

Committente:



AUTOCAMIONALE DELLA CISA S.P.A.

Via Camboara 26/A - Frazione Ponte Taro - 43015 NOCETO (PR)

Impresa Esecutrice:



**AUTOSTRADA DELLA CISA A15
RACCORDO AUTOSTRADALE A15/A22
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-BRENNERO
RACCORDO AUTOSTRADALE FRA L' AUTOSTRADA DELLA CISA-FONTEVIVO (PR)
E L' AUTOSTRADA DEL BRENNERO-NOGAROLE ROCCA (VR). I LOTTO.**

C.U.P. G61B04000060008

C.I.G. 307068161E

PROGETTO ESECUTIVO

AUTOCAMIONALE DELLA CISA S.p.A.

Il Direttore TIBRE:

Il Responsabile del Procedimento:

Il Presidente:

IMPRESA PIZZAROTTI & C. S.p.A.

Il Direttore Tecnico:

IMPRESA PIZZAROTTI & C. S.p.A.
Il Responsabile di Progetto

Il Geologo:

PROGETTAZIONE DI

Dott. Ing. Luca Bondanelli



Il Progettista:

Ing. Fabio Nigrelli

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Palermo n. 3581

A.T.I.:

idroesse
engineering
MANDATARIA

ROKSOJL
S.p.A.
MANDANTE

VIA
S.r.l.
MANDANTE

Coordinatore per la Sicurezza in fase di Progettazione:

Ing. Giovanni Maria Cepparotti

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Viterbo n. 392

Consulenza specialistica a cura di:

Progettista Responsabile Integrazione Prestazioni Specialistiche:

Impresa Pizzarotti & C. S.p.A.

Ing. Pietro Mazzoli

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Parma n. 821

Dott. Ing. PIETRO MAZZOLI
IMPRESA PIZZAROTTI
ISCRITTO ORDINE
INGEGNERI PARMA n.821

Titolo Elaborato:

**Viabilità ordinaria e di adduzione all'Autostazione
Trecasali - Terre Verdiane
PR01-Raccordo S.P. 10 autostazione Trecasali-Terre Verdiane
Relazione Idraulica**

Data Emissione Progetto:

18/03/2014

Scala:

--

Identif. Elaborato:

| N.RO IDENTIFICATIVO | CODICE COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | AMBITO | CAT OPERA | N OPERA | PARTE OP | TIPO DOC | N Progr. Doc. | REV. |
|---------------------|-----------------|---|------|------|--------|------------|-------------|-----------|----------|---------------|------|
| | RAAA | 1 | E | I | VO | VO | 03 | Q | RE | 001 | C |
| C | 27/01/2015 | Istruttoria A15-PROVINCIA | | | | Costantini | Nigrelli | Mazzoli | | | |
| B | 24/09/2014 | Istruttoria RINA prot. N°730 del 08/09/2014 | | | | Costantini | Nigrelli | Mazzoli | | | |
| A | 30/06/2014 | RIEMMISSIONE PROGETTO ESECUTIVO | | | | Costantini | Nigrelli | Mazzoli | | | |
| Rev. | Data | DESCRIZIONE REVISIONE | | | | Redatto | Controllato | Approvato | | | |

SOMMARIO

| | | |
|---------|--|----|
| 1 | PREMESSA | 3 |
| 2 | SMALTIMENTO E TRATTAMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA | 4 |
| 2.1 | SCHEMA IDRAULICO FUNZIONALE | 4 |
| 2.2 | DIMENSIONAMENTO DELLA RETE DI EVACUAZIONE ACQUE DI PIATTAFORMA | 4 |
| 2.2.1 | PORTATE IN INGRESSO | 4 |
| 2.2.2 | VERIFICA DEGLI ELEMENTI DELLA RETE | 5 |
| 2.2.3 | ELEMENTI DI RACCOLTA | 6 |
| 2.2.3.1 | BANCHINA | 6 |
| 2.2.4 | IDRAULICA DEI FOSSI DI LAMINAZIONE..... | 8 |
| 2.2.5 | LAMINAZIONE DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA..... | 8 |
| 2.2.6 | SCARICO DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA..... | 9 |
| 3 | INTERFERENZE CON LA RETE IDROGRAFICA..... | 10 |

