che, come si vedrà nel seguito, risulta sicuramente compatibile con un eventuale allagamento connesso alla crisi del reticolo secondario.

Nel presente paragrafo si intende analizzare gli effetti indotti sul regime dei deflussi in alveo e/o nelle fasce esondabili per effetto della realizzazione delle opere previste in progetto, secondo una serie di indicatori nel seguito dettagliati, tenendo in considerazione che si tratta di una condotta interrata che, ad opere ultimate, non avrà alcun effetto con il deflusso delle piene e con la regione fluviale, essendo previsto in progetto il ripristino dei piani e dell'andamento dei terreni preesistente.

7.1 ATTRAVERSAMENTO IN SUBALVEO

- Valutazione modifiche indotte sul profilo di inviluppo di piena
Le opere realizzate sono totalmente interrate trattandosi di una condotta posata con tecnologia no-dig senza elementi fuori terra, con scavi limitati alle buche di ingresso e di uscita ove peraltro è previsto il completo ripristino dei piani e dell'andamento dei terreni preesistente. Pertanto non vi sarà alcuna modificazione sul profilo di piena ad opere ultimate.
- Valutazione modifiche della capacità di invaso della zona esondabile, modifiche del carico insediativo ed impermeabilizzazione dei suoli
Anche per quanto riguarda la riduzione della capacità di invaso resta valido quanto affermato al punto precedente, e cioè che le modifiche apportate rispetto all'esistente risultano nulle in quanto trattasi per la loro totalità di

| | | | | | | |
|---|--|--------------------|--|-------|--|-------------------------------------|
| MET. S. EUFEMIA – CATANZARO – CROTONE - 1° TRONCO SANT'EUFEMIA – FIUME CORACE | | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA E COMPATIBILITÀ IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME S. ANNA | | | | | | |
| N° Documento: 03783-PPL-RE-200-034 | | Foglio 22 di 34 | | Rev.: | | N° Documento Cliente: RE-200-034 |

opere interrato alle quali non sono collegate opere di impermeabilizzazione dei suoli.

- Valutazione delle modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico ed altimetrico dell'alveo inciso e di piena

Tutti gli attraversamenti e le interferenze con i corsi d'acqua saranno realizzati con quote tali da non alterare in alcun modo l'assetto morfologico planimetrico ed altimetrico dell'alveo inciso.

- Valutazione modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della zona

Per le motivazioni suddette, ad opere ultimate non vi saranno modifiche di rilievo sulle caratteristiche naturali paesaggistiche della zona. Le eventuali porzioni di vegetazione arborea ed arbustiva rimossa per le attività di cantiere tenderà naturalmente a riformarsi nell'arco di pochi anni.

- Analisi condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena

Trattandosi interamente di opere interrato, non si rilevano possibili problematiche di sicurezza in corrispondenza del transito di eventi di piena. Si evidenzia al riguardo che il progetto ha previsto, nella definizione delle profondità minime di posa, franchi di sicurezza tali da assicurare la sicurezza dell'opera progettata anche in caso di modificazioni significative della quota di fondo alveo in caso di eventi di piena, come risulta dai calcoli idraulici specifici eseguiti riportati nella Relazione Idrologica Idraulica di progetto.

7.2 PIL

Tale impianto sarà costituito da:

- Valvola interrato con comando fuori terra e relative tubazioni aeree di by pass;
- recinzione su tutto il perimetro dell'area (ml 6,70 x 3,40 circa) realizzata con cordolo in c.a. di altezza pari a circa 70 cm e pannelli in grigliato metallico di altezza pari a 2,30 m;
- Armadio unità di monitoraggio e armadio punto di consegna ENEL.

| | | | | | | | |
|---|--|--------------------|--|-------|--|-------------------------------------|--|
| MET. S. EUFEMIA – CATANZARO – CROTONE - 1° TRONCO SANT'EUFEMIA – FIUME CORACE | | | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA E COMPATIBILITÀ IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME S. ANNA | | | | | | | |
| N° Documento: 03783-PPL-RE-200-034 | | Foglio 23 di 34 | | Rev.: | | N° Documento Cliente: RE-200-034 | |

