

## IL MOTO NELLA ZONA INSATURA

### ➤ Condizioni al contorno

*La condizione al contorno deve essere specificata o imposta sull'intero confine  $B$  del dominio di moto. Le condizioni al contorno sono di tre tipi:*

#### ☑ Condizione al contorno del I Tipo (Dirichlet)

*È la condizione di contenuto di umidità  $\theta_w$  (oppure carico piezometrico  $\phi_w$ , pressione  $p_w$ , o suzione  $\psi_w$ ) assegnato sul contorno.*

$$\theta_w(\mathbf{x}, t) = \theta_{w1}(\mathbf{x}, t) \quad \mathbf{x} \in B_1$$

*La condizione di pressione  $p_w$  assegnata sul contorno si verifica in caso di presenza di acqua in superficie, che impone una certa pressione idrostatica. Al limite lo strato di acqua in superficie può essere così sottile da avere praticamente  $p_w = 0$ .*

*In tal caso è sempre possibile imporre il valore di  $\theta_w$  alla saturazione, corrispondente alla pressione  $p_w = 0$  (condizione da imporre quando le equazioni sono scritte in termini di  $\theta_w$ ).*

*Normalmente, se non in casi particolari, non sono noti i valori della pressione  $p_w$  né del contenuto di umidità  $\theta_w$  lungo il contorno.*

## IL MOTO NELLA ZONA INSATURA

### ☑ Condizione al contorno del II Tipo (Neumann)

*Questa condizione si verifica ad esempio quando l'acqua (dovuta alla pioggia o all'irrigazione) raggiunge la superficie con una portata nota.*

*Per continuità alla superficie, se  $N$  è la portata che raggiunge la superficie:*

$$\mathbf{N} \cdot \mathbf{v} = \mathbf{q}_w \cdot \mathbf{v}$$

*con  $\mathbf{v}$  il versore normale alla superficie e  $\mathbf{q}_w$  la portata specifica dal lato del terreno.*

*Per un flusso verticale di portata  $N$ , si ha:*

$$\mathbf{N} \cdot \mathbf{v} = -N \nabla_z.$$

*Per un flusso di evaporazione di tasso  $E$ , si ha:*

$$\mathbf{N} \cdot \mathbf{v} = E \nabla_z$$

*Ed utilizzando per  $\mathbf{q}_w$  le equazioni ricavate precedentemente, si ottiene:*

$$N = - \left\{ K_w(\psi) \cdot \frac{\partial \psi}{\partial z} \right\}$$

*oppure:*

$$N = D_w(\theta_w) \cdot \frac{\partial \theta_w}{\partial z}$$

*In caso di superficie impermeabile si pone  $\mathbf{N} \cdot \mathbf{v} = 0$ .*

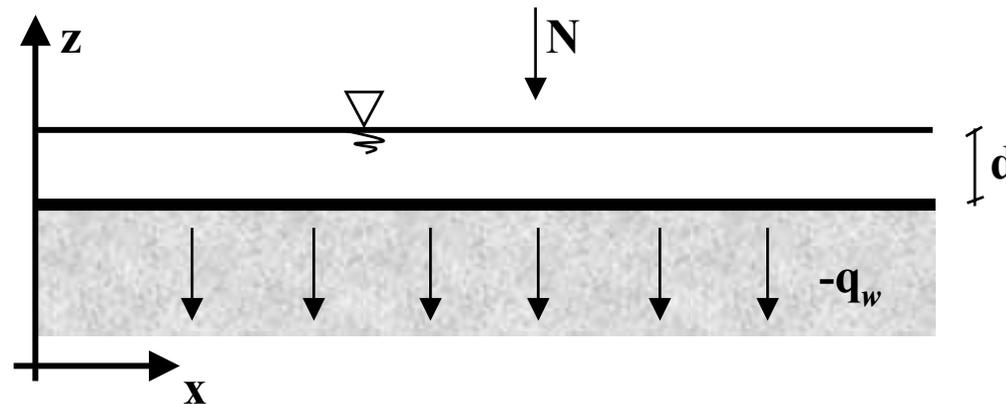
## IL MOTO NELLA ZONA INSATURA

- **Condizioni limite di imbibizione**

*Nel caso dell'imbibizione è possibile che si raggiunga il limite della capacità del suolo di ricevere acqua a seguito della portata imposta come condizione al contorno.*

*Se il tasso di accrescimento  $N$  su di una superficie (supposta orizzontale) supera un certo valore, l'acqua inizia a ristagnare in superficie (PONDING).*

*Ciò si verifica quando  $N = K_0$  (ovvero a saturazione)*



*A quel punto,  $\theta_w$  raggiunge il valore di saturazione alla superficie,  $\psi = 0$ ,  $\partial\psi/\partial z = 0$ , ed il flusso verso il basso (portata specifica) è uguale a  $K_0$ .*

