

# Προχωρημένη Υδρολογία Γεωμορφολογία και απορροή

Νίκος Μαμάσης και Δημήτρης Κουτσογιάννης  
Τομέας Υδατικών Πόρων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο  
Αθήνα 1999

## **ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ:** *Γεωμορφολογία και απορροή*

- ★ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ
- ★ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
- ★ ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ-ΦΥΤΟΚΑΛΥΨΗ
- ★ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΠΟΡΡΟΗ
- ★ ΕΞΑΓΩΓΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΛΕΚΑΝΗΣ ΜΕ ΣΓΠ
- ★ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΣΓΠ
- ★ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΠΥΛΗΣ (ΠΟΡΤΑΪΚΟΣ)

# ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

## Κατάταξη

Η λεκάνη απορροής, ως σύστημα μετασχηματισμού των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων σε απορροή, παρουσιάζει ορισμένα ειδικά φυσικά γνωρίσματα που επηρεάζουν σημαντικά, τόσο τη διαδικασία του μετασχηματισμού όσο και το τελικό της αποτέλεσμα, δηλαδή το υδρογράφημα της απορροής. Τα γνωρίσματα αυτά ονομάζονται *φυσιογραφικά χαρακτηριστικά* της λεκάνης απορροής και μπορούν να καταταγούν στις ακόλουθες τρεις κατηγορίες:

*Μορφολογικά χαρακτηριστικά* (μορφή, ανάγλυφο, υδρογραφικό δίκτυο)

*Εδαφολογικά χαρακτηριστικά* (μηχανικές ιδιότητες, χημική σύσταση)

*Φυτοκάλυψη* (είδη χλωρίδας και χωρική διάταξή της)

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά αποτελούν χωρικά κατανομημένη πληροφορία (μεταβάλλονται από θέση σε θέση) αλλά στην πράξη γίνεται συμπυκνωμένη περιγραφή τους χρησιμοποιώντας δείκτες και διαγράμματα.

## ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

### Γεωμετρία

Ο **υδροκρίτης** είναι το όριο, το οποίο ορίζει την έκταση που καταλαμβάνει η λεκάνη απορροής ανάντη μιας δεδομένης διατομής  $A$  υδατορεύματος. Το κυριότερο γεωμετρικό χαρακτηριστικό της λεκάνης απορροής είναι το **εμβαδό** της  $S_A$ . Αν και το σχήμα μιας λεκάνης απορροής είναι πάντα πολύπλοκο, έχουν προταθεί διάφοροι αδιάστατοι δείκτες που κωδικοποιούν το σχήμα της λεκάνης

Ο **δείκτης κυκλικότητας** ορίζεται ως ο λόγος της επιφάνειας της λεκάνης προς την επιφάνεια κύκλου με περίμετρο ίδια με αυτή της λεκάνης ( $P_A$ ):

$$E_c = \frac{S_A}{\frac{P_A^2}{4\pi}}$$

Ο **δείκτης συμπαγούς** ορίζεται ως ο λόγος της περιμέτρου της λεκάνης προς την περίμετρο κύκλου με επιφάνεια ίδια με αυτή της λεκάνης:

$$E'_c = \frac{P_A}{\sqrt{4\pi S_A}} = \frac{1}{\sqrt{E_c}}$$

Ο **δείκτης επιμήκυνσης** ορίζεται ως ο λόγος της πλευράς ενός τετραγώνου με επιφάνεια ίδια με αυτή της λεκάνης, προς ένα χαρακτηριστικό μήκος της λεκάνης  $L_A$  (π.χ. το μήκος από την έξοδο μέχρι το πιο απομακρυσμένο σημείο της λεκάνης):

$$E_L = \frac{\sqrt{S_A}}{L_A}$$

## ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

### Ανάγλυφο

#### Υψομετρική (ή υπογραφική) καμπύλη της λεκάνης

Η καμπύλη που σε κάθε δεδομένη τιμή του τοπογραφικού υψομέτρου  $z$  αντιστοιχίζει το ποσοστό της επιφάνειας της λεκάνης  $F(z)$  που έχει υψόμετρο μεγαλύτερο ή ίσο της δεδομένης τιμής

#### Μέγιστο, ελάχιστο (στην έξοδο) και μέσο υψόμετρο λεκάνης

Ο υπολογισμός του μέσου υψομέτρου της λεκάνης γίνεται με βάση την υψομετρική καμπύλη  $F(z)$  χρησιμοποιώντας τη σχέση: 
$$z_s = \int_0^1 z dF(z) \approx \sum_r \frac{z_r + z_{r-1}}{2} \Delta F_r$$

όπου το πεδίο μεταβολής του  $F$  έχει υποδιαιρεθεί σε υποδιαστήματα μήκους  $\Delta F_r$  (όχι κατ' ανάγκη ίσα, αλλά με άθροισμα ίσο με 1) και οι τιμές του  $z$  που αντιστοιχούν στα άκρα του υποδιαστήματος  $\Delta F_r$  είναι  $z_r$  και  $z_{r-1}$ .

