



Κυπριακή Δημοκρατία



ΤΜΗΜΑ
ΑΝΑΠΤΥΞΕΩΣ ΥΔΑΤΩΝ
www.moa.gov.cy/wdd

**Ενημερωτική Ημερίδα
για τους Χάρτες Επικινδυνότητας και τους Χάρτες Κινδύνου Πλημμύρας**

Μεθοδολογία Υδρολογικής Προσομοίωσης Υδρολογικά Μοντέλα – Υπολογισμός Πλημμυρικών Ροών

**Ευάγγελος Φωτόπουλος,
Dipl. Eng. UoP, MSc, Z&A A.M.E.**

17 Μαΐου 2023, Λάρνακα



ECOS ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ Α.Ε

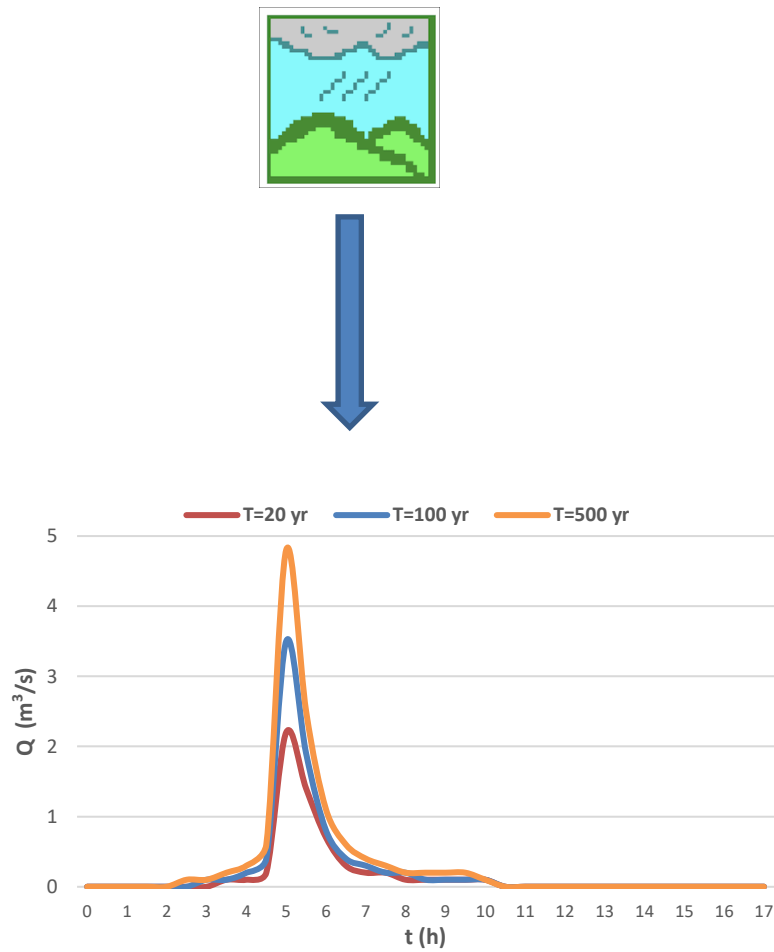


**Z&A Π.ΑΝΤΩΝΑΡΟΠΟΥΛΟΣ ΚΑΙ ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ ΑΝΩΝΥΜΗ
ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ**

Δραστηριότητα A.2

- Αντικείμενο δραστηριότητας
 - Κατάρτιση υδρολογικών μοντέλων
 - Υπολογισμός πλημμυρικών υδρογραφημάτων
 - Χρήση υδρογραφημάτων στην υδραυλική προσομοίωση
- Πεδίο εφαρμογής υδρολογικής προσομοίωσης
 - 19 νέες ΠΔΣΚΠ 2^{ου} Κύκλου (T=20,100,500 έτη)
 - ΠΔΣΚΠ CY-APSFRO1, CY-APSFRO9 1^{ου} Κύκλου (T=20,100,500 έτη)
 - ΠΔΣΚΠ 1^{ου} και 2^{ου} Κύκλου (Μελλοντικό σενάριο κλιματικής αλλαγής και αλλαγών στις χρήσεις γης για το έτος 2080 και T=20 έτη)