Dall'analisi della cartografia si rileva che l'area perimetrata in cui ricade il PIL in progetto non è altro che la zona interessata dai deflussi di un modesto impluvio che drena le acque dei terreni agricoli circostanti, per poi intubarsi a ridosso delle zone edificate presenti a valle. Dall'analisi della zona, con riferimento alle quote desumibili dalla cartografia CTR, si rileva che tutta l'area presenta pendenza in direzione ovest-est, per poi inclinarsi verso nord in corrispondenza della zona edificata, senza presenza di rilevati (che possano determinare effetto "barriera") o depressioni (che possano determinare accumulo di eventuali acque di ruscellamento superficiale). E' pertanto naturale attendersi che in caso di eventi di pioggia particolarmente intensi, si possa determinare la crisi di tutto il reticolo secondario sia di tipo superficiale, fenomeno che potrà innescare un diffuso ruscellamento superficiale in movimento nella direzione di naturale pendenza del piano campagna (ovest-est e poi sud-nord) senza particolari accumuli, con trasporto solido o limoso assolutamente modesto e con tempi di permanenza in superficie di durata pari a quella dell'evento critico (che per le caratteristiche del bacino è stimabile in qualche decina di minuti). In tali condizioni pertanto è lecito ipotizzare tiranti idrici massimi dell'ordine di qualche decina di centimetri.

- Valutazione modifiche indotte sul profilo di inviluppo di piena
In considerazione che le opere in progetto risultano principalmente interrato, che le poche parti fuori terra hanno caratteristiche tali da risultare "permeabili" rispetto ad eventuali fenomeni di ruscellamento superficiale, alla luce di quanto esposto in premessa, si può concludere che le eventuali modifiche indotte sui profili di piena saranno di tipo puntuale ed assolutamente trascurabili.
- Valutazione modifiche della capacità di invaso della zona esondabile, modifiche del carico insediativo ed impermeabilizzazione dei suoli
In considerazione che le opere in progetto risultano principalmente interrato, le poche parti fuori terra hanno caratteristiche tali da determinare una riduzione del volume disponibile per la laminazione delle portate di piena sicuramente trascurabile. Per quanto riguarda il carico insediativo, nell'impianto vi sarà solo

| | | | | | | |
|---|--|--------------------|--|-------|--|-------------------------------------|
| MET. S. EUFEMIA – CATANZARO – CROTONE - 1° TRONCO SANT'EUFEMIA – FIUME CORACE | | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA E COMPATIBILITÀ IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME S. ANNA | | | | | | |
| N° Documento: 03783-PPL-RE-200-034 | | Foglio 24 di 34 | | Rev.: | | N° Documento Cliente: RE-200-034 |

presenza saltuaria di personale, potendo quindi escludersi qualsiasi variazione del carico rispetto alla situazione attualmente presente nella zona.

Infine, per quanto riguarda l'impermeabilizzazione dei suoli, si può affermare che con la realizzazione dell'intervento non avverrà alcuna modifica sostanziale rispetto alla situazione attuale, non essendo prevista la realizzazione di alcun tipo di pavimentazione all'interno dell'area recintata. Non essendo inoltre presente una rete di raccolta, le acque meteoriche verranno disperse nell'area verde e nei terreni agricoli circostanti, consentendo quindi di ritenere l'impatto dovuto all'aumento di impermeabilizzazione dei terreni interessati assolutamente trascurabile.

- *Valutazione delle modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico ed altimetrico dell'alveo inciso e di piena*

Come anticipato al punto precedente, le opere in progetto sono poste ad una distanza di circa 400 m dall'alveo inciso del Fiume S. Anna, distanza che consente di escludere qualunque interazione con le caratteristiche morfologiche dello stesso. Inoltre la tipologia delle opere in progetto, caratterizzata da scavi modesti, con la totale assenza di opere in elevazione (se si escludono le recinzioni perimetrali), e con il sostanziale rispetto delle altimetrie preesistenti nella zona di intervento, consente di escludere qualsiasi modificazione dell'assetto planimetrico ed altimetrico della zona di intervento.

