



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

**Ο ρόλος της γεωμετρίας των ταμιευτήρων:
Θεωρητική ανάλυση και εξαγωγή γενικευμένων σχέσεων
στάθμης – επιφάνειας – αποθέματος**



Χριστίνα Καραϊσά

Επιβλέπων Καθηγητής: Ανδρέας Ευστρατιάδης, Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2022

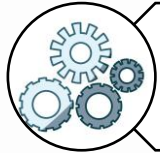
Διάρθρωση Παρουσίασης



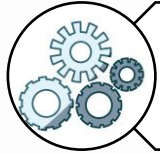
1) Εισαγωγή



2) Global Reservoir Geometry Database



3) Επεξεργασία υποθετικών ταμιευτήρων



4) Επεξεργασία 16 Ελληνικών ταμιευτήρων



5) Επικύρωση Αποτελεσμάτων



6) Συμπεράσματα Ανάλυσης

Αντικείμενο – Σκοπός Εργασίας



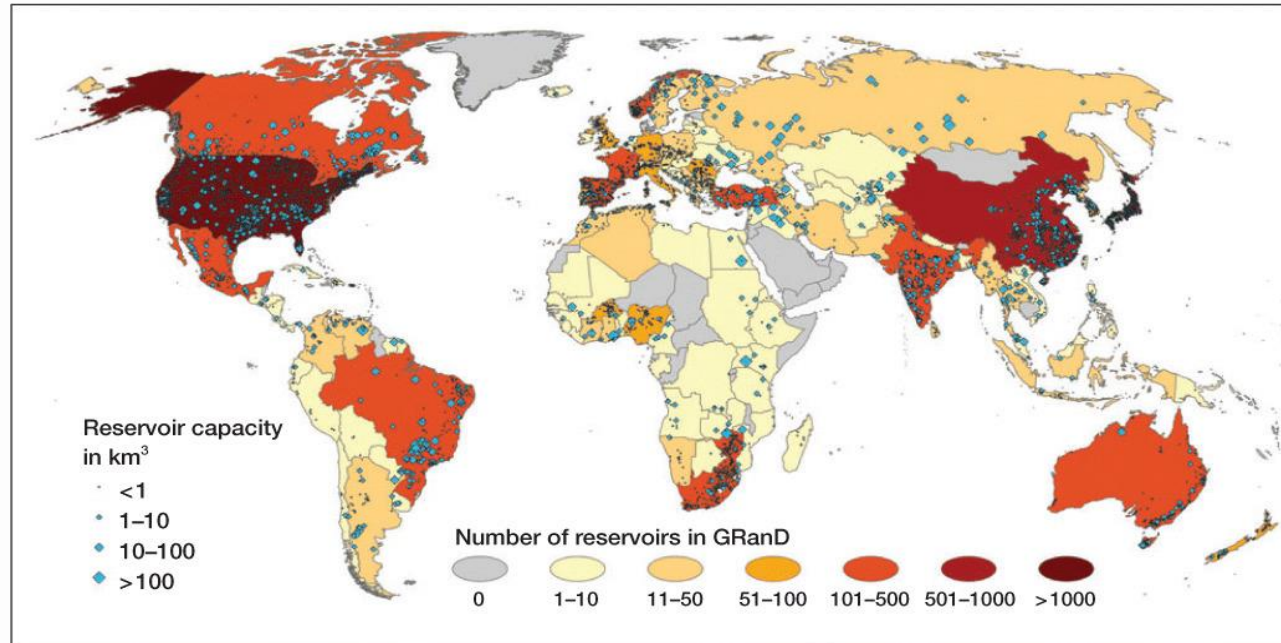
- ❑ Η αποθήκευση του νερού με τη δημιουργία του ταμιευτήρα αποσκοπεί στην εξυπηρέτηση πολλαπλών χρήσεων:
 - ✓ Ύδρευση – Άρδευση
 - ✓ Αντιπλημμυρική Προστασία
 - ✓ Παραγωγή Υδροηλεκτρικής Ενέργειας
 - ✓ Αναψυχή
- ❑ Απαραίτητη η γνώση των σχέσεων στάθμης – επιφάνειας – αποθέματος για την προσομοίωση των υδροταμιευτήρων



- ❑ Σκοπός της εργασίας είναι:
 - ✓ Κατηγοριοποίηση των ταμιευτήρων ανάλογα με το γεωμετρικό τους σχήμα
 - ✓ Εξαγωγή γενικευμένων σχέσεων στάθμης – επιφάνειας – αποθέματος
 - ✓ Συσχέτιση συντελεστών της εξίσωσης $h = \lambda \times S^k$ με το ανάγλυφο του ταμιευτήρα

Global Reservoir Geometry Database - Εισαγωγή

- ❑ Αναπτύχθηκε με την υποστήριξη του Υπουργείου Ενέργειας στην Αμερική (2018)
- ❑ Βασίστηκε στην Παγκόσμια Βάση Δεδομένων GRanD (*Lehner et al., 2011*)
- ❑ Δεδομένα από 6.824 ταμιευτήρες παγκοσμίως αποθηκευτικότητας $> 1\text{hm}^3$
- ❑ Επικύρωση αποτελεσμάτων από δύο ξεχωριστές πηγές (*Gao et al., 2012, Zhang et al., 2014 & Cao, 2014, Shang & Bin, 2014*)



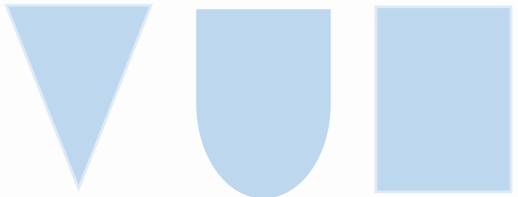
Εικόνα | Παγκόσμια κατανομή ταμιευτήρων που περιλαμβάνονται στη βάση δεδομένων GRanD, (Πηγή: *Lehner et al., 2011*)

Global Reservoir Geometry Database - Βήματα

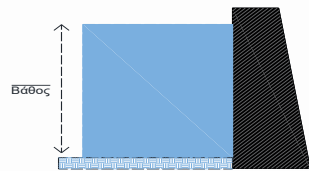
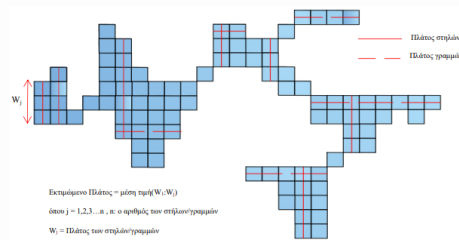
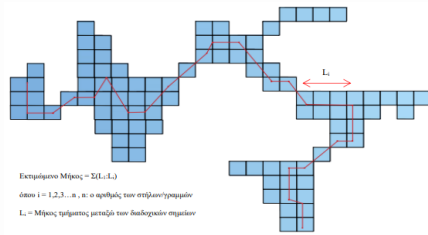
Γεωμετρία
Επιφάνειας



Γεωμετρία
Διατομών

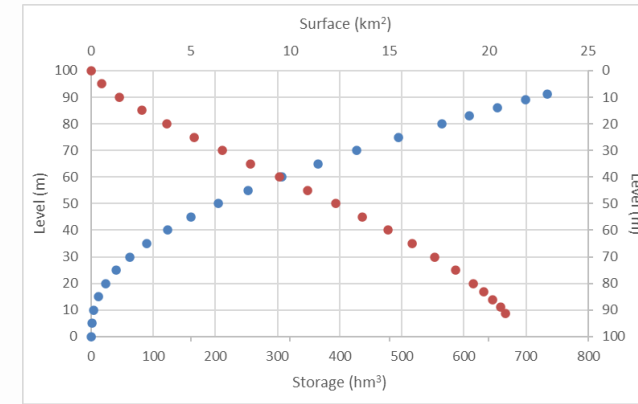


Καθορισμός
Υποψήφιων
Σχημάτων



Εκτίμηση ενεργού
μήκους, πλάτους,
μέγιστου βάθους
ταμιευτήρα

Σχήμα	Υπολογισμός Επιφάνειας
Rectangular Prism	$L \times W \times \left[1 - \left(\frac{Z_i}{D}\right)^2\right]$
Rectangular Bowl	$L \times W \times \left[1 - \left(\frac{Z_i}{D}\right)^2\right] \times \left(1 - \frac{Z_i}{D}\right)^{0.5}$
Rectangular Wedge	$L \times W \times \left[1 - \left(\frac{Z_i}{D}\right)^2\right]^2 \times \left(1 - \frac{Z_i}{D}\right)$
Parabolic Wedge	$\frac{2}{3} \times L \times W \times \left[1 - \left(\frac{Z_i}{D}\right)^2\right] \times \left(1 - \frac{Z_i}{D}\right)$
Elliptical Bowl	$\frac{1}{4} \times \pi \times L \times W \times \left[1 - \left(\frac{Z_i}{D}\right)^2\right] \times \left(1 - \frac{Z_i}{D}\right)^{0.5}$