Δραστηριότητα A.2

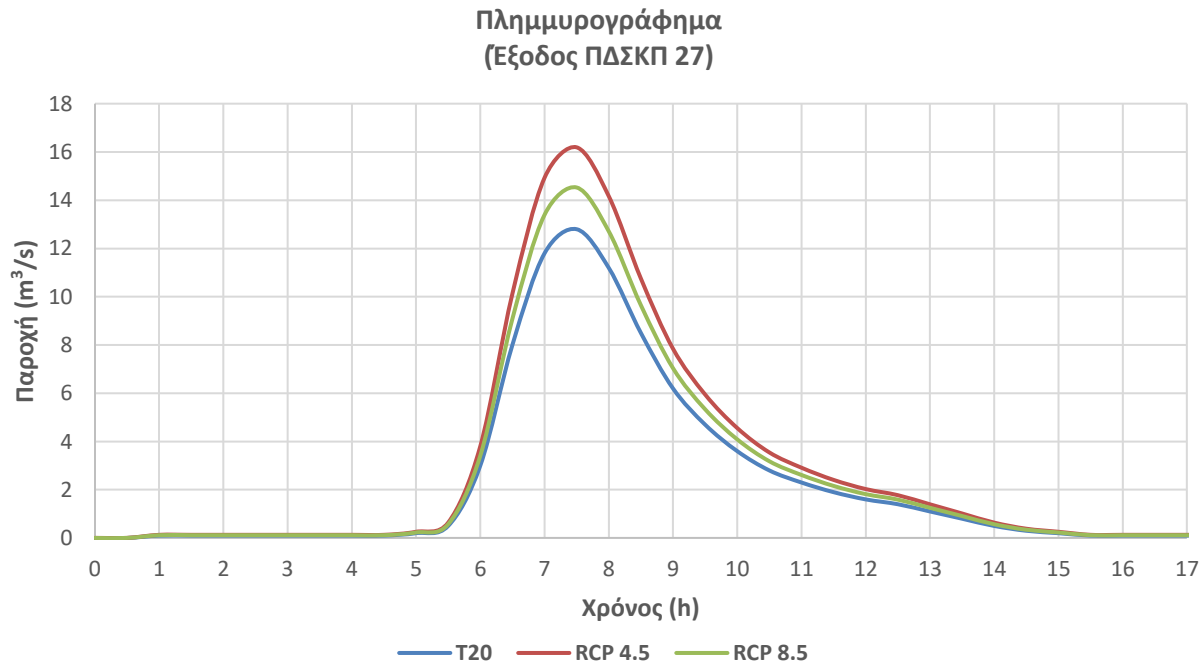


Σενάριο επίδρασης κλιματικής αλλαγής και αλλαγών^{1/2} στις χρήσεις γης

- Έτος 2080: Επελέγη γιατί αποτελεί έτος πρόβλεψης της επίδρασης κλιματικής αλλαγής από την υπηρεσία Copernicus.
- Εξετάστηκαν τα σενάρια μέσω και υψηλών εκπομπών ρύπων (RCP4.5 και RCP8.5)→RCP4.5 δυσμενέστερο ως προς την αύξηση των παροχών.
- Για κάθε σενάριο υπολογίστηκε σταθμισμένη μεταβολή έντασης βροχόπτωσης σε κάθε λεκάνη απορροής και η τιμή αυτή εφαρμόστηκε στα υδρογραφήματα T=20 ετών.
- Για την εκτίμηση της επίδρασης μεταβολών στις χρήσεις γης υπολογίσθηκε η μεταβολή αδιαπέρατων επιφανειών συγκρίνοντας τις χρήσεις γης του Copernicus 2006 και 2018, και συσχετίστηκε με τη μεταβολή πληθυσμού την ίδια περίοδο. Στη συνέχεια έγινε αναγωγή της μεταβολής αυτής στο μέλλον με βάση την εκτιμώμενη αύξηση πληθυσμού.

Σενάριο επίδρασης κλιματικής αλλαγής και αλλαγών^{2/2} στις χρήσεις γης

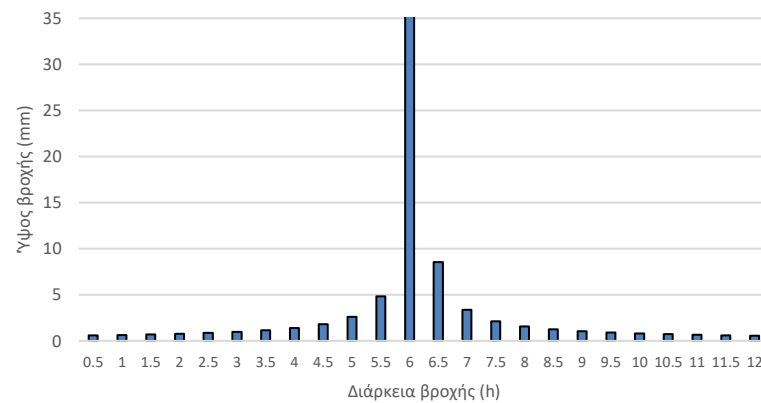
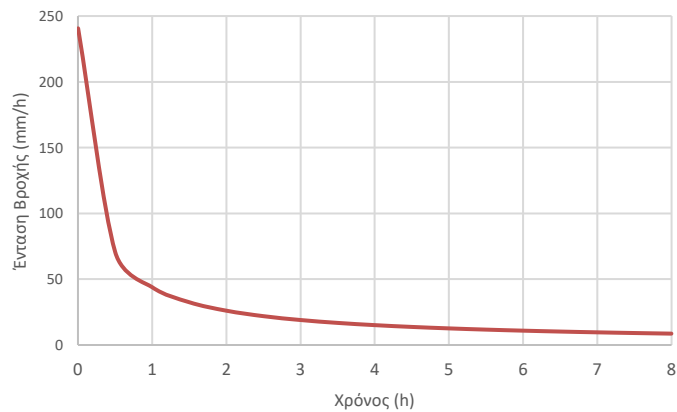
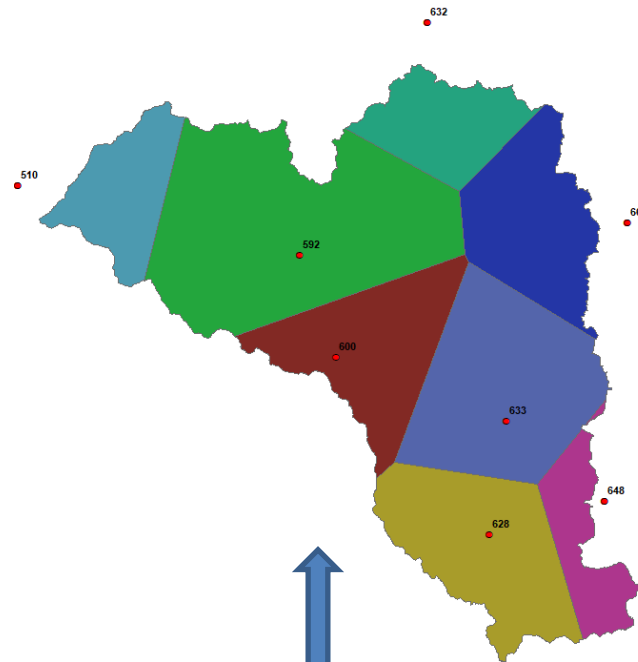
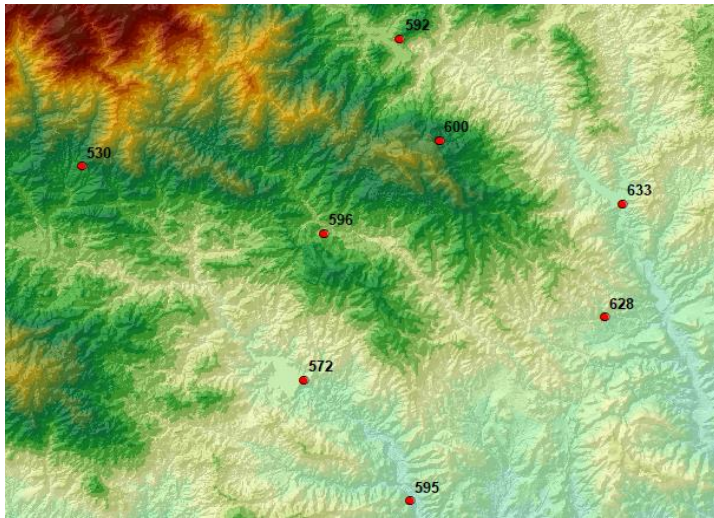
- Εκτιμήθηκε ότι για κάθε 2-2.5% αύξηση των αδιαπέρατων επιφανειών η πλημμυρική αιχμή αυξάνεται κατά 1%.
- Παρατηρήθηκε συνολική αύξηση της πλημμυρικής παροχής της τάξης του 14-38% λόγω μεταβολής της έντασης της βροχόπτωσης και 0-11% λόγω μεταβολών στις χρήσεις γης.



