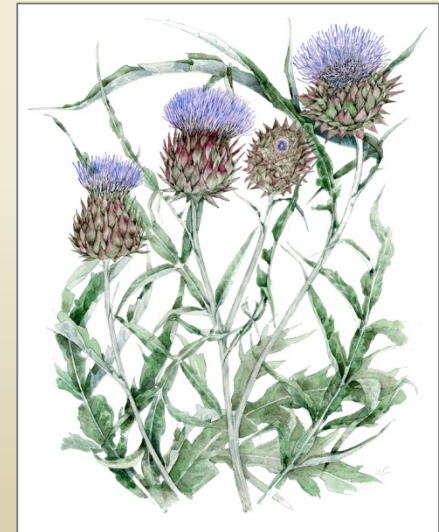
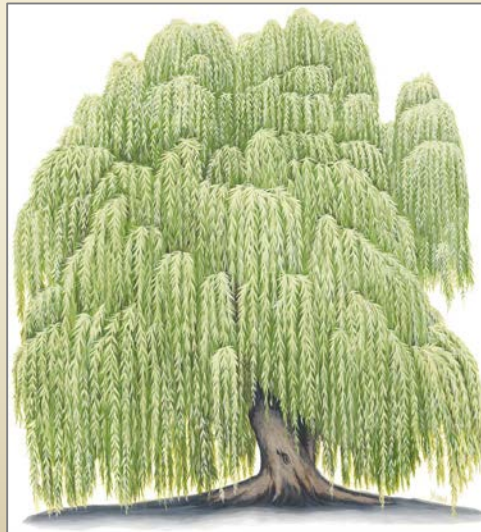




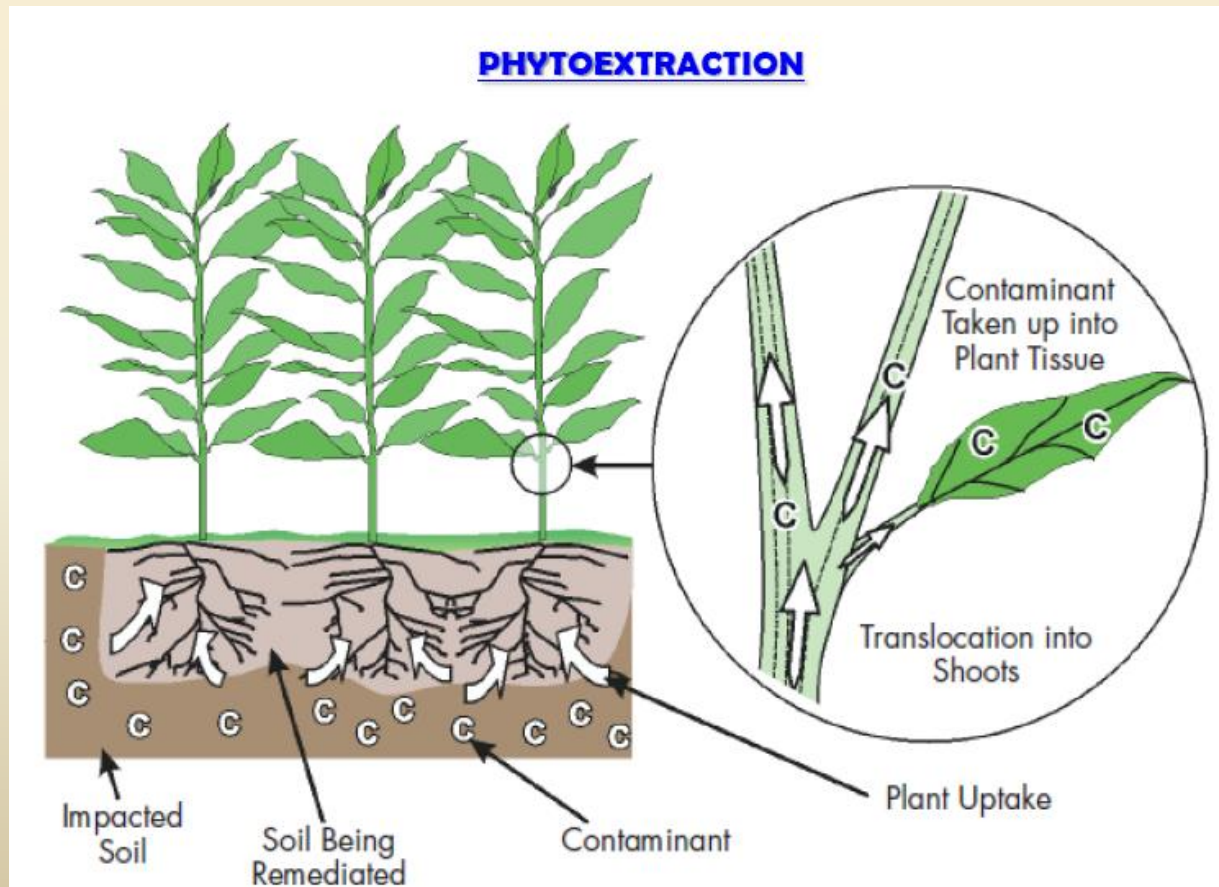
ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

Ελένη Γ. Παπάζογλου, email: elparazo@aua.gr

«ΒΙΟΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑ ΦΥΤΩΝ ΚΑΙ ΓΕΩΠΟΝΙΑ»



Φυτοεξαγωγή (Phytoextraction): είναι η χρήση φυτών, τα οποία έχουν την ικανότητα να μεταφέρουν και να συσσωρεύουν ρυπαντές (μέταλλα ή οργανικές ενώσεις) από το έδαφος στο υπέργειο τμήμα τους. Σε ορισμένες περιπτώσεις μπορούν να απομακρυνθούν και οι ρίζες.