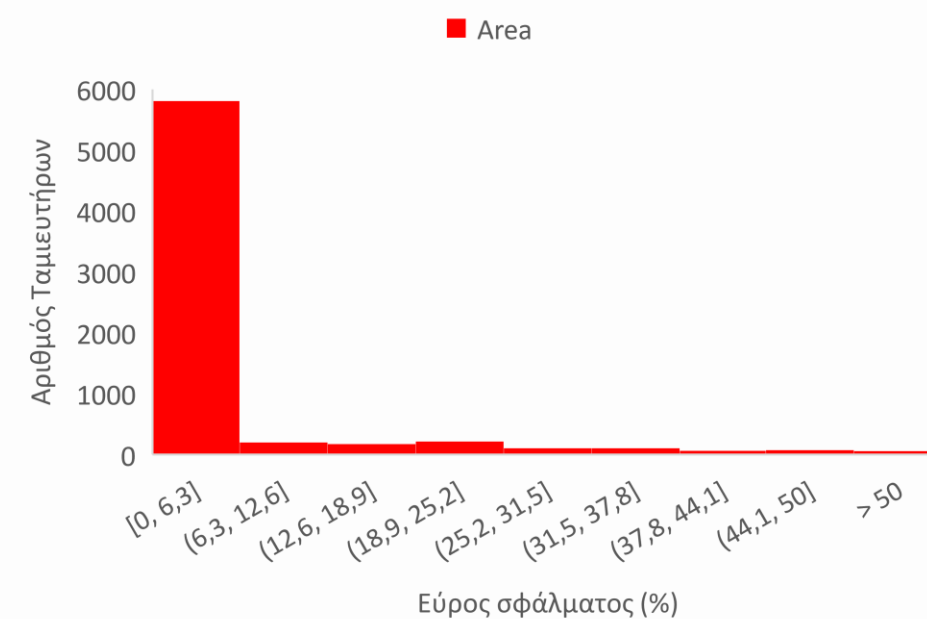
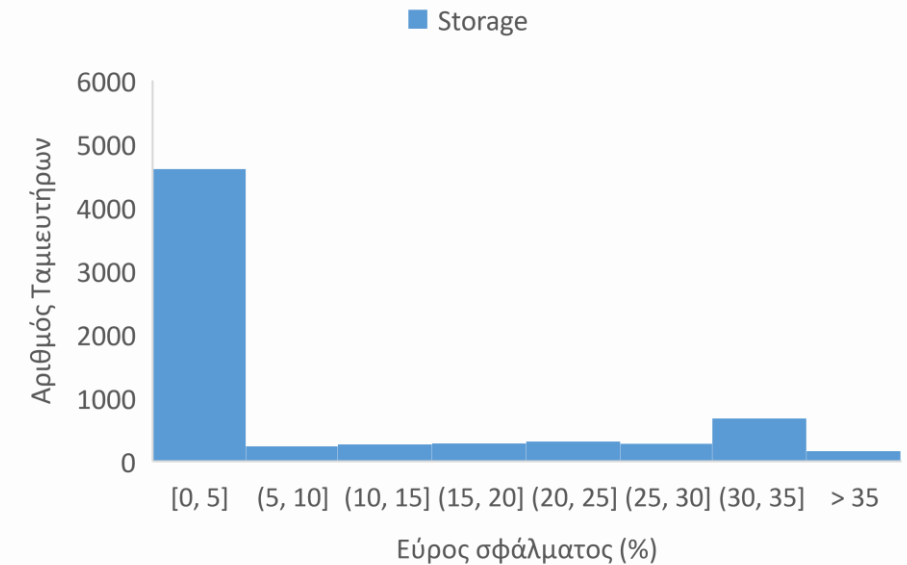
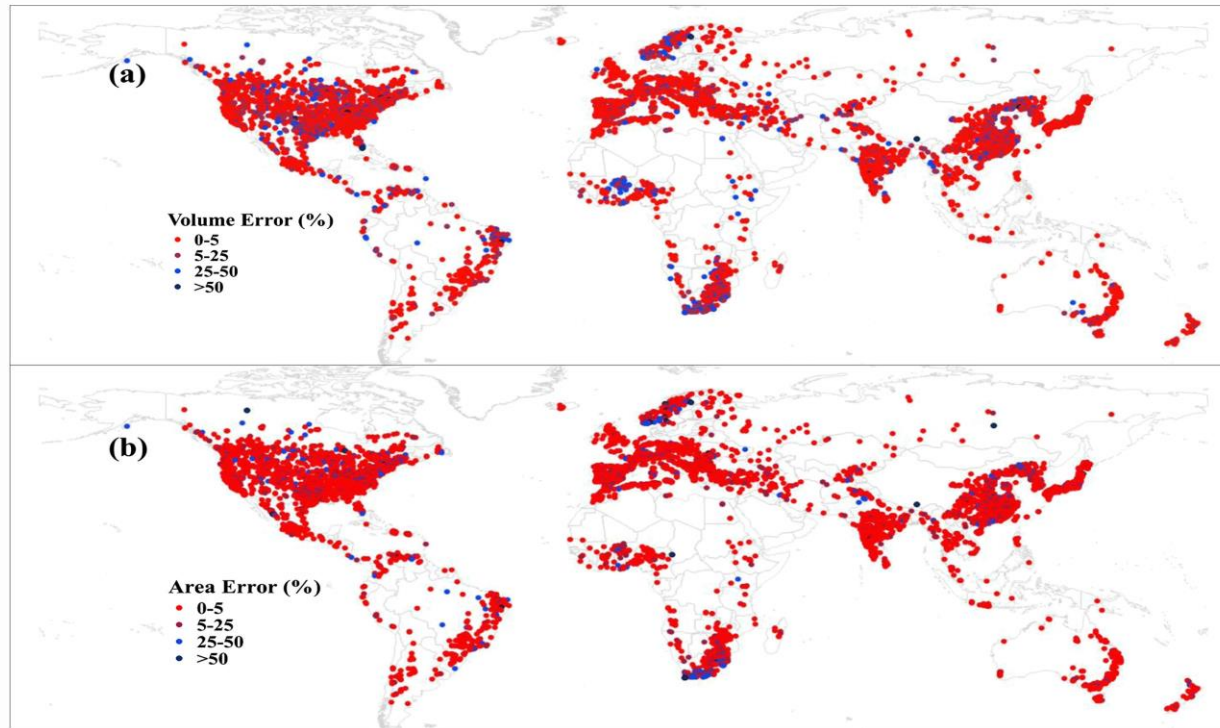
Επιλογή
Κατάλληλου
Σχήματος

Εξαγωγή καμπυλών
στάθμης – επιφάνειας –
αποθέματος

Global Reservoir Geometry Database - Αποτελέσματα

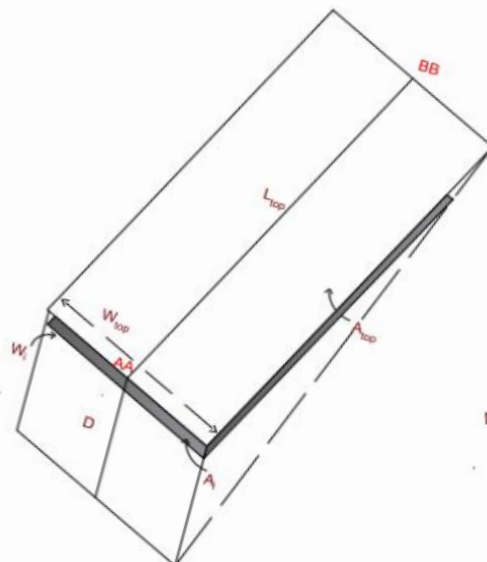
Σχετικό σφάλμα δεδομένων βάσης GRanD – εκτιμήσεων ReGeom:

- ✓ **Αποθηκευτικότητα** → δεν ξεπερνά το 5% για 4.516 ταμιευτήρες (66% του συνόλου) και 50% για 6.757 ταμιευτήρες (99% του συνόλου)
- ✓ **Επιφάνεια** → δεν υπερβαίνει το 10% για 6.000 ταμιευτήρες, δηλαδή 88% του συνόλου

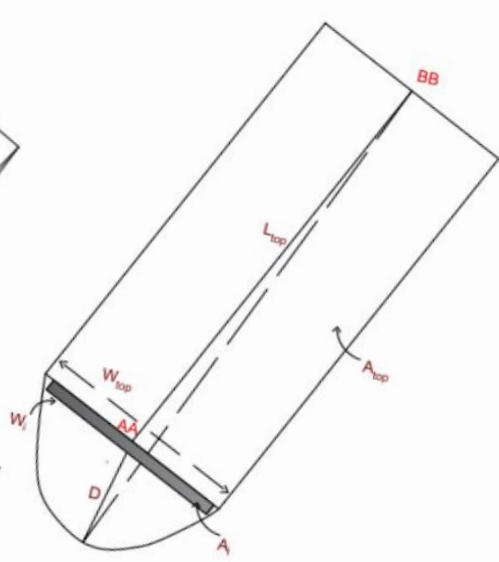


Εικόνα | Κατανομή σε παγκόσμιο επίπεδο των σχετικών σφαλμάτων α) αποθήκευσης και β) επιφάνειας (Πηγή: Yigzaw W et al., 2018).

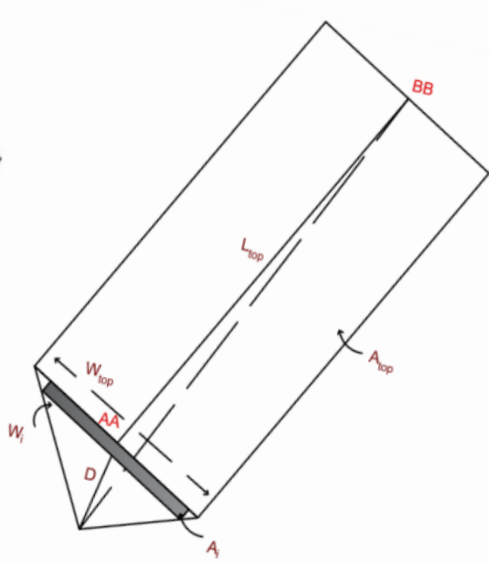
Global Reservoir Geometry Database – Επεξεργασία (1/3)



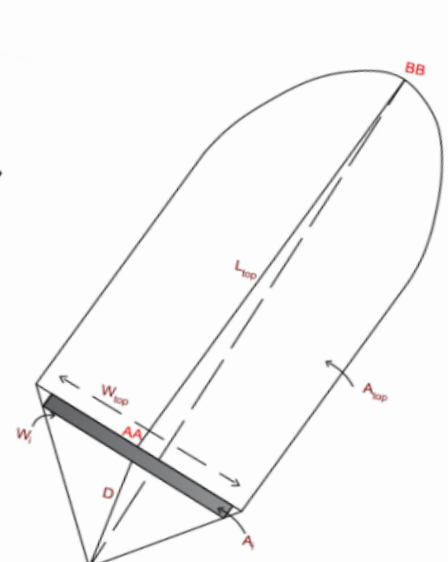
Rectangular Prism



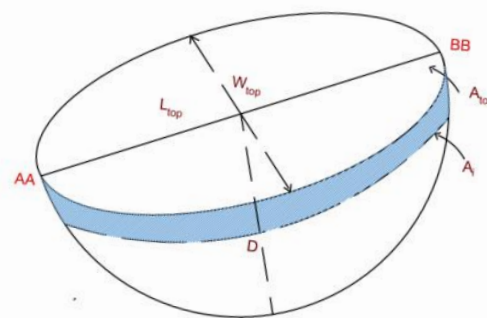
Rectangular Bowl



Rectangular Wedge



Parabolic Wedge

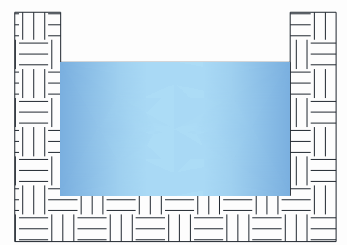


Elliptical Bowl

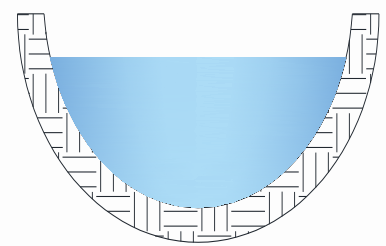
Κατηγοριοποίηση σε σχέση με την εγκάρσια διατομή



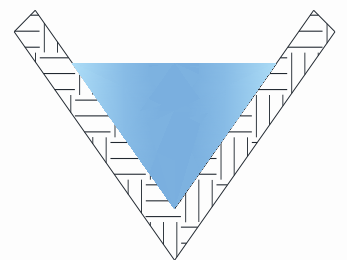
Prism



Bowl



Wedge





Στατιστικά Μέτρα Απόδοσης

- Δείκτης Αποτελεσματικότητας NSE (Nash & Sutcliffe, 1970)