- *Valutazione modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della zona*

La zona ove si situa l'intervento, come sopra anticipato, risulta lontana dall'alveo inciso e dalle zone interessate dai deflussi di piena del Fiume S. Anna infatti, risulta attualmente utilizzata a fini agricoli. Tale circostanza, unitamente alle caratteristiche intrinseche dell'opera, portano ad escludere qualsiasi impatto dell'opera sulle caratteristiche naturalistiche e paesaggistiche della regione fluviale.

| | | | | | | | |
|---|--|---------------------------|--|--------------|--|--|--|
| MET. S. EUFEMIA – CATANZARO – CROTONE - 1° TRONCO SANT'EUFEMIA – FIUME CORACE | | | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA E COMPATIBILITÀ IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME S. ANNA | | | | | | | |
| N° Documento: 03783-PPL-RE-200-034 | | Foglio 25 di 34 | | Rev.: | | | N° Documento Cliente: RE-200-034 |

- Analisi condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena

Le opere fuori terra sono costituite essenzialmente da recinzioni metalliche e da una valvola, si può quindi garantire che la stabilità e sicurezza degli impianti in progetto non risulta influenzata da un eventuale allagamento anche in considerazione del fatto che trattandosi di un

| | | | | | |
|---|--------|----|----|-------------------------------------|-------------|
| MET. S. EUFEMIA – CATANZARO – CROTONE - 1° TRONCO SANT'EUFEMIA – FIUME CORACE | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA E COMPATIBILITÀ IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME S. ANNA | | | | | |
| N° Documento: 03783-PPL-RE-200-034 | Foglio | 26 | di | 34 | Rev.: 00 |
| | | | | N° Documento Cliente: RE-200-034 | |

8 CONCLUSIONI

Alla luce di quanto esposto ai punti precedenti

considerando che:

- Gli interventi in progetto costituiscono un'opera di interesse pubblico;
- Le opere non risultano diversamente localizzabili in quanto riguardando il rifacimento di un metanodotto esistente, hanno la necessità di ricollegarsi alle opere di derivazione attualmente in servizio;

valutando che:

- Gli interventi non modificano i fenomeni idraulici e le caratteristiche di particolare rilevanza del sistema fluviale;
- Gli interventi non costituiscono ostacolo al deflusso delle portate di piena;
- Gli interventi non limitano la capacità di invaso né aumentano il carico insediativo;
- Non vi sono problematiche di sicurezza rispetto ad eventi di piena trattandosi interamente di opere principalmente interrato.

Si può ritenere l'intervento in progetto assolutamente compatibile con i vincoli imposti dalle norme del PAI e dalla relativa normativa in materia.

| | | | | | | | | |
|---|--|---------------------------|--|--------------------|--|--|--|--|
| MET. S. EUFEMIA – CATANZARO – CROTONE - 1° TRONCO SANT'EUFEMIA – FIUME CORACE | | | | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA E COMPATIBILITÀ IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME S. ANNA | | | | | | | | |
| N° Documento: 03783-PPL-RE-200-034 | | Foglio 27 di 34 | | Rev.: 00 | | | N° Documento Cliente: RE-200-034 | |

ANNESSO 1: GENERALITÀ SUL MODELLO HEC-RAS

Il software di calcolo utilizzato è denominato HEC-RAS® ed è stato sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers (California).

Descrizione del modello di simulazione idraulica

Il presente capitolo fornisce chiarimenti sul funzionamento del modello numerico adottato e sulla metodologia utilizzata nella scelta delle sezioni trasversali necessarie alle simulazioni.

Il modello calcola i profili di superficie libera in moto permanente gradualmente vario (in senso spaziale e non temporale) in alvei prismatici e non prismatici. Entrambi i tipi di corrente, lenta e veloce, possono essere calcolati così come le conseguenze di diverse tipologie di accidentalità e strutture di cui si conosca la relazione fra carico e portata defluente.