Quanto evidenziato con riga laterale è stato sede di revisione del 27/01/2015

1 PREMESSA

Nell'ambito del progetto esecutivo del Raccordo Autostrada della Cisa A15 – Autostrada del Brennero A22, è prevista l'opera PR01 raccordo tra SP10 “di Cremona” e autostazione “Trecasali – Terre Verdiane”, nel territorio comunale di Trecasali (PR).

Come prescritto da Anas la sezione tipo della variante è cambiata da F2 a F1, extraurbane locali, secondo la classificazione del D.M. 6792.

La sezione F1 ha larghezza minima di 9,00 m (a fronte di 8.50m della F2), risultando costituita da una carreggiata organizzata in due corsie di marcia (una per senso di marcia) di 3,50 m ciascuna e due banchine laterali pavimentate, di 1,00 m ciascuna.

Il progetto è sempre in rilevato e presenta pendenza delle scarpate 2/3 inerbite superficialmente stendendo una coltre di terreno vegetale spessa 30 cm.

La sezione tipo delle opere è completata dalla presenza di uno strato di scotico di 20 cm riempito con materiale da rilevato proveniente da cave o scavi previo trattamento a calce e uno strato di bonifica di spessore variabile prevista con stabilizzazione a calce in sito.

2 SMALTIMENTO E TRATTAMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA

2.1 SCHEMA IDRAULICO FUNZIONALE

Il drenaggio delle acque avviene a lato carreggiata, la pendenza trasversale della strada è 2.5% nei tratti in rettilineo e variabile nei tratti in curva. Questo consente l'evacuazione delle acque dalla superficie inclinata pavimentata a bordo carreggiata dove l'acqua, contenuta dall'arginello raggiunge gli embrici per l'allontanamento dal piano pavimentato.

Gli embrici sono realizzati con tegole poste ad interasse di 20 m; la cattura delle acque avviene mediante un elemento rastremato ai bordi che invia le acque agli embrici sottostanti.

Le acque sono convogliate ai fossi di guardia (fossi di laminazione), con larghezza di fondo variabile da $b_{min}=1.5$ m e altezza minima $h=0.5$ m. Le scarpate hanno pendenza 1/1.

I fossi di laminazione scaricano le acque nella rete idrica superficiale esistente ogni qual volta viene intersecato un corso d'acqua in continuità sotto il rilevato stradale oppure in corrispondenza di fossi di scolo esistenti a lato del rilevato in progetto. Lo scarico avviene attraverso un manufatto di regolazione e controllo costruito in calcestruzzo e composto da una griglia di trattenuta dei solidi grossolani realizzata con profilati d'acciaio e da una paratoia di sezionamento a parete piana in acciaio con movimentazione manuale mediante volantino. A valle dello scarico il fosso recettore viene rivestito per il controllo delle erosioni allo sbocco delle acque.

Le aree scolanti sono definite in funzione della conformazione plano-altimetrica del corpo stradale; viene inoltre tenuto conto del contributo delle superfici esterne alla piattaforma prendendo in conto una fascia di scolo laterale del piano campagna.

La sezione idraulica dei fossi di laminazione presenta notevole capacità di deflusso, essa infatti è sovradimensionata per la funzione di trasporto delle acque di piattaforma in quanto ad essi è affidata anche la funzione di laminazione necessaria per ridurre le portate scaricate nei recettori che dovranno essere compatibili nel rispetto del principio di invarianza idraulica.

