Infrastrutture idrauliche urbane - Formule per gli esercizi

Fognature - metodo cinematico

Dimensionamento rami sorgenti, ipotizzando un diametro di tentativo D e un grado di riempimento $h/D = 1/2\,(1-\cos\theta/2) \Rightarrow \theta = 2\arccos(1-2h/D)$:

$$U_p = k_s \cdot \sqrt{i_f} \cdot \left(\frac{D}{4} \cdot \frac{\theta - \operatorname{sen}\theta}{\theta}\right)^{2/3} \Rightarrow t_c = \frac{5}{60} + \frac{L}{U_p} \cdot \frac{1}{3600}$$

$$\Rightarrow Q_m = \phi \cdot a_T \cdot \frac{t_c^{(n-1)}}{360} \cdot A \; ; \quad Q_0 = k_s \sqrt{i_f} \left(\frac{D}{4}\right)^{2/3} \cdot \frac{\pi D^2}{4}$$

Deve essere $Q_0 > Q_m$. Se non è così si aumenta D finché la disuguaglianza è verificata. Poi si determina il θ' reale con la convergenza delle velocità:

$$\frac{Q_m}{Q_0} = \frac{\cancel{k_s \cdot \sqrt{i_f}} \left(\frac{D}{4} \cdot \frac{\theta' - \operatorname{sen}\theta'}{\theta'}\right)^{2/3} \cdot \frac{D^2}{8}(\theta' - \operatorname{sen}\theta')}{\cancel{k_s \cdot \sqrt{i_f}} \cdot \left(\frac{D}{4}\right)^{2/3} \cdot \pi \cdot \frac{D^2}{4}} = \frac{\theta' - \operatorname{sen}\theta'}{2\pi \cdot \theta'^{2/3}}$$

$$\Rightarrow \theta' = \operatorname{sen}\theta' + \left(2\pi\,\theta'^{2/3} \cdot \frac{Q_m}{Q_0}\right)^{3/5}$$

Si ottiene θ' iterativamente e si calcola (oltre a h/D reale):

$$U_m = k_s \cdot \sqrt{i_f} \cdot \left(\frac{D}{4} \cdot \frac{\theta' - \operatorname{sen}\theta'}{\theta'}\right)^{2/3} \Rightarrow t_c = \frac{5}{60} + \frac{L}{U_p} \cdot \frac{1}{3600}$$

Deve essere $|U_p - U_m| < \varepsilon = 0{,}1\ m/s$.

Per i rami non sorgenti, ipotizzando un diametro D e un h/D:

$$\bar{\phi} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \phi_i A_i}{\sum_{i=1}^{n} A_i} \qquad U_p = k_s \cdot \sqrt{i_f} \cdot \left(\frac{D}{4} \cdot \frac{\theta - \operatorname{sen}\theta}{\theta}\right)^{2/3}$$

$$\Rightarrow t_c = \max t_{c\,monte} + L/U_p$$

$$\Rightarrow Q_m = \frac{\bar{\phi} \cdot a_T \cdot t_c^{n-1} \cdot A}{360}$$

$$Q_0 = k_s \cdot \sqrt{i_f} \cdot \left(\frac{D}{4}\right)^{2/3} \cdot \frac{D^2 \pi}{4}$$

Si procede iterativamente finché si definisce un D commerciale tale che $Q_0 > Q_m$. Con il rapporto $\frac{Q_m}{Q_0} = \frac{\theta' - \operatorname{sen}\theta'}{2\pi \cdot \theta'^{2/3}}$ si determina θ' reale, da cui h/D, U_m, t_c e $|U_p - U_m| < \varepsilon$ come nel caso precedente.

Per il diametro di primo tentativo dei rami sorgenti (e solo di questi) si può usare la formula:

$$D = \left[\frac{\phi \cdot a_T \cdot t_c^{n-1} \cdot A}{360\, k_s \cdot \sqrt{i_f}\, \pi} \cdot 4^{5/3}\right]^{3/8}$$

Con $t_c = \frac{5}{60} = 0{,}0833$. Quanto abbiamo visto finora riguarda la fognatura bianca.

Per il dimensionamento della fognatura nera si parte dai dati che forniscono direttamente la portata nera:

n° abitanti N_{ab}
dotazione d
dispersione e
coefficiente di punta c_p

$$\Rightarrow \quad Q_N = \frac{N_{ab} \cdot d \, (1-e) \cdot c_p}{86400}$$

Si calcola quindi $Q_0 = k_s \sqrt{i_f} \left(\frac{D}{4}\right)^{2/3} \cdot \frac{D^2 \pi}{4}$ cercando il minimo diametro che soddisfi la disuguaglianza $Q_0 > Q_N$.
Quindi, usando il rapporto $\frac{Q_N}{Q_0}$ si determinano, come di consueto, θ, h/D, U.
Se la fognatura è unitaria si esegue il dimensionamento per la bianca trascurando la nera, ma la verifica va eseguita sommando le due portate:

$$\frac{Q_m + Q_N}{Q_0} < 1 \quad \Rightarrow \theta, \ h/D, \ U$$

Per i rami successivi si considera la portata totale per ciascuno dei rami già dimensionati (bianca più nera), mentre solo la bianca per quello attuale.

Qualsiasi sia il tipo di fognatura, determinata la velocità di progetto, si esegue la seguente verifica:

$$0{,}5 \ m/s < U_p < 5{,}0 \ m/s$$

Se la velocità scende sotto 0,5 m/s possono verificarsi depositi, se sale oltre 5,0 m/s è possibile che le condotte subiscano forte erosione.