Συντελεστής Βιοσυσσώρευσης (Bioaccumulation Factor): είναι ο λόγος της συγκέντρωσης του μετάλλου στο φυτό προς την ολική συγκέντρωση του μετάλλου στο έδαφος.

Ο συντελεστής αυτός δείχνει την ικανότητα ενός φυτού να απορρυπαίνει ένα έδαφος από τα βαριά μέταλλα, δηλαδή την ικανότητά του να απορροφά τα βαριά μέταλλα από το έδαφος και να τα μεταφέρει στο υπέργειο τμήμα του.

Συντελεστή Βιοσυσσώρευσης $>1 = [BM] \text{ αέριας βιομάζας} / [BM] \text{ έδαφος} >1$

Συντελεστής Μεταφοράς (Translocation Factor): είναι ο λόγος της συγκέντρωσης του μετάλλου στο υπέργειο τμήμα προς τη συγκέντρωση του μετάλλου στο ριζικό σύστημα.

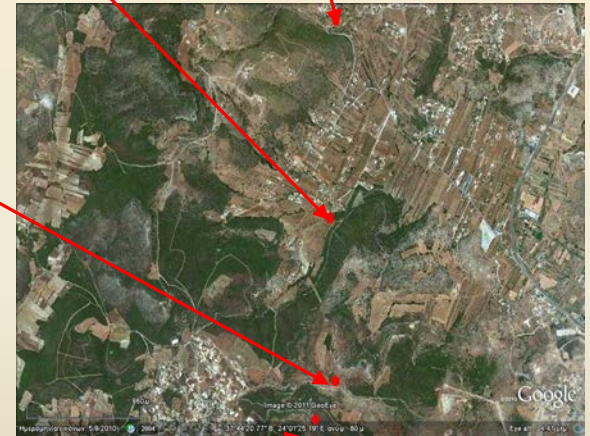
Ο συντελεστής αυτός δείχνει την ικανότητα του φυτού να μεταφέρει τα βαριά μέταλλα από το υπόγειο στο υπέργειο μέρος του και συνεπώς τη δυνατότητά του να δρα σαν φυτοεξυγιαντής του εδάφους.

Συντελεστής Μεταφοράς $>1 = [BM] \text{ αέριας βιομάζας} / [BM] \text{ ρίζας} >1$

Φυτά κατάλληλα για φυτοεξυγίανση:

- να αντέχει σε υψηλές συγκεντρώσεις μετάλλων,
- να συσσωρεύει μεγάλες ποσότητες μετάλλων στα συγκομιζόμενα τμήματά του,
- να έχει γρήγορο ρυθμό ανάπτυξης,
- να παράγει μεγάλη ποσότητα βιομάζας,
- να έχει βαθύ και πλούσιο ριζικό σύστημα
- να έχει γνωστές καλλιεργητικές τεχνικές





Συνολική έκταση 400 ha (=4000 στρ)

Λαυρεωτική, Ν. Αττική, 60 km NNA της Αθήνας

***Cynara cardunculus* L. (Asteraceae)**

Αγριαγκινάρα

Φυτό **ιθαγενές** της **Μεσογειακής ζώνης**. Βρίσκεται επίσης αυτοφυές σε πολλές χώρες όπως πχ. στη Βόρεια και Νότια Αμερική, την Αυστραλία και τη Νέα Ζηλανδία. Η καλλιέργειά της μπορεί να **αξιοποιήσει φτωχά και ξηρά εδάφη** και να προστατεύσει από τη διάβρωση και τη νιτρορύπανση.

Στη χώρα μας είναι ευρύτατα διαδεδομένο ως **πολυετές ζιζάνιο** με διάρκεια ζωής από 8-12 χρόνια.

Η αγριαγκινάρα είναι κατάλληλη για χρήση ως **λαχανικό** (άνθος, φύλλα), ως **ζωοτροφή** (φύλλα), ως **καλλωπιστικό**, για την παραγωγή **χαρτοπολτού** και την εξαγωγή ελαίου (σπόροι).

Εξαιτίας της υψηλής παραγωγής της σε βιομάζα, η αγριαγκινάρα είναι ένα **υποσχόμενο ενεργειακό φυτό** για παραγωγή στερεών κυρίως βιοκαυσίμων για ηλεκτρική ενέργεια και θερμότητα.



