

allegato n.

17.2

titolo abbreviato:

SP EX SS N 415 - LOTTO 3



PROVINCIA DI CREMONA
SETTORE INFRASTRUTTURE STRADALI

S.P. ex S.S. n. 415 "PAULLESE"
AMMODERNAMENTO TRATTO "CREMA-SPINO D'ADDA"

LOTTO N. 3 - "NUOVO PONTE SUL FIUME ADDA"
LAVORI DI RADDOPPIO DEL PONTE SUL FIUME ADDA
E DEI RELATIVI RACCORDI IN PROVINCIA DI CREMONA E LODI

0	prima emissione		DICEMBRE 2015
emissione	descrizione	disegnato	data emissione
livello:	PROGETTO DEFINITIVO		codice CUP: G41B03000270002
elaborato:	RELAZIONE TECNICA DELL'IMPIANTO DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE DI PRIMA PIOGGIA		codice: SS415-D-U-205
		allegato n.:	scala:
		17.2	
IL PROGETTISTA SPECIALISTICO	IL PROGETTISTA GENERALE	IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO	data
(Ing. Stefano Passoni)	(Ing. Davide Pisana)	(Ing. Roberto Vanzini)	27 MAG. 2016
Percorso file: U:\lavori\09\Projects\SS415\PONTE SPINO\Definitivo_CR\00_COPERTINE.dwg			

INDICE

1	PREMESSA	2
1.1	Inquadramento generale ed interferenze idrauliche	2
1.2	Criteri di intervento	2
2	ATTRAVERSAMENTI IDRAULICI MINORI DEL TRACCIATO DEL RACCORDO STRADALE ..	3
2.1	Premessa	3
2.2	Criteri generali per le verifiche idrauliche delle opere connesse agli attraversamenti minori	3
3	SMALTIMENTO DELLE ACQUE METEORICHE	4
3.1	Premessa	4
3.1.1	Caratteristiche generali della rete di drenaggio	4
3.2	REGIME PLUVIOMETRICO	6
3.2.1	Nozioni di idrologia tecnica	6
3.2.2	Risultati dell’elaborazione	7
3.3	CALCOLO DELLE PORTATE METEORICHE E DIMENSIONAMENTO DELLA RETE DI SCOLO	8
3.3.1	Il metodo dell’invaso	8
3.3.2	Portate massime da allontanare dalla piattaforma stradale	12
3.3.3	Vasche per la raccolta degli sversamenti accidentali e per il trattamento delle acque di prima pioggia	14
3.3.3.1	Calcolo dell’efficienza della vasca	16
4	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	18
5	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	19

1 PREMESSA

La presente relazione illustra i criteri e le scelte adottate nella progettazione delle opere idrauliche connesse con la progettazione definitiva del lotto n. 3 dei lavori di ammodernamento della S.P. ex S.S. n. 415 "Paullese" nel tratto compreso tra il Comune di Spino d'Adda (CR), già oggetto di riqualifica nell'ambito dei lavori del lotto n. 2 lato cremonese, e l'intersezione con la Strada Comunale per Bisnate in Comune di Zelo Buon Persico (LO).

1.1 Inquadramento generale ed interferenze idrauliche

Il lotto n.3 degli interventi legato all'attraversamento del fiume Adda considerato in questa relazione non richiede interventi idraulici rilevanti, dacché le intersezioni presenti si riferiscono a piccoli canali di scolo, di bonifica o di irrigazione, già interferenti con la strada e già dotati delle necessarie opere di attraversamento.

Lo studio idraulico di dettaglio dell'attraversamento del fiume Adda viene riportato in specifici elaborati, a cui si rimanda per completezza.

1.2 Criteri di intervento

Gli obiettivi principali perseguiti nella sistemazione idraulica dell'area interessata dal tracciato stradale sono:

- dare continuità a tutta la rete idrografica naturale e di scolo superficiale evitando di concentrare i deflussi e conservando, per quanto possibile, l'originaria disposizione dei corsi d'acqua;
- impedire che le eventuali modifiche al regime dei corsi d'acqua, create a valle delle opere progettate, inneschino fenomeni di erosione e di dissesto degli alvei esistenti;
- difendere le opere stradali e le relative opere dall'azione erosiva delle acque provenienti da monte;
- assicurare il deflusso delle acque meteoriche ricadenti sulle superfici utilizzate per la sede e le pertinenze stradali;
- garantire il deflusso delle portate provenienti dalla piattaforma stradale, anche in caso di ostruzione o intasamento delle tubazioni e delle canalizzazioni di convogliamento, attraverso organi di sfioro e/o troppo pieno.

Le soluzioni adottate per dare continuità ai corsi d'acqua e risolvere la loro interferenza con il tracciato stradale sono costituite dal convogliamento delle acque del corso d'acqua in manufatti di opportune dimensioni che sottopassano il corpo stradale.

Nella presente relazione vengono illustrate le elaborazioni effettuate per il dimensionamento e la verifica dei manufatti di attraversamento e delle sistemazioni idrauliche.

2 ATTRAVERSAMENTI IDRAULICI MINORI DEL TRACCIATO DEL RACCORDO STRADALE

2.1 Premessa

Gli interventi idraulici previsti sono tesi ad ottenere la garanzia della continuità della rete idrografica mediante la realizzazione della rete di scolo delle acque meteoriche ricadenti sulla superficie occupata dalla strada e dalle sue pertinenze e delle vasche per il trattamento sia degli sversamenti accidentali di oli e/o carburanti che delle acque superficiali di prima pioggia. Gli elaborati e i particolari grafici specifici di ciascun attraversamento verranno redatti nelle successive fasi progettuali, non rivestendo alcuna valenza in fase di progettazione definitiva ma essendo descrivibili e computabili con scatolari e tombini tipologici.

