

# Γεωχημική Χαρτογράφηση

Αριάδνη Αργυράκη  
2008

# Περιεχόμενα

- Γεωχημικοί χάρτες
- Μεθοδολογία
- Παρουσίαση χαρτών – μελέτες περιπτώσεων

# Γεωχημικοί χάρτες

- Αποτύπωση γεωχημικού αναγλύφου της γήινης επιφάνειας σε 2 διαστάσεις
- Δεδομένα από χημική ανάλυση γήινων μέσων (έδαφος, ίζημα, νερό)
- Εργαλείο για:
  - Μελέτη της γεωλογικής ιστορίας της γης
  - Εντοπισμό ορυκτών πρώτων υλών
  - Μελέτη και προστασία του περιβάλλοντος

# Παρουσίαση γεωχημικών δεδομένων

- Σημειακή παρουσίαση συγκεντρώσεων (data posting)
  - αναγνώριση σφαλμάτων
  - πληροφορίες δειγματοληψίας
  - αναγνώριση χωρικών τάσεων

# Παρουσίαση γεωχημικών δεδομένων

- Ισοπεριεκτικές καμπύλες (contour maps)
  - παρατήρηση χωρικών τάσεων
  - ! Αυτόματοι αλγόριθμοι κατασκευής χαρτών → εξομάλυνση γεωχημικού αναγλύφου
  - Προσοχή στην αποτίμηση (ποιοτικές παρά ποσοτικές πληροφορίες)

# Γεωστατιστική

- Εκτίμηση στατιστικών παραμέτρων που προσδιορίζουν τη χωρική κατανομή με βάση σημειακά δείγματα
- Χρήση των παραμέτρων αυτών για εκτίμηση συγκεντρώσεων σε σημεία όπου δεν υπάρχουν μετρήσεις (παρεμβολή – interpolation)
- Εφαρμογές σε διάφορους κλάδους των γεωεπιστημών

# Χωρική εξάρτηση παραμέτρων

- Προσδιοριστικές τεχνικές παρεμβολής (deterministic): Επιφάνειες από γνωστά σημεία με βάση το βαθμό ομοιότητας ή το βαθμό εξομάλυνσης
- Γεωστατιστικές τεχνικές (geostatistical): Ποσοτικοποίηση χωρικής αυτοσυσχέτισης με βάση στατιστικές ιδιότητες στα σημεία δειγματοληψίας

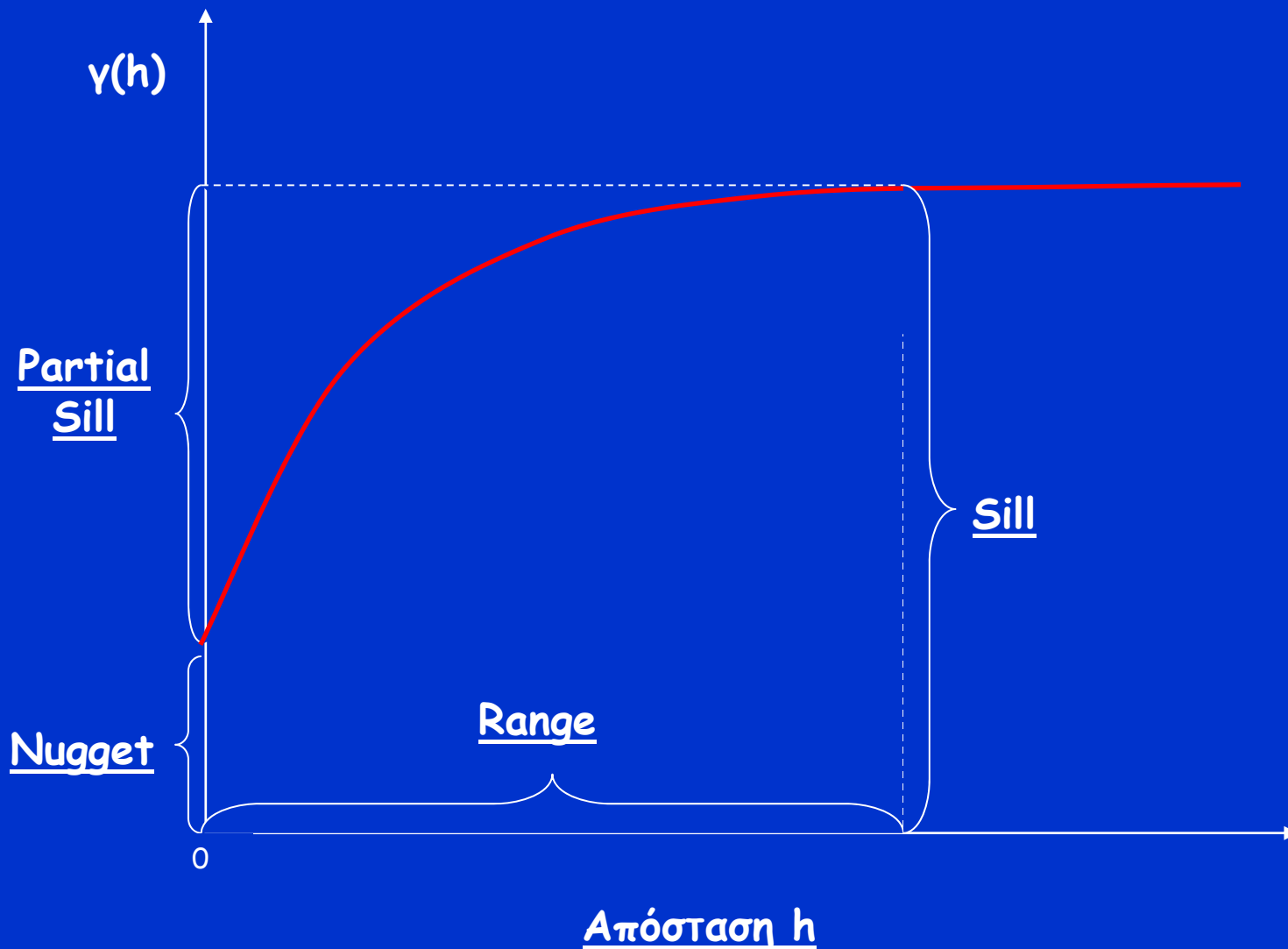
# Προσδιοριστικές τεχνικές

- Γενικές ή τοπικές ανάλογα με πλήθος δεδομένων που χρησιμοποιούν
- Ακριβής (exact) ή ανακριβής (inexact) ανάλογα με την τιμή των θέσεων δειγματοληψίας μετά την παρεμβολή



- IDW: Υπολογισμός τιμής σε άγνωστη θέση από περιβάλλουσες μετρηθήσες τιμές. Άρα κάθε γνωστό σημείο έχει τοπική

# Ημιβαριόγραμμα



**ΠΑΝΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΓΕΩΧΗΜΙΚΗΣ  
ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΣΗΣ**

**FOREGS**  
(FORUM OF EUROPEAN GEOLOGICAL  
SURVEYS)

# FOREGS

- Forum of European Geological Surveys
- 33 Ευρωπαϊκές χώρες (Ελλάς: ΙΓΜΕ)
- FOREGS Geochemistry Task Group → Προετοιμασία γεωχημικού χάρτη Ευρώπης στα πλαίσια της Παγκόσμιας Γεωχημικής Χαρτογράφησης (IGCP – Global Geochemistry Baselines Working Group)

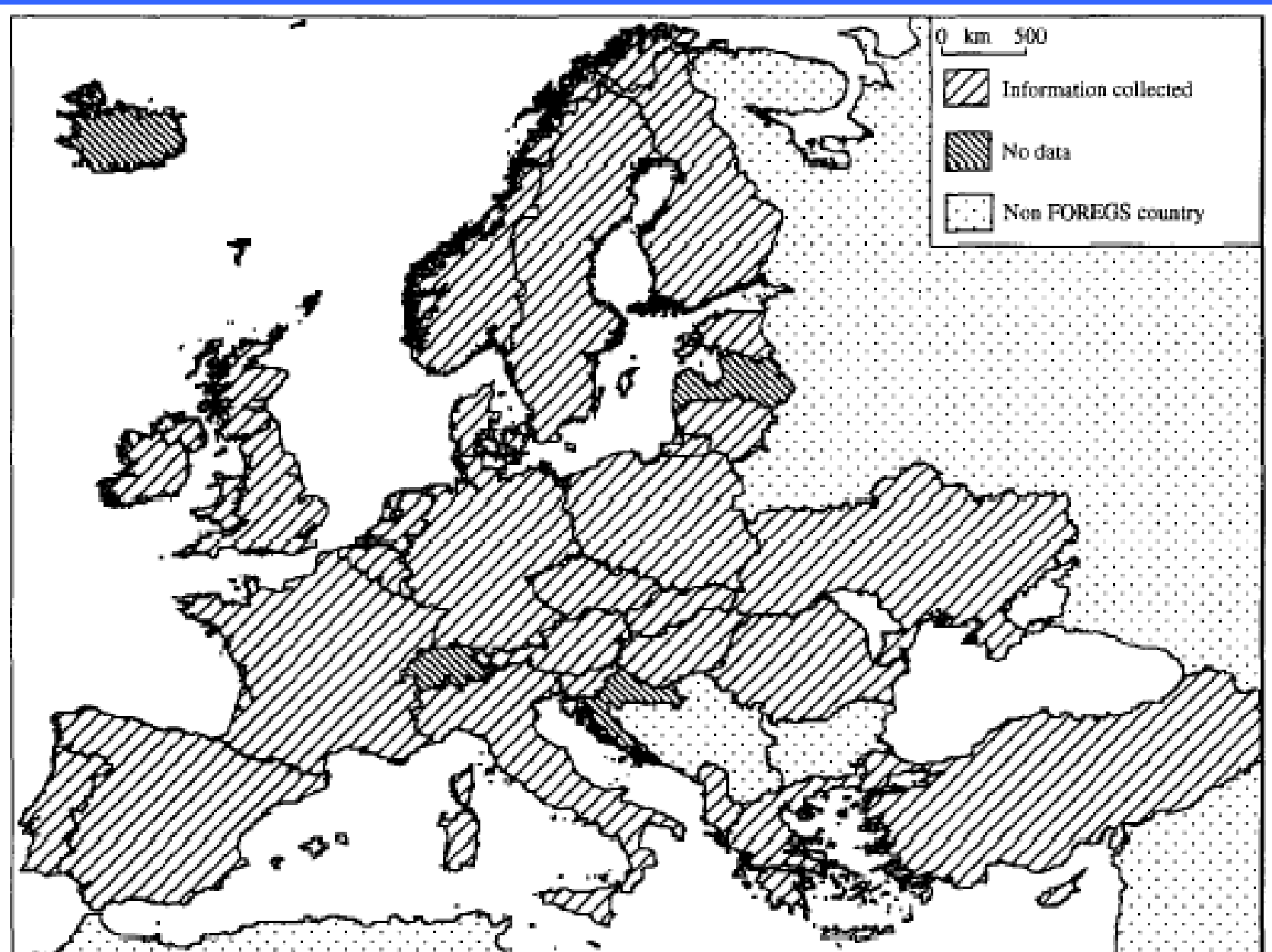


Fig. 1. Countries included in the FOREGS geochemical inventory 1995.