Επίδραση καδμίου και νικελίου στην αγριαγκινάρα

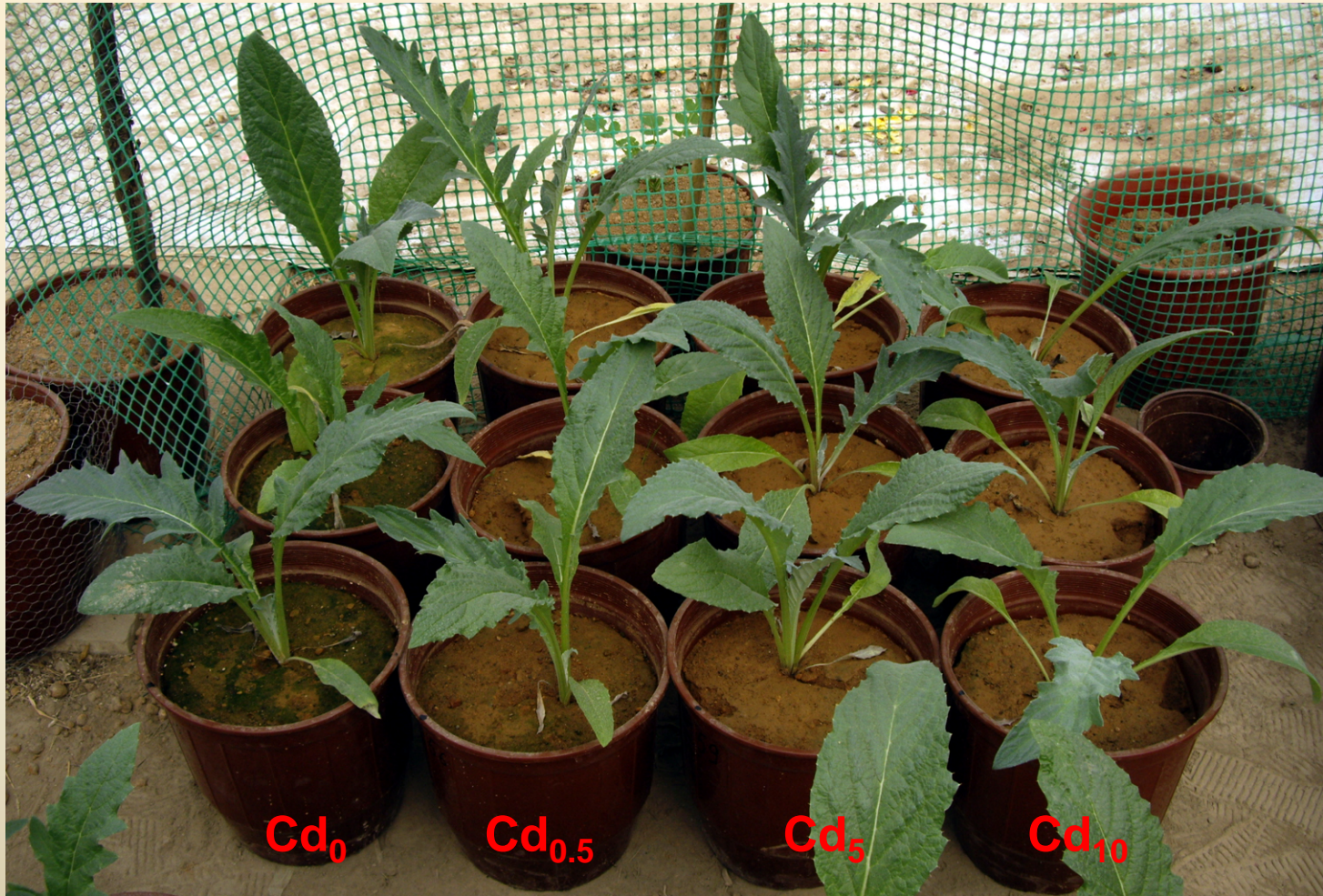
ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ (g of $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ or $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$)			
	<u>Ομάδα Α</u> $\text{Cd}_{\text{TREATMENT}}$	<u>Ομάδα Β</u> $\text{Ni}_{\text{TREATMENT}}$	<u>Ομάδα C</u> $\text{Cd-Ni}_{\text{TREATMENT}}$
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	Cd_0 : 0	Ni_0 : 0	$\text{Cd}_0\text{-Ni}_0$: 0 + 0
ΧΑΜΗΛΗ	$\text{Cd}_{0.5}$: 0.5	Ni_1 : 1	$\text{Cd}_{0.25}\text{-Ni}_{0.5}$: 0.25+0.5
ΜΕΣΑΙΑ	Cd_5 : 5	Ni_{10} : 10	$\text{Cd}_{2.5}\text{-Ni}_5$: 2.5 +5
ΜΕΓΑΛΗ	Cd_{10} : 10	Ni_{20} : 20	$\text{Cd}_5\text{-Ni}_{10}$: 5 +10