2.2 Criteri generali per le verifiche idrauliche delle opere connesse agli attraversamenti minori

Poiché la rete idrografica interessata dalle opere stradali di potenziamento della "Paullese" è costituita da canali di scolo di bonifica o da canali irrigui regolati, non si pone in linea generale il problema del regime di piena. Il criterio adottato per il dimensionamento delle opere di attraversamento è stato quello di adeguare le opere già esistenti con tubi o scatolari di geometria equivalente a quella già esistente, considerata idonea alle necessità di sicurezza idraulica della strada.

3 SMALTIMENTO DELLE ACQUE METEORICHE

3.1 Premessa

Con la realizzazione della rete di scolo delle acque superficiali ci si pone l'obiettivo generale di ripristinare la continuità dei deflussi (quelli superficiali, quelli sotterranei e quelli convogliati attraverso il reticolo idrografico) naturalmente preesistente alla nuova strada di accesso al ponte.

Più in dettaglio, con la realizzazione della rete di scolo, si intende perseguire i seguenti obiettivi specifici:

- ripristinare la continuità del deflusso superficiale naturale preesistente;
- drenare e portare oltre "l'ostacolo stradale" i volumi d'acqua che cadono direttamente sulla superficie stradale e/o sugli spazi annessi (aree di sosta).

I criteri generali seguiti nella definizione della rete di scolo sono stati:

- separazione netta tra i sistemi di raccolta delle acque "stradali" e quelle provenienti dal deflusso superficiale naturale;
- evitare, quando possibile, la concentrazione degli scarichi per aumentare la sicurezza e l'elasticità del sistema di smaltimento;
- attraversamento del corpo stradale solo con manufatti ispezionabili;
- inserimento di sfiori e/o troppo pieno per garantire il deflusso anche in caso di intasamento delle tubazioni.

Per i tempi di ritorno delle portate utilizzate per il dimensionamento della rete si sono considerati i seguenti valori:

- rete di scolo delle acque meteoriche: si fa riferimento ad un evento di pioggia che mediamente si verifica una volta ogni 20 anni;
- vasche per la raccolta degli sversamenti accidentali e per il trattamento delle acque di prima pioggia: il dimensionamento considera lo sversamento accidentale di 39.000 litri di oli e/o idrocarburi contemporaneo ad un evento di pioggia avente tempo di ritorno pari a 20 anni.

3.1.1 Caratteristiche generali della rete di drenaggio

Le tipologie generalmente adottate nella realizzazione della rete di drenaggio asservita alle opere stradali si possono elencare in:

- condotte a sezione circolare canaletta $\Phi = 50$ e 100 cm in c.a.: la condotta da 50 cm verrà adottata a margine o nella zona centrale della carreggiata stradale e al margine dello spartitraffico, mentre la condotta da 100 cm verrà utilizzata per l'attraversamento della carreggiata;
- cunetta alla francese: viene adottata nei tratti dove non è possibile l'inserimento della tubazione, e a margine della carreggiata nella viabilità minore solitamente in situazioni nelle quali si prevede un limitato apporto d'acqua.

Le metodologie utilizzate e lo schema costruttivo delle opere di drenaggio, sia longitudinali che trasversali, necessarie all'allontanamento delle precipitazioni dalle superfici delle opere in progetto sono vincolate alle condizioni di sicurezza per l'esercizio delle infrastrutture e per il territorio circostante.

In particolare, si è considerata l'esigenza di impedire lo sversamento diretto nei corsi d'acqua naturali delle sostanze inquinanti immesse per dilavamento o accidentalmente nella rete di drenaggio; si è pertanto concepito un **sistema di canalizzazioni di tipo chiuso** che intercetti tutta l'acqua di pioggia ricadente sulla sede viaria e la convogli in punti controllati, a valle dei quali avviene lo scarico nella rete idrografica naturale.

Per tale motivo si è operata una separazione fisica tra le acque meteoriche di versante e le acque meteoriche di piattaforma, prevedendo un doppio sistema di drenaggio. Il primo, costituito essenzialmente da fossi di guardia, è finalizzato alla raccolta ed allo smaltimento delle acque meteoriche interessanti i versanti limitrofi la carreggiata, che vengono incanalate verso i recapiti naturali esistenti. Il secondo, costituito da elementi marginali e canalizzazioni di tipo convenzionale, è destinato ad incanalare le acque meteoriche di carreggiata verso precisi punti opportunamente controllati. Ai fini del controllo degli scarichi da piattaforma il secondo sistema assume maggiore importanza del primo.

Date le premesse, è possibile osservare che il cattivo funzionamento di un sistema così fatto, ad esempio per inadeguatezza delle canalizzazioni, determinerebbe, con effetto diretto, allagamenti della sede viabile, pregiudicando la sicurezza del traffico veicolare. Per tale motivo si è ritenuto necessario dimensionare le opere in questione per eventi meteorici con **tempo di ritorno ventennale**.

Poiché le acque di drenaggio scorrono lungo le banchine stradali, quanto più grande è l'interasse tra queste, tanto maggiore sarà la portata che scorre lungo la banchina, prima di essere allontanata, con conseguente parziale e temporaneo allagamento della carreggiata.