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

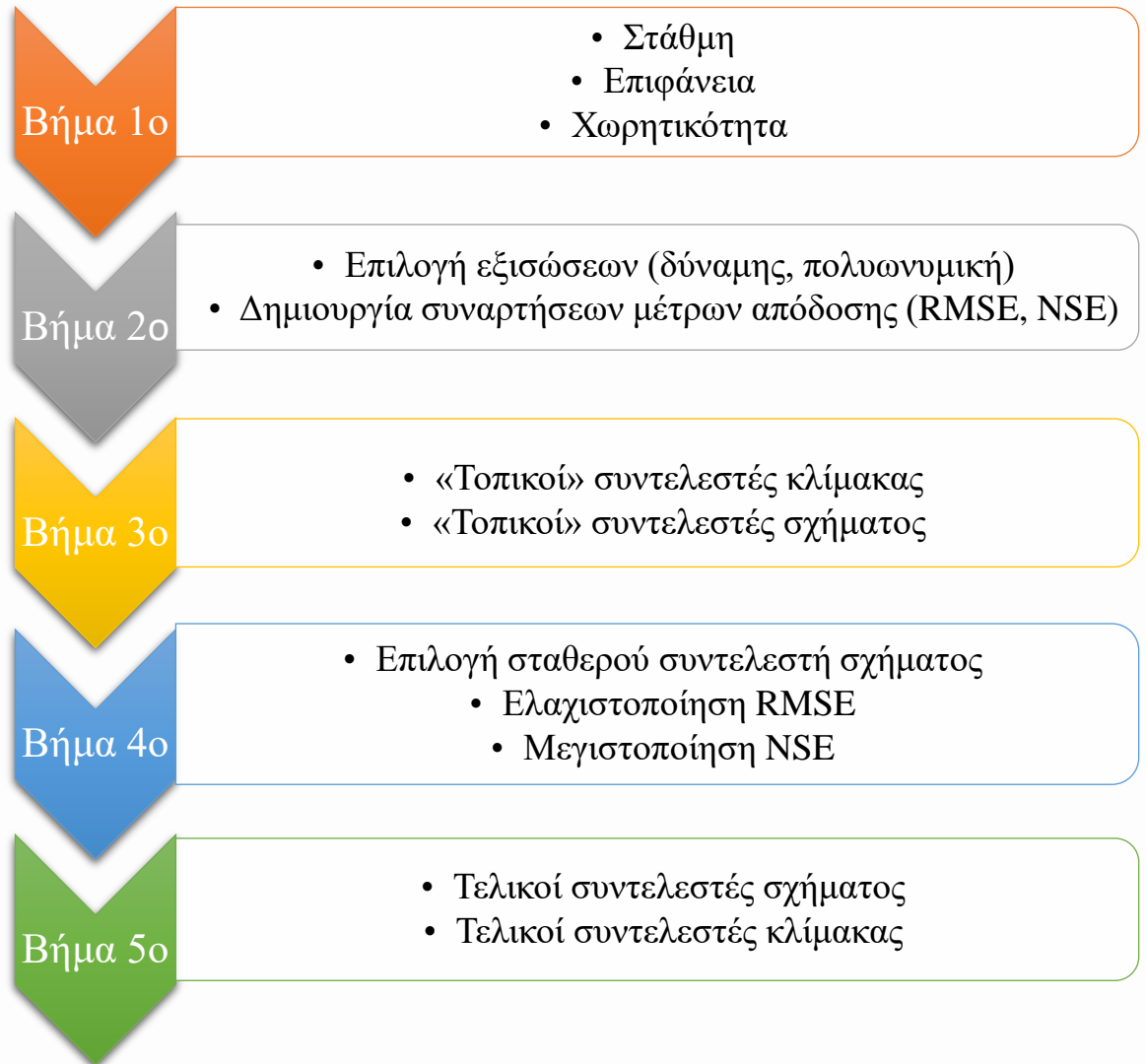
- Ρίζα Μέσου τετραγωνικού σφάλματος RMSE (Root Mean Squared Error)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}$$

Όπου: \hat{y}_i : οι εκτιμημένες τιμές της μεταβλητής
 y_i : οι πραγματικές τιμές της μεταβλητής
 \bar{y} : η μέση τιμή της μεταβλητής



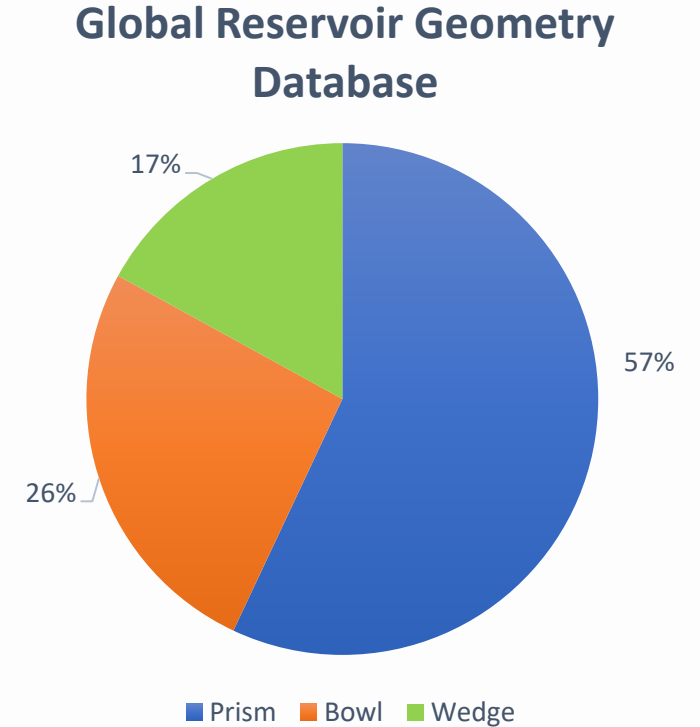
Μεθοδολογία Εξαγωγής Γενικευμένων Εξισώσεων



Global Reservoir Geometry Database – Επεξεργασία (3/3)

□ Κατάλληλη η σχέση δύναμης με σταθερό συντελεστή σχήματος

Prism		Bowl		Wedge	
Εξίσωση	NSE	Εξίσωση	NSE	Εξίσωση	NSE
$h = \lambda S^{0,55}$	0,998	$h = \lambda S^{0,44}$	0,999	$h = \lambda S^{0,36}$	0,999
$S = a h^{1,83}$	0,997	$S = a h^{2,31}$	0,997	$S = a h^{2,79}$	0,998
$S = c A^{2,55}$	0,944	$S = c A^{1,91}$	0,982	$S = c A^{1,64}$	0,993
$A = c_1 S^{0,39}$	0,97	$A = c_1 S^{0,52}$	0,99	$A = c_1 S^{0,61}$	0,995
$A = t h^{0,70}$	0,959	$A = t h^{1,20}$	0,974	$A = t h^{1,70}$	0,973
$S = l_1 (Ah)^{1,07}$	0,996	$S = l_1 (Ah)^{1,05}$	0,998	$S = l_1 (Ah)^{1,03}$	0,998

