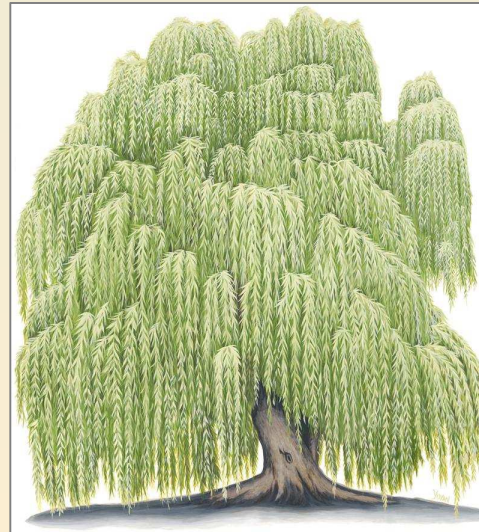




## *Ενεργειακές καλλιέργειες και απορρύπανση περιβάλλοντος*





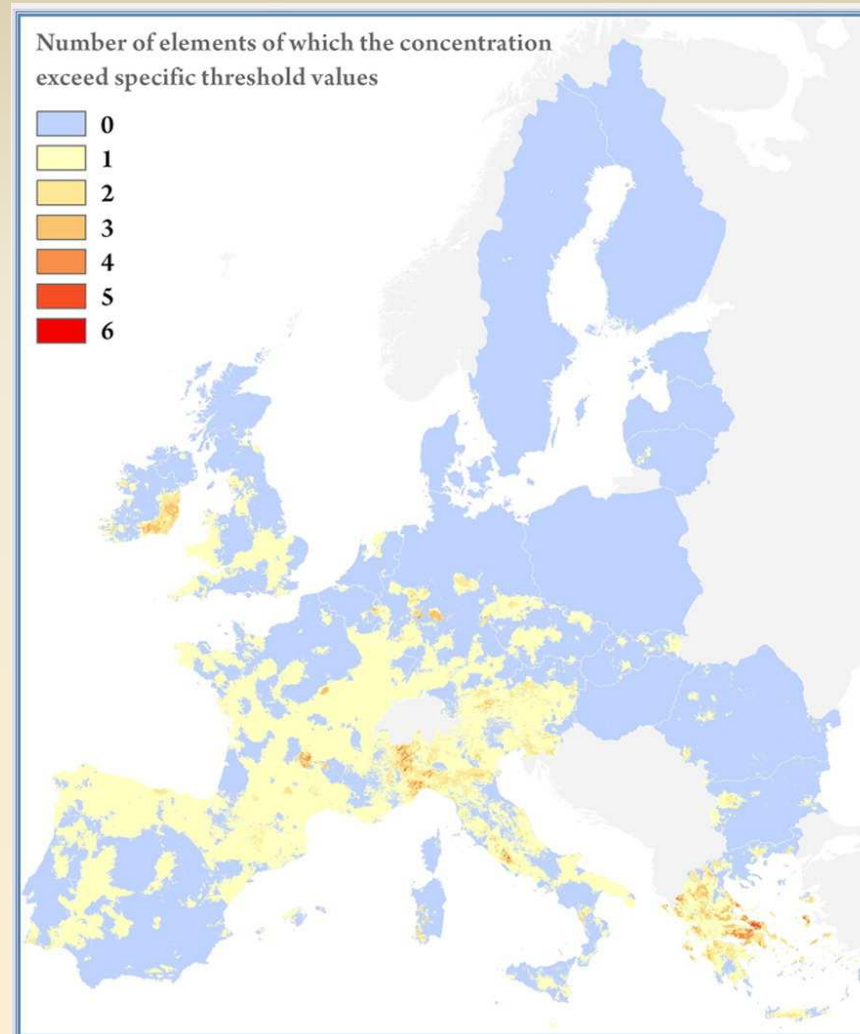
## Το πρόβλημα....