#### Μέση κλίση λεκάνης

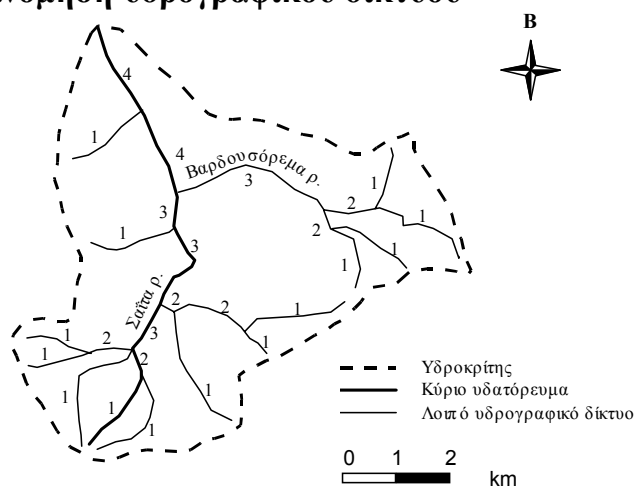
Υπολογίζεται από τη σχέση 
$$i_s = \frac{1}{S_A} \int_{S_A} i dS \approx \frac{1}{S_A} \sum_r i_r \Delta S_r$$

όπου η συνολική έκταση της λεκάνης έχει υποδιαιρεθεί σε τμήματα  $\Delta S_r$  που το καθένα έχει περίπου σταθερή κλίση  $i_r$ .

## ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

### Ταξινόμηση υδρογραφικού δικτύου

Σύστημα ταξινόμησης  
Horton (1945) και  
Strahler (1964)



Λόγος διακλαδώσεων (Horton, 1945). Ο αντίστοιχος εμπειρικός νόμος, γνωστός ως νόμος του Horton για τον αριθμό υδατορευμάτων  $N_i$ , των κλάδων δεδομένης τάξης  $i$ :

$$\frac{N_i}{N_{i+1}} = R_B, i = 1, 2, \dots, I - 1$$

Νόμος του Horton για τα μήκη υδατορευμάτων  $L_i$ , των κλάδων δεδομένης τάξης  $i$ :

$$\frac{L_{i+1}}{L_i} = R_L, i = 1, 2, \dots, I - 1$$

Νόμος των επιφανειών των υδατορευμάτων (Schumm, 1956)  $A_i$ , των κλάδων δεδομένης τάξης  $i$ :

$$\frac{A_{i+1}}{A_i} = R_A, i = 1, 2, \dots, I - 1$$

## ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

### Πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου

Η πυκνότητα του υδρογραφικού δικτύου  $D_A$ , ορίζεται ως ο λόγος του συνολικού μήκους του υδρογραφικού δικτύου  $\Sigma L_A$  προς την επιφάνεια της λεκάνης  $S_A$ :

$$D_A = \frac{\sum L_A}{S_A}$$

και έχει διαστάσεις  $[L^{-1}]$ .

Η μέση απόσταση από τον υδροκρίτη μέχρι το υδατόρευμα είναι:  $X_A = \frac{1}{2D_A}$

Η μέση διαδρομή μιας σταγόνας σε συνθήκες επίγειας ροής, μέχρι να φτάσει στο υδρογραφικό δίκτυο είναι:

$$Y_A = \frac{X_A}{2} = \frac{1}{4D_A}$$

Μια συγκεκριμένη διαδρομή κατά μήκος του υδατορεύματος, η οποία καταλήγει στην έξοδο της λεκάνης (συνήθως ο κλάδος με μεγαλύτερη τάξη και μεγαλύτερο μήκος), χαρακτηρίζεται ως *κύριο υδατόρευμα* ή *κύρια μισγάγκεια* της λεκάνης. Το μήκος του κύριου υδατορεύματος αποτελεί από τα βασικότερα φυσιογραφικά χαρακτηριστικά της λεκάνης και συσχετίζεται εμπειρικά με το χρόνο συγκέντρωσης της λεκάνης.

## ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ-ΦΥΤΟΚΑΛΥΨΗ

Το *είδος των εδαφών* της λεκάνης απορροής επηρεάζει ιδιαίτερα τα υδρολογικά ελλείμματα, άρα και την επιφανειακή απορροή.

Οι *μηχανικές ιδιότητές* των εδαφών, καθορίζουν το ρυθμό της διήθησης και κατά συνέπεια επηρεάζουν άμεσα την απορροή

Η *χημική σύσταση* των εδαφών, σε συνδυασμό με τις μηχανικές ιδιότητές τους, καθορίζει τη φυτοκάλυψη και τους επικρατούντες τύπους χλωρίδας, και συνεπώς επηρεάζει αποφασιστικά την επιφανειακή απορροή

Ο μηχανισμός της παρεμπόδισης της *φυτοκάλυψης*, έχει συνέπεια:

- ★ τη μείωση του όγκου απορροής κατά την ποσότητα που κατακρατείται από τη χλωρίδα (και τελικώς εξατμίζεται ή απορροφάται απ' αυτή)
- ★ τη χρονική υστέρηση της απορροής (συντείνει εξ άλλου και η αύξηση της τραχύτητας των εδαφών, που προκαλείται από τη φυτοκάλυψη)
- ★ την αύξηση της διηθητικής ικανότητας του εδάφους (από τη δράση των ριζών αλλά και των φυλλωμάτων που πέφτουν)
- ★ **συνολικά** η φυτοκάλυψη δρα προς την κατεύθυνση της μείωσης του όγκου άμεσης απορροής, και της επιβράδυνσης και εξομάλυνσης των ρυθμών της, με τελική συνέπεια τη μείωση των αιχμών των πλημμυρικών υδρογραφημάτων
- ★ η πυκνή κάλυψη με χλωρίδα, συγκρατεί το εδαφικό υλικό (εφόσον επιβραδύνει την άμεση απορροή, προστατεύει το έδαφος από την κινητική ενέργεια της βροχής, δημιουργεί συνεκτικό ιστό των εδαφικών κόκκων) μειώνοντας ή και μηδενίζοντας τη διάβρωση της λεκάνης

# ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΠΟΡΡΟΗ

Παράγοντες που επηρεάζουν την απορροή

## ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ

Διάρκεια

Ένταση

Συνολικό ύψος

Χωρική κατανομή

Χρονική κατανομή

## ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΕΚΑΝΗΣ

Μέγεθος

Σχήμα

Ανάγλυφο

Γεωλογία

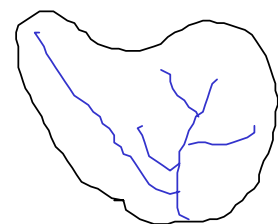
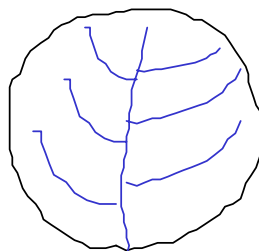
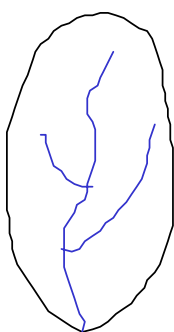
Έδαφος

Φυτοκάλυψη

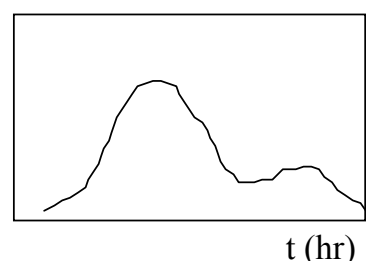
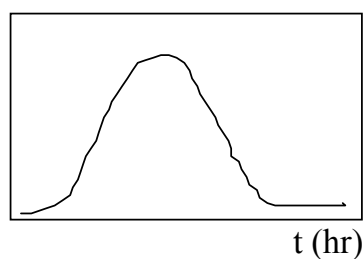
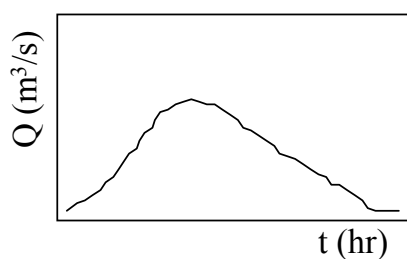
# ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΠΟΡΡΟΗ

Επίδραση της γεωμετρίας στο υδρογράφημα

ΛΕΚΑΝΕΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ (ΜΕ ΕΜΒΑΔΟΝ  $A$ )



ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΩΦΕΛΙΜΗ ΒΡΟΧΗ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ  $I$  ΚΑΙ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ  $D$



$$V=A*I*D$$

# ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΠΟΡΡΟΗ

## Χρόνος συρροής

### Εμπειρική σχέση Turazza-Giandotti

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{\Delta H}}$$

- $T_c$  χρόνος συγκέντρωσης σε hr
- $A$  η έκταση της λεκάνης σε km<sup>2</sup>
- $L$  το μήκος της κύριας μισγάγκειας σε km
- $\Delta H$  η διαφορά του μέσου υψομέτρου από το υψόμετρο στην έξοδο

### Εμπειρική σχέση Ventura-Passini

$$T_c = 0.11 \frac{\sqrt[3]{A * L}}{\sqrt{S}}$$

- $T_c$  χρόνος συγκέντρωσης σε hr
- $A$  η έκταση της λεκάνης σε km<sup>2</sup>
- $L$  το μήκος της κύριας μισγάγκειας σε km
- $S$  η μέση κλίση σε m/m