# ΣΤΟΧΟΙ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

- Δημιουργία συστηματικού γεωχημικού χάρτη της Ευρώπης
- Χρήση χάρτη για:
  - Λήψη πολιτικών αποφάσεων σχετικών με προστασία και αποκατάσταση του περιβάλλοντος
  - Αναπτυξιακό σχεδιασμό για αειφόρο εκμετάλλευση φυσικών πόρων, ιδιαίτερα μεταλλευμάτων
  - Οικονομικές / Περιβαλλοντικές εφαρμογές (εκτίμηση αποθεμάτων φυσικών πόρων, ανεύρεση νέων κοιτασμάτων, μεταλλογενετικές, αγρονομικές, επιδημιολογικές έρευνες, θαλάσσια ρύπανση)

# ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

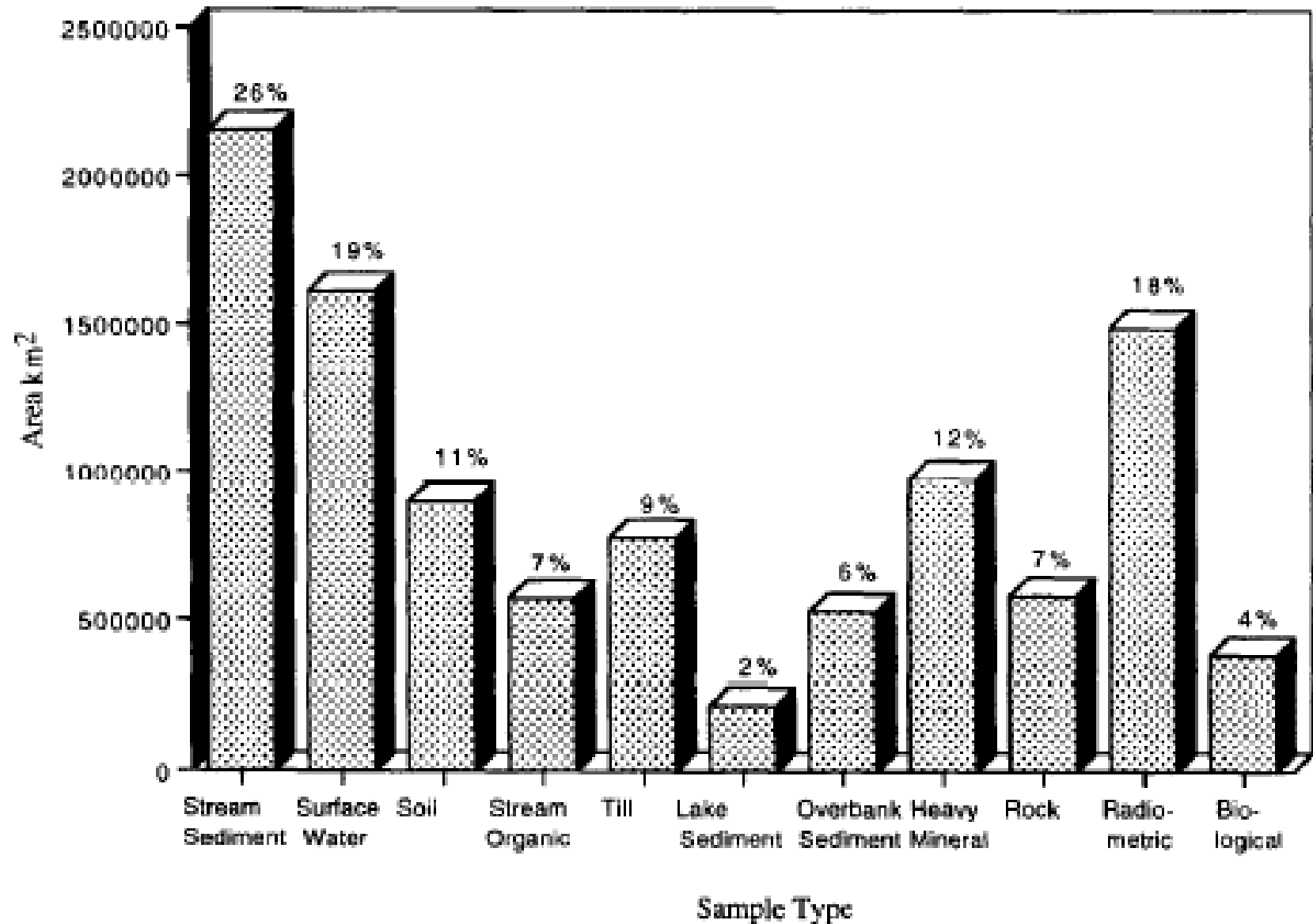
1. Συστηματοποίηση και συμβατότητα μεταξύ κρατών
2. Διαθεσιμότητα σε ψηφιακή μορφή για χρήση μέσω ΓΣΠ και σύγκριση με άλλες βάσεις δεδομένων (π.χ. επιδημιολογία, χρήσεις γης)
3. Πληρότητα ως προς την ποικιλία προσδιοριζόμενων χημικών στοιχείων, φυσικών και συνθετικών
4. Ποικιλία μέσων δειγματοληψίας (εδάφη, νερά, ιζήματα ρεμάτων, θαλάσσια ιζήματα)

# 1η ΦΑΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

1. Απογραφή διαθέσιμων γεωχημικών δεδομένων  
Γεωλογικών Ερευνητικών Κέντρων  
(ερωτηματολόγιο)
2. Εξέταση συμβατότητας – ομοιομορφίας στη  
συλλογή δεδομένων
  - Μέσα δειγματοληψίας
  - Πυκνότητα δειγματοληψίας
  - Κοκκομετρία
  - Αναλυτικές μέθοδοι



# ΜΕΣΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ



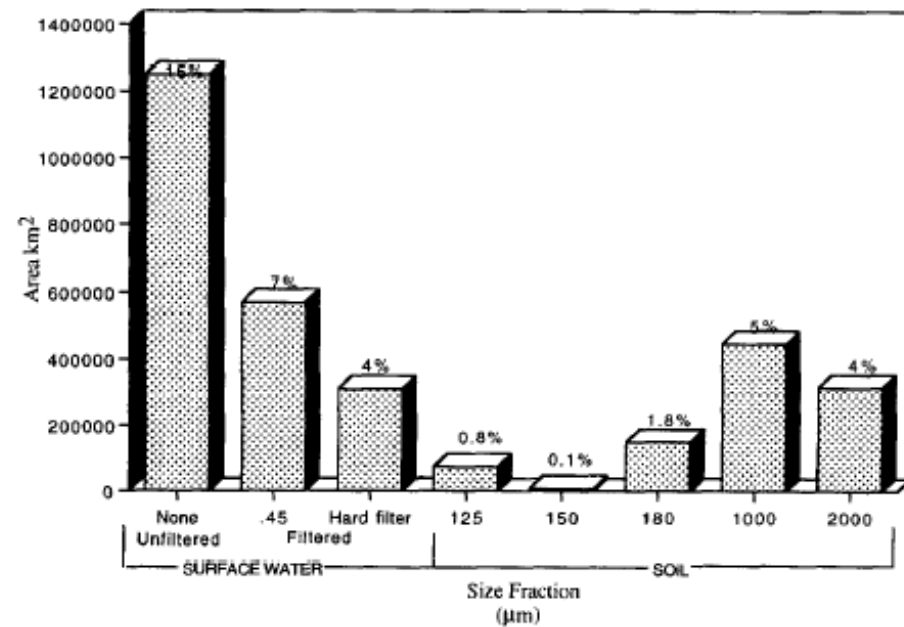
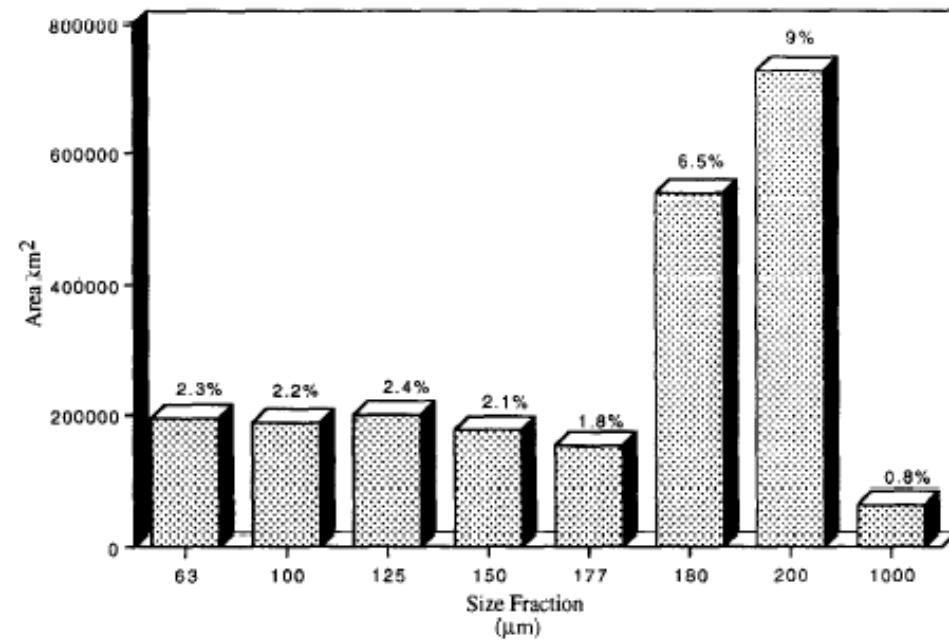
# ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

- Συνάρτηση του σκοπού έρευνας
- Ιζήματα ρεμάτων:
  - 1 δείγμα /  $<0.5 \text{ km}^2$  έως 1 δείγμα /  $2000 \text{ km}^2$
- Επιφανειακά νερά:
  - $< 1$  δείγμα /  $2.5 \text{ km}^2$  έως 1 δείγμα /  $2000 \text{ km}^2$
- Εδάφη:
  - 1 δείγμα /  $5 \text{ km}^2$  έως 1 δείγμα /  $25 \text{ km}^2$

# ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ

Ίζημα ρεμάτων

Επιφανειακό νερό/ Έδαφος



# ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

- Ανάλογες της χρονολογίας της έρευνας
- Κυρίως XRF, ICP-AES, AAS φλόγας, ICP-MS, NNA
- Ποικιλία αναλυτών ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη μέθοδο
- Ποικιλία προγραμμάτων ποιοτικού ελέγχου με χρήση διπλών δειγμάτων/ αναλύσεων, ανάλυση δειγμάτων αναφοράς