Υδρολογική Ανάλυση - Προσομοίωση

- Δεδομένα και θέσεις βροχομετρικών σταθμών (Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου)
- Αναπαραγωγή ομβρίων καμπυλών (IDF Curves)
- Δημιουργία υετογραφήματος (Εναλλακτικά τμηματικά ύψη βροχής)
- Αναγωγή βροχής σε επίπεδο υπολεκάνης (Πολύγωνα Thiessen)
- Υπολογισμός χρήσιμων γεωμορφολογικών - υδρολογικών χαρακτηριστικών υπολεκανών μέσω ΣΓΠ
- Βαθμονόμηση
- Υδρολογική προσομοίωση (Λογισμικό HEC-HMS)

Υδρολογική Ανάλυση - Προσομοίωση



Βαθμονόμηση

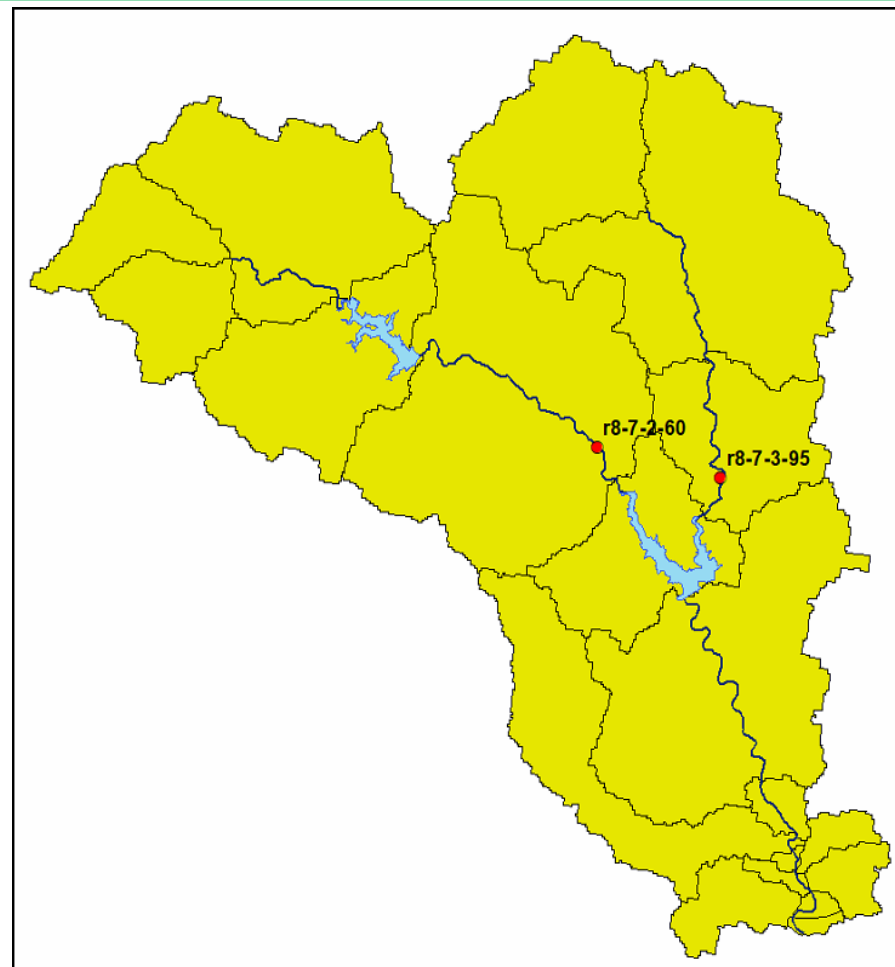
- **Πεδίο εφαρμογής**
 - Λεκάνη απορροής Βασιλικού (CY-APSFR 20,21,22)
 - Λεκάνη απορροής Πεντάσχοινου (CY-APSFR23)
- **Πλήθος καταγεγραμμένων πλημμυρικών επεισοδίων (Χρονοσειρές μεγίστων ωριαίων παροχών)**
 - 9 στη λεκάνη απορροής του Βασιλικού
 - r8-9-5-40 (Βασιλικός, Λάγεια)
 - r8-9-7-50 (Βασιλικός, κατάντη φράγματος Καλαβασού)
 - 9 στη λεκάνη απορροής του Πεντάσχοινου
 - r8-7-2-60 (Συριάτης, Πάνω Λεύκαρα)
 - r8-7-3-95 (Μύλος, ανάντη φράγματος Διποτάμου)
 - r8-7-4-80 (Συριάτης, πλησίον σταθμού Σκαρινού)
- **Κριτήρια επιλογής πλημμυρικών επεισοδίων**
 - Μέγεθος επεισοδίου
 - Κάλυψη της περιοχής σε βροχομετρικά δεδομένα
 - Παλαιότητα επεισοδίου (>1990 κατά προτίμηση)

Λεκάνη Απορροής	Πλημμυρικό Επεισόδιο
Βασιλικού	1-3/12/1992
	20-24/11/1994
	7-9/12/2001
	24/09/2013
Πεντάσχοινου	12-14/05/1986
	1-4/12/1992
	20-21/11/1994

