

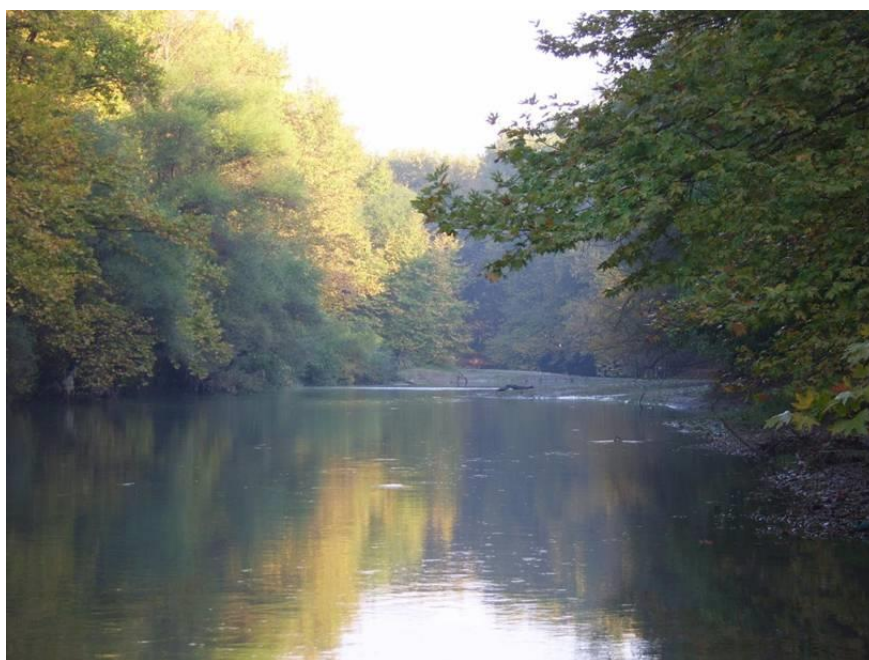


ΕΘΝΙΚΟΝ & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟΝ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΝ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ & ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ

ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΠΠΤΩΣΗΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΗΝ ΠΟΤΑΜΙΑ ΑΠΟΡΡΟΗ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΙΖΗΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΣΠΕΡΧΕΙΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ



Διπλωματική Εργασία Ειδίκευσης

ΞΗΡΟΥ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ

ΑΘΗΝΑ 2014



ΕΘΝΙΚΟΝ & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟΝ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΝ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ & ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΠΙΠΤΩΣΗΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ
ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΗΝ ΑΠΟΡΡΟΗ ΚΑΙ ΣΤΕΡΕΟΠΑΡΟΧΗ
ΤΟΥ ΣΠΕΡΧΕΙΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ**

Διπλωματική Εργασία Ειδίκευσης

ΞΗΡΟΥ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ

Τριμελής Επιτροπή

Αναπλ. Καθηγητής Π. Νάστος (επιβλέπων)

Αναπλ. Καθηγητής Σ.Ε. Πούλος

Καθηγητής Χ. Μαρουκιάν

ΑΘΗΝΑ 2014

Πρόλογος

Στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Του Τμήματος Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος και ειδικότερα στην ειδίκευση Γεωγραφία και Περιβάλλον του οποίου την ευθύνη έχει ο Τομέας Γεωγραφίας και Κλιματολογίας, υλοποίησα την παρούσα διπλωματική εργασία με τίτλο «Μελέτη της επίπτωσης της κλιματικής αλλαγής στην απορροή και στερεοπαροχή του Σπερχειού ποταμού», η οποία μου ανατέθηκε από τον Αναπληρωτή Καθηγητή Παναγιώτη Νάστο και συνεπιβλέποντες τους Αναπλ. Καθ. Σεραφείμ Ε. Πούλο και Καθηγητή Χ. Μαρουκιάν.

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον υπεύθυνο και επιβλέποντα στη μελέτη μου κ. Παναγιώτη Νάστο, για την εμπιστοσύνη του στο πρόσωπό μου, καθώς και για τις πολύτιμες και χρήσιμες συμβουλές του τόσο ως προς την μορφή, όσο και ως προς το περιεχόμενο της εργασίας αυτής.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Σεραφείμ Πούλο μέλος της τριμερούς επιτροπής, για την πολύτιμη βοήθεια του, τη συνεχή καθοδήγησή του, την προθυμία, την υπομονή, το χρόνο που αφιέρωσε και την ουσιαστική συμβολή του στην πραγματοποίηση αυτής της εργασίας.

Επίσης οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον Καθηγητή κ. Χαμπίκ Μαρουκιάν, μέλος της τριμερούς επιτροπής, για τα χρήσιμα σχόλια και τις ουσιώδεις υποδείξεις του για την περιοχή μελέτης καθώς και για τη συμμετοχή του στην αξιολόγηση της εργασίας.

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη	i
Summary	ii
Εισαγωγή	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Θεωρητικό μέρος.....	4
1.1 Κλιματική αλλαγή	4
1.1.1 Εισαγωγή-Ορισμοί.....	4
1.1.2 Παράγοντες διαμόρφωσης κλίματος.....	4
1.1.3 Κλιματικές αλλαγές στην τελευταία χιλιετία.....	5
1.1.4 Έχει ξεκινήσει η κλιματική αλλαγή;	8
1.1.5 Παγκόσμιες επιπτώσεις από την αλλαγή του κλίματος.....	8
1.2 Προσωμείωση κλιματικής αλλαγής	14
1.2.1 Κλιματικά πρότυπα προσωμείωσης (models)	14
1.2.2 Σενάρια εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου	17
1.2.3 Προγράμματα Prudence και Ensembles	19
1.3 Επιφανειακή υδρολογία	20
1.3.1 Ο υδρολογικός κύκλος.....	20
1.3.2 Εξίσωση υδατικού ισοζυγίου	21
1.4 Στερεοαπορροή	38
1.4.1 Ορισμοί	38
1.4.2 Εκτίμηση της στερεοπαροχής με εμπειρικά (στοχαστικά) μοντέλα.....	39
1.4.2.1 Παγκόσμια Εξίσωση Εδαφικής Απώλειας (Universal Soil Loss Equation)	39
1.4.2.2 Η μέθοδος MUSLE.....	42
1.4.2.3 Η διαχωριστική μέθοδος USLE	43
1.4.2.4 Η μέθοδος Corbel	44
1.4.2.5 Η μέθοδος Fournier.....	45
1.4.2.6 Η μέθοδος Gavrilovic	46
1.4.2.7 Η μέθοδος του μέγιστου δυνατού στερεοφορτίου (ή μέθοδος των Kronfellner & Kraus)	47
1.4.3 Εκτίμηση της στερεοπαροχής με προσδιοριστικά (αναλυτικά) μοντέλα	48
1.4.3.1 Μέθοδος Creams	48
1.4.3.2 Μέθοδος Answers	49

1.4.3.3 Μέθοδος Epic.....	49
1.4.3.4 Μέθοδος Wepp.....	50
1.4.3.5 Η ελβετική προσδιοριστική μέθοδος Gho	50

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Περιοχή Μελέτης..... 52

2.1 Γεωγραφική θέση	52
2.2 Μορφολογία	54
2.3 Γεωλογία	59
2.4 Τεκτονική.....	66
2.5 Σεισμικότητα	67
2.6 Υδρογεωλογία.....	69
2.6.1 Υδροφόροι ορίζοντες.....	70
2.6.2 Ποιότητα υδάτων	71
2.7 Κλιματολογικά στοιχεία.....	72
2.8 Βιοκλιματικά στοιχεία	76
2.8.1 Οικοσυστήματα.....	76
2.8.2 Χλωρίδα-Βλάστηση.....	85
2.8.3 Πανίδα.....	87
2.9 Ανθρωπογενές περιβάλλον	89
2.9.1 Διοικητική υπαγωγή.....	89
2.9.2 Πληθυσμιακή εξέλιξη της περιοχής.....	92
2.10 Έργα υποδομής-ανάπτυξης	92
2.10.1 Οικιστικές συνθήκες – Δίκτυο οδικό-μεταφορών	92
2.10.2 Αντιπλημμυρικά έργα	93
2.10.3 Αρδευτικά έργα.....	95
2.11 Χρήσεις γης	99
2.12 Απασχόληση-Οικονομικά παραγωγικά στοιχεία	100
2.13 Θέματα διατήρησης-Απειλές.....	102
2.14 Ρύπανση	104

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Συλλογή Δεδομένων – Μεθοδολογία 108

3.1 Επεξεργασία χαρτών.....	108
3.2 Υπολογισμός επιφανειακής απορροής	110

3.2.1 Εξίσωση υδρολογικού ισοζυγίου.....	111
3.2.2 Μοντέλο του Thorthwaite.....	114
3.2.2.1 Θεωρητικό υπόβαθρο.....	114
3.2.2.2 Δεδομένα εισόδου.....	119
3.2.2.3 Δεδομένα εξόδου.....	119
3.3 Υπολογισμός της στερεοπαροχής.....	120
3.3.1 Πρώτος τρόπος εκτίμησης της στερεοπαροχής με την εξίσωση των Poulos and Chronis (1997).....	120
3.3.2 Δεύτερος τρόπος εκτίμησης της στερεοπαροχής με την εξίσωση των Milliman and Syvitski.....	121
3.3.3 Τρίτος τρόπος εκτίμησης της στερεοπαροχής με την εξίσωση των Koutsogiannis and Tarlas (1986).....	122
3.3.4 Τέταρτος τρόπος εξίσωσης της στερεοπαροχής μέσω της Παγκόσμιας Εξίσωσης της Εδαφικής Απώλειας.....	123
3.3.5 Πέμπτος τρόπος εκτίμησης της στερεοπαροχής με βάση τη μεθοδολογία των Jansen and Painter (1974).....	127
3.3.6 Έκτος τρόπος εκτίμησης της στερεοπαροχής με βάση τις εξισώσεις του Probst (1992).....	129
3.4 Εκτίμηση των αναμενόμενων μέσων ετήσιων τιμών της επιφανειακής απορροής και της στερεοπαροχής για τις 30ετίες 2021-2050 και 2071-2100 με βάση τις μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης και ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας του προγράμματος Ensembles	131

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Αποτελέσματα – Συζήτηση..... 135

4.1 Υπολογισμός επιφανειακής απορροής	135
4.1.1 Μέθοδος υδατικού ισοζυγίου.....	135
4.1.1.1 Εκτίμηση της απορροής με βάση τους συντελεστές εξατμισοδιαπνοής 35%, 40%, 45%, 50% και 55%.....	144
4.1.1.2 Εκτίμηση της απορροής λαμβάνοντας υπόψη την τιμή που υπολογίστηκε από τον τύπο των Burdon-Parakis.....	147
4.1.2 Υπολογισμός της επιφανειακής απορροής με τη μέθοδο Thorthwaite.....	147
4.2 Υπολογισμός στερεοπαροχής.....	152
4.2.1 Εκτίμηση με βάση τη σχέση των Poulos et al. (1996).....	152
4.2.2 Εκτίμηση με βάση τον τύπο των Milliman & Syvitski.....	152

4.2.3 Εκτίμηση με βάση την εξίσωση των Κουτσογιάννη-Τάρλα (1987).....	153
4.2.4 Εκτίμηση μέσω της Παγκόσμιας Εξίσωσης Εδαφικής Απώλειας.....	154
4.2.5 Εκτίμηση με βάση την εξίσωση των Jansen and Painter.....	158
4.2.6 Εκτίμηση με βάση τις σχέσεις του Probst.....	160
4.3 Υπολογισμός των αναμενόμενων μέσων ετήσιων τιμών επιφανειακής απορροής και στερεοπαροχής για τις τριαντακονταετίες 2021-2050 και 2071-2100 στηριζόμενοι στο πρόγραμμα Ensembles	164
4.3.1 Εκτίμηση των αναμενόμενων μέσων ετήσιων τιμών επιφανειακής απορροής	164
4.3.2 Αποτελέσματα μέσων ετήσιων τιμών στερεοπαροχής για τα χρονικά διαστήματα 2021-2050 και 2071-2100.....	167

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Συμπεράσματα 171

Βιβλιογραφία	173
Ελληνική	173
Ξενόγλωσση	177
Διαδίκτυο.....	184
Παραρτημα Ι	185
Παραρτημα ΙΙ	190

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η λεκάνη του Σπερχειού ποταμού ανήκει στην Ανατολική Στερεά Ελλάδα και είναι μια ταφροειδής στενή λωρίδα με διαμήκη άξονα που συμπίπτει σε γενικές γραμμές με την κοίτη του ποταμού. Ο ποταμός Σπερχειός, έχει μήκος 82,5 km και συνολική έκταση λεκάνη απορροής 1.660,91 km².

Διοικητικά η λεκάνη Σπερχειού ανήκει στον Νομό Φθιώτιδας. Πηγάζει από τον Τυμφορηστό (2.312 m), τα Βαρδούσια, την Όρθρυ, την Οίτη και το Καλλίδρομο και εκβάλλει στον Μαλιακό κόλπο, όπου σχηματίζει το δέλτα του. Στη λεκάνη απορροής επικρατούν έντονες κλίσεις και για το σύνολο της η μέση κλίση είναι ίση με 33%.

Η μελλοντική μείωση της στερεοπαροχής του Σπερχειού ποταμού, σε συνδυασμό με την παράλληλη μείωση της επιφανειακής απορροής, εκτιμάται ότι θα έχει ως αποτέλεσμα την οπισθοχώρηση της δελταϊκής ακτογραμμής του ποταμού και στην απώλεια τμημάτων της δελταϊκής πεδιάδας.

Η επιφανειακή απορροή υπολογίστηκε μέσω των επιμέρους παραμέτρων του υδατικού ισοζυγίου καθώς και με τη χρήση λογισμικού που διατίθεται ελεύθερα από το U.S. Geological Survey (USGS) και περιγράφεται αναλυτικά από τους McCabe and Markstrom (2007). Έτσι η **επιφανειακή απορροή** για συντελεστή εξατμισοδιαπνοής 35% ισούται με **468,756 10⁶ m³** (1^η προσέγγιση) και εκείνη που αντιστοιχεί σε υγρασία εδάφους 100 mm (2^η προσέγγιση) ισούται με **519,098 10⁶ m³**.

Η εκτίμηση της στερεοπαροχής (ανά μονάδα επιφανείας) υπολογίστηκε με βάση τις εξισώσεις των *Jansen & Painter (1978)*, *Renfro (1972)* και *Probst (1992)*. Το αιρούμενο φορτίο εκτιμάται στα 171-248 tones/km² με το ολικό να κυμαίνεται μεταξύ 214-312 tones/km².

Η εκτίμηση των μελλοντικών τιμών επιφανειακής απορροής και στερεοπαροχής ανά μονάδα επιφανείας του Σπερχειού ποταμού στηρίχθηκε στις προσομοιώσεις των μηνιαίων τιμών βροχόπτωσης και θερμοκρασίας, από το περιοχικό κλιματικό μοντέλο RAMCO-2 (KNMI) από το Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα ENSEMBLES, και αφορούν το εγγύς μέλλον 2021-2050 και το μακρινό μέλλον 2071-2100 σε σχέση με την περίοδο αναφοράς 1961-1990. Τα αποτελέσματα δείχνουν μια μείωση της επιφανειακής απορροής κατά 6,19% για το χρονικό διάστημα 2021-2050 και κατά 33,35% για το διάστημα 2071-2100. Παρομοίως η στερεοπαροχή ανά μονάδα επιφανείας αναμένεται να μειωθεί κατά 11,03 % το διάστημα 2021-2050 και κατά 30,02 % το διάστημα 2071-2100.

SUMMARY

The Basin of Spercheios River belongs to East Sterea Ellada and is a ditch-like narrow strip with longitudinal axis that, in general, coincides with the river bed. Spercheios River is 82.5 km long and the total surface of the water catchment basin is 1,660.91 km².

From administrative point of view the Spercheios basin belongs to the Prefecture of Fthiotida. It begins in the Tymfristos (2,312 m), Vardousia, Othrys, Oite and Kallidromos Mountains and falls in the Maliakos Gulf, where its delta is formed. In the water catchment basin there are steep slopes and on the whole the average slope is 33%.

The future reduction of the sediment yield of the Spercheios River in combination with the simultaneous reduction of the surface runoff is estimated that it will result to the retreat of the delta's coastline of the river and to the lack of parts of the delta's plain.

The surface runoff was calculated through the several parameters of the water balance as well as through the use of software that is freely available by U.S. Geological Survey (USGS) and which is extensively described by McCabe and Markstrom (2007). Thus, the **surface runoff** for evapotranspiration coefficient 35% is equal to **468.756 10⁶ m³** (1st approach) while the one corresponding to soil moisture 100 mm (2nd approach) is equal to **519.098 10⁶ m³**.