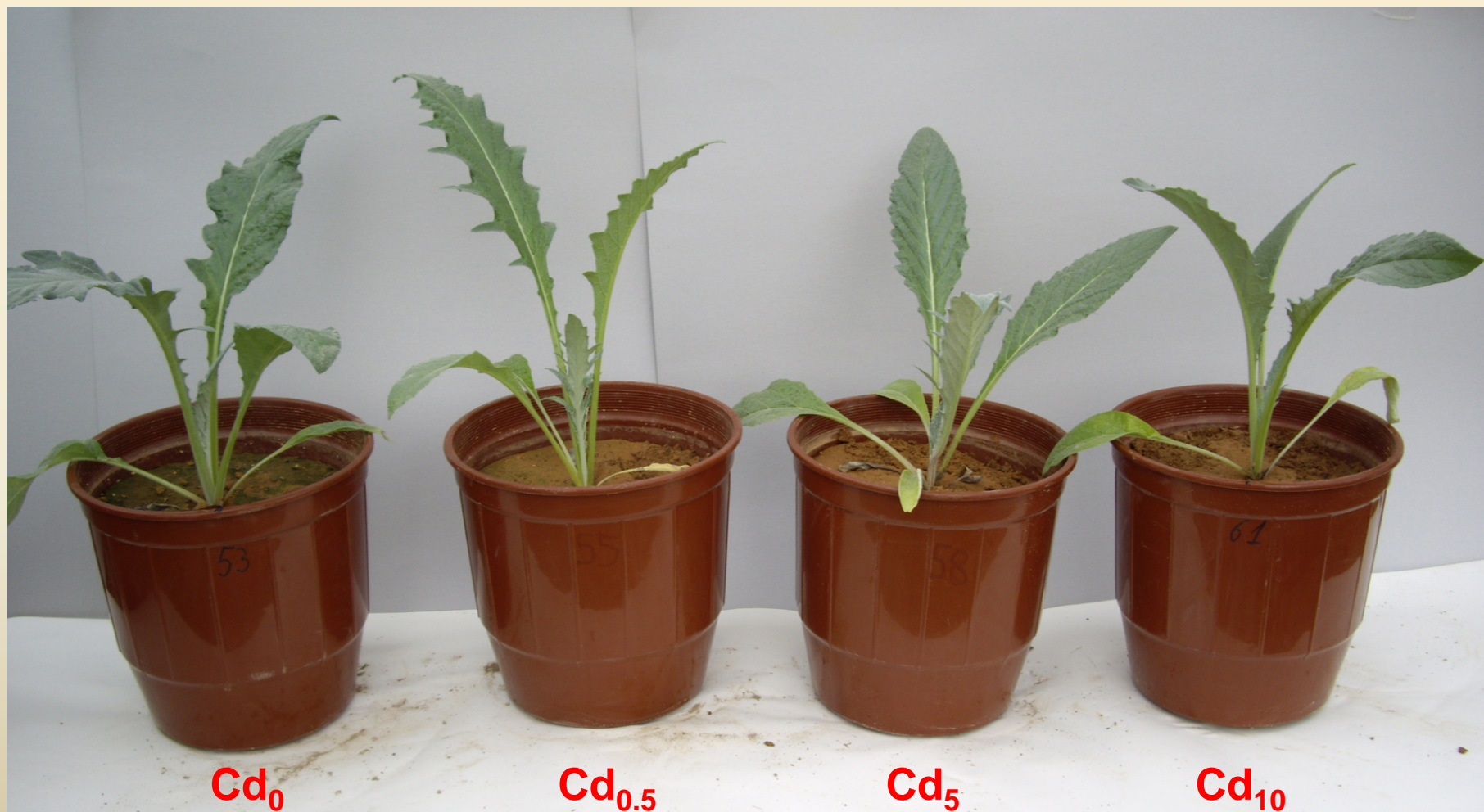


Συγκεντρώσεις Cd και Ni στο έδαφος (mg kg⁻¹)

ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ							
Ομάδα A / Cd _{TREATMENT}							
Cd ₀		Cd _{0.5}		Cd ₅		Cd ₁₀	
0.2±0.0 ^a		6.4±1.8 ^a		93.6±10.4 ^b		246.7±44.1 ^c	
Ομάδα B / Ni _{TREATMENT}							
Ni ₀		Ni ₁		Ni ₁₀		Ni ₂₀	
0.6±0.0 ^a		3.8±0.7 ^a		40.5±11.7 ^b		61.1±14.7 ^b	
Ομάδα C / Cd-Ni _{TREATMENT}							
Cd ₀ -Ni ₀		Cd _{0.25} -Ni _{0.5}		Cd _{2.5} -Ni ₅		Cd ₅ -Ni ₁₀	
Cd	Ni	Cd	Ni	Cd	Ni	Cd	Ni
0.2±0.0 a	0.5±0.0 A	10.0±1.3 a	3.4±0.9 A	70.7±15.0 a	28.3±9.5 ^A B	157.0±34.0 b	43.3±9.6 B

