**Συμπλήρωμα**

**Κίνηση εδαφικού νερού. Μαθηματικό πλαίσιο.**

Το εδαφικό νερό μετέχει σε διαρκή κίνηση. Επειδή η ταχύτητα είναι συνήθως μικρή η κινητική ενέργεια είναι αμελητέα. Η κίνηση του νερού οφείλεται στη διαφορά δυναμικής ενέργειας από τη μία θέση στην άλλη. Το νερό είναι «έξυπνο» και κινείτε από υψηλή σε χαμηλή ενέργεια, δηλαδή κινείται προς τη διεύθυνση της ελαττούμενης δυναμικής ενέργειας

Το δυναμικό εδώ εκφράζεται ως ενέργεια ανά μονάδα βάρους Ψ

**Ολικό δυναμικό εδαφικού νερού**

Ψ = Ψg + Ψp + ΨD

Ωσμωτικό δυναμικό,

(αμελητέο σε εμάς)

Δυναμικό βαρύτητας

Δυναμικό πίεσης

* Ψg = z (από ένα σημείο αναφοράς)

>0

για κορεσμένο έδαφος

* Ψp = h

< 0 για ακόρεστο έδαφος

(υπάρχει αέρας)

* Ψm = δυναμικό μύζισης (χρησιμοποιείται από πολλούς ως όρος ) για αρνητικές πιέσεις.

**Ακόρεστη περιοχή**

Σε ακόρεστες συνθήκες, το νερό δε θα ανέβει μέσα στο πιεζόμετρο. Η εξισορρόπηση του νερού εντός του τενσιομέτρου δείχνει ότι υπάρχει έλλειμμα πίεσης σε σχέση με την ατμοσφαιρική, η οποία εκφράζεται από το αρνητικό ύψος πίεσης **-h<0 (ή h<0 με άλλο συμβολισμό).**



 || ||

 Ψg Ψm

H = z + (-h) = Ψ

*Σχήμα 1. Σχέση υδραυλικού φορτίου, πίεσης και βαρύτητας σε κορεσμένο και ακόρεστο έδαφος.*

Το έλλειμμα πίεσης συνήθως μετράται με μηχανικό μανόμετρο, στήλες υδραργύρου ή νερού ή ηλεκτρονικούς μετατροπείς.

**Νόμος του Darcy σε ακόρεστη ροή για μονοδιάστατη ροή:**

$Q=K \frac{H\_{εισροής}-H\_{εκροής}}{L} ∙A=-K \frac{H\_{εκροής}-H\_{εισροής}}{L} ∙A=-K\frac{dH}{dL}A$*,*

*q=Q/A(μακροσκοπική παροχή ή ταχύτητα)*

Όπου:

*Q: παροχή*

*Κ = f(ϑ): υδραυλική αγωγιμότητα που τώρα είναι συνάρτηση όχι μόνο των χαρακτηριστικών του εδάφους αλλά και της περιεχόμενης υγρασίας*

*Η = z + h: πιεζομετρικό ύψος,*

 *με:*

*ϑ: υγρασία*

 *z: υψόμετρο αναφοράς*

 *h: ύψος πίεσης*

Η φορά της ροής είναι από μεγάλο δυναμικό προς το μικρότερο

Ως αγωγός λαμβάνεται το πoρώδες n, επομένως, η ταχύτητα δια μέσω των εδαφικών πόρων είναι v=q/n. Στις ακόρεστες ροές το πορώδες αντικαθίσταται με την περιεχόμενη εδαφική υγρασία.

**Εφαρμογή – 1 (Αντωνόπουλος, 2020)**

 Να προσδιοριστεί η κατεύθυνση κίνησης του νερού στο έδαφος και η ταχύτητα ροής σε δύο, ίδιου μήκους 50 cm, χαρακτηριστικές στήλες εδάφους (κατακόρυφη και οριζόντια). Στις στήλες παρατηρείται σταθερή ροή νερού με τα εξής χαρακτηριστικά: Ψm(Α) = -30 cm, Ψm(B) = -10 cm και Kw = 5 cm/day.

 Η εξίσωση υπολογισμού της (μακροσκοπικής) ταχύτητας του νερού είναι ίδια και για τις τρεις περιπτώσεις. Η τιμή της υδραυλικής αγωγιμότητας είναι επίσης ίδια. Διαφέρουν μόνο τα δυναμικά στις δύο άκρες της κάθε στήλης και η διαφορά δυναμικού.

 **Στην κατακόρυφη στήλη**, αν το επίπεδο αναφοράς είναι στο σημείο Β και ο άξονας των z θεωρείται ότι έχει φορά προς τα πάνω, τότε:

 H(Α) = Ψm + Ψg = -30 + 50 = +20 cm

 H(B) = Ψm + Ψg = -10 + 0 = -10 cm

*Κίνηση από το Α στο Β*

 ΔH/Δz = [H(B) - H(A)] / L = [-10-(20)]/50= -0.6 cm

 q = -Kw(ΔH/Δz) = - 5 (-0.6) = +3 cm/day, από το Α στο Β.



**Στην οριζόντια στήλη:**

 H(Α) = Ψm + Ψg = -30 + 0 = -30 cm

 H(B) = Ψm + Ψg = -10 + 0 = -10 cm

*Κίνηση από το B στο A*

 ΔH/Δz = [H(A) - H(B)] / 50= [-30-(-10)] / 50 = -0.4

 q = -Kw(ΔH/Δz) = - 5 (-0.4) = 2 cm/day, από το Β στο Α.

Πηγή άσκησης

|  |  |
| --- | --- |
| **Τίτλος:** | Υδρολογία της Ακόρεστης Ζώνης του Εδάφους |
| **Συγγραφείς:** | [Αντωνόπουλος Βασίλειος](https://ikee.lib.auth.gr/search?ln=el&c=FP&c=OPENCOURSES;c=Theses&sc=1&p1=%CE%91%CE%BD%CF%84%CF%89%CE%BD%CF%8C%CF%80%CE%BF%CF%85%CE%BB%CE%BF%CF%82%2C%20%CE%92%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%BB%CE%B5%CE%B9%CE%BF%CF%82&f1=author&op1=o&p2=AU:(AUTHAPM)0000001000064034&f2=authAPM&as=1) (Τμήμα Γεωπονίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης) |
| **Σελίδες:** | 33, 44, 45 |

**Γενικές εξισώσεις:**

Για κίνηση και προς τις τρεις διαστάσεις:

$$\frac{∂ϑ}{∂t}= \frac{∂}{∂x} \left(K\left(h\right)\frac{∂H}{∂x}\right)+\frac{∂}{∂y} \left(K\left(h\right)\frac{∂H}{∂y}\right)+\frac{∂}{∂z} \left(K\left(h\right)\frac{∂H}{∂z}\right) ή$$

$$\frac{∂ϑ}{∂t}= ∇\left(K\left(h\right)∇Η\right)$$

Όπου:

*ϑ: υγρασία*

*Η = z + h: πιεζομετρικό ύψος,*

*Οπότε:*

$$\frac{∂ϑ}{∂t}= \frac{∂}{∂x} \left(K\left(h\right)\frac{∂h}{∂x}\right)+\frac{∂}{∂y} \left(K\left(h\right)\frac{∂h}{∂y}\right)+\frac{∂}{∂z} \left(K\left(h\right)\left(\frac{∂h}{∂z}+1\right)\right) $$

*Kίνηση σε τρεις διαστάσεις-🡪 απλοποίηση μόνο κατακόρυφη κίνηση (διήθηση-🡪 υδρολογική προσέγγιση)*

**Βλπ. Τσακίρης, 2008**