2.2 DIMENSIONAMENTO DELLA RETE DI EVACUAZIONE ACQUE DI PIATTAFORMA

2.2.1 PORTATE IN INGRESSO

Il calcolo delle portate affluite alla rete è stato svolto con il metodo razionale a partire dalle piogge con prefissato tempo di ritorno che interessano l'area di progetto.

Nella relazione Idrologico Idraulica del Progetto Esecutivo è stato effettuato l'aggiornamento al 2012 dei dati pluviometrici, riferiti alla stazione di Parma-Università. A seguito di tale aggiornamento si riportano di seguito le curve di possibilità pluviometrica assunte per la rete di smaltimento delle acque meteoriche e per il dimensionamento dei fossi di laminazione

Reti in rilevato Tr = 50 anni $h = 57.8 t^{0.311}$ h (mm) t (ore)

La portata massima al colmo nella sezione di chiusura di un generico tronco della rete è stata calcolata con l'espressione:

$$Q_{max} = \frac{\varphi \cdot h \cdot A}{tc} \quad (1)$$

dove:

- Q : portata al colmo di piena in m³/s;
φ : coefficiente di deflusso medio del bacino;
h : altezza di precipitazione in (m) calcolata per il tempo di corrivazione del bacino;
S : superficie del bacino in (m²).

Il tempo di corrivazione, t_c , può essere determinato facendo riferimento al percorso idraulico più lungo nella rete fognaria sino alla sezione di chiusura verificata:

$$t_c = t_a + t_r$$

dove t_a è il tempo di accesso alla rete e t_r è il tempo di percorrenza fino alla sezione considerata.

Il tempo di accesso, t_a è di incerta determinazione, variando con la pendenza e la natura dell'area, la presenza e tipologia dei drenaggi minori presenti in essa nonché dell'altezza di pioggia precedente l'evento critico di progetto. Normalmente nella progettazione stradale si assumono valori compresi tra 5 e 15 minuti. Nel presente progetto è stato assunto $t_a=10'$.

Il tempo di rete, t_r , è dato dalla somma dei tempi di percorrenza di ogni singola canalizzazione seguendo il percorso più lungo della rete fognaria:

$$t_r = \sum_i \frac{L_i}{V_{ui}}$$

dove:

- L_i : lunghezza della singola canalizzazione;
 V_{ui} : velocità media nel tronco.

Per il Coefficiente di deflusso φ sono stati assunti i seguenti valori:

- | | |
|------------------------------------|--------------------------|
| superfici asfaltate o impermeabili | φ _{IMP} =0.90; |
| scarpate e superfici a verde | φ _{PERM} =0.40. |

2.2.2 VERIFICA DEGLI ELEMENTI DELLA RETE

Le caratteristiche idrauliche delle sezioni di progetto sono determinate mediante l'applicazione della formula di Chezy con la notazione di Manning per la scabrezza n:

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} i^{1/2} \quad (2)$$

con:

- Q = portata di progetto [m³/s];
A = sezione idraulica bagnata [m²];
n = coefficiente di Manning ;
R = raggio idraulico [m];
i = pendenza di fondo [m/m]

La scabrezza K di Gauckler-Strickler, pari al reciproco del coefficiente n di Manning $K=1/n$ è stata assunta pari a:

| | |
|---|--|
| $K_{S_{asf}}=70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ | per asfalto, |
| $K_{S_{cls}}=50 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ | per tubazioni e canalette in calcestruzzo, |
| $K_{S_{acciaio}}=80 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ | per tubazioni in acciaio, |
| $K_{S_{PeAD}}=80 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ | per tubazioni in PeAD, |
| $K_{S_{terra}}=30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ | per fossi in terra inerbiti, |

