

Τεχνητός Εμπλουτισμός

Εξισώσεις μόνιμης ροής για τα υβώματα υπόγειου νερού

Για επιμήκεις λεκάνες εμπλουτισμού

(μήκος τουλάχιστον πέντε φορές μεγαλύτερο του εύρους)

η ροή του υπόγειου νερού από τη ζώνη μπορεί να προσεγγιστεί ως γραμμική οριζόντια ροή (Dupuit-Forchheimer ροή).

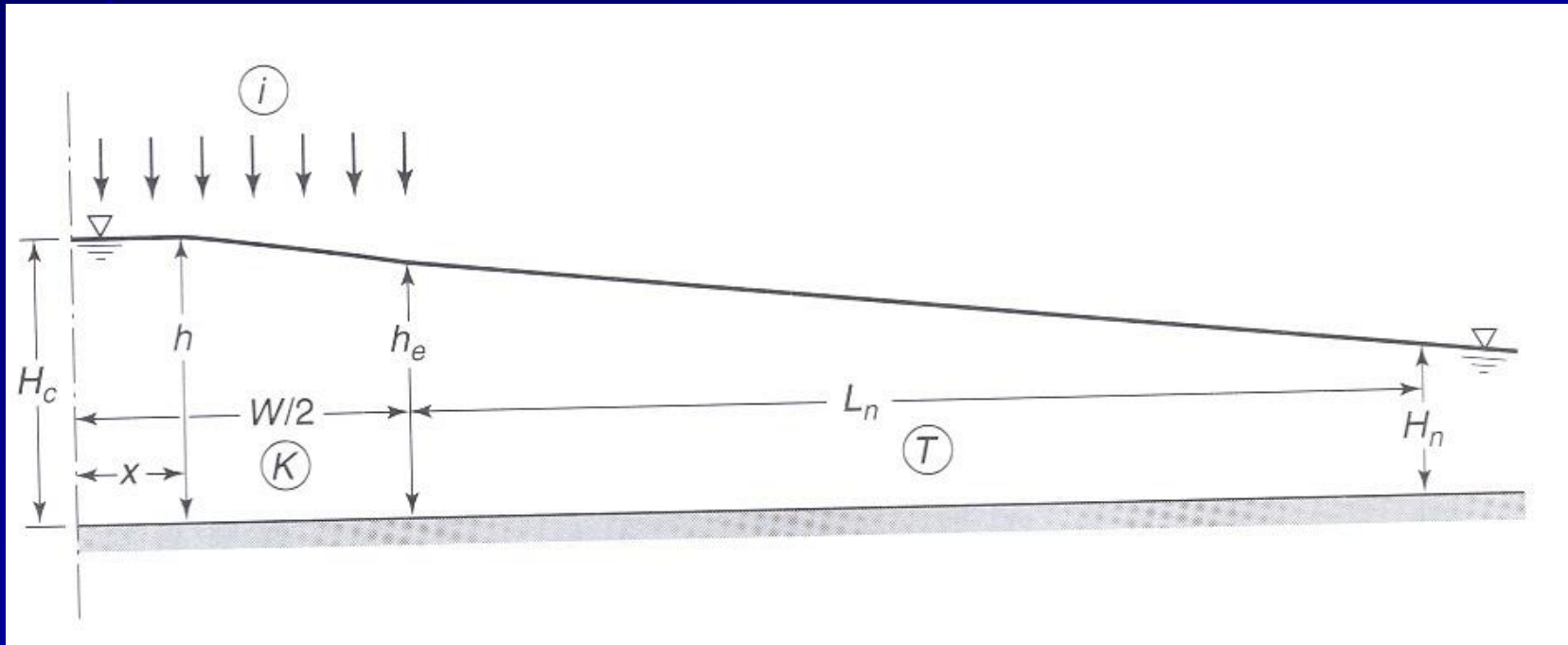
Κάτω από μια περιοχή κατείσδυσης, η πλευρική ροή, μπορεί να υποθεθεί ότι, αυξάνει γραμμικώς με την απόσταση από το κέντρο της (Σχήμα 1).