The assessment of sediment yield (per unit area) was calculated on the basis of the equations of *Jansen & Painter (1978)*, *Renfro (1972)* and *Probst (1992)*. The risen load is estimated about 171-248 tones/km² while the total load varies between 214-312 tones/km².

The estimation of future levels of surface runoff and sediment yield per unit area of Spercheios River was based on simulations of monthly rainfall and temperature levels according to the regional climate model RAMCO-2 (KNMI) from the European Project ENSEMBLES and are related to near future 2021-2050 and distant future 2071-2100 in relation to the reference period 1961-1990. The results show reduction of surface runoff by 6.19% for the period 2021-2050 and by 33.35% for the period 2071-2100. Accordingly the sediment yield per unit area is expected to be reduced by 11.03% for the period 2021-2050 and by 2071-2100% for the period 2071-2100.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα περιβαλλοντικά ζητήματα όπως η κλιματική αλλαγή και οι επιπτώσεις της στα οικοσυστήματα αποκτούν ιδιαίτερη σημασία κατά τις τελευταίες δεκαετίες και απασχολούν σε διεθνές, εθνικό και τοπικό επίπεδο τα κράτη. Οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής σε ορισμένες περιπτώσεις δεν είναι εύκολα αντιληπτές και για το λόγο αυτό μπορούν να καταστούν ακόμα πιο επικίνδυνες για ορισμένα οικοσυστήματα, καθώς εξαιτίας αυτών των δυσχερειών δε λαμβάνονται έγκαιρα μέτρα αντιμετώπισης και διαχείρισης των επιπτώσεων αυτών. Επιστήμονες από όλον τον κόσμο συλλέγουν δεδομένα προκειμένου να εκτιμήσουν ενδεχόμενες συνέπειες από την κλιματική αλλαγή ή να στοιχειοθετήσουν μια στατιστικά σημαντική μεταβολή.

Η σύγκριση των εκτιμηθεισών μελλοντικών τιμών με τα σημερινά δεδομένα σύμφωνα με τη μελέτη των Στουρνάρας κ.α. (2011) οδηγεί στο συμπέρασμα της μείωσης των τιμών ύψους βροχής κατά 3-7% και του συνολικού υδατικού δυναμικού κατά 7-20% για την περίοδο 2021-2050, και 14-22% επί της βροχόπτωσης και 30-54% του υδατικού δυναμικού για την περίοδο 2071-2100, στο σύνολο της επικράτειας.

Τα παραπάνω συμπεράσματα σε συνδυασμό με το γεγονός ότι το 75-80% περίπου του συνολικού υδατικού δυναμικού της χώρας αποτελεί μέρος της ζήτησης νερού προς άρδευση γίνεται αντιληπτό πως η μεταβολή αυτή θα έχει άμεσες συνέπειες στο είδος και έκταση των καλλιεργειών, σε συνδυασμό με τις αλλαγές αγροτικών πρακτικών.

Οι παράκτιες ζώνες αποτελούν ένα από τα πιο πολύπλοκα και δυναμικά οικοσυστήματα της γης με ένα μεγάλο αριθμό έμβιων και μη πόρων. Για το λόγο αυτό οι παράκτιες ζώνες είναι περιοχές με αυξημένη κοινωνικοοικονομική σημασία, τα δέλτα των ποταμών αποτελούν ένα δυναμικό σύστημα στεριάς και θάλασσας, το οποίο επιδέχεται ισχυρές πιέσεις, τόσο από φυσικούς (κλιματικές αλλαγές) όσο και από ανθρωπογενείς (αστικοποίηση, μεταφορές, τουρισμός, καλλιέργειες) παράγοντες.

Ανακεφαλαιώνοντας, καταδεικνύεται ότι τα ποτάμια κυριαρχούν στη ζωή του ανθρώπου. Έχουν αξία βιολογική, υδρευτική, αρδευτική, αλιευτική, κτηνοτροφική, θηραματική, υλοτομική, υδροηλεκτρική, αμμοληπτική, εκπαιδευτική, επιστημονική, πολιτιστική, ψυχαγωγική αλλά και στρατιωτική δημιουργώντας φυσικά κωλύματα και άξονες συγκοινωνιών. Η εγκατάσταση λοιπόν και η ανάπτυξη των μεγάλων πληθυσμιακών κέντρων δεν πραγματοποιήθηκε τυχαία κοντά σε περιοχές όπου υπήρχαν ποτάμια (Σκουληκίδης 1997).

Η περιοχή έρευνας είναι η λεκάνη του Σπερχειού ποταμού, ο οποίος χύνεται στον Μαλιακό κόλπο. Ο Μαλιακός είναι ένας ημίκλειστος κόλπος που βρίσκεται στις ανατολικές ακτές της ηπειρωτικής χώρας. Η λεκάνη καλύπτει έκταση, περίπου 1.660 km² με το νότιο και δυτικό τμήμα της να παρουσιάζουν μεγαλύτερα υψόμετρα και απότομες κλίσεις, ενώ το βόρειο τμήμα παρουσιάζει μικρότερα υψόμετρα και ήπιες κλίσεις.

Η περιοχή της λεκάνης του Σπερχειού ποταμού επιλέχθηκε για τους εξής λόγους:

(α) η γεωμορφολογία της περιοχής έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον πολλών επιστημόνων και σε συνδυασμό με την τεκτονική έχουν δημιουργήσει μία ισχυρή σχέση αλληλεπίδρασης ανάμεσα στη μορφολογία, την κάλυψη/χρήση γης και τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Παράλληλα οι γεωμορφολογικές μεταβολές και η εξέλιξη της ακτογραμμής, σαν αποτέλεσμα ενός δυναμικά μεταβαλλόμενου συστήματος παράκτιας μορφολογίας, αποτελεί από αρχαιοτάτων χρόνων ένα ενδιαφέρον πεδίο έρευνας,

(β) τα τελευταία χρόνια παρατηρούνται σημαντικές αλλαγές που σχετίζονται με τον εκσυγχρονισμό του οδικού και σιδηροδρομικού δικτύου και οι οποίες έχουν ως άμεση συνέπεια την έντονη αστική ανάπτυξη και τις επακόλουθες αλλαγές στην κάλυψη/χρήση γης, τόσο στο περιαστικό, όσο και στο αγροτικό περιβάλλον,

(γ) αποτελεί μια περιοχή που αντικατοπτρίζεται έντονα η πίεση που ασκεί ο άνθρωπος στο φυσικό περιβάλλον και του τρόπου με τον οποίο εκδηλώνεται (συνύπαρξη της εντατικής γεωργίας και της αστικής ανάπτυξης με τις διαβαθμίσεις της φυσικής βλάστησης).

Σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής μελέτης είναι η εκτίμηση των τιμών της επιφανειακής απορροής και της στερεοπαροχής για τις 30ετίες 2021-2050 και 2071-2100 και η σύγκριση αυτών με τις τιμές της υφιστάμενης κατάστασης. Βάσει αυτών των συμπερασμάτων στόχος της εργασίας ήταν οι αλλαγές που θα συμβούν στην ακτογραμμή του Σπερχειού ποταμού καθώς και σε τι κατάσταση θα βρίσκεται το ποτάμι στο μέλλον όσον αφορά τη ροή του, τη ρύπανση ή αποξήρανση των παράκτιων υγροτόπων όπως και κάθε αλλαγή που συνεπάγεται η μείωση τόσο της επιφανειακής απορροής όσο και της στερεοπαροχής.

Δομή της Εργασίας

Στο πρώτο κεφάλαιο είναι το θεωρητικό μέρος όπου αναφέρονται στοιχεία για την κλιματική αλλαγή, οι επιπτώσεις της καθώς και τα μοντέλα και τα προγράμματα

προσωμείωσης της κλιματικής αλλαγής. Επίσης δίνονται οι ορισμοί για την επιφανειακή υδρολογία και τη στερεοπαροχή καθώς και όλοι οι τύποι εκτίμησης τους.

Στο δεύτερο κεφάλαιο δίνονται γενικές πληροφορίες σχετικά με τη λεκάνη απορροής του Σπερχειού ποταμού, όσον αφορά τη γεωγραφική της θέση, τη γεωλογία, τη μορφολογία, την τεκτονική την υδρογεωλογία, τα κλιματολογικά στοιχεία, τα βιοκλιματικά στοιχεία, το ανθρωπογενές περιβάλλον, τις χρήσεις γης και τη ρύπανση.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η συλλογή των δεδομένων και η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε. Αναλύεται πως έγινε η επεξεργασία των χαρτών μέσω του λογισμικού προγράμματος ArcGis έτσι ώστε να έχουμε το γεωλογικό χάρτη, το μορφολογικό χάρτη, το χάρτη χρήσεων γης καθώς και το χάρτη κλίσεων οι οποίοι παρουσιάζονται στο Παράρτημα II και οι οποίοι μας βοήθησαν στον υπολογισμό κάποιων παραμέτρων. Επίσης αναφέρονται οι τύποι υπολογισμού τόσο της επιφανειακής απορροής όσο και της στερεοπαροχής οι οποίοι δουλεύτηκαν στην περιοχή μελέτης καθώς και το θεωρητικό κομμάτι του προγράμματος Ensembles βάσει του οποίου γίνεται η εκτίμηση των αναμενόμενων μέσων ετήσιων τιμών της επιφανειακής απορροής και την στερεοπαροχής για το μέλλον.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των εξισώσεων, αναλύονται οι διάφορες παράμετροι και σχολιάζονται τα αποτελέσματα. Στην αρχή παρατίθενται τα αποτελέσματα της επιφανειακής απορροής της υφιστάμενης κατάστασης βάσει της μεθόδου του υδατικού ισοζυγίου και της μεθόδου του Thornthwaite. Στη συνέχεια δίδονται τα αποτελέσματα της στερεοπαροχής της υφιστάμενης κατάστασης τα οποία υπολογίστηκαν από τις κάτωθι εξισώσεις: Poulos et al., Milliman & Syvitski, Κουτσογιάννη-Τάρλα, Παγκόσμια Εξίσωση Εδαφικής Απώλειας, Jansen & Painter και Probst. Και τέλος παρουσιάζεται η εκτίμηση των αναμενόμενων μέσων ετήσιων τιμών της επιφανειακής απορροής και της στερεοπαροχής για τα χρονικά διαστήματα 2021-2050 και 2071-2100 στηριζόμενοι στο πρόγραμμα Ensembles.

Το πέμπτο κεφάλαιο πραγματεύεται με τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από τη συγκεκριμένη μελέτη στη λεκάνη του Σπερχειού ποταμού.

1.1 ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

1.1.1. Εισαγωγή-Ορισμοί

Ο καιρός και το κλίμα έχουν μεγάλη επιρροή στη ζωή στη γη. Είναι μέρος της καθημερινότητας των ανθρώπων και ουσιαστικά στοιχείο για την υγεία, την παραγωγή τροφίμων, την ευημερία και γενικότερα την επιβίωση. Ο καιρός είναι μια κυμαινόμενη κατάσταση της ατμόσφαιρας γύρω μας που χαρακτηρίζεται από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνήσματα, τη θερμοκρασία, τον άνεμο τη βαρομετρική πίεση και άλλα καιρικά στοιχεία. Το κλίμα τώρα, αναφέρεται στο μέσο καιρό από την άποψη του μέσου όρου και της μεταβλητότητας του κατά τη διάρκεια μιας ορισμένης περιόδου σε μια ορισμένη περιοχή. Το κλίμα ποικίλλει από περιοχή σε περιοχή ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος, την απόσταση από τη θάλασσα, τη βλάστηση, την παρουσία ή όχι βουνών καθώς και από άλλους γεωγραφικούς παράγοντες. Επίσης ποικίλλει διαμέσου του χρόνου, από εποχή σε εποχή, από χρόνο σε χρόνο και από δεκαετία σε δεκαετία καθώς και σε μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα (Χατζής 2006).

1.1.2. Παράγοντες διαμόρφωσης κλίματος

Υπάρχουν πολλοί παράγοντες, τόσο φυσικοί όσο και ανθρωπογενείς, οι οποίοι προσδιορίζουν το κλίμα της γης. Κατά βάση, το κλίμα είναι το αποτέλεσμα της απορρόφησης και της αναδιανομής της ηλιακής ακτινοβολίας από το σύστημα ατμόσφαιρας-υδρόσφαιρας-γης. Η ηλιακή ακτινοβολία παρέχει την ενέργεια η οποία κινεί τα καιρικά φαινόμενα και διαμορφώνει το κλίμα. Περίπου το ένα τρίτο της ηλιακής ακτινοβολίας ανακλάται πίσω στο διάστημα ενώ το υπόλοιπο απορροφάται από τις διαφορετικές συνιστώσες του κλιματικού συστήματος: την ατμόσφαιρα, τους ωκεανούς, την ξηρά και τις διάφορες μορφές ζωής. Εκτός από την ανακλώμενη, μικρού μήκους κύματος, ηλιακή ακτινοβολία, η γη εκπέμπει υπέρυθη ακτινοβολία προς το διάστημα.

Η λεπτή ισορροπία ανάμεσα στην εξερχόμενη ακτινοβολία και την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία προσδιορίζει το παγκόσμιο κλίμα. Οποιαδήποτε αλλαγή στους παράγοντες που επιδρούν τόσο στην εισερχόμενη όσο και την εξερχόμενη ακτινοβολία ή στον μηχανισμό αναδιανομής της ενέργειας οδηγούν σε αλλαγή του κλίματος (Μελάς κ.α. 2000).

Οι παράγοντες αυτοί συνοψίζονται παρακάτω (Μελάς κ.α. 2000):

- **Ηλιακή ακτινοβολία**

Οι μεταβολές της ηλιακής ακτινοβολίας, η οποία φθάνει στη γη, μπορεί να οφείλονται τόσο στην ηλιακή δραστηριότητα (κυρίως στον ενδεκαετή κύκλο των κηλίδων) όσο και σε βραδείες μεταβολές της γεωμετρίας της τροχιάς της γης, συμπεριλαμβανομένων και αλλαγών στην κλίση του άξονα της γης (χρονικές κλίμακες δεκάδων χιλιάδων ετών).

- **Ατμοσφαιρική σύσταση**

Η αλλαγή της σύστασης της ατμόσφαιρας οδηγεί σε αλλαγή του κλίματος κυρίως μέσα από δύο διαφορετικούς μηχανισμούς. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου οφείλεται στις εκπομπές κάποιων αερίων, όπως το διοξείδιο του άνθρακα και το μεθάνιο, τα οποία περιορίζουν τις απώλειες ακτινοβολίας προς το διάστημα. Αντίθετη είναι η δράση των αιωρούμενων σωματιδίων, τα οποία εκπέμπονται τόσο από φυσικές όσο και από ανθρωπογενείς πηγές και τα οποία αντανακλούν ή/και απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία. Χαρακτηριστικά μπορεί να αναφερθούν οι εκρήξεις ηφαιστειών, οι οποίες εκτοξεύουν μεγάλες ποσότητες αερίων και σωματιδίων στα υψηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας. Τα σωματίδια αυτά μπορεί να παραμείνουν εκεί για πολλά χρόνια οδηγώντας σε μια ψύξη της κατώτερης ατμόσφαιρας, ιδιαίτερα αισθητή στο ημισφαίριο στο οποίο έγινε η έκρηξη.

- **Αλλαγές στη χρήση γης**

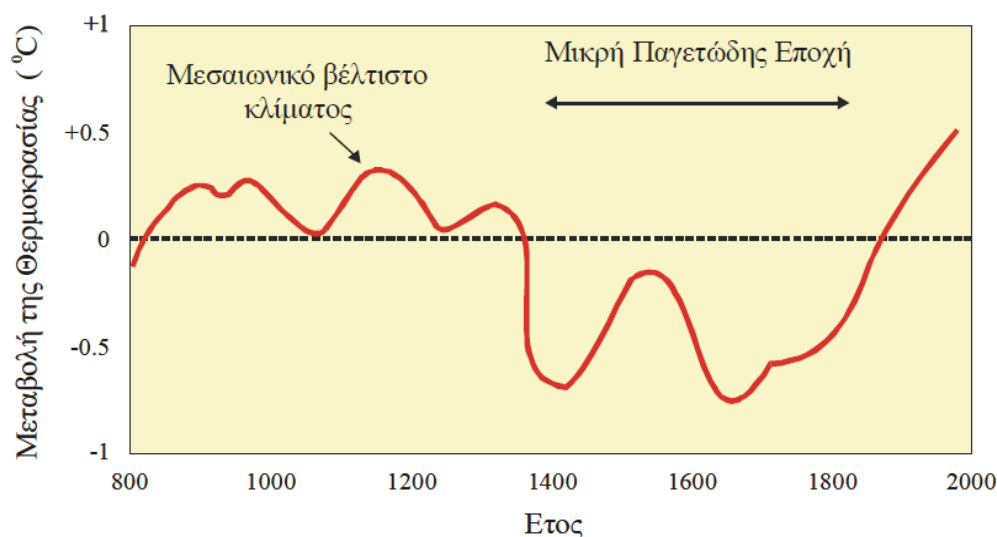
Οι άνθρωποι αντικαθιστούν δάση με καλλιεργημένες εκτάσεις ή ακόμα βλάστηση με τσιμέντο ή ασφαλτο επηρεάζοντας τον τρόπο που η επιφάνεια της γης απορροφά την ηλιακή ακτινοβολία και θερμαίνει την ατμόσφαιρα. Αυτές οι επεμβάσεις επηρεάζουν επίσης τα υδρολογικά χαρακτηριστικά μιας περιοχής και κατ' επέκταση και τις βροχοπτώσεις.

