

**RELAZIONE IDRAULICA**  
**RETE DI FOGNATURA METEORICA**  
**NUOVO CAPANNONE INDUSTRIALE**  
**LOC. COLOMBAROLA - GRAGNANO (PC)**

- 1. PREMESSA E STATO DI FATTO**
- 2. DIMENSIONAMENTO DELLA RETE FOGNARIA**
- 3. CALCOLO DEL VOLUME DI LAMINAZIONE**
- 4. CALCOLO DELLA PORTATA**
- 5. INVASO DI LAMINAZIONE**
- 6. CALCOLO DELLA BOCCA TARATA**
- 7. RISULTATI FINALI**

il tecnico progettista



Piacenza, rev.01 del 26.08.24

## 1. PREMESSA E STATO DI FATTO

La presente relazione tecnica ha per oggetto il dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche provenienti dal nuovo insediamento industriale ubicato in Loc. Colombarola in comune di Gragnano T.se (PC).

La superficie oggetto di intervento è pari complessivamente a 3.872 mq di cui 1.010 mq di superficie coperta, 970 mq di aree a verde e 1.892 mq di piazzali e viabilità esterni.

Il recapito fognario è individuato nel Canale (intubato) Rio Calendasco gestito dal Consorzio di Bonifica di Piacenza, che scorre nelle vicinanze del lotto suindicato, separato dal Rio Cotrebbia anch'esso intubato ma non di competenza del medesimo Consorzio.

## 2. DIMENSIONAMENTO DELLA RETE FOGNARIA

La scelta progettuale della tipologia delle tubazioni dipende dall'affidabilità a lungo termine, dalla conducibilità dal punto di vista idraulico, dalla resistenza all'abrasione a fronte di un costo iniziale inferiore, ovvero si potrà optare per condotte in materiale plastico come PEAD o PVC oppure su tubi prefabbricati in calcestruzzo armato. Nel caso in esame sono da preferirsi le tubazioni in PVC, in quanto si tratta di condotte estremamente affidabili, presentano una eccellente conducibilità dal punto di vista idraulico, sono estremamente resistenti all'abrasione ed hanno un'elevata rigidità circonferenziale, ovvero dal punto di vista sia idraulico sia statico (a breve ed a lungo termine) danno ottimi risultati.

Il parametro determinante per garantire una buona conducibilità idraulica alle acque di scarico convogliate nella tubazione è rappresentato dalla scabrezza idraulica  $k$ , ossia la rugosità interna della condotta, che, in favore di sicurezza, è possibile assumere pari a 0,25 mm, corrispondente circa ad un coefficiente di scabrezza secondo Strickler pari a 90 m<sup>1/3</sup>/sec.

In particolare si fa riferimento alla formula di Gauckler – Strickler:

$$V = K_s \cdot R(h)^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

ed all'equazione di continuità:

$$Q = A(h) \cdot V = \frac{\pi D^2}{4} \cdot V$$

in cui:

|       |   |
|-------|---|
| $V$   | = velocità di scorrimento (m/sec)                     |
| $D$   | = diametro interno della tubazione (mm)               |
| $J$   | = pendenza motrice (m/m)                              |
| $Q$   | = portata (mc/sec)                                    |
| $K_s$ | = scabrezza di esercizio = 90 (m <sup>1/3</sup> /sec) |

$R(h)$  = raggio idraulico del canale (m) =  $A(h) / P(h)$ , in cui  $P(h)$  rappresenta il perimetro bagnato dalla sezione idrica espresso in funzione della quota di riempimento  $h$

La verifica non verrà effettuata sulla base del funzionamento a bocca piena del collettore fognario, ma occorre stabilire un opportuno franco di sicurezza che consenta una completa ed efficace aerazione della canalizzazione ed impedisca ai fenomeni ondosi, che possono innescarsi sulla superficie libera, di occludere momentaneamente lo speco provocando fenomeni di battimento pericolosi per la durata e la stabilità della condotta.