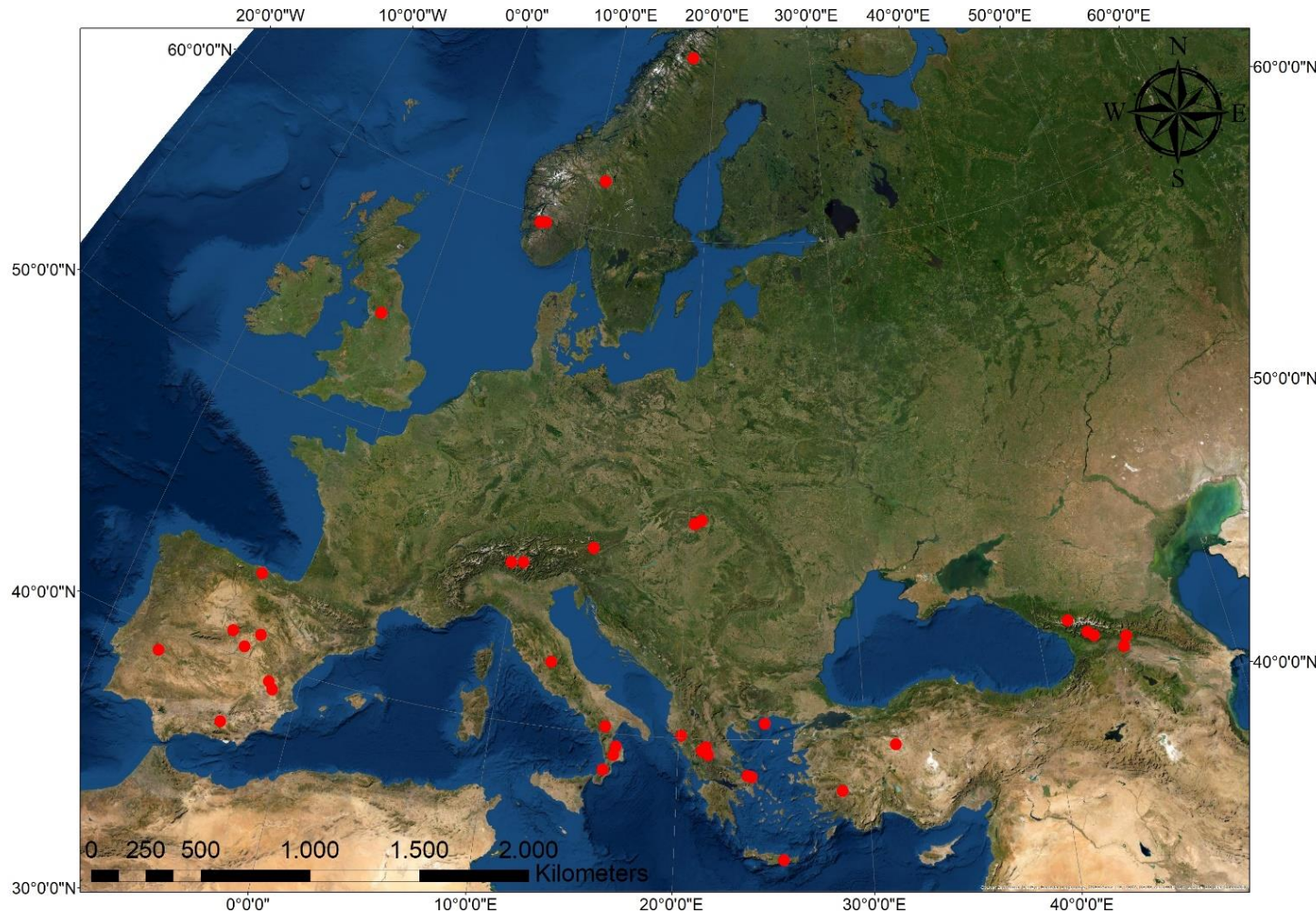


Πίνακας | Γενικευμένες εξισώσεις στάθμης – επιφάνειας – αποθέματος

Επεξεργασία υποθετικών ταμιευτήρων

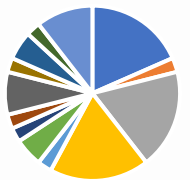


Γεωγραφική κατανομή ταμιευτήρων



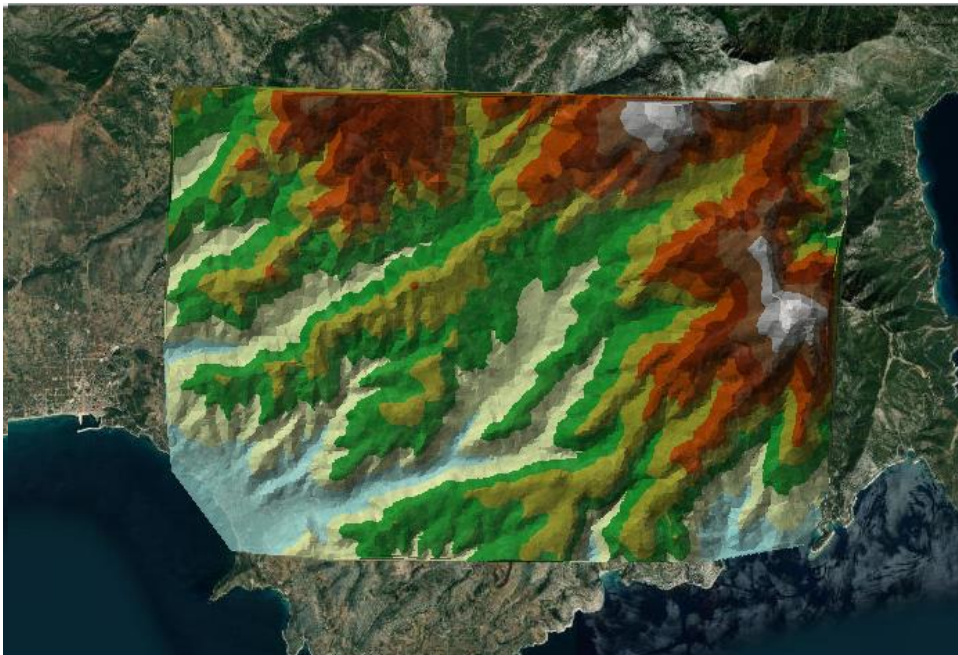
➤ Κριτήριο Επιλογής θέσεων το ανάγλυφο της περιοχής

Χώρα	Αριθμός Ταμιευτήρων
Ελλάδα	7
Αλβανία	1
Ιταλία	7
Ισπανία	7
Πορτογαλία	1
Σλοβακία	2
Αυστρία	1
Αγγλία	1
Νορβηγία	3
Σουηδία	1
Τουρκία	2
Ρωσία	1
Γεωργία	4
Σύνολο	38



Δημιουργία Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους

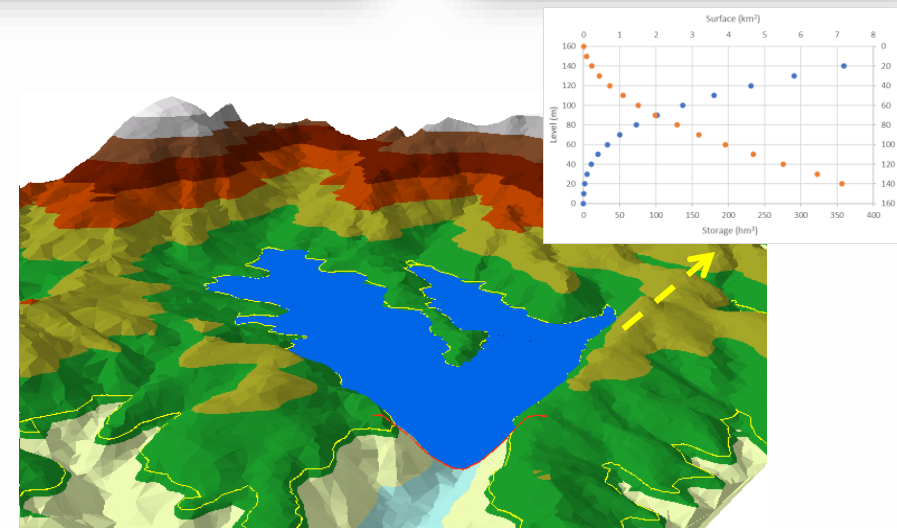
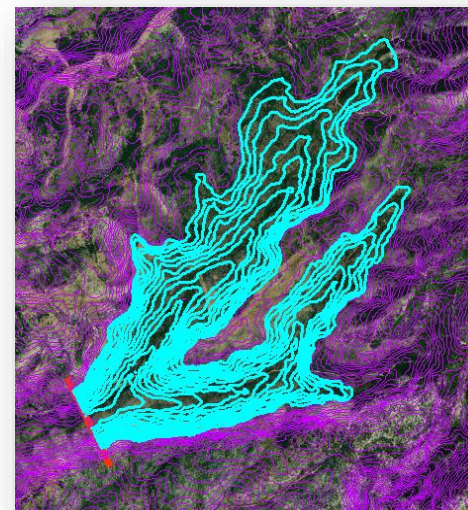
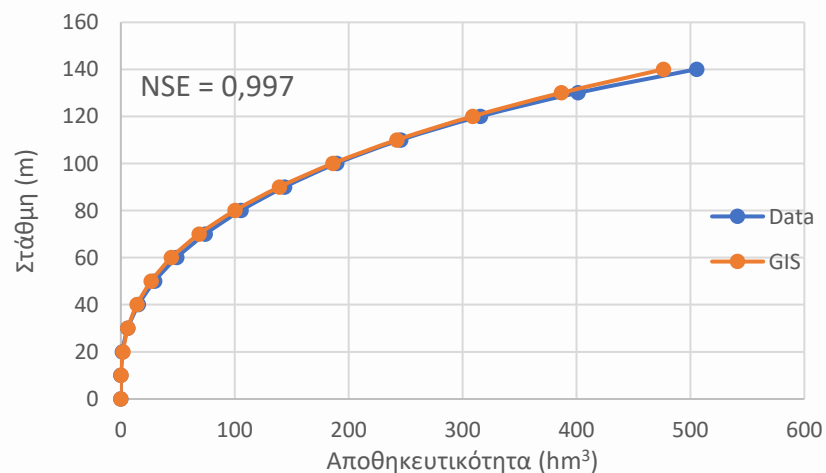
- ❑ Περιορισμένη ακρίβεια ΨΜΕ από άλλες πηγές σε παγκόσμιο επίπεδο
- ❑ Ανάγκη μεγαλύτερης ακρίβειας και ευκολίας μετασχηματισμού συντεταγμένων
- ❑ Δημιουργία ΨΜΕ από του Google Earth μέσω της πλατφόρμας GPSVisualizer
- ❑ Περιβάλλον ArcGIS: Μετατροπή αρχείου σε μορφή TIN → 3D εποπτεία



Εξαγωγή καμπυλών στάθμης – επιφάνειας - αποθέματος

- ❑ Προσδιορισμός άξονα φράγματος
- ❑ Δημιουργία λεκάνης κατάκλυσης
- ❑ Ποσοτικοποίηση όγκου & επιφάνειας ταμιευτήρα

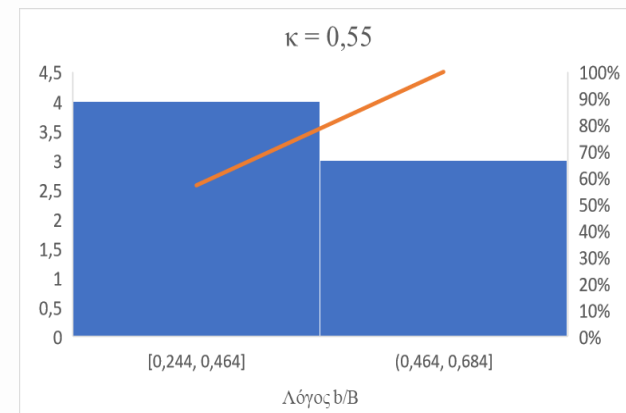
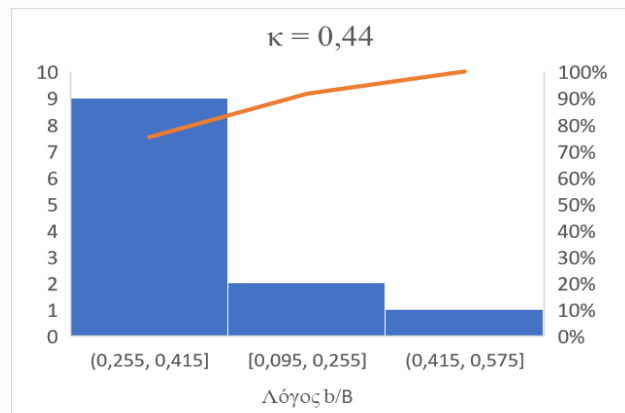
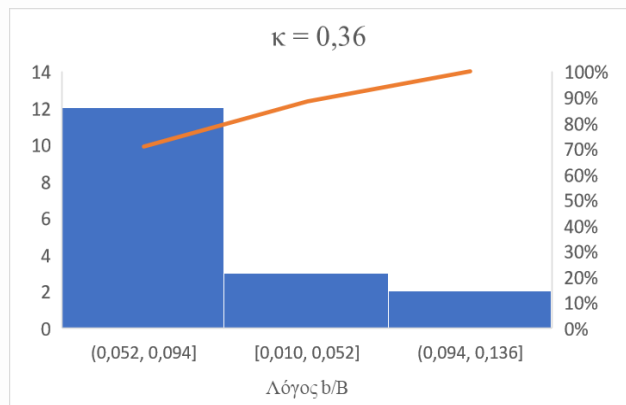
Ακρίβεια των εξαγόμενων καμπυλών με πραγματικά δεδομένα:
Παράδειγμα Μεσοχώρας (20×20 m)



Συσχέτιση συντελεστών της εξίσωσης $h = \lambda \times S^k$ με τη γεωμετρία του ταμιευτήρα (1/3)



