

**Προσομοίωση του φαινομένου της υστέρησης λόγω εισρόφησης  
 (“πειραματική” μελέτη της επίδρασης του συντελεστή διαχωρισμού  $K_p$ )**

♦ Αρχικά (Βήμα 0), σε κάθε ένα από τα τρία πρώτα θρανία (οι τρεις «πηγές» ρύπανσης) εμφανίζονται 24 σοκολατάκια. Τα σοκολατάκια προωθούνται προς τα πίσω με τους «κανόνες μεταφοράς» που περιγράφονται στη συνέχεια. Στο πρώτο βήμα,

- στη σειρά θρανίων Α, το πρώτο θρανίο δίνει στο πίσω θρανίο τα  $\frac{3}{4}$  από τα σοκολατάκια του (δίνει 18) και κρατάει το  $\frac{1}{4}$  (δηλ. κρατάει τα υπόλοιπα 6): η αναλογία δίνω-συγκρατώ είναι 3:1 και παριστάνει συντελεστή διαχωρισμού  $\frac{1}{3} K_p$
- στη σειρά θρανίων Β, το πρώτο θρανίο δίνει στο πίσω θρανίο τα  $\frac{2}{3}$  από τα σοκολατάκια του (δίνει 16) και κρατάει το  $\frac{1}{3}$  (δηλ. τα υπόλοιπα 8): η αναλογία δίνω-συγκρατώ είναι 2:1 και παριστάνει συντελεστή διαχωρισμού  $\frac{1}{2} K_p$
- στη σειρά θρανίων Γ, το πρώτο θρανίο δίνει στο πίσω θρανίο το  $\frac{1}{2}$  από τα σοκολατάκια του (δίνει 12) και κρατάει το  $\frac{1}{2}$  (δηλ. τα υπόλοιπα 12): η αναλογία δίνω-συγκρατώ είναι 1:1 και παριστάνει συντελεστή διαχωρισμού  $K_p$ .

Στα επόμενα βήματα, κάθε θρανίο κρατάει το κλάσμα που αντιστοιχεί στη σειρά του και δίνει στο πίσω του θρανίο τα υπόλοιπα (αν δεν βγαίνει ακέραιο νούμερο, στρογγυλεύει αυτά που δίνει πάντα προς τα πάνω). Αυτή η «μεταφορά» των σοκολατακιών γίνεται ταυτόχρονα (δηλ. την ώρα που ένα θρανίο δίνει στο πίσω του θρανίο, ταυτόχρονα παίρνει από το μπροστά του, δηλ. δεν περιμένει να πάρει για να δώσει). Λόγω στενότητας χρόνου (περιμέναμε να έρθει κάποιος από τη γραμματεία να μοιράσει ερωτηματολόγια), καταγράφηκε μόνο ο αριθμός των σοκολατακιών στο «μέτωπο» του ρύπου. Στον Πίνακα 1 φαίνεται η κατανομή που πρέπει να έχουν τα σοκολατάκια στο μέτωπο του ρύπου για 3 χρονικά βήματα «μεταφοράς» σύμφωνα με τους πιο πάνω «κανόνες μεταφοράς».

Κατά τη διάρκεια του πειράματος έγιναν «πειραματικά μικρολαθάκια» στρογγυλοποίησης που δεν αλλάζουν όμως το συμπέρασμα: όσο πιο μεγάλος ο συντελεστής διαχωρισμού, τόσο πιο αργά κινείται ο ρύπος (ή, τόσο περισσότερο καθυστερεί). Από τον Πίνακα 1 είναι σαφές ότι ο ρύπος κινείται πιο αργά στη σειρά Γ. (Είναι σαφές; Αν όχι, βοηθάει ο Εικόνα 2;)

**Πίνακας 1.** Επίδραση του συντελεστή διαχωρισμού στην εξάπλωση ρύπων στο χώρο και στο χρόνο. Ο αριθμός σοκολατακιών αντιστοιχεί σε συγκέντρωση ρύπου. Στα θρανία Νο 1 (θρ. 1), δηλ. την πηγή της ρύπανσης, εμφανίζονται 24 σοκολατάκια τη χρονική στιγμή  $T=0$ . Το πείραμα προχωράει για 3 χρονικά βήματα (T).

<b>Σοκολατάκια στα θρανία</b>														
Σειρά θρανίων Α (3:1)				Σειρά θρανίων Β (2:1)				Σειρά θρανίων Γ (1:1)						
Συντελεστής διαχωρισμού $\frac{1}{3} K_p$				Συντελεστής διαχωρισμού $\frac{1}{2} K_p$				Συντελεστής διαχωρισμού $K_p$						
	T=0	T=1	T=2	T=3		T=0	T=1	T=2	T=3		T=0	T=1	T=2	T=3
θρ.1	<b>24</b>				θρ.1	<b>24</b>				θρ.1	<b>24</b>			
θρ.2		<b>18</b>			θρ.2		<b>16</b>			θρ.2		<b>12</b>		
θρ.3			<b>14</b>			θρ.3		<b>11</b>			θρ.3		<b>6</b>	
θρ.4				<b>11</b>	θρ.4			<b>7</b>		θρ.4			<b>3</b>	

Σημείωση: Το πείραμα 2007-2008 βελτιώθηκε (γιατί;) ως προς την «πιστότητα» αναπαράστασης του συντελεστή  $K_p$ .

**Εικόνες 1α και 1β.** Ενεργός μάθηση: σπουδαστές Περιβαλλοντικής Γεωτεχνικής κατά τη διεξαγωγή πειράματος μεταφοράς. Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, 24/11/2010.

(1α)

Σειρά Α



Επί το έργον

(1β)



Ο «ρυπαίνων» (πηγή της ρύπανσης) χαιρείται.

	Σειρά Γ	Σειρά Β	Σειρά Α	
$t=0$	11	21	31	0 μύρση απορρυπαντή (κατό!)
$t=t_1$ 2 <sup>ο</sup> δειγμ.	24	24	24	12 μύρση εξάλωση (κακό!)
$t=t_2$ 3 <sup>ο</sup> δειγμ.?	12	16	18	
$t=t_3$ 4 <sup>ο</sup> δειγμ.	6	11	14	
	3	7?	<del>10</del>	
				σωστό: 11

**Εικόνα 2.** Τα αποτελέσματα του πειράματος αποτυπωμένα στον πίνακα της τάξης. Παρατηρούμε ότι συγκέντρωση ίση (ακριβώς ή περίπου) με μισή αυτής της πηγής φτάνει, στον ίδιο χρόνο, πιο μακριά στη Σειρά Α, που κρατούσε τα λιγότερα σοκολατάκια. Ή, σε όρους μεταφοράς, μικρότερη εισρόφηση → περισσότερο κινητικός ρύπος.