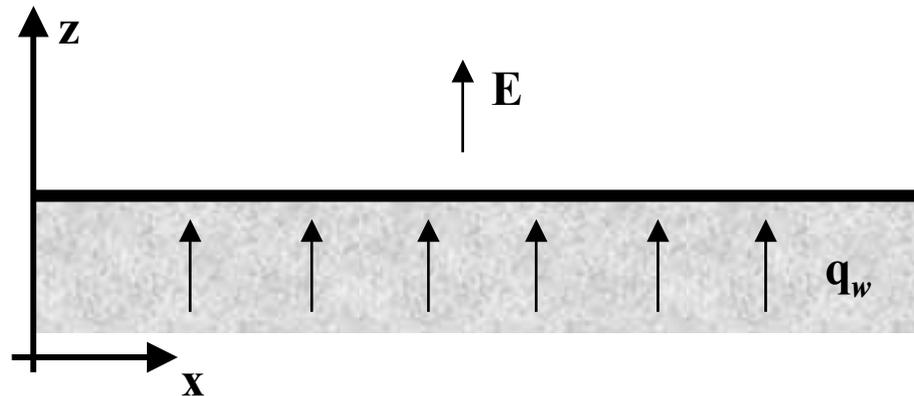
*Se  $N > K_0$  si verifica il ristagno dell'acqua in superficie ed il conseguente ruscellamento, e la condizione al contorno diventa una condizione di primo tipo (carico o contenuto di umidità assegnato).*

## IL MOTO NELLA ZONA INSATURA

- **Condizioni limite di drenaggio**

*Nel caso del drenaggio (per evaporazione) il flusso in grado di fuoriuscire dalla superficie del suolo è limitato dalla capacità del suolo di far risalire l'acqua verso la superficie. Il flusso effettivo (che può essere solo una frazione dell'evaporazione potenziale) è governato dalla permeabilità del suolo che a sua volta dipende dal contenuto di umidità e dal gradiente di umidità alla superficie.*

*Per valori bassi di  $E$  si instaura una condizione al contorno del secondo tipo, ed all'aumentare di  $E$  si raggiunge il punto in cui il contenuto di umidità è minimo,  $\theta_w = \theta_{w0}$ , per cui  $K(\theta_w) = 0$  e  $\nabla\theta_w \rightarrow \infty$ .*



*In entrambi i casi si raggiunge una condizione limite ad un certo istante di tempo incognito, che si ottiene massimizzando il valore assoluto del flusso d'acqua, con il rispettivo segno.*

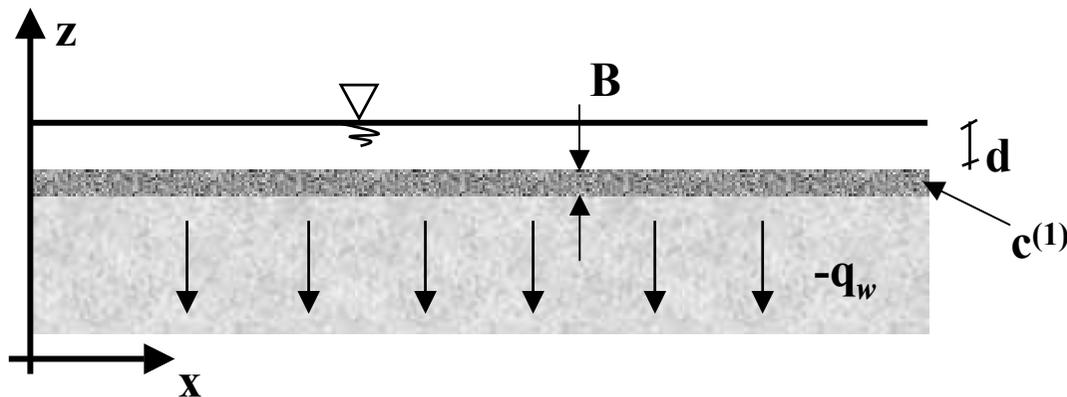
## IL MOTO NELLA ZONA INSATURA

### ☑ Condizione al contorno del III Tipo (Cauchy)

*Quando il dominio fluido è confinato da uno strato semi-permeabile di mezzo poroso di spessore  $B$  con resistenza  $c^{(1)}$ .*

*Ad esempio ciò si verifica sul fondo di un invaso per la ricarica artificiale dell'acquifero.*

*La condizione di continuità all'interfaccia con il mezzo insaturo impone:*



$$\mathbf{q}_w \cdot \mathbf{v} = \frac{\phi - \phi_0}{c^{(1)}}$$

*dove  $\phi$  e  $\phi_0$  sono i carichi piezometrici sopra e sotto allo strato semi-permeabile.*

*Per un contorno orizzontale e mezzo isotropo, la condizione al contorno assume la forma:*

$$K_w(\psi) \cdot \frac{\partial \psi}{\partial z} + \frac{\psi}{c^{(1)}} = \frac{B + d}{c^{(1)}}$$

## IL MOTO NELLA ZONA INSATURA

La formulazione del problema del moto in mezzo insaturo comprende:

1. individuazione del *dominio di moto*  $D$ , e del suo contorno  $B$ ;
2. Definizione delle opportune variabili di stato;
3. definizione di un'appropriata *equazione di continuità* per la fase liquida e per la fase aeriforme;
4. Definizione delle opportune *equazioni del moto*;
5. Individuazione dei dati relativi alla curva di ritenzione ed alla permeabilità effettiva, nonché dei *valori di tutti i coefficienti* coinvolti;
6. definizione delle *condizioni iniziali* per problemi di transitorio;
7. definizione delle *condizioni al contorno*, ai confini del dominio  $D$

La definizione di tali elementi consente di formulare completamente un *problema di flusso* o un *modello di flusso* nel caso di mezzo insaturo.

*Se il dominio fluido è costituito da regioni con diverse caratteristiche (omogenee) del mezzo poroso (ad es. un mezzo stratificato), si impone che in tutti i punti dell'interfaccia sia la componente normale del flusso che le pressioni coincidano:*

$$p_{w_1} = p_{w_2} \quad ; \quad q_{w_{1n}} = q_{w_{2n}}$$