



PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



PROGETTO DEFINITIVO

EUROLINK S.C.p.A.

IMPREGILO S.p.A. (MANDATARIA)
 SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A. (MANDANTE)
 COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L. (MANDANTE)
 SACYR S.A.U. (MANDANTE)
 ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD (MANDANTE)
 A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE (MANDANTE)

| | | | |
|--|--|---|--|
|  <p>IL PROGETTISTA Dott. Ing. F. Colla Ordine Ingegneri Milano n° 20355 Dott. Ing. E. Pagani Ordine Ingegneri Milano n° 15408</p>  | <p>IL CONTRAENTE GENERALE</p> <p>Project Manager (Ing. P.P. Marcheselli)</p> | <p>STRETTO DI MESSINA Direttore Generale e RUP Validazione (Ing. G. Fiammenghi)</p> | <p>STRETTO DI MESSINA Amministratore Delegato (Dott. P. Ciucci)</p> |
|--|--|---|--|

| | | |
|---|---|------------------|
| <p><i>Unità Funzionale</i> <i>Tipo di sistema</i> <i>Raggruppamento di opere/attività</i> <i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i> <i>Titolo del documento</i></p> | <p>COLLEGAMENTI SICILIA INFRASTRUTTURE STRADALI OPERE CIVILI IDRAULICA DI PIATTAFORMA GENERALE RELAZIONE DI DIMENSIONAMENTO DELLA RETE DI SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE</p> | <p>SS0162_F0</p> |
|---|---|------------------|

| | |
|--------|--|
| CODICE | C G 0 7 0 0 P R G D S S C I D G 0 0 0 0 0 0 0 1 F0 |
|--------|--|

| REV | DATA | DESCRIZIONE | REDATTO | VERIFICATO | APPROVATO |
|-----|------------|------------------|-----------------|------------|-----------|
| F0 | 20/06/2011 | EMISSIONE FINALE | PRO ITER S.r.l. | F. BERTONI | F. COLLA |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

INDICE

| | |
|---|----|
| INDICE | 3 |
| 1 Introduzione | 5 |
| 2 Riferimenti legislativi | 8 |
| 3 Drenaggio della piattaforma stradale | 10 |
| 3.1 Schema generale di riferimento | 10 |
| 3.2 Descrizione della rete di raccolta e smaltimento | 11 |
| 3.2.1 Viabilità in rilevato | 13 |
| 3.2.2 Viabilità in trincea | 13 |
| 3.2.3 Viabilità in galleria | 14 |
| 3.2.4 Viabilità in viadotto | 15 |
| 3.2.5 Viabilità "locale" e secondaria | 16 |
| 4 Procedura di dimensionamento del sistema di drenaggio della piattaforma stradale col metodo dell'invaso | 17 |
| 4.1 Modello di trasformazione afflussi-deflussi | 17 |
| 4.2 Tempo di ritorno assunto a base della progettazione | 18 |
| 4.3 Verifiche | 20 |
| 5 Analisi idraulica | 21 |
| 5.1 Calcolo dell'altezza del velo liquido sulla piattaforma stradale | 21 |
| 5.2 Tubazioni a servizio delle acque di piattaforma | 26 |
| 5.3 Elementi marginali di raccolta sulla viabilità principale nei tratti in rilevato | 26 |
| 5.3.1 Canaletta grigliata in PEad, 25.4x33 cm | 26 |
| 5.3.2 Cunetta triangolare (alla francese) | 29 |
| 5.3.3 Dimensionamento canaletta di raccolta acque di versante | 31 |
| 5.4 Elementi di raccolta e convogliamento acque viabilità in galleria | 34 |
| 5.5 Viadotti | 34 |
| 5.5.1 Determinazione dell'interasse dei bocchettoni di scarico in viadotto | 35 |
| 5.6 Pozzetti | 36 |
| 5.7 Considerazioni sulle singolarità idrauliche in corrispondenza delle tubazioni a forte pendenza | 36 |
| 6 PRESIDI IDRAULICI | 42 |
| 6.1 Criteri di dimensionamento dell'impianto di trattamento | 43 |

| | | |
|-------|--|----|
| 6.2 | Ubicazione | 45 |
| 6.3 | Caratteristiche tecniche | 47 |
| 6.4 | Sistema di telecontrollo nelle vasche | 48 |
| 6.4.1 | Componenti | 48 |
| 6.4.2 | Le sonde presenti sono: | 48 |
| 6.4.3 | Descrizione del sistema di telecontrollo | 49 |
| 7 | OPERA DI SCARICO DAL PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA | 51 |
| 7.1 | Criterio di dimensionamento dalla vasca di dissipazione | 51 |
| 8 | SCARICO DELLE ACQUE DAL RILEVATO | 53 |
| 8.1 | Metodologia..... | 53 |
| 8.2 | Fosso drenante | 55 |
| 9 | BIBLIOGRAFIA..... | 56 |
| 10 | ALLEGATI..... | 57 |
| 10.1 | Allegato 1 – Tabelle dimensionamenti e verifiche sistema di drenaggio..... | 57 |

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

1 Introduzione

La presente relazione si propone di descrivere le principali caratteristiche costituenti il sistema di drenaggio a servizio della nuova autostrada di collegamento al ponte sullo Stretto di Messina.

Il tracciato principale si sviluppa complessivamente per circa 11 km suddiviso in due carreggiate separate (assi M e R), di cui circa 8 km in galleria. Fanno parte del progetto i diversi chilometri di rampe di ingresso /uscita che si articolano negli svincoli in località Curcuraci e Annunziata per un totale di circa 5.5 km e la deviazione della strada litoranea e della strada panoramica a Ganzirri.

Nel suo sviluppo la viabilità incrocia diversi corsi d'acqua principalmente, data la natura dei luoghi, a carattere torrentizio. Per le tipologie di sistemazione e le loro caratteristiche morfologiche si rimanda agli altri elaborati specialistici.

In questo documento i corsi d'acqua saranno citati solo con riferimento alla loro funzione di ricettori delle acque di piattaforma stradale.

Il progetto prevede il rispetto di tutti i vincoli legislativi prefiggendosi come scopo ultimo la completa tutela idraulica ed ambientale del territorio circostante. Il sistema ideato è di tipo "chiuso". Infatti, mentre un sistema idraulicamente aperto, prevede lo scarico immediato delle acque di piattaforma, un sistema chiuso deve necessariamente garantire il convogliamento "controllato" di tutte le acque fino ai recapiti finali, evitando sfiori intermedi, per lo meno per quanto concerne la viabilità principale, le rampe di accesso e uscita al ponte e gli svincoli autostradali.

Per quanto riguarda i dati di pioggia e le elaborazioni condotte nello studio idrologico si rimanda alla relazione specialistica. Le cosiddette "linee segnalatrici di possibilità pluviometrica" dello studio idrologico stabiliscono il legame esistente fra l'altezza di pioggia ed il tempo di ritorno assunto alla base della progettazione.

I risultati dello studio idrologico sono stati utilizzati per definire l'architettura del sistema di drenaggio a servizio della nuova viabilità, che provvederà alla raccolta, al convogliamento ed al successivo smaltimento finale delle acque di precipitazione meteorica ricadenti sia sulle piattaforme stradali che sui relativi rilevati/trincee.

Contestualmente a tale operazione è stato analizzato il tema della protezione ambientale del

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

territorio con particolare riferimento al problema delle cosiddette prime piogge e a quello degli sversamenti accidentali.

Dal punto di vista normativo, fatto salvo quanto stabilito dal Dlgs n°152 del 3 Aprile 2006, e ss.mm.ii, e dal Piano di Tutela delle Acque (PTA) della Regione Sicilia, l'assenza di una specifica indicazione regionale ha condotto alla scelta di adottare i criteri stabiliti dal Regolamento Regionale n.4 del 24 Marzo 2006 "Disciplina dello smaltimento acque di prima pioggia e lavaggio delle aree esterne", emanato dalla Regione Lombardia.

Riassumendo, lo studio in oggetto si è sviluppato secondo la seguente metodologia:

- analisi dei dati disponibili in termini di rilievi topografici e di elaborati progettuali esistenti;
- analisi della rete idrografica esistente e delle sue intersezioni con la viabilità in progetto;
- scelta dei tempi di ritorno da adottare in fase di progettazione;
- dimensionamento e verifica della rete di drenaggio;
- individuazione dei recapiti;
- dimensionamento dei presidi idraulici.

| | | | |
|---|---|---|--------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | Codice documento SS0162_F0.doc | Rev F0 | Data 20/06/2011 |

| Elaborato | Numero elaborato |
|---|--------------------------------------|
| Tipologici opere di drenaggio della piattaforma stradale - Tav. 1 | CG0700PSADSSBC7G000000001A e s.m.i. |
| Tipologici opere di drenaggio della piattaforma stradale - Tav. 2 | CG0700PSADSSBC7G000000002A e s.m.i. |
| Tipologici opere di drenaggio della piattaforma stradale - Tav. 3 | CG0700PSADSSBC7G000000003A e s.m.i. |
| Tipologici opere di drenaggio della piattaforma stradale - Tav. 4 | CG0700PSADSSBC7G000000004A e s.m.i. |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | CG0700PRGDSSCIDG000000001A e s.m.i. |
| Planimetrie idrauliche della rete di smaltimento acque meteoriche - tavola 1 | CG0700PP6DSSCIDG000000025A e s.m.i. |
| Planimetrie idrauliche della rete di smaltimento acque meteoriche - tavola 2 | CG0700PP6DSSCIDG000000026A e s.m.i. |
| Planimetrie idrauliche della rete di smaltimento acque meteoriche - tavola 3 | CG0700PP6DSSCIDG000000027A e s.m.i. |
| Planimetrie idrauliche della rete di smaltimento acque meteoriche - tavola 4 | CG0700PP6DSSCIDG000000028A e s.m.i. |
| Planimetrie idrauliche della rete di smaltimento acque meteoriche - tavola 5 | CG0700PP6DSSCIDG000000029A e s.m.i. |
| Planimetrie idrauliche della rete di smaltimento acque meteoriche - tavola 6 | CG0700PP6DSSCIDG000000030A e s.m.i. |
| Planimetrie idrauliche della rete di smaltimento acque meteoriche - tavola 7 | CG0700PP6DSSCIDG000000031A e s.m.i. |
| Planimetrie idrauliche della rete di smaltimento acque meteoriche - tavola 8 | CG0700PP6DSSCIDG000000032A e s.m.i. |
| Planimetrie idrauliche della rete di smaltimento acque meteoriche – Loc. Ganzirri | CG0700PP7DSSCIDG000000001A e s.m.i. |
| Planimetrie idrauliche della rete di smaltimento acque meteoriche – Loc. Curcuraci | CG0700PP7DSSCIDG000000002A e s.m.i. |
| Planimetrie idrauliche della rete di smaltimento acque meteoriche – Loc. Annunziata | CG0700PP7DSSCIDG000000003A e s.m.i. |
| Particolari costruttivi della rete di smaltimento acque meteoriche | CG0700PBZDSSCIDG000000001A e s.m.i. |
| Vasca di trattamento tipo 1 - Pianta, sezioni e particolari | CG0700PPZDSSCSIFO000000002A e s.m.i. |
| Vasca di trattamento tipo 2 - Pianta, sezioni e particolari | CG0700PBZDSSCIDG000000004A e s.m.i. |

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

2 Riferimenti legislativi

L'analisi idraulica della viabilità in oggetto è stata condotta nel rispetto dei seguenti riferimenti legislativi.

- Dlgs 3 Aprile 2006 n. 152 e ss.mm.ii.** - Sostituisce il Dlgs 11 Maggio 1999 n. 152. I principali temi affrontati dal Testo Unico sulle acque riguardano: a) individuazione e perseguimento dell'obiettivo di qualità ambientale per le acque superficiali destinate alla produzione di acqua potabile, le acque di balneazione, le acque dolci idonee alla vita dei pesci e le acque destinate alla vita dei molluschi; b) tutela dei corpi idrici e disciplina degli scarichi: tutela quantitativa - risparmio idrico; tutela qualitativa- disciplina degli scarichi, tutela delle aree di pertinenza dei corpi idrici; c) strumenti di tutela: piani di tutela delle acque, autorizzazione agli scarichi, controllo degli scarichi; In particolare vengono enunciati i criteri generali per le acque di prima pioggia e di lavaggio di aree esterne, stabilendo che le regioni debbano disciplinare i casi in cui può essere richiesto che le acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne non recapitanti in reti fognarie siano convogliate e opportunamente trattate in impianti di depurazione per particolari stabilimenti nei quali vi sia il rischio di deposizione di sostanze pericolose sulle superfici impermeabili scoperte.

Non essendoci ancora per la Regione Calabria una normativa specifica in materia di acque di prima pioggia molte si è fatto riferimento a quella della Regione Lombardia.

- Regione Lombardia – Regolamento Regionale 24 Marzo 2006 n. 4** – Riferimento per la quantificazione delle acque di prima pioggia, stabilisce la disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, di cui si riporta il seguente stralcio:
 - “Sono considerate acque di prima pioggia quelle corrispondenti per ogni evento meteorico ad una precipitazione di 5 mm distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di drenaggio [...] assumendo che l'evento si verifichi in quindici minuti e che il coefficiente di afflusso alla rete sia pari a 1 per la superficie scolante e a 0,3 per quelle

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

permeabili di qualsiasi tipo ad esse contigue, escludendo dal computo le superfici incolte o ad uso agricolo.”

- **P.T.A.** Regione Sicilia.

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

3 Drenaggio della piattaforma stradale

Sulla base dei tempi di ritorno e dei coefficienti assunti a base della progettazione, ricavati a partire dall'analisi idrologica, si procede ora alla descrizione dei criteri di dimensionamento e verifica dei principali elementi costituenti il sistema di drenaggio.

3.1 Schema generale di riferimento

Il progetto della rete di smaltimento delle acque meteoriche a servizio della nuova infrastruttura prevede un sistema "chiuso": tutte le acque di piattaforma sono convogliate a recapito senza sfiori intermedi.

Il progetto sulla base della natura e delle caratteristiche degli interventi che lo costituiscono è suddiviso in due parti:

- *viabilità principale*: comprende il tracciato autostradale (assi M e R), le complanari e le rampe di ingresso o uscita che si staccano dalla viabilità principale;
- *viabilità secondaria*: ne fanno parte le due rotatorie di collegamento nello svincolo in località Curcuraci, la strada litoranea e la nuova viabilità strada panoramica in località Ganzirri.