Tale allagamento, inteso come larghezza della vena d'acqua principale, può assumere valori massimi, tra loro diversi, in relazione alla destinazione d'uso della corsia ove avviene: ad esempio, se avviene al margine della corsia di sorpasso ove i veicoli hanno le maggiori velocità, la larghezza di corsia allagata deve essere ridotta al valore minimo possibile per limitare il fenomeno dell'acqua planing, mentre, nel caso di una pista di accelerazione, si potrà accettare un valore superiore in quanto si avranno minori velocità dei veicoli e quindi minor rischio di acqua planing.

3.2 REGIME PLUVIOMETRICO

Mediante il metodo di Gumbel, che di seguito si illustra, sono state elaborate le piogge di breve durata della stazione di Cremona. Lo scopo dell'analisi condotta è quello di definire la curva di possibilità pluviometrica da utilizzare nel dimensionamento della rete di scolo delle acque meteoriche.

3.2.1 Nozioni di idrologia tecnica

Si definisce "equazione di possibilità pluviometrica" l'espressione algebrica derivante dall'elaborazione dei dati osservati per le durate di pioggia dell'ordine dei minuti e delle ore.

Fissata l'unità di tempo da considerare per le precipitazioni (durata espressa in minuti, ore e giorni), ed estratta dagli Annali Idrologici, per un periodo sufficientemente significativo, l'intera serie degli eventi estremi (massimi annuali) osservati nella stazione pluviometrica in esame si procede all'elaborazione statistica dei valori.

L'elaborazione si svolge direttamente sui valori osservati per le durate dell'ordine dei minuti e delle ore.

Gli elementi raccolti vengono ordinati, per le varie durate, in senso decrescente, ottenendo una matrice con un numero di colonne pari a quello delle durate considerate ed un numero di righe uguale a quello degli anni di osservazione. Se si rappresentano nel piano (h, t) gli elementi della prima riga della matrice, unendo i punti così definiti, si ha una spezzata, che può essere interpolata con una curva definibile a mezzo di un'equazione del tipo $h = at^n$. Questa rappresenta l'equazione che interpreta al meglio i massimi valori osservati.

L'equazione $h = at^n$ scritta in forma logaritmica

$$\log(h) = \log(a) + n \log(t)$$

mostra la possibilità di dare luogo, nel piano logaritmico, alla rappresentazione del legame funzionale secondo una retta avente coefficiente angolare "n" ed intercetta all'origine (dove è $t = 1$) pari ad "a".

Disponendo di una serie di osservazioni sufficientemente lunga, è possibile determinare quale sia il periodo di anni, detto anche *Tempo di ritorno* T_r (o, in modo più appropriato, *periodo di ritorno*), nel quale un determinato evento è, mediamente, eguagliato o superato. Il tempo di ritorno non rappresenta una scadenza fissa per il prodursi di un evento, ma solo il valore medio del suo verificarsi. I procedimenti usati, con appropriate elaborazioni dei dati disponibili, consentono di allargare il campo delle previsioni oltre il periodo d'osservazione, con un'attendibilità che però va riducendosi all'aumentare del tempo di ritorno, in rapporto specialmente all'estensione del periodo d'osservazione.

Il problema posto si risolve avvalendosi di metodi statistico-probabilistici. Fra quelli disponibili gode di largo credito il *metodo di Gumbel*.

Alle precipitazioni massime di data durata, intese come eventi estremi che costituiscono una serie di elementi fra loro indipendenti, può applicarsi la seguente descrizione statistica:

$$X(T_r) = \bar{x} + F * S_x$$

essendo:

$X(T_r)$ = il valore dell'evento caratterizzato da un tempo di ritorno T_r , ossia l'evento che viene eguagliato o superato, mediamente ogni T_r anni;

\bar{X} = il valore medio degli eventi considerati;

F = fattore di frequenza;

S_N = scarto quadratico medio della variabile in esame.

Una tra le più usate distribuzioni di probabilità dei valori estremi (serie annuale) è la *distribuzione doppio-esponenziale*, detta appunto di Gumbel, la quale assegna ad F l'espressione:

$$F = \frac{Y(T_r) - \bar{Y}_N}{S_N}$$

essendo la grandezza $Y(T_r)$, funzione del tempo di ritorno, la cosiddetta *variabile ridotta*, mentre \bar{Y}_N ed S_N rappresentano la media e lo scarto quadratico medio della variabile ridotta: esse sono funzioni del numero N di osservazioni.

La funzione $Y(T_r)$ è legata al tempo di ritorno T_r dalla relazione:

$$Y(T_r) = - \ln \left(- \ln \frac{T_r - 1}{T_r} \right)$$

Ordinati gli N eventi disponibili (anni di osservazione) in ordine decrescente e numerati da 1 a N, l'evento caratterizzato dall'i-esima posizione ha ascissa T_r pari a $T_r = (N+1)/i$.

Fissato T_r , e ricavate le altezze "h" per le durate considerate, si può costruire l'equazione $h = at^n$, che risulta caratterizzata da un tempo di ritorno T_r .

La letteratura tecnica indica per i tempi di ritorno da adottare in problemi applicativi inerenti le fognature valori compresi tra 10 e 20 anni.

3.2.2 Risultati dell'elaborazione

Il risultato della elaborazione, è costituito dalla seguente espressione della curva di possibilità per un tempo di ritorno di 20 anni:

$$h = 52,31 \cdot t^{0,235}$$

Si riportano nella fig. 3.1, i grafici delle curve per vari tempi di ritorno.