Per condotte circolari, quale è quella di progetto, si assume generalmente un valore del franco pari a 0,70 volte il diametro interno della condotta, al quale corrispondono i seguenti valori di velocità e portata rapportati al funzionamento a bocca piena:

$$V = 1,119 \cdot V_{b.p.}$$

$$Q = 0,837 \cdot Q_{b.p.}$$

Per quanto riguarda i vincoli sulle velocità di defluimento delle acque di scarico, occorre fare riferimento alla Circolare del Ministero dei LL.PP. n.11633 del 07/01/1974 (contenente istruzioni per la progettazione delle fognature), la quale indica quale velocità minima necessaria alla rimozione ed al trasporto dei materiali sedimentati un valore pari a 0,5 – 0,6 m/sec, mentre per quanto riguarda la velocità massima viene posto un valore pari a 4,0 – 7,0 m/sec, dipendente sia dal materiale costituente il condotto che dalla rarità dell'evento meteorico critico, oltre il quale potrebbero aversi, a lungo termine, problemi di abrasione sulla superficie interna della tubazione. A tale proposito occorre precisare che l'abrasione del fondo e delle pareti della canalizzazione è causata dall'azione meccanica esercitata dal materiale solido (in particolare dalla sabbia) trasportato dalla corrente idrica.

Sono pertanto soggette ad abrasione soprattutto le canalizzazioni con pendenze medio – alte, destinate al trasporto di acque pluviali che trascinano in fognatura materiali provenienti dalla disgregazione del manto stradale, dalle pavimentazioni e, più in generale, dal bacino tributario. Nel caso in esame la scelta del PVC appare adeguata in quanto tale materiale possiede un'ottima resistenza all'abrasione, mentre l'adozione di tubazioni o scatolari prefabbricati in calcestruzzo non preoccupa da questo punto di vista in quanto verranno posati con pendenze estremamente ridotte alle quali corrisponderà una minore velocità di deflusso e quindi un minor rischio di usura.

Per verificare la rete di convogliamento delle acque bianche occorre considerare le caratteristiche delle superfici di scorrimento coinvolte ed il regime pluviometrico della zona, valutare la tipologia delle tubazioni, la pendenza di posa dei collettori e verificare infine che la capacità idraulica di smaltimento della rete risulti compatibile con l'evento meteorico di progetto.

Nel caso in esame il lotto ricade sulla cella pluviometrica del PAI (Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del fiume Po) denominata **DT107** caratterizzata dai seguenti parametri:

DT107 con T = 20 anni

a = 40,82 mm/h

n = 0,301

DT107 con T = 100 anni

a = 52,53 mm/h

n = 0,294

DT107 con T = 200 anni

a = 57,53 mm/h

n = 0,292

DT107 con T = 500 anni

a = 64,15 mm/h

n = 0,290

e si riferiscono ad una linea segnalatrice di possibilità pluviometrica espressa come segue:

$$h = a * d ^ n$$

in cui:

h - rappresenta l'altezza media di pioggia di durata unitaria espressa in mm

d - rappresenta la variabile dell'espressione, ossia la durata di pioggia espressa in ore

n - rappresenta l'esponente di scala

Dato che il Consorzio di Bonifica di Piacenza richiede di fare riferimento ad un tempo di ritorno pari a 50 anni, occorre eseguire un'interpolazione dei valori suddetti, ricavando quanto segue:

**a = 46,92 mm/h**

**n = 0,297**

Qui di seguito sono riassunte le elaborazioni sviluppate con foglio elettronico "excel".

| DT107 - DATI PAI |       |       |
|------------------|-------|-------|
| T                | a     | n     |
| 20               | 40,82 | 0,301 |
| 100              | 52,53 | 0,294 |
| 200              | 57,53 | 0,292 |
| 500              | 64,15 | 0,290 |

INTERPOLAZIONE POLINOMIALE EXCEL:

$$y = b * x^a$$

INTERPOLAZIONE PARAMETRO a

|   |          |
|---|----------|
| a | 0,141473 |
| b | 26,97736 |

INTERPOLAZIONE PARAMETRO n

|   |          |
|---|----------|
| a | -0,01176 |
| b | 0,311231 |

| VALORI INTERPOLATI |              |              |
|--------------------|--------------|--------------|
| T                  | a            | n            |
| 20                 | 41,22        | 0,300        |
| <b>50</b>          | <b>46,92</b> | <b>0,297</b> |
| 100                | 51,75        | 0,295        |
| 200                | 57,09        | 0,292        |
| 500                | 64,99        | 0,289        |

### 3. CALCOLO DEL VOLUME DI LAMINAZIONE

Vista la geologia estremamente favorevole del sito, ubicato nelle immediate vicinanze del fiume Trebbia e quindi caratterizzato da una litologia di natura prevalentemente ghiaiosa con ottime capacità drenanti, il calcolo del volume di laminazione verrà riferito alle sole aree esterne pavimentate, considerando quindi di disperdere nel terreno le acque meteoriche dilavanti sulla copertura del fabbricato, in quanto ritenute sostanzialmente pulite e idonee a tale operazione.