Nel primo caso, data la notevole importanza dell'opera e l'impatto della stessa sul territorio, si è deciso di trattare tutte le acque meteoriche tramite appositi presidi idraulici. Le vasche sono state messe in corrispondenza dei minimi altimetrici del tracciato, raggiungibili tramite strade locali al fine di renderne più semplice l'accesso e la manutenzione. Inoltre queste sono quasi sempre ubicate in prossimità dei recapiti finali costituiti, come già detto, dai corsi d'acqua interferenti col tracciato o, per le vasche sotto il ponte sullo Stretto di Messina, in un laghetto per ulteriore depurazione e, da qui, al mare.

Per la viabilità secondaria: le acque, in quasi tutti i casi, sono condotte a recapito dopo aver subito il trattamento, nel caso in cui ciò non sia fattibile vengono fatte scaricare direttamente nella rete fognaria esistente, tali portate sono comunque sempre di poca importanza rispetto al resto del progetto.

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

3.2 Descrizione della rete di raccolta e smaltimento

Per la progettazione della rete di raccolta della viabilità principale sono stati utilizzati i seguenti elementi:

- collettori in PEad e polipropilene;
- canalette grigliate in PEad;
- canalette grigliate in cls;
- cunette alla francese in cls;
- caditoie grigliate;
- bocchettoni in acciaio con tubazione corrente in acciaio su viadotto;
- caditoie sifonate in galleria;
- pozzetti in PEad;
- pozzetti in cls.

Le *tubazioni in PEad* conformi alla norma UNI EN 13476 hanno classe di rigidezza anulare SN8, pari a 8 KN/m², misurata secondo la norma UNI EN ISO 9969 e sono utilizzate nel caso di collettori ubicati parallelamente alla carreggiata (DN esterno variabile 452 – 1400 mm).

I *collettori in polipropilene*, utilizzati per gli attraversamenti, sono conformi alla norma europea EN 13476-3 e alla norma italiana UNI 10968-1, hanno rigidezza anulare SN16, pari a 16 KN/m², misurata secondo la norma UNI EN ISO 9969 (DN esterno variabile 452 – 1400 mm).

In tabella 3.1 si riportano i diametri esterni ed interni dei collettori in PEad e PP.

| TUBAZIONI IN PEad | | | | | | | | | |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| SN 8 KN/m ² e in PP SN 16 KN/m ² | | | | | | | | | |
| DN est.[mm] | 160 | 338 | 452 | 565 | 701 | 935 | 1000 | 1200 | 1400 |
| D int. [mm] | 137 | 300 | 400 | 500 | 600 | 800 | 852 | 1030 | 1200 |

Tabella 3.1 – Diametri interni ed esterni tubazioni in PEad SN8 e PP SN16

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

I collettori fungono da recapito per le *canalette grigliate in PEad* e le cunette alla francese in *calcestruzzo*.

Le canalette in PEad oltre a presentare un sistema di incastro semplice e sicuro, hanno una predisposizione inferiore per l'eventuale collegamento di tubazioni che convogliano l'acqua dalla canaletta al collettore. Anche le cunette alla francese si possono forare in modo da inserire un pozzetto di scarico con tubazione passante longitudinalmente alla strada.

Gli scarichi delle cunette, sono costituiti da griglia carrabile, classe D400, e realizzate in conformità alla norma UNI EN 1433.

Per consentire un'agevole manutenzione e pulizia delle tubazioni sono stati introdotti pozzetti in PEad con un interasse di 50 m. I pozzetti in cls sono ubicati come raccordi tra tratti in trincea e rilevato, nei punti di scarico delle cunette alla francese, in adiacenza ai presidi idraulici o come punto nodale di collegamento tra tubazioni appartenenti a diversi assi.

Nel dimensionamento della rete si è cercato il più possibile di restare sub-paralleli all'andamento del ciglio stradale. Per i tratti molto pianeggianti si è adottata una pendenza minima dello 0.2% per consentire una velocità minima dell'acqua che sia in grado di portare via eventuali sedimenti accumulatisi nel tempo.

Lo smaltimento acque della viabilità secondaria avviene con l'utilizzo dei seguenti elementi:

- caditoie carrabili in ghisa classe D400 in rilevato;
- cunette alla francese in cls;
- tubazioni in PEad;
- pozzetti in cls.

Gli elementi di captazione e convogliamento delle acque da inserire dipendono strettamente dalla tipologia della sezione corrente. In base alla sezione, e ai relativi caratteri costruttivi, ne conseguono le seguenti tipologie di viabilità:

- viabilità in rilevato;
- viabilità in trincea;
- viabilità in galleria;

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

- viabilità in viadotto;
- viabilità “locale” e secondaria.

3.2.1 Viabilità in rilevato

Nella *viabilità in rilevato* la captazione delle acque avviene tramite canalette grigliate in PEad, le cui dimensioni esterne sono altezza 33 cm e larghezza 25.4 cm. Le canalette presentano un invito nella parte inferiore dove è inserita una tubazione in PEad DN 160 che permette di convogliare l'acqua raccolta al collettore longitudinale posto sotto la carreggiata. L'interasse dello scarico è stato studiato nel caso critico in cui la canaletta raggiunga il riempimento massimo ammissibile, posto pari all'80% dell'altezza interna.

La canaletta è continua nel caso in cui la raccolta delle acque di piattaforma avvenga all'interno della carreggiata lungo lo spartitraffico. Nel caso di raccolta sul margine esterno, invece, la canaletta perde la sua continuità e diventa elemento di raccolta puntuale collocato, con il relativo scarico, ad un interasse massimo di 15 m.

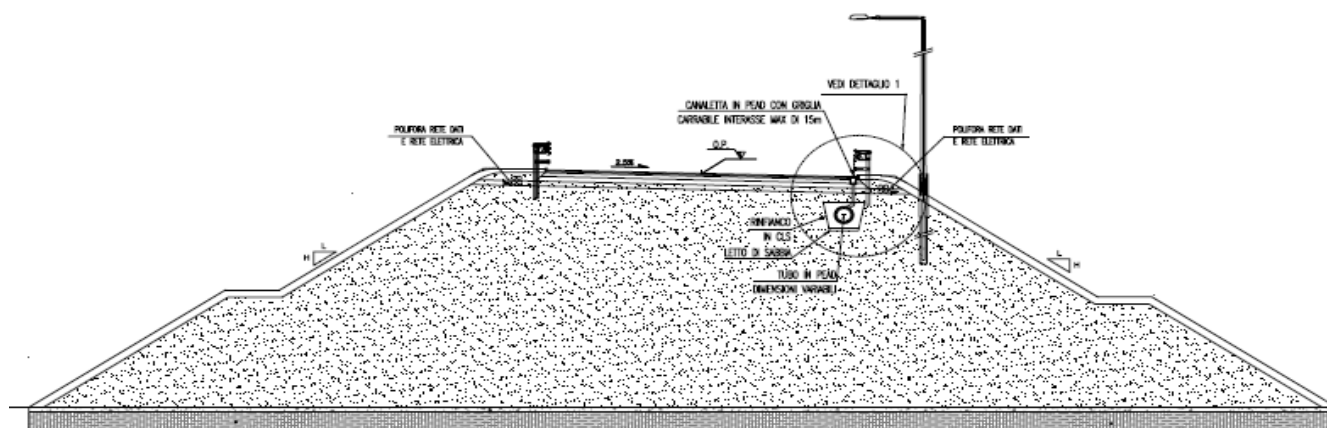


Figura 3.1 – Sezione tipo in rilevato

3.2.2 Viabilità in trincea

Per la *viabilità in trincea* la captazione delle acque avviene tramite cunette alla francese in cls che scaricano in collettori in PEad sotto la carreggiata a mezzo di griglie in acciaio. L'interasse dello scarico è stato studiato ipotizzando un carico massimo sulla canaletta di 5 cm. La massima distanza tra gli scarichi è stata imposta pari a 15 m.

| | | | |
|---|---|---|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

La scelta, che per certi versi può essere considerata cautelativa, è giustificabile data l'importanza della strada in oggetto.

Nel caso in cui la trincea sia molto profonda, quindi composta da due o più balze, e non sia presente alcun recapito naturale per le acque delle scarpate, si dispone nella banca di riposo un fosso rivestito in cls di base e altezza pari a 0.30 m con inclinazione scarpa 1/1. L'acqua dal fosso viene convogliata tramite embrici, con interasse opportunamente dimensionato, nei pozzetti ubicati al piede della trincea, se tra muri, o direttamente sotto la strada.

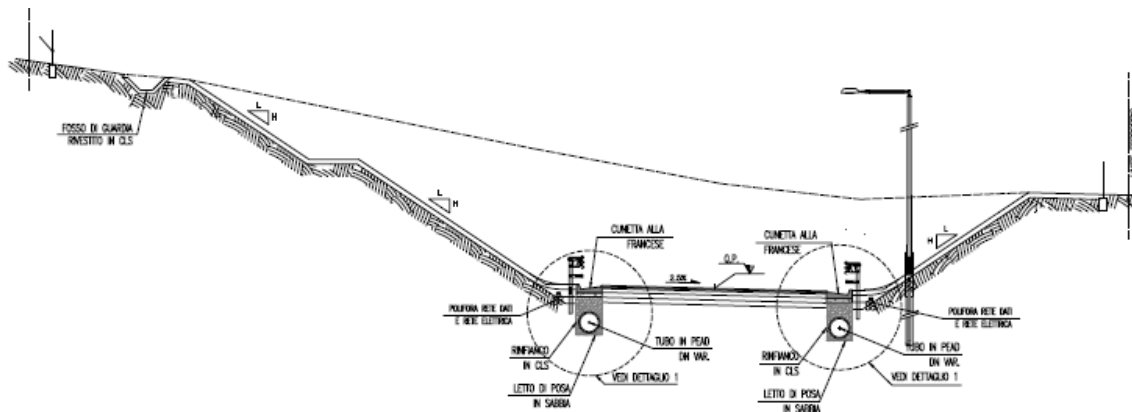


Figura 3.2 – Sezione tipo in trincea

3.2.3 Viabilità in galleria

Lungo il tracciato sono presenti quattro *gallerie*, che si sviluppano in parallelo nelle due direzioni, lungo gli assi M e R.

Tutte presentano un andamento longitudinale continuo (discendente o ascendente rispetto al senso di marcia) senza punti di minimo all'interno. Ciò offre un grosso vantaggio: le acque della piattaforma esterna, ove la configurazione morfologica del terreno lo permetta, e così la vicinanza a qualche recapito, possono essere "separate" da quelle in galleria.

Il drenaggio delle gallerie deve garantire:

- lo smaltimento delle acque meteoriche trascinate dal moto degli autoveicoli all'interno della stessa;

| | | | | |
|---|---|---|--------------------|--|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | Codice documento SS0162_F0.doc | Rev F0 | Data 20/06/2011 | |

- lo smaltimento delle acque meteoriche che entrano in galleria da una sezione più a valle seguendo il profilo longitudinale (vero solo per la galleria lungo l'asse B i cui collettori portano le acque fin sotto il ponte);
- lo smaltimento di eventuali sversamenti accidentali provocati dai mezzi.

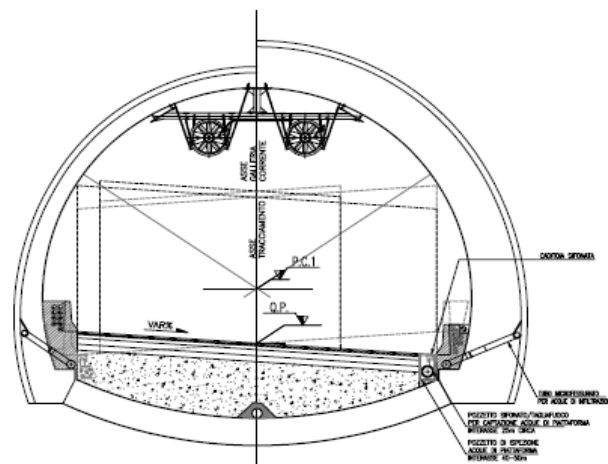


Figura 3.3 – Sezione tipo in galleria

La captazione delle acque avviene tramite pozzetti sifonati in cls aventi larghezza pari a 29.4 cm e altezza 24 cm (dimensioni esterne). Questi pozzetti di raccolta vengono posti con un interasse di 25 m, visto che le gallerie sono praticamente sempre asciutte.

Per la manutenzione dei collettori collegati ai pozzetti sifonati si sono inseriti dei pozzetti in cls collocati ad interasse massimo di 40-50 m.

3.2.4 Viabilità in viadotto

Gli impalcati sono frequenti sia sui due assi principali, per via delle numerose fiamme e impluvi che si incontrano lungo il percorso, sia lungo le rampe di ingresso ed uscita.

Si è previsto di intercettare le acque meteoriche ricadenti sulle carreggiate tramite griglie disposte ad una distanza massima di 15 m e, comunque, adeguatamente dimensionata. Le acque, in corrispondenza del ciglio, vengono scaricate dalle caditoie in una tubazione in acciaio sottostante, longitudinale al tracciato, che le convoglia presso le spalle dei viadotti stessi. Da qui i collettori entrano in pozzetti in cls e si raccordano con i tubi di drenaggio della restante piattaforma o, ove si

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

è ritenuto necessario, scaricano tramite pluviali al piede del rilevato in pozzetti collegati al sistema di trattamento e, da qui, al recapito finale, secondo quanto riportato nelle planimetrie di progetto.

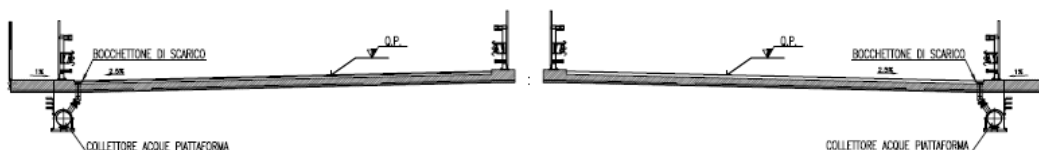


Figura 3.4 – Sezione tipo in viadotto

3.2.5 Viabilità “locale” e secondaria

Fanno parte della viabilità secondaria le rotonde esterne alla nuova autostrada e non direttamente ad essa collegate nella località di Curcuraci, la strada litoranea e la nuova viabilità strada panoramica in località Ganzirri.

Per quanto riguarda il sistema di raccolta previsto in trincea si utilizza lo stesso criterio adottato per l'autostrada, mentre in rilevato, le cunette in PEad sono sostituite dalle più classiche caditoie grigliate ad 8 fori, carrabili, di dimensione 60x60 cm. I collettori sottostanti sono in PEad come quelli descritti ai paragrafi precedenti. L'interasse massimo per la raccolta è di 15 m e i pozzetti di ispezione saranno ubicati ogni 40/50 m.

Le acque dell'asse A e di un breve tratto dell'asse C non vengono trattate ma scaricate direttamente nella fognatura della viabilità locale limitrofa.