Il modello è comunque vincolato nel suo utilizzo da tre condizioni:

- il moto deve essere permanente poiché le equazioni non contengono termini dipendenti dal tempo;
- il moto deve essere gradualmente vario in senso spaziale poiché le equazioni ipotizzano la distribuzione idrostatica delle pressioni in seno alla corrente;
- il moto è mono-dimensionale.

E' rilevante e importante evidenziare la capacità del modello di dare attendibili risultati nella gestione delle aree inondabili circostanti gli alvei naturali.

In questo senso è quindi possibile:

- determinare le aree inondabili da parte di portate diverse allo scopo di predisporre l'opportuna protezione;
- studiare le conseguenze d'uso delle aree golenali e il loro danneggiamento;
- definire i miglioramenti dell'alveo atti a ridurre le conseguenze delle inondazioni.

Proprio nell'ottica di queste problematiche l'utilizzo del modello numerico in questione risulta essere estremamente efficace.

La possibilità di determinare il comportamento del profilo del corso d'acqua tenendo conto anche dell'influenza esercitata dai manufatti in alveo consente di tracciare con buona precisione la via di piena e le sue caratteristiche.

Il modello di calcolo effettua simulazioni di moto permanente, situazione di calcolo che in realtà non si presenta, in quanto è noto dalla teoria che la portata massima in ogni sezione si

| | | | | | | |
|---|--------------|----------|-------|----|--|-------------------------------------|
| MET. S. EUFEMIA – CATANZARO – CROTONE - 1° TRONCO SANT'EUFEMIA – FIUME CORACE | | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA E COMPATIBILITÀ IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME S. ANNA | | | | | | |
| N° Documento: 03783-PPL-RE-200-034 | Foglio 28 | di 34 | Rev.: | 00 | | N° Documento Cliente: RE-200-034 |

presenta per un tempo limitato, presentando la curva (tempo, portata) una forma a campana, essendo presenti nel fenomeno delle piene vari fenomeni tra i quali i più noti sono l'effetto di laminazione del corso d'acqua, l'invaso e la corrivazione.

Nonostante tutto la simulazione assume rilevanza fondamentale perché, per i motivi sopra descritti, rappresenta una verifica in termini più gravosi del corso d'acqua (si presenta una portata elevata per tempi più lunghi di quelli che si hanno in realtà), permettendo quindi di fare raggiungere elevati gradi di sicurezza ai manufatti progettati secondo le indicazioni tratte da tale simulazione.

Tra le diverse opzioni di calcolo di cui il modello è dotato in relazione alla presenza di strutture che interagiscono direttamente con il corso d'acqua è da evidenziare la possibilità di calcolo del profilo in corrispondenza dei tombini (circolari, scatolari, con o senza muri d'ala....) secondo la normativa proposta da FHWA (Federal Highway Administration-USA).

Il software implementato consente di determinare con precisione l'effetto di rigurgito dovuto alle spalle dei ponti o all'ingombro delle pile.

Particolare importanza riveste la possibilità di parametrizzare il coefficiente di scabrezza per alveo e golene.

Inoltre è possibile creare all'interno di ciascuna sezione trasversale del corso d'acqua più zone a scabrezza omogenea in modo da approssimare con precisione notevole il valore del suddetto parametro, troppo spesso legato all'imprecisione del coefficiente di scabrezza equivalente.

L'insieme dei dati di output è strutturato in modo da fornire la conoscenza globale dei fenomeni che interessano l'intera area occupata dalla portata di piena.

L'output risulta quindi suddiviso in dati relativi alle aree golenali e al canale principale di deflusso.