Επιβαρυμένες περιοχές στην Ευρώπη: 2.5 εκατομμύρια  
Συνολική έκταση με έναν ή περισσότερους ρυπαντές πάνω από  
το επιτρεπόμενο όριο: 1.2 εκατομμύρια km<sup>2</sup>

28.3% της συνολικής έκτασης της ΕΕ

Κυριότεροι ανόργανοι ρυπαντές: As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn,  
Sb, Co και Ni

*Tóth, G., Jones, A., Montanarella, L., 2013. LUCAS topsoil survey – methodology, data and results. EUR 26102 EN. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.*



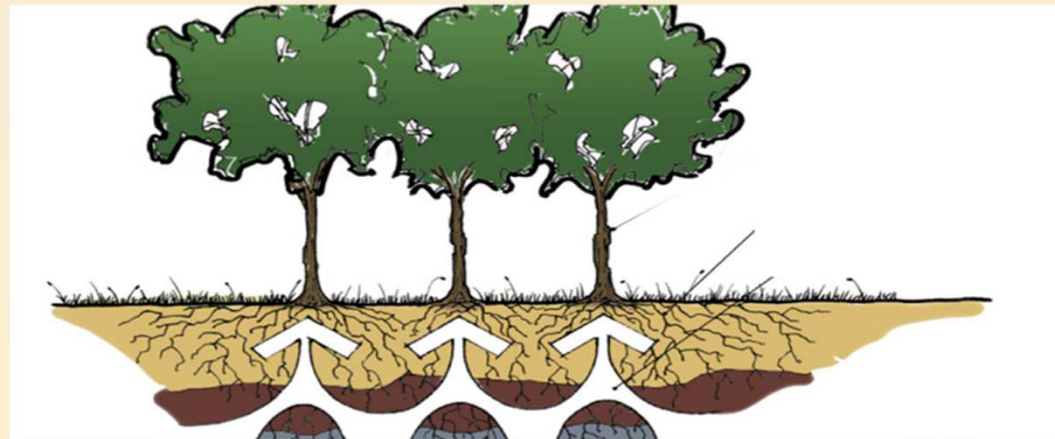
**Tóth, G., Hermann, T., Szatmári, G., Pásztor, L., 2016. Maps of heavy metals in the soils of the European Union and proposed priority areas for detailed assessment. *Sci. Total Environ.* 565, 1054-1062**



# Τεχνολογία της Φυτοεξυγίανσης

*η χρήση φυτών για την απομάκρυνση ρυπαντών από το περιβάλλον ή για τη μετατροπή τους σε μη τοξικές και επικίνδυνες μορφές*