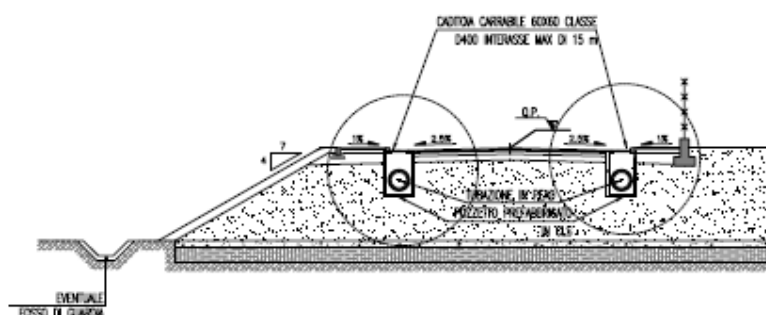


Figura 3.5 – Sezione tipo viabilità locale

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

4 Procedura di dimensionamento del sistema di drenaggio della piattaforma stradale col metodo dell'invaso

4.1 Modello di trasformazione afflussi-deflussi

La determinazione delle portate defluenti nelle sezioni di chiusura dei sottobacini autostradali verrà effettuata mediante l'applicazione di un particolare modello afflussi-deflussi, quello dell'invaso lineare.

Assumendo l'ipotesi di pioggia costante e con riferimento ad una funzione IUH del tipo:

$$u(t) = \frac{1}{k} e^{-t/k} \quad (4.1)$$

la portata al colmo per l'evento critico è data dalla relazione:

$$Q_c = 2.78 \cdot \phi \cdot S \cdot D(n) a k^{n-1} \quad (4.2)$$

ove ϕ è il coefficiente d'afflusso, S [ha] la superficie scolante afferente, a [mm/oraⁿ] ed n [adm] i parametri della linee segnalatrici di possibilità pluviometrica, presi dallo studio idrologico a cui si rimanda, k [ore] la costante d'invaso e D una funzione del parametro n ; il coeff. 2.78 serve a "sistemare" le unità di misura affinché il valore di portata ottenuto risulti espresso in [l/s].

La costante d'invaso è stata calcolata utilizzando il metodo Urbis (*definito presso il Politecnico di Milano dai proff. Paoletti e Mignosa*)

$$k = 0.7 \left(T_e + \frac{T_c}{1.5} \right) \quad (4.3)$$

dove T_e è il tempo d'ingresso in rete e T_c è il cosiddetto tempo di corrivazione (dato dal rapporto fra la lunghezza della tubazione e la relativa velocità di moto uniforme a tubo pieno)

Per determinare il tempo di ingresso alla rete si è utilizzato il modello del *condotto equivalente* [Mambretti e Paoletti, 1996], sviluppato partendo dalla considerazione che il deflusso superficiale è da considerarsi pari al deflusso lungo una rete di piccole canalizzazioni (cunette, canalette, piccoli condotti, etc..) che raccolgono le acque scolanti lungo le singole falde dei tetti e delle strade:

Recenti ricerche hanno condotto, per sottobacini di area fino a 10 ettari, all'equazione:

| | | | | |
|---|---|---|---------------------------|--|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 | |

$$t_{ei} = \frac{0.5 * l_i}{s_i^{0.375} (i \phi_i S_i)^{0.25}} \quad (4.4)$$

che, utilizzando l'espressione monomia della curva di possibilità pluviometrica $h = a \cdot \theta_c^n$ si scrive:

$$t_{ei} = \left(\frac{3600^{\frac{n-1}{4}} \cdot 0.5 \cdot l_i}{s_i^{0.375} (a \phi_i S_i)^{0.25}} \right)^{\frac{4}{n+3}} \quad (4.5)$$

nelle quali:

- t_{ei} è il tempo d'accesso dell'i-esimo sottobacino [s],
- l_i è la massima lunghezza del deflusso superficiale dell'i-esimo sottobacino [m],
- s_i è la pendenza media dell'i-esimo sottobacino [m/m],
- S_i è la superficie dell'i-esimo sottobacino [ha],
- ϕ_i il coefficiente d'afflusso dell'i-esimo sottobacino,
- i l'intensità critica di pioggia [mm/h],
- a, n sono i parametri della curva di possibilità pluviometrica, essendo a espresso in [mm/hⁿ], mentre n è un numero adimensionale.

La progettazione è stata effettuata utilizzando i coefficienti a ed n associati ad un tempo di ritorno pari a 100 anni per la progettazione della viabilità principale e quella ad essa strettamente collegata, e pari a 50 anni per la viabilità secondaria (strada litoranea e rotatorie di accesso/uscita agli svincoli).

| Tempo di ritorno [anni] | CPP Tratto 1 | CPP Tratto 2 | CPP Tratto 3 |
|----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 50 | $h = 83.81 t^{0.433}$ | $h = 73.94 t^{0.433}$ | $h = 68.66 t^{0.433}$ |
| 100 | $h = 93.99 t^{0.433}$ | $h = 82.41 t^{0.433}$ | $h = 76.22 t^{0.433}$ |

Tabella 4.1 – Curve segnalatrici di possibilità pluviometrica per durate di pioggia inferiori all'ora

4.2 Tempo di ritorno assunto a base della progettazione

La grandezza comunemente presa a riferimento come valore di progetto (per es., per valutare il grado di protezione dagli allagamenti offerto dalla rete di drenaggio) è il tempo di ritorno Tr della portata di dimensionamento. Tramite tale espressione si indica il numero di anni in cui il superamento del valore assegnato avviene mediamente una volta; alternativamente, il tempo di

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

ritorno rappresenta il numero di anni che in media separano il verificarsi di due eventi di entità eguale o superiore alla soglia assegnata.

Il tempo di ritorno da assumere alla base della progettazione deve essere da un lato sufficientemente elevato da garantire il buon funzionamento della rete idraulica, e dall'altro accuratamente ponderato onde consentire un dimensionamento non eccessivamente oneroso. Si tratta, quindi, di trovare il giusto compromesso tecnico-economico.

La scelta del valore del tempo di ritorno da utilizzare nell'analisi idraulica è stata eseguita sulla base della tipologia e dell'importanza strategica e funzionale delle singole opere in progetto, basandosi su un'attenta analisi del cosiddetto rischio d'insufficienza. Si definisce rischio associato ad una certa portata la probabilità che la portata stessa sia superata almeno una volta in un numero prefissato di anni; pertanto il rischio dipende dall'estensione del periodo considerato e dalla portata in esame, ovvero dal suo tempo di ritorno. Se il dimensionamento dell'opera è stato condotto con riferimento alla portata $Q(Tr)$ di Tr anni di tempo di ritorno, il rischio $R_N[Q(Tr)]$, ovvero la probabilità che, durante N anni di funzionamento, l'opera risulti insufficiente una o più volte, è esprimibile come:

$$R_N[Q(Tr)] = 1 - \left(1 - \frac{1}{Tr}\right)^N \quad (4.6)$$

La Tabella 4.2 fornisce i valori del rischio di insufficienza di un'opera dimensionata sulla base di un valore di portata corrispondente ad un tempo di ritorno di 100 anni:

| Anni di vita dell'opera N [anni] | Rischio d'insufficienza R_N [%] |
|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 5 | 4.9 |
| 10 | 9.56 |
| 20 | 18.21 |
| 25 | 22.2 |
| 50 | 39.5 |
| 100 | 63.5 |
| 200 | 86.6 |

Tabella 4.2 – Valutazione del rischio d'insufficienza per $Tr = 100$ anni

Un importante aspetto da prendere in considerazione quando si utilizzano le curve di possibilità pluviometrica, è la sottostima dei volumi totali di precipitazione calcolati.

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

Come si è visto, le curve vengono elaborate a partire dai massimi annui di assegnata durata, ognuno dei quali rappresenta la massima altezza di precipitazione all'interno dell'evento meteorico in cui essa si è verificata.

Tale massima altezza di precipitazione è quindi sempre minore o uguale all'altezza complessiva registrata nell'evento stesso.

Le curve di possibilità pluviometrica forniscono, quindi, le massime altezze di assegnata durata che hanno la probabilità di presentarsi, con prefissato tempo di ritorno, all'interno di eventi di altezza complessiva di precipitazione maggiore o uguale a quella definita dalle curve.

Pertanto le altezze di pioggia fornite dalle curve di possibilità climatica, pur rappresentando i massimi annui di data durata e tempo di ritorno, forniscono in generale una sottostima dell'altezza totale di precipitazione.

La sottostima dei volumi di precipitazione insita nella definizione delle suddette curve significa che l'evento meteorico di progetto può presentarsi all'interno di un evento più ampio e pertanto le tubazioni possono già risultare parzialmente interessate da uno stato di deflusso. Il franco del 30%, assunto a riferimento nella verifica del grado di riempimento dei collettori, serve anche a contemplare tale fenomeno.

4.3 Verifiche

Il moto all'interno dei vari rami della rete sarà descritto adottando uno schema di moto uniforme, come è usuale in casi simili al presente. Sarà per questo adottata la formula di Chézy per verificare le scale di deflusso delle canalizzazioni adottate:

$$Q = K_s AR^{2/3} i^{1/2} \quad (4.7)$$

dove:

- Q è la portata di progetto del ramo;
- k_s è il coefficiente di scabrezza di Strickler;
- A è l'area bagnata della sezione ;
- R è il raggio idraulico;
- i è la pendenza longitudinale.

Per quanto attiene i valori del coefficiente di scabrezza di Strickler:

- $k_s = 90 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per tubazioni e canalette in PEAD (rete di drenaggio stradale);
- $k_s = 90 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per tubazioni in acciaio (su viadotto);
- $k_s = 65 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per cunette alla francese, canalette in cls testa muro e fossi rivestiti.

| | | | | |
|---|---|---|---------------------------|--|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 | |

5 Analisi idraulica

Sulla base dei risultati ottenuti dall'analisi idrologica, si procede ora al dimensionamento e alla verifica dei principali elementi costituenti il sistema di drenaggio.

5.1 Calcolo dell'altezza del velo liquido sulla piattaforma stradale

Per definire l'interasse minimo degli scarichi, sia sulla viabilità principale che secondaria, è necessario determinare l'altezza del velo liquido presente sulla carreggiata stradale.

La relazione utilizzata è quella proposta in Gran Bretagna dal Road Research Laboratory:

$$y = 0.0474 (L j)^{0.5} i_L^{-0.2}$$

dove y rappresenta l'altezza del velo liquido in [mm], j l'intensità di precipitazione riferita alla durata di pochi minuti ed espressa in [mm/ora], L la lunghezza del percorso dell'acqua in [m], i_L la pendenza della strada lungo la linea della corrente. La pendenza i_L e la lunghezza L del percorso della corrente sono legate alla geometria del sistema dalle seguenti relazioni:

$$L = b \left[1 + \left(\frac{i_t}{i_l} \right)^2 \right]^{0.5}$$

$$i_L = (i_t^2 + i_l^2)^{0.5}$$

dove b è la larghezza della sede stradale in [m], i_t la pendenza trasversale della strada ed i_l la pendenza longitudinale della strada.

L'applicazione numerica della relazione viene eseguita con riferimento a un valori della durata critica di pioggia di 2 minuti, valore che si ritiene ragionevole anche come valore da dare alla costante d'invaso per il dimensionamento di lunghi tratti di rete.

Per la determinazione dell'intensità di pioggia si utilizzano i parametri delle curve di possibilità pluviometrica corrispondenti ad un tempo di ritorno di 100 anni per la viabilità principale e 50 anni

| | | | | |
|---|---|---|-----------|--------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | | Codice documento SS0162_F0.doc | Rev F0 | Data 20/06/2011 |

per quella secondaria.

| Tr [anni] | Parametro | Tratto 1 | Tratto 2 | Tratto 3 |
|--------------|------------------------|----------|----------|----------|
| 50 | a [mm/h ⁿ] | 83.81 | 73.94 | 68.66 |
| | n [-] | 0.433 | 0.433 | 0.433 |
| 100 | a [mm/h ⁿ] | 93.99 | 82.41 | 76.22 |
| | n [-] | 0.433 | 0.433 | 0.433 |

Tabella 4.3 –Parametri delle curve di possibilità pluviometrica per durate di pioggia inferiori all’ora

TRATTO 1

Con la durata critica pari a 2 minuti si ottiene:

- tratto in rettilineo

$$j = 93.99 (2/60)^{0.433-1} = 646.56 \text{ mm/ora}$$

$$b = 15 \text{ m}$$

$$i_t = 0.025$$

$$i_l = 0.003$$

$$l_L = 0.025$$

$$y = 9.78 \text{ mm}$$

- tratto in curva

$$j = 93.99 (2/60)^{0.433-1} = 646.56 \text{ mm/ora}$$

$$b = 15 \text{ m}$$

$$i_t = 0.04$$

$$i_l = 0.003$$

$$l_L = 0.04$$

$$y = 8.89 \text{ mm}$$

per le viabilità principali e

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

- tratto in rettilineo

$$j = 83.81 (2/60)^{0.433-1} = 576.53 \text{ mm/ora}$$

$$b = 4.50 \text{ m}$$

$$i_t = 0.025$$

$$i_j = 0.003$$

$$l_L = 0.025$$

$$y = 5.06 \text{ mm}$$

- tratto in curva

$$j = 83.81 (2/60)^{0.433-1} = 576.53 \text{ mm/ora}$$

$$b = 9.00 \text{ m}$$

$$i_t = 0.07$$

$$i_j = 0.003$$

$$l_L = 0.07$$

$$y = 5.83 \text{ mm}$$

per le strade secondarie.

TRATTO 2

Con la durata critica pari a 2 minuti si ottiene:

- tratto in rettilineo

$$j = 82.41 (2/60)^{0.433-1} = 566.90 \text{ mm/ora}$$

$$b = 15 \text{ m}$$

$$i_t = 0.025$$

$$i_j = 0.003$$

$$l_L = 0.025$$

$$y = 9.16 \text{ mm}$$

- tratto in curva

$$j = 82.41 (2/60)^{0.433-1} = 566.90 \text{ mm/ora}$$

$$b = 15 \text{ m}$$

$$i_t = 0.04$$

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

$$i_j = 0.003$$

$$I_L = 0.04$$

$$y = 8.33 \text{ mm}$$

per le viabilità principali e

- tratto in rettilineo

$$j = 73.94 (2/60)^{0.433-1} = 508.64 \text{ mm/ora}$$

$$b = 4.50 \text{ m}$$

$$i_t = 0.025$$

$$i_j = 0.003$$

$$I_L = 0.025$$

$$y = 4.75 \text{ mm}$$

- tratto in curva

$$j = 73.94 (2/60)^{0.433-1} = 508.64 \text{ mm/ora}$$

$$b = 9.00 \text{ m}$$

$$i_t = 0.07$$

$$i_j = 0.003$$

$$I_L = 0.07$$

$$y = 5.48 \text{ mm}$$

per le strade secondarie.