Le informazioni fornite riguardano diversi parametri fisici e di progettazione quali, per esempio:

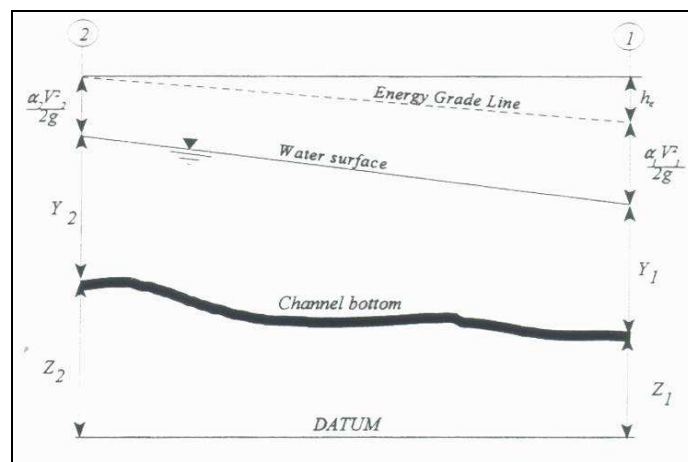
- quota in m s.l.m. del pelo libero;
- quota del gradiente energetico;
- velocità e portata, relativa a golene e canale principale;
- larghezza del pelo libero;
- area bagnata;
- principali parametri geometrici;
- sezioni trasversali;
- profilo di moto permanente.

| | | | |
|---|--------------------|-------------|-------------------------------------|
| MET. S. EUFEMIA – CATANZARO – CROTONE - 1° TRONCO SANT'EUFEMIA – FIUME CORACE | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA E COMPATIBILITÀ IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME S. ANNA | | | |
| N° Documento: 03783-PPL-RE-200-034 | Foglio 29 di 34 | Rev.: 00 | N° Documento Cliente: RE-200-034 |

Per meglio comprendere il funzionamento del modello idraulico utilizzato è opportuno fornire una sintesi delle potenzialità e dei fondamenti teorici che stanno alla base del calcolo dei profili di moto permanente e che sono implementati nel modello stesso.

Calcolo del profilo di moto permanente

Al fine di calcolare la quota del pelo libero incognita in una determinata sezione trasversale del corso d'acqua è stata adottata la procedura di calcolo nota come Standard Step Method, consistente nell'integrazione dell'equazione di bilancio energetico.



Rappresentazione dei termini dell'equazione di bilancio energetico

Le due equazioni che proponiamo rappresentano il metodo di cui sopra:

$$WS_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = WS_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

$$h_e = L \cdot \bar{S}f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right|$$

dove:

WS1, WS2 : quota del pelo libero fra due sezioni di calcolo, con la sezione 2 posta a monte della 1;

V1, V2 : velocità media;

α_1, α_2 : coefficienti energetici moltiplicativi della velocità;

g : accelerazione gravitazionale;

h_e : perdita di carico;

| | | | | | | |
|---|--|--------------------|--|-------|--|-------------------------------------|
| MET. S. EUFEMIA – CATANZARO – CROTONE - 1° TRONCO SANT'EUFEMIA – FIUME CORACE | | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA E COMPATIBILITÀ IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME S. ANNA | | | | | | |
| N° Documento: 03783-PPL-RE-200-034 | | Foglio 30 di 34 | | Rev.: | | N° Documento Cliente: RE-200-034 |

L : distanza fra le sezioni trasversali;

Sf : pendenza media;

C : coefficiente di perdita per contrazione o espansione (vedi tab.1).

La distanza L viene calcolata utilizzando la seguente espressione:

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

Dove

L_{lob} , L_{ch} , L_{rob} : sono le distanze tra due sezioni trasversali consecutive, rispettivamente per la golena di sinistra, il canale di magra e la golena di destra;

$\overline{Q_{lob}}$, $\overline{Q_{ch}}$, $\overline{Q_{rob}}$: sono le medie aritmetiche delle portate delle tre parti suddette.

Mentre la pendenza motrice Sf viene calcolata con l'equazione di Manning:

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

Ulteriore punto fondamentale nella comprensione del funzionamento del modello idraulico è la suddivisione della massa liquida defluente in unità elementari per le quali la velocità è distribuita uniformemente.

Tabella di riferimento dei coefficienti di contrazione ed espansione.