*Πράσινη τεχνολογία, οικονομική και φιλική προς το περιβάλλον*



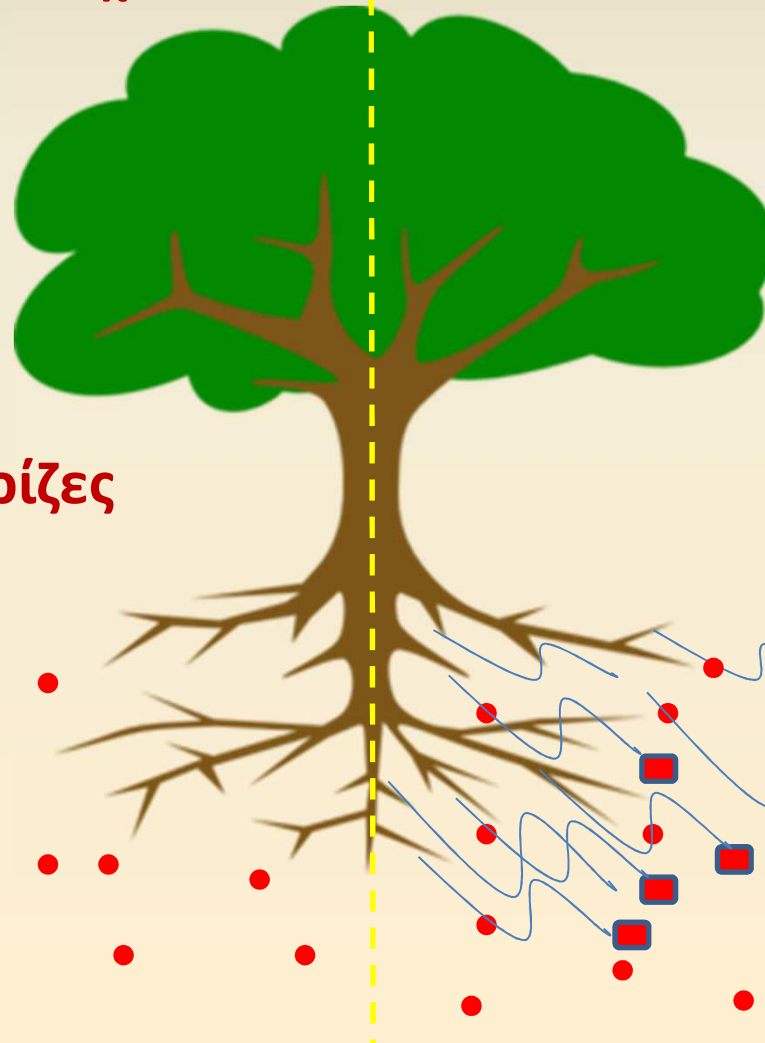


Μειώνει την κινητικότητα και βιοδιαθεσιμότητα των ρυπαντών

- = Στοιχείο - ρυπαντής
- = Ακίνητοποιημένο στοιχείο
- ~ = Εκκρίματα ριζών

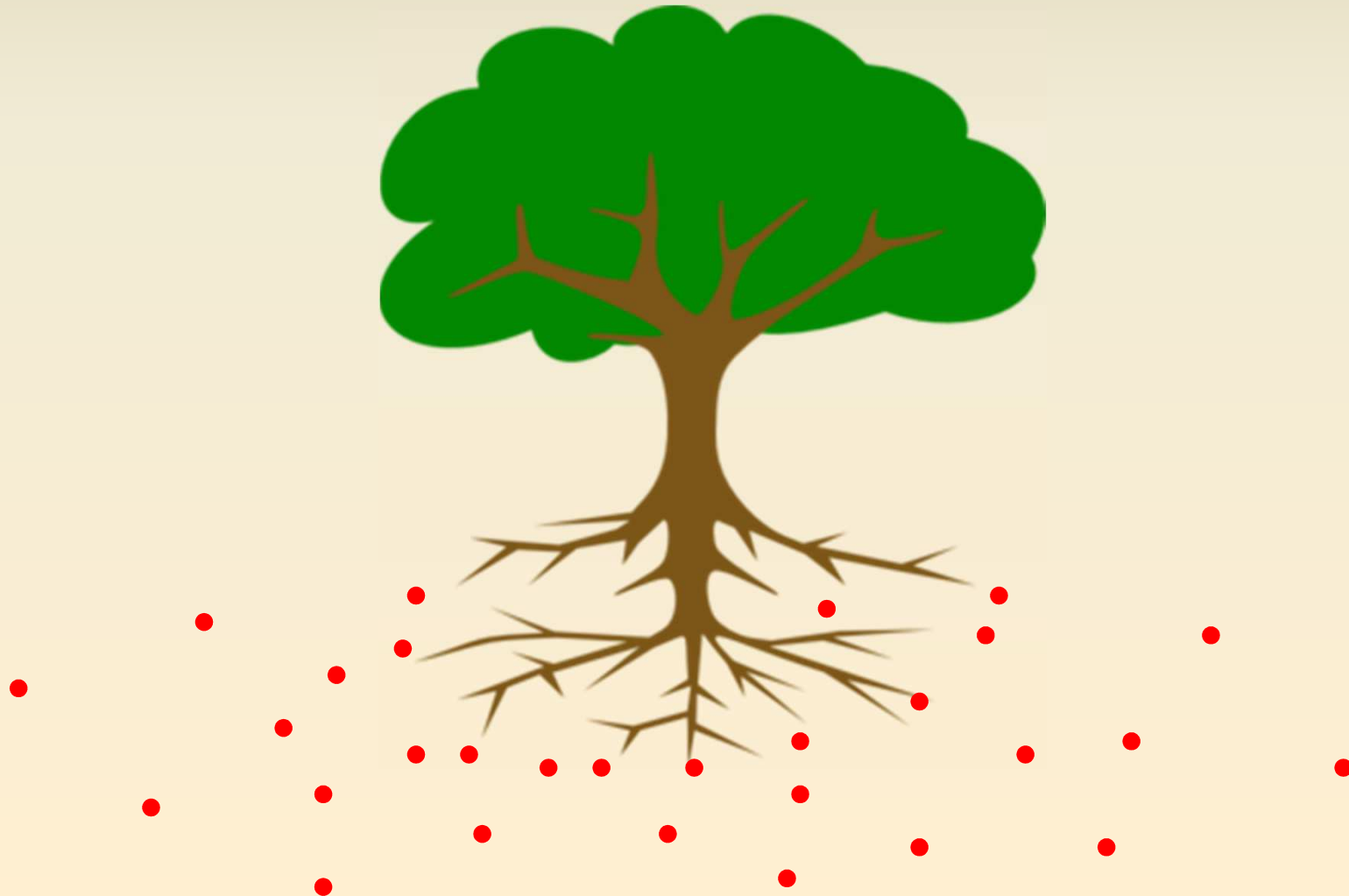
Απορρόφηση από ρίζες

Ακίνητοποίηση





Μεταφορά και συγκέντρωση ρυπαντών από το έδαφος στην  
υπέργεια βιομάζα





## Επιθυμητά χαρακτηριστικά φυτών για φυτοεξαγωγή

- Ανθεκτικά στη ρύπανση εδάφους
- Να συσσωρεύουν ρυπαντές στο υπέργειο τμήμα τους
- Να έχουν μεγάλες αποδόσεις
- Να έχουν γρήγορο ρυθμό ανάπτυξης και μεγάλο ριζικό σύστημα
- Να έχουν γνωστές καλλιεργητικές τεχνικές και χαμηλό κόστος παραγωγής
- Να μπορούν να καλλιεργηθούν σε επιβαρυμένες περιοχές με ικανοποιητικές αποδόσεις και καθαρό κέρδος
- Να είναι προσαρμοσμένα στις εδαφοκλιματικές συνθήκες της περιοχής



- *Populus spp.* (Λεύκα)

- Cd 0.25–2.35
- Cr 0.22–0.26
- Pb 0.004–0.02
- Zn 0.02–0.74

Συντελεστές  
βιοσυσσώρευσης



- *Salix spp.* (Ιτιά)

- Cd 0.72–6.5
- Cr 0.16–0.22
- Pb 0.002–4.5
- Zn 0.28–1.62

Συντελεστές  
βιοσυσσώρευσης

***M.W.H. Evangelou, E.G. Papazoglou, B. Robinson, R. Schulin (2015).***

*Phytomanagement: Phytoremediation and the production of biomass for economic revenue on contaminated land. In: Phytoremediation: Management of Environmental Contaminants, Volume 1 (Gill, Gill, Ansari, Lanza, and Newman, eds.), Springer.*





- *Eucalyptus spp.* (Ευκάλυπτος)
- Cd 0.1–0.90
- Cr 0.1
- Pb 0.03
- Zn 0.05–7.61

Συντελεστές  