1.1.3. Κλιματικές αλλαγές στην τελευταία χιλιετία (Μελάς κ.α. 2000)

Σημαντικός παράγοντας για τη σωστή πρόβλεψη των χαρακτηριστικών της επαπειλούμενης κλιματικής αλλαγής είναι η γνώση των προηγούμενων κλιματικών μεταβολών. Το παρελθόν είναι πολλές φορές το κλειδί για το μέλλον.

Η τελευταία χιλιετία είναι η περίοδος για την οποία έχουμε αξιόλογες κλιματικές πληροφορίες για πολλές περιοχές του πλανήτη μας. Για τα τελευταία 300 περίπου χρόνια, υπάρχουν διαθέσιμες συστηματικές μετεωρολογικές μετρήσεις ενώ για παλιότερες περιόδους χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνικές όπως η εξέταση των δακτυλίων ανάπτυξης των δέντρων, η έρευνα σε ιστορικά αρχεία, η εξέταση ιζημάτων σε λίμνες, η σύσταση πάγων καθώς και η έρευνα με ραδιοϊσότοπα.

Από στοιχεία, που έχουν συλλεχθεί στο Βόρειο ημισφαίριο, αποκαλύπτονται τρία συμβάντα κλιματικών αλλαγών. Υπάρχουν επιπλέον ενδείξεις, από χώρες όπως η Νέα Ζηλανδία και η Αυστραλία, που δείχνουν ότι οι παραπάνω αλλαγές ισχύουν και για το Νότιο ημισφαίριο. Στο σχήμα 1.1, που ακολουθεί, βλέπουμε τη διακύμανση της μέσης θερμοκρασίας στη Δυτική Ευρώπη τα τελευταία 1200 χρόνια.



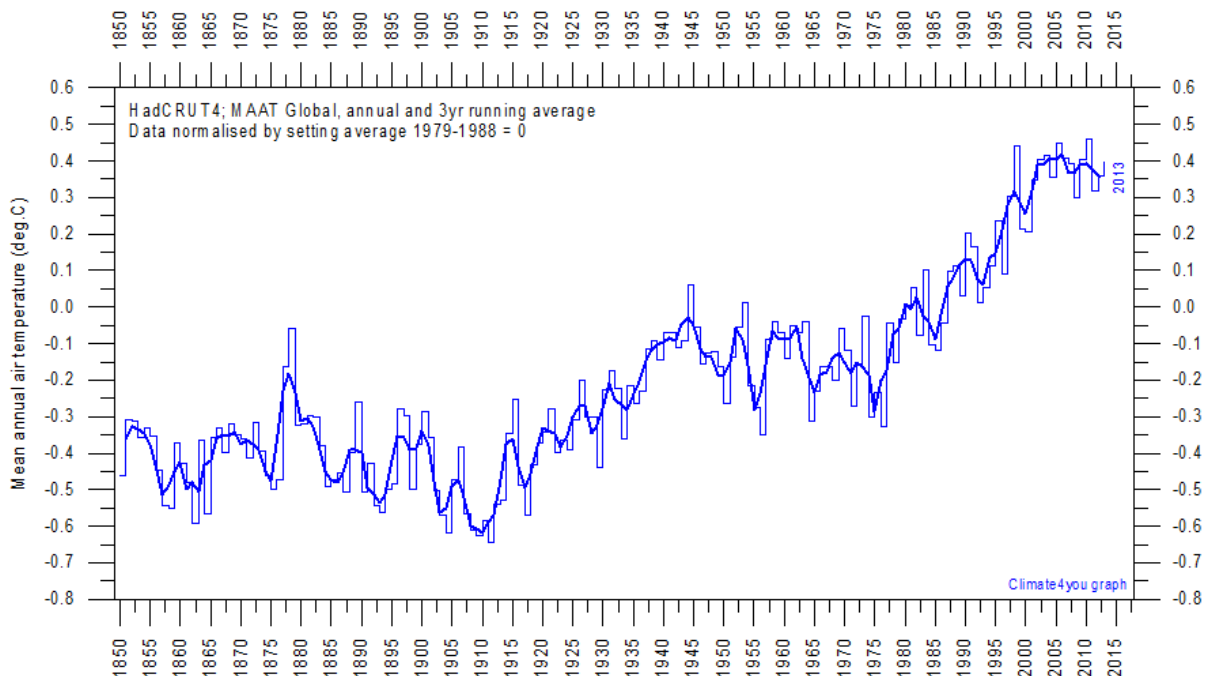
Σχήμα 1.1: Διακύμανση της μέσης θερμοκρασίας τα τελευταία 1200 χρόνια στην Ευρώπη

Ανάμεσα στον 10^ο και τον 14^ο αιώνα, το Βόρειο Ημισφαίριο βίωσε μια σχετικά θερμή και ξηρή περίοδο (Μεσαιωνική Θερμή Περίοδος) της οποίας το μέγιστο παρουσιάστηκε τον 12^ο αιώνα. Οι θερμοκρασιακές συνθήκες αυτής της περιόδου φαίνεται ότι είχαν, κυρίως ευεργετικές, συνέπειες στη χλωρίδα και πανίδα της γης. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, αναπτύχθηκε η αμπελος και ξεκίνησε η παραγωγή κρασιού στην Αγγλία. Την ίδια περίοδο, αποικίσθηκε από τους Βίκινγκς η Γροιλανδία και η Ισλανδία. Για τους παραπάνω λόγους αυτή η περίοδος ονομάζεται και Μικρή Περίοδος Κλιματικού Βέλτιστου ή Μεσαιωνικό Βέλτιστο Κλίματος.

Με το τέλος της Μεσαιωνικής Θερμής Περιόδου αρχίζει μια ψυχρή περίοδος, η Μικρή Παγετώδης Εποχή, η οποία εκτείνεται μεταξύ 14^{ου} και 19^{ου} αιώνα. Η εκτίμηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη για τις παραπάνω περιόδους είναι δύσκολο να γίνει με ακρίβεια. Υπολογίζεται πάντως ότι η πτώση της θερμοκρασίας σε σύγκριση με την προηγούμενη Μεσαιωνική Θερμή Περίοδο ήταν της τάξης του 1 °C. Σημειωτέον ότι, η σημερινή θερμοκρασία είναι περίπου 5 °C μεγαλύτερη από αυτή της τελευταίας Παγετώδους Εποχής. Στη Βόρειο Αμερική και Ευρώπη παρατηρήθηκε μια προώθηση των παγετώνων κατά τον 14^ο, 16^ο και 17^ο αιώνα. Οι δακτύλιοι ανάπτυξης των δέντρων στον Καναδά, την Καλιφόρνια,

τη Σκανδιναβία και την Ελβετία δείχνουν μια περίοδο με μικρή ανάπτυξη - άρα χαμηλές θερμοκρασίες - γύρω στο 1700. Την ίδια εποχή εγκαταλείφθηκαν αγροκτήματα σε λόφους σε πολλές περιοχές της Ελβετίας και της Σκωτίας.

Η τελευταία περίοδος της Μικρής Παγετώδους Εποχής συνέπεσε με την ανάπτυξη των μετεωρολογικών οργάνων. Η πιο μεγάλη χρονοσειρά παρατηρήσεων στην Ευρώπη αφορά την Κεντρική Αγγλία και αναπτύχθηκε από τον Gordon Manley από το 1659. Σύμφωνα με τις μετρήσεις αυτές, το ψυχρότερο έτος ήταν το 1740, με μέση ετήσια θερμοκρασία $6,8^{\circ}\text{C}$, και το θερμότερο το 1949 με θερμοκρασία $10,6^{\circ}\text{C}$. Το καλοκαίρι του 1816 ήταν το ψυχρότερο όλων των εποχών και δικαίως η χρονιά αυτή ονομάστηκε «χρονιά χωρίς καλοκαίρι». Στο σχήμα 1.2 βλέπουμε τη μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη από το 1850 έως το 2015 σύμφωνα με μετρήσεις από σταθμούς σε όλο τον κόσμο.



Σχήμα 1.2: Μεταβολή της θερμοκρασίας του πλανήτη από το 1850 έως το 2015. (Πηγή: <http://www.climate4you.com/>)

Στο σχήμα 1.2 φαίνεται ότι, τα τελευταία εκατό χρόνια, έχουμε μία αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη κατά $0,6^{\circ}\text{C}$. Σημειώνεται επίσης ότι, από το 1940 έως το 1965, το Βόρειο ημισφαίριο ψύχθηκε κατά $0,2^{\circ}\text{C}$, η ψύξη όμως αυτή υπερκαλύφθηκε από θέρμανση του Νότιου ημισφαιρίου κατά $0,4^{\circ}\text{C}$. Τα τελευταία χρόνια, παρατηρείται μία αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη, εκτός ίσως από περιοχές όπως η Ευρώπη και η Βόρειος Αμερική.

1.1.4. Έχει ξεκινήσει η κλιματική αλλαγή;

Το κλίμα της γης εμφανίζει και φυσικές μεταβολές, οι οποίες δυσκολεύουν την αναγνώριση των μεταβολών που οφείλονται στην επίδραση του ανθρώπου. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα, στο παρελθόν, να αμφισβητηθούν οι ενδείξεις που υπήρχαν για αλλαγή του κλίματος. Παρ' όλα αυτά, τα τελευταία χρόνια υπάρχει συμφωνία μεταξύ των επιστημόνων ότι το κλίμα της γης άρχισε ήδη να προσαρμόζεται στα υψηλά επίπεδα των θερμοκηπικών αερίων, τα οποία οφείλονται στις ανθρωπογενείς εκπομπές των προηγούμενων ετών. Οι ενδείξεις είναι σημαντικές (Μελάς κ.α. 2000):

- Οι μετρήσεις δείχνουν ότι η παγκόσμια θερμοκρασία αυξήθηκε κατά περίπου 0.3°-0.6°C από το 1860. Η θέρμανση αυτή δεν μπορεί να εξηγηθεί από τη φυσική μεταβλητότητα του κλίματος. Η αύξηση φαίνεται μικρή αλλά δεν θα πρέπει να ξεχνάμε ότι αφορά τη μέση θερμοκρασία του πλανήτη (όλα τα χρόνια κάποιες περιοχές είναι θερμότερες και κάποιες άλλες ψυχρότερες από το κανονικό).
- Τα δεκατέσσερα θερμότερα έτη, από την εποχή που ξεκίνησαν οι μετρήσεις, συνέβησαν μετά το 1980 (βέβαια το ρεκόρ καταρρίπτεται κάθε φορά μόνο για λίγα εκατοστά του βαθμού).
- Η μέση στάθμη της θάλασσας έχει ανέβει κατά 10-25 εκατοστά.

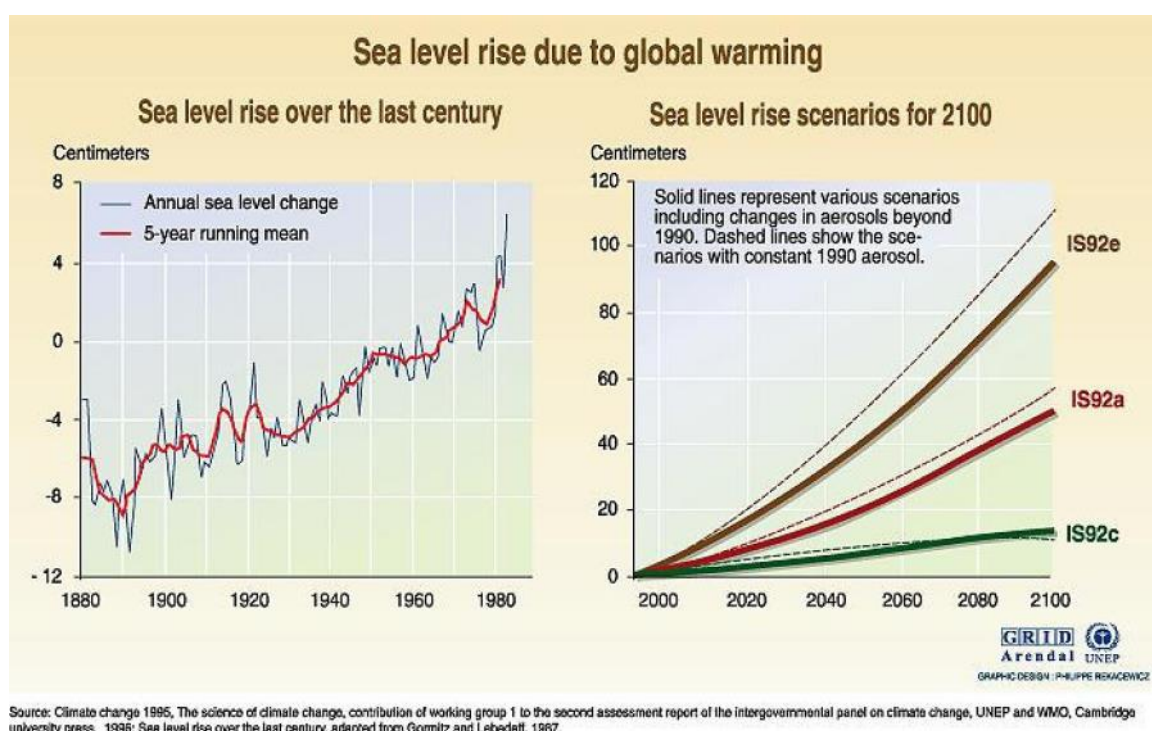
1.1.5. Παγκόσμιες επιπτώσεις από την αλλαγή του κλίματος (Χατζής 2006)

Τα Ηνωμένα Έθνη συνέστησαν τη Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) στην οποία ανετέθη η ευθύνη ανάλυσης του φαινομένου της παγκόσμιας θέρμανσης. Η IPCC με τη σειρά της συνέταξε σενάρια κλιματικών εξαναγκασμών, τα οποία και χρησιμοποίησε για να προσομοιώσει το κλίμα του 21^{ου} αιώνα και εκτίμησε τις επιπτώσεις των αλλαγών της θερμοκρασίας στη γεωργία, τα φυσικά οικοσυστήματα, την άγρια ζωή και άλλους τομείς. Συνοπτικά, αναφέρονται παρακάτω οι κυριότερες από τις επιπτώσεις αυτές.

Αλλαγή στη Στάθμη της Θάλασσας

Μεγάλο τμήμα του πληθυσμού του πλανήτη κατοικεί μόλις μερικά μέτρα πάνω από το επίπεδο της θάλασσας, ενώ εκεί βρίσκεται και υποδομή αξίας τρισεκατομμυρίων δολαρίων. Τα τελευταία 140 χρόνια, η αύξηση της μέσης επιφανειακής θερμοκρασίας κατά 0,4- 0,8°C είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της μέσης στάθμης των ωκεανών κατά 10 - 20 εκατοστά.

Επίσης επιστημονικές μελέτες δείχνουν ότι στη περίπτωση μιας αύξησης της θερμοκρασίας της Γης κατά 4⁰C θα έχει ως αποτέλεσμα την ανύψωση της στάθμης της θάλασσας κατά 1 έως 2 μέτρα. Ο πλημμυρισμός των πιο εύφορων εδαφών και του μεγαλύτερου μέρους των οικισμών της Γης καθώς και η υφαλμύρωση του υδροφόρου ορίζοντα όλων των περιοχών που θα πλημμυρίσουν είναι οι πρώτες οικονομικές συνέπειες αυτής της αύξησης της στάθμης της θάλασσας. Εκτιμάται ότι το 10-20% του εδάφους των παραλιακών χωρών θα δώσει τη θέση του στη θάλασσα και το 50% της οικονομικής ζωής των χωρών αυτών θα πρέπει να "μετακομίσει" προς περιοχές μεγαλύτερου υψομέτρου. Το ίδιο φαινόμενο, ιδωμένο από την πλευρά των αντισταθμιστικών του μέτρων, εκτιμάται ότι θα στοιχίσει για το σύνολο των κατοικημένων περιοχών του πλανήτη ένα ποσό αρκετών δισεκατομμυρίων δολαρίων.