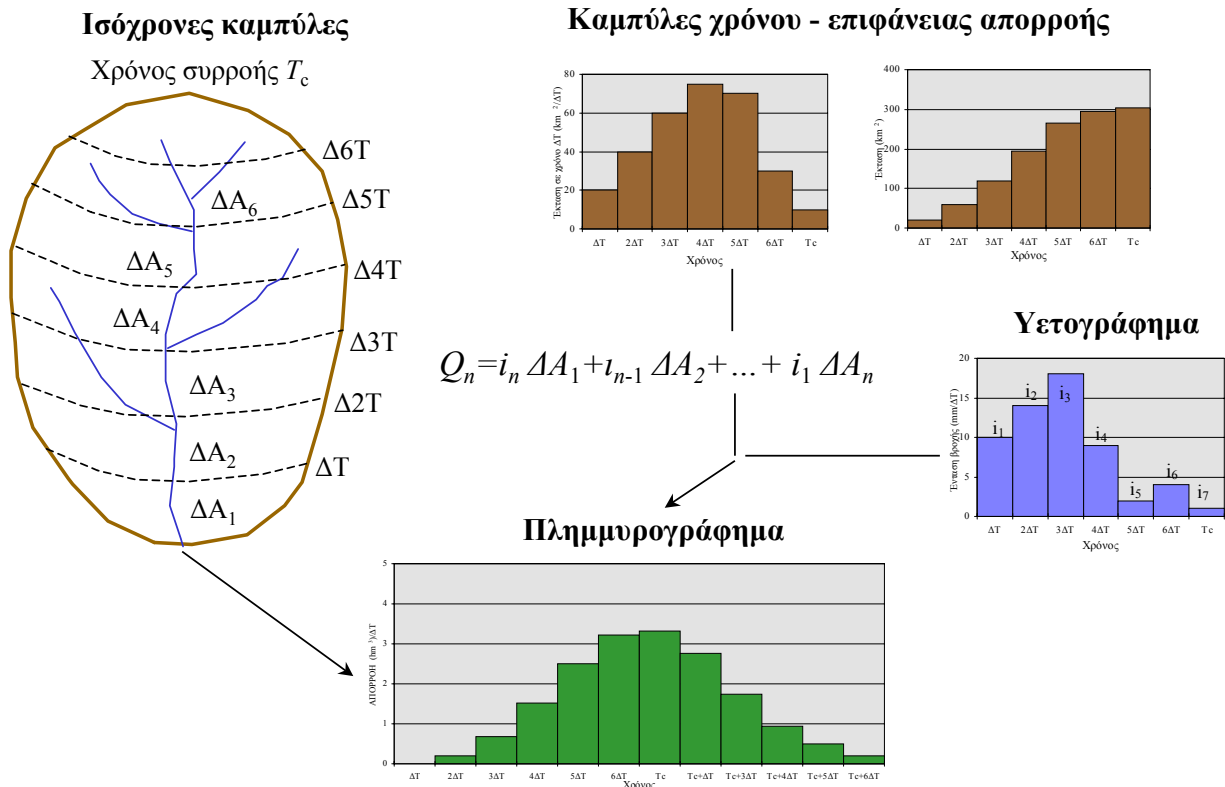
### Εμπειρική σχέση Kirpich, 1940

$$T_c = 0.00025 \frac{L^{0.8}}{\sqrt{S}}$$

- $T_c$  χρόνος συγκέντρωσης σε ώρες
- $L$  το μήκος της κύριας μισγάγκειας σε m
- $S$  η μέση κλίση σε m/m

# ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΠΟΡΡΟΗ

## Μέθοδος ισοχρόνων



# ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΣΓΠ

## Γενικά

Η τεχνολογία των *Συστημάτων Γεωγραφικής Πληροφορίας (ΣΓΠ ή GIS)*, τα οποία διαχειρίζονται με χρήση υπολογιστών την τοπογραφική και άλλη γεωγραφικά κατανομημένη πληροφορία (αντικαθιστώντας τους παραδοσιακούς χάρτες με ψηφιακά αρχεία), επιτρέπει την αντιμετώπιση ποικίλων υδρολογικών προβλημάτων. Οι τεχνικές που υποστηρίζονται από τα ΣΓΠ επιτρέπουν την υλοποίηση εφαρμογών όπως:

- ★ Παρεμβολή και επιφανειακή ολοκλήρωση υδρολογικών μεταβλητών
- ★ Εισερχόμενη ακτινοβολία και δυνητική διάρκεια ηλιοφάνειας σε λεκάνη απορροής, λαμβάνοντας υπόψη την σκίαση και τις κλίσεις του ανάγλυφου
- ★ Εξαγωγή μορφολογικών χαρακτηριστικών λεκάνης απορροής
- ★ Εξαγωγή υδρολογικών ιδιοτήτων λεκάνης απορροής με βάση τον κάρναβο του υψομέτρου (συγκέντρωση ροής, υδρογραφικό δίκτυο)
- ★ Υποβοήθηση της κατάρτισης μοναδιαίου υδρογραφήματος
- ★ Χωροχρονική εκτίμηση πλημμυρών
- ★ Συσχέτιση απορροής με δεδομένα λεκάνης (εδαφολογία, φυτοκάλυψη, γεωλογία, χρήσεις γης κλπ)

## ΕΞΑΓΩΓΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΛΕΚΑΝΗΣ ΜΕ ΣΓΠ

### Συναρτήσεις ανάλυσης επιφανειών

Οι συναρτήσεις αυτές είναι διαδεδομένες σε όλα σχεδόν τα ΣΓΠ, δεδομένου ότι χρησιμοποιούνται σε πολλές κατηγορίες εφαρμογών. Εφαρμόζονται στον κάρναβο υψομέτρου και δημιουργούν έναν παράγωγο κάρναβο με τα ίδια χαρακτηριστικά (διαστάσεις, μέγεθος κυττάρου), ο οποίος περιέχει τις υπολογισμένες από τη συνάρτηση τιμές

#### **Άποψη (aspect)**

Προσδιορίζει την διεύθυνση της μεγαλύτερης κλίσης κάθε κυττάρου σε σχέση με τα οκτώ γειτονικά του. Οι τιμές στον υπολογισμένο κάρναβο συνήθως κυμαίνονται από 0-360 (διεύθυνση σε μοίρες)

#### **Κλίση (slope)**

Προσδιορίζει την μεγαλύτερη κλίση κάθε κυττάρου σε σχέση με τα οκτώ γειτονικά του. Οι τιμές στον υπολογισμένο κάρναβο κυμαίνονται από 1-100 (κλίση %)

#### **Σκίαση αναγλύφου (hillshade)**

Προσδιορίζει τον φωτισμό της επιφάνειας. Με την συνάρτηση αυτή μπορεί να υπολογιστεί η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας σε κάθε θέση. Οι τιμές στον υπολογισμένο κάρναβο κυμαίνονται από 1-256 (αυθαίρετη κλίμακα, όπου το 1 αντιστοιχεί σε πλήρη σκίαση)

#### **Ισοϋψείς (contours)**

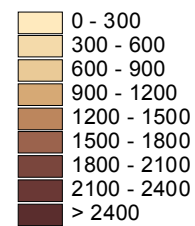
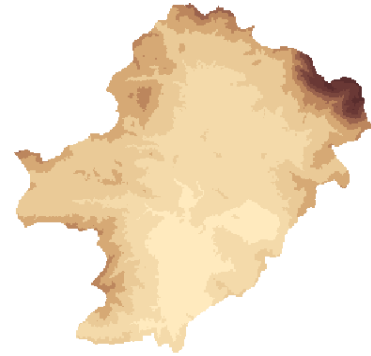
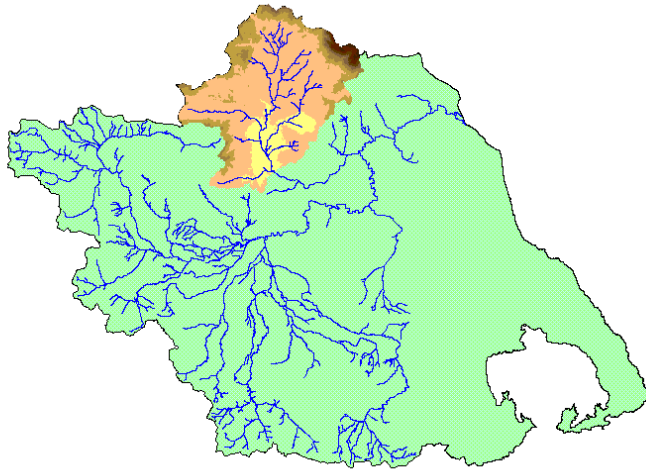
Προσδιορίζει τις ισοϋψείς καμπύλες για επιλεγμένη ισοδιάσταση. Δεν δημιουργεί κάρναβο αλλά γραμμικό επίπεδο πληροφορίας

# ΕΞΑΓΩΓΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΛΕΚΑΝΗΣ ΜΕ ΣΓΠ

## Περιοχή μελέτης

Θέση λεκάνης Μεσοχωρίου

Κάνναβος υψομέτρου (m)



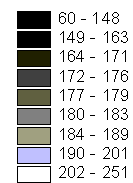
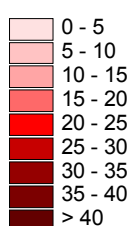
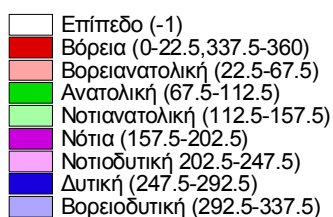
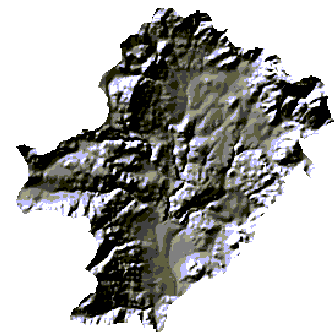
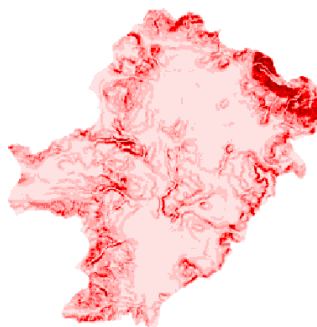
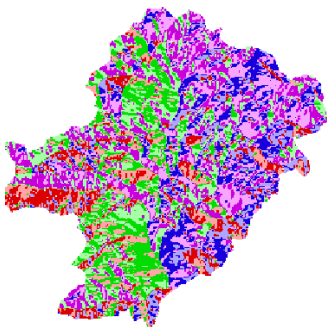
# ΕΞΑΓΩΓΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΛΕΚΑΝΗΣ ΜΕ ΣΓΠ

## Παράγωγοι κίνναβου

Άποψης (μοίρες)

Κλίσης (%)

Σκίασης ανάγλυφου (1-256)





## ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΣΓΠ

### Εισερχόμενη ακτινοβολία

Οι τεχνικές των ΣΓΠ μπορούν να συμβάλουν στην ακριβέστερη εκτίμηση της ηλιακής ακτινοβολίας σε τμήματα λεκανών απορροής με κύριο στόχο την καλύτερη μελέτη της συμβολής του χιονιού στην απορροή. Συγκεκριμένα με την παραδοχή ατμόσφαιρας χωρίς νέφη μπορούν να υπολογιστούν για κάθε κύτταρο:

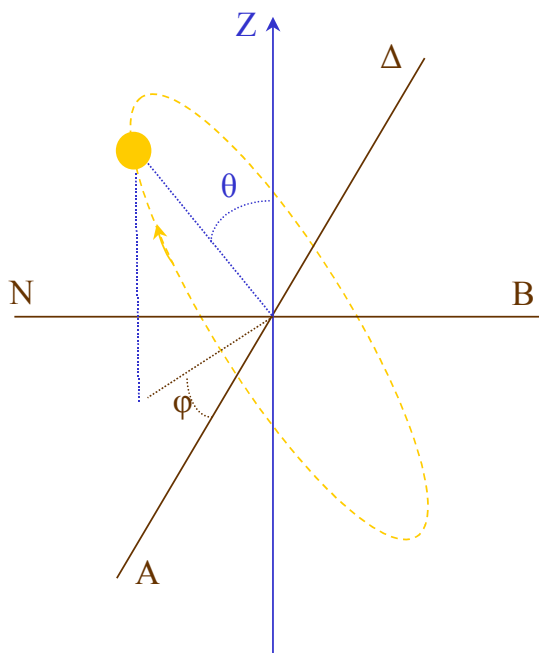
- ★ Η σκίαση του από γειτονικά σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή
- ★ Η ακριβής δυνητική ηλιοφάνεια για οποιοδήποτε χρονικό διάστημα
- ★ Η εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία ως συνάρτηση της κλίσης

Ο υπολογισμός των παραπάνω μεγεθών σε μορφή καννάβου γίνεται με βάση τον κάνναβο του **υσομέτρου**, ενώ οι κάνναβοι **κλίσεων**, **άποψης** και **σκίασης** αποτελούν ενδιάμεσα στάδια. Οι παράμετροι που απαιτούνται σχετίζονται με την θέση του ηλίου και είναι:

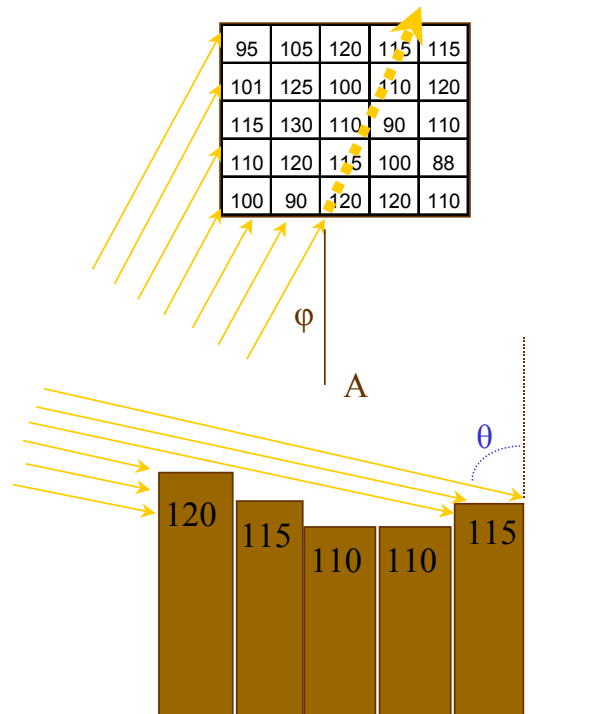
- ★ Η γωνία του ηλίου σε σχέση με το ζενίθ
- ★ Η γωνία σε σχέση με κάποιο σημείο του οριζοντα (π.χ. την ανατολή)

## ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΣΓΠ

### Εισερχόμενη ακτινοβολία και παράμετροι θέσης ηλίου



Κάνναβος υσομέτρου (μέτρα)



## ΕΞΑΓΩΓΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΛΕΚΑΝΗΣ ΜΕ ΣΓΠ

### Υδρολογικές συναρτήσεις

Οι υδρολογικές συναρτήσεις εφαρμόζονται στον κάρναβο υψομέτρου είτε σε παράγωγους, και δημιουργούν έναν άλλο παράγωγο κάρναβο με τα ίδια χαρακτηριστικά (διαστάσεις, μέγεθος κυττάρου), ο οποίος περιέχει τις υπολογισμένες από την συνάρτηση τιμές.

### Διεύθυνση ροής (flow direction)

Εφαρμόζεται στον κάρναβο υψομέτρου και υπολογίζει για κάθε κύτταρο προς τα που θα κατευθυνθεί η ροή. Οι τιμές στον υπολογισμένο κάρναβο παίρνουν τιμές που υποδηλώνουν μία από τις οκτώ διευθύνσεις

### Κοιλοτήτων (sink)

Εφαρμόζεται στον κάρναβο υψομέτρου και εντοπίζει τα κύτταρα που είναι χαμηλότερα και από τα οκτώ γειτονικά (κοιλότητες)

### Υπολεκάνη απορροής (watershed)

Προσδιορίζει τις υπολεκάνες απορροής σε συγκεκριμένα σημεία του χώρου

### Συγκέντρωση ροής (flow accumulation)

Εφαρμόζεται στον κάρναβο διεύθυνσης ροής και υπολογίζει σε κάθε κύτταρο τον αριθμό των κυττάρων που απορρέουν σε αυτόν

### Μήκος ροής (flowlength)

Εφαρμόζεται στον κάρναβο διεύθυνσης ροής και υπολογίζει το μήκος της ροής κάθε κυττάρου μέχρι την έξοδο της λεκάνης

## ΕΞΑΓΩΓΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΛΕΚΑΝΗΣ ΜΕ ΣΓΠ

### Βασικοί κάρναβοι δεδομένων

#### Υψομέτρου (m)

95	105	120	115	115
101	125	100	110	120
115	130	110	90	110
110	120	115	100	88
100	90	120	120	110

#### Ιεραρχημένου υψομέτρου

22	17	3	8	9
18	2	21	16	7
10	1	12	24	15
13	4	11	20	25
19	23	6	5	14

#### Διεύθυνσης ροής

	←	↓	↓	↘
↑	→	↘	↓	↘
↑	↘	→	↘	↓
↘	↓	→	→	E
→	↓	↘	↘	↑

#### Συγκέντρωσης ροής (αριθμός κυττάρων που απορρέουν)

4	1	1	1	1
2	1	4	3	1
1	1	1	10	1
1	1	1	4	17
2	1	1	1	1

## ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΣΓΠ

### Κατάρτιση μοναδιαίου υδρογραφήματος με γραμμικά στοιχεία

Χρησιμοποιείται το ψηφιοποιημένο γραμμικό επίπεδο πληροφορίας του υδρογραφικού δικτύου. Μετά από επεξεργασία του σε συνδυασμό με τον υψομετρικό κάρναβο αποθηκεύονται στο σύστημα οι παρακάτω πληροφορίες για κάθε κλάδο: (α) οι κόμβοι αρχής και τέλους, (β) το μήκος και η τάξη κατά Horton και (γ) η κλίση και η έκταση της υπολεκάνης απορροής που αντιστοιχεί στον κλάδο