Η πλευρική ροή, μπορεί να υποθεθεί ότι, είναι σταθερή ανάμεσα στο όριο του συστήματος εμπλουτισμού σε απόσταση $\frac{W}{2}$

από το κέντρο και την σταθερή ελεγχόμενη υδροστατική επιφάνεια σε απόσταση L_n , από το όριο (Σχήμα 1). Στηριζόμενος στις υποθέσεις αυτές ο Bouwer ανέπτυξε μια εξίσωση για την τελική άνοδο του υβώματος του υπόγειου νερού κάτω από το κέντρο της ζώνης εμπλουτισμού σε κατάσταση ισορροπίας ανάμεσα στον εμπλουτισμό και τις απολήψεις από τον υδροφόρο.

$$H_c - H_n = \frac{iW}{2T} \left(\frac{W}{4} + L_n \right)$$

Όπου:
 H_c είναι το ύψος του υβώματος του υπόγειου νερού στο κέντρο της περιοχής εμπλουτισμού,
 H_n είναι το ύψος της υδροστατικής επιφάνειας στην περιοχή ελέγχου,
 i είναι ο μέσος ρυθμός κατείσδυσης στην περιοχή εμπλουτισμού,
 W είναι το εύρος της περιοχής εμπλουτισμού
 L_n είναι η απόσταση ανάμεσα στο όριο της περιοχής εμπλουτισμού και της περιοχής ελέγχου, και T είναι η μεταβιβαστικότητα του υδροφόρου.

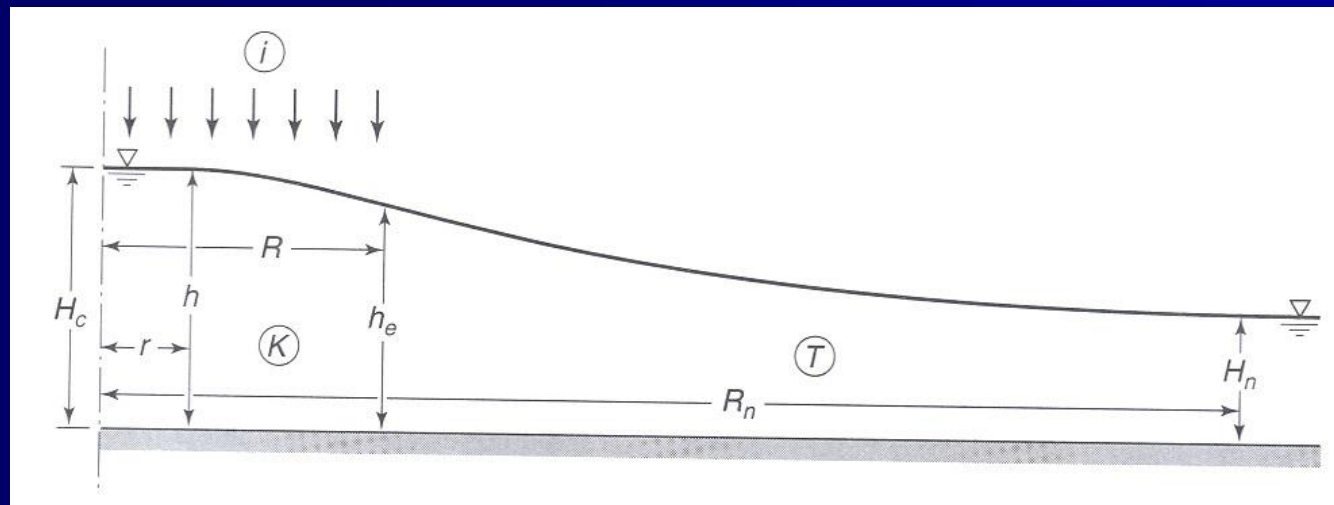


Σχήμα 1. Γεωμετρία και συμβολισμοί για το ύβωμα υπόγειου νερού κάτω από επιμήκη λεκάνη εμπλουτισμού.

Για μια **κυκλική ή με σχήμα τετραγώνου περιοχή εμπλουτισμού**, η ροή του υπόγειου νερού συμβαίνει σε μια ακτινωτή διεύθυνση. Ο Bouwer χρησιμοποίησε τη θεωρία της ακτινωτής ροής για να αναπτύξει μια εξίσωση για τη στάθμη (ύψος) ισορροπίας του υβώματος κάτω από το κέντρο του συστήματος εμπλουτισμού, πάνω από τη σταθερή στάθμη του υπόγειου νερού σε απόσταση R_n , από το κέντρο του συστήματος εμπλουτισμού.

$$H_c - H_n = \frac{iR^2}{4T} \left(1 + 2 \ln \frac{R_n}{R} \right)$$

Όπου R είναι η ακτίνα ή ισοδύναμη ακτίνα της περιοχής εμπλουτισμού και R_n είναι η απόσταση από το κέντρο της περιοχής εμπλουτισμού μέχρι την υδροστατική στάθμη της περιοχής ελέγχου (βλεπε Σχήμα 2).