1^η Μέθοδος → Εξάρτηση του συντελεστή σχήματος κ από τον λόγο $\frac{b}{B}$



Βελτιστοποίηση συντελεστή λ^* , για

• $\kappa = 0,36$



• $\kappa = 0,44$

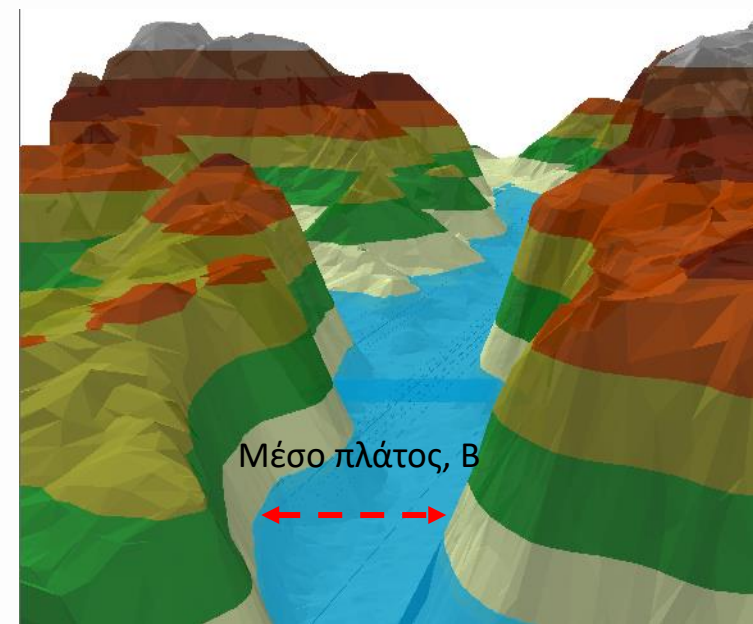


• $\kappa = 0,55$



Κατηγορίες σχήματος ταμιευτήρα

κ	b/B	
	min	max
0,36	0	0,091
0,44	0,092	0,278
0,55	0,279	0,54



Συσχέτιση συντελεστών της εξίσωσης $h = \lambda \times S^k$ με τη γεωμετρία του ταμιευτήρα (2/3)



2^η Μέθοδος → Διατήρηση ενός συντελεστή εκ των δύο σταθερό

▪ Συντελεστής κ

Συντελεστής κ : Σταθερός ($\kappa=0,40$)

Συντελεστής λ : Ανεξάρτητος

✓ NSE = 0,979

✓ RMSE = 119,0

▪ Συντελεστής λ

Συντελεστής λ : Σταθερός ($\lambda=13,64$)

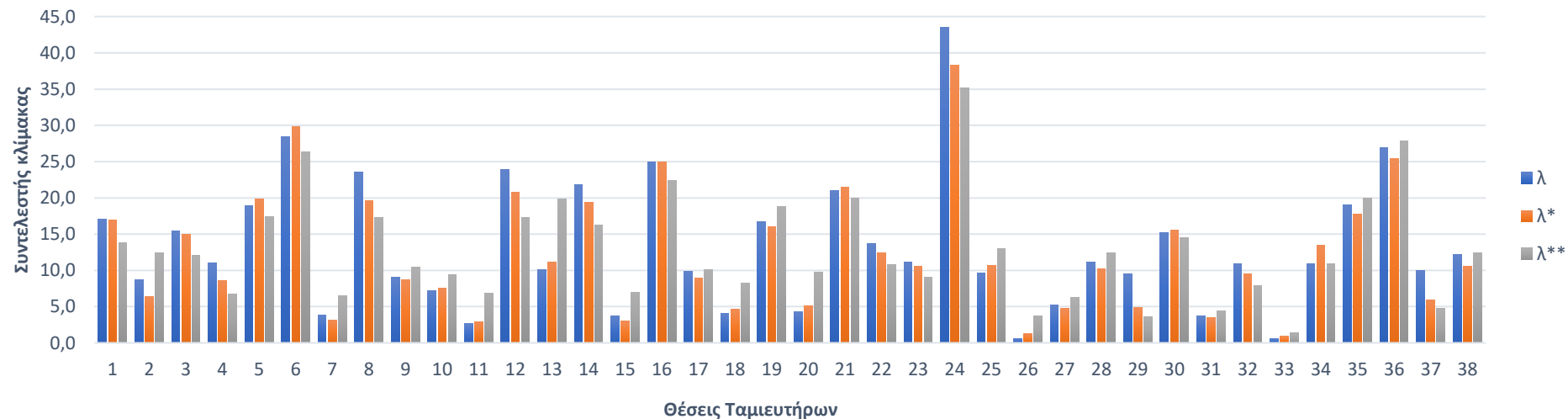
Συντελεστής κ : Ανεξάρτητος

✓ NSE = 0,92

✓ RMSE = 218,1



Διατήρηση τιμής συντελεστή σχήματος → Βελτιστοποίηση συντελεστή λ^{**}



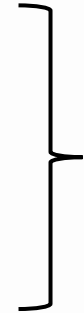
Συσχέτιση συντελεστών της εξίσωσης $h = \lambda \times S^k$ με τη γεωμετρία του ταμιευτήρα (3/3)



3^η Μέθοδος → Συσχέτιση συντελεστή λ^{**} με το ανάγλυφο της περιοχής



- Κλίση πρανών, slope (%)
- Κλίση πυθμένα, J
- Πλάτος πυθμένα, b (m)

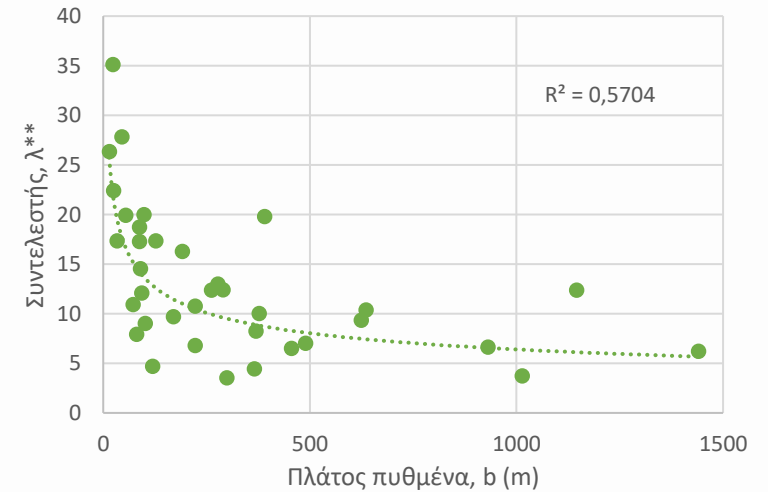
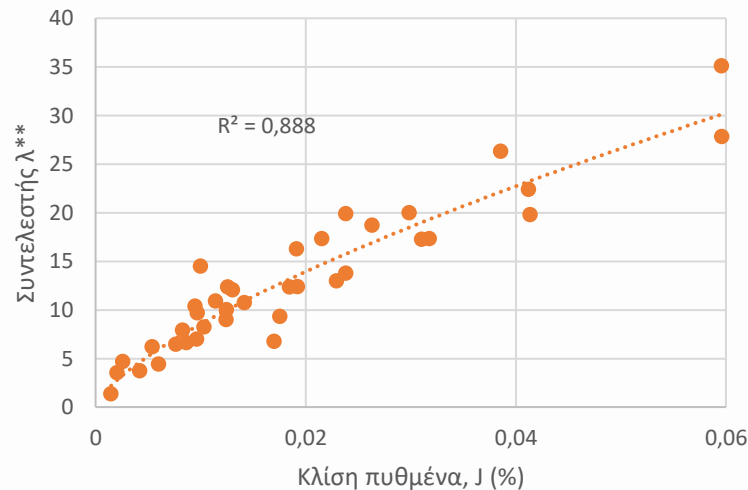
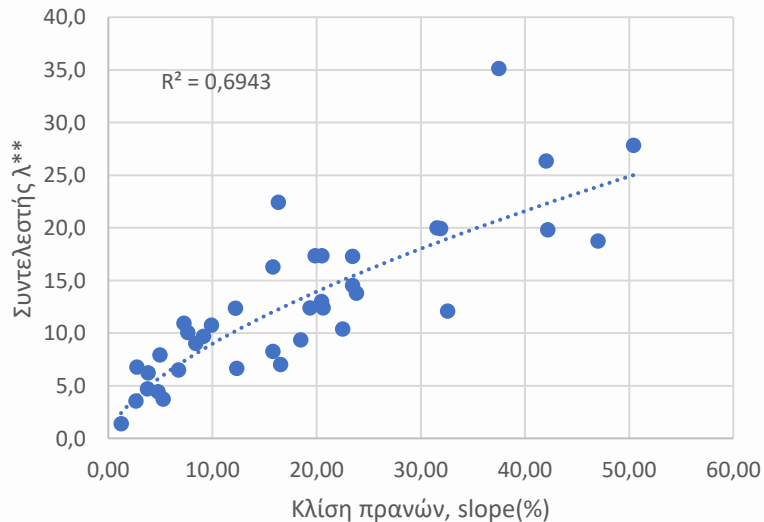


$$\lambda = \frac{78 \times S^{0,17} \times J^{0,43}}{b^{0,1}}$$

$$\lambda = 2,24 \times S^{0,62}$$

$$\lambda = 109,1 \times \sqrt{J}$$

$$\lambda = 57,2 \times S^{0,21} \times \sqrt{J}$$



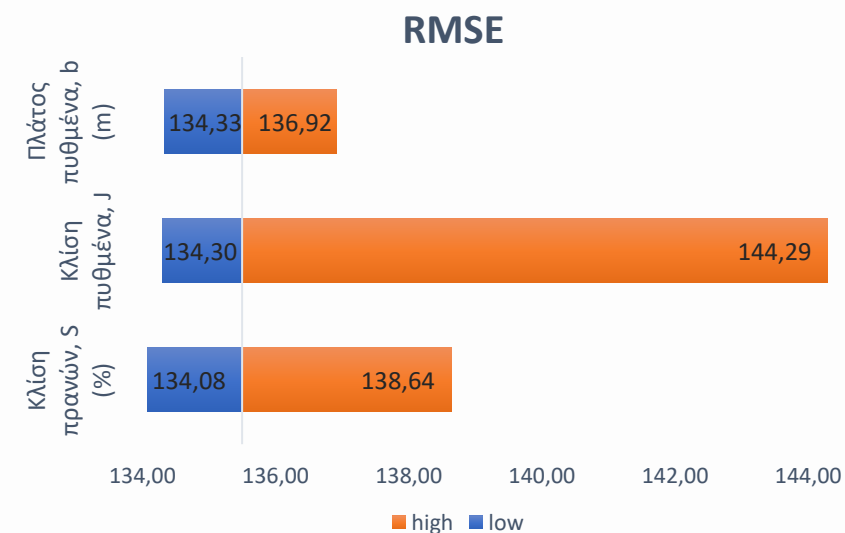
Συμπεράσματα επεξεργασίας υποψήφιων ταμιευτήρων

	1 ^η Μέθοδος	2 ^η Μέθοδος	3 ^η Μέθοδος	Slope	J	Slope & J
NSE	0,992	0,979	0,973	0,953	0,961	0,964
RMSE	65,9	119,0	135,5	171,7	156,1	152,8