βιοσυσσώρευσης



- *Betula pendula* (Σημύδα)
- Cd 0.11–0.3
- Cr 0.16
- Pb 0.001–0.05
- Zn 0.32–0.86

Συντελεστές  
βιοσυσσώρευσης

**M.W.H. Evangelou, E.G. Papazoglou, B. Robinson, R. Schulin (2015).** *Phytomanagement: Phytoremediation and the production of biomass for economic revenue on contaminated land.* In: *Phytoremediation: Management of Environmental Contaminants, Volume 1* (Gill, Gill, Ansari, Lanza, and Newman, eds.), Springer International Publishing, Switzerland



### ΕΔΑΦΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΜΕ ΚΑΔΜΙΟ

Ιτιά

Λεύκα

Ευκάλυπτος

Σημύδα

### ΕΔΑΦΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΜΕ ΧΡΩΜΙΟ

Ευκάλυπτος

Λεύκα

Ιτιά

Σημύδα

### ΕΔΑΦΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΜΕ ΜΟΛΥΒΔΟ

Ιτιά

Σημύδα

Ευκάλυπτος

Λεύκα

### ΕΔΑΦΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΜΕ ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟ

Ευκάλυπτος

Ιτιά

Σημύδα

Λεύκα



## Καλάμι (*Arundo donax* L. / *Poaceae*)



1. **E.G. Papazoglou, G.A. Karantounias, S.N. Vemmos, D.L. Bouranis (2005).** *Photosynthesis and growth responses of giant reed (Arundo donax L.) to the heavy metals Cd and Ni. Environment International 31: 243-249*
2. **E.G. Papazoglou (2007).** *Arundo donax L. stress tolerance under irrigation with heavy metal aqueous solutions. Desalination 211: 304-313*
3. **E.G. Papazoglou (2009).** *Irrigation with metalliferous water and heavy metal allocation in giant reed plants. Fresenius Environmental Bulletin 18: 166-174*