Η ανάπτυξη των φυτών δεν επηρεάστηκε από τις επεμβάσεις με κάδμιο





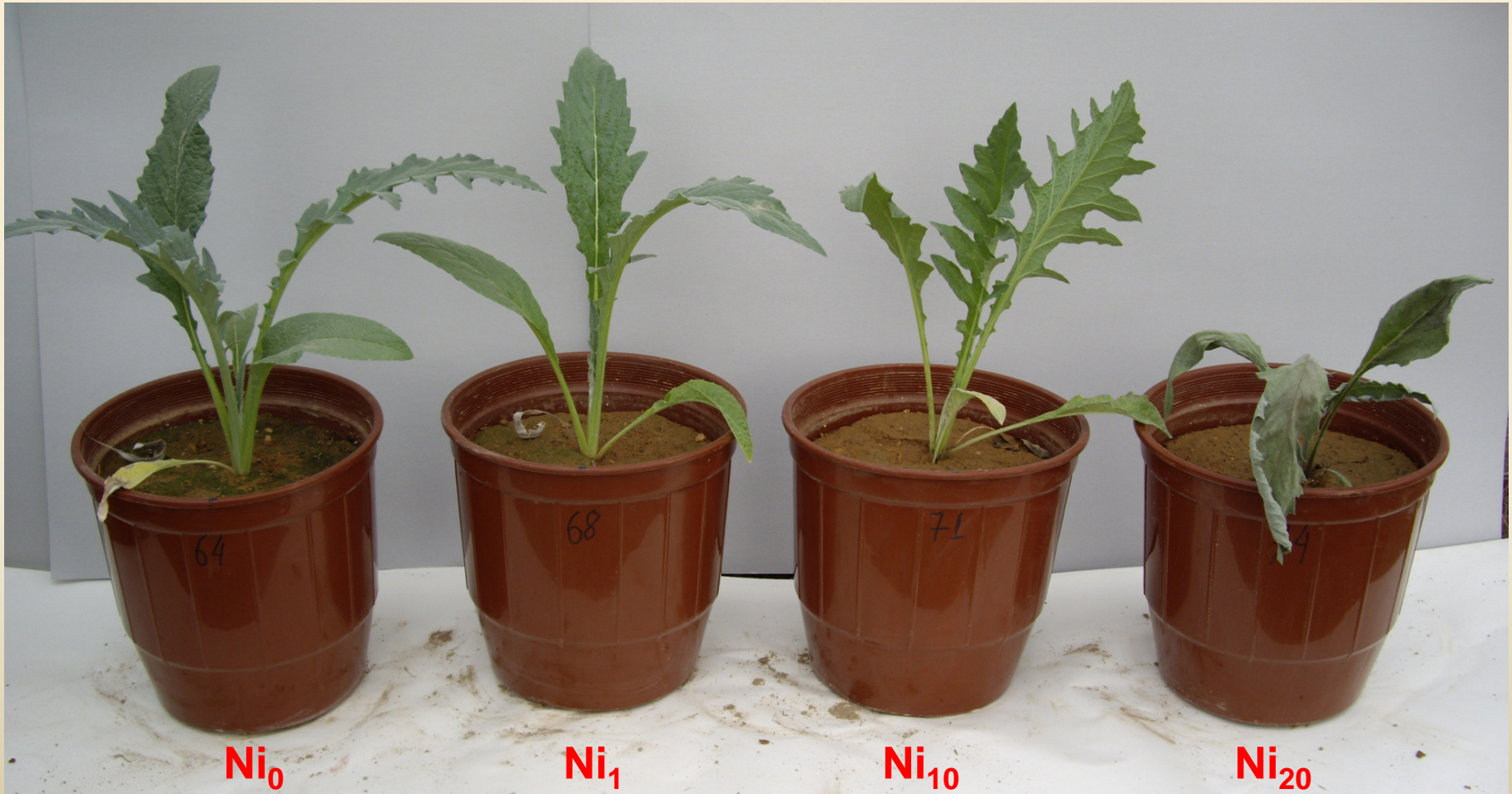
Cd₀

Cd_{0.5}

Cd₅

Cd₁₀

Η ανάπτυξη των φυτών επηρεάστηκε από τις επεμβάσεις
με νικέλιο



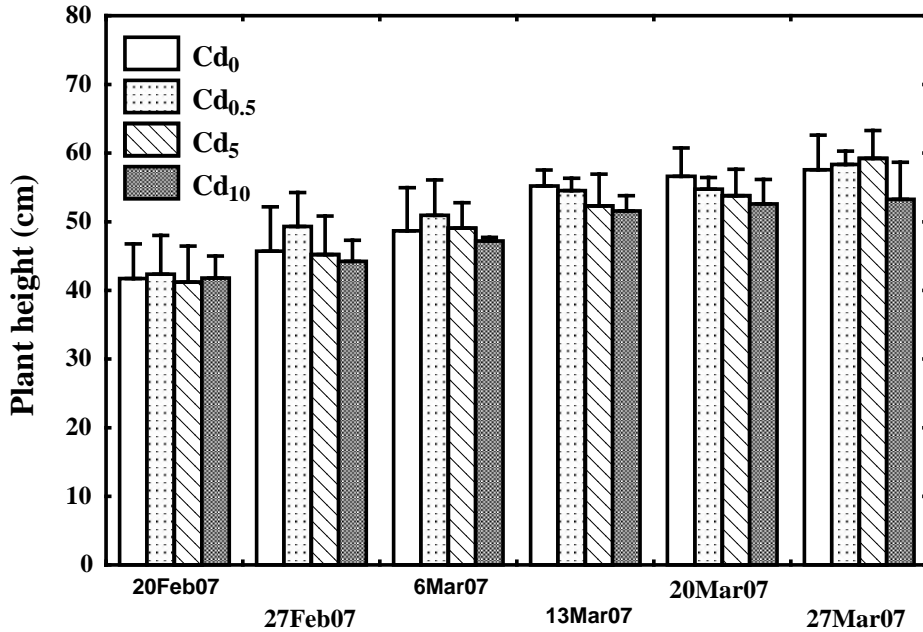