Σχήμα 1.3: Η αύξηση της θαλάσσιας στάθμης λόγω της υπερθέρμανσης του πλανήτη (πηγή: ICCP 1995 & Gormitz and Lebedeff 1987)

Το χειρότερο είναι ότι η αύξηση της στάθμης αυτής των θαλασσών δεν θα γίνει βαθμηδόν, αλλά εκτιμάται ότι θα συντελεστεί απότομα, όπως γίνεται σήμερα με μεγάλα παλινροιακά κύματα και τυφώνες, που θα φέρουν την καταστροφή σε εκατοντάδες εκατομμύρια ανθρώπους του πλανήτη μας.

Κίνδυνοι για την Βιοποικιλότητα

Εκτιμάται ότι χιλιάδες ζωικά και φυτικά είδη απειλούνται ευθέως από την αποσταθεροποίηση του κλίματος. Σ' αυτά περιλαμβάνονται, είδη υπό εξαφάνιση, αποδημητικά πουλιά, απομονωμένοι πληθυσμοί, είδη που περιορίζονται σε παράκτιες περιοχές και είδη με μειωμένη γενετική ικανότητα προσαρμογής. Δεδομένου ότι η χωρική κατανομή των οικοσυστημάτων είναι συνάρτηση των κλιματικών συνθηκών, μια αλλαγή του κλίματος θα άλλαζε, όχι μόνο τη σύσταση των οικοσυστημάτων, αλλά και τη γεωγραφική κατανομή τους. Οι αλλαγές στη θερμοκρασία και στις βροχοπτώσεις θα αλλάξουν τις υδάτινες απορροές, την υγρασία του εδάφους, τους ρυθμούς διάβρωσης και την ανακύκλωση της οργανικής ύλης και των θρεπτικών συστατικών. Αυτά με τη σειρά τους θα επηρεάσουν την παραγωγικότητα, τον ανταγωνισμό των ειδών, τη βιοποικιλότητα, την εξάπλωση των ζιζανίων, διαμορφώνοντας έτσι μια ολότελα διαφορετική κατάσταση στα διάφορα οικοσυστήματα .

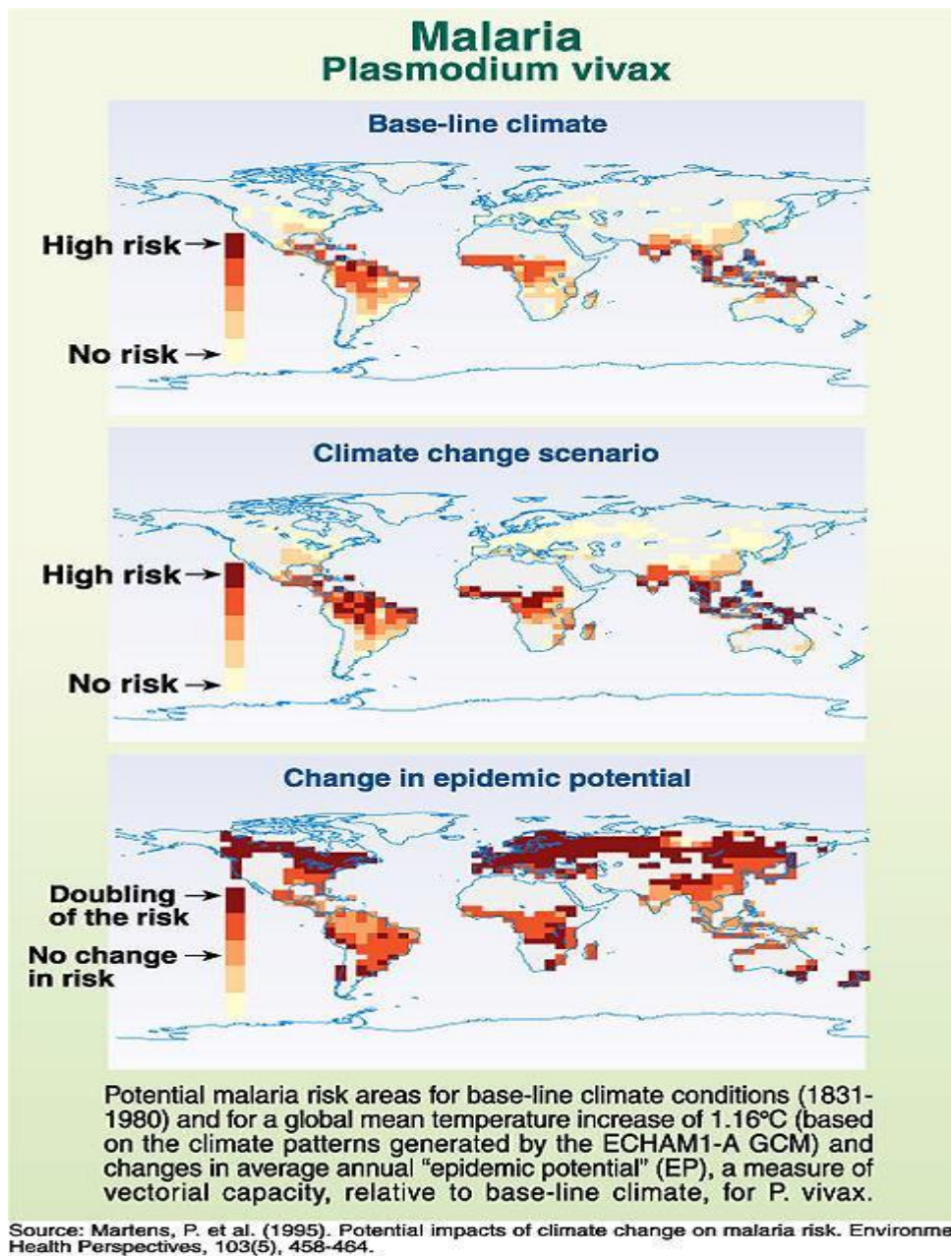
Επίσης τα φυτά και τα ζώα έχουν την τάση να προσαρμόζονται σε ειδικούς οικοτόπους και δεν μπορούν να επιβιώσουν εάν αλλάξουν οι συνθήκες. Έτσι, εάν ένας τόπος, που κάποτε ήταν κρύος, γίνει ζεστός κάποια από τα ζώα ίσως προσπαθήσουν να επιστρέψουν σε πιο κρύες περιοχές, δημιουργώντας μεγαλύτερο ανταγωνισμό για τη διαμονή και τη διατροφή σ' εκείνους τους τόπους. Μερικά φυτά μπορεί να εξαφανιστούν και να τείνουν να εκλείψουν, προκαλώντας και το θάνατο των ζώων που τρέφονται με τα ίδια

Επιπτώσεις στην Υγεία

Η αποσταθεροποίηση του κλίματος μπορεί να επηρεάσει την υγεία με πολλούς τρόπους. Σε ένα θερμότερο κλίμα με έντονα καιρικά φαινόμενα (π.χ. συχνότερα κύματα καύσωνα), αναμένεται να αυξηθούν π.χ. οι καρδιαγγειακές παθήσεις και τα κρούσματα θερμοπληξίας. Ακόμη, η αυξημένη θερμοκρασία ευνοεί την ανάπτυξη και διάδοση μεταδοτικών νόσων όπως η ελονοσία, ο κίτρινος πυρετός και η δυσεντερία.

Μια έμμεση επίπτωση της υπερθέρμανσης του πλανήτη είναι η διαθεσιμότητα του νερού, η οποία αναμένεται να ελαττωθεί. Στις φτωχές χώρες, όπου οι συνθήκες υγιεινής δεν είναι ιδιαίτερα αναπτυγμένες, η ελάττωση του διαθέσιμου νερού αναμένεται να εντείνει τα ήδη υπαρκτά προβλήματα, αυξάνοντας τα κρούσματα διάρροιας και θανάτων από μολυσμένα νερά. Αλλά και στις αναπτυγμένες βιομηχανικά χώρες, η αύξηση της θερμοκρασίας αναμένεται να έχει επιπτώσεις, όχι μόνο στη διαθεσιμότητα του νερού, αλλά και στην ποιότητά του. Σε περιοχές που υδρεύονται από επιφανειακά ύδατα, ευνοείται η ανάπτυξη αλγών, ιδιαίτερα όταν υπάρχει περίσσεια θρεπτικών ουσιών λόγω ρύπανσης. Η αύξηση της

μέσης θερμοκρασίας αναμένεται να ευνοήσει την ανάπτυξη αυτών των αλγών, καθιστώντας το νερό πολλές φορές ακατάλληλο προς πόση.



Σχήμα 1.4. Οι δυνητικές επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος και η επικινδυνότητα για εμφάνιση ελονοσίας (πηγή: Martens et al. 1995)

Κοινωνικές Επιπτώσεις

Επιπλέον οι επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών υπάρχει σοβαρός κίνδυνος να αποβούν καταστροφικές για την κοινωνία. Σε ορισμένες περιοχές του κόσμου, η αύξηση της ανομβρίας και η κατάρρευση της γεωργίας θα μπορούσε να απειλήσει την ασφάλεια και την κοινωνική ισορροπία. «Η αλλαγή του κλίματος ενέχει τον κίνδυνο αύξησης των

πεινασμένων του πλανήτη περιορίζοντας τις καλλιεργήσιμες εκτάσεις στις αναπτυσσόμενες χώρες», προειδοποιεί ο Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας (FAO), όπου σε έκθεση που παρουσιάστηκε στην Επιτροπή Παγκόσμιας Επισιτιστικής Ασφάλειας του οργανισμού στη Ρώμη, επισημαίνει ότι «σε περίπου 40 φτωχές αναπτυσσόμενες χώρες με 2 δισεκατομμύρια κατοίκους, τα 450 εκατομμύρια εκ των οποίων λιμοκτονούν, οι απώλειες στην παραγωγή λόγω κλιματικών αλλαγών θα μπορούσαν να αυξήσουν δραματικά τον αριθμό των υποσιτιζόμενων, υπονομεύοντας την πρόοδο στην καταπολέμηση της φτώχειας». Το μεγάλο πρόβλημα είναι η αύξηση του ποσοστού των άγονων ή ημιάγονων εκτάσεων και το μεγάλο τίμημα αναμένεται να βαρύνει την Αφρική, ιδίως τις χώρες της υποσαχάριας Αφρικής που έχουν αδυναμία προσαρμογής στις κλιματικές μεταβολές ή αντιστάθμισης της μειούμενης παραγωγής με εισαγωγές βασικών διατροφικών προϊόντων.

Περισσότερο δυσοίωνες μελέτες αναφέρουν πως ένας τυχόν διπλασιασμός των ρύπων στην ατμόσφαιρα στις επόμενες 2-3 δεκαετίες, θα μπορούσε να στοιχίσει τη ζωή σε 900 εκατομμύρια ανθρώπους και να επιφέρει οικονομικές απώλειες ύψους 907 τρισεκατομμυρίων δολαρίων, ποσό δηλαδή πολλαπλάσιο όλου του ανθρώπινου πλούτου.

Από μελέτη που παρουσιάστηκε στο διεθνές συνέδριο για τις κλιματικές αλλαγές στο Εξωτερ της Βρετανίας, προκύπτει ότι εκατομμύρια άνθρωποι θα μετακινηθούν κατά τις επόμενες δεκαετίες θέλοντας να ξεφύγουν από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας ή εγκαταλείποντας περιοχές που έχουν γίνει άγονες από την ξηρασία. Για παράδειγμα η Ινδία, θα μπορούσε να έχει 30 εκατομμύρια εκτοπισθέντες λόγω των συνεχών πλημμυρών, ενώ το ένα έκτο των εδαφών του Μπαγκλαντές θα μπορούσε να πλημμυρίσει ή να καταστεί άχρηστο από τις κατολισθήσεις.

Έτσι θα δημιουργηθεί, μια νέα κατηγορία οικονομικού μετανάστη, οι «περιβαλλοντικοί πρόσφυγες», η οποία έχει ήδη αρχίσει να απασχολεί τη διεθνή κοινή γνώμη. Έχουν καταγραφεί εκτιμήσεις για 150 εκατομμύρια περιβαλλοντικούς πρόσφυγες έως το έτος 2050, οι οποίες μπορεί να φαντάζουν υπερβολικές, ενόψει μάλιστα του γεγονότος ότι είναι δύσκολο να καθοριστεί επακριβώς η έννοια του περιβαλλοντικού πρόσφυγα. Παρά ταύτα, δεν θα ήταν υπερβολικό αν μιλούσαμε για αρκετά εκατομμύρια ανθρώπων οι οποίοι θα αναγκάζονταν να μεταναστεύσουν λόγω των επιπτώσεων της αλλαγής του παγκόσμιου κλίματος.

Οικονομικές Επιπτώσεις

Οι κλιματικές αλλαγές, πέρα από τις άλλες τους επιπτώσεις, θα σημάνουν και βαθύτατες αλλαγές στην οικονομική ζωή και δραστηριότητα σε όλες τις χώρες. Οι

κλιματικές συνθήκες, όπως είναι γνωστό, καθορίζουν σε σημαντικό βαθμό και τις όποιες οικονομικές δραστηριότητες.

Οι πρώτες και βασικές επιπτώσεις θα σημειωθούν στο είδος της παραγωγής και της απασχόλησης. Οι συχνές και ραγδαίες βροχοπτώσεις του χειμώνα και οι καλοκαιρινοί καύσωνες οδηγούν σε μια γεωργική, κτηνοτροφική και βιομηχανική παραγωγή υπό τη συνεχή κάλυψη και προστασία μηχανικών μέσων, ενώ οι εργασίες υπαίθρου θα ελαχιστοποιηθούν. Η γεωργική παραγωγή θα γίνεται μέσα σε θαλάμους που θα θερμαίνονται τον χειμώνα και θα ψύχονται το καλοκαίρι. Το ίδιο και η κτηνοτροφική παραγωγή. Όσο για τη βιομηχανική παραγωγή και τώρα είναι υπό κάλυψη, αλλά οι βιομηχανικές εργασίες υπαίθρου θα ελαχιστοποιηθούν, όπως για παράδειγμα οι οικοδομικές εργασίες και οι εργασίες εκτέλεσης έργων υποδομής.

Οι δυσχέρειες εκτέλεσής τους θα είναι σημαντικές και οι καθυστερήσεις εκτέλεσης των εργασιών υπαίθρου σοβαρές. Στον γεωργικό - κτηνοτροφικό τομέα και σε ένα σημαντικό τμήμα του βιομηχανικού τομέα, οι δυσχέρειες, οι καθυστερήσεις και η μειωμένη απόδοση θα έχουν ως συνέπεια την αλματώδη αύξηση του κόστους και την σημαντική μείωση του όγκου της παραγωγής.

Έτσι, θα δημιουργηθούν καινούριες συνθήκες προστασίας της παραγωγής, καινούριες μέθοδοι μηχανικής υποστήριξής της και φυσικά, καινούριες ενασχολήσεις και επαγγέλματα. Όλα αυτά όμως, σημαίνουν σημαντική αύξηση του κόστους παραγωγής, κλείσιμο ορισμένων μονάδων που παράγουν σήμερα με οριακό κόστος, δημιουργία μονάδων κάλυψης των νέων αναγκών και έναν εκτεταμένο μετεπαγγελματισμό. Οι εργαζόμενοι μικρής ηλικίας εύκολα θα προσαρμοστούν και θα εκπαιδευτούν στα καινούρια επαγγέλματα. Οι μεγάλης ηλικίας εργαζόμενοι όμως, σίγουρα θα αντιμετωπίσουν προβλήματα προσαρμογής και σταδιοδρομίας. Οι μεγάλες επιχειρήσεις πιθανότατα θα αντέξουν και το κόστος της πρόσθετης μηχανικής υποστήριξης της παραγωγής τους και την αύξηση του κόστους του τελικού προϊόντος. Οι μικρομεσαίες επιχειρήσεις όμως, είναι αμφίβολο ότι θα αντέξουν όλη αυτή την αναστάτωση της επιχειρηματικής δραστηριότητάς τους. Επίσης οι καταναλωτές θα βρεθούν σε δυσχερή θέση να αντιμετωπίσουν την αύξηση του κόστους των προϊόντων που καταναλώνουν. Ενδέχεται να προκληθούν κοινωνικές αναστατώσεις και εξαθλίωση των οικονομικά ανίσχυρων. Από την πλευρά της παγκόσμιας οικονομίας, θα σημειωθεί μία «αναδόμηση» στο παγκόσμιο καταμερισμό εργασίας (παραγωγής, απασχόλησης, εισοδήματος κ.λπ.).

Αξίζει πάντως να σημειωθεί ότι, όπως αποδεικνύεται, πολλές από τις προβλεπόμενες επιπτώσεις από τις μελλοντικές εκπομπές μπορούν να αποφευχθούν εάν αναληφθεί έγκαιρα

συγκεκριμένη δράση. Η ανάλυση του ασφαλούς κατωφλίου εκπομπών (safe emissions corridor) έδειξε ότι είναι απαραίτητο να γίνουν σημαντικές μειώσεις στις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου, ώστε να αποφευχθούν οι οικολογικά επικίνδυνες κλιματικές αλλαγές.