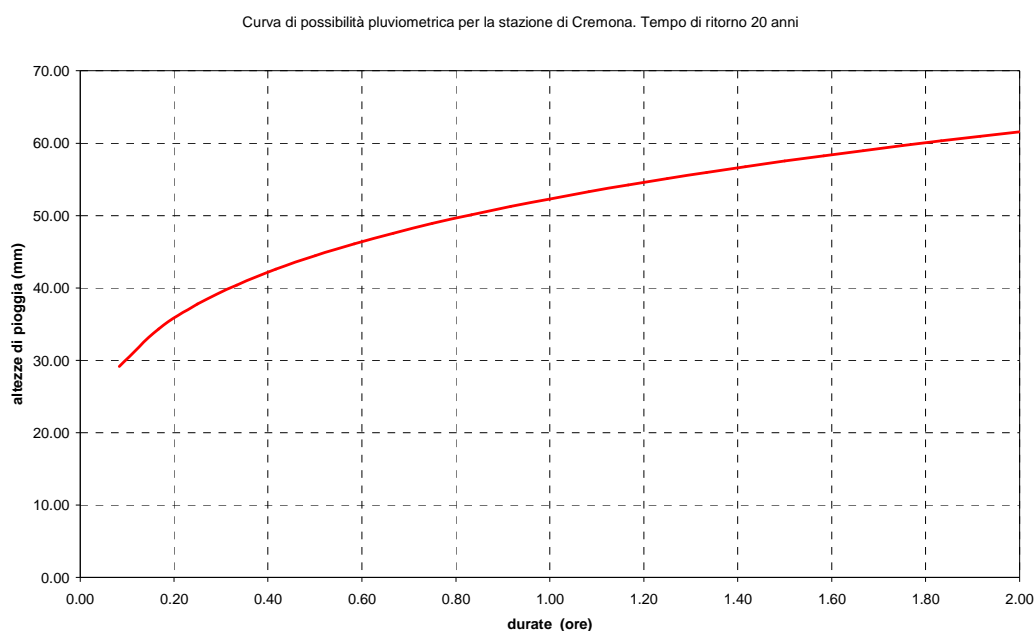


FIG. 3.1 - CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

3.3 CALCOLO DELLE PORTATE METEORICHE E DIMENSIONAMENTO DELLA RETE DI SCOLO

Si illustra di seguito la procedura di calcolo utilizzata per il calcolo delle portate meteoriche e per il conseguente dimensionamento della rete di smaltimento di tali portate.

Il metodo utilizzato è quello dell'invaso.

3.3.1 Il metodo dell'invaso

Il metodo dell'invaso tratta il problema del moto vario in modo assai semplificato, assegnando all'equazione del moto la semplice forma del moto uniforme, e assumendo, in luogo della consueta equazione di continuità delle correnti unidimensionale, l'equazione dei serbatoi per simulare, concettualmente, l'effetto dell'invaso.

Data una superficie scolante S solcata da un canale collettore avente sezione d'area A e pendenza i e una pioggia di durata τ assegnata, assunta la costanza dell'intensità nella durata stessa, si può calcolare l'intensità $j = h/\tau = a\tau^{n-1}$; noto il coefficiente di deflusso ϕ , il volume che affluisce al canale durante il tempuscolo dt è uguale a: $\phi j S dt = p dt$, avendo posto $p = \phi j S$. Indicata con q la portata che defluisce attraverso la sezione del canale che sottende la superficie S e con dV la variazione del volume invaso (o svasato) a monte della sezione stessa, la condizione di continuità si esprime scrivendo:

$$\begin{aligned}
 p - Q &= dV/dt && \text{per } t \leq \tau; \text{durata della pioggia} && (3.1) \\
 -Q &= dV/dt && \text{per } t > \tau; \text{fase di esaurimento} &&
 \end{aligned}$$

La prima, con l'aggiunta di una equazione del moto, fornisce, integrata, un relazione tra Q e t: in particolare dà modo di calcolare il tempo necessario affinché la portata Q_1 assuma il valore Q_2 ; e anche il tempo t_r di riempimento del canale.

Dal confronto tra τ e t_r si possono trarre giudizi sulle dimensioni del canale. Quando è $t_r \leq \tau$, cioè il canale si riempie prima della fine della pioggia, esso è insufficiente; esuberante se è $t_r > \tau$ e corretto se $t_r = \tau$. Occorre accertare, naturalmente, se la condizione $t_r \leq \tau$ sia verificata per qualunque intensità di pioggia.

Indicati con:

y il tirante d'acqua;

s l'ascissa;

v la velocità media;

K_s il coefficiente di Gauckler-Strickler;

R_H il raggio idraulico;

l'equazione del moto è notoriamente:

$$\frac{\partial y}{\partial s} + \frac{v \partial v}{g \partial s} + \frac{1 \partial v}{g \partial t} - 1 + \frac{v^2}{K_s^2 R_h^{4/3}} = 0 \quad (3.2)$$

Se si accetta la drastica semplificazione che i primi tre termini siano trascurabili rispetto ai due ultimi, assumendo cioè che il fenomeno sia a lenta evoluzione nel rapporto con il tempo e con lo spazio, il moto vario risulta descritto da una successione di stati di moto uniforme. Si ha allora

$$v = K_s R_H^{2/3} \sqrt{i}; \quad (3.3)$$

oppure

$$Q = Av = A K_s (A/P)^{2/3} \sqrt{i} = c A^\alpha, \quad (3.4)$$

avendo indicato con P il perimetro bagnato e con α un esponente che è, per le sezioni aperte, dell'ordine di 1,5. L'ultima delle espressioni su indicate (3.4) rappresenta la scala delle portate.