# 2η ΦΑΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

- Συστηματική συλλογή γεωχημικών δειγμάτων σε Πανευρωπαϊκό επίπεδο
- Μέσα δειγματοληψίας:
  - *Νερό ρεμάτων* → σχέση γεώσφαιρας-υδρόσφαιρας- ρύπανσης
  - *Τζημα ρεμάτων* → γεωγενής σύσταση υδρολογικής λεκάνης
  - *Έδαφος* (επιφανειακό/ βάθους) → διεργασίες εμπλουτισμού στοιχείων στο επιφανειακό περιβάλλον
  - *Humus* → ατμοσφαιρικός (ανθρωπογενής) εμπλουτισμός στοιχείων
  - *Τζημα ποτάμιας όχθης* (επιφανειακό/ βάθους)
  - *Τζημα πλημμύρων*

# ΚΑΝΑΒΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ FOREGS (GTN)

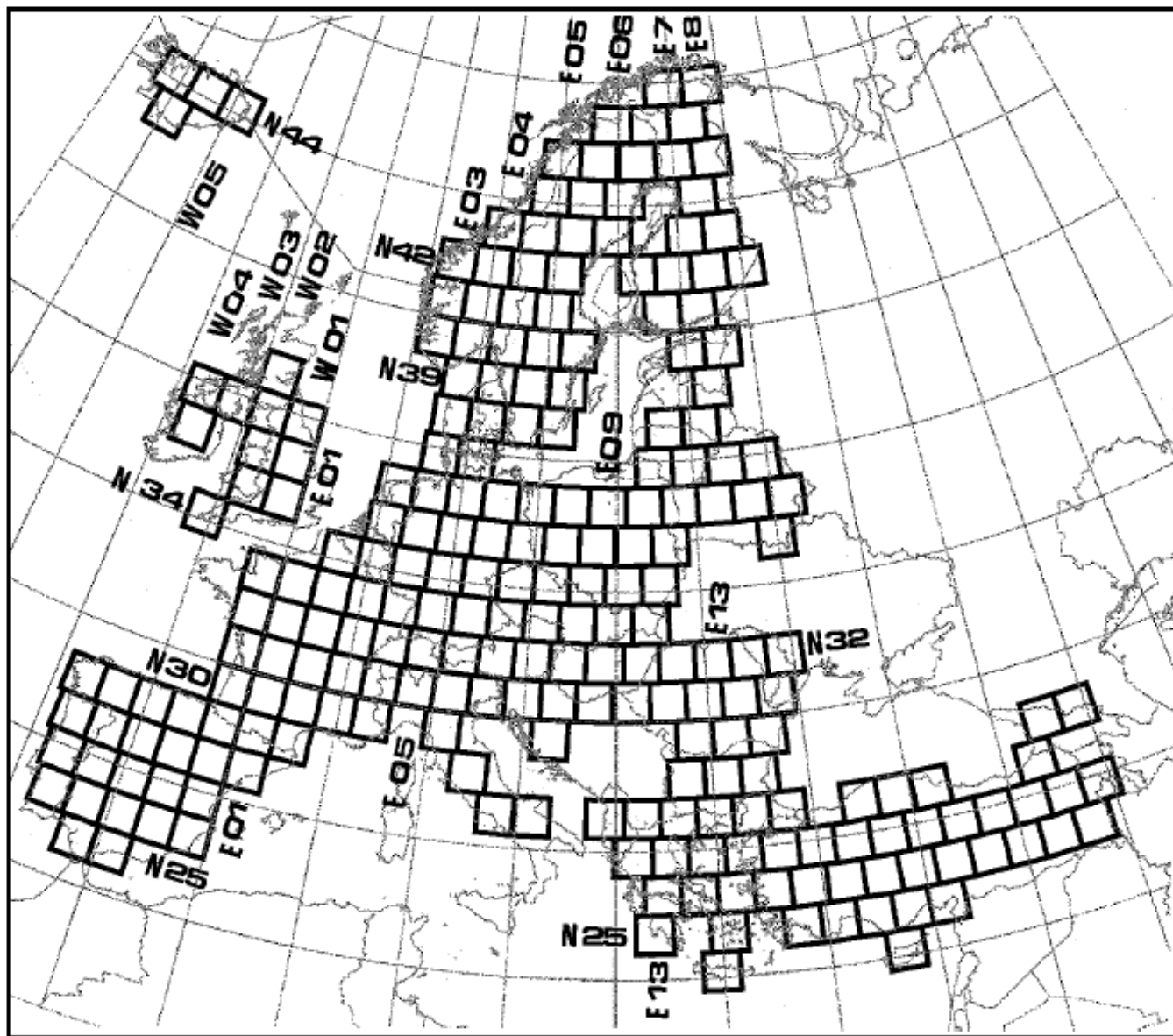


Fig. 1. Global Terrestrial Network (GTN) cells in the FOREGS countries.

# ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΘΕΣΗΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

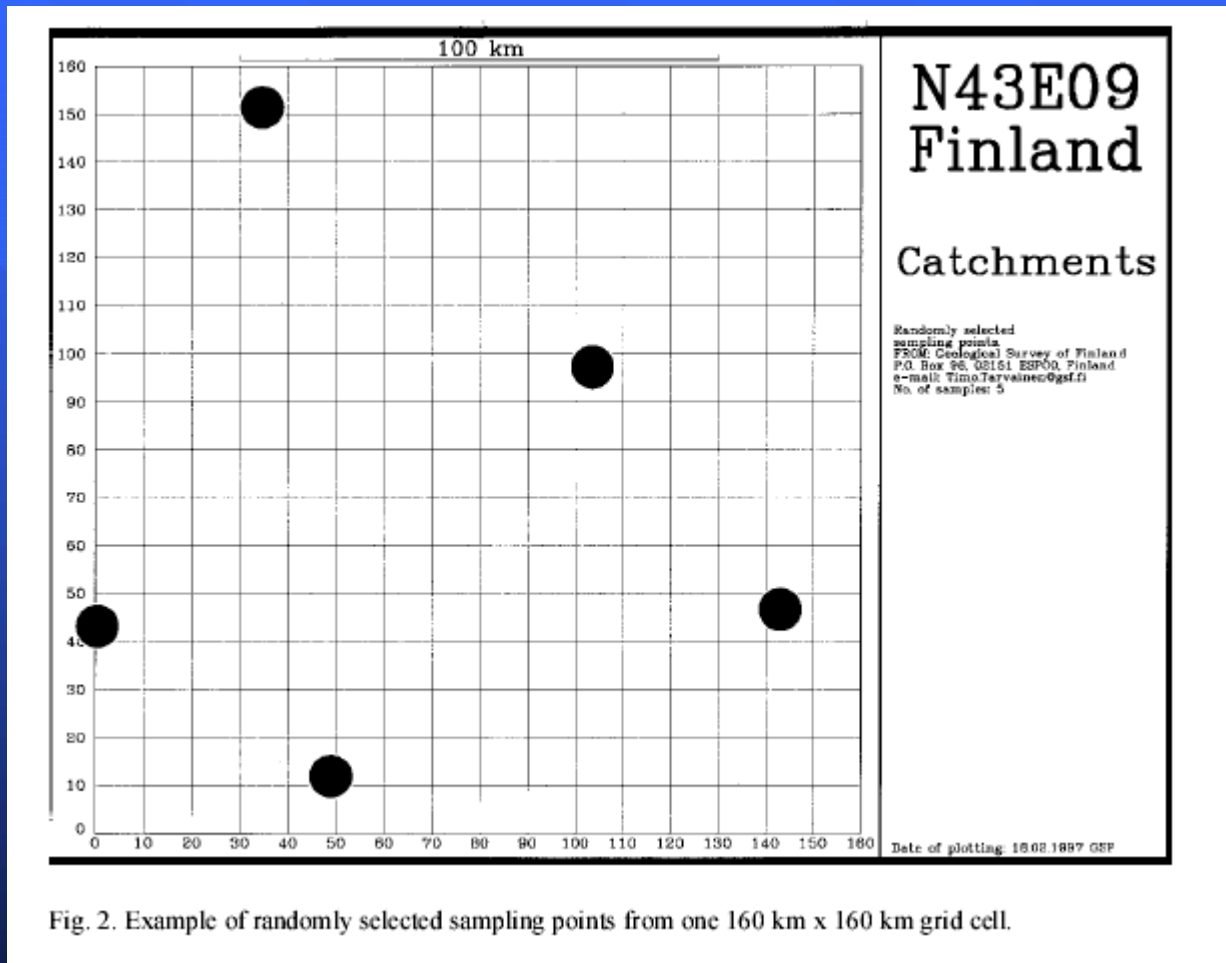


Fig. 2. Example of randomly selected sampling points from one 160 km x 160 km grid cell.