**Επίδραση Cd και Ni**



**ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ με Cd και Ni**

0 mg l <sup>-1</sup>		5 mg l <sup>-1</sup>		50 mg l <sup>-1</sup>		100 mg l <sup>-1</sup>	
<b>ΟΛΙΚΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΕΛΑΦΟΣ (mg kg<sup>-1</sup>)</b>							
<b>Cd</b>	<b>Ni</b>	<b>Cd</b>	<b>Ni</b>	<b>Cd</b>	<b>Ni</b>	<b>Cd</b>	<b>Ni</b>
0.5	1.3	26,1	137,0	180,5	1363,3	973,8	2543,3
<b>ΒΙΟΔΙΑΘΕΣΙΜΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΕΛΑΦΟΣ (mg kg<sup>-1</sup>)</b>							
<b>Cd</b>	<b>Ni</b>	<b>Cd</b>	<b>Ni</b>	<b>Cd</b>	<b>Ni</b>	<b>Cd</b>	<b>Ni</b>
0.2	0.4	5,8	23,4	62,8	117,4	357,5	438,2



## Συγκεντρώσεις Cd και Ni στους φυτικούς ιστούς

Επεμβάσεις	Συγκέντρωση Cd ( $\text{mg kg}^{-1}$ )				Συγκέντρωση Ni ( $\text{mg kg}^{-1}$ )			
	Υπέργεια βιομάζα	Ριζώματα	BF**	TF**	Υπέργεια βιομάζα	Ριζώματα	BF	TF
0 $\text{mg kg}^{-1}$	0.1	0.2			2.1	2.7		
5 $\text{mg kg}^{-1}$	2.3	1.8	0.17	0.89	4.1	3.7	0.03	0.74
50 $\text{mg kg}^{-1}$	5.2	5.7	0.03	0.68	9.1	32.2	0.01	0.26
100 $\text{mg kg}^{-1}$	9.0	9.3	0.0 1	0.67	12.5	48.9	0.01	0.30

\*Συνήθεις συγκεντρώσεις σε φυτικούς ιστούς: Cd: 0.01-0.2, Ni: 0.1-5  $\text{mg kg}^{-1}$

\*\* Συντελεστής βιοσυσώρευσης (BF):  $[\text{BM}] \text{ υπέργειο} / [\text{HM}] \text{ έδαφος}$   
Συντελεστής μεταφοράς (TF):  $[\text{BM}] \text{ υπέργειο} / [\text{HM}] \text{ ρίζα}$

\*Kabata-Pendias, A., Mukherjee, A.B., 2007. Trace Elements from Soil to Human. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, p.p. 59



## Αγριαγκινάρα (*Cynara cardunculus* L. / Asteraceae)



***E.G. Papazoglou (2011). Responses of *Cynara cardunculus* L. to single and combined cadmium and nickel treatment conditions. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 74: 195-202***