**In base alle recenti prescrizioni del Consorzio di Bonifica di Piacenza, in corrispondenza dello scarico nel Rio Calendasco intubato la portata critica deve essere limitata a 5 l/sec in valore assoluto, mentre il volume di laminazione deve essere calcolato considerando il consueto coefficiente uometrico u pari a 5 l/sec/ha.**

$$Q_{cr} = A_{totale} * u = (3.872 - 1.010) \text{ mq} * 5 \text{ l/sec/ha} = 1,43 \text{ l/sec}$$

La determinazione della durata critica per il volume di invaso  $T_{cr}$  ossia la durata dell'evento meteorico di progetto per la quale si ha il massimo volume invasato  $W$  si ottiene dalla seguente relazione (**Metodo delle sole piogge**):

$$T_{cr} = Q_{cr} / ( 2,78 * A_{totale} * \phi_{,mediato} * a * n)^{(1/(n-1))}$$

Per determinare il coefficiente di afflusso, che esprime la quantità di acqua che affluisce nella rete di fognatura rispetto al volume totale della precipitazione di progetto, occorre effettuare una media pesata sulle aree dei vari sottobacini dell'area in oggetto ovvero:

A totale = 3.872 mq

A totale soggetta a laminazione = 2.862 mq (esclusi 1.010 mq copertura)

A piazzali e viabilità = 1.892 mq (coeff. afflusso = 0,9)

A verde = 970 mq (coeff. afflusso = 0,2)

Il coefficiente di afflusso mediato è pari a:

$$\phi = (\sum A_i * \phi_i) / A_{totale} = 0,663$$

ovvero si ottiene:

**$T_{cr} = 10,27$  ore**

La determinazione del massimo volume di invaso  $W$  si ottiene dalla seguente relazione:

$$W = 10 * A_{totale} * \phi_{,mediato} * a' * T_{cr}^{n'} - 3,6 * Q_{cr} * T_{cr} = 124,94 \text{ mc}$$

Tale volume rappresenta la cubatura necessaria a laminare la portata critica al valore imposto dall'Ente gestore del canale di recapito secondo un coefficiente udometrico  $u$  pari a 5 l/sec/ha.

#### **4. CALCOLO DELLA PORTATA**

Il metodo della corrivazione discende dall'antica formula razionale e il modello è costituito da una rete di canali che si ipotizzano in moto uniforme.

La formula per determinare la portata critica in questo caso è la seguente:

$$Q_{cr} = \phi * i * A / 3600$$

in cui:

$Q_{cr}$  è la portata critica espressa in l/sec

$\phi$  è il coefficiente di afflusso in rete, adimensionale

$i$  è l'intensità di pioggia in corrispondenza del tempo di corrivazione  $T_c$  espressa in mm/h  
 $A$  è l'area del bacino espressa in mq

In questo caso, per determinare la portata meteorica di punta, i parametri  $a$ ,  $n$  fanno riferimento alla LSPP stimata dall'Ing. Gregori per la Provincia di Piacenza ed un tempo di ritorno pari a 10 anni, ovvero:

$$a = 42,00 \text{ mm/h}$$

$$n = 0,350$$

Il tempo di corrivazione sarà dato da:

$$T_c = T_a + T_r$$

in cui:

$T_a$  = tempo di accesso alla rete = tempo necessario alla singola goccia d'acqua per raggiungere la rete fognaria = mediamente 5-15 minuti - si assume 5 minuti pari a 300 secondi

$T_r$  = tempo di rete = tempo necessario alla singola goccia d'acqua per raggiungere il recapito dal punto più lontano della rete calcolato con la velocità determinata dal rapporto tra la portata  $Q_r$  del singolo tratto di fognatura secondo un opportuno franco di riempimento e la lunghezza del percorso  $L_r$  fino alla sezione di chiusura

Operando in questo modo si ottiene per la sezione di chiusura finale:

$$T_c = 5,00 + 1,11 = 6,11 \text{ min}$$

da cui:

$$i = h / d = a * d^n / d = a * d^{(n-1)} = a * T_c^{(n-1)} = 185,38 \text{ mm/ora}$$

e quindi:

$$Q_{cr} = \phi * i * A / 3600 = 97,68 \text{ l/sec}$$

Una volta fissati i valori del diametro, della pendenza e della scabrezza idraulica della tubazione, analogamente al metodo dell'invaso, è possibile effettuare la verifica tramite il confronto della portata critica con la portata smaltibile dalla condotta secondo un opportuno franco di riempimento, avendo cura infine di verificare la rispondenza delle caratteristiche cinematiche

della corrente fluida a quanto raccomandato dalla normativa ed il rispetto degli elementari criteri di semplicità gestionale della rete.