Η ανάσχεση της παγκόσμιας θέρμανσης απαιτεί επείγουσα διεθνή συνεργασία άνευ προηγουμένου. Για το λόγο αυτό, χρειάζεται ένα παγκόσμιο οικονομικό πλαίσιο κανονισμών, το οποίο θα επιτρέψει στο περιβάλλον, στην οικονομία και στο εμπόριο να συνυπάρξουν με τρόπο συμβατό, με την προστασία του περιβάλλοντος και την αειφόρο ανάπτυξη. Το πλαίσιο αυτό περιλαμβάνει τόσο διεθνείς περιβαλλοντικές συμφωνίες (π.χ. Πρωτόκολλο του Κιότο) όσο και ισχυρούς πολυμερείς περιβαλλοντικούς θεσμούς, καθώς και υπολογισμό των περιβαλλοντικών συνεπειών των εμπορικών και χρηματοοικονομικών συμφωνιών, ώστε να δημιουργηθούν επιπρόσθετα οφέλη στην ανθρώπινη υγεία, τη γεωργία και το περιβάλλον.

Παρατήρηση: Παρόλες τις αρνητικές επιπτώσεις που αναμένεται να δημιουργήσει η αποσταθεροποίηση του κλίματος, οι ερευνητές εκτιμούν ότι θα δημιουργηθούν και ορισμένες ευεργετικές συνθήκες για κάποιες περιοχές και κάποια επαγγέλματα. Περιοχές όπως η Αρκτική, η Ανταρκτική και η Σιβηρία πιθανώς να βιώσουν ανάπτυξη της τοπικής χλωρίδας και ηπιότερο κλίμα, καθώς επίσης, μπορεί να αποτραπεί από το να επέλθει η επόμενη παγετώδης περίοδος. Επιπλέον, θα απαιτείται χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας για την θέρμανση κρύων περιοχών, ενώ μεγαλύτερες περίοδοι βλάστησης μπορεί να σημαίνουν αύξηση της αγροτικής παραγωγής σε μερικές τοπικές περιοχές. (Πηγή: <http://geography.about.com/od/globalproblemsandissues/a/advantages.htm>)

1.2 ΠΡΟΣΩΜΕΙΩΣΗ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ

1.2.1. Κλιματικά πρότυπα προσομείωσης (models)

Τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται σήμερα για την προσομοίωση της κλιματικής αλλαγής είναι τα Συζευγμένα Ατμοσφαιρικά-Ωκεάνια Μοντέλα Γενικής Κυκλοφορίας (Coupled Atmospheric-Ocean General Circulation Models, AOGCMs). Πρόκειται για μοντέλα που βασίζονται στις βασικές φυσικές αρχές του γήινου συστήματος όπως οι βασικές εξισώσεις της μηχανικής των ρευστών και της διάδοσης της ακτινοβολίας. Τα AOGCMs χωρίζονται σε Ατμοσφαιρικά (AGCMs) και Ωκεάνια Μοντέλα Γενικής

Κυκλοφορίας (OGCMs) ενώ μπορεί να είναι και συζευγμένα μεταξύ τους (AOGCMs) καθώς και με άλλα μοντέλα όπως τα μοντέλα προσομοίωσης της παγοκάλυψης στην ξηρά και την θάλασσα, της βιόσφαιρας και άλλα (Denman et al. 2007).

Τα AOGCMs που χρησιμοποιούνται για τη μελέτη του κλίματος και της κλιματικής αλλαγής παρουσιάζουν ομοιότητες με τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται για την καιρική πρόγνωση λίγων ημερών. Η διαφορά είναι ότι τα μοντέλα πρόγνωσης του καιρού δίνουν έμφαση σε διαφορετικά στοιχεία αφού χρησιμοποιούνται με διαφορετικό σκοπό και σε διαφορετικές χρονικές κλίμακες. Συγκεκριμένα τα κλιματικά AOGCMs δίνουν μεγαλύτερη έμφαση στις διεργασίες του εδάφους, του ωκεανού και των παγετώνων καθώς και στην ισορροπία των διεργασιών μεγάλης χρονικής κλίμακας όπως ο υδρολογικός κύκλος.

Τονίζεται ότι η γνώση ορισμένων φυσικών διεργασιών είναι ακόμα περιορισμένη. Για το λόγο αυτό στις κλιματικές προσομοιώσεις χρησιμοποιούνται παραμετροποιήσεις και απλουστεύσεις ορισμένων φαινομένων. Η χωρική ανάλυση των AOGCMs στις μέρες μας, εξαιτίας των περιορισμένων υπολογιστικών δυνατοτήτων, είναι της τάξης των εκατοντάδων χιλιομέτρων (Mearns et al. 2001). Σε αυτή τη χωρική ανάλυση είναι δυνατόν να αναπαραχθούν ικανοποιητικά η γενική κυκλοφορία σε ολόκληρο τον πλανήτη καθώς και τα γενικά χαρακτηριστικά των διαφόρων κλιματικών παραμέτρων σε συνοπτική κλίμακα. Ωστόσο δεν είναι δυνατόν να προσομοιωθούν με ακρίβεια φαινόμενα που σχετίζονται με την επίδραση της τοπογραφίας σε τοπική και περιοχική κλίμακα.

Οι τεχνικές με τις οποίες εισάγεται η περιοχική πληροφορία στις κλιματικές προσομοιώσεις ονομάζονται τεχνικές υποβιβασμού κλίμακας (υποκλιμάκωσης) και χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: 1) Τα υψηλής ή μεταβλητής ανάλυσης παγκόσμια ατμοσφαιρικά μοντέλα γενικής κυκλοφορίας, 2) τις στατιστικές ή εμπειρικές μεθόδους υποκλιμάκωσης (Statistical/Empirical Downscaling) και 3) τη δυναμική υποκλιμάκωση. Η δυναμική υποκλιμάκωση βασίζεται στη χρήση των περιοχικών κλιματικών μοντέλων (Regional Climate Models, RCMs). Πρόκειται για μοντέλα περιορισμένου πεδίου και υψηλής ανάλυσης τα οποία βασίζονται στη δυναμική υποκλιμάκωση και αναπτύχθηκαν προκειμένου να εισαχθεί η περιοχική πληροφορία στα μεγάλης κλίμακας πεδία που παρέχονται από τα GCMs ή που προκύπτουν από επανα-ανάλυση (NCEP/ ERA-40) (Dickinson et al. 1989, Giorgi 1990). Για να λειτουργήσουν είναι απαραίτητο να τους παρέχονται αρχικές συνθήκες σε ολόκληρο το πεδίο τους, χρονομεταβαλλόμενες οριακές συνθήκες στα πλευρικά τους όρια και επιφανειακές οριακές συνθήκες. Οι πλευρικές οριακές συνθήκες προέρχονται από προσομοιώσεις με GCMs ή από ανάλυση παρατηρήσεων. Δέχονται επίσης, όπως και τα AOGCMs, δεδομένα εισόδου συγκέντρωσης αερίων

θερμοκηπίου και συγκέντρωσης αερολυμμάτων. Συνήθως αποτελούνται από ένα ατμοσφαιρικό μοντέλο συζευγμένο με ένα μοντέλο του εδάφους. Οι συνθήκες στην επιφάνεια του ωκεανού παρέχονται μαζί με τις χρονομεταβαλλόμενες πλευρικές οριακές συνθήκες, ωστόσο γίνονται απόπειρες να συζευχθούν και με ένα ωκεάνιο μοντέλο αντίστοιχης (υψηλής) χωρικής ανάλυσης. Επιπρόσθετα είναι δυνατό να συζευχθούν με μοντέλα της υδρολογίας, των πάγων της θάλασσας (sea-ice) της χημείας της ατμόσφαιρας/αερολυμμάτων και της βιόσφαιρας. Γενικά δεν αλληλεπιδρούν με το GCM που τους παρέχει τις πλευρικές οριακές συνθήκες. Λόγω των μικρών τους απαιτήσεων σε υπολογιστικούς πόρους μπορούν να πραγματοποιούν προσομοιώσεις διάρκειας μερικών δεκαετιών σε αρκετά υψηλή ανάλυση, μέχρι και κάτω από τα 10km. Με αυτό τον τρόπο πετυχαίνουν να υποκλιμακώσουν την πληροφορία από τα αποτελέσματα των GCMs που περιέχει την γενική κυκλοφορία η οποία οφείλεται στους μεγάλης κλίμακας παράγοντες (large-scale forcings) και να την εμπλουτίσουν χάρη (α) στην καλύτερη αναπαράσταση της τοπογραφίας (λόγω της υψηλότερης ανάλυσης) και (β) στην δυνατότητα αναπαράστασης διεργασιών μικρότερης κλίμακας οι οποίες δεν μπορούν να προσομοιωθούν στην κλίμακα των GCMs. Τα περιοχικά μοντέλα χρησιμοποιούνταν ήδη από παλιά στην αριθμητική πρόγνωση καιρού, βελτιώθηκαν από τους Dickinson et al. (1989) και Giorgi (1990) και έκτοτε χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές, από παλαιοκλιματολογικές μέχρι την μελέτη της ανθρωπογενούς κλιματικής αλλαγής.

Τα RCMs διαθέτουν πολλές υπορουτίνες για την προσομοίωση των φυσικών διεργασιών που είτε συμβαίνουν σε κλίμακα μικρότερη από την κλίμακα που μπορούν να αναλύσουν, όπως οι διεργασίες του ατμοσφαιρικού οριακού στρώματος, είτε ξεφεύγουν από την φυσική των εξισώσεων Navier-Stokes που αποτελούν τον βασικό πυρήνα τους, όπως οι υπορουτίνες της ακτινοβολίας, είτε και τα δυο. Όλες αυτές οι υπορουτίνες διαθέτουν μια σειρά από παραμέτρους τις οποίες ο χρήστης του μοντέλου μπορεί να μεταβάλλει ανάλογα με τη γεωγραφική περιοχή, το μέγεθος και την ανάλυση του πλέγματος. Πριν από τις κυρίως προσομοιώσεις του ο χρήστης πρέπει να πραγματοποιήσει μερικές δοκιμαστικές προσομοιώσεις προκειμένου να εξετάσει αν η επιλογή των παραμέτρων του μοντέλου οδηγεί σε αληθοφανή αποτελέσματα. Αυτές οι προσομοιώσεις πραγματοποιούνται με δεδομένα από επανανάληψη (reanalysis) ώστε στη συνέχεια τα αποτελέσματά να μπορούν να επαληθευτούν με δεδομένα παρατηρήσεων. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται ρύθμιση του μοντέλου (tuning).

Βασικό πλεονέκτημα των RCMs είναι ότι, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, περιγράφουν με μεγαλύτερη ακρίβεια τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας όπως την ορογραφία, την

κατανομή ξηράς και θάλασσας και την χρήση της γης, τα οποία δεν είναι δυνατό να παρασταθούν ακόμα στις προσομοιώσεις των GCMs επειδή οι διαστάσεις τους είναι μικρότερες από τις διαστάσεις του πλέγματος του GCM. Επιπρόσθετα η αυξημένη χωρική ανάλυση των RCMs επιτρέπει να αναλύονται φαινόμενα μικρότερης χωρικής κλίμακας που δεν αναλύονται από τα GCMs. Με αυτό τον τρόπο μπορούν να προσομοιώσουν τη λειτουργία μηχανισμών ανάδρασης που δρουν σε περιοχική κλίμακα. Το κυριότερο μειονέκτημά τους είναι ότι αν τα αποτελέσματα του GCM που παρέχει τις οριακές συνθήκες είναι εσφαλμένα το ίδιο θα ισχύσει και για τα αποτελέσματα του RCM. Αυτό το μειονέκτημα ισχύει για όλες τις τεχνικές υποκλιμάκωσης. Επίσης μειονέκτημα αποτελεί η έλλειψη της δυνατότητας αλληλεπίδρασης με το GCM. Η ανάγκη ρύθμισης τους, είναι ένα ακόμα μειονέκτημα διότι μπορεί να αποδειχτεί διαδικασία χρονοβόρα και επίπονη.

Θα πρέπει να τονιστεί ότι η εκτίμηση των κλιματικών συνθηκών που θα επικρατήσουν στο μέλλον σε ένα τόπο εμπεριέχει πολλούς παράγοντες αβεβαιότητας οι σημαντικότεροι από τους οποίους είναι: 1. Η επιλογή του σεναρίου εκπομπής θερμοκηπικών αερίων βάσει του οποίου γίνεται η προσομοίωση του μελλοντικού κλίματος, 2. Η επιλογή του GCM με το οποίο θα διεξαχθούν οι κλιματικές προσομοιώσεις, 3. Η επιλογή του RCM στην περίπτωση που χρησιμοποιείται μεθοδολογία δυναμικής υποκλιμάκωσης και 4. η επιλογή των αρχικών συνθηκών της κλιματικής προσομοίωσης του GCM δεδομένα του οποίου χρησιμοποιούνται ως δεδομένα εισόδου του RCM. Μια συνήθης πρακτική, που χρησιμοποιείται προκειμένου να μειωθούν οι αβεβαιότητες που οφείλονται στις διαφορετικές παραμετροποιήσεις και τους διαφορετικούς δυναμικούς κώδικες που χρησιμοποιούνται από τα διαφορετικά κλιματικά μοντέλα αλλά και στην αβεβαιότητα των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου στο μέλλον, είναι το να αναλύονται αποτελέσματα ενός συνόλου από προσομοιώσεις διαφορετικών κλιματικών μοντέλων και για διάφορα σενάρια εκπομπών (ensemble).

1.2.2. Σενάρια εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου

Στα πλαίσια της μελέτης των προβλεπόμενων ανθρωπογενών κλιματικών αλλαγών, βασικός παράγων των προσομοιώσεων του μελλοντικού κλίματος είναι η εξέλιξη των συγκεντρώσεων στην ατμόσφαιρα των αερίων του θερμοκηπίου GHG, (CO₂, CH₄, N₂O, PFCs, SF₆, HFCs, NO_x, CO, VOC, SO₂, BC, OC). Βεβαίως ο ρυθμός με τον οποίο θα εξελιχθούν στο μέλλον οι εκπομπές και κατά συνέπεια και οι συγκεντρώσεις των θερμοκηπικών αερίων στην ατμόσφαιρα δεν μπορεί να προσδιορισθεί επακριβώς. Για το σκοπό αυτό στα πλαίσια της τρίτης έκθεσης της διακυβερνητικής επιτροπής του Ο.Η.Ε για την κλιματική αλλαγή (IPCC) διαμορφώθηκαν από ειδική ομάδα επιστημόνων ένας μεγάλος

αριθμός σεναρίων (συνολικά 40 σενάρια) σχετικών με τη μελλοντική εξέλιξη των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου (emission scenarios) (Nakicenovic et al., 2000). Η διαμόρφωση των συγκεκριμένων σεναρίων στηρίχτηκε σε ορισμένους βασικούς άξονες που σχετίζονται με την εξέλιξη του παγκόσμιου πληθυσμού, τις πολιτικές που θα ακολουθηθούν γύρω από θέματα ενέργειας, το ρυθμό της οικονομικής ανάπτυξης, τη μελλοντική τεχνολογική ανάπτυξη καθώς και το κατά πόσο οι αποφάσεις γύρω από οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά ζητήματα λαμβάνονται σε τοπικό ή διεθνές επίπεδο. Βάσει της βαρύτητας του κάθε ενός από τους παράγοντες που αναφέραμε, τα διάφορα σενάρια εκπομπών ταξινομήθηκαν σε έξι ομάδες σεναρίων, η καθεμία των οποίων περιλαμβάνει παρόμοια σενάρια εκπομπών. Οι κατηγορίες αυτές είναι οι εξής: η οικογένεια σεναρίων A1 που χωρίζεται σε 3 υποκατηγορίες: τις A1F, A1B και A1T, η οικογένεια σεναρίων A2, η οικογένεια σεναρίων B1 και η οικογένεια σεναρίων B2. Στο Κέντρο Ερεύνης Φυσικής της Ατμόσφαιρας και Κλιματολογίας της Ακαδημίας Αθηνών (ΚΕΦΑΚ) έχουν αναπτυχθεί βάσεις δεδομένων και προσομοιώσεων μοντέλων με βάσει τα σενάρια εκπομπών A2, A1B, B2 και B1. Στον Πίνακα 1 αναφέρονται συνοπτικά τα χαρακτηριστικά των συγκεκριμένων σεναρίων.