Βαθμονόμηση



Λεκάνη απορροής Βασιλικού

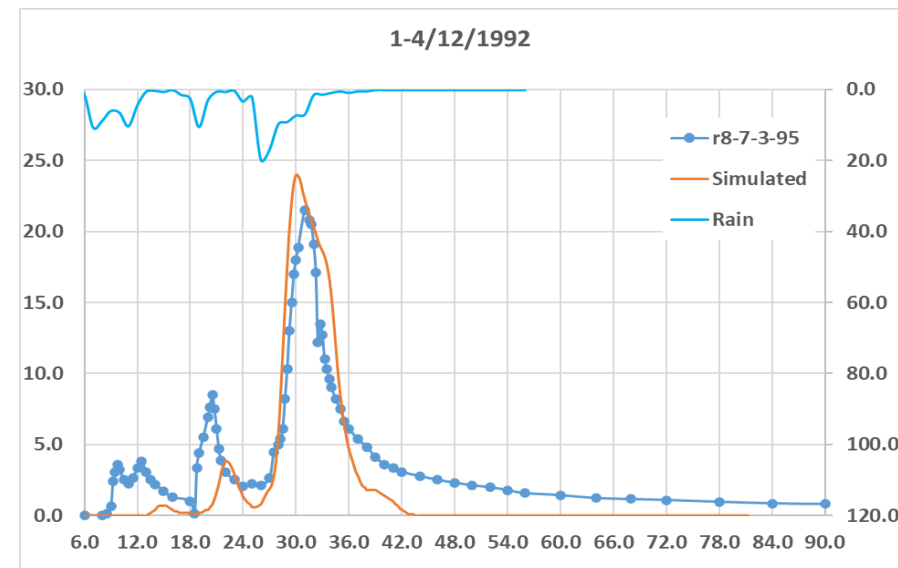
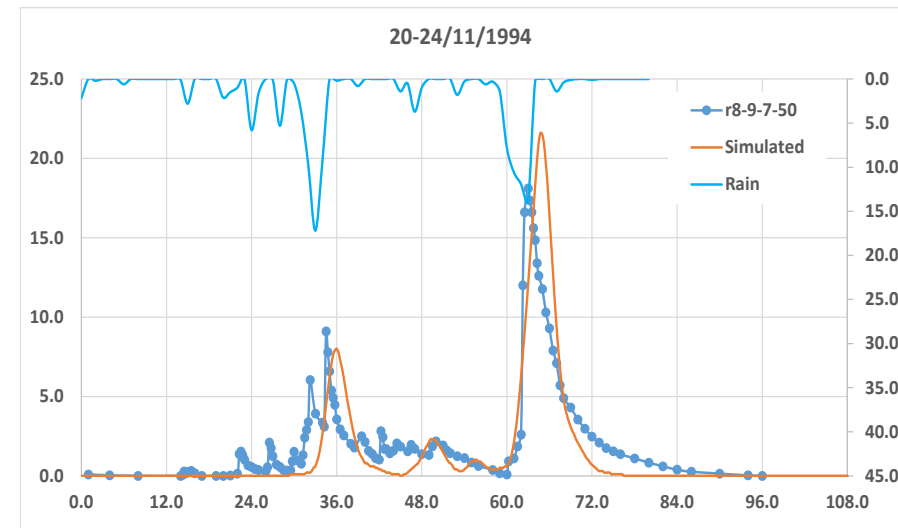


Λεκάνη απορροής Πεντάσχοινου

Βαθμονόμηση

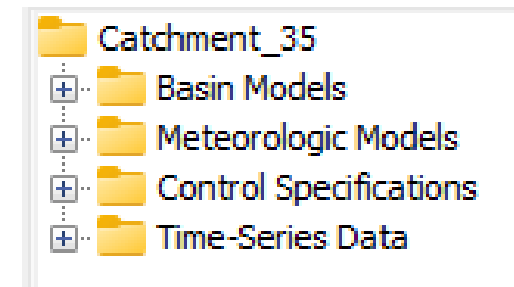
Γενικά συμπεράσματα

- Πολύ καλή προγνωστική ικανότητα ανοδικού κλάδου & πλημμυρικών αιχμών
- $2\% \leq I_a \leq 5\% \rightarrow$ Αναγωγή CN αναφοράς
- $t_c^* = 70\% * t_c$










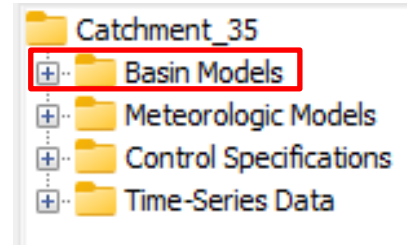
Υδρολογική προσομοίωση

- Λογισμικό υδρολογικής προσομοίωσης
 - HEC-HMS (United States Army Corps of Engineers - USACE)
- Βασικές συνιστώσες υδρολογικής προσομοίωσης
 - Μοντέλο λεκάνης απορροής (Basin Model)
 - Δεδομένα Βροχόπτωσης (Time-Series Data)
 - Μετεωρολογικό Μοντέλο (Meteorological Model)
 - Αρχείο προσομοίωσης (Control Specifications)



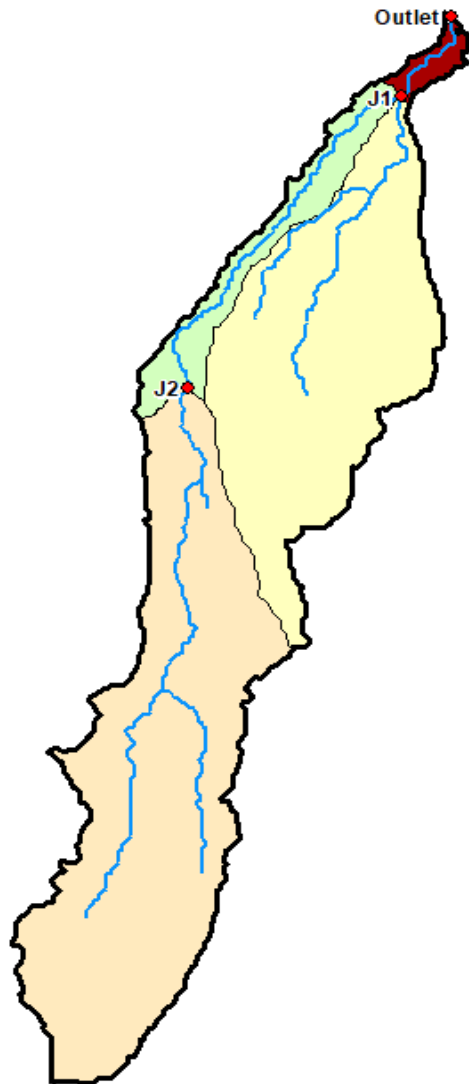
Μοντέλο Λεκάνης Απορροής (Basin Model)

- Σχηματοποίηση υδρολογικού ομοιώματος
 - Ημι-κατανεμημένο υδρολογικό μοντέλο (Semi-distributed)
 - Στοιχεία υδρολογικού ομοιώματος
 -  Υπολεκάνη (Subbasin)
 -  Ταμιευτήρας (Reservoir)
 -  Έξοδος λεκάνης απορροής (Sink)
 -  Κόμβος (Junction)
 -  Εκτροπή ροής (Diversion)
 -  Εισροή (Source)
 -  Κλάδος μεταξύ διαδοχικών κόμβων (Reach)
 - Ένωση υδρ. στοιχείων κατά σειρά (Ανάπτυξη→Κατάπτυξη)