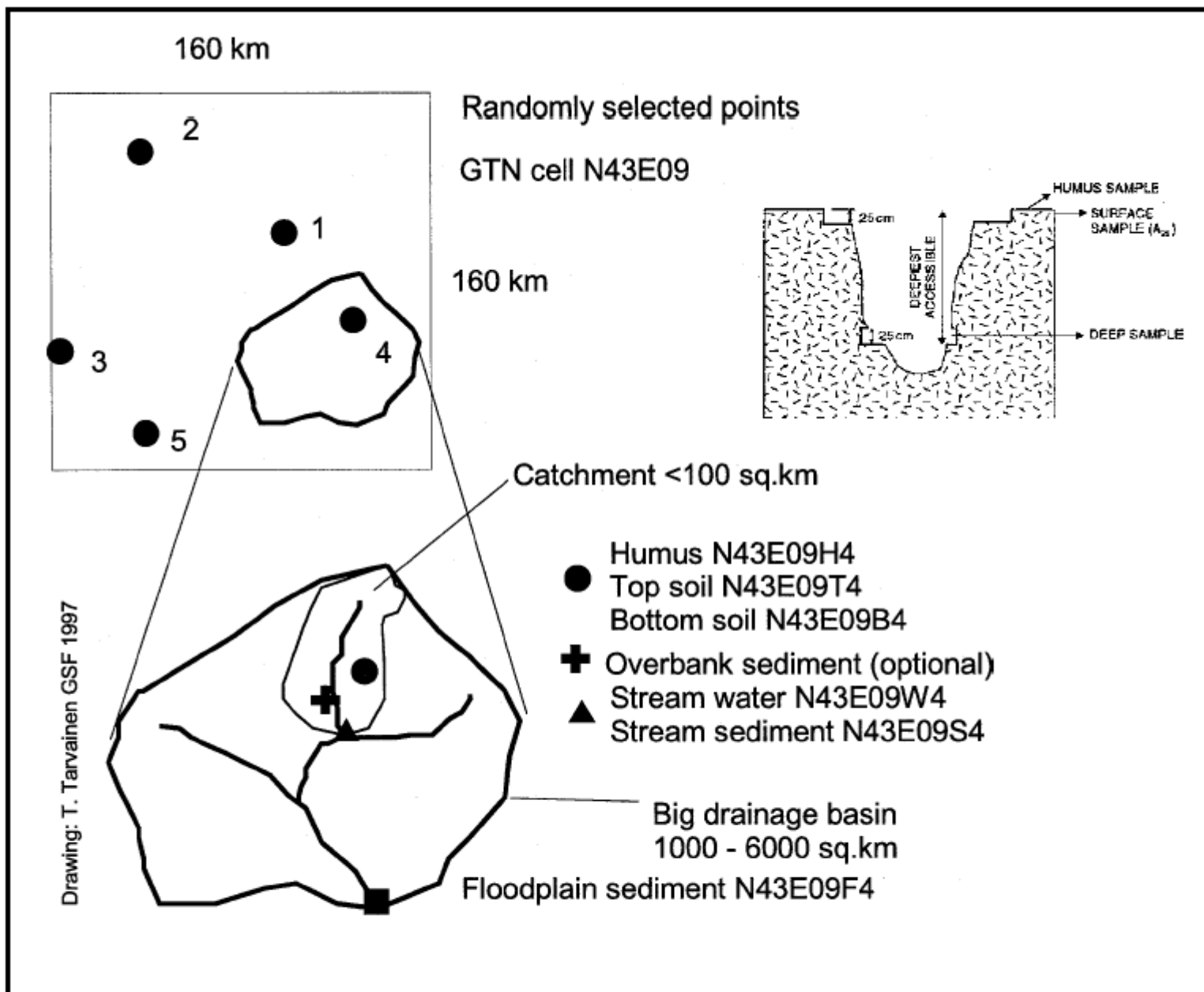


Fig. 3. Selection of sampling sites (Modified after Darnley et al. 1995). Schematic outline of sampling pattern and sampling pit for geochemical reference network. The sample pit applies to all residual soil locations. Deep sample (C): a 25 cm thick section within a depth range of 50 cm - 200 cm.



# ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ & ΤΥΠΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

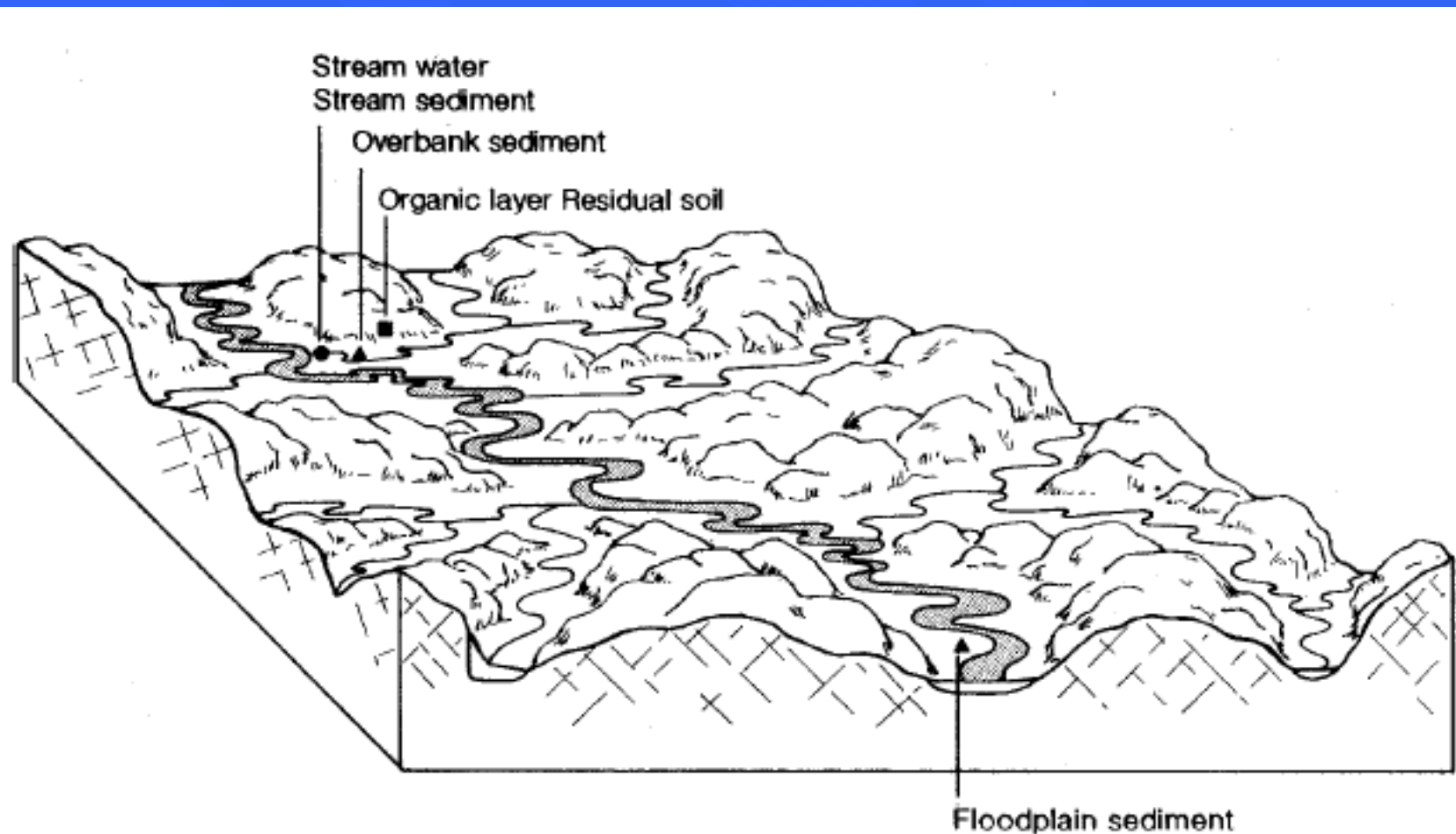


Fig. 4. Block diagram showing possible sampling sites of GTN sampling media (modified after Strahler 1969).

# ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ & ΤΥΠΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

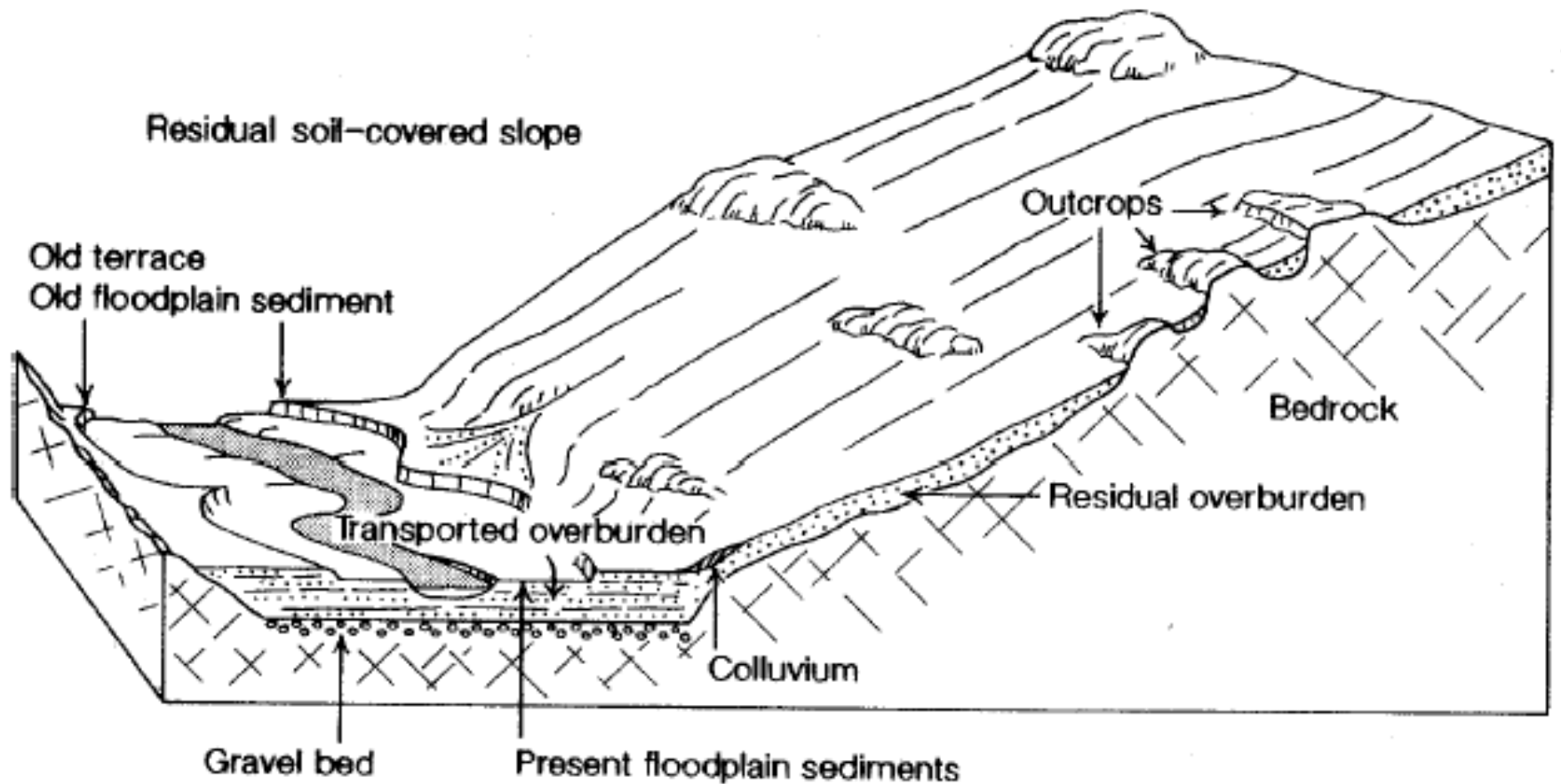


Fig. 5. Block diagram showing residual overburden (soil), colluvium, old and present day floodplain sediments (modified after Strahler 1969).

# ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΝΕΡΟΥ /ΙΖΗΜΑΤΟΣ ΡΕΜΑΤΟΣ

- 5-10 υποδείγματα ιζήματος κατά μήκος του ρέματος
- Λήψη δείγματος νερού στα κατάντη πριν τη λήψη ιζήματος
- Φιλτράρισμα επιτόπου (0.45 μ)
- Οξύνιση με νιτρικό οξύ
- Μέτρηση pH, Eh, αλκαλικότητας
- Δειγματολήπτες ελεύθεροι μετάλλων
- Λήψη ιζήματος τουλάχιστο 100 m ανάντη φανερών πηγών μόλυνσης (δρόμοι, οικισμοί κλπ.)
- Έναρξη δειγματοληψίας στα κατάντη
- Λήψη ιζήματος από κεντρικό σημείο της κοίτης

# ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ/ HUMUS

- Αποφυγή σημείων με εμφανή ανθρώπινη δραστηριότητα (π.χ. καλλιέργειες)
- Αποφυγή λήψης μεταφερμένου υλικού (π.χ. αλλούβια)
- Σύνθετα δείγματα 3-5 σημείων απόστασης 5 m
- Σύνθετα δείγματα humus 5 σημείων από έκταση 50 x 50 m
- Αποφυγή θέσεων κάτω από δένδρα

# ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΟΥ ΙΖΗΜΑΤΟΣ

- Επιλογή θέσης με εμφανείς στρώσεις αλλούβιου υλικού
- Αποφυγή θέσεων ανθρωπογενούς επίδρασης
- Διάνοιξη ορύγματος και λήψη δείγματος επιφάνειας και βάθους

# ΦΙΛΤΡΑΡΙΣΜΑ ΝΕΡΟΥ – ΚΟΣΚΙΝΙΣΜΑ ΙΖΗΜΑΤΟΣ



# ΣΥΛΛΟΓΗ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΟΥ ΙΖΗΜΑΤΟΣ – ΣΤΡΩΣΕΙΣ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΟΥ ΙΖΗΜΑΤΟΣ



Fig. 11. Floodplain sampling in southwestern Finland (Photo: Reijo Salminen, GSF).



Fig. 12. Floodplain sediment sequence with soil development in Greece. Meter: coloured sections 20 cm. Fine-grained clay and silt down to a depth of 75 cm (low energy floodplain sediment - good for sampling; soil has developed down to a depth of 25-29 cm). Coarse-grained sandy and bobbly unit between 75-100 cm (high energy environment). Sandy-clay unit between 100-134 cm (low-energy environment). Gravel bed below a depth of 134 cm. Photo: A. Demetriades, IGME.

# ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ – ΟΡΥΓΜΑ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ



Fig. 9. General view about the soil sampling site (Photo: Teppo Moisiö, GSF).



Fig. 10. Close-up of one of the soil sample pits (Photo: Teppo Moisiö, GSF)



## ΔΕΙΓΜΑ HUMUS



Fig. 8a. Humus sampling in Finland using cylindrical sampler. (Photographs: Timo Tarvainen).

# ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ ΡΕΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

- Ξήρανση (40°C) → Ανάμιξη → Ζύγιση (500g)  
→ Διαίρεση (200g) → Κονιοποίηση
- 50g για ανάλυση XRF
  - 50g για ανάλυση ICP-MS
  - 100g διπλό δείγμα στη συντήρηση

# FOREGS GEOCHEMICAL BASELINE MAPPING - ANALYSIS PROGRAM SOILS

H																	He				
Li	Be															B	C	N	O	F	Ne
15	.5 2															5	TOC				
Na	Mg															Al	Si	P	S	Cl	Ar
.01	.01															.05	.01	.001			
100	10															10	5	10	100		
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr				
.01	.01	2 .5	.001 20	5 .5	3 7	.001	.01	3 3	3 2	10 10	3 40	3 .2		2 5							
100	1	.5	1	3	1	1	2	2	2	1	1	3									
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe				
2 .2	2 5	3 .1	3 1	2 .1	2								2	5							
1	1	1	1	2	2					.5	2		3	5							
Cs	Ba	L A N T A N I D E	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn				
5	5 1.5		5 .2	5 .05	5						.1		4 3	3							
1													3								
Fr	Ra	A C T I N I D E S																			
			La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu				
			20	.1	20 .15	.1	.15		.1	.05	.1	.02	.1	.02	.1	.02	.05	.02			
			Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr				
				5 .1		3 .1															

■ ICP-AES/Aqua regia leach, DL ppm (PIG)  
■ XRF/Fused beads, DL ppm, majors in % (BGR)  
■ ICP/MS Acid digestion/fusion Na peroxide, DL ppb (GSF)  
■ AMA 254 Hg analyser, DL ppb (MAFI)  
■ Pyrolytical analyser (GSSR)

**OTHER DETERMINATIONS**  
 GRAIN SIZE ANALYSIS

# FOREGS GEOCHEMICAL BASELINE MAPPING - ANALYSIS PROGRAM STREAM WATER

- ICP-MS, DL ppb (BGR)
- IC, DL ppm (BGS)
- Combustometric+IR detection, DL ppm (BGS)
- COLD VAPOUR AAS, DL ppt (NGU)

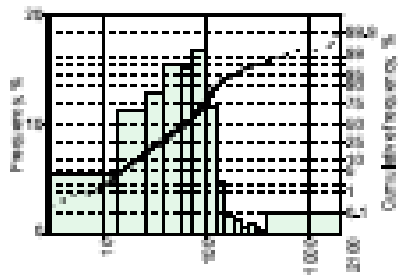
H																	He		
Li .005	Be .005											B .01	C DOC .5	N .04 NO3 NO2 .01	O	F .05	Ne		
Na 1	Mg 1											Al .1	Si	P .5 HPO4	S .3 SO4	Cl .1	Ar		
K 1	Ca 1	Sc .005	Ti .01	V 0.1	Cr .001	Mn 0.1	Fe 1	Co .005	Ni .005	Cu .005	Zn .01	Ga .002	Ge .002	As .01	Se .01	Br .03 .1	Kr		
Rb .002	Sr .01	Y .002	Zr	Nb .002	Mo .002	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag .002	Cd .002	In .001	Sn .002	Sb .002	Te .005	I .1	Xe		
Cs .001	Ba .005	La T I D E	Pr A N D E	Nd .002	Hf .002	Ta .002	W .002	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg 10	Tl .002	Pb .002	Bi .001	Po	At	Rn
Fr	Ra	Actinides																	
		La .002	Ce .002	Pr .001	Nd .001	Pm	Sm .002	Eu .002	Gd .002	Tb .001	Dy .002	Ho .001	Er .002	Tm .001	Yb .002	Lu .001			
		Ac	Th .001	Pa	U .001	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr			

## FIELD DETERMINATIONS

- pH
- EC
- Alkalinity

# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

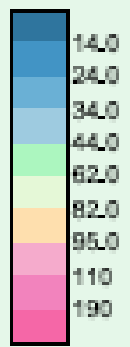
1. Plant, J.A., Klaver, G., Locutura, J., Salminen, R., Vrana, K., Fordyce, F.M. (1996) the Forum of European Geological Surveys Geochemistry Task Group inventory 1994-1996, *Journal of Geochemical Exploration*, 59, 123-146.
2. Salminen et al. (1998) *FOREGS Geochemical Mapping Field Manual*, Geological Survey of Finland, Espoo.
3. Κελεπερτζής, Α. (2000) *Εφαρμοσμένη Γεωχημεία*, Μακεδονικές Εκδόσεις, Αθήνα.
4. [www.eurogeosurveys.org/foregs/](http://www.eurogeosurveys.org/foregs/)



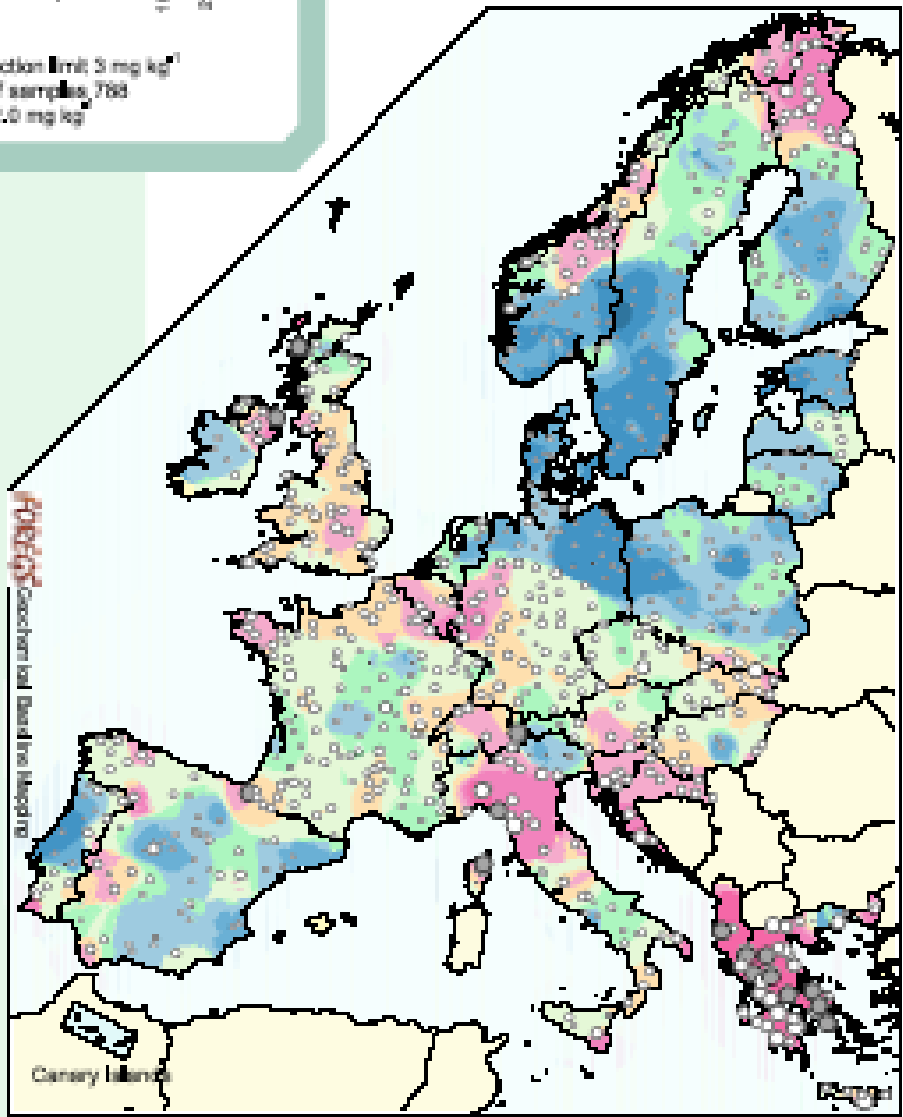
Chromium  
Subsoil



Cr  
XRF, detection limit 3 mg kg<sup>-1</sup>  
Number of samples, 768  
Median 62.0 mg kg<sup>-1</sup>