TRATTO 3

Con la durata critica pari a 2 minuti si ottiene:

- tratto in rettilineo

$$j = 76.22 (2/60)^{0.433-1} = 524.32 \text{ mm/ora}$$

$$b = 15 \text{ m}$$

$$i_t = 0.025$$

$$i_j = 0.003$$

$$I_L = 0.025$$

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

$y = 8.81 \text{ mm}$

- tratto in curva

$$j = 76.22 (2/60)^{0.433-1} = 524.32 \text{ mm/ora}$$

$$b = 15 \text{ m}$$

$$i_t = 0.04$$

$$i_l = 0.003$$

$$l_L = 0.04$$

$$y = 8.01 \text{ mm}$$

per le viabilità principali e

- tratto in rettilo

$$j = 68.66 (2/60)^{0.433-1} = 472.31 \text{ mm/ora}$$

$$b = 4.50 \text{ m}$$

$$i_t = 0.025$$

$$i_l = 0.003$$

$$l_L = 0.025$$

$$y = 4.58 \text{ mm}$$

- tratto in curva

$$j = 68.66 (2/60)^{0.433-1} = 472.31 \text{ mm/ora}$$

$$b = 9.00 \text{ m}$$

$$i_t = 0.07$$

$$i_l = 0.003$$

$$l_L = 0.07$$

$$y = 5.28 \text{ mm}$$

per le strade secondarie.

I valori ottenuti consentono di verificare i manufatti preposti alla captazione delle acque di piattaforma e quindi di scongiurare pericolosi fenomeni di accumulo dell'acqua sulla piattaforma stradale garantendo gli abituali standard di sicurezza.

| | | | | |
|---|---|---|---------------------------|--|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 | |

Siccome tali carichi sui manufatti sono molto piccoli e, di conseguenza, lo sarebbe la superficie bagnata del manufatto marginale di raccolta, sono state fatte ragionevoli ipotesi sul carico massimo accettabile su ogni elemento e, da qui, si è proceduto coi dimensionamenti.

5.2 Tubazioni a servizio delle acque di piattaforma

Per il convogliamento delle acque captate dai manufatti superficiali si prevedono tubazioni in PEad interrate, di diametro variabile, sub-parallele ai cigli stradali, aventi come recapito finale le vasche di trattamento, ove ubicate in planimetria. Il progetto prevede che i tubi di convogliamento siano di dimensioni variabili da un diametro minimo di DN esterno 452 mm ad un massimo di DN esterno 1400 mm, mentre i diametri degli attraversamenti variano da un valore minimo DN esterno 452 a un massimo di DN 1400 mm.

Il dimensionamento dell'intero sistema di drenaggio è stato sviluppato stimando in alcuni nodi idraulicamente importanti l'entità delle portate massime corrispondenti al tempo di ritorno di progetto; quindi sono state determinate le caratteristiche geometriche delle canalizzazioni in modo tale che queste abbiano capacità idraulica sufficiente per collettare le acque con franchi adeguati. Quale grado di riempimento limite accettabile per le tubazioni (rapporto tra l'altezza d'acqua nella tubazione ed il suo diametro) si è assunto un valore pari al 70%.

Per i risultati delle simulazioni si rimanda all'allegato alla relazione.

5.3 Elementi marginali di raccolta sulla viabilità principale nei tratti in rilevato

Nella viabilità in rilevato il sistema di raccolta è composto dai seguenti elementi marginali:

- canaletta grigliata in PEad (viabilità principale)

5.3.1 Canaletta grigliata in PEad, 25.4x33 cm

La *canaletta grigliata in PEad* viene utilizzata per raccogliere l'acqua di piattaforma sia lungo il margine esterno che interno della carreggiata a seconda della rotazione cigli. Mentre nel secondo caso la raccolta è continua, nel primo la canaletta è stata posizionata, con il relativo scarico, ad un interasse massimo di 15 m.

L'acqua raccolta dalla canaletta è convogliata al collettore posto sotto la carreggiata tramite una tubazione DN 160 in PEad.

Per determinare l'interasse a cui posizionare la canaletta, e il relativo scarico, si è posto un

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

riempimento massimo di 24 cm sui 30 totali, corrispondente all'80% dell'altezza interna totale.

La portata massima convogliabile è stata calcolata con la formula di Chézy (paragrafo 4.3). Il numero degli scarichi necessari è dato dal rapporto tra la portata defluente sulla carreggiata e la massima portata convogliabile dal manufatto idraulico di intercettazione. Una volta quantificato il numero degli scarichi si è determinato l'interasse tra gli elementi.

Si riportano, come esempio, i calcoli eseguiti per uno dei tratti in esame dell'asse R (Viadotto Pace dalla sezione 294 alla 291).

La pendenza longitudinale della strada è pari all' 1.00%, la portata massima Q_{max} convogliabile dalla canaletta (calcolata mediante la relazione 4.7, ove si è assunto $K_s=90 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) è pari a $0.074 \text{ m}^3/\text{s}$, mentre la portata massima Q recapitata dalla piattaforma stradale (per T_r 100 anni) risulta pari a $0.108 \text{ m}^3/\text{s}$.

Il numero minimo di scarichi necessari è:

$$N = \frac{Q}{Q_{max}} = \frac{0.108}{0.074} \cong 1.46 \quad (5.1)$$

Dividendo la lunghezza del tratto considerato ($L = 76.31 \text{ m}$) per il numero di scarichi appena trovato si stabilisce quale sia l'interasse massimo da porre tra due canalette consecutive:

$$d_{max} = \frac{L}{N} = \frac{76.31}{1.46} \cong 52.12 \quad (5.2)$$

Come scelta progettuale si è deciso di accettare un interasse massimo di scarico tra due canalette successive di 15 m.

| | | | | |
|---|---|---|---------------------------|--|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 | |

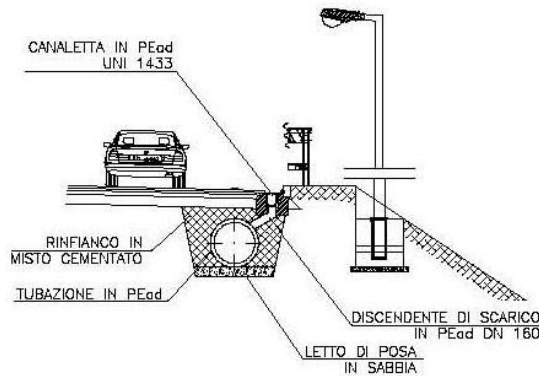


Figura 5.1 – Particolare raccolta in rilevato

Per valutare l'interesse opportuno dei collettori di raccordo DN160 con la tubazione principale longitudinale alla strada, si è utilizzata la formula del funzionamento di una soglia sotto battente. Il collettore deve essere in grado di scaricare tutta la portata praticamente nell'istante in cui arriva, di modo da evitare un riempimento della canaletta oltre l'altezza utile. La formula per il calcolo della portata che la tubazione appena descritta è in grado di convogliare si calcola come:

$$Q_d = C_q A \sqrt{2gh} \quad (5.3)$$

dove:

- Q_d è la portata che può portare il discendente;
- C_q è il coefficiente d'efflusso, pari a 0.6;
- A è l'area della sezione del discendente;
- h il carico sulla sezione contratta.

Considerando che h sia pari a 24 cm si ottiene che il discendente DN160, avente diametro interno pari a 137 mm, è in grado di smaltire una portata pari a 17.5 l/s; si è quindi posto l'interesse dei discendenti in modo che questo valore non sia mai superato.

A questo punto, considerando i singoli tratti di strada con la relativa pendenza longitudinale, si calcola la portata convogliata su di esso e il numero di discendenti necessari.

Considerando il medesimo tratto di strada citato prima, la pendenza longitudinale della strada è pari all' 1.00%, la portata massima Q_d convogliabile all'interno del collettore di raccordo (calcolata mediante la relazione 5.3, ove si è assunto $K_s=90 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) è pari a $0.0175 \text{ m}^3/\text{s}$, mentre la portata

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

massima Q recapitata dalla piattaforma stradale (per Tr 100 anni) risulta pari a 0.108 m³/s.

$$N = \frac{Q}{Q_d} = \frac{0.108}{0.0175} \cong 6.17 \quad (5.4)$$

Dividendo la lunghezza del tratto considerato (L = 76.31 m) per il numero di scarichi appena trovato si stabilisce quale sia l'interasse massimo da porre tra due scarichi consecutivi:

$$d_{\max} = \frac{L}{N} = \frac{76.31}{6.17} \cong 12.38 \quad (5.5)$$

In tutti i casi considerati l'interasse massimo calcolato per le canalette (ovviamente quando non sono continue) è maggiore rispetto a quello identificato per i discendenti, quindi tra le due condizioni la seconda risulta la più restrittiva. In via cautelativa si è deciso di porre le canalette, con il relativo scarico, ad un interasse pari a quello degli scarichi e, comunque, non superiore ai 15 m.

5.3.2 Cunetta triangolare (alla francese)

Questo sistema di raccolta delle acque è stato utilizzato in buona parte del progetto e comunque nei tratti di strada a mezza costa o in trincea. La cunetta triangolare (alla francese) è stata inserita in progetto, sia associata ad una tubazione sottostante, sia come unità singola per brevi tratti stradali.

Nel primo caso, date le dimensioni limitate della stessa, si sono previste interruzioni, ad interasse fisso, che permettano, tramite pozzetti, di scaricare le acque all'interno di tubazioni che corrono parallelamente sotto la cunetta.

In progetto è stata individuata una tipologia di cunetta da 1.025 m (larghezza utile al deflusso 0.85 m), posta lungo tutti i tratti di progetto relativi alle sezioni con muri o in presenza di pendio naturale o artificiale a lato della carreggiata.

Come esempio si riportano i calcoli eseguiti per un tratto dell'asse R, dalla sez. 51 alla sez. 32. La cunetta in calcestruzzo provvede alla raccolta ed al convogliamento delle acque di precipitazione afferenti su una porzione di piattaforma stradale di lunghezza pari a 352.72 m e di larghezza massima pari a 11.20 m; la superficie scolante afferente risulta quindi pari a 3950.46 m², per quanto riguarda la strada, e 7790.71 m² provenienti dalle scarpate che si riversano sulla strada.

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

La sezione utile al deflusso, nel caso in questione è triangolare con base pari a 0.85 m ed altezza massima pari a 0.05 m, con inclinazione trasversale del 3.40%. La pendenza di calcolo varia con la strada.

La pendenza longitudinale della strada, nel caso preso ad esempio, è pari al 3.00%. La portata massima Q_{max} accettata convogliabile dalla cunetta (calcolata mediante la relazione 4.7, ove si è assunto $K_s=65 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) è pari a $0.02 \text{ m}^3/\text{s}$.

Per stabilire l'interasse di captazione si utilizza lo stesso procedimento spiegato nei paragrafi precedenti. La portata massima Q_{max} convogliabile dalla canaletta è pari a $0.02 \text{ m}^3/\text{s}$, mentre la portata massima Q recapitata dalla piattaforma stradale (per T_r 100 anni) risulta pari a $0.161 \text{ m}^3/\text{s}$. Il numero minimo di scarichi necessari è:

$$N = \frac{Q}{Q_{max}} \quad (5.6)$$

Dai calcoli, in questa situazione, il numero di scarichi risulta pari a:

$$N = \frac{0.161}{0.02} = 7.91$$

Dividendo la lunghezza del tratto considerato ($L=352.72 \text{ m}$) per il numero di scarichi appena trovato si stabilisce quale sia l'interasse massimo da porre tra due griglie consecutive:

$$d_{max} = \frac{L}{N} = \frac{352.72}{7.91} = 44.59 \quad (5.7)$$

Come per le canalette in PEad l'interasse massimo di scarico ritenuto accettabile è posto pari a 15 m.

E' da notare che, nella formula utilizzata per il calcolo della massima portata defluente sul tratto di strada e banca affluenti alla cunetta, il coefficiente d'efflusso varia a seconda dell'ubicazione della cunetta in progetto. Infatti tale coefficiente risulta da una media ponderata data dalla somma delle quote parti di superfici afferenti al tratto di cunetta in esame, moltiplicate ognuna per il proprio coefficiente (essendo $\phi = 0.9$ per le strade, $\phi = 0.5$ per le scarpate e $\phi = 0.3$ per le superfici

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

suborizzontali), il tutto poi viene diviso per la superficie totale come indicato sotto.

Il coeff. d'afflusso medio ponderato è, quindi, calcolabile come:

$$\bar{\varphi} = \frac{\sum_{i=1}^n \varphi_i S_i}{\sum_{i=1}^n S_i} \quad (5.8)$$

Per quanto riguarda i risultati dei dimensionamenti si rimanda all'allegato 1 della presente relazione.

5.3.3 Dimensionamento canaletta di raccolta acque di versante

Come risulta dalle planimetrie di progetto, la raccolta delle acque di piattaforma lungo le banche della trincea autostradale avviene a mezzo di elementi in cls: fosso rivestito di base 30 cm, altezza 30 cm e scarpa 1:1, sulla prima banca, e le successive (caso di trincea profonda) e canaletta in cls prefabbricata di dimensioni esterne 49x54 cm in testa ai muri posti a sostegno della trincea.

Il dimensionamento della canaletta è stato fatto con un ragionamento simile a quello condotto per le canalette in PEad poste lungo la strada. Si è, dapprima, calcolata la portata defluente dalla trincea al limite della piattaforma stradale con la formula razionale, tenendo conto di possibili infiltrazioni dell'acqua nel terreno, e quindi usando un coefficiente di deflusso pari a 0.5 e, successivamente, con la formula di Chezy è stata effettuata una verifica di moto uniforme per stabilire la dimensione minima che la canaletta deve avere per raccogliere l'intera portata. Questo dimensionamento, sicuramente cautelativo, è stato adottato in quanto non si può mai sapere con esattezza quale sia la portata che si infiltra nel terreno delle banche. Inoltre in questo modo, anche nel caso in cui il terreno sia saturo d'acqua per qualche evento ravvicinato a quello massimo di progetto, la canaletta risulta comunque sufficiente a invasare le acque che le arrivano. Per non sovraccaricarla eccessivamente, è stato previsto uno scarico in pozzetti in cls al limite della strada e, ove necessario, tergo muri, al massimo ogni 40 m. A questo interesse le acque della trincea vengono scaricate nel collettore sotto la strada e da qui collettate insieme a quelle di piattaforma verso il trattamento.

Questo sistema, che prevede l'utilizzo di canalette ad embrice come sfiori intermedi in caso di eccessivo riempimento dei fossi lungo le banche, è stato adottato nei casi di trincea profonda

| | | | | |
|---|---|---|---------------------------|--|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 | |

lungo gli assi principali causa, la mancanza di un recapito naturale per le acque di versante.