## 5. INVASO DI LAMINAZIONE

L'invaso di laminazione sarà costituito da una vasca di laminazione in terra da realizzarsi nell'area a verde prevista in adiacenza all'ingresso del lotto, con recapito finale nel Rio Calendasco intubato.

L'invaso di laminazione in terra avrà forma rettangolare di dimensioni pari a 8,00 m x 11,00 m, una profondità di 2,50 m ed un riempimento massimo previsto di 2,30 m, sarà opportunamente svasato e produrrà quindi un volume di laminazione pari a:

$$\text{Volume invaso terra} = \text{Sup. media svasata} \times (h = 2,30 \text{ m}) = 60,28 \text{ mq} \times 2,30 \text{ m} = 138,64 \text{ mc}$$

Tale volume è superiore a quello richiesto come calcolato al cap.3:

$$\text{Volume laminazione totale} = 138,64 \text{ mc} > \text{Volume laminazione calcolo} = 124,94 \text{ mc}$$

e pertanto risulta sufficiente a laminare la portata in uscita al valore richiesto, ovviamente inserendo allo scarico un dispositivo di riduzione della luce di efflusso in grado di rendere efficace tale volume.

## 6. IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO

L'impianto di sollevamento della vasca di laminazione sarà realizzato all'interno della vasca mediante l'installazione di un pozzettone in c.a. equipaggiato con n.2 elettropompe sommergibili.

Il pozzettone in c.a. avrà una dimensione in pianta pari a 2,00 x 2,00 m, dotata di un chiusino in ghisa a passo d'uomo per ciascuna delle due pompe di sollevamento.

La portata minima della macchina dovrà essere superiore a quella necessaria a svuotare completamente l'invaso in 48 ore:

$$Q_{\min} = V_{\text{utile laminaz.}} / 48 \text{ ore} = 138,64 \text{ mc} / 48 \text{ ore} = 0,80 \text{ l/sec}$$

allo stesso tempo la portata non potrà essere superiore a quanto richiesto dal Consorzio di Bonifica in termini di invarianza idraulica, ovvero:

$$Q_{\max} = 5,00 \text{ l/sec (vedi capitolo 3)}$$

Tale range di portata dovrà essere verificato in tutte le condizioni di funzionamento, ovvero sia a invaso pieno sia a invaso quasi vuoto al termine dell'evento meteorico. Il corretto

dimensionamento delle elettropompe potrà in questo modo garantire sia il rispetto del coefficiente udometrico imposto allo scarico sia il completo svuotamento delle vasche nel tempo limite di 48 ore.

La scelta della elettropompa sommergibile corretta dipende dalla determinazione della portata dell'impianto in funzione della prevalenza e dalle caratteristiche della macchina.

Nello specifico occorre determinare il range di funzionamento della macchina verificando in quale punto la curva caratteristica della stessa viene intersecata dalla curva caratteristica dell'impianto.

Il calcolo della prevalenza totale dell'impianto è dato dalla relazione:

$$\Delta H = H_{\text{geodetica}} + Y_c \text{ (perdite carico concentrate) e } Y_d \text{ (perdite carico distribuite)}$$

in cui:

$H_{\text{geodetica}}$  = prevalenza geodetica (nelle 2 condizioni di funzionamento di invaso pieno e vuoto nel caso delle vasche di laminazione)

$$Y_c = K * [V^2 / (2 * g)]$$

ove  $K$  è un coefficiente che dipende dalla tipologia della singolarità

$$Y_d = L * J \text{ in cui:}$$

$L$  è la lunghezza della condotta in pressione = ca. 8,00 m

$J$  è la cadente piezometrica data dalla relazione:

$$J = \lambda * [V^2 / (2 * g * D)]$$

ove  $\lambda$  è un coefficiente adimensionale di attrito che dipende dalla scabrezza relativa della condotta e dal numero di Reynolds  $Re$  al quale è legato dalla nota Relazione di Colebrook:

$$1 / \text{radq}(\lambda) = - 2 * \log[(2,51 / (Re * \text{radq}(\lambda)) + (\varepsilon / D) / 3,71]$$

in cui:

$\varepsilon = 0,03$  mm (tubi usati)

$D$  = diametro interno della tubazione in pressione (m) in PEAD PN10 PE100

considerando che il numero di Reynolds è dato dalla relazione:

$$Re = 4 * V * R / \nu$$

ove V è la velocità espressa in m/s

R è il raggio idraulico espresso in m

$\nu$  è la viscosità cinematica del fluido espressa in m<sup>2</sup>/sec

si ottiene:

$$1 / \text{radq}(\lambda) = - 2 * \log[(2,51 * \nu) / (D * \text{radq}(2 * g * D * J))] + (\epsilon / D) / 3,71]$$

relazione dalla quale determinare  $\lambda$  e quindi J e le perdite di carico distribuite.

La tubazione premente dovrà essere in PEAD PN10 PE100 DN80 in modo da limitare la velocità del fluido all'interno della condotta.

## 7. CALCOLO DELLA BOCCA TARATA

In corrispondenza dello scarico nel Rio Calendasco intubato verrà realizzato un pozzettone di scarico all'interno del quale dovrà essere realizzata una bocca tarata in grado di limitare la portata nel tubo di uscita.

La portata Q in uscita da uno stramazzo a parete di area A posto ad una quota H dalla quota idrica di monte è pari a:

$$Q = \mu * A * \text{radq}(2 * g * H)$$

in cui appunto:

Q è la portata espressa in mc/sec da limitare al valore di 5,00 l/sec per la totalità del lotto

$\mu$  è il coefficiente di efflusso pari a 0,50 nel caso di uno scarico con tubazione interna

A è l'area della luce di efflusso espressa in mq ovvero l'area della tubazione di scarico

g è l'accelerazione di gravità pari a 9,806 m/sec<sup>2</sup>

H è il carico idrostatico massimo sulla luce espresso in m = 0,30 in prima approssimazione considerando che la tubazione premente avrà una portata limitata dall'impianto di sollevamento come evidenziato al paragrafo precedente.

Dalla formula precedente si ottiene:

$$A = 0,00442 \text{ mq}$$

ovvero corrispondente all'incirca ad una tubazione in PEAD o PVC di diametro interno non superiore a 75,0 mm.

In uscita dal pozzetto di calma dovrà essere installata una lamina fissa con foro di uscita di diametro pari a 75 mm, mentre lo scarico ovvero il collegamento al Rio Calendasco intubato sarà realizzato con una tubazione in PVC diam.200 mm.

## 8. RISULTATI FINALI

Come da prescrizioni dell'Ente gestore del recapito denominato Rio Calendasco la soluzione di progetto è stata determinata a partire dai dati pluviometrici del PAI, considerando un tempo di ritorno = 50 anni per dimensionare l'invaso di laminazione.

La rete di fognatura è stata dimensionata sulla base di quanto esposto ai paragrafi precedenti. In particolare per l'ultimo tratto è stata determinata una portata critica Qcr (relativa all'intero comparto in oggetto) pari a 97,68 l/sec con tempo di ritorno di progetto pari a 10 anni.

Dato che occorre laminare tale portata critica al valore imposto dall'ente gestore del recapito costituito dal canale a cielo aperto denominato Rio Calendasco pari a 5 l/sec come valore assoluto limite, si stabilisce di realizzare un vaso costituito da una vasca in terra situata al margine del canale di recapito.

Tale vasca avrà una dimensione interna pari a m 11,00 x 8,00 x h = 2,50 opportunamente svasata. All'interno della vasca verrà realizzato un pozzettone in c.a. di dimensioni interne pari a 2,00 x 2,00 m, nel quale saranno installate n.2 elettropompe sommergibili destinate allo svuotamento della stessa entro la tempistica imposta dalla normativa vigente in materia, limitando comunque la portata uscente in conformità a quanto disposto dal Consorzio di Bonifica di Piacenza.

La tubazione premente sarà collegata ad un pozzetto di calma nel quale saranno installati un setto separatore in cls ed una lamina fissa con foro di uscita di diametro pari a 75 mm, che sarà collegato con una tubazione in PVC diam.200 mm al canale intubato denominato Rio Calendasco.

Si raccomanda infine di effettuare una costante manutenzione della vasca di laminazione, dell'impianto di sollevamento e del pozzetto di recapito, avendo cura in particolare di rimuovere eventuali sedimenti o altro la cui presenza potrebbe pregiudicare il buon funzionamento del sistema.

Piacenza 26.08.24