Συμπτώματα φυτοτοξικότητας Ni



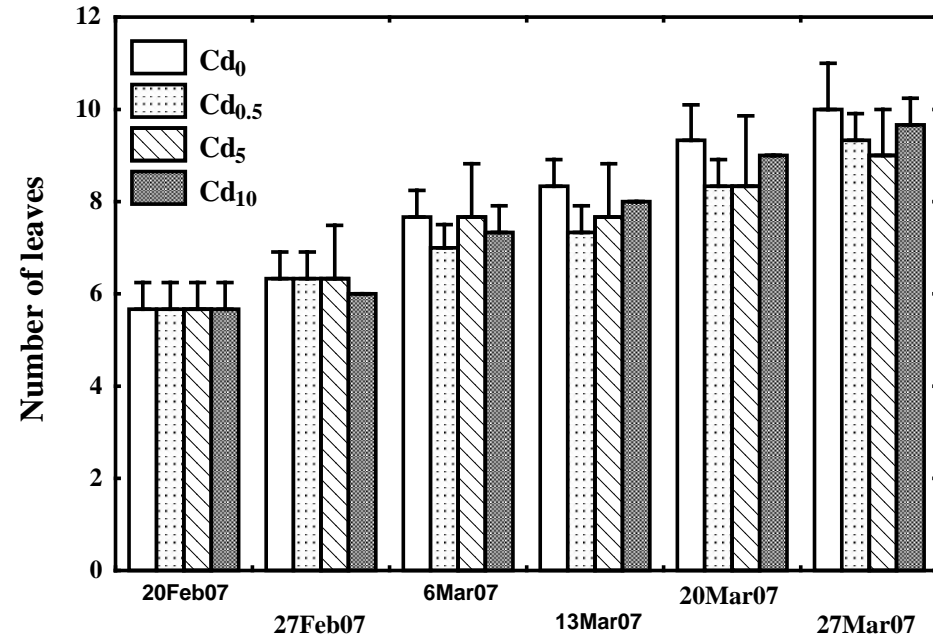
Επίδραση των Cd-Ni στα φυτά



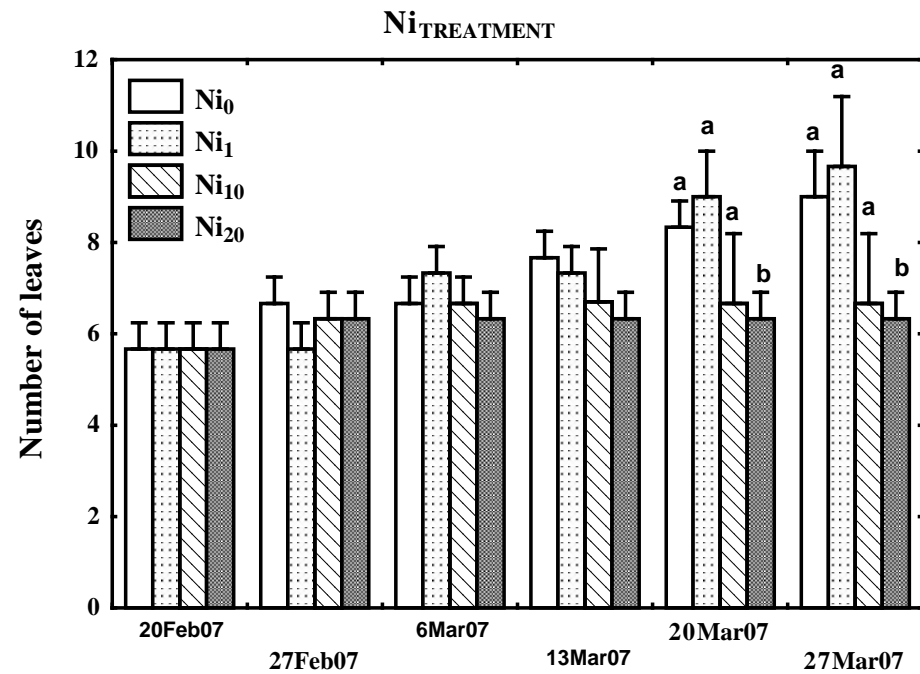
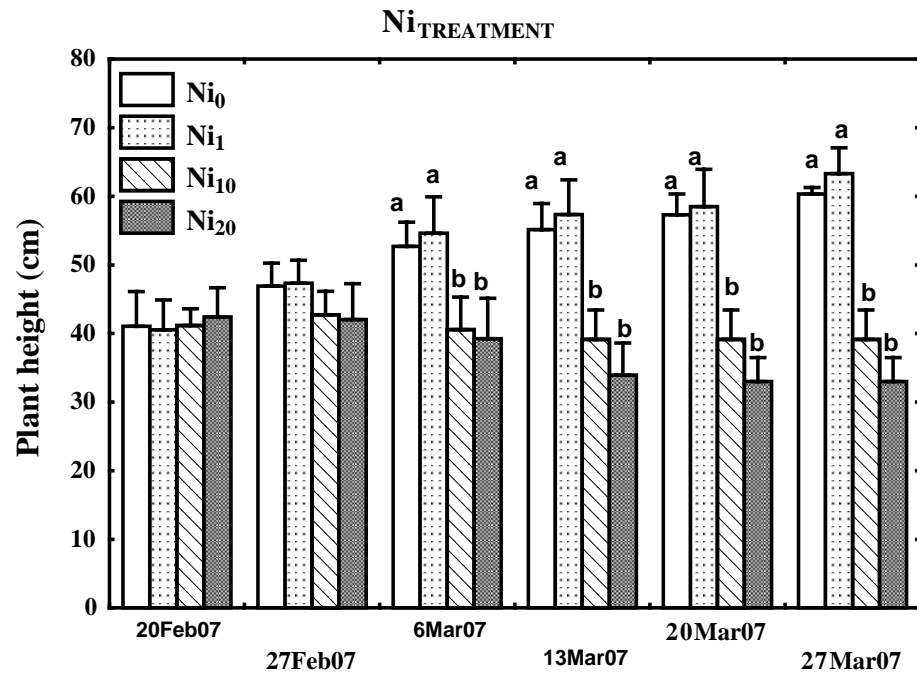
Cd_{TREATMENT}