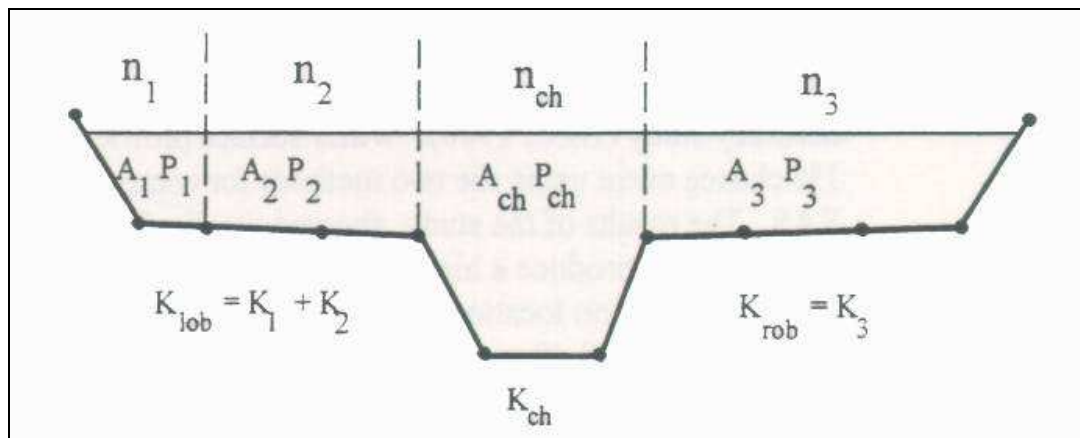
| TRANSITION CLASS | CONTRACTION | EXPANSION |
|---------------------|-------------|-----------|
| No transition loss | 0.0 | 0.0 |
| Gradual transitions | 0.1 | 0.3 |
| Bridge sections | 0.3 | 0.5 |
| Abrupt transitions | 0.6 | 0.8 |

Individuata la sezione trasversale del corso d'acqua attraverso la griglia dei punti x (distanze progressive dall'ascissa $x = 0$) e y (quote m s.l.m. relative ai punti definiti alle varie progressive), nelle aree golenali le unità elementari di deflusso coincidono con la suddivisione creata dalle progressive all'interno della sezione trasversale.

| | | | |
|---|--------------------|-------------|-------------------------------------|
| MET. S. EUFEMIA – CATANZARO – CROTONE - 1° TRONCO SANT'EUFEMIA – FIUME CORACE | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA E COMPATIBILITÀ IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME S. ANNA | | | |
| N° Documento: 03783-PPL-RE-200-034 | Foglio 31 di 34 | Rev.: 00 | N° Documento Cliente: RE-200-034 |

Nel canale principale di deflusso (o alveo di magra ordinaria) la massa liquida defluente non viene suddivisa tranne nel caso in cui si conferiscano più valori di scabrezza differenti in alveo.

In funzione del numero di differenziazioni del valore della scabrezza saranno individuate corrispondenti unità di deflusso.



Suddivisione dell'alveo in singole unità di deflusso

La capacità di deflusso per ciascuna suddivisione è pertanto calcolata con le seguenti espressioni:

$$Q = K \cdot \sqrt{Sf}$$

$$K = \frac{1,486}{n} aR^{2/3}$$

dove

Q : portata per unità elementare;

K : capacità di deflusso per unità elementare;

n : coefficiente di Manning per la scabrezza dell'unità elementare;

a : area di deflusso dell'unità elementare;

R : raggio idraulico per l'unità di deflusso elementare.

La capacità totale di deflusso per la sezione trasversale è ottenuta per sommatoria delle singole capacità relative alle unità in cui la sezione è stata scomposta.