✓ **Αξιόπιστη** η 1^η Μέθοδος για εύρεση του συντελεστή σχήματος, κ

✓ **Αξιόπιστη** η 3^η Μέθοδος για την εύρεση του συντελεστή κλίμακας, λ με μεγαλύτερη ακρίβεια όταν είναι γνωστά όλα τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά

✓ Το μοντέλο βελτιστοποίησης της 3^{ης} Μέθόδου **έχει μικρή ευαισθησία για μεταβολή $\pm 20\%$** των γεωμετρικών χαρακτηριστικών (κλίση πρανών, κλίση πυθμένα, πλάτος πυθμένα)



Επεξεργασία 16 Ελληνικών υφιστάμενων ταμιευτήρων



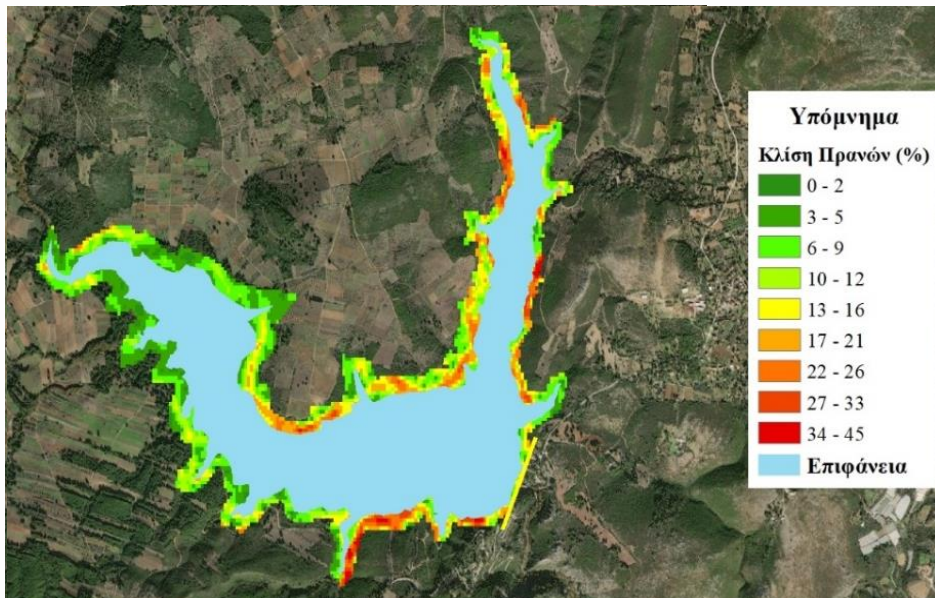
Διερεύνηση εξαγωγής γενικευμένων καμπυλών στάθμης – αποθέματος σε υφιστάμενους ταμιευτήρες



Η βαθυμετρία του ταμιευτήρα επηρεάζεται από την κλίση των πρανών σε απόσταση 100 m από το ίχνος του (Messenger, et al., 2016)



Δημιουργία ΨΜΕ ταμιευτήρα + υψόμετρα σε ακτίνα 100 m από τη λεκάνη κατάκλυσης



Φράγμα

Αποσελέμης

Γαδουράς

Εύηνος

Θησαυρός

Ιλαρίωνας

Καστράκι

Κρεμαστά

Μαραθώνας

Μόρνος

Πλαστήρας

Πλατανόβρυση

Πολύφυτο

Πουρνάρι

Σμόκοβο

Στράτος

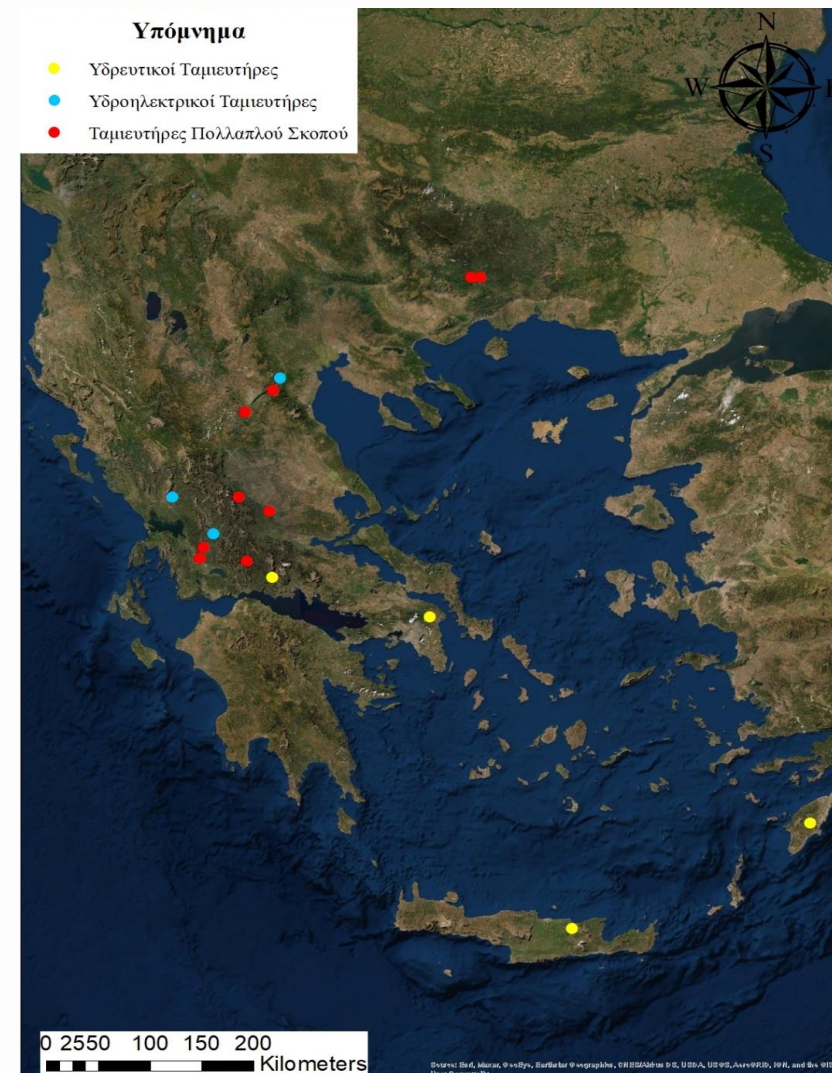
Σφηκιά



Γεωγραφική κατανομή ταμιευτήρων

Υπόμνημα

- Υδροενοτικοί Ταμιευτήρες
- Υδροηλεκτρικοί Ταμιευτήρες
- Ταμιευτήρες Πολλαπλού Σκοπού

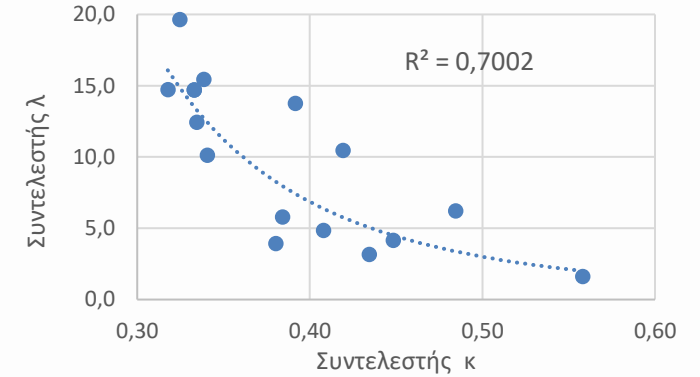


Συσχέτιση συντελεστών εξίσωσης $h = \lambda \times S^{\kappa}$ με τη γεωμετρία του υφιστάμενου ταμιευτήρα



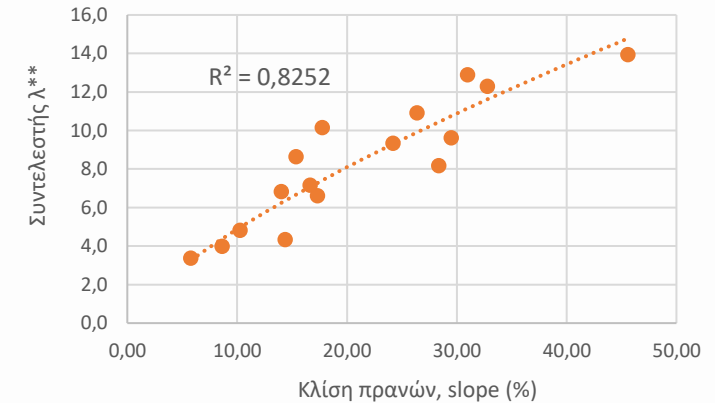
1^η Μέθοδος → Συσχέτιση ανάμεσα στους 2 συντελεστές (*Efstratiadis et al., 2021*)

$$\lambda = 0,0386 \times (\kappa - 0,25)^{-2,574}$$



2^η Μέθοδος → Εξάρτηση συντελεστή λ^{**} από:

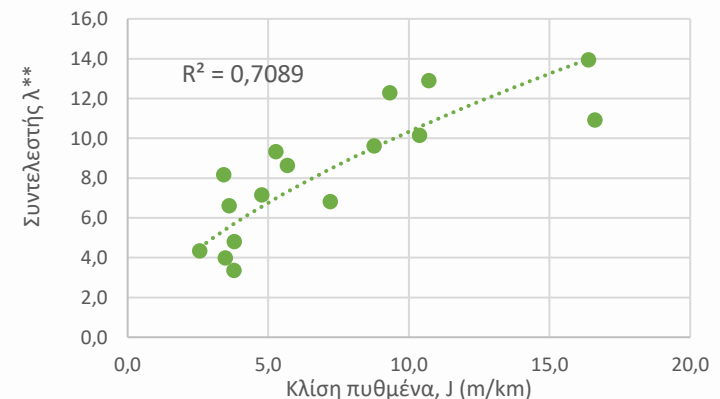
- ❑ «Περιμετρική» κλίση των πρανών, slope (%)
- ❑ Κλίση του πυθμένα, J



$$\lambda = 5,92 \times S^{0,47} \times J^{0,21}$$

$$\lambda = 1,22 \times S^{0,65}$$

$$\lambda = 103 \times \sqrt{J}$$



Συμπεράσματα επεξεργασίας υφιστάμενων ταμιευτήρων

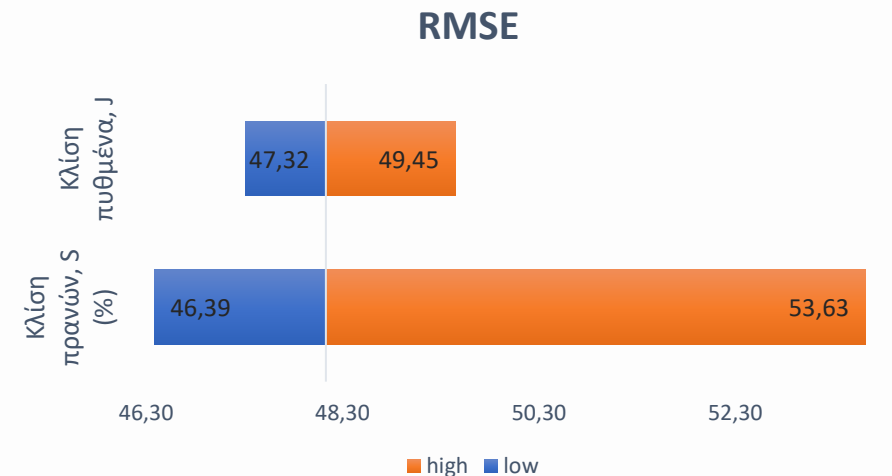
	1 ^η Μέθοδος	2 ^η Μέθοδος	Slope	J
NSE	0,981	0,978	0,98	0,964
RMSE	36,96	48,13	45,56	60,23