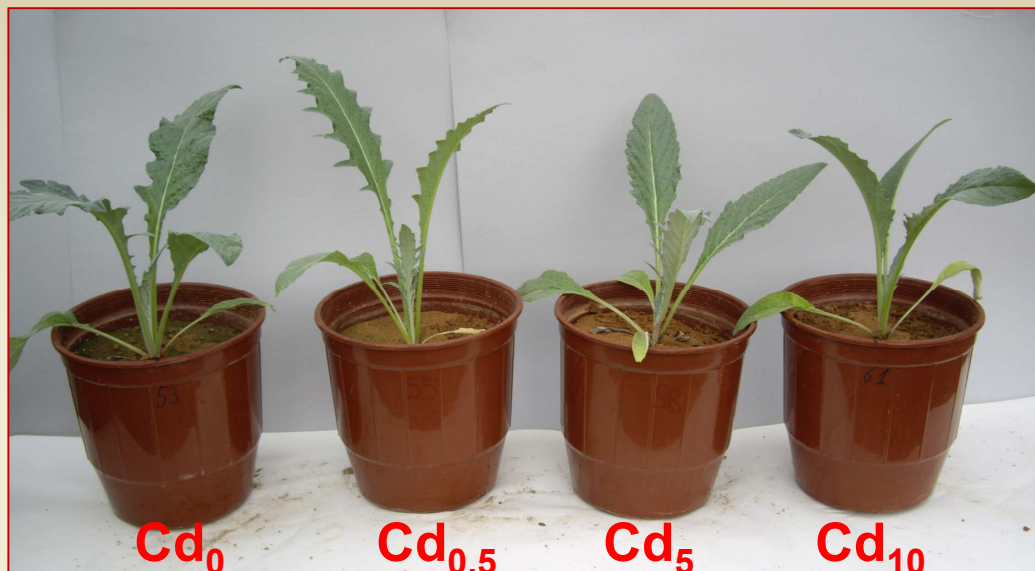


## Επίδραση Cd και Ni στην αγριαγκινάρα

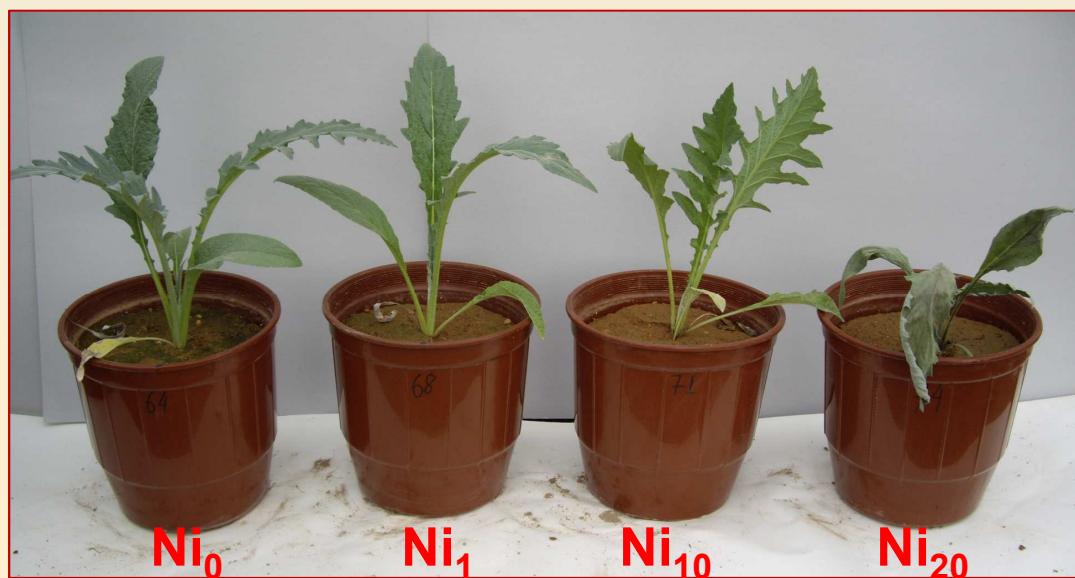


### Βιοδιαθέσιμες συγκεντρώσεις Cd και Ni στο έδαφος

Cd <sub>TREATMENT</sub>			
Cd <sub>0</sub>	Cd <sub>0.5</sub>	Cd <sub>5</sub>	Cd <sub>10</sub>
0.2±0.0 <sup>a</sup>	8.7±1.8 <sup>a</sup>	93.6±10.4 <sup>b</sup>	246.7±44.1 <sup>c</sup>
Ni <sub>TREATMENT</sub>			
Ni <sub>0</sub>	Ni <sub>1</sub>	Ni <sub>10</sub>	Ni <sub>20</sub>
0.6±0.0 <sup>a</sup>	3.8±0.7 <sup>a</sup>	40.5±11.7 <sup>b</sup>	61.1±14.7 <sup>b</sup>



## Επίδραση Cd και Ni



### Φυτοτοξικότητα Ni







## Συγκεντρώσεις Cd και Ni στους φυτικούς ιστούς

	Βλαστοί	Ρίζα	Συντελεστής μεταφοράς
Συγκεντρώσεις Cd (normal: 0.01–0.2 mg kg <sup>-1</sup> )			
Cd <sub>0</sub>	0.1±0.1	0.5±0.1	0.8
Cd <sub>0.5</sub>	<b>13.6±1.9</b>	<b>2.5±1.1</b>	5.4
Cd <sub>5</sub>	<b>50.3±3.1</b>	<b>4.6±0.7</b>	10.9
Cd <sub>10</sub>	<b>169.3±21.9</b>	<b>33.2±5.4</b>	5.1
Συγκεντρώσεις Ni (normal: 0.1-5 mg kg <sup>-1</sup> )			
Ni <sub>0</sub>	1.3±0.1	1.6±0.2	0.8
Ni <sub>1</sub>	<b>9.3±1.9</b>	<b>7.8±2.0</b>	1.2
Ni <sub>10</sub>	<b>342.3±82.7</b>	<b>52.3±3.7</b>	6.5
Ni <sub>20</sub>	-	-	-



