

3. Teoria e Normativa

3.1 Stima del tasso d'infiltrazione potenziale.

Con il termine tasso d'infiltrazione potenziale (f) s'intende la quantità massima di acqua superficiale che può infiltrarsi nel terreno, posto che tale quantità sia disponibile. Il tasso d'infiltrazione reale potrà quindi essere inferiore a quello potenziale nell'ipotesi in cui la quantità d'acqua presente in superficie, dovuta, per esempio, ad una precipitazione piovosa, non sia sufficiente. Non potrà in ogni caso essere superiore.

Il tasso d'infiltrazione potenziale dipende essenzialmente dalla permeabilità del terreno e dal grado di saturazione iniziale dello stesso. Maggiore è la permeabilità, maggiore è il tasso potenziale di infiltrazione. Maggiore è il grado di saturazione, minore è il tasso potenziale di infiltrazione. Il valore di f può variare da diverse decine di mm all'ora in terreni molto permeabili e asciutti fino a meno di un mm all'ora per terreni poco permeabili e saturi.

Un modello per la stima di f molto usato nella pratica è quello di Green e Ampt. Si immagina che il fronte di saturazione si sposti verso il basso nel tempo, dividendo in maniera netta il volume di terreno già saturato, in cui il contenuto di umidità è quindi uguale alla porosità (η), da quello, più profondo, non ancora raggiunto, in cui il contenuto di umidità è uguale a quello iniziale (θ).

Ad un determinato tempo t dopo l'inizio del processo d'infiltrazione, l'infiltrazione cumulata F , cioè la quantità d'acqua che si è infiltrata fino a quel momento, può essere espressa con la seguente relazione:

$$F(t)(mm) = Kt + \psi\Delta\theta \ln\left(1 + \frac{F(t)}{\psi\Delta\theta}\right)$$

dove:

$K(m/h)$ = permeabilità verticale del terreno, che può essere posta, in prima approssimazione uguale alla metà di quella orizzontale;

$t(h)$ = tempo di calcolo dall'inizio del processo d'infiltrazione;

$\psi(mm)$ = carico di suzione;

$\Delta\theta$ = $\eta - \theta$;

PROGRAM GEO – **Fas2D** ver.2.0 per Windows

Poiché la grandezza F compare in ambedue i membri dell'equazione, la soluzione va cercata con un procedimento iterativo, imponendo un primo valore di F nel secondo membro, calcolando il nuovo valore di F , risolvendo l'equazione, e sostituendolo al secondo membro. Il calcolo andrà ripetuto fino a quando la differenza fra i valori di F nei due membri sia sotto un valore minimo prestabilito (per esempio 0,001).

Il parametro di più difficile determinazione è il carico di suzione, che può essere definito come l'altezza di risalita dell'acqua in un terreno non saturo per via delle tensioni capillari. In linea di massima è inversamente proporzionale alla permeabilità del terreno e assume valori che possono andare da 5, 6 cm per sabbie medie fino a più di 30 cm nelle argille.

Stimata l'infiltrazione cumulata, il tasso d'infiltrazione potenziale è ricavabile dalla relazione:

$$f(t)(mm/h) = K \frac{F(t) + \psi \Delta \theta}{F(t)}$$

3.2 Stima del flusso idrico in due dimensioni: flusso in regime stazionario.

Si suppone per semplicità la presenza di un flusso idrico all'interno di un terreno permeabile, limitato verso il basso da un livello semipermeabile. Nell'ipotesi di considerare la componente verticale del flusso molto piccola rispetto a quella orizzontale, si può assumere che l'altezza piezometrica in un punto sia indipendente dalla sua coordinata verticale.

Il flusso in condizioni stazionarie di un fluido incomprimibile in due dimensioni può essere descritto con l'equazione di Laplace:

$$\frac{\partial(Hq_x)}{\partial x} + \frac{\partial(Hq_y)}{\partial y} = -I + L$$

dove:

H(m) = spessore dell'acquifero;

I(m/s) = tasso d'infiltrazione superficiale;

L(m/s) = fuga (leakage) in presenza di un acquifero più profondo, separato da quello superficiale dal livello semipermeabile e caratterizzato da una differente altezza piezometrica;

$$q_x \text{ (m/s)} = -k \frac{\partial \phi}{\partial x};$$

$$q_y \text{ (m/s)} = -k \frac{\partial \phi}{\partial y};$$

k(m/s) = permeabilità orizzontale dello strato permeabile.

La grandezza L viene fornita dall'espressione:

$$L = k \frac{\phi' - \phi}{d}$$

dove ϕ' e ϕ sono, rispettivamente, l'altezza piezometrica dell'acquifero superiore e di quello inferiore e d è lo spessore dello strato semipermeabile che separa i due.

Definendo la trasmissività dell'acquifero come il prodotto fra il suo spessore e la sua permeabilità (TH), l'equazione di Laplace può essere riscritta come segue:

PROGRAM GEO – **Fas2D** ver.2.0 per Windows

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(T \frac{\partial \phi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(T \frac{\partial \phi}{\partial y} \right) + I - L = 0$$

3.3 Stima del flusso idrico in due dimensioni: flusso in regime transitorio.

In condizioni di regime di flusso transitorio, in presenza cioè di un'altezza piezometrica che varia nel tempo, l'equazione di Laplace utilizzata per descrivere il flusso in due dimensioni di un fluido incomprimibile deve essere riscritta nella seguente forma:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(T \frac{\partial \phi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(T \frac{\partial \phi}{\partial y} \right) + I - L = S \frac{\partial \phi}{\partial t}$$

dove S è il coefficiente di immagazzinamento dell'acquifero e t il tempo di calcolo.

In questo caso viene richiesta, come condizione iniziale, che sia fissata al tempo t=0 l'altezza piezometrica.

3.4 Verifica al sifonamento

In presenza di filtrazione di acqua è consigliabile effettuare una verifica al sifonamento. Il coefficiente di sicurezza al sifonamento a una determinata profondità D è dato da:

$$F_s = \frac{D\gamma'}{h_a\gamma_a}$$

dove:

D = profondità di calcolo;

γ' = peso di volume immerso del terreno;

h_a = eccesso di pressione interstiziale alla profondità D, dato dalla differenza fra l'altezza piezometrica e l'altezza del punto di calcolo riferiti alla stessa origine;

γ_a = peso di volume dell'acqua;

Il rischio di sifonamento viene considerato assente se il coefficiente di sicurezza è superiore a 1.