

RELAZIONE IDRAULICA
SISTEMA DI DISPERSIONE DELLE ACQUE METEORICHE
NEL SOTTOSUOLO
REALIZZAZIONE DI NUOVO CAPANNONE
IN LOC. NOCE DI S.NICOLO' - ROTTOFRENO (PC)

- 1. PREMESSA**
- 2. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO**
- 3. DETERMINAZIONE DELLA PORTATA METEORICA CRITICA**
- 4. DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DRENANTE**
- 5. VERIFICA DEL SISTEMA DRENANTE**
- 6. RISULTATI FINALI**

il tecnico progettista



Piacenza, rev.00 del 16.10.23

1. PREMESSA

La presente relazione tecnica ha per oggetto il dimensionamento del sistema di dispersione nel sottosuolo delle acque meteoriche relativamente al nuovo insediamento industriale ubicato in Loc. Noce di S.Nicolò a Trebbia in comune di Rottofreno (PC).

La superficie oggetto di intervento è pari complessivamente a 30.000 mq di cui 12.600 mq di superficie coperta e 17.400 mq di piazzali e viabilità esterni. ARPAE ha dato il benestare alla dispersione nel sottosuolo delle sole acque meteoriche dilavanti sul manto di copertura del nuovo fabbricato industriale.

2. IN QUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Il parametro fondamentale alla base del dimensionamento di un sistema drenante a dispersione è costituito dalla permeabilità del terreno.

Nella relazione geologica a firma del Dott.Geol. Massimo Mannini datata 29.06.23 sono raccolti i dati desunti dalle prove in sito che evidenziano la seguente caratterizzazione geotecnica del terreno:

Orizzonte A: limo

Profondità: dal p.c. a 1.80-2.40 metri circa

Orizzonte B: limo sabbia e ghiaia

Profondità: da 1.80-2.40 fino a 4.50 metri

(Angolo di attrito di picco) $\varphi = 36^\circ$

(Densità relativa) $D_r = 60\%$

(Peso di Volume) $\gamma = 2.00 \text{ [Ton/m}^3\text{]}$

(Modulo Edometrico) $E = 250 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$

Orizzonte C: ghiaia e sabbia

Profondità: da 4.50 m fino alle massime profondità

(Angolo di attrito di picco) $\varphi = 42^\circ$

(Densità relativa) $D_r = 80\%$

(Peso di Volume) $\gamma = 2.10 \text{ [Ton/m}^3\text{]}$

(Modulo di Young Elastico) $E' = 550 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$

Dai suddetti dati è possibile identificare nell'orizzonte B quale recapito minimo del sistema di dispersione, da cui è possibile stimare un coefficiente di permeabilità non superiore a 10^{-4} m/sec . Tale stima andrebbe affinata mediante prove in sito in grado di determinare con maggiore precisione il valore del coefficiente di permeabilità, la cui precisione influenza significativamente il dimensionamento del sistema drenante.

Per quanto riguarda l'eventuale presenza di acque di falda, dalle prove penetrometriche eseguite in data aprile 2021 non è stato rilevato un livello acquifero naturale, mentre dalle carte idrogeologiche disponibili si rileva che la presenza del primo livello di falda possa risalire fino ad una profondità di 9 m dal p.c. entro le litologie ghiaiose permeabili.

3. DETERMINAZIONE DELLA PORTATA METEORICA CRITICA

Per determinare la portata meteorica critica si utilizza il metodo della corrivazione o cinematico lineare, che discende dall'antica formula razionale ed 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

ϕ 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

Nel caso in esame il lotto ricade sulla cella pluviometrica del PAI (Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del fiume Po) denominata **DT106** caratterizzata dai seguenti parametri:

DT106 con $T = 20$ anni

$a = 40,79$ mm/h

$n = 0,290$

DT106 con $T = 100$ anni

$a = 52,53$ mm/h

$n = 0,282$

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, utilizzando per tale operazione anche quelli disponibili per T=200 e T=500 anni, ricavando quanto segue:

$$a = 46,81 \text{ mm/h}$$

$$n = 0,286$$

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

DT106 - DATI PAI		
T	a	n
20	40,79	0,290
100	52,53	0,282
200	57,55	0,280
500	64,18	0,277

INTERPOLAZIONE POLINOMIALE EXCEL:

$$y = b * x^a$$

INTERPOLAZIONE PARAMETRO a

a 0,141864

b 26,92763

INTERPOLAZIONE PARAMETRO n

a -0,0143

b 0,302174

VALORI INTERPOLATI		
T	a	n
20	41,19	0,289
50	46,81	0,286
100	51,75	0,283
200	57,10	0,280
500	65,03	0,276

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 = 17.400 mq

A piazzali e viabilità = 16.400 mq (coeff. afflusso = 0,9)

A fascia rispetto Rio Ziano inghiaia = 1.000 mq (coeff. afflusso = 0,2)

Il coefficiente di afflusso mediato è pari a:

$$\phi = (\sum A_i * \phi_i) / A_{\text{totale}} = 0,860$$

Nel caso in esame, viste le ridotte dimensioni del bacino, è possibile determinare il tempo di corrivazione come segue:

$$T_c = T_a + T_r$$

in cui:

T_a = tempo di accesso alla rete = tempo necessario alla singola goccia d'acqua per raggiungere la rete fognaria = mediamente 5-10 minuti - si assume 10 minuti pari a 600 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:

$$T_c = 10,00 + 4,50 = 14,50 \text{ min}$$

da cui:

$$i = h / d = a * d^n / d = a * d^{(n-1)} = a * T_c^{(n-1)} = 129,04 \text{ mm/ora}$$

e quindi:

$$Q_{cr} = \phi * i * A / 3600 = 388,41 \text{ l/sec}$$

ovvero un coefficiente udometrico critico pari a

$$U_{cr} = Q_{cr} / A = 308,26 \text{ l/sec/ha}$$

4. DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DRENANTE

Il criterio di dimensionamento di tutti i sistemi d'infiltrazione va eseguito confrontando le portate in arrivo al sistema (quindi l'idrogramma di piena di progetto) con la capacità d'infiltrazione del terreno e con l'eventuale volume invasato nel sistema; tale confronto può essere espresso con la seguente equazione di continuità, che rappresenta il bilancio delle portate entranti e uscenti per il mezzo filtrante, in cui per semplicità è stata trascurata l'evaporazione:

$$(Q_p - Q_f) * Dt = DW$$

in cui:

Q_p	= portata influente ovvero la portata meteorica critica (mc/sec)
Q_f	= portata di infiltrazione ovvero quella che può disperdere il terreno (mc/sec)
Dt	= intervallo di tempo di riferimento (sec)
DW	= variazione del volume invasato nel mezzo filtrante nell'intervallo Dt (mc)

La capacità di infiltrazione nel terreno in termini di portata è regolata dalla Legge di Darcy:

$$Q = k * J * A_i$$

in cui:

Q	= portata di infiltrazione (mc/sec)
k	= coefficiente di permeabilità (m/sec) = 10^{-4} m/sec
J	= cadente piezometrica (m/m adimensionale) = 1 nel caso in cui il tirante idrico sulla superficie filtrante sia trascurabile rispetto all'altezza dello strato filtrante e la superficie piezometrica della falda sia convenientemente al di sotto del fondo disperdente
A_i	= superficie netta di infiltrazione (mq) = $f(H)$

Mettendo a sistema le due predette equazioni in funzione dell'intervallo Dt e dell'altezza del dreno H è possibile determinare la massima variazione DW ovvero il minimo volume filtrante W (ovvero la minima altezza H) necessario a disperdere efficacemente la portata meteorica critica nel terreno.

Nell'ipotesi di realizzare una trincea drenante costituita da una serie di tubi drenanti microfessurati affiancati da collocare entro lo strato più permeabile del terreno, ovvero quello di limo / sabbia / ghiaia posto ad una profondità di 1,80 - 2,40 m dal piano di campagna, possiamo riepilogare i seguenti dati alla base del calcolo:

b	= larghezza della trincea drenante (m) = 3,00 m
-----	---

H	= altezza utile della trincea drenante (m) è la variabile di sistema
L	= lunghezza della trincea drenante (m) = 120,00 m
Ai	= (b + 2*H)*L (mq) superficie netta di infiltrazione
DW	= b * L * H (mc) volume netto di infiltrazione

I risultati del calcolo sono i seguenti:

$$DW = 315,17 \text{ mc}$$

$$H = 0,88 \text{ m}$$

ovvero dovrà essere realizzata una trincea drenante (costituita da tubi drenanti da verificare al paragrafo successivo) lunga 120,00 m, larga 3,00 m e avente un'altezza minima efficace pari a 90 cm.

5. VERIFICA DEL SISTEMA DRENANTE

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. **Nello specifico saranno adottate tubazioni in PEAD microfessurate per drenaggio di diametro nominale interno pari a 250 mm.**

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^{1/3}/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) = 0,005 (0,5%)
Q	= portata (mc/sec)

K_s = scabrezza di esercizio = $90 \text{ (m}^{1/3}/\text{sec)}$ per il PEAD

$R(h)$ = 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 si considera un franco di riempimento pari a 0,70 volte il diametro interno della condotta (riempimento massimo 70%), al quale corrispondono i seguenti valori di velocità e portata rapportati al funzionamento a bocca piena:

$$V = 1,121 \cdot V_{b.p.}$$

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

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 $0,5 - 0,6 \text{ m/sec}$, mentre per quanto riguarda la velocità massima viene posto un valore pari a $4,0 - 7,0 \text{ m/sec}$, 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 PEAD appare adeguata in quanto tale materiale possiede un'ottima resistenza all'abrasione.

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.

Sviluppando la formula di Gauckler - Strickler si ottiene una portata corrispondente ad un riempimento del 70% della singola tubazione in PEAD pari a:

$$Q \text{ (PEAD D250 al 70\%)} = 41,18 \text{ l/sec}$$

pertanto per smaltire l'intera portata critica di progetto dimensionata al paragrafo precedente $Q_{cr} = 388,41 \text{ l/sec}$ occorre un sistema di 10 tubi drenanti in PEAD diametro 250 mm allo 0,5% di pendenza.

6. RISULTATI FINALI

Sulla base delle risultanze di cui ai paragrafi precedenti è possibile riassumere quanto segue:

- il parametro fondamentale per poter valutare la capacità filtrante del terreno è rappresentato dal coefficiente di permeabilità, che in questo caso si è potuto stimare pari a 10^{-4} m/sec a partire dalle indagini dirette sul sito che hanno evidenziato un consistente strato di limo / sabbia / ghiaia a partire da una profondità di 1,80 - 2,40 m dal piano campagna;
- il sistema di dispersione nel terreno dovrà essere costituito da una trincea drenante lunga 120,00 m e larga 3,00 m, da realizzare all'interno dello strato di ghiaia ovvero ad una profondità minima di 1,80 m, ovvero posta da -1,80 m a -2,70 m;
- la trincea drenante dovrà essere realizzata mediante la posa di n.10 tubazioni in PEAD microfessurate per drenaggio di diametro nominale interno pari a 250 mm e pendenza pari al 5 per mille, da posare all'interno di un cassonetto di ghiaia lavata 20/40 mm avvolto da un geotessile di dimensioni minime $3,00 * 0,90 \text{ m}$.

Piacenza, rev.00 del 16.10.23

il tecnico progettista