#### Εφαρμογή μεθόδου ισοχρόνων

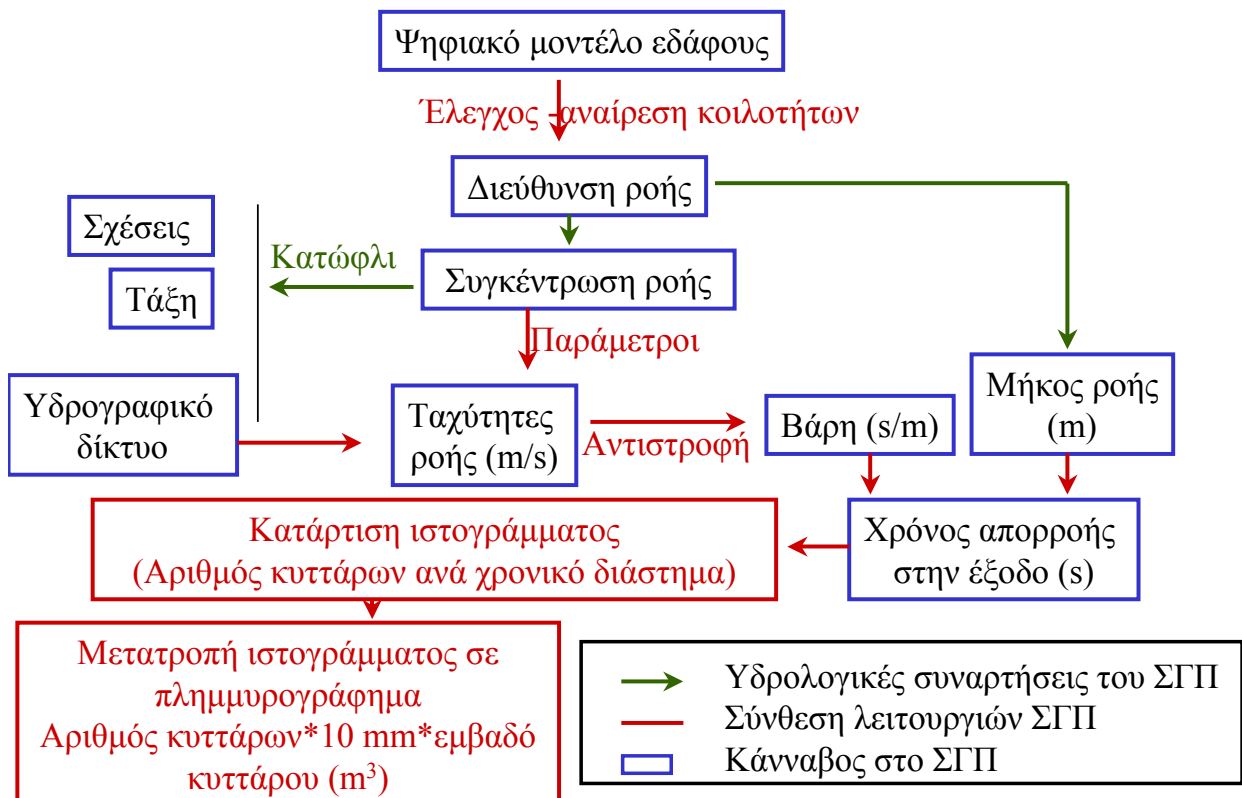
- Επιλέγονται το χρονικό βήμα υπολογισμών και ο χρόνος τέλους υπολογισμών
- Για κάθε χρονικό βήμα υπολογίζονται η ταχύτητα ροής και ο χρόνος διαδρομής κάθε κλάδου, καθώς και τα εμβαδά των υπολεκανών των κλάδων που απορρέουν σε αυτό το χρονικό διάστημα (υπολογίζεται ο χρόνος απορροής στην έξοδο με βάση την τάξη του κλάδου και τις ταχύτητες ροής των κατάντη υδατορευμάτων)
- Εκτιμώνται οι όγκοι βροχής των παραπάνω υπολεκανών για χρόνο ίσο με το χρονικό βήμα (θεωρείται ομοιόμορφη ένταση βροχής) καθώς και ο συνολικός όγκος στη έξοδο

#### Εφαρμογή μεθόδων διόδευσης

Γίνεται με βάση το γραμμικό μοντέλο του Muskingum. Η παροχή εισροής των ακραίων κλάδων είναι η σταθερής έντασης παροχή που προκαλείται από τη μοναδιαία βροχή. Για κάθε μη ακραίο κλάδο προστίθεται ως εισροή και η εκροή των ανάντη κλάδων. Η διαδικασία πρακτικά περιλαμβάνει την κωδικοποίηση του υδρογραφικού δικτύου για την σειρά των υπολογισμών και την εκτίμηση των παραμέτρων της διόδευσης

## ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΣΓΠ

### Κατάρτιση μοναδιαίου υδρογραφήματος με κανναβικά δεδομένα



# ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΣΓΠ

## Στάδια εφαρμογής υδρολογικής μελέτης

**Σχεδιασμός εφαρμογής.** Στόχοι, επιλογή χωροχρονικής κλίμακας, απαιτούμενες υπολογιστικές διαδικασίες

**Περιοχή μελέτης.** Προσδιορισμός της λεκάνης και του υδρογραφικού δικτύου από καννάβους υψομέτρου και ψηφιακά δεδομένα ποταμιών

**Επιφανειακά δεδομένα.** Είδη εδαφών, χρήσεις γης, πόλεις και οδικό δίκτυο

**Υπέδαφος.** Υδρογεωλογική περιγραφή υδροφορέων

**Υδρολογικά δεδομένα.** Θέσεις σταθμών μέτρησης που συνδέονται με χρονοσειρές και στατιστικές τιμές, υπολογισμένοι επιφανειακοί κάρναβοι μετεωρολογικών μεταβλητών

**Ισοζύγιο εδαφικού νερού.** Διαχωρισμός της βροχής σε εξάτμιση, υπόγεια διαφυγή και επιφανειακή απορροή. Εκτίμηση ρυπαντικών φορτίων