## Σακχαρότευτλο (*Beta vulgaris* L. / Amaranthaceae)



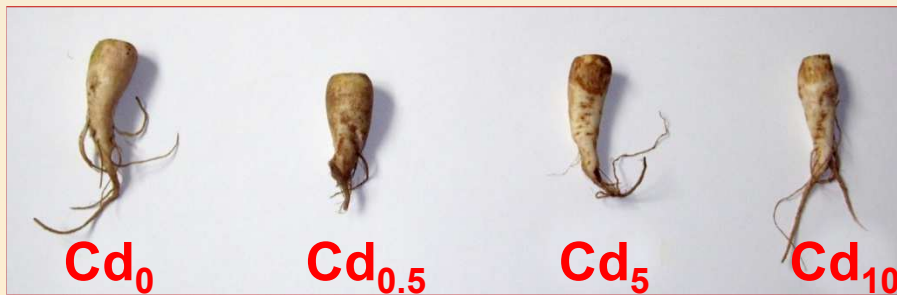
***E.G. Papazoglou, A.L. Fernando (2017). Preliminary studies on the growth, tolerance and phytoremediation ability of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) grown on heavy metal contaminated soil. Industrial Crops and Products 107: 463-471***



Επεμβάσεις	Συγκεντρώσεις Cd στο έδαφος (mg kg <sup>-1</sup> )	Επεμβάσεις	Συγκεντρώσεις Ni στο έδαφος (mg kg <sup>-1</sup> )
Cd <sub>0.5</sub>	18.02±1.02	Ni <sub>1</sub>	4.1±0.72
Cd <sub>5</sub>	190.33±15.3	Ni <sub>10</sub>	44.2±4.83
Cd <sub>10</sub>	236.33±34.6	Ni <sub>20</sub>	148.6±13.94
Cd <sub>0</sub> -control	0.05±0.00	Ni <sub>0</sub> -control	0.5±0.00



## Επίδραση Cd



## Επίδραση Ni





## Συγκεντρώσεις Cd και Ni στους φυτικούς ιστούς

	ΚΑΔΜΙΟ				ΝΙΚΕΛΙΟ			
	Cd <sub>0</sub>	Cd <sub>0.5</sub>	Cd <sub>5</sub>	Cd <sub>10</sub>	Ni <sub>0</sub>	Ni <sub>1</sub>	Ni <sub>10</sub>	Ni <sub>20</sub>
Υπέργεια βιομάζα	0.1± 0.01 a	12.0± 5.7 ab	74.7± 12.9 bc	91.0± 18.1 c	3.5± 0.5 a	9.6± 0.7 a	283.3± 16.7 b	-
Τεύτλα	0.2± 0.01 a	4.8± 0.9 aab	10.4± 2.9 aab	29.5± 3.6 b	3.7± 0.7 a	3.8± 0.8 a	45.9± 14.9 b	-
Συντελεστής μεταφοράς		>1	>1	>1		>1	>1	



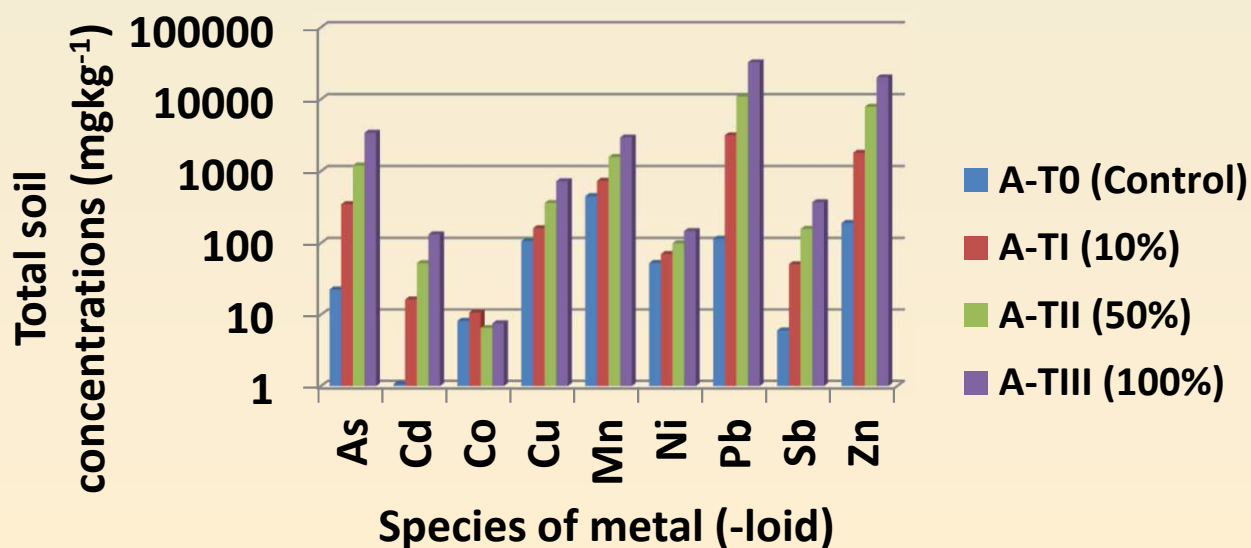
## Κενάφ (*Hibiscus cannabinus* L. / Malvaceae)