Πίνακας 1.1: Σενάρια εκπομπών

ΣΕΝΑΡΙΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΕΝΑΡΙΟΥ
Σενάριο A2	Μέτρια αύξηση του μέσου παγκόσμιου κατά κεφαλήν εισοδήματος. Ιδιαίτερα έντονη κατανάλωση ενέργειας. Ραγδαία αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού. Αργή και τμηματική τεχνολογική ανάπτυξη και μέτριες έως μεγάλες αλλαγές στη χρήση γης. Ραγδαία αύξηση της συγκέντρωσης του CO ₂ στην ατμόσφαιρα η οποία θα φτάσει τα 850 ppm το 2100.
Σενάριο A1B	Ραγδαία οικονομική ανάπτυξη. Ιδιαίτερα έντονη κατανάλωση ενέργειας αλλά παράλληλα διάδοση νέων και αποδοτικών τεχνολογιών. Χρήση τόσο ορυκτών καυσίμων όσο και εναλλακτικών πηγών ενέργειας. Μικρές αλλαγές στη χρήση γης. Ραγδαία αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού μέχρι το έτος 2050 και σταδιακή μείωσή του στη συνέχεια. Έντονη αύξηση της συγκέντρωσης του CO ₂ στην ατμόσφαιρα η οποία θα φτάσει τα 720 ppm το 2100.
Σενάριο B2	Ανάπτυξη της παγκόσμιας οικονομίας με μέτριους ρυθμούς. Ηπιότερες τεχνολογικές αλλαγές σε σύγκριση με τα σενάρια εκπομπών A1 και B1. Ραγδαία αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού. Αύξηση της συγκέντρωσης του CO ₂ στην ατμόσφαιρα με μέτριους αλλά σταθερούς ρυθμούς η οποία θα φτάσει το 2100 τα 620 ppm .
Σενάριο B1	Μεγάλη αύξηση του παγκόσμιου κατά κεφαλήν εισοδήματος. Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Μείωση της χρήσης των συμβατικών πηγών ενέργειας και στροφή στη

χρήση τεχνολογιών που χρησιμοποιούν ανανεώσιμες ενεργειακές πηγές. Ραγδαία αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού μέχρι το έτος 2050 και σταδιακή μείωσή του στη συνέχεια. Αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂ στην ατμόσφαιρα με **ήπιους** σχετικά **ρυθμούς** ιδιαίτερα από το 2050 και μετά η οποία θα φτάσει το 2100 τα **550 ppm**.

1.2.3. Προγράμματα Prudence και Ensembles

Το Ευρωπαϊκό πρόγραμμα PRUDENCE (<http://prudence.dmi.dk/>) πραγματοποιήθηκε κατά την χρονική περίοδο 1η Νοεμβρίου 2001 - 31 Οκτωβρίου 2004, και είχε ως βασικό σκοπό τον προσδιορισμό των κινδύνων και των συνεπειών που θα προκαλέσουν οι κλιματικές αλλαγές εξαιτίας των ανθρωπογενών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην Ευρώπη. Η εκτίμηση αυτή βασίστηκε σε προσομοιώσεις του παρόντος και του μελλοντικού κλίματος που πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση κλιματικών προτύπων προσομοίωσης (Models) υπό διάφορα σενάρια εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου.

Προκειμένου η χωρική ανάλυση των εκτιμώμενων κλιματικών μεταβολών να είναι υψηλή χρησιμοποιήθηκαν μέθοδοι δυναμικής υποκλιμάκωσης. Πιο συγκεκριμένα τα ανά εξάωρο δεδομένα εξόδου των AOGCMs, HadAM3H, ECHAM4, ECHAM5 και Arpege, χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα εισόδου στις προσομοιώσεις που πραγματοποιήθηκαν από ένα σύνολο RCMs χωρικής ανάλυσης 0.5° x 0.5° που αναπτύχθηκαν για τις ανάγκες του προγράμματος. Η εκτίμηση του μελλοντικού κλίματος έγινε υπό τα σενάρια εκπομπών A2 και B2.

Το Ευρωπαϊκό πρόγραμμα ENSEMBLES (<http://ensemblesrt3.dmi.dk/>) πραγματοποιήθηκε κατά την χρονική περίοδο 1η Σεπτεμβρίου 2004 - 31 Δεκεμβρίου 2009 και μπορεί να θεωρηθεί συνέχεια του προγράμματος PRUDENCE. Στόχος του προγράμματος αυτού ήταν η δημιουργία ενός συστήματος προσομοίωσης που θα παρείχε εκτιμήσεις των μεταβολών που θα υποστεί το κλίμα της Ευρώπης καθώς και άλλων περιοχών του πλανήτη εξαιτίας των ανθρωπογενών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Στα πλαίσια του προγράμματος διερευνήθηκαν επίσης, οι επιπτώσεις των μεταβολών αυτών σε διάφορους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας, στην γεωργία, στην υγεία του πληθυσμού, στις λίμνες και τα ποτάμια, στη φυσική βλάστηση κ.α.

Οι προσομοιώσεις πραγματοποιήθηκαν από ένα σύνολο κλιματικών μοντέλων που περιλάμβανε τα πιο εξελιγμένα μέχρι σήμερα RCMs και AOGCMs. Στα πλαίσια μάλιστα του προγράμματος ελέγχθηκε η αξιοπιστία των μοντέλων και η ικανότητα τους να αναπαράγουν επιτυχώς το κλίμα των υπό μελέτη περιοχών κατά το παρόν. Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων καλύπτουν μεγάλο εύρος χωρικών (τοπική, περιοχή, πλανητική) και

χρονικών (εποχική, δεκαετία, μεγαλύτερη από δεκαετία) κλιμάκων. Η εκτίμηση του μελλοντικού κλίματος έγινε υπό το σενάριο A1B.

1.3 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ

1.3.1. Ο υδρολογικός κύκλος (Γαβαλλάς 2009)

Ο υδρολογικός κύκλος περιγράφει τη συνεχή κίνηση του νερού ανάμεσα στους ωκεανούς, τη θάλασσα και την ξηρά, που συνοδεύεται και από αλλαγές μεταξύ της υγρής, αέριας και στερεής φάσης του.

Έτσι λοιπόν ο ήλιος που κινεί τον κύκλο του νερού, θερμαίνει το νερό που εξατμίζεται από τη θάλασσα και την ξηρά (λίμνες, ποτάμια, έδαφος), ανεβαίνοντας κατακόρυφα, υπό μορφή υδρατμών στην ατμόσφαιρα, αλλά και κινούμενο οριζόντια υπό την επίδραση των ανέμων. Ακόμη μια λειτουργία που αποδίδει υδρατμούς στην ατμόσφαιρα είναι η διαπνοή από τα δέντρα και τη βλάστηση. Η εξάτμιση και διαπνοή από την ξηρά συχνά δε διακρίνονται κι έτσι μιλάμε για εξατμισοδιαπνοή. Μια μικρή ποσότητα υδρατμών στην ατμόσφαιρα προέρχεται από την εξάχνωση, μέσω της οποίας μόρια από πάγους και χιόνια μετατρέπονται απευθείας σε υδρατμούς χωρίς να περάσουν από την υγρή μορφή. Ανοδικά ρεύματα αέρα ανεβάζουν τους υδρατμούς στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, όπου οι μικρότερες πιέσεις που επικρατούν έχουν αποτέλεσμα τη μείωση της θερμοκρασίας. Επειδή όμως σε χαμηλή θερμοκρασία ο αέρας δεν μπορεί πια να συγκρατεί όλη τη μάζα των υδρατμών, ένα μέρος τους συμπυκνώνεται και σχηματίζει τα σύννεφα. Παράλληλα τα σταγονίδια νερού που σχηματίζουν τα σύννεφα συγκρούονται και μεγαλώνουν και τελικά πέφτουν απ' τον ουρανό ως κατακρημνίσματα, η συχνότερη μορφή των οποίων είναι η βροχή. Μια μορφή κατακρημνίσματος είναι το χιόνι, το οποίο όταν συσσωρεύεται σχηματίζει πάγους και παγετώνες. Σε σχετικά θερμότερα κλίματα, όταν έρχεται η άνοιξη, το χιόνι λιώνει και το νερό που ξεπαγώνει ρέει, σχηματίζοντας την απορροή από λιώσιμο του χιονιού. Η μεγαλύτερη ποσότητα κατακρημνισμάτων πέφτει απευθείας στους ωκεανούς. Από την ποσότητα που πέφτει στη στεριά, ένα σημαντικό μέρος καταλήγει και πάλι στους ωκεανούς ρέοντας υπό την επίδραση της βαρύτητας, ως επιφανειακή απορροή. Η μεγαλύτερη ποσότητα της επιφανειακής απορροής μεταφέρεται στους ωκεανούς από τα ποτάμια, με τη μορφή ροής σε υδατορεύματα. Η επιφανειακή απορροή μπορεί ακόμη να καταλήξει στις λίμνες, που αποτελούν, μαζί με τους ποταμούς, τις κυριότερες αποθήκες

γλυκού νερού. Ωστόσο, το νερό των κατακρημνισμάτων δεν ρέει αποκλειστικά μέσα στους ποταμούς. Κάποιες ποσότητες διαπερνούν το έδαφος με τη λειτουργία της διήθησης και σχηματίζουν το υπόγειο νερό. Μέρος του νερού αυτού μπορεί να ξαναβρεί το δρόμο του προς τα επιφανειακά υδάτινα σώματα (και τους ωκεανούς) ως εκφόρτιση υπόγειου νερού. Όταν βρίσκεται διόδους προς την επιφάνεια της γης εμφανίζεται με τη μορφή πηγών. Ένα άλλο μέρος του υπόγειου νερού πηγαίνει βαθύτερα και εμπλουτίζει τους υπόγειους υδροφορείς, οι οποίοι μπορούν να αποθηκεύσουν τεράστιες ποσότητες νερού για μεγάλα χρονικά διαστήματα.



Σχήμα 1.5: Σκαριφηματική απεικόνιση του υδρολογικού κύκλου (πηγή: <http://ga.water.usgs.gov/edu/watercyclegreek.html>)

1.3.2. Εξίσωση υδατικού ισοζυγίου

Η υλοποίηση μέτρων προστασίας και αξιοποίησης των υδατικών πόρων μιας περιοχής προϋποθέτει τη γνώση των ποσοτήτων νερού που διακινούνται, στα πλαίσια του υδρολογικού κύκλου, στη θεωρούμενη περιοχή. Αυτή ακριβώς η ποσότητα αποτελεί το σύνολο των διαθέσιμων υδατικών πόρων (Ναλμπάντης & Τσακίρης 2006). Θεωρούμε έναν όγκο νερού για τον οποίο η εξίσωση του υδατικού ισοζυγίου περιγράφει την προφανή συνέπεια της αρχής διατήρησης της μάζας, ότι δηλαδή το αλγεβρικό άθροισμα των διακινήσεων και των μεταβολών αποθήκευσης νερού στον όγκο αναφοράς είναι μηδέν, σε οποιαδήποτε χρονική διάρκεια. Συμβολικά η εξίσωση γράφεται:

$$\Delta\delta = I - O$$

όπου:

$\Delta\delta$ = η διαφορά της αποθήκευσης νερού στον όγκο αναφοράς στη συγκεκριμένη περίοδο,

I = οι συνολικές εισροές προς τον όγκο αναφοράς και

O = οι συνολικές εκροές από τον όγκο αναφοράς στην ίδια περίοδο.

Και οι τρεις όροι αναλύονται σε διάφορες συνιστώσες αλλά η ανάλυση εξαρτάται πάντα από το συγκεκριμένο όγκο αναφοράς (π.χ. λεκάνη απορροής, τμήμα λεκάνης, υπόγειος υδροφόρας, λίμνη, κλπ). Για τους υδροφόρους σχηματισμούς, οι οποίοι και μας ενδιαφέρουν στην παρούσα εργασία, το υδατικό ισοζύγιο περιγράφεται από τη σχέση:

$$\text{Εισροές} = \text{Εκροές} \pm \text{Μεταβολή Αποθεμάτων}$$

Οι εισροές νερού προέρχονται συνήθως: (α) από το νερό της βροχής που εγκαταλείπει την εδαφική ζώνη, (β) από τις διηθήσεις επιφανειακών απορροών και χειμάρρων (loosing streams), (γ) από τις διάφορες υπόγειες πλευρικές τροφοδοσίες από γειτονικούς υδροφόρους σχηματισμούς, (δ) από τις επιστρεφόμενες αρδευτικές ροές, (ε) από τον τεχνητό εμπλουτισμό, καθώς και (στ) από τις απώλειες δικτύων ύδρευσης αποχέτευσης και άρδευσης.

Οι εκροές, στις οποίες περιλαμβάνονται και οι απολήψεις νερού από υδροφόρους σχηματισμούς που υφίστανται οποιουδήποτε είδους εκμετάλλευση, λαμβάνουν χώρα: (α) είτε από διάφορα τεχνητά έργα όπως γεωτρήσεις, (β) είτε από φυσικά σημεία εξόδου όπως οι πηγές, η θάλασσα, τα ποτάμια και (γ) προς άλλους γειτονικούς υδροφόρους σχηματισμούς ανάλογα πάντοτε με τις εκάστοτε υδροδυναμικές και οριακές συνθήκες που επικρατούν.

Οι βασικές συνιστώσες του υδατικού ισοζυγίου στα περισσότερα υδρογεωλογικά περιβάλλοντα είναι η βροχόπτωση (P), η εξατμισοδιαπνοή (δυναμική: PE και πραγματική: AE), η επιφανειακή απορροή (RO) και η κατείσδυση (RCH). Εξέχουσας επίσης σημασίας, ανάλογα με το υδρογεωλογικό περιβάλλον, είναι συνιστώσες όπως οι πλευρικές τροφοδοσίες, οι παροχές πηγών και χειμάρρων καθώς και οι απολήψεις νερού για διάφορες χρήσεις όπως άρδευση, ύδρευση, βιομηχανική χρήση, κλπ.

Οι παραπάνω συνιστώσες ρυθμίζονται από αρκετούς παράγοντες όπως τα κλιματικά, γεωλογικά, εδαφικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής, η κάλυψη και χρήση γης, ανθρωπογενείς παράγοντες κ.α.

Στην απλούστερη μορφή του το υδατικό ισοζύγιο (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 1999) σε ετήσια βάση περιγράφεται από την εξίσωση:

$$P = AE + RO + RCH$$

όπου:

P : είναι το ύψος της ετήσιας βροχόπτωσης (mm)

AE: η ετήσια πραγματική εξατμισοδιαπνοή (mm)

RO: το νερό της βροχής που απορρέει στο υδρογραφικό δίκτυο (mm)

RCH: το νερό που κατεισδύει (mm)

Από τους τέσσερις αυτούς όρους μπορεί να μετρηθεί σχετικά εύκολα, ο όρος P και κάπως δυσκολότερα ο όρος RO. Κατά συνέπεια, υπάρχουν, στην καλύτερη περίπτωση (δηλαδή όταν είναι γνωστά τα P και RO), δύο άγνωστοι (RCH, AE), οι οποίοι προφανώς δεν μπορούν να υπολογιστούν από μια εξίσωση.

Έτσι για τον υπολογισμό τους θα πρέπει να καταφύγουμε στην χρήση μοντέλων προσομοίωσης των υδρολογικών διεργασιών, όπως είναι π.χ. το απλό μοντέλο υδατικού ισοζυγίου του Thornthwaite.

ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΗ

Ο όρος κατακρημνίσματα χρησιμοποιείται για να περιγράψει την πτώση του νερού από τα σύννεφα, με τη μορφή βροχής, χιονιού, δρόσου, ομίχλης ή χαλαζιού και αποτελεί τον κύριο τρόπο με τον οποίο το νερό της ατμόσφαιρας επιστρέφει στην επιφάνεια της Γης. Η συχνότερη μορφή κατακρημνισμάτων είναι η βροχή, η οποία και συνιστά τη μοναδική εισροή στον όγκο αναφοράς που εξετάζεται. Οι βροχοπτώσεις ενδιαφέρουν περισσότερο, γιατί και συνηθέστερες είναι και ποσοτικά υπερέχουν κατά πολύ από των άλλων μορφών κατακρημνισμάτων, αλλά δημιουργούν και τα σημαντικότερα φαινόμενα επιφανειακής απορροής (Τσακίρης 1995).

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τις βροχοπτώσεις είναι:

- το γεωγραφικό πλάτος
- η απόσταση της περιοχής από τη θάλασσα
- η μέση ετήσια θερμοκρασία
- η διεύθυνση του αέρα
- η μορφολογία του ανάγλυφου
- η υγρασία του εδάφους και του αέρα και
- η πυκνότητα της βλάστησης

Η ποσότητα των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που δέχεται μια περιοχή μετράται με το κατακόρυφο ύψος που θα έφτανε το νερό της βροχής στο τόπο αν δεν συνέβαιναν απώλειες λόγω απορροής, διήθησης, εξάτμισης και διαπνοής. Το ύψος αυτό λέγεται ύψος βροχής και μετριέται σε χιλιοστά του μέτρου, από ειδικά όργανα, τα βροχόμετρα. Τα

βροχόμετρα είναι όργανα που μετρούν τη βροχή και γενικότερα τα υδάτινα κατακρημνίσματα. (Τσόγκας 1999).