Le due equazioni (3.1) e (3.4) trattano in sostanza il processo di riempimento e di vuotamento di un ideale serbatoio controllato da una speciale luce di scarico che trae dal moto uniforme la sua legge di deflusso.

L'esame dell'equazione (3.1) mostra che, per procedere alla integrazione, il volume V deve essere espresso in funzione della variabile Q. Il problema è trattato assumendo, come l'ipotesi del moto uniforme impone, che il volume V sia linearmente legato all'area A della sezione liquida: proposizione, questa, affatto corretta nel rapporto con l'ipotesi, ma non si sa quanto attendibile nel rapporto con la realtà, giacché il volume d'invaso non si concentra nel solo canale collettore, ma è anche, e specialmente, diffuso sulla superficie scolante: così da rendere meno solida la costruzione concettuale sulla quale il metodo si fonda. In queste condizioni, pur con queste riserve, ritenuto che il volume V sia direttamente proporzionale all'area A, indicati con V_o e A_o rispettivamente il massimo volume e la massima area, dalla relazione

$$\frac{V}{V_o} = \frac{A}{A_o} \quad (3.5)$$

si può giungere dopo alcuni passaggi matematici a:

$$V = V_o \left(\frac{Q}{Q_o} \right)^{1/\alpha} \quad (3.6)$$

Per le condotte chiuse è ammissibile ipotizzare una relazione lineare fra volume e portata, assumendo $\alpha = 1$. L'ipotesi semplifica notevolmente il calcolo senza introdurre errori apprezzabili per gradi di riempimento relativamente elevati. Assunto quindi:

$$V = \left(\frac{V_o}{Q_o} \right) Q \quad (3.7)$$

e posto "p" costante (costante cioè è l'afflusso alla rete), si ottiene, per il tempo di riempimento,

$$t_r = \frac{V_o}{Q_o} \ln \frac{p}{p - Q_o} = \frac{V_o}{Q_o} \ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \quad (3.8)$$

avendo posto (secondo una consolidata consuetudine)

$$\varepsilon = \frac{p}{Q_o} \quad (3.9)$$

È quasi superfluo ricordare che, in realtà, il processo di riempimento di un collettore, specie a partire dallo stato di collettore vuoto, è notevolmente più complesso di quello descritto con la semplice trattazione precedente, la quale fornisce solo utili indicazioni, generalmente sufficienti in molti casi pratici.

Nota la relazione $h = a\tau^n$, per una prefissata intensità $j = a\tau^{n-1}$, ricordando ancora che per la condotta piena si ha $Q = Q_o$, si ottiene:

$$\varepsilon = \frac{p}{Q_o} = \frac{\varphi j S}{Q_o} = \varphi \frac{S a \tau^{n-1}}{Q_o}$$

cioè

$$\tau = \left(\frac{\varepsilon Q_o}{\varphi S a} \right)^{1/(n-1)} \quad (3.10)$$

La condizione $t_r = \tau$ dà modo di ottenere:

$$V_o = Q_o \left(\frac{\varepsilon Q_o}{\varphi S a} \right)^{1/(n-1)} \left(\ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \right)^{-1} \quad (3.11)$$

e anche, ricordando che è $u = Q/S$

$$V_o = \frac{S}{\ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1}} \frac{Q_o}{S} \left(\frac{\varepsilon \cdot Q_o}{\varphi \cdot S \cdot a} \right)^{1/(n-1)} = \frac{S}{\ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1}} u \left(\frac{\varepsilon \cdot u}{\varphi \cdot a} \right)^{1/(n-1)} \quad (3.12)$$

dalla quale, per essere $v_o = V_o/S$, si ha:

$$u = \varepsilon^{-1/n} \left(\ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \right)^{(n-1)/n} \frac{(\varphi \cdot a)^{1/n}}{v_o^{(1-n)/n}} \quad (3.13)$$

La condizione $du/d\varepsilon = 0$ dà modo di calcolare il valore di $\varepsilon = p/Q_o$ relativo all'evento che sollecita, noto l'esponente n , in maggior misura la rete. Svolti i calcoli si ottiene:

$$n = 1 + (\varepsilon - 1) \ln \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon} \quad (3.14)$$

da cui può dedursi, con una approssimazione sufficiente nell'intervallo 0,25 ÷ 0,50 dei valori di n , il desiderato valore di ε :

$$\varepsilon = 3,94 - 8,21 n + 5,23 n^2 \quad (3.15)$$

Dalla (3.15), se si esprime v_o in m^3/hm^2 , S in hm^2 , a in mm/ora^n e u in $l/s hm^2$ si ha:

$$u = \left(\frac{K_c}{v_o} \right)^{(1-n)/n} \quad (3.16)$$

avendo posto

$$K_c = \left(\frac{10 \varphi a}{\varepsilon * 3,6^n} \right)^{1/(1-n)} \frac{1}{\ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1}} \quad (3.17)$$

La (3.16), per l'evidenza accordata al volume specifico v_o , si presta principalmente allo svolgimento pratico del calcolo.