Sulla base di queste considerazioni il coefficiente α , relativo alla velocità, si ottiene dalla seguente espressione:

| | | | | |
|---|--------------------|-------------|--|-------------------------------------|
| MET. S. EUFEMIA – CATANZARO – CROTONE - 1° TRONCO SANT'EUFEMIA – FIUME CORACE | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA E COMPATIBILITÀ IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME S. ANNA | | | | |
| N° Documento: 03783-PPL-RE-200-034 | Foglio 32 di 34 | Rev.: 00 | | N° Documento Cliente: RE-200-034 |

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

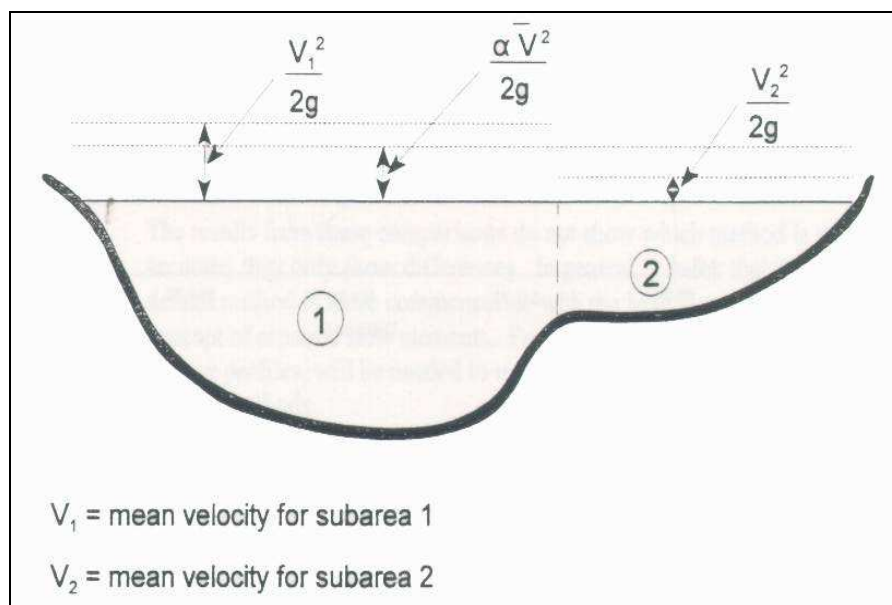
dove:

A_t : area totale di deflusso per la sezione trasversale;

A_{lob} , A_{ch} , A_{rob} : area di deflusso per golena sinistra, canale principale, golena destra;

K_t : capacità totale di deflusso (conveyance) della sezione trasversale;

K_{lob} , K_{ch} , K_{rob} : capacità di deflusso di golena sinistra, canale principale e golena destra.



Esempio di calcolo della energia media sulla sezione trasversale

Il coefficiente α si ottiene allora come media pesata delle varie capacità di deflusso.

Le perdite di carico dovute ad attrito sono calcolate come prodotto della pendenza media motrice S_f e della distanza L fra due sezioni trasversali consecutive.