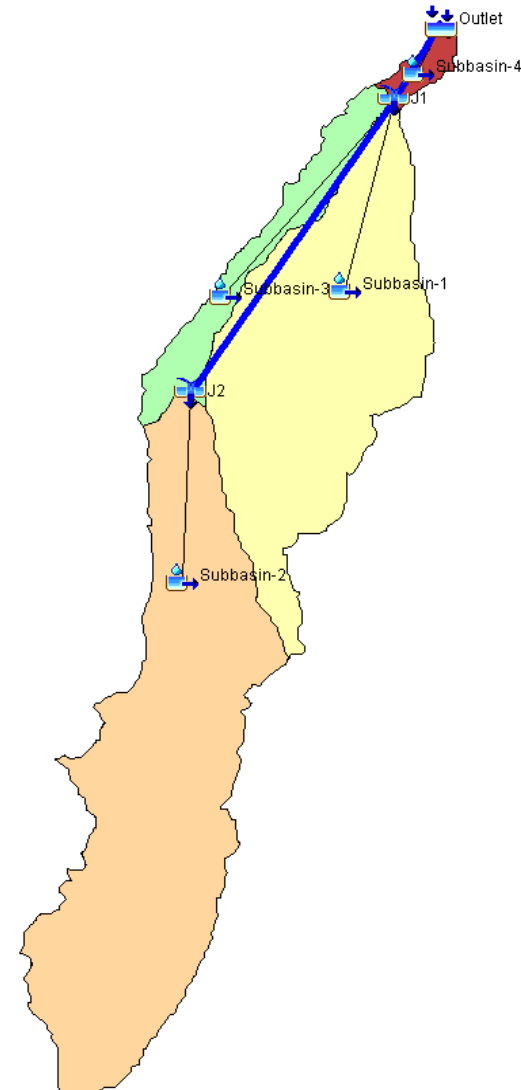


Μοντέλο Λεκάνης Απορροής (Basin Model)

Λεκάνη απορροής



Υδρολογικό ομοίωμα



Μοντέλο Λεκάνης Απορροής (Basin Model)

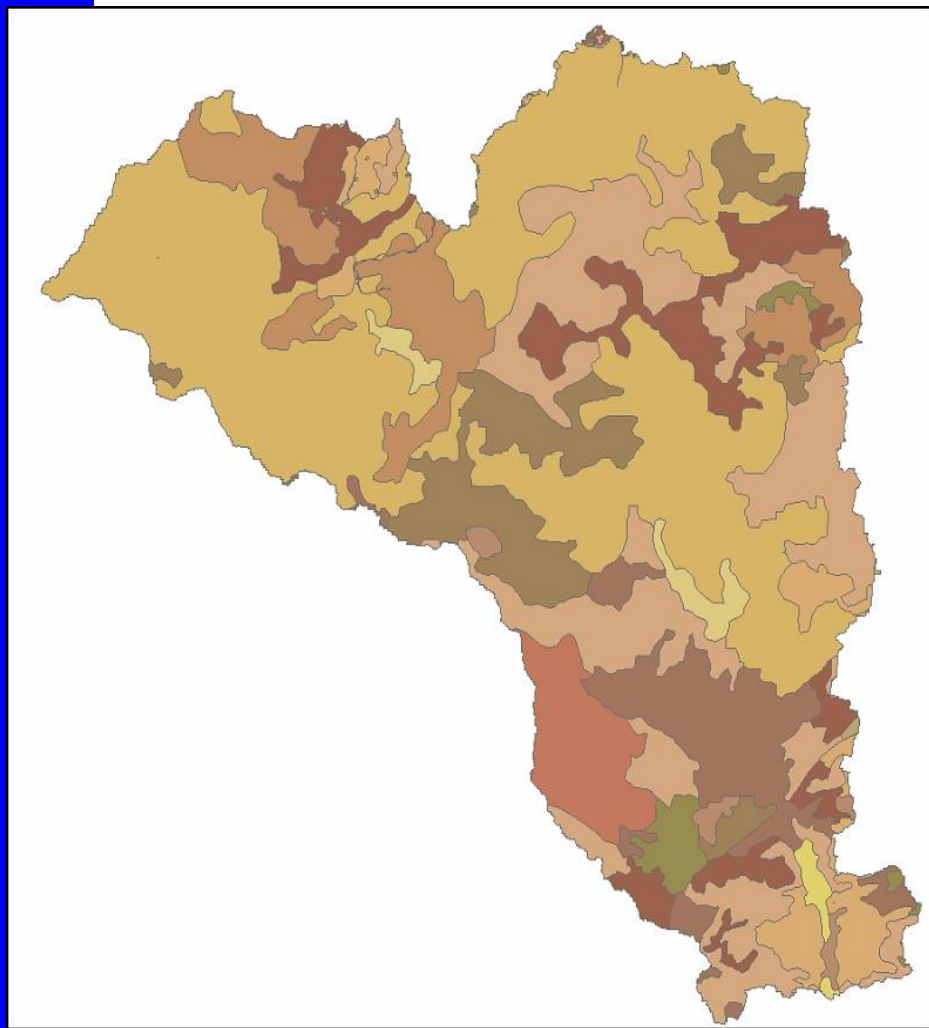
- Καθορισμός μεθόδου μετατροπής βροχής σε απορροή (Transform Method)
 - Χρόνος υστέρησης (Συνθετικό ΜΥΓ κατά NRCS)
- Καθορισμός μεθόδου εκτίμησης απωλειών βροχόπτωσης (Loss Method)
 - Αριθμός καμπύλης απορροής (Curve Number)
 - Αρχικές απώλειες εδάφους (Initial Abstraction)
- Καθορισμός μεθόδου εκτίμησης βασικής απορροής (Baseflow Method)
 - Σταθερή μηνιαία (Constant Monthly)
- Καθορισμός μεθόδου διόδευσης υδρογραφημάτων στο υδρ. δίκτυο
 - Μέθοδος χρονικής υστέρησης (Time lag)
 - Μέθοδος διάχυσης κύματος (Muskingum)