Per le reti di fognatura il volume d'invaso v_o da conteggiarsi per il calcolo della portata massima relativa a un'adeguata sezione di fognatura è dato dalla somma dei seguenti termini:

- volume v_c d'invaso contenuto nell'insieme delle condotte, poste a monte della sezione considerata;
- volume dei cosiddetti piccoli invasi v_s il velo idrico della superficie scolante; caditoie stradali; appendici di reti private; ristagni in avvallamenti del terreno, ecc.

Il volume d'invaso della rete di condotte è noto fino alla sezione di monte del tratto che si vuole dimensionare ed è utilizzato, in prima approssimazione, per il tronco in esame: il passo successivo di verifica dà modo di porre in conto anche il nuovo volume e di correggere eventualmente la dimensione calcolata.

Circa il volume dei piccoli invasi, per il velo idrico si deve assumere, in questo caso, un valore nullo, dacché .

Complessivamente, quindi, per i piccoli invasi si può adottare un volume di $40 \div 50 \text{ m}^3/\text{h m}^2$ rispettivamente per aree con forte e debole pendenza.

3.3.2 Portate massime da allontanare dalla piattaforma stradale

L'applicazione del metodo dell'invaso appena illustrato consente di stimare le portate meteoriche massime che devono essere smaltite.

Si riporta a titolo d'esempio il calcolo applicato al tratto in trincea che rappresenta il più grande bacino da drenare: la rete di drenaggio a tale porzione di strada è certamente la più cimentata dacché le pendenze delle rampe producono una portata maggiore per la maggior rapidità con cui si forma la piena nei collettori (minori tempi di corrivazione).

Il calcolo è stato condotto ipotizzando una rete dotata di tubi a diametro circolare.

Nel calcolo si è assunto un coefficiente di deflusso pari ad 1 poiché si ritiene che le superfici pavimentate recapitino tutto il volume di pioggia alla rete di drenaggio.

La pendenza lungo le rampe è stata assunta pari a 1 % che è una pendenza sensibilmente superiore a quella di tutto il resto della rete di drenaggio. Dunque questo è certamente il caso più gravoso.

I risultati del calcolo sono riportati nella tabella e nella figura che seguono.

Come si vede, si è cercato di distribuire i diametri di modo che il grado di riempimento no superi mai l'80%. La tensione tangenziale esercitata dalle acque sul fondo del tubo è in grado di garantire sempre autopulizia delle condotte.

D (mm)	y/D	y (m)	ϕ (°)	area bagnata A (m ²)	R _H (m)	v (m/s)	Fr	τ (N/m ²)	Q (m ³ /s)
500	54%	0.27	190	0.109	0.131	1.81	1.11	12.89	0.197
500	64%	0.32	213	0.133	0.143	1.92	1.08	14.05	0.255
500	71%	0.36	230	0.150	0.149	1.97	1.05	14.61	0.294
500	77%	0.39	246	0.163	0.152	1.99	1.02	14.88	0.325
600	59%	0.35	200	0.172	0.164	2.10	1.13	16.13	0.362
600	61%	0.37	206	0.181	0.168	2.13	1.12	16.50	0.387
600	64%	0.38	211	0.189	0.171	2.16	1.12	16.79	0.409
600	66%	0.39	217	0.197	0.174	2.18	1.11	17.04	0.429
600	68%	0.41	222	0.204	0.176	2.20	1.10	17.24	0.448
600	70%	0.42	226	0.210	0.177	2.21	1.09	17.41	0.465
600	72%	0.43	231	0.216	0.179	2.22	1.08	17.55	0.481
600	73%	0.44	235	0.222	0.180	2.23	1.08	17.66	0.496
600	75%	0.45	240	0.227	0.181	2.24	1.07	17.76	0.509
600	77%	0.46	244	0.233	0.182	2.25	1.06	17.83	0.522
600	78%	0.47	249	0.237	0.182	2.25	1.05	17.87	0.535

TAB. 3.1. PARAMETRI DI CALCOLO DI UN RAMO DI COLLETTORE DI ADDUZIONE ALLA STAZIONE DI SOLLEVAMENTO

3.3.3 Vasche per la raccolta degli sversamenti accidentali e per il trattamento delle acque di prima pioggia

Come già anticipato al paragrafo precedente, si ritiene opportuno prevedere la realizzazione di vasche di trattamento degli sversamenti accidentali (oli e/o carburanti) e delle acque di prima pioggia.

Recentemente si è cominciato a prestare cura maggiore dei problemi di carattere qualitativo, legati ai carichi inquinanti che contaminano l'acqua attraversante l'atmosfera e dilavante superfici di varia natura. La troposfera, infatti, contiene aerosol, polveri e gas nocivi quali CO, SO₂, NO_x, nonché idrocarburi volatili provenienti da emissioni industriali, veicolari, e da processi di combustione incompleti. A contatto con l'acqua, le particelle più fini e i gas sono catturati e in parte disciolti, precipitando così al suolo sotto forma di pioggia. Una volta raggiunto il terreno, le gocce acquisiscono ulteriori contaminazioni a contatto con strade, dovute ad abrasioni di pneumatici e freni, a perdite d'oli e carburanti, a sali anticongelanti, rifiuti, vegetazione e superfici pavimentate.

Dal punto di vista qualitativo, le acque di prima pioggia sono quindi certamente le più insidiose, poiché dilavano superfici asciutte e non beneficiano della diluizione. Per questo il loro smaltimento richiede un trattamento diverso rispetto alle acque meteoriche, per le quali la normativa prevede lo scarico nel suolo.