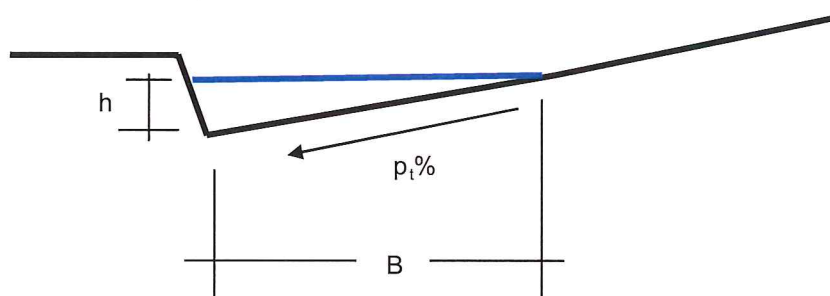
Generalmente viene adottato un franco di sicurezza minimo di 0.50ϕ per le tubazioni di diametro $< 400 \text{ mm}$, 0.80ϕ per le tubazioni di diametro $\geq 400 \text{ mm}$ e $0.80 h$ per i canali a cielo aperto.

2.2.3 ELEMENTI DI RACCOLTA

2.2.3.1 BANCHINA

In funzione della larghezza della porzione di piattaforma interessata al deflusso B , della pendenza trasversale p_t della stessa e di quella longitudinale p_l della strada è possibile ricavare le caratteristiche idrauliche della banchina di raccolta a bordo strada in rilevato:

| | | |
|-----|---|--|
| h | : | altezza della banchina = $p_t \cdot B$, in m; |
| C | : | contorno bagnato = $B+h$, in m; |
| A | : | area bagnata = $B \cdot h/2$, in m^2 ; |
| R | : | raggio idraulico = A/C , in m. |



La cunetta che si forma in banchina viene scaricata ad intervalli fissi attraverso gli embrici.

La verifica della cunetta e del passo degli embrici viene svolta imponendo che la porta affluita Q_a calcolata col la (1) sia minore della portata massima defluibile Q_d dall'elemento di piattaforma calcolata con la (2).

$$Q_a < Q_d$$

Il passo degli embrici è risultato pari a 20 m .

Si riporta di seguito il tabulato di verifica:

VO03

Legge di Pioggia

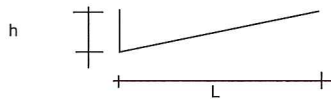
| | | |
|----|-------|------|
| Tr | 50 | anni |
| a | 57,8 | mm |
| n | 0,311 | |

| VERIFICA INTERASSE SCARICHI | | | | | | |
|-----------------------------|-------------|----------------------|----------------|------------------------|----------------------|--------------------------|
| n | 0,014 | Scabrezza di Manning | | Interasse scarichi (m) | | 20,00 |
| A(h) (m ²) | C(h) (m) | R(h) (m) | L Piatt (m) | Qaffluita (l/s) | Qdefluibile (l/s) | i longitudinale (m/m) |
| 0,05513 | 2,1532 | 0,026 | 9,000 | 8,94 | 9,48 | 0,00080 |
| t (ore) | h (mm) | i (mm/h) | | | | |
| 0,17 | 33,11 | 198,64 | | | | |
| | | | | | | Qd-Qa |
| | | | | | | 0,54 |

Sezione di deflusso

| L | h (m) | A (m ²) | C (m) | pendenza trasversale |
|---|-------|---------------------|--------|----------------------|
| 2 | 0,053 | 0,055125 | 2,1532 | 0,025 |

curva



La verifica idraulica dei fossi in cui scaricano gli embrici è riportata nello schema idraulico RAAA1EIAPVO3QSC001

2.2.4 IDRAULICA DEI FOSSI DI LAMINAZIONE

La realizzazione dell'opera stradale in progetto comporta l'impermeabilizzazione di superfici agricole mettendo in evidenza diverse problematiche connesse con lo smaltimento delle acque meteoriche; in particolare si possono avere conseguenze sia idraulico-quantitative, sia ambientali-qualitative: dall'insufficienza dei corsi d'acqua ricettori e delle reti di fognatura esistenti, alla necessità di trattare la frazione più inquinata delle acque meteoriche e di ridurre i volumi idrici ed i carichi inquinanti sversati nei corsi d'acqua.