Παράμετροι απωλειών βροχόπτωσης

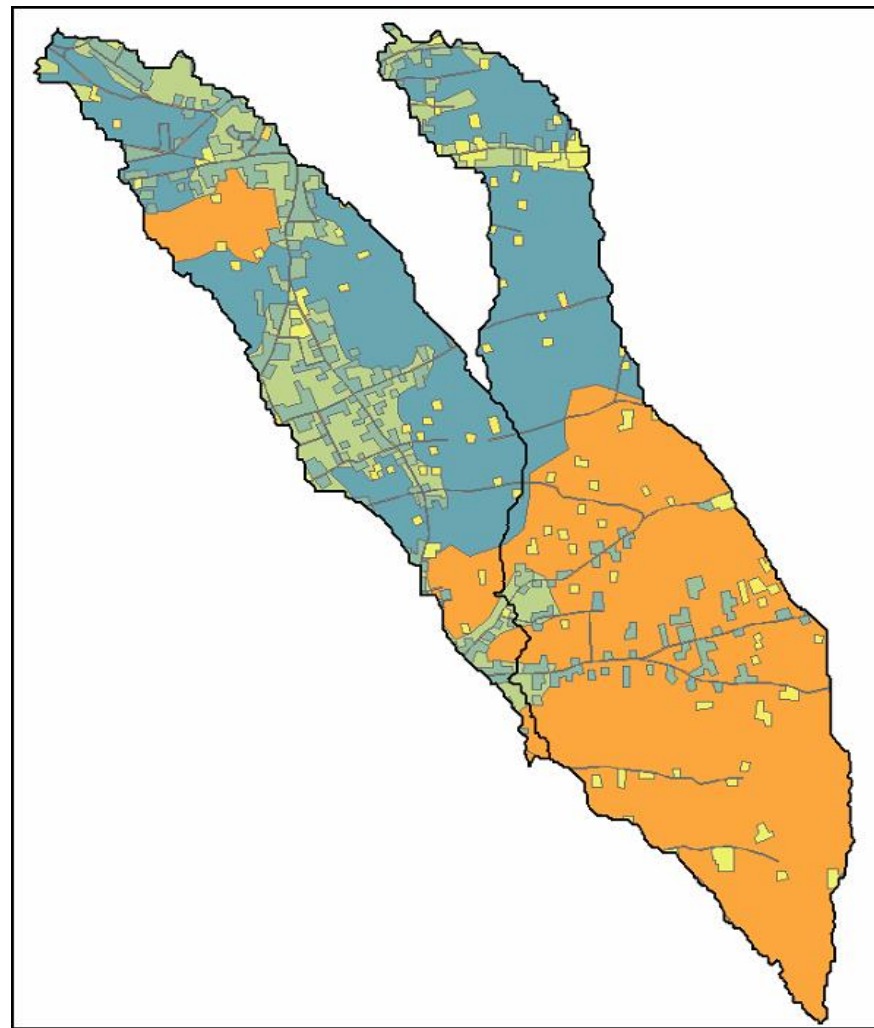
- Το CN εξαρτάται απο:
 - Τις χρήσεις γης (Land use)
 - Τον υδρολογικό εδαφικό τύπο (Hydrologic Soil Group)
 - Τις συνθήκες προηγούμενης υγρασιακής κατάστασης του εδάφους (Antecedent Soil Moisture)

ΥΠΟΛΕΚΑΝΗ	ΧΡΗΣΗ ΓΗΣ / ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ
ΠΔΣΚΠ 20,21 (Βασιλικός)	Corine Land Cover 2018 / AGWATER
ΠΔΣΚΠ 23 (Πεντάσχοινος)	
ΠΔΣΚΠ 27 & 28 (Κοκκινοτριμιθιά)	Urban Atlas 2018 / AGWATER
ΠΔΣΚΠ 29 (Βιζακωτός και Καλόγερος)	
ΠΔΣΚΠ 30 (Βαθύς)	