Cd_{TREATMENT}

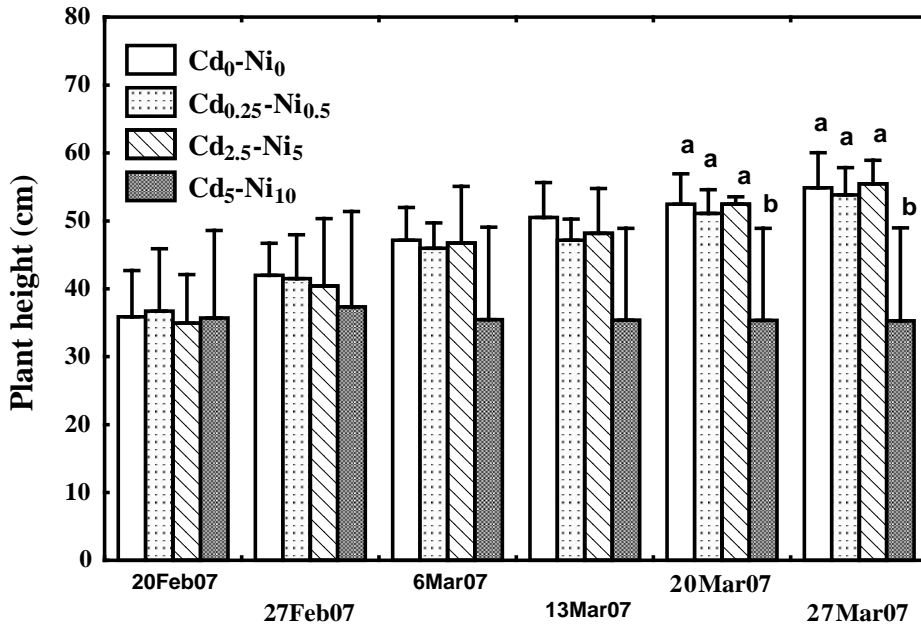


Επίδραση του Cd στο ύψος και στον αριθμό των φύλλων των φυτών αγριαγκινάρας
(average values ± standard deviation, $p < 0.05$)

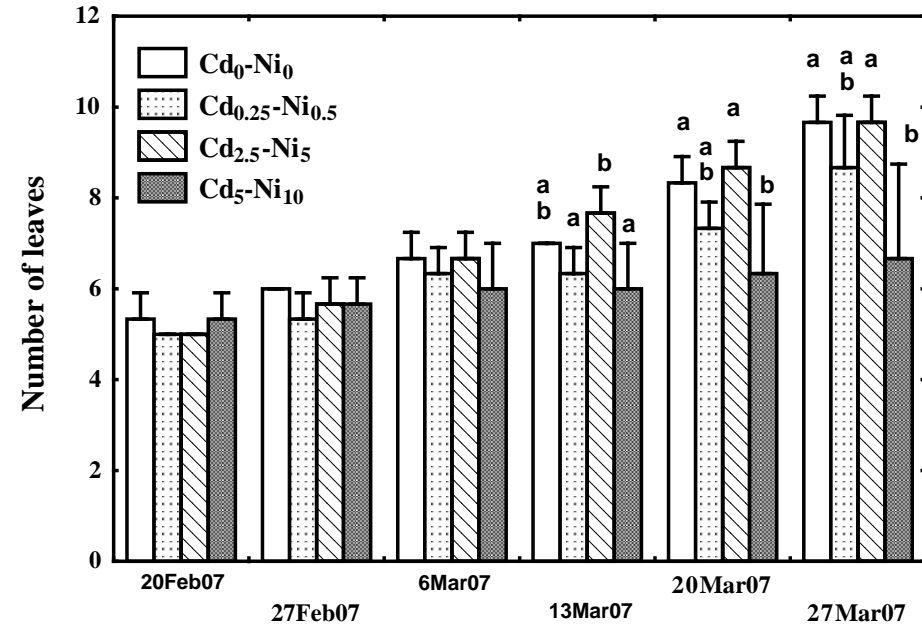


Επίδραση του νικελίου στο ύψος και στον αριθμό των φύλλων των φυτών αγριαγκινάρας
(average values \pm standard deviation, $p < 0.05$)