***E.G. Papazoglou, J. Vangronsveld (2015). Phytoremediation of metal and metalloid contaminated land using kenaf and jatropha. Conference on Perennial Biomass Crops for a Resource Constrained World, Stuttgart, Germany.***

Ολικές συγκεντρώσεις στο έδαφος ( $\text{mg kg}^{-1}$ )

*	0.5-2.5	1-3	50	5-120	350-2000	30-75	50-300	0.1-1	150-300
Soil	As	Cd	Co	Cu	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn
T0	2.3	1.1	8.2	106.9	451.0	52.8	115.3	0.6	190.2
TI	<b>347.2</b>	<b>16.3</b>	10.7	<b>161.0</b>	734.9	70.3	<b>3164.1</b>	<b>50.9</b>	<b>1805.7</b>
TII	<b>1202.7</b>	<b>52.7</b>	6.5	<b>361.5</b>	<b>1572.0</b>	<b>99.3</b>	<b>10961.1</b>	<b>157.2</b>	<b>7891.4</b>
TIII	<b>3430.7</b>	<b>132.4</b>	7.6	<b>724.9</b>	<b>2948.2</b>	<b>146.8</b>	<b>32699.8</b>	<b>369.6</b>	<b>20217.3</b>



Συγκεντρώσεις στην αέρια βιομάζα του κενάφ ( $\text{mg kg}^{-1}$ )

Sufficient or normal values*	0.02-7	0.01-0.2	0.02-1	5-20	20-1000	0.1-5	0.2-20	0.0001-0.2	1-400
	As	Cd	Co	Cu	Mn	Ni	Pb	Sb	Zn
$T_0$	1.0	0.2	0.1	6.4	21.9	0.7	5.4	0.2	61.1
$T_{AI}$	1.4	<b>2.6</b>	0.3	6.3	75.2	0.9	21.7	<b>1.4</b>	74.5
$T_{AII}$	2.2	<b>8.3</b>	0.2	4.6	20.1	0.6	<b>51.2</b>	<b>1.4</b>	195.5
$T_{AIII}$	2.6	<b>10.0</b>	0.2	5.6	47.1	1.0	<b>65.8</b>	<b>3.4</b>	281.2

\*Kabata-Pendias, A., Mukherjee, A.B., 2007. Trace Elements from Soil to Human. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, p.p. 59





## Ικανότητα απομάκρυνσης Cd



Αγριαγκινάρα > Σακχαρότευτλο > Κενάφ > Καλάμι

Καλάμι



Ανθεκτικότητα

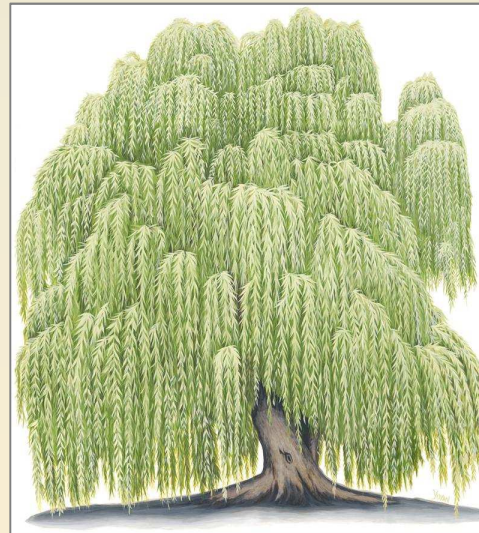
Κενάφ

Αγριαγκινάρα

Σακχαρότευτλο



**Ευχαριστώ πολύ για την προσοχή σας**



**Για περαιτέρω πληροφορίες: [elparaizo@aua.gr](mailto:elparaizo@aua.gr)**