Χρήσεις γης

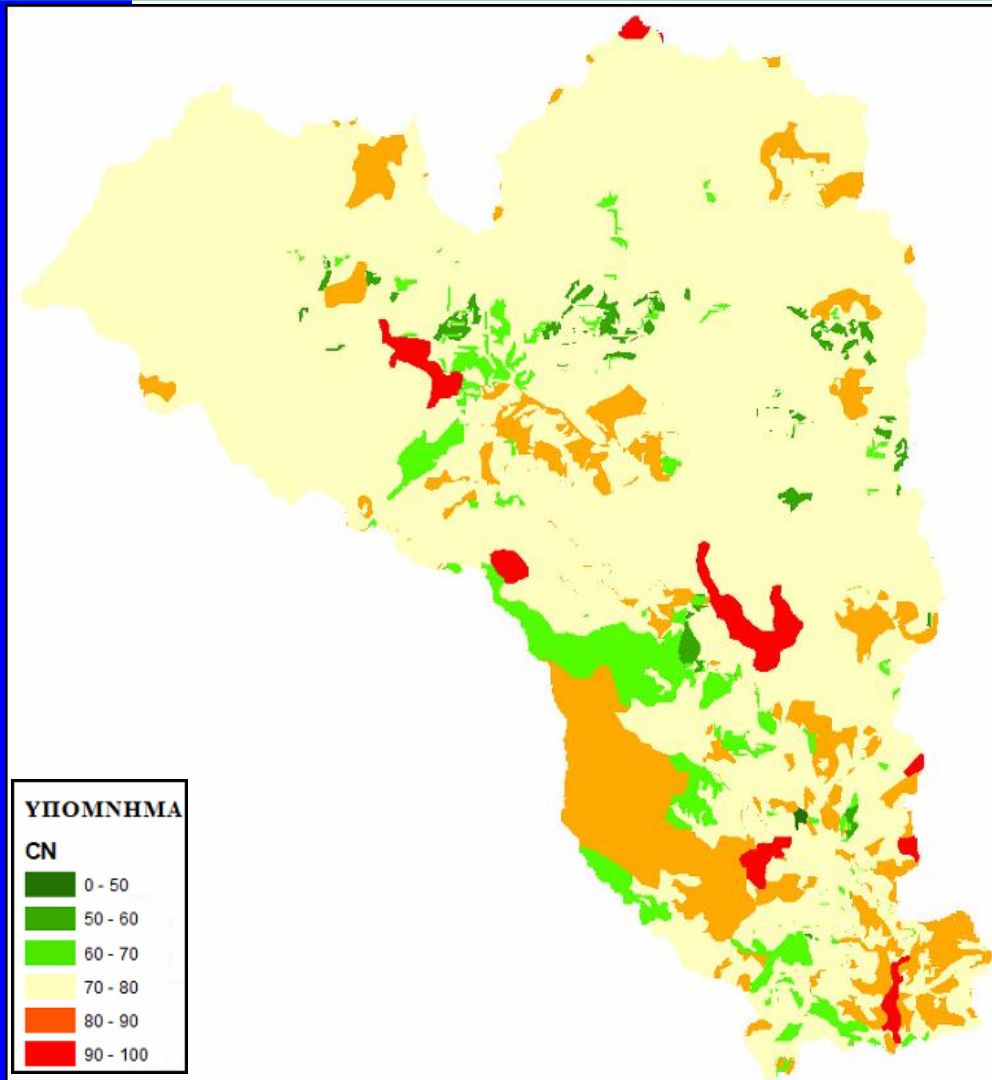


Λεκάνη απορροής Πεντάσχοιου
CLC 2018

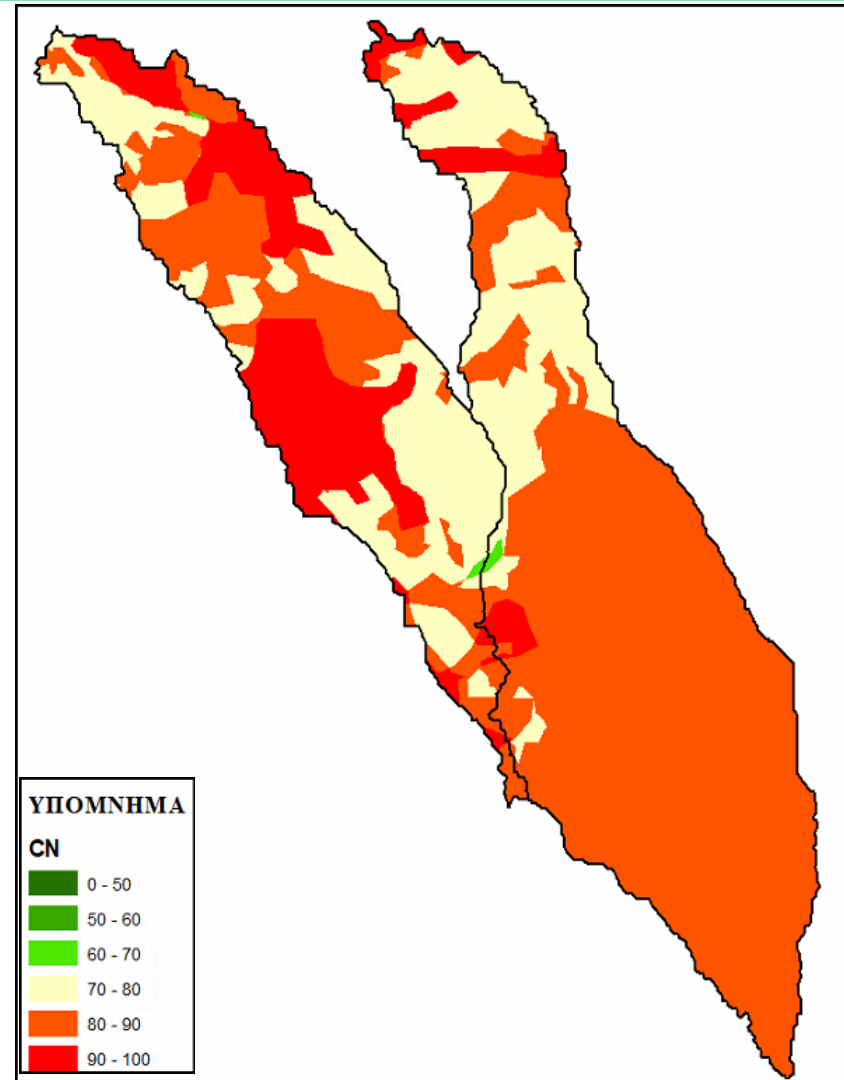


Λεκάνες απορροής Κοκκινотριμιθιάς
Urban Atlas 2018

Αριθμός Καμπύλης Απορροής (CN)



Λεκάνη απορροής Πεντάσχοιου

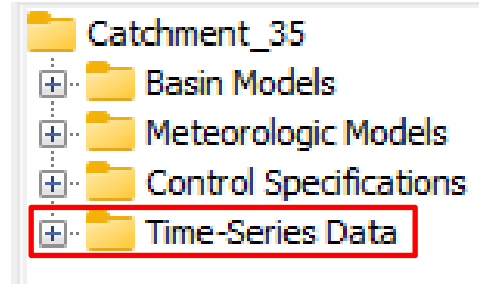


Λεκάνες απορροής Κοκκινοτριμιθιάς

Βροχομετρικά δεδομένα (Time-Series Data)

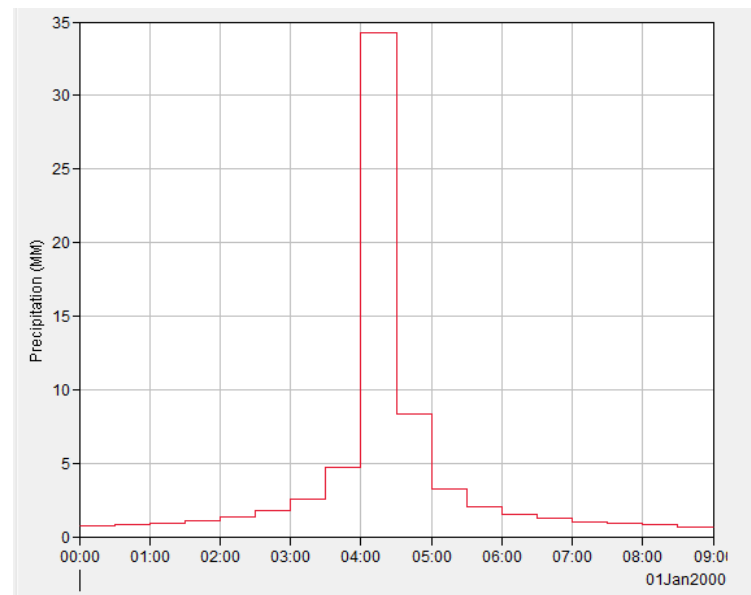
- **Πλήθος βροχομετρικών δεδομένων**

- Ανά βροχομετρικό σταθμό
- Ανά προβλεπόμενο σενάριο περιόδου επαναφοράς (T=20,100,500 έτη, σενάριο κλιματικής αλλαγής και αλλαγών στις χρήσεις γης για το έτος 2080 και T=20 έτη)