Cr mg kg<sup>-1</sup>



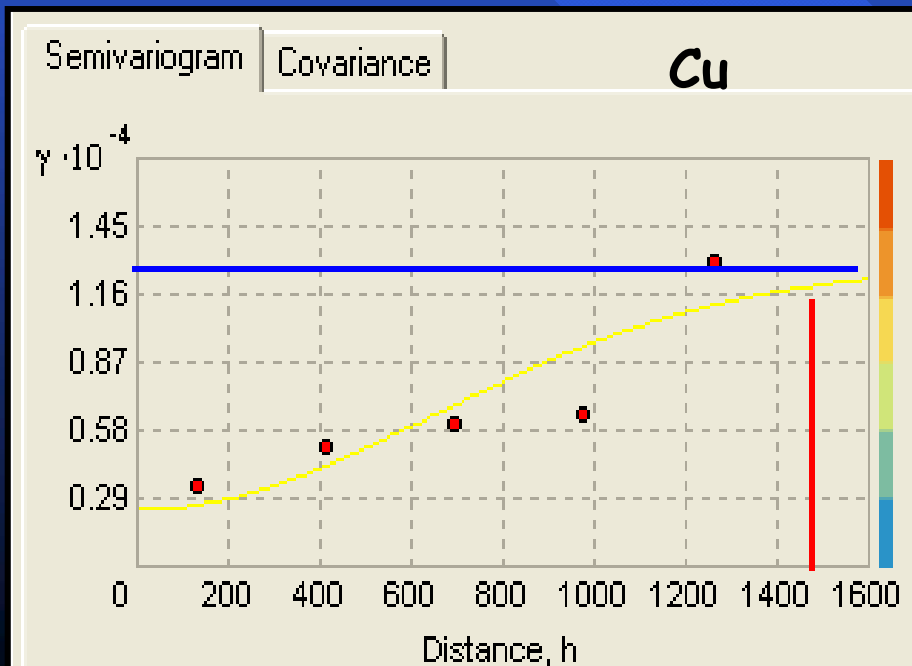
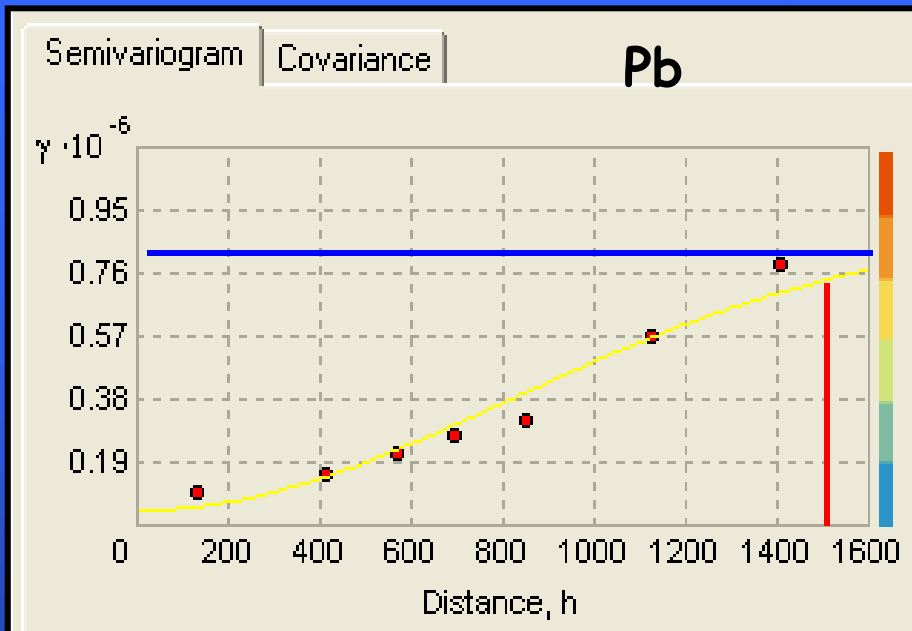
# Γεωχημική Χαρτογράφηση

## ΟΙΚΙΣΜΟΣ ΣΤΡΑΤΩΝΙΟΥ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΩΝ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ ΧΗΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ  
ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΓΕΩΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ

- Έλεγχος αναλυτικών δεδομένων για απόμακρες τιμές (outliers).
- Μετασχηματισμός των δεδομένων με λογαρίθμιση.
- Έλεγχος κανονικότητας με την προβολή διαγραμμάτων QQ-plot
- Έλεγχος χωρικής ομοιογένειας στα δεδομένα.
- Έλεγχος χωρικής τάσης στις συγκεντρώσεις των γεωχημικών παραμέτρων.
- Υπολογισμός των ημιβαριογραμμάτων των συγκεντρώσεων των στοιχείων στο έδαφος. Από την προσαρμογή του θεωρητικού μοντέλου στο πειραματικό ημιβαριόγραμμα υπολογίζονται οι παράμετροι του γεωστατιστικού μοντέλου, οι οποίες στην συνέχεια χρησιμοποιούνται για την χωρική παρεμβολή με μεθόδους Kriging και την κατασκευή των γεωχημικών χαρτών.

# Ημιβαριογράμματα στοιχείων



➤ Ημιβαριογράμματα Pb και Cu, όπου χρησιμοποιήθηκε διαφορετική μέθοδος παρεμβολής για την κατασκευή των γεωχημικών χαρτών.

➤ Χρησιμοποιήθηκαν 36 σημεία δειγματοληψίας τα οποία επιλέχθηκαν έτσι ώστε να απέχουν μεταξύ τους 200m εξασφαλίζοντας έτσι ομοιογενή κάλυψη του πεδίου δειγματοληψίας.

➤ Από τα ημιβαριογράμματα είναι φανερό ότι για απόσταση 1.5 km η συνάρτηση  $\gamma$  δεν έχει φτάσει σε κάποιο sill δηλαδή σταθεροποίηση της μεταβλητότητας των τιμών, εντός της απόστασης 1.5 km κατά μήκος της οποίας συλλέχθηκαν δείγματα .

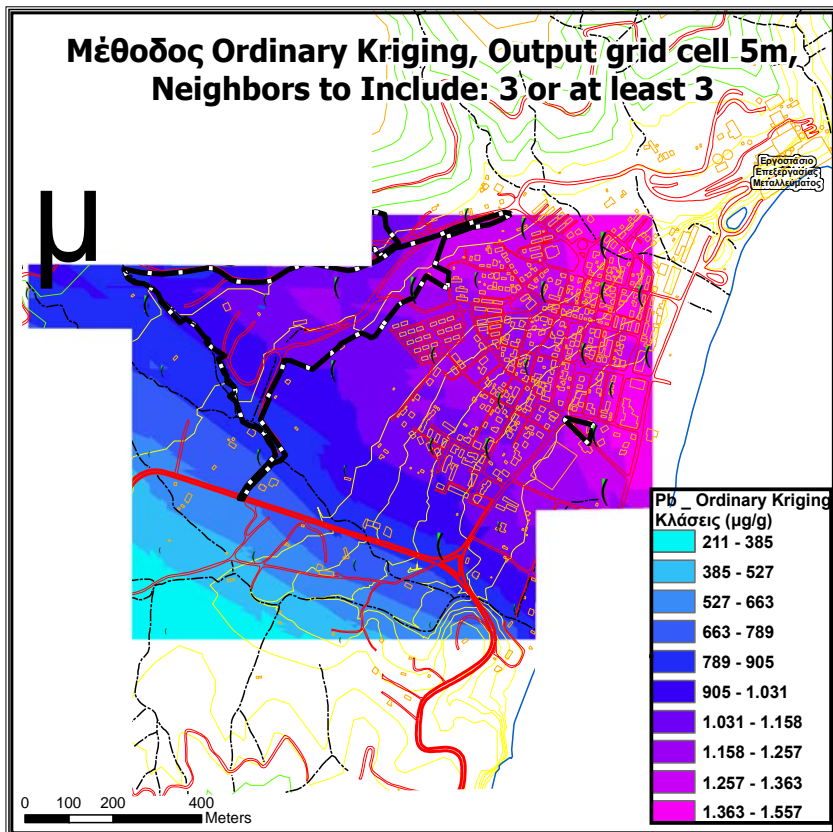
➤ Έτσι, προκειμένου να καθοριστεί η ακτίνα επίδρασης της συγκεκριμένης πηγής ρύπανσης προτείνεται η συλλογή δειγμάτων πέρα των ορίων του οικισμού προς το ΝΝΔ τμήμα της περιοχής.



# Γεωχημικοί Χάρτες

## ΟΙΚΙΣΜΟΣ ΣΤΡΑΤΩΝΙΟΥ ΓΕΩΧΗΜΙΚΟΣ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ (Pb) ΜΕΘΟΔΟΣ : ORDINARY KRIGING (n=36)

Μέθοδος Ordinary Kriging, Output grid cell 5m,  
Neighbors to Include: 3 or at least 3



### ΥΠΟΜΝΗΜΑ

#### Κλάσεις Συγκεντρώσεων μg/g

- 180 - 529
- 529 - 830
- 830 - 1167
- 1167 - 1512
- 1512 - 1848

- Μεταλλουργικές Αποθέσεις
- Κτίρια και Εγκαταστάσεις

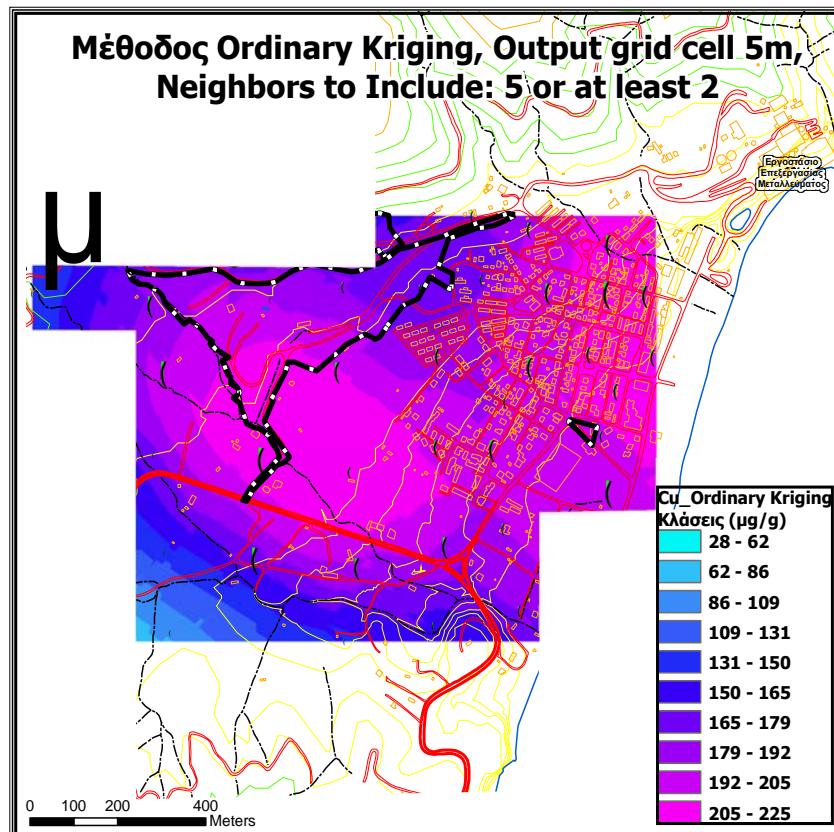
- Υδρογραφικό Δίκτυο
- Κύριος Δρόμος
- Δευτερευών Δρόμος
- Ακτογραμμή

