

ΣΤΡΑΤΗΓΙΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

- Σαμαρίνας Ν.
- Ευαγγελίδης Χ.



ΚΙΝΗΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

Ρευστά

```
graph TD; A[Ρευστά] --> B[Δυναμική ενέργεια]; A --> C[Ενέργεια πίεσης]; A --> D[Κινητική ενέργεια];
```

Δυναμική ενέργεια

Ισούται με z , που είναι η υψομετρική διαφορά από την αφετηρία μέτρησης των υψομέτρων

Ενέργεια πίεσης

Ισούται με $\frac{p}{\gamma}$, με $\gamma = \rho \cdot g$
Όπου p είναι η πίεση του νερού στην υπόψη θέση και ρ η πυκνότητα του νερού.

Κινητική ενέργεια

Ισούται με $\frac{v^2}{2 \cdot g}$, Όπου g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας.

ΚΙΝΗΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

Στην υπόγεια υδραυλική το **σύνολο** της ολικής ενέργειας της μονάδας βάρους του νερού εκφράζεται με την εξίσωση:

$$h = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

Πολύ μικρές ταχύτητες του υπόγειου νερού

$$h = z + \frac{p}{\gamma}$$

Υδραυλικό
ή
πιεζομετρικό φορτίο

Η ροή πραγματοποιείται πάντοτε προς τα σημεία με μικρότερο υδραυλικό φορτίο

ΚΙΝΗΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

Ο Θεμελιώδης Νόμος του Darcy

Η παροχή Q είναι ανάλογη προς:

1. Την επιφάνεια A
2. Την διαφορά $h_1 - h_2$
3. Το αντίστροφο του μήκους L
4. Ένα συντελεστή αναλογίας K , ο οποίος ονομάζεται υδραυλική αγωγιμότητα.

$$Q = KA \frac{(h_1 - h_2)}{L} = -KA \frac{(h_2 - h_1)}{L}$$

Υδραυλική κλίση
 i

$$\frac{Q}{A}$$

Ταχύτητα Darcy ή ειδική παροχή q
(παροχή ανά μονάδα επιφανείας)