Per determinare l'interasse lungo le trincee si è calcolata la portata scolante sulla canaletta ad embrice.

La portata che un embrice è in grado di convogliare è stata calcolata considerando il funzionamento di quest'ultimo come una soglia sfiorante a sezione trapezia e quindi secondo la formula:

$$q_0 = C_q L h \sqrt{2gh} \quad (5.9)$$

Ove C_q = coefficiente d'efflusso pari a 0.35;

L = larghezza dell'embrice è 0.5 m;

h = 10.50 cm altezza del velo liquido all'imbocco dell'embrice;

La portata convogliabile in una canaletta di queste dimensioni è di 0.026 m³/s.

A questo punto il numero di elementi necessari per convogliare la portata prodotta dalla scarpata considerata è data dal rapporto tra la portata transitante nel tratto stesso e la portata che riesce a captare il singolo elemento:

$$X_{embr.} = \frac{Q_x}{q_0} \quad (5.10)$$

dove con Q si è indicata, appunto, la portata massima scolante sulla porzione di versante considerato.

Successivamente dividendo il valore ottenuto per la lunghezza del tratto di scarpata a ridosso della strada si ottiene l'interasse massimo da considerare.

Ad esempio nel tratto in profonda trincea posto lungo l'asse M, sez. M217 a M229, la superficie della scarpata afferente al sistema di smaltimento qui citato è di 1681.66 m² e quindi la portata massima prodotta è di circa 114.53 l/s. In questo caso risulterebbero necessari 4.41 embrici posti ad interasse di 37.84 m; cautelativamente si è adottato un interasse pari a 20 m.

Per determinare l'interasse degli scarichi della canaletta in cls si è posto un riempimento massimo

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

corrispondente all'80% dell'altezza interna totale.

La portata massima convogliabile è stata calcolata con la formula di Chézy (paragrafo 4.3). Il numero degli scarichi necessari è dato dal rapporto tra la portata defluente sulla carreggiata e la massima portata convogliabile dal manufatto idraulico. Una volta quantificato il numero degli scarichi si è determinato l'interasse massimo da adottare.

A titolo di esempio si riportano i calcoli effettuati per la canaletta in cls posta lungo l'asse D tra le sez. 17 e la sez. 15. La massima portata recapitata dalla trincea e dalla piattaforma stradale alla canaletta rettangolare è di circa 0.055 m³/s (calcolata con Tr = 100 anni e φ = 0.55).

La sezione accettata come utile al deflusso è rettangolare con base pari a 0.4 m ed altezza massima di riempimento, h_{max} = 0.36 m, corrispondente all'80% dell'altezza utile interna 0.45 m. La pendenza di calcolo varia con la strada.

La pendenza longitudinale della strada è pari al 3.00%, la portata massima Q_{max} convogliabile dalla canaletta (calcolata mediante la relazione 4.7, ove si è assunto K_s = 65 m^{1/3}/s) è pari a 0.057 m³/s, mentre la portata massima Q recapitata dalla trincea e dalla piattaforma stradale (per Tr 100 anni) risulta pari a 0.055 m³/s.

Il numero minimo di scarichi necessari è:

$$N = \frac{Q}{Q_{\max}} = \frac{0.055}{0.057} \cong 0.96 \quad (5.1)$$

Dividendo la lunghezza del tratto considerato (L=39.42 m) per il numero di scarichi appena trovato si stabilisce quale sia l'interasse massimo da porre tra due canalette consecutive:

$$d_{\max} = \frac{L}{N} = \frac{39.42}{0.96} \cong 41.06 \quad (5.2)$$

La canaletta riesce a contenere l'intera portata in arrivo, non sono necessari scarichi intermedi.

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

5.4 Elementi di raccolta e convogliamento acque viabilità in galleria

Nella viabilità in galleria si ritrovano i seguenti elementi:

- collettori in PEad;
- caditoie grigliate che sormontano pozzetti sifonati in cls.

Nelle gallerie, in generale, e in quelle che si hanno in progetto nello specifico, le sole acque che possono entrare sono quelle per trascinarsi dalle ruote delle macchine che, parzialmente, vengono assorbite dal manto drenante della piattaforma stessa.

Da ciò si evince che il motivo principale per inserire pozzetti sifonati nel contesto di una galleria è legato principalmente alla necessità di raccogliere gli sversamenti accidentali.

Per tale motivo si ritiene ragionevole diradare l'interasse della raccolta lungo il tracciato stradale e portarlo a 25 m, mentre i pozzetti di ispezione saranno posti ogni 40-50 m (vedi planimetrie di progetto).

I collettori all'interno della galleria, allo sbocco (inteso con questo termine il punto più basso di "uscita" dalla galleria indipendentemente dal senso di marcia) vengono raccordati a quelli all'esterno, necessari al drenaggio di piattaforma, mediante appositi pozzetti che avranno anche la funzione di prendere le acque di infiltrazione collettate attraverso tubi ai lati della calotta o sotto di essa).

5.5 Viadotti

Le acque che precipitano sul manto stradale nei tratti in viadotto defluiscono longitudinalmente sul bordo della pavimentazione in una canaletta ideale delimitata lateralmente dal cordolo dell'impalcato ed inferiormente dalla superficie pavimentata. I deflussi vengono scaricati tramite caditoie con interasse opportunamente dimensionato per garantire lo smaltimento dell'acqua sulla carreggiata. Le caditoie, poste al margine della carreggiata, scaricano in un collettore in acciaio longitudinale sospeso all'intradosso dell'impalcato.

Esse sono costituite da una griglia in acciaio zincato a caldo, di dimensione 0.15 x 0.15 m, da un bocchettone, posato sulla soletta dell'impalcato con tubazione discendente in acciaio zincato $\phi 150$, che si attesta sulla parte superiore del collettore di drenaggio.

Quest'ultimo è costituito da una tubazione in acciaio di diametro DI variabile come indicato nelle planimetrie di progetto.

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

La tubazione di drenaggio longitudinale lungo il viadotto è sorretta da una apposita cinghia di sostegno ancorata all'impalcato tramite tirafondi in acciaio.

In corrispondenza delle spalle sono previsti pluviali di scarico alle vasche o, alternativamente, pozzetti in cls gettati in opera per il raccordo con le tubazioni sotto la strada. La massima portata raccolta dalla tubazione può, quindi, essere calcolata come descritto al capitolo 4, utilizzando la formula razionale dove, il tempo di riferimento, è dato dalla costante d'invaso.

Calcolata la portata massima, il dimensionamento delle tubazioni è stato effettuato in condizioni di moto uniforme con la nota formula di Chezy, al fine di convogliare a pelo libero la portata di progetto con un riempimento massimo dei condotti pari al 70%.

Per i risultati dei dimensionamenti si rimanda all'Allegato 1 della presente relazione.

5.5.1 Determinazione dell'interasse dei bocchettoni di scarico in viadotto

Consideriamo i bocchettoni con griglia sovrastante: l'interasse tra questi è stato calcolato partendo dal rapporto tra la massima portata convogliabile su una determinata sezione di viadotto e il valore ottenuto considerando una soglia che funziona come luce sotto battente.

$$Q = CA\sqrt{2gh} = 0.6 \cdot 0.015 \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot 0.04} = 0.008 \text{ m}^3/\text{s}$$

Con C = coefficiente d'efflusso assunto pari a 0.6;

A = area del bocchettone circolare;

h = carico massimo sopra il bocchettone, pari a 0.04 m.

A questo punto, considerando la lunghezza del viadotto, dapprincipio è stato calcolato il numero di bocchettoni necessari per quel tratto ($Q_c/Q = x$) e, noto questo e la lunghezza dell'impalcato si è ottenuto l'interasse massimo (L/x).

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

5.6 Pozzetti

Il sistema di passaggio tra tubazioni in rilevato e trincea, data la diversità degli elementi di captazione superficiali, quello tra tubazioni e sistemi di trattamento, nonché quello tra vasche e recapiti finali e la manutenzione delle tubazioni al di sotto della carreggiata viene realizzato attraverso differenti tipologie di pozzetti sia in PEad sia in cls. La caratteristica forma a “T” dei primi è conferita dal tubo corrugato verticale DN esterno 935 mm e dal bicchiere posto all’estremità inferiore che funge da raccordo per le tubazioni in ingresso e/o in uscita.

Si possono identificare le seguenti tipologie di pozzetti:

- pozzetti di raccordo per le tubazione in PEad;
- pozzetti di scarico per le tubazione in PEad o in cls;
- pozzetti di scarico per le canalette e cunette in cls;
- pozzetti di ispezione in PEad o in cls;
- pozzetti di salto in cls;
- pozzetti di scarico diretto.

L’interasse massimo fissato è di 50 m nel caso i pozzetti siano provvisti di un chiusino cieco e non ci siano esigenze di raccolta o cambi di pendenza/sezione tubo particolari.

5.7 Considerazioni sulle singolarità idrauliche in corrispondenza delle tubazioni a forte pendenza

Date le caratteristiche della rete in esame, si ritiene utile dare evidenza di alcune criticità puntuali, con le relative valutazioni di carattere progettuale. Infatti, nei tratti di una rete di drenaggio caratterizzati da una cosiddetta forte pendenza (ove l’altezza di stato critico risulta superiore a quella di moto uniforme), in corrispondenza delle sezioni singolari (ad esempio quelle sezioni ove si realizza un’immissione di portata dalla piattaforma stradale o da un ramo laterale) la corrente può presentare un passaggio per lo stato critico (tirante idrico pari a quello di stato critico). In particolar modo, tale evenienza si presenta quando la portata d’immissione risulta confrontabile con quella defluente nella rete, allorquando la spinta totale di quest’ultima non risulta sufficiente a realizzare la confluenza.

Ricordando che la particolare tipologia idraulica della pendenza di una tubazione (debole, forte o critica) è funzione della portata che vi defluisce, nella rete in progetto sono presenti alcuni tratti che in corrispondenza delle portate con tempo di ritorno di 100 anni mostrano un funzionamento a forte

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

pendenza.

In tali tratti, quindi, l'altezza di moto uniforme (assunta a riferimento per la verifica idraulica dei collettori) risulta inferiore a quella di stato critico (che può instaurarsi, come accennato in precedenza, in corrispondenza alle singolarità idrauliche).

Ci si è domandati, pertanto, se anche nei tratti a forte pendenza risulta accettabile mantenere l'usuale criterio di verifica degli specchi, basato sull'analisi del rapporto fra l'altezza di moto uniforme e il diametro interno della tubazione.

In primo luogo si è ritenuto necessario approfondire le caratteristiche idrodinamiche del moto delle correnti veloci nelle tubazioni in progetto. In linea generale, quando le pendenze risultano elevate, può formarsi una corrente cosiddetta rapida (cfr. *Ippolito G., Modelli di correnti rapide, I modelli nella tecnica, vol. 1, Accademia Nazionale dei Lincei, Roma, 1959; Viparelli M., Correnti rapide, Risultati in canaletta a 45°, L'energia Elettrica, n. 6, 1954; Viparelli M., Correnti rapide, Relazioni su ricerche e studi promossi dall'Anidel, Milano, 1958*), in cui il flusso è bifasico, con bolle d'aria disperse nella corrente e uno strato superiore di gocce d'acqua disperse nell'aria. Poiché l'emulsione dell'aria comporta un aumento di volume della corrente, per evitare il passaggio in pressione è necessario dimensionare opportunamente gli specchi.

La determinazione della corrispondenza fra le grandezze che avrebbe la corrente se fosse priva d'aria (indicate in seguito con il pedice a) e quelle relative al miscuglio (indicate in seguito con il pedice m) può essere effettuata con riferimento agli studi di Sinniger e Hager (*Sinniger R. O. e Hager W. H., Constructions Hydrauliques, Ecoulements Stationnaires, Presses Polytechniques Romandes, 439 p., 1989*). La concentrazione dell'aria inglobata dalla corrente, C , dipende soltanto dal numero di Boussinesq $B_{u,a}$ della corrente non aerata:

$$B_{u,a} = \frac{V_a}{\sqrt{g R_a}}$$

(in cui V_a è la velocità e R_a è il raggio idraulico) tramite la relazione:

$$C = \frac{1}{0.02(B_{u,a} - 6)^{3/2} + 1}$$

valida per $B_{u,a} \geq 6$, valore al di sotto del quale la corrente non è aerata.

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

La sezione bagnata del miscuglio è allora pari a:

$$A_m = \frac{A_a}{1-C}$$

Per evitare la chiusura della sezione bagnata e il passaggio della corrente in pressione, le verifiche dovrebbero essere condotte con riferimento alla sezione del miscuglio A_m .

Preso atto che lo sviluppo del flusso bifasico è tanto maggiore quanto maggiore è la pendenza del condotto e quanto minore è il diametro dello stesso, per la rete di drenaggio in progetto sono stati analizzati i casi dei diametri minori (DN 400 e DN 500) con la pendenza maggiore (10% circa).

I risultati sono rappresentati nelle Figure 5.2 (DN 400) e 5.3 (DN 500) ove sull'asse delle ascisse sono riportati i valori dell'area bagnata nel caso senz'aria e su quello delle ordinate i valori dell'area bagnata nel caso del miscuglio.