#### ΙΣΟΨΕΙΣ (m)

- 0 - 60
- 61 - 160
- 161 - 280
- 281 - 400
- 401 - 500

## ΟΙΚΙΣΜΟΣ ΣΤΡΑΤΩΝΙΟΥ ΓΕΩΧΗΜΙΚΟΣ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ (Cu) ΜΕΘΟΔΟΣ : ORDINARY KRIGING (n=36)

Μέθοδος Ordinary Kriging, Output grid cell 5m,  
Neighbors to Include: 5 or at least 2



### ΥΠΟΜΝΗΜΑ

#### Κλάσεις Συγκεντρώσεων μg/g

- 53 - 99
- 99 - 173
- 173 - 198
- 198 - 256
- 256 - 376

- Μεταλλουργικές Αποθέσεις
- Κτίρια και Εγκαταστάσεις

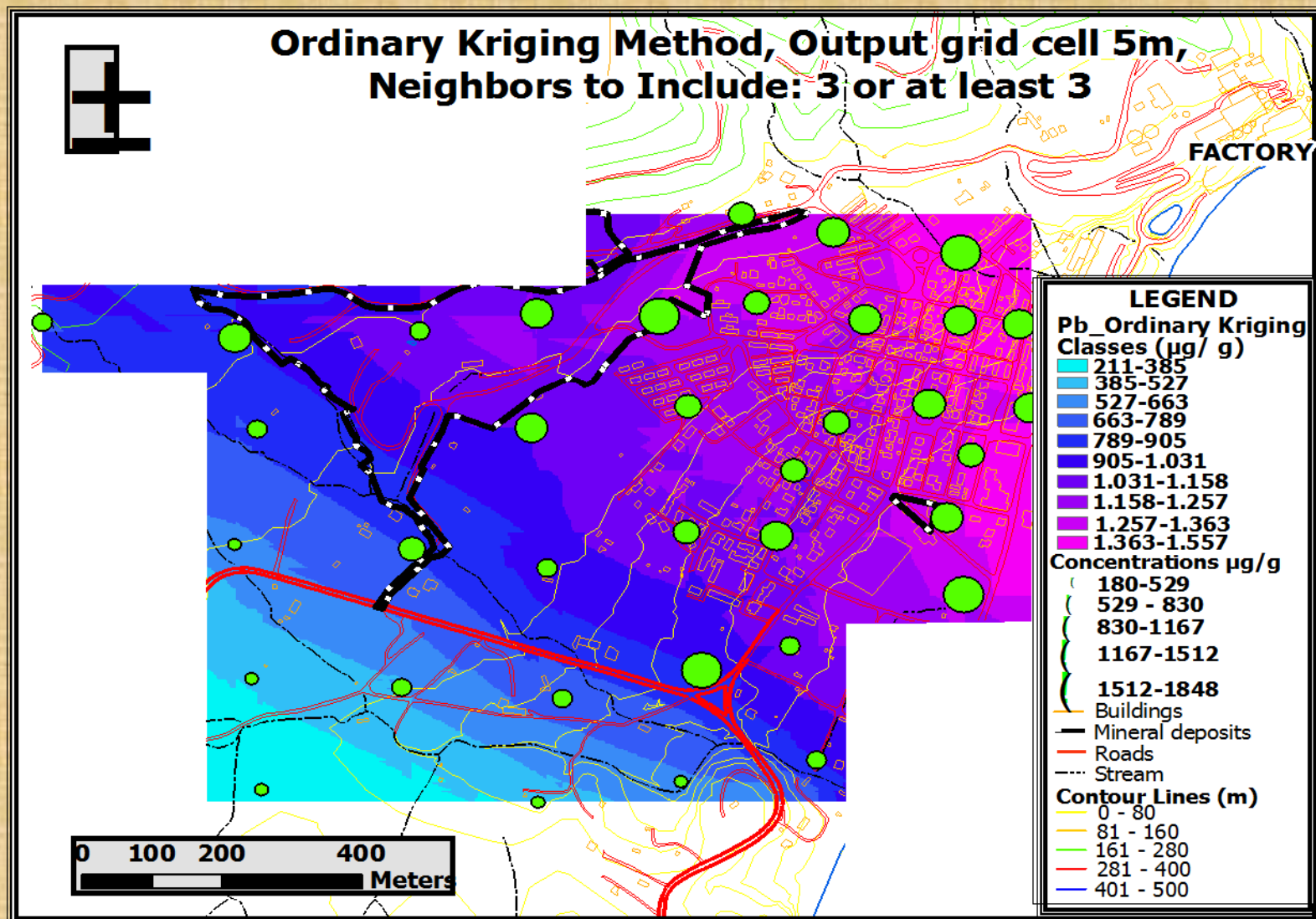
- Υδρογραφικό Δίκτυο
- Κύριος Δρόμος
- Δευτερευών Δρόμος
- Ακτογραμμή

#### ΙΣΟΨΕΙΣ (m)

- 0 - 60
- 61 - 160
- 161 - 280
- 281 - 400
- 401 - 500

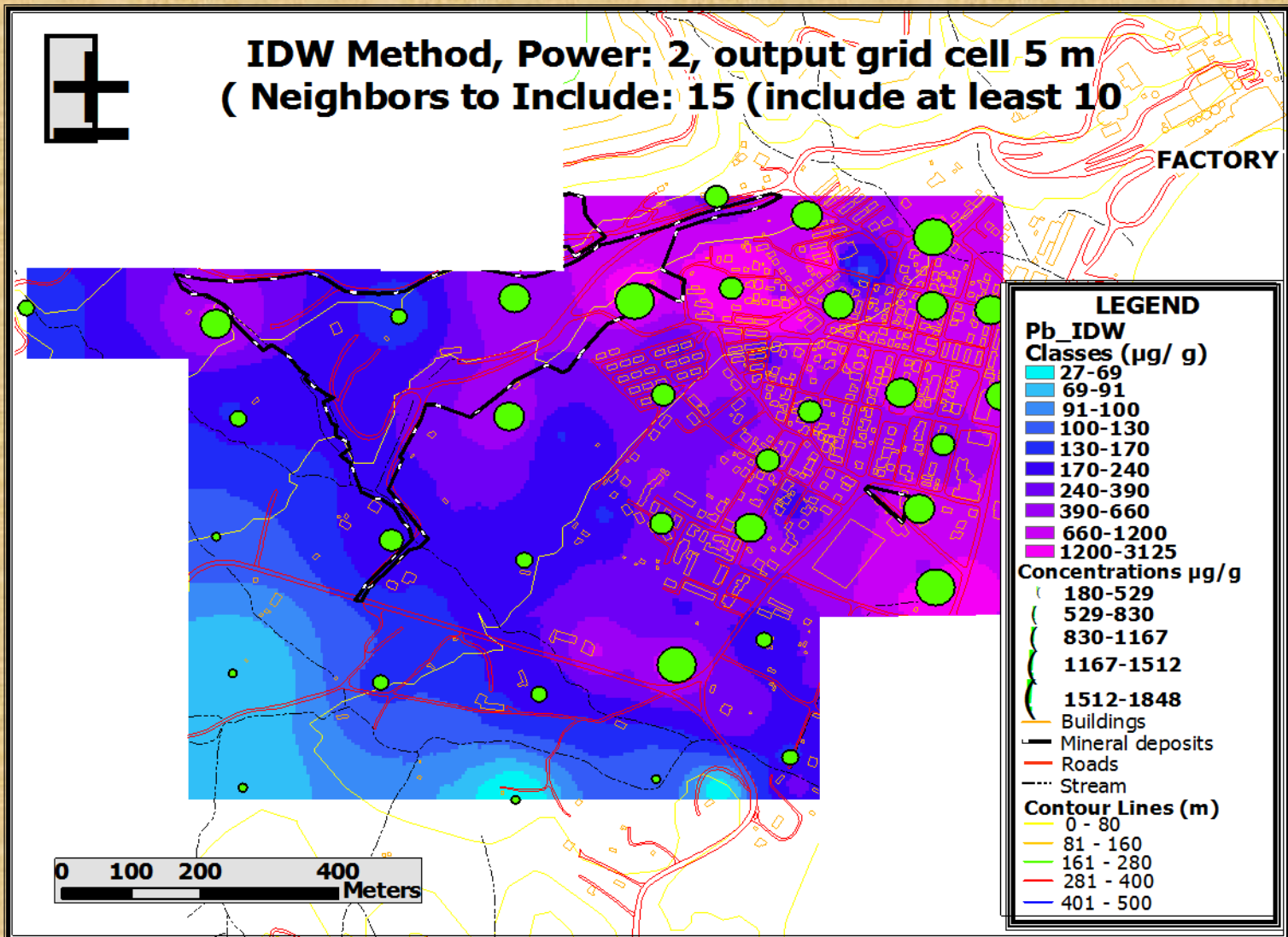
**Figure 4**

# STRATONI SETTLEMENT GEOCHEMICAL MAP OF Pb ORDINARY KRIGING METHOD (N=36)



**Figure 5**

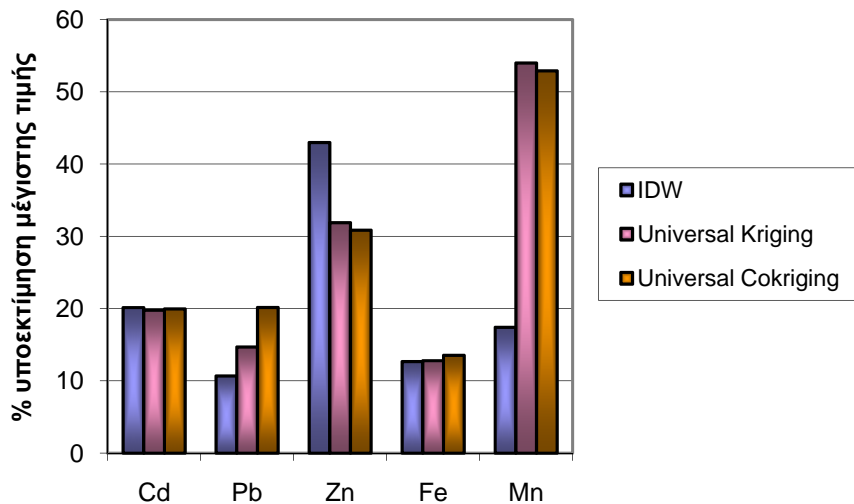
# STRATONI SETTLEMENT GEOCHEMICAL MAP OF Pb IDW METHOD (N=36)