Il ciclo naturale delle acque subisce, a seguito della costruzione stradale, tre tipi di alterazioni riconducibili ad una modifica del regime idrologico locale dovuto ad una minore infiltrazione delle acque; la maggiore impermeabilizzazione aumenta le velocità dei deflussi superficiali e quindi delle portate consegnate ai ricettori; la qualità delle acque meteoriche percorrendo la superficie autostradale si deteriora a seguito del dilavamento degli inquinanti depositati sulla piattaforma in tempo secco.

Queste conseguenze possono essere controllate inserendo nei sistemi di raccolta delle acque che svolgano la funzione di vasche volano per il rilascio controllato delle portate.

La soluzione adottata è quella dei fossi di laminazione ovvero di sistemi di raccolta e trasferimento delle portate pluviali in grado di associare alla funzione di drenaggio anche quella idraulica di laminazione delle portate di piena.

I fossi di laminazione sono fossi di guardia (con fondo permeabile o impermeabile) dove si realizza l'invaso delle acque; essi sono realizzati con dimensioni $b_{min}=1.5$ m, $h_{min}=0.5$ m, $i=1/1$, attrezzati di manufatti di scarico realizzati in calcestruzzo e con possibilità di controllare i deflussi. Le paratoie di sezionamento, poste al termine di ciascun tratto omogeneo consentono di controllare le portate scaricate entro i limiti fissati dal calcolo.

2.2.5 LAMINAZIONE DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA

Le vasche di laminazione hanno il compito di ridurre i picchi di portata che si verificano nei sistemi di drenaggio riducendoli a valori compatibili con i recapiti posti a valle.

Nel caso specifico dell'opera stradale in progetto l'incremento di portata dovuto alla nuova impermeabilizzazione viene assorbito dal sistema di drenaggio attraverso l'invaso nei fossi, essi infatti hanno una sezione idraulica dimensionata non per la funzione di drenaggio delle portate bensì del volume da invasare.

Il dimensionamento del volume dei fossi è stato eseguito mediante il metodo cinematico (Alfonsi e Orsi, 1987):

$$W_m = S \cdot \varphi \cdot a \cdot \theta_w^n + \frac{t_c \cdot Q_u^2 \cdot \theta_w^{1-n}}{S \cdot \varphi \cdot a} - Q_u \cdot \theta_w - Q_u \cdot t_c$$

- S : superficie del bacino scolante;
 φ : coefficiente di afflusso del bacino scolante;
 a,n : coefficiente ed esponente della curva di possibilità pluviometrica;
 t_c : tempo di corrivazione del bacino scolante, dal calcolo della rete di drenaggio;
 Q_u : portata massima scaricabile per il principio dell'invarianza idraulica (20l/sxha);
 θ_w : durata critica del bacino di laminazione.

La durata critica per la laminazione è stata determinata mediante un metodo iterativo, tramite la relazione:

$$n \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot \theta_w^{n-1} + \frac{(1-n) \cdot t_c \cdot Q_u^2 \cdot \theta_w^{-n}}{S \cdot \varphi \cdot a} - Q_u = 0$$

Ai fossi viene data una leggera pendenza longitudinale che consente il transito della portata di competenza e lo svuotamento della sezione per operazioni di manutenzione.

Riepilogando vengono dunque condotte per ogni fosso due verifiche:

- 1) verifica della capacità di trasporto in base alla massima portata afflitta con tempo di ritorno 50 anni e deflusso nella sezione del fosso valutato in moto uniforme con la formula di Manning
- 2) verifica del volume da invasare con il criterio dell'invarianza idraulica

In progetto è riportato lo schema idraulico delle reti e i tabulati con tutte le verifiche svolte.

2.2.6 SCARICO DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA

Il rilascio delle acque di piattaforma avverrà in modo controllato attraverso manufatti appositamente progettati che garantiscono la regolazione delle portate laminate in uscita dal sistema ed il controllo qualitativo attraverso la trattenuta dei solidi grossolani mediante griglie ed il controllo degli sversamenti accidentali con possibilità di isolare i tratti interessati da rilasci accidentali.