Ο υπολογισμός των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων μπορεί να πραγματοποιηθεί με τέσσερις μεθόδους. Θα πρέπει να υπάρχει σε μια περιοχή ένα σχετικό, πυκνό δίκτυο βροχομετρικών σταθμών που να καλύπτουν και υψομετρικά την περιοχή και να συλλέγουν μετρήσεις για μακράν χρονική περίοδο. (Τσόγκας 1999).

Υπολογισμός των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων με τη μέθοδο των πολυγώνων Thiessen

Σύμφωνα με την μέθοδο αυτή γίνεται η παραδοχή ότι, η τιμή του ύψους βροχής κάθε βροχομετρικού σταθμού ισχύει μέχρι το μέσο της απόστασης μεταξύ δυο γειτονικών σταθμών. Επίσης, λαμβάνονται υπόψη τα όρια της περιοχής μελέτης που εξετάζεται. Τα βήματα που ακολουθούνται σε αυτήν την μεθοδολογία εκτίμησης των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων είναι τα εξής:

- ι) Στην αρχή οι βροχομετρικοί σταθμοί της περιοχής τοποθετούνται σε έναν τοπογραφικό χάρτη και ενώνονται μεταξύ τους με ευθείες γραμμές. Το αποτέλεσμα είναι να δημιουργηθούν τρίγωνα σε ολόκληρη την περιοχή.
- ii) Η δεύτερη ενέργεια είναι η χάραξη των μεσοκαθέτων όλων των πλευρών των τριγώνων. Το αποτέλεσμα είναι να οριστεί ένα πολύγωνο για κάθε σταθμό. Η επιφάνεια του κάθε πολυγώνου την υπολογίζεται με εμβαδομέτρηση.
- iii) Προχωρώντας, σε αυτήν μεθοδολογία πρέπει να υποθέσουμε ότι η έκταση του κάθε πολυγώνου σε κάθε σημείο του δέχεται τόση βροχή όση και ο βροχομετρικός σταθμός που βρίσκεται μέσα σε αυτό. Έτσι, πολλαπλασιάζοντας το μέσο ύψος βροχής του βροχομετρικού σταθμού με την έκταση του πολυγώνου βρίσκεται τον συνολικό όγκο νερού που αντιστοιχεί σε κάθε πολύγωνο.
- iv) Η πρόσθεση όλων αυτών των γινομένων δίνει τον συνολικό όγκο νερού για όλη την λεκάνη.

Η μέθοδος των πολυγώνων Thiessen χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που σημειώνονται σε μια λεκάνη απορροής που έχει μικρό αριθμό βροχομετρικών σταθμών, η κατανομή τους είναι ανομοιόμορφη μέσα στην λεκάνη απορροής και τέλος περιβάλλεται από ένα ανάγλυφο, το οποίο δεν είναι έντονο. Βασικό μειονέκτημα της είναι ότι σε περιπτώσεις αφαίρεσης ή πρόσθεσης ενός σταθμού πρέπει να γίνει αλλαγή του συστήματος των πολυγώνων. Επιπλέον, σε αυτή την μέθοδο οι

τοπογραφικές ανωμαλίες που παρουσιάζονται στο ανάγλυφο και που συχνά είναι αιτία διαφοροποίησης της βροχόπτωσης, δεν λαμβάνονται υπόψη. (Καρύμπαλης 2004).

Εκτίμηση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων με την μέθοδο του μέσου υψομέτρου της λεκάνης

Η μέθοδος αυτή είναι πάρα πολύ απλή, γιατί αυτό που χρειάζεται για τον υπολογισμό του συνολικού όγκου του νερού είναι η εκτίμηση του μέσου υψομέτρου της λεκάνης H_v και της βροχοβαθμίδας α . Με τον όρο **βροχοβαθμίδα** ονομάζεται η μεταβολή των βροχοπτώσεων σε σχέση με το υψόμετρο. Γνωρίζοντας το μέσο υψόμετρο H_v , τοποθετώντας όπου $\chi = H_v$ στην εξίσωση $\psi = \alpha \times \chi + \beta$ που συνδέει το υψόμετρο μιας περιοχής με το ύψος βροχής που δέχεται, υπολογίζεται το ψ που αντιστοιχεί στο ύψος βροχής. Στην συνέχεια από τον τύπο $P = E \times h$.

E = έκταση λεκάνης

$h = \psi$ = ύψος βροχής, βρίσκουμε τον συνολικό όγκο βροχής της λεκάνης.

Χάραξη των ισοϋετιών καμπυλών.

Με την μέθοδο αυτή αρχικά σχεδιάζονται οι ισοϋέτιες καμπύλες της περιοχής με στοιχεία που έχουν ληφθεί από διάφορους μετεωρολογικούς σταθμούς στην εκάστοτε περιοχή. Οι ισοϋέτιες καμπύλες σχεδιάζονται σε ισοϋετείς χάρτες, και είναι καμπύλες όπου σε κάθε σημείο της οποίας η βροχόπτωση έχει την ίδια τιμή. (Τσόγκας 1999). Εν συνεχεία υπολογίζεται το εμβαδόν που περικλείεται μεταξύ δυο διαδοχικών ισοϋετιών καμπυλών και το αποτέλεσμα πολλαπλασιάζεται με το ημιάθροισμα των τιμών των καμπυλών. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται για κάθε ζεύγος καμπυλών και όλα τα αποτελέσματα-γινόμενα, προστίθενται. Το αποτέλεσμα της πρόσθεσης δίνει τον συνολικό όγκο νερού που πέφτει σε μια λεκάνη απορροής. Το μέσο ύψος βροχής της λεκάνης υπολογίζεται από την διαίρεση του συνολικού όγκου που καταλαμβάνει η λεκάνη με την έκταση της.

Ο τύπος του μέσου ύψους βροχής είναι: $H_\mu = \Sigma h^*E / E_{ολ}$, όπου:

H_μ = το μέσο ύψος βροχής

h = ο αριθμητικός μέσος βροχής σε δυο διαδοχικές καμπύλες

E = το εμβαδόν της λεκάνης ανάμεσα σε δυο διαδοχικές καμπύλες

$E_{ολ}$ = το ολικό εμβαδόν της λεκάνης

ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ (ΡΕ, ΑΕ)

Με τον όρο εξατμισοδιαπνοή ορίζονται οι σύνθετες διαδικασίες εξάτμισης του νερού από τις υγρές περιοχές και της διαπνοής από τα φυτά, δηλαδή τη μεταφορά του νερού από την επιφάνεια στην ατμόσφαιρα και από την υγρή φάση στην αέρια. Οι παράγοντες που επηρεάζουν το φαινόμενο της εξατμισοδιαπνοής είναι η θερμοκρασία του εδάφους και του αέρα, η εδαφική και η ατμοσφαιρική υγρασία (και πίεση), η ηλιοφάνεια, η ταχύτητα του ανέμου, οι βροχοπτώσεις (ένταση, διάρκεια), η βλάστηση (είδος και χαρακτηριστικά της) και η τοπογραφία της περιοχής.

Η ποσότητα της εξατμισοδιαπνοής που πραγματοποιείται από εδαφικές επιφάνειες, που είναι πλήρως και ομοιόμορφα καλυμμένες από αναπτυσσόμενη χλωρίδα, κάτω από συνθήκες απεριόριστης διαθεσιμότητας νερού (σε αντιστοιχία, δηλαδή, με την εξάτμιση υδάτινων επιφανειών), ονομάζεται δυνητική εξατμισοδιαπνοή (potential evapotranspiration) ΡΕ, ενώ οι πραγματικές απώλειες νερού από την επιφάνεια του εδάφους με τους μηχανισμούς της εξάτμισης και της διαπνοής κάτω από υφιστάμενες συνθήκες κλίματος, φυτοκάλυψης και εδαφικής υγρασίας ονομάζεται πραγματική εξατμισοδιαπνοή ΑΕ. Προφανώς η πραγματική εξατμισοδιαπνοή είναι πάντα μικρότερη ή το πολύ ίση με την δυνητική εξατμισοδιαπνοή.

Ειδικότερα, σε εδαφικές εκτάσεις, στις εκροές υπεισέρχεται πάντα η πραγματική εξατμισοδιαπνοή και όχι η δυνητική. Αυτή στην πράξη μπορεί να εκτιμηθεί με αξιόπιστο τρόπο μόνο από την εξίσωση υδατικού ισοζυγίου, με την προϋπόθεση ότι υπάρχουν αξιόπιστα δεδομένα για τις υπόλοιπες συνιστώσες του ισοζυγίου. Αυτή η προϋπόθεση όμως, μόνο σε ειδικές περιπτώσεις εκπληρώνεται, γι' αυτό και όταν δεν εκπληρώνεται, επιστρατεύονται διάφορα μαθηματικά μοντέλα του υδρολογικού κύκλου, απλά ή σύνθετα ή χρησιμοποιούνται απλές εμπειρικές σχέσεις.

Η εξατμισοδιαπνοή, δυνητική ή πραγματική, εξαρτάται, όπως είπαμε, από το είδος της φυτοκάλυψης και τα χαρακτηριστικά της (ύψος, φύλλωμα, στάδιο ανάπτυξης, κ.ά.). Για λόγους τυποποίησης των υπολογισμών έχει εισαχθεί η έννοια της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς (reference crop evapotranspiration), η οποία ορίζεται ως ο ρυθμός εξάτμισης (mm/d) από μια επιφάνεια γρασιδιού ύψους 0.12 m, αντανakλαστικότητας (albedo) 0.23, επιφανειακής αντίστασης 69 s/m και απεριόριστης διαθεσιμότητας εδαφικού νερού (Γαβαλλάς 2009).

Εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής με μεθόδους συνδυασμού

Ονομάζονται έτσι γιατί βασίζονται στο συνδυασμό του ενεργειακού ισοζυγίου και της αεροδυναμικής μεταφοράς των υδρατμών.

Ο **Penman** (1948), ήταν ο πρώτος που έκανε εφικτή την εκτίμηση της εξάτμισης από μετρήσεις θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας και ταχύτητας ανέμου σε μία μόνο στάθμη της ατμόσφαιρας, μέσα από το συνδυασμό των δύο γνωστών τρόπων εκτίμησής της (εξίσωση μεταφοράς και εξίσωση ενεργειακού ισοζυγίου). Ως τότε η εκτίμηση της εξάτμισης προϋπέθετε τη μέτρηση όλων αυτών των παραγόντων σε δύο επίπεδα (επιφάνεια και ατμόσφαιρα). Η εξίσωση **Penman** κανονικά εφαρμόζεται για την εκτίμηση της εξάτμισης από υδάτινη επιφάνεια. Μια βασική παραδοχή για την ανάπτυξή της, η οποία ευσταθεί για υδάτινη επιφάνεια, είναι ότι οι υδρατμοί κοντά στην επιφάνεια είναι κορεσμένοι. Η παραδοχή αυτή δεν ευσταθεί στην περίπτωση της διαπνοής, όπου οι υδρατμοί δεν είναι κορεσμένοι στην επιφάνεια των φύλλων. Παρόλη την αδυναμία της αυτή, η μέθοδος **Penman** έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως και για την εκτίμηση της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής από εδαφικές επιφάνειες (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος 1999).

Η εξίσωση του Penman είναι:

$$E' = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \cdot \frac{R_n}{\lambda} + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} \cdot F(u) \cdot D$$

όπου:

Δ : η κλίση της καμπύλης κορεσμού υδρατμών

R_n : η ολική καθαρή ενέργεια ακτινοβολίας

γ : ψυχομετρικός συντελεστής

λ : λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης

D : το έλλειμμα κορεσμού στην ατμόσφαιρα και είναι ίσο με: $D = e^* - Ta^* (1 - U)$

$F(u)$: η συνάρτηση ανέμου και υπολογίζεται από τη σχέση: $F(u) = 0,13 + 0,14u$.

Για να αντιμετωπίσει την παραπάνω αδυναμία της μεθόδου **Penman**, ο **Monteith** (1965) αναδιατύπωσε τη μέθοδο εισάγοντας την επιφανειακή αντίσταση των στομάτων (γ_5) των φυλλωμάτων στην εξάτμιση. Προέκυψε έτσι η αποκαλούμενη μέθοδος **Penman - Monteith**, η οποία είναι κατάλληλη για την εκτίμηση της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής των φυτών και ειδικότερα της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας αναφοράς. Η ίδια μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την εκτίμηση της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής, με τη διαφορά ότι δεν αρκούν πλέον τα τυπικά για τη μέθοδο Penman μετεωρολογικά δεδομένα αλλά χρειάζονται και μετρήσεις της επιφανειακής αντίστασης των φυλλωμάτων. Η χρήση της

μεθόδου **Penman – Monteith** τείνει να γενικευτεί τα τελευταία χρόνια σε εκτιμήσεις εξατμισοδιαπνοής, λόγω της ακριβέστερης περιγραφής του φαινομένου (Κουτσογιάννης & Ξανθόπουλος 1999).

Ο **Monteith** κατέληξε λοιπόν στην ακόλουθη τροποποιημένη σχέση **Penman**, γνωστή ως εξίσωση **Penman - Monteith**:

$$E' = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma'} \cdot \frac{R_n}{\lambda} + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma'} \cdot F(u) \cdot D$$

όπου $\gamma' = \gamma(1 + r_s/r_a)$ και $F(u) = \varepsilon \cdot r_a / p \cdot r_a$

Το 1977 οι **Doorenbos and Pruitt** πρότειναν ελαφρές τροποποιήσεις της μεθόδου **Penman**, για να την κάνουν κατάλληλη για την εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας αναφοράς. Η μέθοδος αυτή συνοψίζεται στην εξίσωση:

$$E' = c \left[\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \cdot \frac{R_n}{\lambda} + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} \cdot F(u) \cdot D \right]$$

Παρατηρούμε ότι μια τροποποίηση στη μέθοδο αυτή είναι η εισαγωγή του συντελεστή αναγωγής c , ο οποίος λαμβάνει υπόψη τις διαφορές των μετεωρολογικών συνθηκών που επικρατούν σε ένα τόπο μεταξύ ημέρας και νύχτας. Μια δεύτερη τροποποίηση αφορά στη συνάρτηση ανέμου, η οποία εδώ είναι:

$$F(u) = 0.27 \cdot (1 + 0.86u)$$

Από τη δεκαετία του 1970 μέχρι πρόσφατα η μέθοδος **Doorenbos and Pruitt** αποτέλεσε το διεθνές πρότυπο, γνωστό και ως πρότυπο F.A.O (Food and Agriculture Organization), εκτίμησης των υδατικών αναγκών των καλλιεργειών. Ως αποτέλεσμα όλων των τροποποιήσεων της μεθόδου **Penman**, η μέθοδος **Doorenbos and Pruitt** παρουσιάζει την τάση υπερεκτίμησης της εξατμισοδιαπνοής (Κουτσογιάννης & Ξανθόπουλος 1999).

Η υπολογιστική πολυπλοκότητα των παραπάνω μεθόδων οδήγησε πολλούς ερευνητές στην αναζήτηση απλοποιήσεών της, χρησιμοποιώντας κατά το δυνατό λιγότερα δεδομένα πρωτογενών μετρήσεων. Μια αρκετά διαδεδομένη, εύχρηστη και ικανοποιητικά ακριβής απλοποίηση είναι αυτή των Priestley and Taylor (1972) που περιγράφεται από την εξίσωση:

$$E' = \alpha_e \cdot \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \cdot \frac{R_n}{\lambda}$$

όπου, α_e αριθμητική σταθερά (λαμβάνεται ίση με 1.3).

Παρατηρούμε ότι η εξίσωση Priestley - Taylor χρησιμοποιεί μόνο τον ενεργειακό όρο της εξίσωσης Penman, τον οποίο επαυξάνει κατά 30%, παραλείποντας τελείως τον όρο

μεταφοράς. Κατά συνέπεια για την εφαρμογή της δε χρειάζεται να είναι γνωστή η ταχύτητα ανέμου και τα παρεπόμενα μεγέθη (τραχύτητα, επιφανειακή αντίσταση κλπ.). Η μέθοδος έχει προταθεί ως εφαρμόσιμη τόσο για την εξάτμιση από υδάτινες επιφάνειες όσο και για τη δυνητική εξατμισοδιαπνοή εδαφών (Κουτσογιάννης & Ξανθόπουλος 1999).