# Σύγκριση Αποτελεσμάτων Μεθόδων Παρεμβολής στον Οικισμό Στρατωνίου

Παράμετρος	Στατιστική Ανάλυση	Παρεμβολή		
		IDW	Universal Kriging	Universal Cokriging
<b>Cd</b> (n=75)	Min	2	2.76	1.77
	Max	14.94	11.93	11.985
<b>Pb</b> (n=75)	Min	178	277.95	161.02
	Max	3497.52	3123.29	2983.12
<b>Zn</b> (n=75)	Min	116	119.84	68.26
	Max	2520.4	1436.3	1716.43
<b>Fe</b> (n=75)	Min	25270.3	38107.2	37776
	Max	76554.4	66843.4	66360.8
<b>Mn</b> (n=75)	Min	424	1135.92	955.72
	Max	22034.3	18394.3	10136.5

➤ Σύγκριση των μέγιστων και ελάχιστων τιμών συγκεντρώσεων των χημικών στοιχείων στο έδαφος, η IDW υπερεκτιμά την ελάχιστη τιμή όλων των χημικών στοιχείων και υποεκτιμά τη μέγιστη

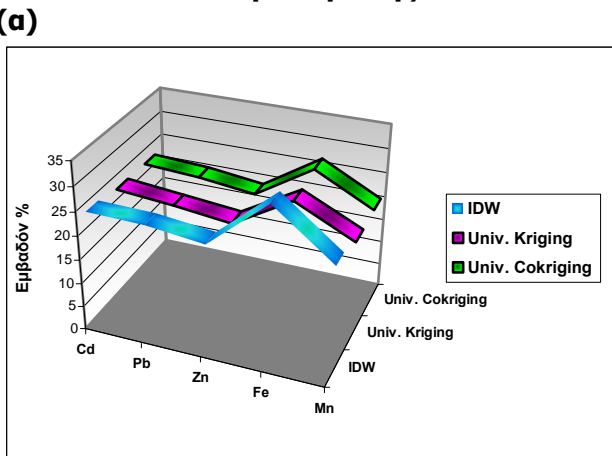


➤ Όσον αφορά στις γεωστατιστικές μεθόδους υπερεκτιμούν την ελάχιστη τιμή των συγκεντρώσεων για τα στοιχεία Fe και Mn ενώ για τον Zn και τον Pb υποεκτιμούν την ελάχιστη τιμή.

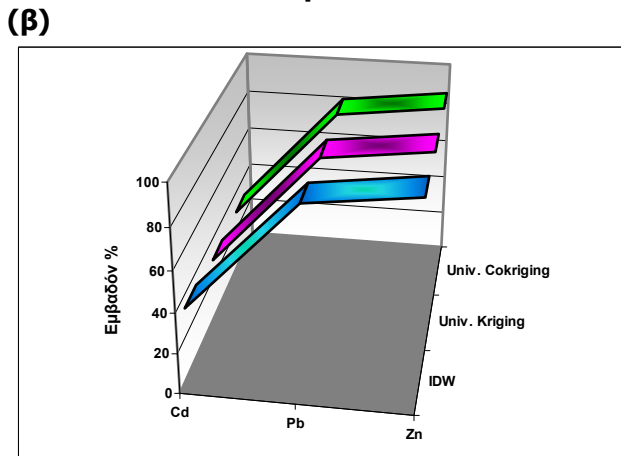
➤ Οι μέγιστες τιμές που προέκυψαν μετά την παρεμβολή είναι χαμηλότερες από τις μετρούμενες συγκεντρώσεις για όλα τα στοιχεία και όλες τις μεθόδους. Τα ποσοστά της διαφοράς στην εκτίμηση των μεγίστων παρουσιάζονται δίπλα.

# Σύγκριση των αποτελεσμάτων των μεθόδων παρεμβολής με κριτήριο το % ποσοστό του εμβαδού της περιοχής μελέτης το οποίο υπερβαίνει διαφορετικά όρια συγκέντρωσης.

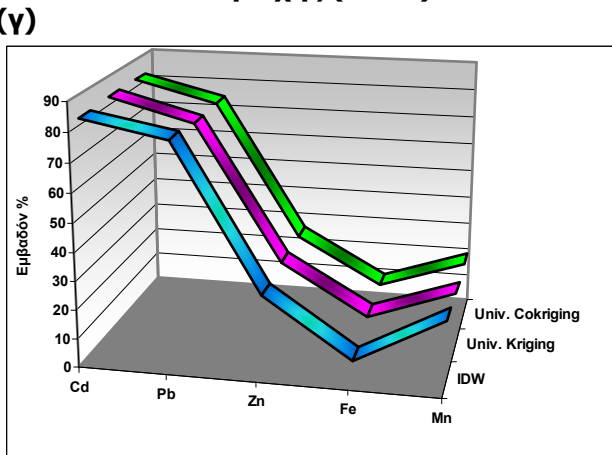
**(α) % Εμβαδόν > 3<sup>ου</sup> Τεταρτημορίου της Συγκέντρωσης**



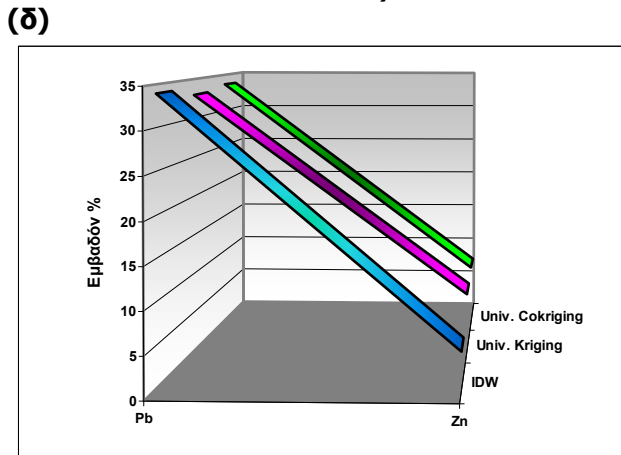
**(β) % εμβαδόν > (DOE-ICRCL) "Κήπος" Μ. Βρετανία**



**(γ) % εμβαδόν > Μέση Τιμή Ευρύτερης Περιοχής (n=49)**



**(δ) % εμβαδόν > Βιομηχανική χρήση Καναδάς**



➤ Με τη χρήση των μεθόδων Universal Kriging και Universal Cokriging καλύπτεται εμβαδόν παρόμοιο για όλα τα όρια συγκέντρωσης με τα οποία συγκρίνονται τα στοιχεία.

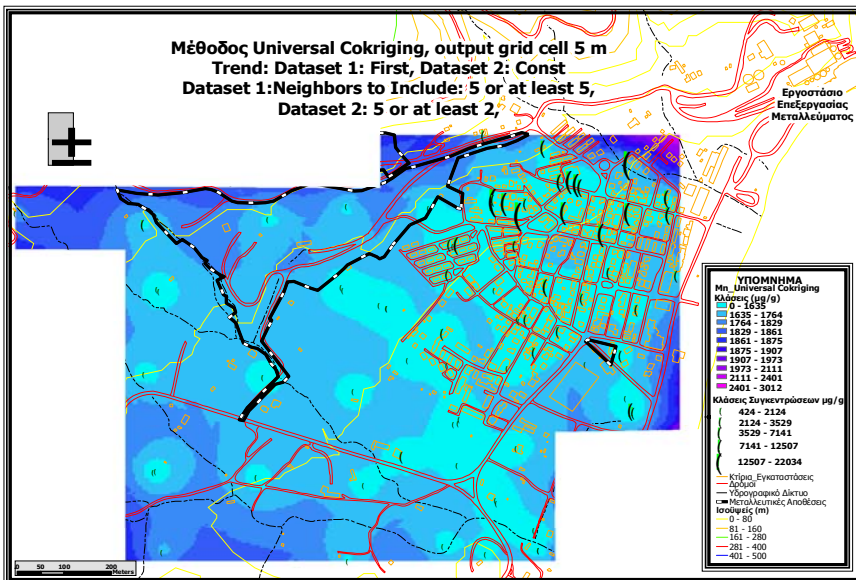
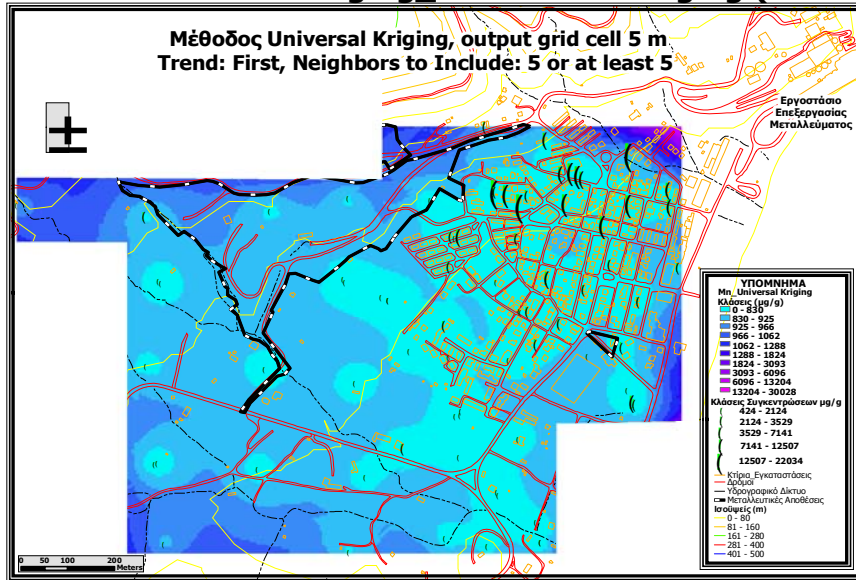
➤ Όσον αφορά την μέθοδο IDW παρατηρούμε ότι διαφέρει ελάχιστα ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις η χρήση της μεθόδου δείχνει ότι καλύπτει το ίδιο ποσοστό επιφάνειας με τις γεωστατιστικές μεθόδους παρεμβολής.

# Χάρτες προβλεπόμενου σφάλματος

## ΟΙΚΙΣΜΟΣ ΣΤΡΑΤΩΝΙΟΥ

### Χάρτες Προβλεπόμενου Σφάλματος Kriging (Mn)

Μέθοδοι: Universal Kriging\_ Universal Cokriging (n= 75)



- Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των χαρτών προβλεπόμενου σφάλματος για τις δύο γεωστατιστικές μεθόδους προκύπτει ότι για όλα τα στοιχεία η μέθοδος που προβλέπει καλύτερα τις τιμές των συγκεντρώσεων είναι η Universal Kriging.
- Επίσης από τους χάρτες αυτούς γίνεται φανερή η επιρροή της πυκνότητας του κανάβου δειγματοληψίας στα αποτελέσματα της παρεμβολής. Δηλαδή οι γεωστατιστικές μέθοδοι προβλέπουν καλύτερα τη μετρηθείσα τιμή σε θέσεις όπου πυκνώνουν τα σημεία δειγματοληψίας.