**Απορροή.** Υπολογισμός απορροής μέσω υδρογραφικού δικτύου και υδροφορέων

**Μεταφορά φερτών και ρυπαντών.** Υπολογισμός της συγκέντρωσης και του φορτίου

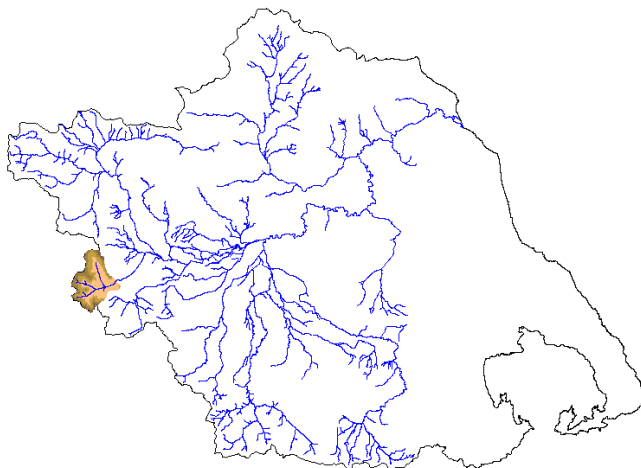
**Επίδραση των χρήσεων.** Υπολογισμός της επίδρασης των ταμιευτήρων, των απολήψεων και των επιστροφών στην απορροή και την στερεομεταφορά

**Παρουσίαση των αποτελεσμάτων**

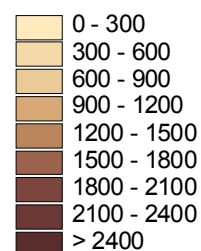
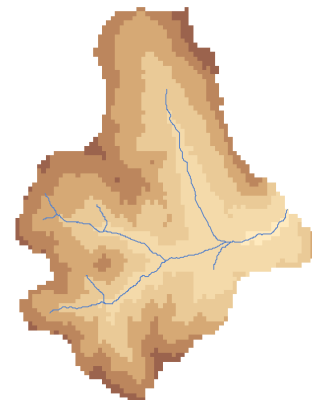
## ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΠΥΛΗΣ

### Περιοχή μελέτης

Θέση λεκάνης Πύλης



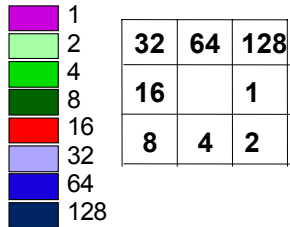
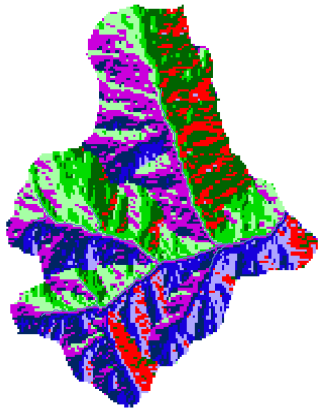
Κάρναβος υψομέτρου (m)



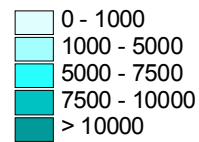
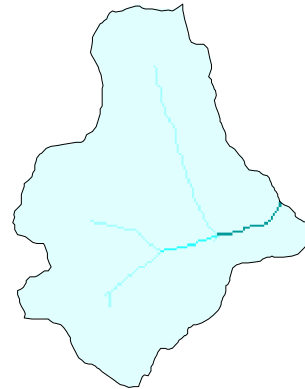
## ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΠΥΛΗΣ

### Παράγωγοι κάρναβοι (1)

Διεύθυνσης ροής



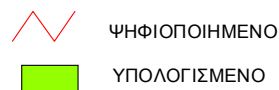
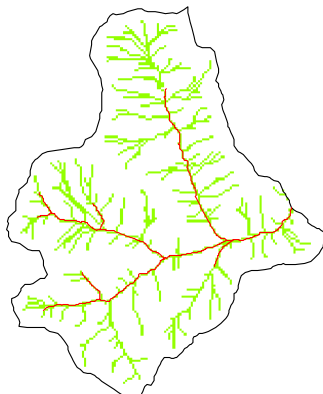
Συγκέντρωσης ροής



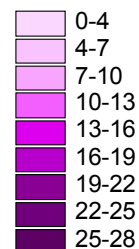
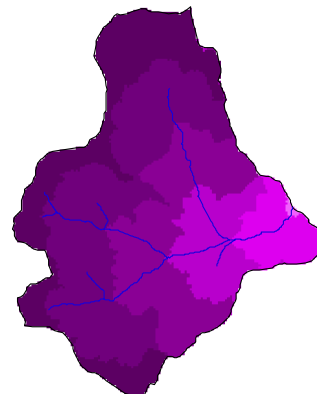
## ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΠΥΛΗΣ

### Παράγωγοι κάρναβοι (2)

Υδρογραφικού δικτύου



Απόστασης ροής (km)



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ★Γαρμπής, Ε. και Χ. Κυρίτσης, *Εκτίμηση πλημμυρών με χρήση συστήματος γεωγραφικών πληροφοριών και κανναβικών στοιχείων radar*, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ 1995
- ★Κουκουβίνος, Α. και Ν. Μαμάσης, *Επεξεργασία γεωγραφικής πληροφορίας, Τεύχος 3, Αναβάθμιση και επικαιροποίηση της υδρολογικής πληροφορίας της Θεσσαλίας*, Τομέας ΥΠΥΘΕ, ΕΜΠ, 1997
- ★Κουτσογιάννης, Δ. και Θ. Ξανθόπουλος, *Τεχνική Υδρολογία*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1997
- ★Λαζαρίδου, Π. και Σ. Μίχας, *Κατάρτιση μοναδιαίου υδρογραφήματος με τη βοήθεια ΣΓΠ*, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, 1994
- ★Dingman, L., *Physical Hydrology*, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1994
- ★ESRI, ARC-VIEW, *Advanced Spatial Analysis using raster and vector data*, 1996
- ★Meijerink A., Brouwer H., Mannaerts C., and C. Valenzuela, *Introduction to the use of Geographic Information Systems for practical hydrology*, UNESCO, Publication Number 23, 1995