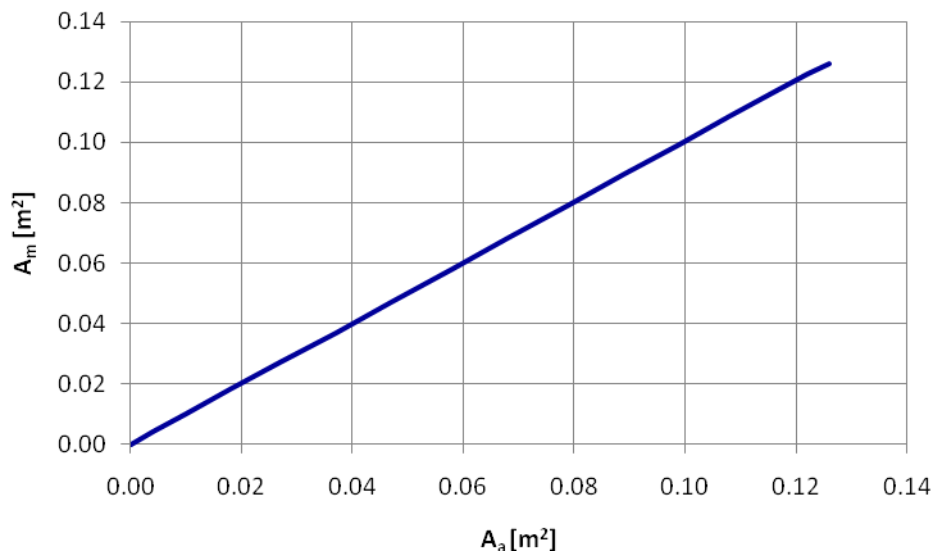


Figura 5.2 – Tubazione DN 400

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

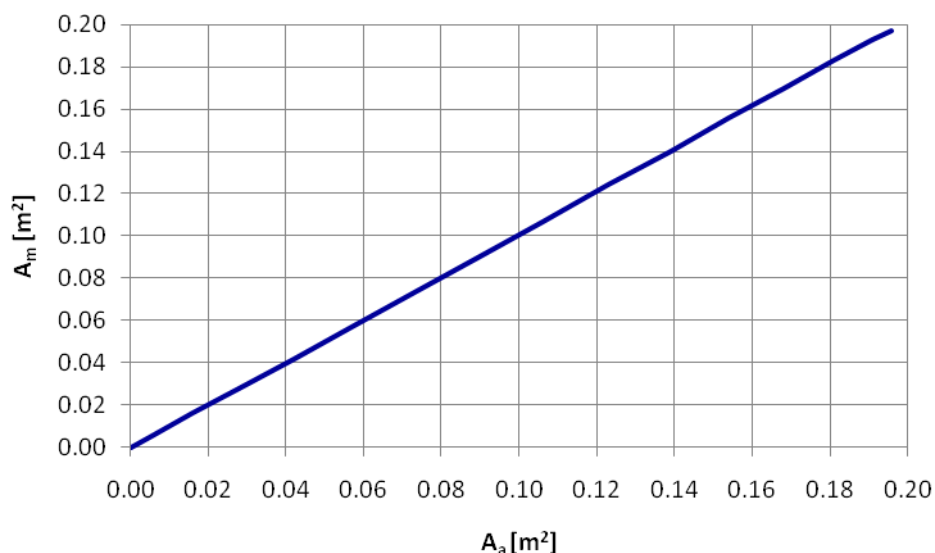


Figura 5.3 – Tubazione DN 500

I risultati evidenziano che in entrambi i casi “critici” considerati, l’aria inglobata dalla corrente, e di conseguenza l’aumento di volume della stessa, possono ritenersi trascurabili. Come tale, nelle tubazioni in progetto che risultano a forte pendenza la corrente veloce che vi transita non mostra apprezzabili caratteristiche bifasiche, assumendo valori dell’altezza di moto uniforme che coincidono con quelli calcolati in questa sede mediante la relazione di Chézy.

In secondo luogo, in corrispondenza a quei pozzetti sede di singolarità idraulica con formazione dello stato critico, sono stati calcolati i seguenti parametri:

- la “persistenza” dei valori del tirante idrico superiori a quello di moto uniforme: è stata calcolata la lunghezza del tratto della tubazione di valle in cui il tirante idrico risulta superiore all’altezza di moto uniforme;
- la massima quota raggiungibile dall’acqua: è stato calcolato il valore dell’energia totale della corrente che costituisce il valore limite di risalita.

I risultati evidenziano che la criticità è di natura puntuale non interessando tratti considerevoli della tubazione (moto uniforme ricostituito pochi metri a valle) e che la massima quota eventualmente raggiungibile dalla corrente turbolenta in corrispondenza del pozzetto è inferiore a quella del fondo

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

scorrevole della canaletta di raccolta ubicata sul ciglio (escludendo, in tal modo, la possibilità che la canaletta risulti rigurgitata generando fenomeni di allagamento della piattaforma stradale).

A titolo esemplificativo, si descrive la situazione in corrispondenza ad uno dei casi maggiormente critici: il pozzetto di confluenza tipo A ubicato sull'asse M dello svincolo Annunziata (viabilità principale).

| | |
|---|-------------------------|
| Tubazione a monte del pozzetto | DN 400 |
| Portata a monte del pozzetto | 0.136 m ³ /s |
| Tubazione a valle del pozzetto | DN 500 |
| Portata a valle del pozzetto | 0.464 m ³ /s |
| Pendenza tubazione di valle | 2.80 % |
| Altezza di moto uniforme nella tubazione di valle | 0.29 m |
| Altezza di stato critico nella tubazione di valle | 0.45 m |
| Quota fondo scorrevole tubazione di valle in corrispondenza del pozzetto | 166.55 m s.m. |
| Quota piano viabile | 168.07 m s.m. |
| Quota fondo scorrevole della canaletta di raccolta delle acque di piattaforma | 167.77 m s.m. |

I calcoli effettuati evidenziano quanto segue:

- l'altezza di moto uniforme viene ricostituita a valle ad una distanza dal pozzetto pari a circa 6.20 m;
- in corrispondenza del pozzetto, la quota dell'energia totale (167.63 m s.m.) risulta inferiore non solo a quella del piano viabile (168.07 m s.m.) ma anche a quella del fondo scorrevole della canaletta di raccolta delle acque di piattaforma (167.77 m s.m.);

In ultima analisi, a completamento delle analisi ivi esposte, occorre evidenziare che a fronte dei rilevanti valori assunti dalla velocità in condotta non si riscontrano problemi legati all'azione abrasiva della corrente, stante l'utilizzo di un materiale per le tubazioni (PEAD) che offre ampie garanzie di resistenza in tal senso

In conclusione, alla luce delle analisi numeriche svolte, anche tenuto conto dei numerosi provvedimenti cautelativi assunti e del carattere puntuale della criticità evidenziata, si è ritenuto

| | | | | |
|--|---|---|------------------------------------|--|
|  |  | <p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p> | | |
| <p align="center">Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche</p> | <p><i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc</p> | <p><i>Rev</i> F0</p> | <p><i>Data</i> 20/06/2011</p> | |

adeguato procedere a verifiche di moto uniforme.

| | | | | |
|---|---|---|---------------------------|--|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 | |

6 PRESIDI IDRAULICI

Le soluzioni progettuali adottate sono volte ad assicurare la completa protezione ambientale del territorio secondo le vigenti norme, con particolare riferimento alla salvaguardia dei recapiti finali, rappresentati da corsi d'acqua naturali. Pertanto in progetto sono state inserite vasche di prima pioggia (presidi qualitativi) e vasche di sicurezza (per sversamenti accidentali).

Il decreto legislativo n°152 del 3 aprile 2006, e le sue successive modifiche ed integrazioni si pone al termine dell'iter legislativo per la normativa riguardante l'ambiente. Esso disciplina, in attuazione della legge 15 dicembre 2004, n. 308, la difesa del suolo e la lotta alla desertificazione, la tutela delle acque dall'inquinamento e la gestione delle risorse idriche nella sua parte terza. In particolare esso conferma i vincoli alla dispersione nel sottosuolo delle acque meteoriche provenienti da piazzali e strade, già indicati nel testo unico sulle acque (Dlgs 3 aprile 2006, n.152) e le successive correzioni e integrazioni.

Per la quantificazione delle acque di prima pioggia si rimanda al Regolamento della Regione Lombardia n°4 del 24 Marzo 2006 "Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne" e successive integrazioni, di cui si riportano il seguente stralcio:

“Sono considerate acque di prima pioggia quelle corrispondenti per ogni evento meteorico ad una precipitazione di 5 mm distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di drenaggio [...] assumendo che l'evento si verifichi in quindici minuti e che il coefficiente di afflusso alla rete sia pari ad 1 per la superficie scolante e a 0,3 per quelle permeabili di qualsiasi tipo ad esse contigue, escludendo dal computo le superfici incolte o ad uso agricolo.”

Per garantire una maggiore sicurezza e tutela dei corsi d'acqua nei quali si intende scaricare, le vasche di trattamento sono sempre associate ad una vasca per lo sversamento accidentale, dimensionata per raccogliere 60 m³ di olii e idrocarburi, praticamente il doppio del carico di un'autocisterna.

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

6.1 Criteri di dimensionamento dell'impianto di trattamento

Le soluzioni progettuali adottate sono volte ad assicurare la completa protezione ambientale del territorio con particolare riferimento alla salvaguardia dei corsi d'acqua superficiali presenti.

Sulla base di quanto descritto le acque meteoriche che ricadono sulle viabilità in progetto devono subire un processo di separazione tra prime piogge, considerate ad alta concentrazione di inquinanti, e seconde piogge, considerate "bianche".

A partire dalla Legge Regionale citata è stata prevista la realizzazione di un meccanismo di separazione per le acque di prima pioggia che consente il trattamento in continuo delle stesse utilizzando un sistema funzionante a gravità. Nello specifico sono state progettate ben 8 vasche di prima pioggia per permettere il trattamento delle acque prima dello scarico nei recapiti.

Per garantire la sicurezza idraulica dei corsi d'acqua questi sistemi sono stati associati a vasche per lo sversamento accidentale di carichi inquinanti.

Queste vasche vengono poste "in parallelo" al sistema di trattamento.

Le acque di prima pioggia sono state dimensionate a partire dalle superfici totali afferenti all'impianto divise a seconda della tipologia in superfici stradali, il cui coefficiente d'efflusso è stato posto pari a 1 come da normativa, e superfici permeabili (scarpate e superfici suborizzontali) con coefficiente 0.3.

In ottemperanza ai criteri fissati dalla già citata Legge della Regione Lombardia, la portata di prima pioggia da inviare al trattamento si deve calcolare mediante la seguente espressione:

$$Q = \frac{0.005 * (S_{IMP} \cdot 1 + S_{PERM} \cdot 0.3)}{15 * 60}$$

Ove Q [m³/s] è la portata di prima pioggia, S_{IMP} [m²] la superficie impermeabile afferente e S_{PERM} [m²] la superficie permeabile afferente.

Nella tabella 6.1 sono riportati i valori di portata caratteristica per ogni impianto di trattamento.

| | | | | |
|---|---|---|---------------------------|--|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 | |

| VASCA TRATTAMENTO | RECAPITO | Q trattata [l/s] | Q tot [l/s] | DN ing [m] | DN bypass [m] |
|-------------------|------------------------|------------------|-------------|------------|---------------|
| VPP1 | BACINO FITODEPURAZIONE | 200.00 | 200.00 | 0.701 | 0.701 |
| VPP2 | BACINO FITODEPURAZIONE | 200.00 | 200.00 | 0.701 | 0.701 |
| VPP3 | BACINO FITODEPURAZIONE | 665.12 | 10181.40 | 2.000 | 2.000 |
| VPP4 | FIUMARA CURCURACI | 73.63 | 1035.55 | 1.200 | 1.200 |
| VPP5 | FIUMARA CURCURACI | 88.80 | 1937.13 | 1.400 | 1.400 |
| VPP6 | FIUMARA DELLA PACE | 22.32 | 475.80 | 0.935 | 0.935 |
| VPP7 | FIUMARA ANNUNZIATA | 54.73 | 935.71 | 1.200 | 1.200 |
| VPP8 | FIUMARA ANNUNZIATA | 42.78 | 1041.27 | 1.200 | 1.200 |

Tabella 6.1 – Tabella riassuntiva delle portate trattate e dei recapiti per le vasche di prima pioggia in progetto

L'impianto di trattamento a servizio della viabilità compresa tra il Viadotto Pace e il Viadotto Pantano è posizionato in corrispondenza della sezione 5 dell'asse C (deviazione della strada panoramica in località Ganzirri) per un totale di circa 6000 m di strada.

Data la notevole distanza dell'impianto dall'imbocco della Galleria "Faro Superiore", per una maggiore tutela, si è deciso di porre una vasca per l'intercettazione degli sversamenti accidentali di oli e di liquidi inquinanti in corrispondenza della sez. R80, minimo altimetrico dell'opera.

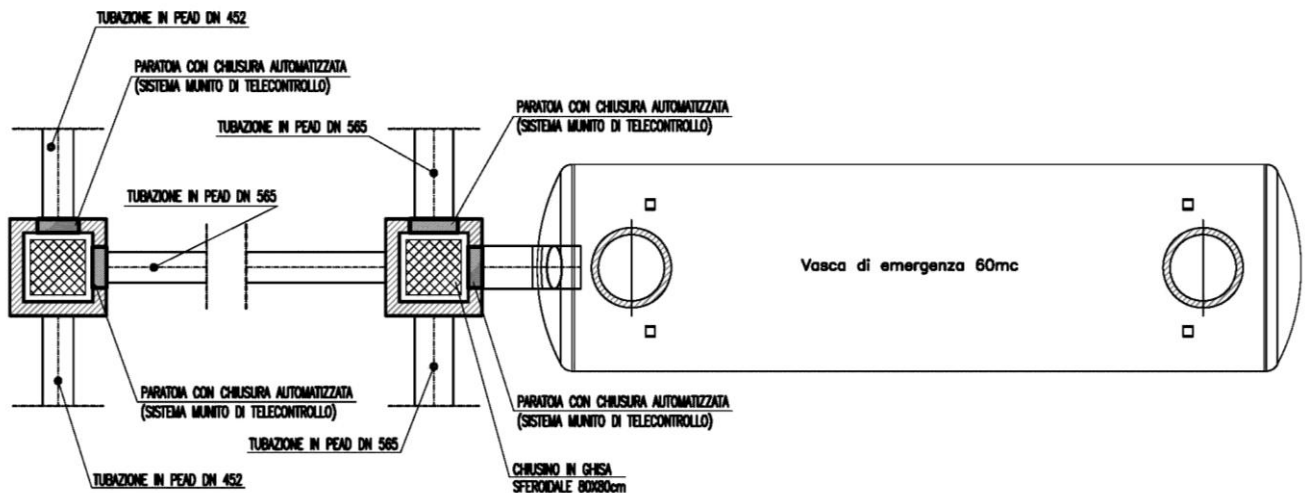


Figura 6.1 – Schema vasca di sicurezza Galleria "Faro Superiore"

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

Il sistema è analogo a quello di trattamento descritto prima con la sola differenza dell'assenza del by-pass e del regolatore di portata. In corrispondenza della vasca di sicurezza, lungo i collettori degli assi M e R, vi sono due pozzetti di dimensioni interne 1.00x1.00 m dotati, ciascuno, di due paratoie con chiusura automatizzata.

Durante il regolare funzionamento del sistema di smaltimento della acque la paratoia posta all'ingresso della vasca rimarrà chiusa permettendo il regolare deflusso delle acque verso valle. In caso di sversamento un sistema di telecontrollo fa sì che la paratoia posta all'ingresso della vasca si apra, mentre quella posta sul collettore longitudinale si chiuda, così che tutto lo sversamento finisca nella vasca di sicurezza. In un secondo momento si dovrà procedere allo rimozione del contenuto.

6.2 Ubicazione

Le vasche di trattamento sono posizionate a valle del sistema di raccolta delle acque di piattaforma, in prossimità del recapito finale.