✓ Ελαφρώς μικρότερης ακρίβειας η 2^η Μέθοδος, που όμως λαμβάνει υπόψη τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του ταμιευτήρα

✓ Περιορισμένη επάρκεια δεδομένων ταμιευτήρων → ενδεχόμενη υποεκτίμηση της σχέσης $\lambda = 5,92 \times S^{0,47} \times J^{0,21}$

✓ Το μοντέλο βελτιστοποίησης της 2^{ης} Μέθόδου έχει μικρή ευαισθησία για μεταβολή $\pm 20\%$ των γεωμετρικών χαρακτηριστικών (κλίση πρανών, κλίση πυθμένα)



Επικύρωση αποτελεσμάτων σε νέους ταμιευτήρες

❑ Επιλογή με βάση το έτος κατασκευής

❑ ΨΜΕ πριν και μετά την πλήρωση



Ανάγκη για επαλήθευση των αποτελεσμάτων σε νέους ταμιευτήρες

Φράγμα

Βαλσαμιώτη

Γρατινής

Διπόταμου
(Κύπρος)

Κανναβιού
(Κύπρος)

Παπαδιάς

Πραμόριτσας

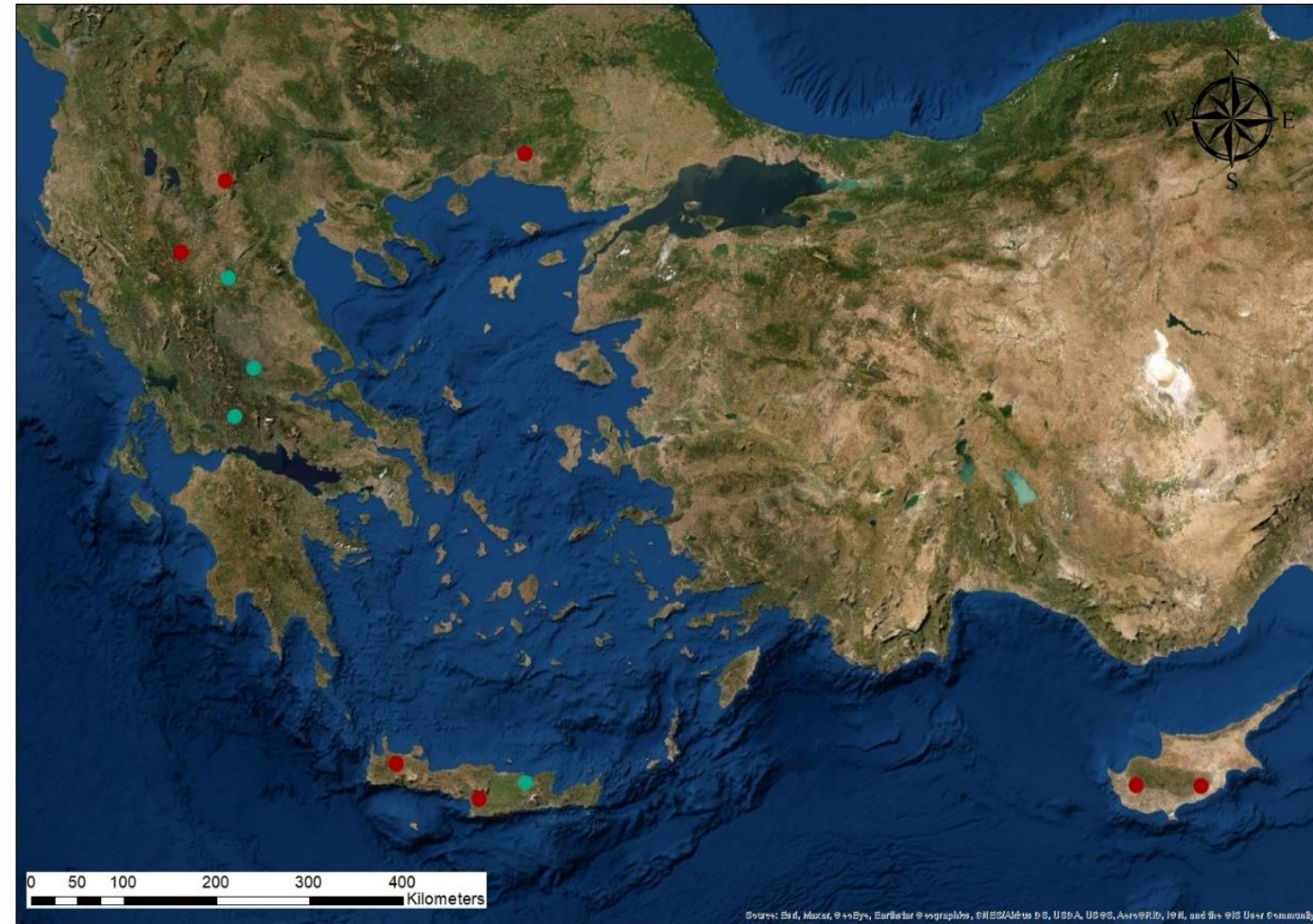
Φανερωμένης
Μεσσαράς



Αποσελέμης
Εύηνος
Ιλαρίωνας
Σμόκοβο



Γεωγραφική κατανομή ταμιευτήρων



Επεξεργασία πριν την πλήρωση (1/2)

🔍 1^η Μέθοδος → Εξάρτηση του συντελεστή σχήματος κ από τον λόγο $\frac{b}{B}$

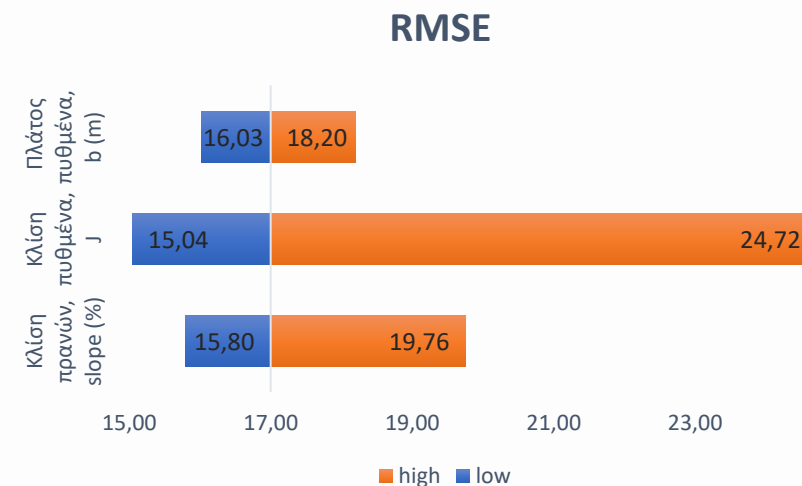
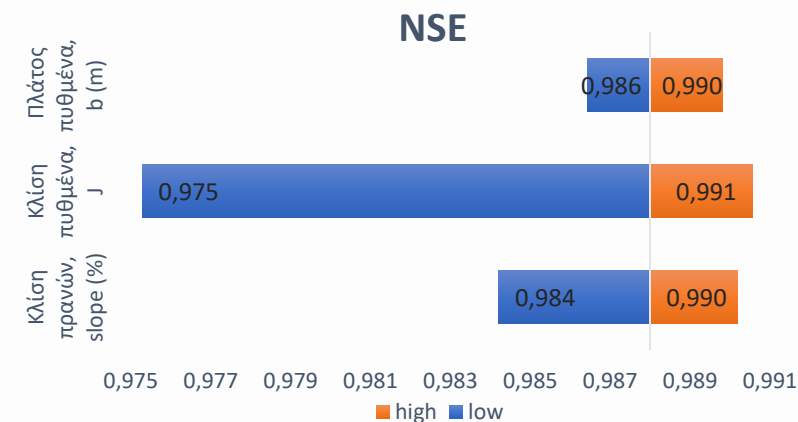
✓ Ο λόγος $\frac{b}{B}$ των 11 Ταμιευτήρων βρίσκεται **εντός του επιτρεπτού εύρους** για κάθε σχήμα → Υψηλή ακρίβεια ($NSE = 0,998$)

🔍 2^η Μέθοδος → Εφαρμογή της σχέσης $\lambda = \frac{78 \times S^{0,17} \times J^{0,43}}{b^{0,1}}$

✓ Η σχέση ανταποκρίνεται με **ακρίβεια** στις καμπύλες στάθμης – αποθέματος των ταμιευτήρων (με αναμενόμενη χαμηλότερη ακρίβεια όταν είναι γνωστές λιγότερες παράμετροι)

✓ Με αύξηση μίας εκ των τριών παραμέτρων κατά 20%, **αυξάνεται ο δείκτης NSE** ($\approx 0,99$) και **μειώνεται το μέσο τετραγωνικό σφάλμα RMSE**

	b/B	
κ	min	max
0,36	0	0,091
0,44	0,092	0,278
0,55	0,279	0,54



Επεξεργασία πριν την πλήρωση (2/2)



3^η Μέθοδος (Μέθοδος βιβλιογραφίας) – Σύγκριση σχέσεων

Εξίσωση	NSE	RMSE
$\lambda = 0,0386 \times (\kappa - 0,25)^{-2,574}$	0,986	17,73
$\lambda = \frac{78 \times S^{0,17} \times J^{0,43}}{b^{0,1}}$	0,988	17,00



➤ Συμπληρωματικά...