- **Τύπος δεδομένων εισόδου**

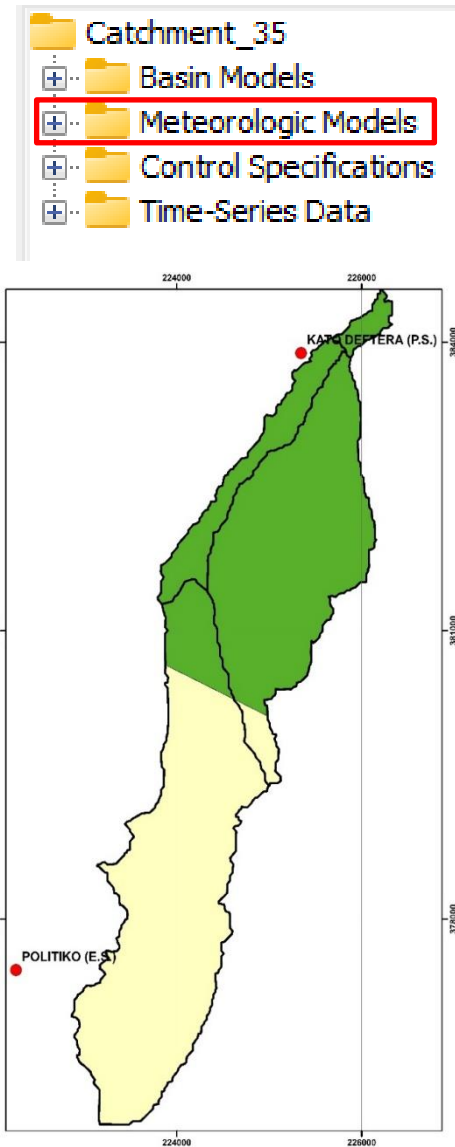
- Γραφήματα υετού (Precipitation Gages)



Μετεωρολογικό Μοντέλο (Meteorologic Model)

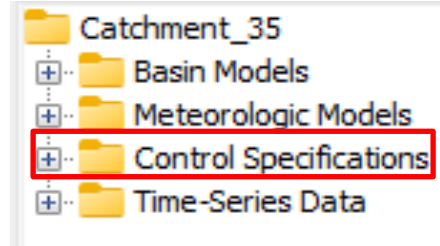
- **Πλήθος μετεωρολογικών μοντέλων**
 - Ανά προβλεπόμενο σενάριο περιόδου επαναφοράς (T=20,100,500 έτη, σενάριο επίδρασης κλιματικής αλλαγής και αλλαγών στις χρήσεις γης για το έτος 2080 και T=20 έτη)
- **Τύπος δεδομένων εισόδου**
 - Εισαγωγή συντελεστή στάθμισης (Weight) μεθόδου πολυγώνων Thiessen (Gage Weights)

Components		
Compute		
Results		
Selections		
Weights		
Element Name: Subbasin-1		
Gage Name	Depth Weight	Time Weight
KATO DEFTERA (T=100yr)	0.95	1
POLITIKO (T=100yr)	0.05	0



Αρχείο προσομοίωσης (Control Specifications)

- Επιλογή χρονικού διαστήματος προσομοίωσης
 - Ημερομηνίας έναρξης, λήξης
 - Ώρας έναρξης, λήξης
- Ορισμός χρονικού βήματος υπολογισμού (Time Interval)

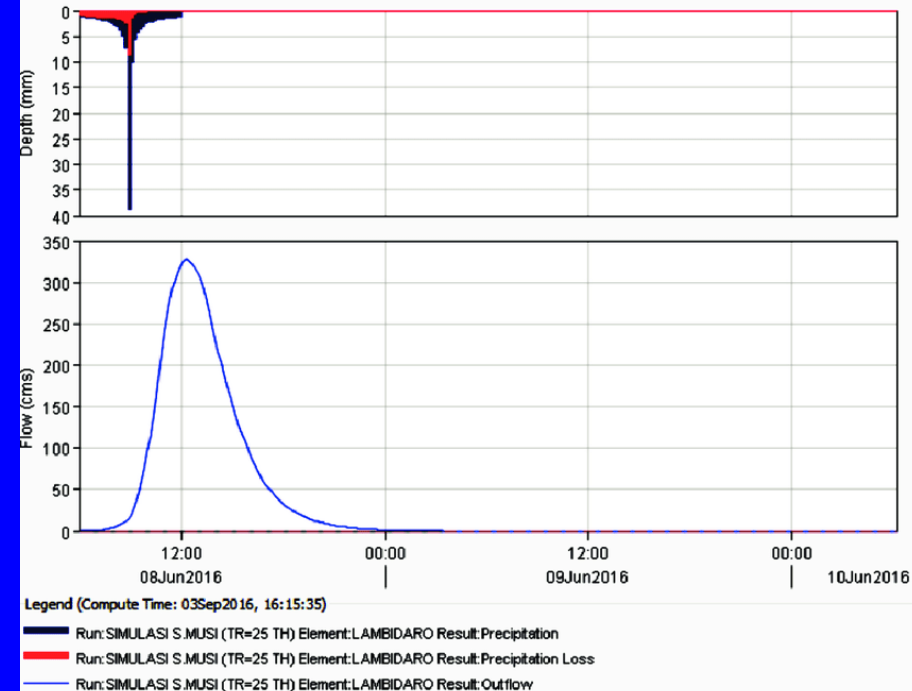


Αποτελέσματα

- **Υδρολογικές παράμετροι**
 - Παροχή αιχμής (Peak Discharge)
 - Χρόνος αιχμής (Time of Peak Discharge)
 - Όγκος Άμεσης Απορροής (Direct Runoff Volume)
 - Όγκος Βασικής Απορροής (Baseflow Volume)
 - Όγκος Συνολικής Απορροής (Discharge Volume)
 - Συνολικός όγκος βροχής (Precipitation Volume)
 - Όγκος απωλειών βροχής (Loss Volume)
 - Όγκος ενεργού βροχόπτωσης (Excess Volume)

Αποτελέσματα

Subbasin "LAMBIDARO" Results for Run "SIMULASI S.MUSI (TR=25 TH)"



Global Summary Results for Run "Run 1 (T=20yr)"

Project: Catchment 36 Simulation Run: Run 1 (T=20yr)

Start of Run: 01Jan2000, 00:00 Basin Model: Catchment_36
 End of Run: 02Jan2000, 03:00 Meteorologic Model: T=20yr
 Compute Time: 09May2023, 23:29:03 Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units: MM 1000 M3 Sorting:

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (1000 M3)
J1	10.39	42.4	01Jan2000, 05:30	345.4
J2	5.49	29.3	01Jan2000, 05:00	214.7
Outlet	10.56	40.8	01Jan2000, 05:30	351.7
Reach-1	10.39	40.5	01Jan2000, 05:30	345.4
Reach-2	5.49	28.2	01Jan2000, 05:30	214.6
Subbasin-1	4.04	14.1	01Jan2000, 05:00	106.0
Subbasin-2	5.49	29.3	01Jan2000, 05:00	214.7
Subbasin-3	0.86	3.8	01Jan2000, 05:00	24.9
Subbasin-4	0.17	1.3	01Jan2000, 04:30	6.3

Σας ευχαριστούμε!