I manufatti progettati sono realizzati in calcestruzzo armato inseriti in asse al canale e dotati di un muro di testa di raccordo con le sezioni in terra; a tergo del muro il manufatto si compone di un pozzetto con griglia e paratoia.

Il controllo degli sversamenti accidentali avviene attraverso la rete di drenaggio che essendo di tipo chiuso (i fossi di laminazione sono impermeabilizzati con argilla) non consente l'infiltrazione nel sottosuolo; la paratoia del manufatto di scarico, opportunamente abbassata dal personale di pronto intervento, consente di isolare il tratto di fosso interessato dallo sversamento trattenendo l'inquinante nel fosso. Successivamente si provvederà alla bonifica del sito con rimozione della vegetazione e del suolo inquinato da parte di ditte autorizzate.

3 INTERFERENZE CON LA RETE IDROGRAFICA

Ai fini del mantenimento in esercizio del reticolo idraulico esistente, si è prevista la realizzazione di opere d'arte minori atte a risolvere le interferenze idrauliche; si tratta di tombini circolari prefabbricati con diametri DN1000 o tombini scatolari.

Nella tabella che segue si riepilogano tutte le interferenze idrauliche riscontrate lungo il tracciato.

Per quanto riguarda gli attraversamenti principali e secondari (Dugara dei Ronchi e Dugara di Mezzo), sono state svolte apposite verifiche idrauliche del deflusso in moto permanente con il programma Hec-Ras. Per questi attraversamenti sono stati predisposti appositi elaborati della simulazione idraulica ante e post operam ai quali si rimanda per tutti i dettagli.

Per gli attraversamenti minori della rete di scolo sono state svolte verifiche idrauliche in moto uniforme con la formula di Manning assumendo per la scabrezza delle tubazioni in cls il valore ($n=0,02$ pari 50 della formula di Strickler). Considerato che la rete minore ha spesso la funzione mista irrigazione-drenaggio, considerata inoltre l'incertezza legata al tracciamento dei bacini sottesi si è assunto di svolgere le verifiche degli attraversamenti stimando le portate della rete esistente attraverso l'area della sezione del fosso e attribuendo alla corrente una velocità media di deflusso pari a 0,8 m/s. Gli attraversamenti minori interessano anche l'asse principale dell'A15 le verifiche idrauliche sono riportate nell'apposita relazione e a questa si rimanda per tutti i dettagli.

Nella tabella che segue si riportano il riepilogo delle interferenze.

TOMBINI-VO03

| | Nome | Rango | Dimensioni del Tombino | NOTE |
|----------|-------------------|-------------|------------------------|--|
| WBS-TS02 | fosso | rete minore | 150x150 | VEDI ELABORATI SPECIFICI VERIFICHE ASSE PRINCIPALE |
| WBS-TS03 | fosso | rete minore | 150x100 | VEDI ELABORATI SPECIFICI VERIFICHE ASSE PRINCIPALE |
| WBS-TT07 | fosso | rete minore | DN1000 | VEDI ELABORATI SPECIFICI VERIFICHE ASSE PRINCIPALE |
| WBS-TT57 | fosso | rete minore | DN1000 | VEDI ELABORATI SPECIFICI VERIFICHE ASSE PRINCIPALE |
| WBS-TS04 | Dugara di Mezzo | secondario | 3x2.5 | VEDI ELABORATI SPECIFICI VERIFICHE EC-RAS |
| WBS-TT08 | fosso | rete minore | DN1000 | VEDI ELABORATI SPECIFICI VERIFICHE ASSE PRINCIPALE |
| WBS-TS05 | Dugara dei Ronchi | principale | 3x2.5 | VEDI ELABORATI SPECIFICI VERIFICHE EC-RAS |