$$q = \frac{Q}{A} = -K \frac{(h_2 - h_1)}{L} = -Ki$$

ΚΙΝΗΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

Ειδικές περιπτώσεις στο Νόμο του Darcy

$$Q = KA \frac{(h_1 - h_2)}{L}$$

Οριζόντια Εδαφική στήλη

$$z_1 = z_2$$

$$Q = KA \frac{(p_1 - p_2)}{\gamma \cdot L}$$

Κατακόρυφη Εδαφική στήλη

$$h_1 = z_1 + \frac{p_1}{\gamma}$$

$$h_2 = z_2 + \frac{p_2}{\gamma}$$

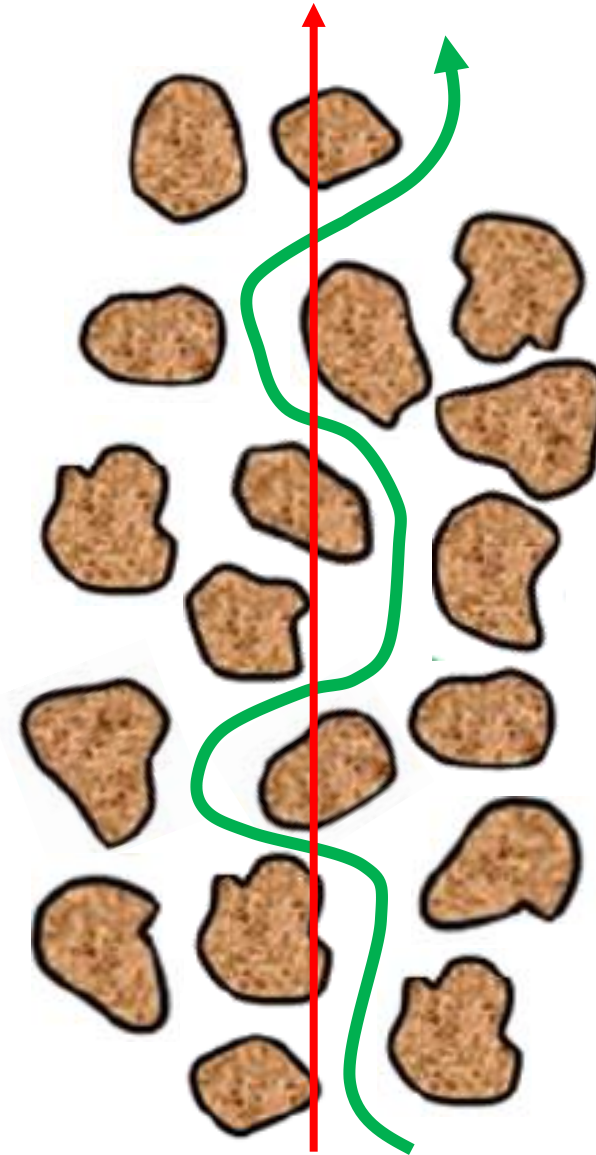
$$L = z_1 - z_2$$



$$Q = KA \left[\frac{(p_1 - p_2)}{\gamma \cdot L} + 1 \right]$$

ΚΙΝΗΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

Η ταχύτητα Darcy **ΔEN** παριστάνει την πραγματική ταχύτητα με την οποία κινείται το νερό στο πορώδες υλικό, αλλά είναι μια **ΥΠΟΘΕΤΙΚΗ** ταχύτητα, που ορίζεται από την παροχή που περνά από μια διατομή

Η **πραγματική ταχύτητα** μεταβάλλεται ακανόνιστα στη μικροκλίμακα των πόρων και ο νόμος του Darcy, ως **μακροσκοπικός νόμος, ΔEN** μπορεί να την περιγράψει.



	Θεωρητική διαδρομή
	Πραγματική διαδρομή

ΚΙΝΗΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

Εάν τώρα θεωρήσουμε την **πραγματική μέση ταχύτητα** δια μέσου των πόρων V , τότε η πραγματική διατομή που συμμετέχει στην κίνηση είναι:

$$A' = A \cdot n$$

Όταν πολλοί πόροι του εδάφους νεκροί



Ενεργό ή Αποτελεσματικό πορώδες

$$n_e < n$$

Δηλαδή το ποσοστό του πορώδους που περικλείει όλους τους πόρους που μετέχουν στην κίνηση

Πραγματική ταχύτητα ροής

$$q = \frac{Q}{A} = V \cdot n \Rightarrow V = \frac{q}{n_e}$$

ΚΙΝΗΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

Γενίκευση του Νόμου του Darcy

Ο Νόμος του Darcy μπορεί να γενικευθεί και για τρισδιάστατη ροή με τη μορφή:

$$\vec{q} = -K \cdot \text{grad } h = -K \nabla h$$

όπου

\vec{q} είναι το διάνυσμα ειδική παροχή ή ταχύτητα Darcy, K η υδραυλική αγωγιμότητα, h το πιεζομετρικό φορτίο και $\text{grad } h$ η κλίση του πιεζομετρικού φορτίου.

$$h = z + \frac{p}{\gamma} \quad \text{Σταθερή ποσότητα}$$

$$K \quad \text{Σταθερή αναλογίας}$$

Δυναμικό ταχύτητας

$$\Phi = -K \left(z + \frac{p}{\gamma} \right) = -Kh$$

ΚΙΝΗΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

Γενίκευση του Νόμου του Darcy

Από την παρακάτω διανυσματική εξίσωση:

$$\vec{q} = -K \cdot \text{grad } h = -K \nabla h$$

μπορούν να γραφούν οι **τρεις συνιστώσες ταχύτητας** του Νόμου του Darcy για οποιοδήποτε σύστημα συντεταγμένων

$$q_x = -K_x \frac{\partial h}{\partial x}$$

$$q_y = -K_y \frac{\partial h}{\partial y}$$

$$q_z = -K_z \frac{\partial h}{\partial z}$$

όπου K_x, K_y, K_z οι συντελεστές της υδραυλικής αγωγιμότητας στις x, y, z διευθύνσεις

ΠΕΔΙΟ ΙΣΧΥΟΣ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΤΟΥ DARCY

Ο Νόμος του Darcy δεν είναι παγκόσμιος και δεν έχει απεριόριστα όρια εφαρμογής

Μεγάλες ταχύτητες ροής \longrightarrow Μη γραμμική σχέση

Περιπτώσεις στρωτής ροής και με μικρές ταχύτητες \longrightarrow Συνθήκες ροής σε εδάφη ιλυώδη με λεπτά υλικά

Ο Νόμος του Darcy ισχύει κυρίως όταν ο αριθμός Reynolds παίρνει τιμές μικρότερες από μια κρίσιμη τιμή