Per quanto riguarda la portata di progetto per le acque di prima pioggia, si è preso come riferimento quanto previsto dall'articolo 20 della legge regionale della Lombardia n° 62/85, che recita:

"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. Ai fini del calcolo delle portate, si stabilisce che tale valore si verifichi in quindici minuti; i coefficienti di afflusso alla rete si assumono pari ad 1 per le superfici coperte, lastricate od impermeabilizzate e a 0,3 per quelle permeabili di qualsiasi tipo, escludendo dal computo le superfici coltivate."

Per poter assicurare una pulizia e depurazione dalle acque di prima pioggia, si è presentato un tipo di vasca che potesse anche rispondere ad esigenze costruttive, legate alla morfologia del terreno, alla livelletta e posizionamento dell'opera stradale.

Tali manufatti saranno ubicati in maniera tale da poter consentire lo scolo delle acque per gravità, ma anche con l'impiego di sistemi di pompaggio. La definizione della loro ubicazione precisa sarà effettuata nelle successive fasi progettuali.

Le vasche di trattamento saranno posizionate in luoghi accessibili per permettere le usuali operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria (in caso di sversamenti accidentali di oli e/o carburanti).

Il dimensionamento idraulico è stato effettuato prendendo come portata di progetto la somma delle portate provenienti dalle acque di prima pioggia e dallo sversamento accidentale di oli e carburanti, supponendo quindi di avere una contemporaneità tra i due fenomeni.

È abbastanza probabile, infatti, che lo sversamento accidentale di olii e/o carburanti avvenga a causa di incidenti a mezzi di trasporto causati di sovente dalle difficoltà di guida che si riscontrano durante le piogge particolarmente intense che riducono da un lato la visibilità ed aumentano dall'altro la scivolosità del manto stradale rendendo difficile il controllo ottimale del mezzo.

In merito allo sversamento, avendo gli attuali mezzi di trasporto di carburante una capacità massima pari a 39.000 litri, per poter fissare una portata di progetto, si è assunto che lo sversamento accidentale possa avvenire in 15 minuti, dando luogo quindi ad una portata pari a circa 45 l/s.

Sommando il contributo imputabile allo sversamento accidentale e quello derivante invece dalle acque di prima pioggia si ha, per le vasche, una portata totale da trattare che assume valori compresi tra 125 e 130 l/s; tale valore è variabile in funzione della lunghezza del tratto stradale asservito ad ogni singola vasca.

Data l'impostazione assunta, i volumi d'acqua di prima pioggia da stoccare sono sempre inferiori al volume totale di carburante proveniente da uno sversamento accidentale (39.000 litri) e si è quindi considerato come parametro di progetto quest'ultimo valore.

Supponendo, come visto in precedenza, di avere contemporaneità tra lo sversamento accidentale conseguente ad un incidente ad un'autobotte e l'evento meteorico, si avrà un certo afflusso alla vasca, attraverso la rete di scolo superficiale, pari alla portata di progetto.

Tale portata, dovendo essere trattata, dovrà sfiorare attraverso lo stramazzo che ne permette l'ingresso alla vera e propria vasca di trattamento.

Quando la portata complessiva che giunge al manufatto supera la portata di progetto, il quantitativo in esubero (il cui rapporto di diluizione è tale da non richiedere alcun trattamento) non giunge alla vasca di trattamento ma stramazza a lato e giunge, attraverso la condotta di uscita, direttamente alla rete idrografica.

Nella vasca di trattamento vera e propria, il tempo di detenzione e la distanza totale che la miscela acqua/olio e/o carburante deve percorrere, sono stati prefissati in maniera tale che la componente olio/carburante, più leggera, possa venire in superficie e sfiorare nella canaletta appositamente predisposta lungo l'intero perimetro della vasca.

Poiché nel caso di sversamento accidentale la componente olio/carburante è particolarmente cospicua, può avvenire che parte di tale componente non riesca a sfiorare nella canaletta anzidetta e che quindi rimanga in superficie; in questo caso tale quantitativo viene trattenuto all'interno della vasca tramite gli opportuni setti sino all'arrivo della squadra addetta alla manutenzione straordinaria che la dovrà asportare e smaltire in maniera adeguata.

Una volta separate le acque bianche dalla componente olio/carburante, la portata in uscita dalla vasca può essere inviata alla rete idrografica di scolo delle acque superficiali.

Per l'ubicazione ed il numero delle vasche adottate, si rimanda agli elaborati grafici di progetto ed in particolare alle planimetrie del tracciato stradale.

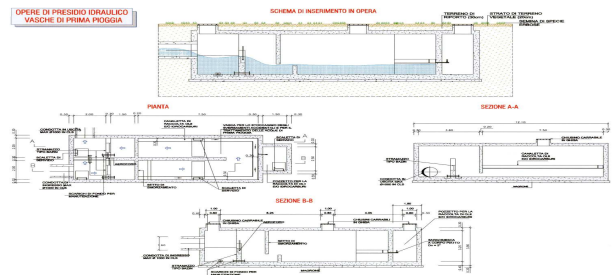


FIG. 3.3.

ESEMPIO DI VASCA

DI TRATTAMENTO DELLE ACQUE DI PRIMA PIOGGIA

3.3.3.1 Calcolo dell'efficienza della vasca

Nel presente paragrafo si intende esporre i risultati della verifica dell'efficienza della vasca nel processo di sedimentazione.

Nel calcolo si considera una particella di diametro 0.2 mm.

Per tale particella si ha una velocità di caduta in acqua ferma $w_i = 0.0265$ m/s, ottenuta con l'equazione di Stokes.