Γνωστά μεγέθη	Εξίσωση	NSE	RMSE
Κλίση πρανών, S (%)	$\lambda = 2,24 \times S^{0,62}$	0,956	24,13
Κλίση ταμιευτήρα, J	$\lambda = 109,1 \times \sqrt{J}$	0,969	27,09
Κλίση πρανών, S (%) + Κλίση ταμιευτήρα, J	$\lambda = 57,2 \times S^{0,21} \times \sqrt{J}$	0,965	28,02

Επεξεργασία μετά την πλήρωση



Εφαρμογή της σχέσης $\lambda = 5,92 \times S^{0,47} \times J^{0,21}$

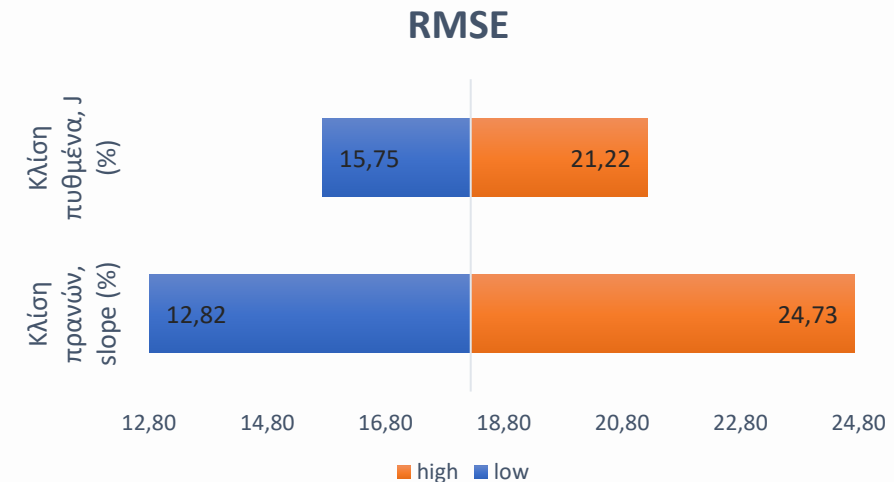
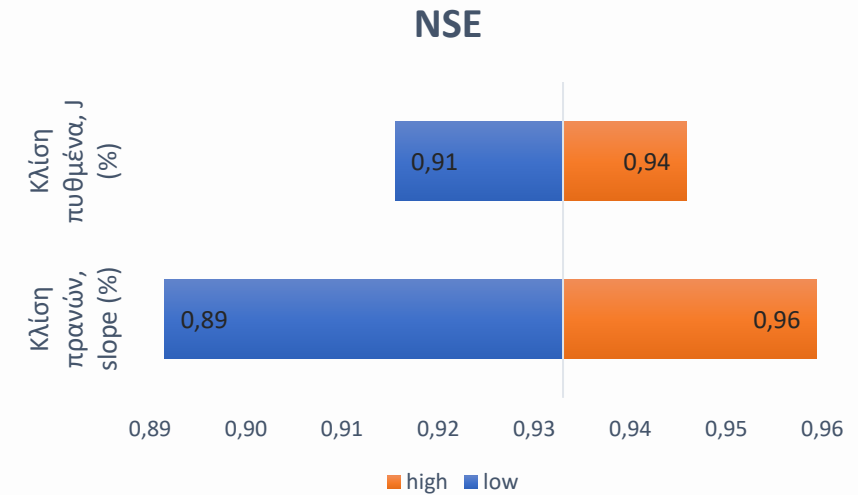


Χαμηλότερη ακρίβεια συγκριτικά με την εξίσωση της βιβλιογραφίας αλλά περιορισμένα δεδομένα ταμιευτήρων



Σύγκριση Μεθόδων

Γνωστά μεγέθη	Εξίσωση	NSE	RMSE
-	$\lambda = 0,0386 \times (\kappa - 0,25)^{-2,574}$	0,985	9,81
«Περιμετρική» κλίση, slope (%) & Κλίση πυθμένα, J	$\lambda = 5,92 \times S^{0,47} \times J^{0,21}$	0,931	18,25
«Περιμετρική» κλίση, slope (%)	$\lambda = 1,22 \times S^{0,65}$	0,784	31,91
Κλίση πυθμένα, J	$\lambda = 103 \times \sqrt{J}$	0,953	16,64



Συμπεράσματα – Παρατηρήσεις (1/2)

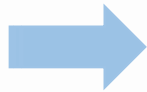


Εξαγωγή γενικευμένων σχέσεων $h - A - S$ και εξάρτηση των παραμέτρων της εξίσωσης $h = \lambda \times S^k$ από τη γεωμετρία του ταμιευτήρα



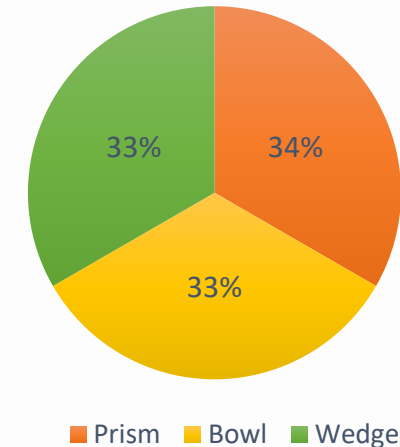
Συμπεράσματα της Global Reservoir Geometry Database

- ✓ Τα δεδομένα ταμιευτήρων που επικυρώθηκαν ήταν τύπου “Bowl” & “Wedge”
- ✓ Ενδεχόμενη υπερεκτίμηση πρισματικών ταμιευτήρων σε ορεινές περιοχές (π.χ. Ελβετία)
- ✓ Λανθασμένη εκτίμηση σχημάτων ταμιευτήρων στην Ελλάδα

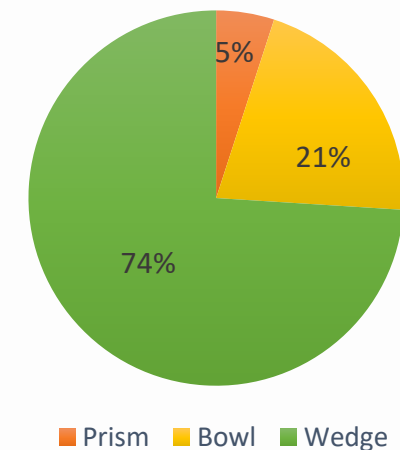


Υπερεκτίμηση ταμιευτήρων τύπου “Prism” με ταυτόχρονη υποεκτίμηση ταμιευτήρων τύπου “Bowl” & “Wedge”

ReGeom - Greece



Greece



Συμπεράσματα – Παρατηρήσεις (2/2)

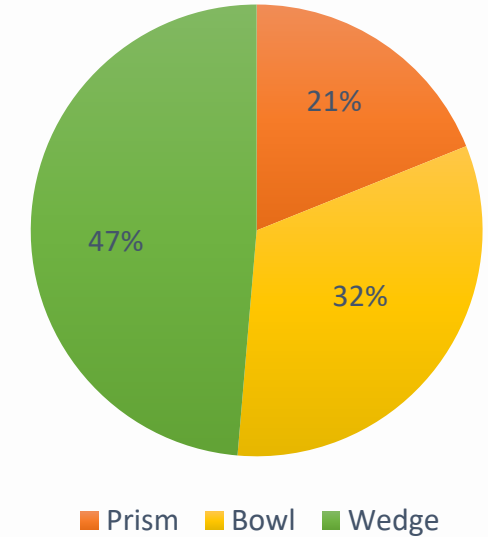


Συμπεράσματα των υποθετικών ταμιευτήρων

- ✓ 4/8 ταμιευτήρες σχήματος “Prism” έχουν $NSE < 0,96$
- ✓ 3/18 ταμιευτήρες σχήματος “Wedge” έχουν $NSE < 0,96$
- ✓ Όλοι οι ταμιευτήρες σχήματος “Bowl” έχουν $NSE > 0,98$



Υποθετικοί ταμιευτήρες



➔ Μικρότερος δείκτης NSE σε ταμιευτήρες τύπου “Prism”



Συμπεράσματα των υφιστάμενων ταμιευτήρων

- ✓ Ικανοποιητική ακρίβεια των συντελεστών σε σχέση με το ανάγλυφο της περιοχής κατά πλειοψηφία

✗ Ιλαρίωνας ($NSE = 0,91$), Βαλσαμιώτης ($NSE = 0,73$) και Μεσσαράς ($NSE = 0,91$)

Προτάσεις για μελλοντική έρευνα



Εξίσωση άλλου είδους (από εξίσωση δύναμης) → καλύτερη εικόνα στάθμης – επιφάνειας – αποθέματος



Επέκταση ανάλυσης και στις υπόλοιπες σχέσεις (στάθμης – επιφάνειας, αποθέματος – επιφάνειας) → διερεύνηση εξάρτησης συντελεστών των εξισώσεων με τη γεωμετρία του ταμιευτήρα.



Δημιουργία περισσότερων υποθετικών ταμιευτήρων / δεδομένα υφιστάμενων ταμιευτήρων → επαλήθευση εξαγόμενων σχέσεων και ενδεχόμενη βελτίωσή τους.



Έλεγχος αξιοπιστίας ΨΜΕ μέσω Google Earth → σύγκριση με πραγματικές μετρήσεις



Άντληση πληροφοριών από την κάτοψη του ταμιευτήρα → εύκολη κατηγοριοποίηση και εξαγωγή γρήγορων και αξιόπιστων συμπερασμάτων

Βιβλιογραφικές Αναφορές

- Efstratiadis, A., Tsoukalas, I., Koutsoyiannis, D., (2021): Generalized storage-reliability-yield framework for hydroelectric reservoirs, *Hydrological Sciences Journal*. <https://doi.org/10.1080/02626667.2021.1886299>
- Gao, H., Birkett, C., & Lettenmaier, D. P. (2012). Global monitoring of large reservoir storage from satellite remote sensing. *Water Resources Research*, **48**, W09504. <https://doi.org/10.1029/2012WR012063>
- Lehner, B., Liermann, C. R., Revenga, C., Vörösmarty, C., Fekete, B., Crouzet, P., & Nilsson, C. (2011). High-resolution mapping of the world's reservoirs and dams for sustainable river-flow management. *Frontiers in Ecology and the Environment*, **9**(9), 494–502. <https://doi.org/10.1890/100125>
- Messenger, M. L., Lehner, B., Grill, G., Nedeva, I., & Schmitt, O. (2016). Estimating the volume and age of water stored in global lakes using a geo-statistical approach. *Nature Communications*, **7**, 13603. <https://doi.org/10.1038/ncomms13603>
- Nash, J. E., & Sutcliffe, J. V. (1970). River flow forecasting through conceptual models. Part 1: a discussion of principles. *Journal of Hydrology*, **10** (3), 282 – 290. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(70\)90255-6](https://doi.org/10.1016/0022-1694(70)90255-6)
- Shang, X., & Bin, L. (2014). Calculation and fitting of the water level-capacity. *Jilin Water resources*, **10**, 31–33. (In mandarin)
- Yigzaw, W., Li, H.-Y., Demissie, Y., Hejazi, M. I., Leung, L. R., Voisin, N., & Payn, R. (2018). A new global storage-area-depth data set for modeling reservoirs in land surface and Earth system models. *Water Resources Research*, **54**, 10,372–10,386. <https://doi.org/10.1029/2017WR022040>
- Zhang, S., Gao, H., & Naz, B. S. (2014). Monitoring reservoir storage in South Asia from multisatellite remote sensing, *Water Resources Research*, **50**, 8927-8943. <https://doi.org/10.1002/2014WR015829>

*Σας ευχαριστώ για την προσοχή
σας!!*

Ερωτήσεις...