Ο αριθμός Reynolds για τη ροή των ρευστών μέσα σε πορώδες υλικό ορίζεται από τη σχέση:

$$Re = \frac{q \cdot d}{\nu}$$

όπου q η ειδική παροχή ή ταχύτητα Darcy

d η μέση διάμετρος των κόκκων ή d_{10} ή d_{50}

ν το κινηματικό ιξώδες

ΠΕΔΙΟ ΙΣΧΥΟΣ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΤΟΥ DARCY

Για όλες τις περιπτώσεις της πράξεως έχει αποδειχθεί

$$1 < R_e < 10$$

Στην πράξη είμαστε **επιφυλακτικοί** ως προς την ισχύ του νόμου του Darcy σε υδροφόρα στρώματα από:

- χαλίκια,
- σχιστογενή και
- καρστικά πετρώματα κλπ.,

λόγω ύπαρξης μεγάλων αγωγών πορώδους,

καθώς και σε **κανονικά υδροφόρα στρώματα** στις περιοχές κοντά στα **τοιχώματα των φρεατίων ή των στραγγιστικών τάφρων**, όπου οι ταχύτητες είναι σχετικά μεγάλες λόγω της μεγάλης κλίσης του υδραυλικού φορτίου.

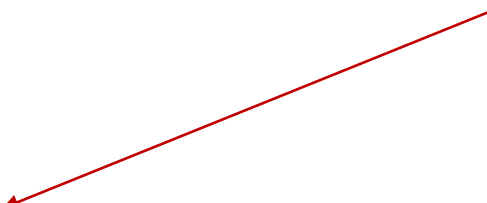
ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ

Η υδραυλική αγωγιμότητα K στον Ν. του Darcy είναι μια σταθερή αναλογίας

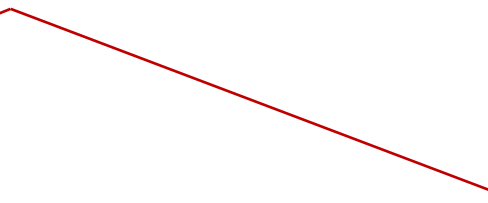


Η τιμή της παραμένει αμετάβλητη για το ίδιο δείγμα
πορώδους υλικού

Αν **μεταβληθούν** οι ιδιότητες του ρευστού
(ειδικό βάρος, συνεκτικότητα, γεωμετρικές ιδιότητες του πορώδους υλικού)



Ο Ν. Darcy εξακολουθεί
να ισχύει



Οι τιμές του K θα
μεταβληθούν

Ισότροπο

Εάν η υδραυλική αγωγιμότητα σ' ένα σημείο του εδάφους έχει την ίδια τιμή προς όλες τις διευθύνσεις.

Ομογενές και Ισότροπο

Εάν πάλι η αγωγιμότητα είναι η ίδια σε κάθε σημείο του εδάφους

Ανισότροπο

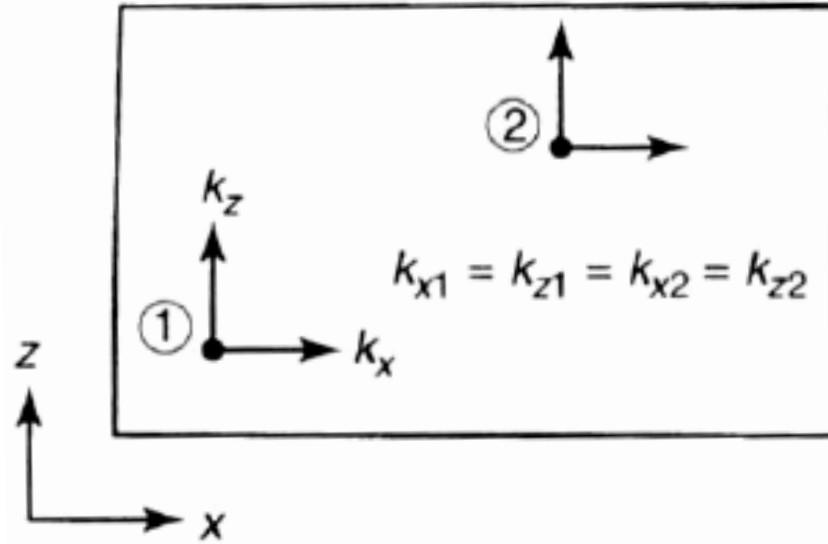
Εάν η υδραυλική αγωγιμότητα μεταβάλλεται με τη διεύθυνση