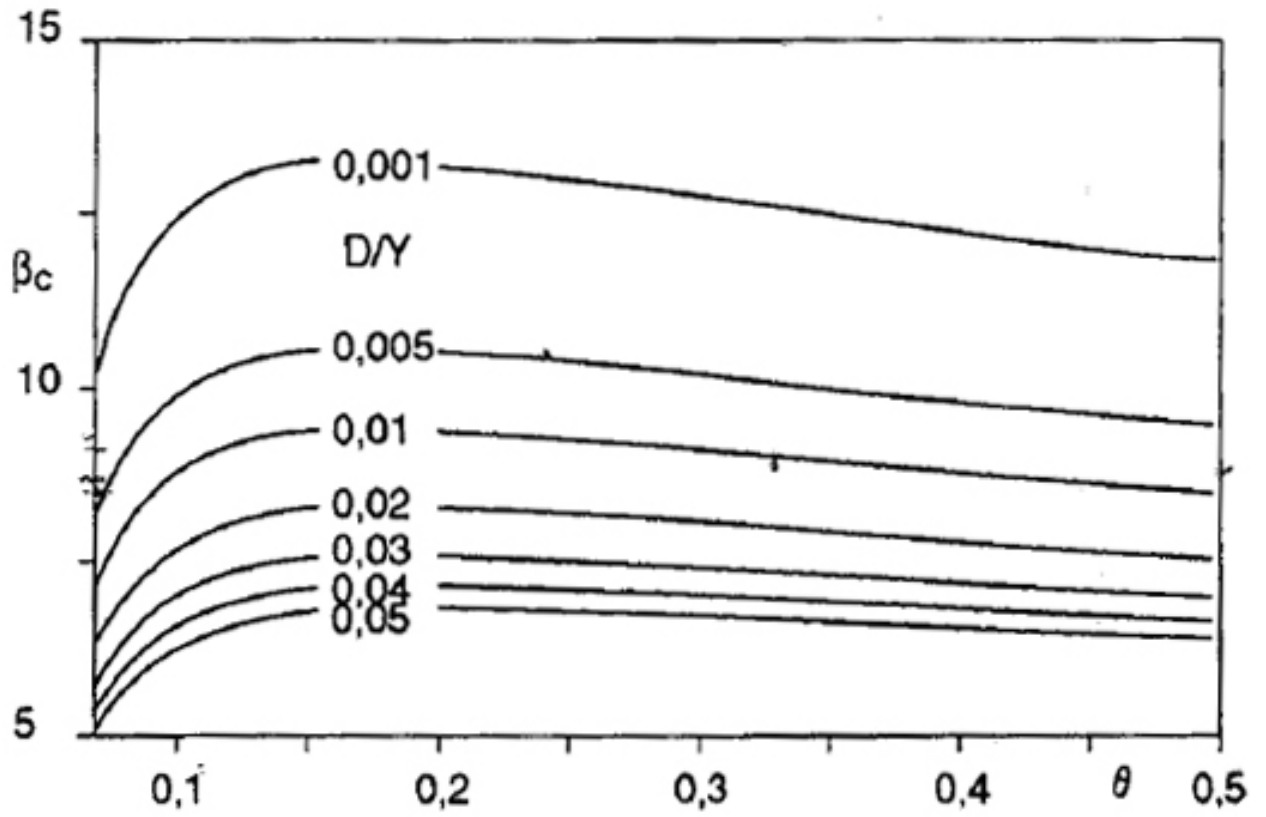
Le perdite di carico dovute a contrazione e/o espansione sono calcolate con la usuale espressione riportata nell'equazione seguente:

$$h_0 = C \left| \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} - \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} \right|$$

dove C rappresenta il già citato coefficiente di contrazione/espansione

| | | | |
|--|--------------------|-------------|-------------------------------------|
| MET. S. EUFEMIA – CATANZARO – CROTONE - 1° TRONCO SANT'EUFEMIA – FIUME CORACE | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA E COMPATIBILITÀ IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME S. ANNA | | | |
| N° Documento: 03783-PPL-RE-200-034 | Foglio 33 di 34 | Rev.: 00 | N° Documento Cliente: RE-200-034 |

ANNESSO 2: GRAFICO SPERIMENTALE PER LA DETERMINAZIONE DI β_c



| | | | | | | | |
|---|--|---------------------------|--|--------------|--|--|--|
| MET. S. EUFEMIA – CATANZARO – CROTONE - 1° TRONCO SANT'EUFE MIA – FIUME CORACE | | | | | | | |
| RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA E COMPATIBILITÀ IDRAULICA ATTRAVERSAMENTO FIUME S. ANNA | | | | | | | |
| N° Documento: 03783-PPL-RE-200-034 | | Foglio 34 di 34 | | Rev.: | | | N° Documento Cliente: RE-200-034 |
| | | | | 00 | | | |

ALLEGATI

- Allegato 1: PAI Pericolosità idraulica – Opere in progetto (Rif. Doc. n. PG-PAI-201)
- Allegato 2: PAI Pericolosità idraulica – Opere in rimozione (Rif. Doc. n. PG-PAI-221)
- Allegato 3: PAI Rischio idraulico – Opere in progetto (Rif. Doc. n. PG-PAI-202)
- Allegato 4: PAI Rischio idraulico – Opere in rimozione (Rif. Doc. n. PG-PAI-222)