Considerando l'equazione di possibilità pluviometrica esposta in precedenza:

$$h = 52.31 \cdot t^{0.235}$$

si calcola un'altezza d'acqua pari a 15 minuti di precipitazione.

Si ottiene un valore di:

$$h = 33.88 \text{ mm.}$$

Il volume di acqua di prima pioggia raccolto dalla vasca è pari alla superficie stradale sottesa dalla vasca per l'altezza di pioggia.

Nel caso più gravoso la superficie stradale drenata ha un'area pari a circa 16940 m².

Otteniamo quindi un volume di:

$$V = S \cdot h = 16940 \cdot 33.88 / 1000 = 573.9 \text{ m}^3$$

La portata media in 15 minuti che transita nella vasca è pari a:

$$Q = \frac{V}{\Delta t} = 0.637 \text{ m}^3/\text{s}$$

A questa si aggiunge la portata media dovuta allo sversamento accidentale assunta pari a 45 l/s:

$$Q_{\text{tot}} = 0.637 + 0.045 = 0.682 \text{ m}^3/\text{s}$$

che fornisce una velocità media nella vasca di:

$$u = \frac{0.682}{2 * 0.6} = 0.568 \text{ m/s} ,$$

avendo come larghezza della vasca $B=2\text{m}$, mentre un tirante massimo all'interno $H = 0.6 \text{ m}$.

Quando l'acqua è in moto con velocità u , anche se trattasi di modeste velocità di trasporto che si hanno nei dissabbiatori, le pulsazioni turbolente riducono la velocità w di caduta. Può così assumersi, per porre in conto questo effetto, la seguente espressione della velocità di caduta v_i in acqua non ferma relativa alle particelle di dimensione d_i :

$$v_i = \frac{w_i - u}{(5.7 + 2.3H)}$$

Otteniamo quindi una velocità v_i di 0.071 m/s.

Definita la velocità limite inferiore v_i , il tempo di detenzione T in secondi delle particelle d_i è dato dalla semplice relazione:

$$T = \frac{L}{u} \geq \frac{H}{v_i}$$

Con L e H espressi in metri, u e v_i in m/s.

Otteniamo quindi sostituendo i valori un T pari a

$$T = \frac{15}{0.568} \geq \frac{0.6}{0.071}$$

ossia

$$T = 28.3 \geq 8.45$$

La vasca così dimensionata è ampiamente verificata.

4 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Per quanto riguarda gli inalveamenti e gli attraversamenti i risultati di calcolo confermano il corretto dimensionamento dei manufatti proposti.

La velocità media calcolata ed i tiranti d'acqua che si instaurano nei manufatti, tenendo conto dell'eccezionalità dell'evento preso in considerazione, sono in linea con gli usuali criteri di sicurezza che normalmente vengono adottati nella progettazione delle opere idrauliche.

Il dimensionamento degli attraversamenti può sembrare, in qualche caso, esuberante, se confrontato con le sole esigenze di portata.

Comunque, alla luce del fatto che gli attraversamenti "idraulici" possono essere soggetti ad una manutenzione non sempre tempestiva (un evento di piena può ridurre, anche sensibilmente, la capacità di deflusso del manufatto stesso, in seguito al deposito di sabbia, ghiaia, materiali più grossolani, rami secchi), il dimensionamento svolto appare in linea con le esigenze legate alla realizzazione ed alla gestione della strada di accesso ai ponti.

Sostanzialmente, dunque gli interventi si possono considerare di allontanamento e trattamento delle acque di piattaforma.

Per quanto riguarda l'allontanamento delle acque di piattaforma, si è assunta come scelta fondamentale quella di trattare tutta l'acqua di prima pioggia derivante dal dilavamento delle superfici stradali, spesso cariche di materiali tossici e/o inquinanti.

La raccolta delle acque avviene attraverso cunette di superficie che recapitano in bocche da lupo o caditoie le quali, a loro volta, attraverso condotte in c.a., recapitano direttamente nelle vasche di trattamento della prima pioggia.

Le vasche di trattamento previste sono tre ed hanno una capienza sufficiente ad intercettare l'intero sversamento di un'autocisterna, dopo aver separato gli oli e aver fatto sedimentare le particelle pesanti, recapitano nei fossi naturali di bonifica presenti lungo il tracciato stradale.

La rete di drenaggio delle acque di piattaforma studiata in questo modo permette di isolare le acque recapitate dalla strada e dal ponte, dal resto delle acque meteoriche. Il trattamento permette di pulire e rilasciare l'acqua depurata degli inquinanti, derivanti dal lavaggio della piattaforma stradale. A seguito del trattamento verrà quindi recapitata solo acqua pulita e priva di oli.

Le vasche di prima pioggia richiedono d'essere periodicamente svuotate destinando al trattamento speciale gli oli ed il materiale accumulatosi.

5 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Circolare Ministeriale LL. PP.: 7 gennaio 1974, n. 11633 del CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI,
Servizio Tecnico Centrale

“ISTRUZIONI PER LA COMPILAZIONE DEGLI ELABORATI DEI PROGETTI DI FOGNATURE”

Decreto Ministeriale 12 dicembre 1985 del MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI

“NORME TECNICHE RELATIVE ALLE TUBAZIONI”

Circolare Ministeriale LL. PP: 12 dicembre 1985, n. 27291

“ISTRUZIONI RELATIVE ALLA NORMATIVA PER LE TUBAZIONI”

LEGGE REGIONALE della Lombardia n° 62/85