Il funzionamento è il seguente: le acque di piattaforma entrano in un pozzetto, da qui le prime piogge, attraverso un regolatore di portata, vengono fatte convergere in un secondo pozzetto e, da qui, all'impianto di trattamento. Se si ha un evento normale le prime piogge tramite regolatore di portata entrano nel separatore per il trattamento mentre le seconde, ossia quelle eccedenti la massima portata trattabile, entrano in una tubazione di by-pass e vengono direttamente scaricate in un pozzetto in cui si riuniscono con le prime piogge depurate e possono essere inviate a recapito. Nel caso di sversamento accidentale le prime piogge e/o solamente gli oli, se lo sversamento si realizza in tempo secco, entrano nel secondo pozzetto e, da qui nel separatore. Quando questo si riempie completamente l'otturatore posto all'uscita si chiude e, da qui, gli olii e idrocarburi tornano indietro verso il pozzetto stesso, lo riempiono e sfiorano all'interno di una seconda vasca, affiancata alla prima, necessaria per raccogliere lo sversamento accidentale. Nel caso eccezionale di uno o più sversamenti associati ad evento meteorico intenso, anche il primo pozzetto d'ingresso può riempirsi. In questo caso la sicurezza del sistema è garantita dalla chiusura del clapet posto all'imbocco della tubazione di by-pass.

Per il corretto funzionamento si prevede la gestione completa dei presidi mediante un sistema di telecontrollo evoluto.

| | | | | |
|---|---|---|--------------------|--|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | Codice documento SS0162_F0.doc | Rev F0 | Data 20/06/2011 | |

In linea di principio lo schema di funzionamento è il seguente:

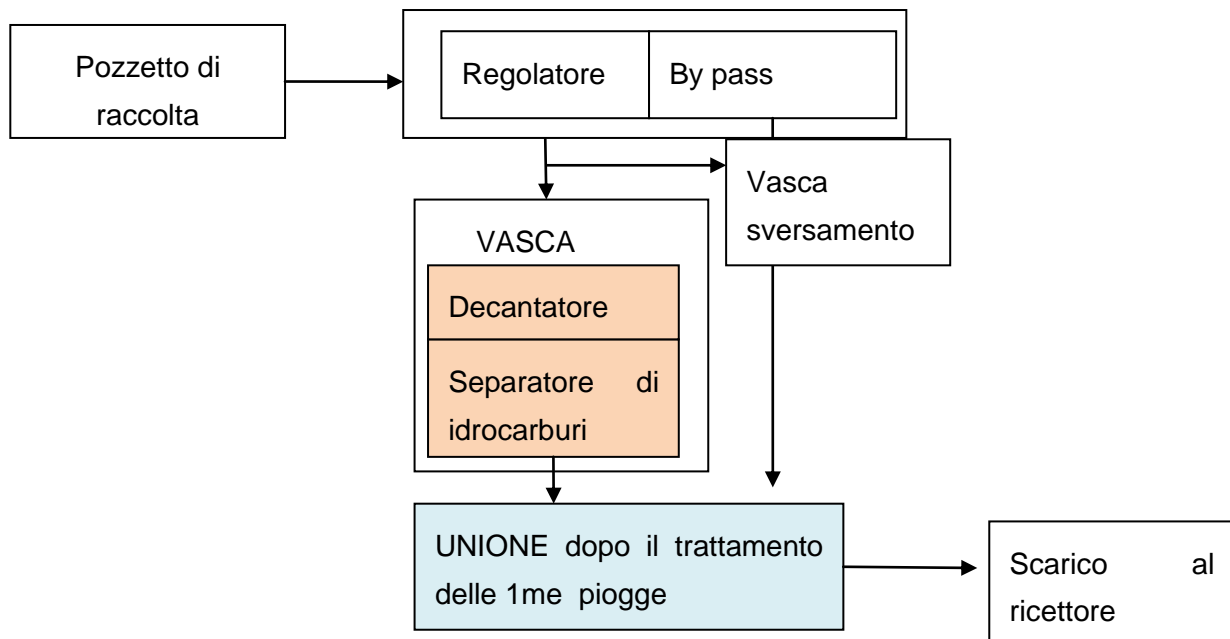


Figura 6.2 – Schema di funzionamento per la vasca di trattamento

Lo schema previsto deve consentire di intervenire in modo efficace sull'inquinamento, soprattutto di tipo cronico, dovuto all'azione di dilavamento della piattaforma stradale. Presenta, inoltre, una buona capacità di trattenimento degli sversamenti accidentali.

Il sistema di regolazione della portata, consente di evitare il sovradimensionamento delle opere di trattamento.

Il decantatore trattiene l'inquinamento dovuto ai solidi sedimentabili.

Il separatore di liquidi leggeri, rimuove l'inquinamento diffuso causato da oli minerali ed idrocarburi in genere.

Per quanto riguarda la scelta del sistema separatore di idrocarburi, si è optato per una costruzione di tipo prefabbricata, studiata specificatamente per agevolare sia le operazioni di installazione sia quelle di manutenzione; il separatore di idrocarburi, quindi, è caratterizzato da:

1. una costruzione prefabbricata in acciaio che combini una grande resistenza strutturale e una assoluta precisione costruttiva con la leggerezza che ne permetta una facile e rapida messa in opera;

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

2. un sistema coalescente a pacco lamellare che, non funzionando sul principio di creare una barriera fisica alle parti di liquido leggero da separare, eviti ogni fenomeno di intasamento o saturazione, che ne diminuiscono l'efficacia o provocano il rilascio nell'effluente delle sostanze trattenute;
3. accessi di dimensioni tali da consentire un'agevole gestione ottimale anche dal punto di vista della sicurezza.

Più globalmente, il sistema di trattamento per gli impianti relativi al trattamento delle acque raccolte dovrà essere composto da:

- un pozzetto gettato in opera in calcestruzzo in cui confluiscono tutte le acque provenienti dalla piattaforma. Questo dovrà essere dotato di sfioratore e regolatore di portata. Nel pozzetto di monte le acque da trattare entreranno nell'impianto con la portata di progetto, mentre quelle in eccesso sfioreranno nel secondo vano del pozzetto e, tramite una tubazione posta lateralmente, oltrepasseranno l'impianto senza subire trattamenti. Questa tubazione sarà dotata di clapet per cui, in caso di allarme per sversamento accidentale in corso, questo verrà chiuso e le acque e i liquidi inquinanti non potranno essere mandati al recapito;
- un impianto prefabbricato destinato all'eliminazione degli inquinanti;
- un secondo pozzetto a valle del primo e a monte della vasca di trattamento che permette di incanalare lo sversamento accidentale nella vasca di sicurezza;
- un pozzetto prefabbricato a valle dell'impianto per riunire le acque provenienti dal trattamento e dal bypass. Da qui esce una tubazione in PEad, che fa defluire le acque verso il recapito finale, indicato di volta in volta nelle planimetrie di progetto e tavole tipologiche delle vasche.

6.3 Caratteristiche tecniche

Di seguito si riportano le caratteristiche principali e comuni a tutte le vasche di trattamento, indipendentemente dalla volumetria complessiva e delle sue parti interne.

Il **decantatore – separatore di idrocarburi** ha lo scopo di rimuovere e trattenere i solidi sedimentabili ed i liquidi leggeri che sono presenti nel refluo da trattare.

L'impianto deve essere costruito in conformità con la norma UNI EN 858, in particolare il dimensionamento viene eseguito per ottenere un tenore di idrocarburi scaricati inferiore a 5 mg/l nelle condizioni di prova previste dalla norma EN 858.

L'uscita del separatore è protetta da un sistema di otturazione automatico posto in corrispondenza di una ispezione e comprende un galleggiante mobile opportunamente tarato.

Il separatore è di tipo monoblocco prefabbricato in officina, realizzato in acciaio S 235 JR, e la sua

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

conformazione è quella di un serbatoio cilindrico ad asse orizzontale, con le estremità bombate.

Dopo la sabbiatura S.A. 2.5 secondo la norma ISO 8501-1, viene applicato, internamente ed esternamente, un rivestimento epossidico o poliuretano polimerizzato a caldo di spessore 600 µm secondo la norma EN 858 che prevede almeno:

- aderenza $\geq 6 \text{ N/mm}^2$ secondo ISO 4624;
- resistenza agli urti $\geq 4 \text{ Nm}$ secondo ISO 6272;
- resistenza all'abrasione $\geq 50 \text{ N}$ secondo ISO 1518;
- porosità dielettrica 600 V/100 µm di film secco;
- resistenza alla nebbia salina $> 1000 \text{ h}$.

Schematicamente le vasche si possono suddividere in tre sezioni principali:

1. Decantazione;
2. Separazione degli idrocarburi;
3. Otturazione automatica.

Per le dimensioni specifiche di ciascuna vasca si rimanda alle tavole di progetto.

6.4 Sistema di telecontrollo nelle vasche

6.4.1 Componenti

Come detto nei paragrafi precedenti, la tutela dell'ambiente circostante è garantita da un sistema di sonde e meccanismi di intercettazione degli olii in eccesso, coadiuvate dalla presenza di un sistema di telecontrollo.

Di seguito si riportano le descrizioni e funzioni delle varie sonde ed organi di intercettazione.

6.4.2 Le sonde presenti sono:

1. Sonda eccessiva presenza oli nello scomparto di separazione degli idrocarburi del decantatore-separatore di idrocarburi: è una sonda di tipo conduttivo e indica l'eccessiva presenza di idrocarburi e la conseguente necessità di un intervento manutentivo di svuotamento. Questa sonda è richiesta dalla norma EN 858.
2. Sonda eccessiva presenza fanghi nello scomparto di decantazione del decantatore-separatore di idrocarburi: è una sonda ad ultrasuoni che indica la presenza di un accumulo di fanghi tale da richiedere l'intervento manutentivo di svuotamento.
3. Sonda sfioro nella vasca di emergenza: indica che sta avvenendo uno sfioro di liquido nella vasca di emergenza. Questo dovrebbe avvenire quando l'otturatore del separatore è chiuso ed il livello idrico nel decantatore-separatore rigurgita a monte oppure quando è intervenuto il clapet di emergenza posto all'ingresso del decantatore-separatore di idrocarburi.

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

4. Sonda di sfioro nel condotto di by-pass: indica che sta avvenendo uno sfioro di liquido nel by-pass. Questo dovrebbe avvenire quando la portata in ingresso al sistema eccede quella ammessa dal regolatore di portata oppure quando è intervenuto il clapet di emergenza posto all'ingresso del decantatore-separatore di idrocarburi e la vasca di emergenza è piena.
5. Sonda presenza liquido nella vasca di emergenza: indica il riempimento anche parziale della vasca di emergenza.

Gli organi di intercettazione del sistema sono:

1. Otturatore a galleggiante: posto in uscita al decantatore-separatore di idrocarburi. Il dispositivo chiude automaticamente l'uscita del separatore quando si presenta al suo interno un eccessivo accumulo di sostanze leggere. L'otturatore deve essere riaperto manualmente a seguito di un intervento in loco che rimuova la causa della chiusura.
2. Clapet di chiusura dell'ingresso al decantatore-separatore: normalmente aperto (grazie all'azione di un magnete di ritenuta), può intervenire dietro comando anche a distanza eccitando il magnete stesso (si neutralizza il campo magnetico ed il clapet si abbassa istantaneamente). Il clapet deve essere riarmato manualmente a seguito di un intervento sul posto. Chiudendo questo clapet la portata in arrivo viene deviata verso la vasca di emergenza.
3. Clapet di chiusura del by-pass: normalmente aperto (grazie all'azione di un magnete di ritenuta) può intervenire dietro comando anche a distanza eccitando il magnete stesso (si neutralizza il campo magnetico ed il clapet si abbassa istantaneamente). Il clapet deve essere riarmato manualmente a seguito di un intervento sul posto. Chiudendo questo clapet la portata in arrivo viene trattenuta all'interno del condotto di ingresso e potrà defluire verso il separatore con portata regolata se il clapet di chiusura al separatore stesso è ancora aperto.

6.4.3 Descrizione del sistema di telecontrollo

La scelta di inserire un telecontrollo, data l'importanza dell'opera, è legata ad alcune considerazioni di base:

1. Il decantatore-separatore di idrocarburi non è efficace nel caso di presenza di sostanze miscibili in acqua.
2. Gli idrocarburi rappresentano, in ogni caso, una fonte di inquinamento non trascurabile.
3. Le sostanze trasportate sulle strade sono tra le più varie e non è pensabile predisporre un sistema di identificazione dei composti in ingresso tramite sonde di rilevamento in grado di permettere una completa automazione senza l'intervento di un operatore.

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

4. E' abbastanza improbabile che a seguito di un incidente qualcuno possa azionare un dispositivo di emergenza locale.
5. E' stato verificato in occasione degli incidenti in caso di pioggia che è improbabile poter operare degli interventi automatici.
6. In presenza di zone sensibili, l'unico sistema efficace per il controllo degli sversamenti è quello di dotare il bacino scolante di un sistema di videosorveglianza che permette ad un operatore opportunamente addestrato di intervenire azionando le chiusure di emergenza.

Di conseguenza, la scelta progettuale obbligata è quella di avere un sistema che sia in grado di intervenire automaticamente nel caso di sversamenti di liquidi leggeri in tempo di secca: in questo caso lo sversamento ha una portata limitata rispetto a quella del separatore e transita direttamente verso la sezione di separazione degli idrocarburi senza che il regolatore di portata intervenga. Una volta saturata la capacità di stoccaggio del separatore, l'otturatore si chiude, il livello rigurgita a monte e il liquido comincia a scolare all'interno della vasca di emergenza. La differenza di quota tra la lama sfiorante del by-pass e quella del bacino di emergenza (più bassa) impedisce lo sversamento del liquido nel by-pass prima che sia saturata la capacità di stoccaggio della vasca di emergenza.

Il sistema di controllo avanzato, quindi, presume, almeno per le zone sensibili, la presenza di un centro di videosorveglianza. Questo centro ha la possibilità di controllare la situazione locale relativa ai diversi bacini scolanti e comandare a distanza l'intervento degli organi di intercettazione. Per ogni gruppo di trattamento viene installata una unità locale di comando che, da una parte, è in grado di trasmettere lo stato dell'impianto e di ricevere comandi a distanza tramite una unità modem, dall'altro è programmabile per definire situazioni anomale da segnalare come, ad esempio, potrebbe essere la presenza dell'avviso di sfioro nella vasca di emergenza e la contemporanea mancanza di segnale di riempimento della vasca stessa. In modo analogo si possono introdurre blocchi per evitare operazioni anomale e non coerenti con eventuale possibilità di conferma delle operazioni ed identificazione dell'operatore. La piena programmabilità risulta fondamentale per lasciare libera la definizione delle diverse situazioni in funzione delle esigenze e delle valutazioni del cliente.

E' possibile anche il comando locale e, grazie ad un gruppo di emergenza dotato di batteria tampone, la piena funzionalità del sistema viene mantenuta per diverse ore anche in caso di mancanza di tensione.