Ομογενή και Ανισότροπα

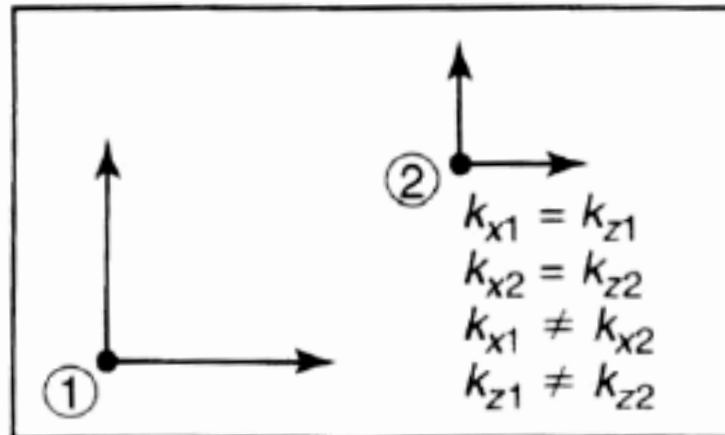
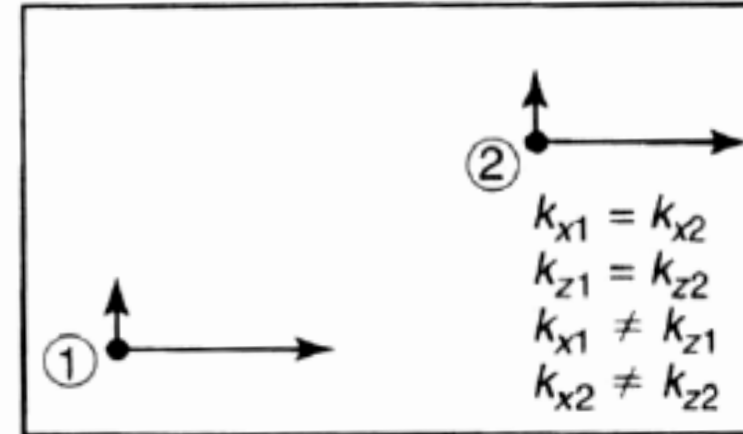
Υπάρχουν, επι πλέον εδάφη στα οποία η αγωγιμότητα εξαρτάται από τη διεύθυνση της ταχύτητας Darcy, αλλά η διεύθυνση αυτή είναι η ίδια σε όλα τα σημεία του χώρου.

ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ

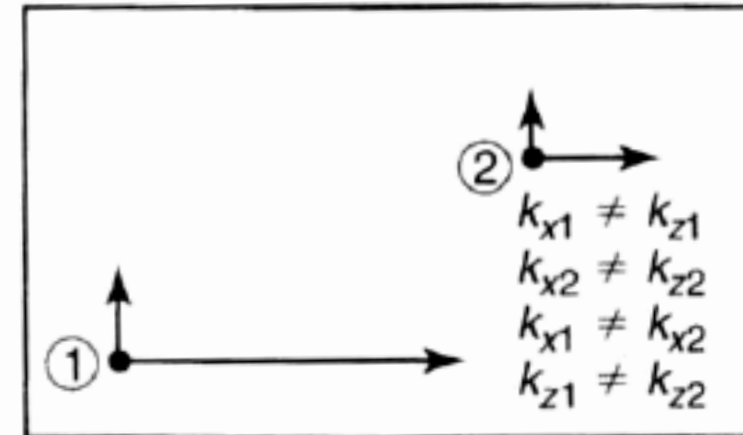
Homogeneous, isotropic



Homogeneous, anisotropic



Heterogeneous, isotropic



Heterogeneous, anisotropic

ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ

Αποδεικνύεται πως η υδραυλική αγωγιμότητα μπορεί να γραφεί με την μορφή:

$$K = k \frac{\rho \cdot g}{\mu}$$

όπου

k καλείται διαπερατότητα ή εσωτερική διαπερατότητα του πορώδους μέσου και εξαρτιέται από τις ιδιότητες του στερεού μητρώου (κατανομή των πόρων, μορφή, πορώδες κ.α.).

μ το δυναμικό ιξώδες με ($\nu = \frac{\mu}{\rho}$)

Διαπιστώνουμε λοιπόν πως η υδραυλική αγωγιμότητα είναι συνάρτηση και των ιδιοτήτων του ρευστού που ρέει στο πορώδες μέσο όπως η πυκνότητα και το δυναμικό ιξώδες

ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ

Εάν επιθυμούμε να βρούμε την τιμή της υδραυλικής αγωγιμότητας σε διαφορετική θερμοκρασία-κινηματικό ιξώδες τότε:

ας υποθέσουμε πως γνωρίζουμε την τιμή της υδραυλικής αγωγιμότητας στην θερμοκρασία των 20°C και θέλουμε να υπολογίσουμε σε θερμοκρασία $x^{\circ}\text{C}$.

Θα ισχύει ότι:

$$K_{20} = K_x \cdot \frac{\nu_x}{\nu_{20}}$$