Σχήμα 2 Γεωμετρία και συμβολισμοί για σύστημα εμπλουτισμού και για ύβωμα υπόγειου νερού.

Οι παραπάνω εξισώσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προσδιορίσουμε που θα μπορούσε να γίνει ανάκτηση του υπόγειου νερού και μέχρι ποιο βάθος της στάθμης του υπόγειου νερού θα μπορούσε αυτό να αντληθεί για να μη διατηρηθεί το ύψωμα τόσο υψηλό. Αυτές οι εξισώσεις μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό των διαστάσεων των λεκανών εμπλουτισμού και για τον προσδιορισμό των επιτρεπτών ρυθμών εμπλουτισμού (κατείσδυσης).

Παράδειγμα 1

Η κατασκευή μιας λεκάνης εμπλουτισμού 300m x 2500m προτείνεται σε μια νέα περιοχή.

Ο ρυθμός εμπλουτισμού είναι 63.000.000 m³/έτος.

Το βάθος του φυσικού υπόγειου νερού στην περιοχή είναι 46 m και το κορεσμένο πάχος του υδροφόρου είναι 20 m.

Η μεταβιστατικότητα του υδροφόρου $T = 2200 \text{ m}^2/\text{day}$.

Εάν η μέγιστη επιτρεπτή άνοδος του υβώματος εμπλουτισμού είναι 38 m, πόσο μακριά από την κεντρική γραμμή της λεκάνης εμπλουτισμού θα μπορούσαμε να εγκαθιδρύσουμε την περιοχή ελέγχου;

Λύση

Καθώς $L/W = 2500 \text{ m}/300 \text{ m} = 8,3 > 5$, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την εξίσωση του Bouwer.

Δίνονται:

$(H_c)_{\max} = 20 \text{ m} + 38 \text{ m} = 58 \text{ m}$, $H_n = 20 \text{ m}$, $W = 300 \text{ m}$, $T = 2200 \text{ m}^2/\text{day}$, και

$$i = \frac{630000000 \text{ m}^3 / \text{year}}{(300 \text{ m} \times 2500 \text{ m})} = 84 \text{ m} / \text{year} = 0,23 \text{ m} / \text{day}$$

$$H_c - H_n = \frac{iW}{2T} \left(\frac{W}{4} + L_n \right)$$

$$58 \text{ m} - 20 \text{ m} = \frac{(0,23 \text{ m} / \text{day})(300 \text{ m})}{(2)(2200 \text{ m}^2 / \text{day})} \left(\frac{300 \text{ m}}{4} + L_n \right)$$

$$L_n = 2350 \text{ m}$$

Έτσι, η περιοχή ελέγχου θα εγκαθιδρυθεί σε απόσταση $2350 \text{ m} + 150 \text{ m} = 2,5 \text{ km} = 2500 \text{ m}$ ή πλησιέστερα από την κεντρική γραμμή της λεκάνης εμπλουτισμού

Παράδειγμα 2

Μια κυκλική περιοχή εμπλουτισμού ακτίνας 500 m πρόκειται να κατασκευαστεί πάνω σ' ένα ελεύθερο υδροφόρο όπου το βάθος του νερού είναι 73 m.

Εάν ο ρυθμός εμπλουτισμού εκτιμάται σε 0,14 m/day και το ύψωμα του υπόγειου νερού θα πρέπει να διατηρηθεί σε βάθος τουλάχιστον 10 m κάτω από τον πυθμένα της λεκάνης εμπλουτισμού,

να προσδιορίσετε την απόσταση από το κέντρο της περιοχής εμπλουτισμού της περιοχής ελέγχου όπου θα διατηρηθεί η αρχική στάθμη της υδροστατικής επιφάνειας.

Η μεταβιβαστικότητα του υδροφόρου είναι 440 m²/day

Λύση

Δίνονται οι ακόλουθες πληροφορίες:

$$(H_c - H_n)_{\max} = 73 \text{ m} - 10 \text{ m} = 63 \text{ m},$$

$$i = 0,14 \text{ m/day},$$

$$R = 500 \text{ m},$$

$$T = 440 \text{ m}^2/\text{day}$$

$$H_c - H_n = \frac{iR^2}{4T} \left(1 + 2 \ln \frac{R_n}{R} \right)$$

$$63 \text{ m} = \frac{(0,14 \text{ m/day})(500 \text{ m})^2}{4(440 \text{ m}^2/\text{day})} \left(1 + 2 \ln \frac{R_n}{500} \right)$$

$$\mathbf{R_n = 1478 \text{ m}}$$