L'intero insieme delle stazioni potrà quindi interfacciarsi con eventuali sistemi generali di telecontrollo o, in caso di mancanza di questo, sarà programmato per essere gestito da una sede centrale.

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

7 OPERA DI SCARICO DAL PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA

7.1 Criterio di dimensionamento dalla vasca di dissipazione

Le acque di prima pioggia raccolte nei collettori longitudinali che corrono sotto il Ponte sullo Stretto di Messina vengono tutte convogliate poco dopo le “antenne” della struttura stessa in prossimità del viadotto di raccordo con la strada di accesso. Presso le spalle di questa struttura, i collettori di drenaggio di diametro 400 mm, vengono fatti scendere lungo le pile. Da qui le acque vengono fatte “calmare” in una vasca di dissipazione opportunamente dimensionata, e poi unite a quelle della restante piattaforma stradale e inviate all’impianto di trattamento (vasche VPP1 e VPP2).

Esistono diversi manufatti di dissipazione. A seconda della situazione la perdita di energia può avvenire tramite salti, denti, etc. In questo caso specifico si è adottata una soluzione proposta dall’USBR (United States Bureau of Reclamation), e precisamente la cosiddetta vasca tipo IV, che consente la perdita di energia senza bisogno di perdere quota (cosa questa che può dare problemi per giungere al punto di scarico) e lega tra loro l’altezza di moto uniforme della corrente, l’altezza del dente di dissipazione e la lunghezza della vasca stessa secondo le seguenti formule:

$$\frac{L_2}{h_2} = 1.2 \cdot Fr^2 \left(\frac{h_2}{y_0} \right)^{-1.83}$$

$$\frac{L_3}{L_2} = 3.75 \left(\frac{h_2}{L_2} \right)^{0.68}$$

$$\frac{y_2}{h_2} = 1.3 \left(\frac{L_2}{h_2} \right)^{0.36}$$

| | | | | |
|---|---|---|--------------------|--|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | Codice documento SS0162_F0.doc | Rev F0 | Data 20/06/2011 | |

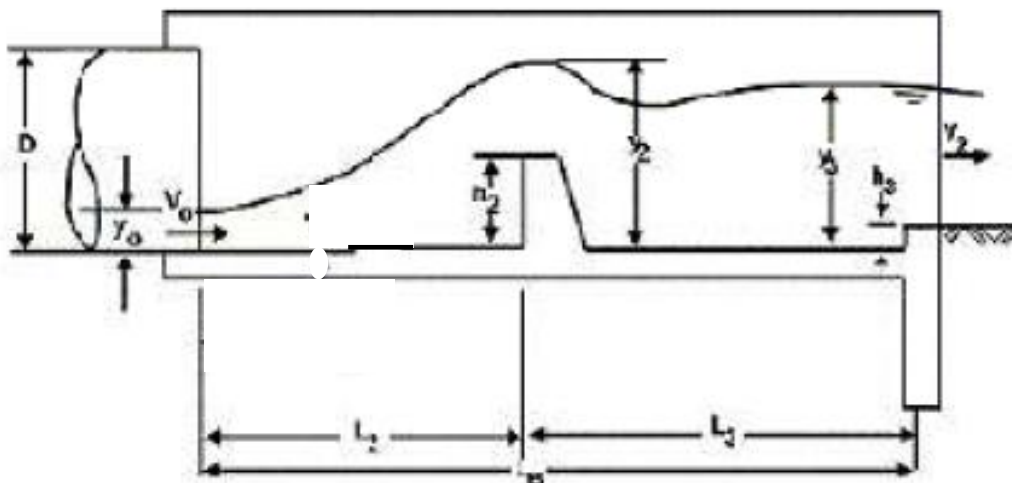


Figura 7.1 – Schematizzazione della vasca di dissipazione

Nota l'altezza di moto uniforme y_0 definita come quella di massimo riempimento per un collettore circolare di diametro 400 mm ($y_0 = 0.28$ m con $Gr = 70\%$) e con pendenza dell'1%, e ipotizzato un valore di h_2 ritenuto accettabile (in questo caso 0.3 m) si ha:

$$L_2 = 0.536 \text{ m,}$$

$$y_2 = 0.481 \text{ m,}$$

$$L_3 = 1.355 \text{ m.}$$

Il manufatto di dissipazione risulterà alto 0.6 m (internamente) e lungo circa 2.15 m.

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

8 SCARICO DELLE ACQUE DAL RILEVATO

Le acque provenienti dai rilevati stradali sono convogliate tramite canalette ad embrice nei fossi di guardia posizionati al piede. I fossi sono dimensionati in modo da avere una capacità tale da contenere la totalità delle acque che vengono raccolte.

In località Ganzirri (asse C), non avendo recapiti a disposizione, per raccogliere le acque provenienti dall'esteso rilevato sotto l'opera di collegamento si è optato per un fosso non impermeabilizzato dove si ipotizza che avvenga una dispersione delle acque nel sottosuolo.

Di seguito si riassume il dimensionamento del sistema di dispersione.

8.1 Metodologia

Lo smaltimento finale delle acque del rilevato avviene mediante infiltrazione naturale nel terreno a partire da invasi artificiali costituiti da fossi di guardia rivestiti in calcestruzzo, posti sulle banche, che convogliano l'intera portata al bacino drenante situato al piede.

Il processo idraulico di smaltimento finale può essere descritto mediante l'utilizzo di un modello in moto vario in grado, cioè, di descrivere il processo di laminazione dell'onda in arrivo dalla superficie scolante all'interno dell'invaso di raccolta.

Matematicamente, le equazioni che permettono di descrivere il fenomeno della laminazione e, quindi, il funzionamento idraulico di un invaso disperdente sono tre:

- l'equazione differenziale di continuità dell'invaso:

$$Q_e(t) - Q_u(t) = \frac{dW(t)}{dt}$$

in cui $Q_e(t)$ è la portata, nota o predeterminata, in ingresso all'invaso all'istante generico t (essa dipende sia dall'evento meteorico considerato che dalle caratteristiche del bacino e della rete di drenaggio a monte dell'invaso), $Q_u(t)$ è la portata in uscita dall'invaso (dipende dal tipo di scarico che regola l'uscita dall'invaso) e $W(t)$ è il volume invasato all'istante t ;

- la relazione funzionale tra il volume invasato ed il livello idrico h nell'invaso:

$$W(t) = W(h(t))$$

| | | | | |
|---|---|---|---------------------------|--|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 | |

che dipende esclusivamente dalla geometria dell'invaso;

- la legge d'efflusso che governa l'uscita dall'invaso:

$$Q_u(t) = Q_u(t, h(t))$$

che dipende dal dispositivo idraulico che si utilizza per regolare la portata in uscita.

Si hanno così tre equazioni nelle tre funzioni incognite $Q_u(t)$, $W(t)$ e $h(t)$.

Nel caso in esame, l'idrogramma in entrata all'invaso $Q_e(t)$ è stato determinato utilizzando l'integrale di convoluzione a partire dal modello dell'invaso. Si è assunto a riferimento un idrogramma Chicago determinato in corrispondenza ad una durata dell'evento meteorico pari a 1440 minuti (tempo di ritorno di 100 anni) con un picco ipotizzato nella parte centrale.

La legge di efflusso utilizzata è stata determinata utilizzando l'espressione di Vedernikov (soluzione numerica nota per i più comuni valori delle scarpate delle sponde):

$$\frac{q_f(t)}{k h(t)} = \frac{B}{h(t)} + C$$

dove i simboli assumono il seguente significato:

- $q_f(t)$ portata filtrante dall'invaso per unità di lunghezza dello stesso ($m^3/s/m$)
- k permeabilità (m/s)
- $h(t)$ altezza del pelo libero nell'invaso (m)
- B larghezza della superficie liquida (m)
- C è un coefficiente, funzione della scarpata delle sponde n e del rapporto B/h :

$$C = a \left(\frac{B}{h} \right)^m$$

dove a ed m vengono definiti in funzione della pendenza delle sponde costituenti l'invaso.

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

8.2 Fosso drenante

Il fosso di guardia è stato predisposto in modo da provvedere esclusivamente alla raccolta delle acque di precipitazione proveniente dal rilevato stradale. La sezione utile al deflusso è trapezia avente base minore di 0.50 m, altezza 0.66 m e scarpa 3:2. La sua lunghezza è pari a 117.73 m per un volume utile totale pari a 174.78 m³. Il fosso non è rivestito, eccetto che in corrispondenza degli embrici: dove avviene lo scarico delle acque è infatti previsto un rivestimento con rete antierosione largo quanto tutta la sezione del fosso e per una lunghezza di 2 m.

Assunti:

$$k = 10^{-4} \text{ m/s}$$

$$a=1.332 \text{ ed } m=0.380 \text{ (pendenza delle sponde 3:2)}$$

si ottengono gli idrogrammi in ingresso ed in uscita rappresentati in Figura 8.1.

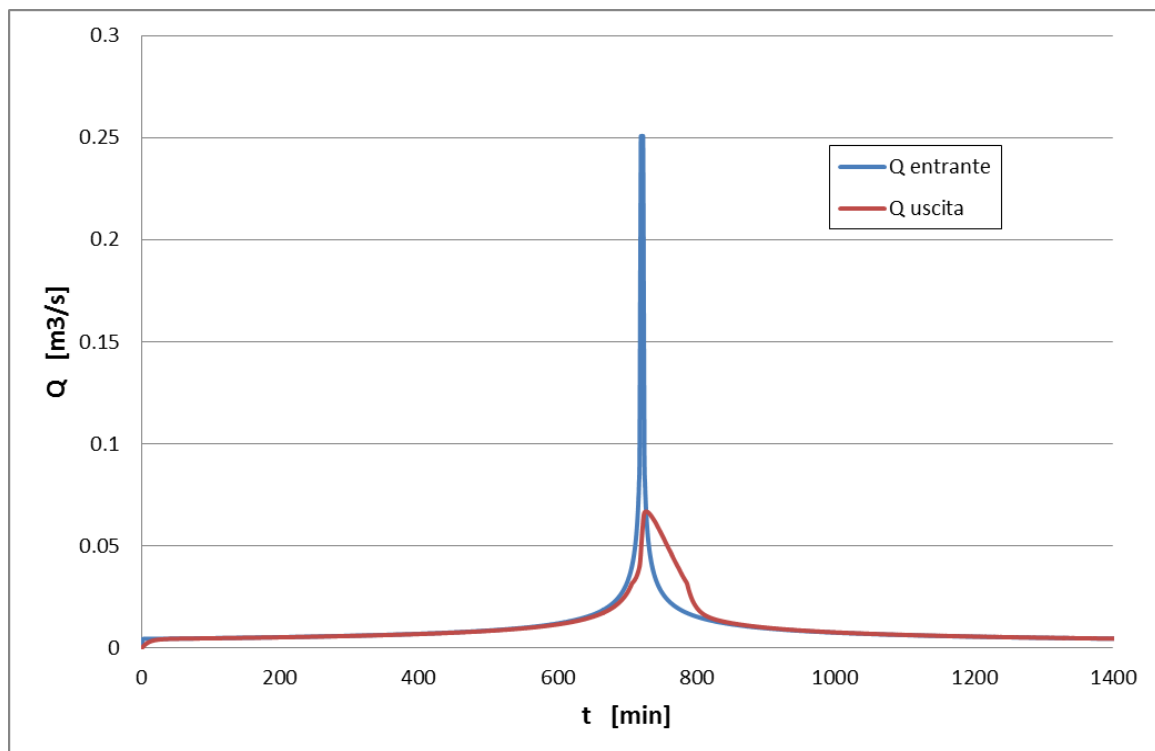


Figura 8.1 – Idrogramma di piena

Il massimo riempimento dell'invaso ammonta a 112.49 m³, inferiore alla massima capacità utile.

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

9 BIBLIOGRAFIA

- [1] A. Armanini, ***Principi di idraulica fluviale***, Ed. Bios, Cosenza, 1999
- [2] H. Chanson, ***The Hydraulics of open channel flows: an Introduction***, Butterworth-Heinemann, Oxford, UK, 2nd Edition, 2004
- [3] L. Da Deppo, C. Datei: "***Fognature***", Ed. Cortina, 1997
- [4] L. Da Deppo, C. Datei: "***Le opere idrauliche nelle costruzioni stradali***", Ed. Bios, 1994
- [5] U. Maione, A. Brath: "***La difesa idraulica del territorio***", Ed. Bios, 1996
- [6] D. Citrini, G. Nosedà, ***Idraulica***, Casa Editrice Ambrosiana, Milano, 1976

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

10 ALLEGATI

10.1 Allegato 1 – Tabelle dimensionamenti e verifiche sistema di drenaggio

Simbologia

| Nome o sigla | Unità di misura | Significato |
|-----------------------------|---------------------|---|
| S_{tot} | [m ²] | Superficie totale afferente al tratto di strada tra la sezione iniziale (monte) e la sezione finale (valle) |
| i | [-] | Pendenza di verifica del collettore |
| φ_{medio} | [-] | Coefficiente d'efflusso medio |
| k | [s] | Costante d'invaso |
| Q_{tot} | [m ³ /s] | Portata complessiva all'interno del collettore o della canaletta |
| D | [m] | Diametro interno del collettore |
| Gr | [%] | Grado di riempimento del collettore ¹ |
| S_{scarpata} | [m ²] | Superficie inerbata scarpata afferente alla canaletta |
| S_{subor} | [m ²] | Superficie suborizzontale afferente alla canaletta |
| L | [m] | Lunghezza canaletta o fosso rivestito |

¹ Il grado di riempimento accettato per i collettori è del 70%. In alcuni casi, come si evince dalle tabelle allegate, si è ritenuto accettabile anche un riempimento maggiore, con massimo del 75%, causa l'impossibilità, in caso contrario, di risolvere le interferenze con i tombini di attraversamento dell'autostrada.

| | | | | |
|---|---|---|---------------------------|--|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 | |

| | | | | |
|---|---|---|--------------------------|-----------------------------------|
|  |  | <p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p> | | |
| <p>Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche</p> | | <p><i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc</p> | <p><i>Rev</i> F0</p> | <p><i>Data</i> 20/06/2011</p> |

| | | | | |
|--|---|---|------------------------------------|--|
|  |  | <p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p> | | |
| <p align="center">Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche</p> | <p><i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc</p> | <p><i>Rev</i> F0</p> | <p><i>Data</i> 20/06/2011</p> | |

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

| | | | | |
|---|---|---|---------------------------|--|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche | <i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 | |

| | | | | |
|---|---|---|-----------------------------------|--|
|  |  | <p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p> | | |
| <p align="center">Relazione di dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche</p> | <p><i>Codice documento</i> SS0162_F0.doc</p> | <p><i>Rev</i> F0</p> | <p><i>Data</i> 20/06/2011</p> | |