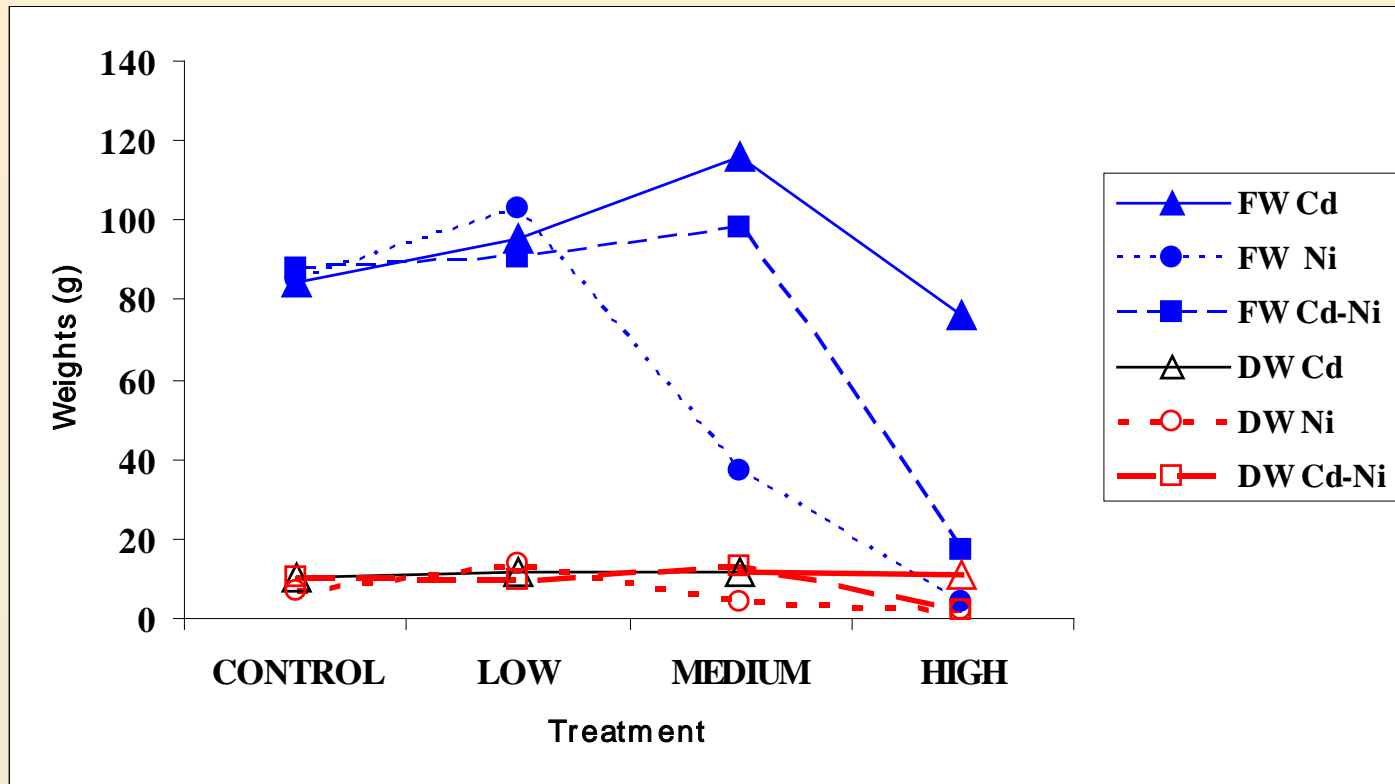
Cd-Ni TREATMENT



Cd-Ni TREATMENT



Επίδραση του συνδυασμού Cd+Ni στο ύψος και στον αριθμό των φύλλων των φυτών αγριαγκινάρας
(average values ± standard deviation, p<0.05)



**Νωπιά (FW) και ξηρά (DW) βάρη της υπέργειας βιομάζας των φυτών, όπως επηρεάστηκε από τις επεμβάσεις
(average values ± standard deviation, $p < 0.05$)**

	Αέρια βιομάζα	Ρίζες	Συντελεστής μεταφοράς (TF)
ΕΠΕΜΒΑΣΗ Cd (normal: 0.01–0.2 mg kg⁻¹)			
Cd ₀	0.4±0.1 ^a	0.5±0.1 ^a	0.8
Cd _{0.5}	13.6±1.9^a	2.5±1.1 ^a	5.4
Cd ₅	50.3±3.1 ^b	4.6±0.7 ^a	10.9
Cd ₁₀	169.3±21.9 ^c	33.2±5.4 ^b	5.1
ΕΠΕΜΒΑΣΗ Ni (normal: 0.1-5 mg kg⁻¹)			
Ni ₀	1.3±0.1 ^a	1.6±0.2 ^a	0.8
Ni ₁	9.3±1.9 ^a	7.8±2.0 ^b	1.2
Ni ₁₀	342.3±82.7 ^b	52.3±3.7 ^c	6.5
Ni ₂₀	-	-	-
ΚΑΔΜΙΟ ΣΤΗΝ ΕΠΕΜΒΑΣΗ Cd-Ni			
Cd ₀ -Ni ₀	0.5±0.1 ^a	0.8±0.3 ^a	0.6
Cd _{0.25} -Ni _{0.5}	8.1±1.2 ^a	1.9±0.5 ^a	4.3
Cd _{2.5} -Ni ₅	13.4±2.9 ^a	2.6±0.4 ^a	5.2
Cd ₅ -Ni ₁₀	235.0±47.9 ^b	70.4±8.1 ^b	3.3
ΝΙΚΕΛΙΟ ΣΤΗΝ ΕΠΕΜΒΑΣΗ Cd-Ni			
Cd ₀ -Ni ₀	2.8±0.9 ^a	1.1±0.3 ^a	2.5
Cd _{0.25} -Ni _{0.5}	5.7±1.0 ^a	3.1±0.5 ^a	1.8
Cd _{2.5} -Ni ₅	37.1±7.9 ^a	20.5±1.9 ^a	1.8
Cd ₅ -Ni ₁₀	440.7±56.3 ^b	133.4±46.7 ^b	3.4

Different letters show significant differences among treatments of each group

Εφαρμογή φυτοεξυγίανσης σε ρυπασμένη με κάδμιο περιοχή

Ρύπανση με Cd:

Συνολική έκταση: 400 ha = 4000 στρ = $4 \cdot 10^6 \text{ m}^2$

Βάθος ρύπανσης: 0,1 m

Όγκος εδάφους: $4 \cdot 10^5 \text{ m}^3$

Πυκνότητα εδάφους: 1000 kg/m^3

Βάρος 400 ha εδάφους: $4 \times 10^8 \text{ kg}$

Βιοδιαθέσιμο Cd στο έδαφος: 6,4 mg/kg

Συνολική συγκέντρωση Cd στην έκταση: 2560 kg

Φυτό που θα χρησιμοποιηθεί: *Cynara cardunculus* L.

Συγκέντρωση Cd στη βιομάζα: 13.6 mg/kg Ξ.Β.

Παραγωγή: 16 ton Ξ.Μ./ha

Απομάκρυνση: 217,6 g Cd /ha

Απομάκρυνση από τα 400 ha: 87 kg Cd ανά έτος

Πόσα έτη χρειάζονται για πλήρη απομάκρυνση:

$$2560 \text{ kg} / 87 \text{ kg Cd ανά έτος} = \sim 29 \text{ έτη}$$