Εμπειρικές μέθοδοι εκτίμησης της εξατμισοδιαπνοής

Μια άλλη κατηγορία απλοποιημένων μεθόδων προέκυψε με καθαρά εμπειρικές θεωρήσεις, χωρίς τη θεωρητική βάση των μεθόδων συνδυασμού, που περιγράφηκαν παραπάνω, οι οποίες απαιτούν πολύπλοκους υπολογισμούς και πολλά δεδομένα εισόδου. Αρκετές από αυτές βασίζονται στη θερμοκρασία και μόνο, ενώ άλλες είναι πιο σύνθετες. Περιγράφονται οι πιο διαδεδομένες:

Μέθοδος Blaney - Criddle

Στην αρχική της μορφή (Blaney & Criddle 1950) εκτιμά τη μηνιαία δυνητική εξατμισοδιαπνοή μιας καλλιέργειας με βάση την ακόλουθη απλή σχέση, η οποία έχει μοναδικό μετεωρολογικό δεδομένο εισόδου τη θερμοκρασία:

$$E_p = 0,254 \times K_c \times \rho(32 + 1,8T_a)$$

όπου:

ET η δυνητική εξατμισοδιαπνοή σε mm/μήνα

Kc: συντελεστής καταναλωτικής χρήσης (φυτικός συντελεστής)

T_a: θερμοκρασία σε °C

ρ = ποσοστό (%) των ωρών ημέρας του συγκεκριμένου μήνα σε σχέση με το σύνολο των ωρών ημέρας του έτους.

Η μέθοδος αυτή έχει χρησιμοποιηθεί ευρύτατα σε πολλές χώρες και ειδικότερα στην Ελλάδα για την εκτίμηση των αρδευτικών αναγκών.

Μέθοδος Thornthwaite

Η εμπειρική μέθοδος του Thornthwaite έχει χρησιμοποιηθεί στην πράξη περισσότερο από κάθε άλλη, διεθνώς αλλά και στην Ελλάδα, λόγω των μικρών απαιτήσεών της σε δεδομένα εισόδου (μόνο μέση θερμοκρασία) αλλά και της παλαιότητας της (1948). Βασίζεται στην εξίσωση:

$$ET = 16 \times (10 \times T_a/I)^a \times (\mu \times N/360)$$

όπου:

ET : η δυνητική εξατμισοδιαπνοή σε mm/μήνα

T_a : η μέση θερμοκρασία του μήνα σε °C

μ : ο αριθμός των ημερών του μήνα

N : η μέση αστρονομική διάρκεια ημέρας

I: εμπειρικός συντελεστής που ονομάζεται ετήσιος θερμικός δείκτης

a : άλλος εμπειρικός συντελεστής, συνάρτηση του I.

Οι δύο εμπειρικοί συντελεστές υπολογίζονται με βάση τις μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες των 12 μηνών του έτους (που συμβολίζονται με το δείκτη $j=1,2,\dots,12$), από τις εξισώσεις:

$$I = \sum_{j=1}^{12} i_j$$

$$i_j = 0.09 \times T_{a_j}^{3/2}$$

$$a = 0.016 \times I + 0.5$$

Οι δύο τελευταίες εξισώσεις, γνωστές ως εξισώσεις του Serra, αποτελούν απλοποιήσεις των αρχικών εξισώσεων του Thornthwaite.

Μέθοδος Turc

Επινοήθηκε από τον Turc το 1951 και προσδιορίζει την μέση ετήσια πραγματική εξατμισοδιαπνοή (σε mm) με την απλή σχέση που ακολουθεί:

$$E = \frac{P}{\sqrt{0.90 + \left(\frac{P}{L}\right)^2}}$$

$L = 300 + 25 \times T + 0.05 \times T^3$ σε mm και T η μέση ετήσια θερμοκρασία του αέρα (σε °C).

Μέθοδος Hargreaves

Είναι μια σχετικά πρόσφατη εμπειρική μέθοδος εκτίμησης της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας αναφοράς, που απαιτεί μόνο θερμοκρασιακά δεδομένα εισόδου και βασίζεται στην απλή εξίσωση:

$$E_{rc} = 0.0023 \times (S_0 / \lambda) \times (T_a + 17.8) \times (T_{\max} - T_{\min})^{0.5}$$

όπου:

E_{rc} : η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας αναφοράς σε mm/d

S_0 : η εξωγήινη ακτινοβολία σε kJ / (m²d)

λ : η λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης σε kJ/Kg

T_a : η μέση μηνιαία θερμοκρασία του αέρα σε °C

$T_{\max} - T_{\min}$: η διαφορά της μέγιστης και της ελάχιστης θερμοκρασίας σε °C

Η μέθοδος αυτή φαίνεται ότι δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα με σφάλμα της τάξης του 10 - 15% ή του 1 mm/d (το μεγαλύτερο από τα 2) και συστήνεται ως μια ανεκτή προσέγγιση για την περίπτωση που τα μόνα διαθέσιμα μετεωρολογικά δεδομένα είναι τα θερμοκρασιακά (Shuttleworth 1993).

Η σχετικότητα και η ακρίβεια μιας συγκεκριμένης μεθόδου εξαρτάται από τις συνθήκες χρησιμοποίησής της. Είναι προφανές ότι δεν υπάρχει μέθοδος που να παρουσιάζει μόνο πλεονεκτήματα για όλες τις εφαρμογές. Γι' αυτό η επιλογή της κάθε μεθόδου πρέπει να γίνεται προσεκτικά για την κάθε περίπτωση λαμβάνοντας πάντα υπόψη το υπόβαθρό της, τους περιορισμούς, τις προϋποθέσεις υπό τις οποίες ισχύει και τις απαιτήσεις που έχει για τη χρησιμοποίησή της (Τσακίρης 1995).

ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗ (RCH)

Το νερό της βροχής που κατέρχεται στο έδαφος (περίσσεια βροχόπτωσης), εφόσον αυτό δεν έχει κορεστεί, αποθηκεύεται σε κάποια ποσότητα ως εδαφική υγρασία (Κουτσογιάννης & Ξανθόπουλος 1999). Όταν το έδαφος κορεστεί, η ποσότητα που δεν μπορεί πλέον να αποθηκευτεί, απορρέει επιφανειακά. Το υπόλοιπο νερό από αυτό που εξατμίζεται ως εδαφική εξατμισοδιαπνοή και αποθηκεύεται ως εδαφική υγρασία, κατείσδυει για να εμπλουτίσει τους υπόγειους υδροφόρους σχηματισμούς. Κατείσδυση (infiltration), είναι λοιπόν η κατακόρυφη μεταφορά νερού από τα ανώτερα (ακόρεστη ζώνη) προς τα κατώτερα (κορεσμένη ζώνη) στρώματα του εδάφους.



Σχήμα 1.6.: Σχηματική αναπαράσταση κατείσδυσης (πηγή: Γαβαλλάς 2009)

Το μέγεθος αυτό είναι αρκετά δύσκολο να υπολογιστεί για μεγάλες λεκάνες απορροής γιατί στον υπολογισμό του υπεισέρχονται αρκετοί παράγοντες όπως το κλίμα, η βλάστηση, η μορφολογία, η λιθολογία κλπ και επιπλέον χρειάζονται μακροχρόνια και λεπτομερή δεδομένα και μετρήσεις. Έτσι συνήθως, μόνο εκτιμήσεις ή προσεγγίσεις μπορούν να γίνουν. Ο υπολογισμός της κατακόρυφης τροφοδοσίας των ελεύθερων υδροφόρων σχηματισμών έχει κατά καιρούς προσελκύσει το ενδιαφέρον πολλών ερευνητών. Στη διεθνή βιβλιογραφία απαντά μια πληθώρα μεθόδων εκτίμησης της κατείδουσης. Οι Lerner et al. (1990) ταξινομήσαν τις μεθόδους που συνήθως εφαρμόζονται, στις παρακάτω ενότητες:

- Άμεσες μετρήσεις σε περιοχές με έκταση μέχρι 100 m^2 . Η μέθοδος αυτή αναφέρεται στα λυσίμετρα.
- Εμπειρικές μέθοδοι της μορφής $RCH = f(P)$, που υπολογίζουν την κατακόρυφη τροφοδοσία (KOH) ως συνάρτηση της βροχόπτωσης (P). Η συνάρτηση αυτή μπορεί να είναι γραμμική ή μη γραμμική και να περιλαμβάνει εύκολα μετρήσιμες μεταβλητές όπως την έκταση της λεκάνης κλπ. Στην κατηγορία αυτή των εμπειρικών μεθόδων εντάσσεται και η μέθοδος του Turc (1954).
- Μέθοδοι υδατικού ισοζυγίου: εφαρμόζονται είτε σε μικρή είτε σε μεγάλη κλίμακα. Στην πρώτη περίπτωση πρόκειται συνήθως για υδατικά ισοζύγια εδαφικών κατατομών.
- Προσεγγίσεις μεθόδου Darcy: Βασίζονται σε εξισώσεις της ακόρεστης ροής πάνω από την ελεύθερη επιφάνεια του υπογείου νερού στις οποίες εισάγονται μετρήσεις εδαφικής υγρασίας ή υδραυλικού φορτίου ακόρεστης ζώνης και επιλύονται ακόμα και με αριθμητικά μοντέλα.
- Με χρήση ιχνηθετών, όπως το τρίτιο και το χλώριο που ακολουθούν την κίνηση του νερού στην εδαφική κατατομή.

Σε πρακτικές εφαρμογές και σε συγκεκριμένες υδρολογικές λεκάνες η κατείδουση συνήθως υπολογίζεται ως συνιστώσα του υδατικού ισοζυγίου είτε με απλές εμπειρικές μεθόδους ή με πιο πολύπλοκες, όπως αυτή των Thornthwaite - Mather (1955).

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΑΠΟΡΡΟΗ (Runoff-RO)

Με τον όρο επιφανειακή απορροή εννοείται το μέρος του νερού που ρέει υπό την επίδραση της βαρύτητας κατά μήκος των φυσικών υδατορευμάτων. Από το νερό της βροχής που πέφτει στο έδαφος, ένα μέρος του εξατμίζεται άμεσα, ένα άλλο διηθείται μέσα στο

έδαφος και το υπόλοιπο ρέει επιφανειακά. Αν δηλαδή η ένταση της βροχής ξεπεράσει τη διηθητική ικανότητα του εδάφους, ξεκινά η επίγεια ροή.

Η απορροή μπορεί να εμφανιστεί σε τέσσερις μορφές. Έτσι έχουμε:

- την άμεση απορροή, που οφείλεται στην ύπαρξη διαπερατών σχηματισμών, μέσω των οποίων ποσοστό της βροχής μετατρέπεται άμεσα σε απορροή
- την επίγεια ροή, που είναι μια ταχεία απόκριση που οφείλεται στον κορεσμό του εδάφους
- την υποδερμική ροή, που είναι μια αργή απόκριση που οφείλεται στην πλευρική (οριζόντια) κίνηση του νερού που εισχωρεί στο έδαφος
- τη βασική ροή, δηλαδή την απόκριση των κατώτερων εδαφικών στρωμάτων (υδροφορείς), μέσω πηγών.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την επιφανειακή απορροή είναι η ένταση των βροχοπτώσεων, η κατανομή των βροχοπτώσεων μέσα στο έτος, η διάρκεια και ο όγκος των βροχοπτώσεων, η θερμοκρασία, οι άνεμοι, το κλίμα, η κλίση της επιφάνειας του εδάφους, η πυκνότητα της βλάστησης και η σύσταση και λιθολογία του εδάφους. (Γαβαλλάς 2009).

Η πιο διαδεδομένη διαδικασία μέτρησης της επιφανειακής απορροής είναι η συνεχής ή συχνή μέτρηση της παροχής ενός υδρορρεύματος, κατά την έξοδό του από την λεκάνη απορροής, ή σε συγκεκριμένα σημεία της διαδρομής του, με γνωστή διατομή. Εάν A είναι η επιφάνεια της διατομής του υδρορρεύματος και v η μέση ταχύτητα ροής του νερού στη συγκεκριμένη διατομή, τότε η παροχή Q του υδρορρεύματος δίνεται από τη σχέση:

$$Q = A \times v \text{ (L}^3/\text{T)}$$

όπου, η ταχύτητα v μπορεί να μετρηθεί με τη βοήθεια του μολίσκου.

Ταυτόχρονα με την μέτρηση της παροχής είναι δυνατόν να μετριέται και η στάθμη του νερού μέσα στη διευθετημένη κοίτη του υδρορρεύματος. Με αυτές τις μετρήσεις μπορεί να κατασκευαστεί το διάγραμμα μεταβολής της στάθμης συναρτήσει του χρόνου (σταθμηγράφημα) και το διάγραμμα μεταβολής της παροχής συναρτήσει της στάθμης.

Εμπειρικοί και αναλυτικοί τύποι αποκτούν χρησιμότητα μόνο στις περιπτώσεις, που δεν υπάρχει άλλη δυνατότητα προσδιορισμού της παροχής. Η αξιοπιστία τους αυξάνεται, όταν κατά την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων παίρνονται υπόψη και δεδομένα παροχών από παρακείμενα ή από ανάλογα ρεύματα, για τα οποία υπάρχουν μετρήσεις ή και αξιόπιστες εκτιμήσεις. Εάν δεν υπάρχουν τέτοια δεδομένα, τα αποτελέσματα τους μπορούν να ελεγχθούν χονδρικά κατά τον Bergthaler (1975), ως εξής:

- σε ρεύματα με στερεοπαροχή μικρότερη του 20% της υδατοπαροχής, η μέγιστη υδατοπαροχή με περίοδο επανάληψης $50 \div 100$ έτη αντιστοιχεί περίπου σε:

$$Q = (4 \text{ έως } 12) * F^{2/3}$$

όπου F : η επιφάνεια της λεκάνης (km²)

- σε ρεύματα με στερεοπαροχή μεγαλύτερη του 20% της υδατοπαροχής, η μέγιστη παροχή του ρεύματος είναι τόσο πιο μεγάλη από το παραπάνω όριο, όσο εντονότερη είναι η στερεομεταφορά.

Πάντως, η χρήση των εμπειρικών και αναλυτικών τύπων στη χώρα μας πρέπει να γίνεται γενικά με επιφύλαξη, επειδή η διατύπωση τους έγινε σε άλλες χώρες κάτω από διαφορετικές συνθήκες κλίματος, ανάγλυφου, γεωλογικού υποθέματος και βλάστησης (Κωτούλας 2001).

Εμπειρικοί (στοχαστικοί) τύποι (Παπαρρίζος & Χατζημηλιάδης 2010)

Οι δοκιμότεροι από τους εμπειρικούς (στοχαστικούς) τύπους, οι οποίοι βρίσκουν σήμερα εφαρμογή ιδίως στα χειμαρρικά ρεύματα, και οι οποίοι μπορούν να εφαρμοστούν (με επιφύλαξη) και στη χώρα μας με βάση τις συνθήκες που επικροτούν σ' αυτή, δίνονται παρακάτω με τα ονόματα εκείνων που τους διατύπωσαν (αλφαβητική σειρά). Σ' αυτούς το σύμβολο F εκφράζει το μέγεθος της λεκάνης απορροής (km²), ενώ τα λοιπά ειδικά σύμβολα αναλύονται για κάθε τύπο χωριστά. Τα αποτελέσματα τους παρέχουν συνήθως την ειδική απορροή q (m³/s,km²). Οι εμπειρικοί τύποι έχουν ως εξής:

- Αλεξόπουλος: $Q_{max} = 14 * \sqrt{F} * \log_{10} F$ για ελλαδικά ρεύματα, με λεκάνες έκτασης $5 \div 200 \text{ km}^2$
- Friedrich: $Q_{max} = 24,12 * F^{0,516}$
- Klement-Wunderlich: $Q_{max} = 5,5 * F^{5/6}$ (ισχύει για έντονα ορεινές περιοχές)
- Wundt: $Q_{max} = 13,8 * F^{0,6}$
- Coutagne: $Q_{max} = a * F^{1/2}$
- Valentini: $q_{max} = 30 / F^{1/2}$

- Kürsteiner: $q_{\max} = A/F^{2/3}$ για μεγάλες $A=9$, για μικρές λεκάνες $A=12 \div 15$
- Henry Boot: $Q_{\max} = a \cdot F^{0,75}$, για ελλαδικά ρεύματα, $a=3,3 \div 6,7$
- Hoffbauer: $q_{\max} = a \cdot [40/(100 \cdot F)^{1/6}]$ προϋπόθεση: $F > 10 \text{ km}^2$
 - Για ημιορεινές περιοχές $a=3,3 \div 0,5$
 - Για ορεινές περιοχές $a=0,5 \div 0,7$
- Melli: $q_{\max} = a \cdot [40/(100 \cdot F)^{1/6}]$ ισχύει για $F < 150 \text{ km}^2$, όπου $a=0,4$ (μέση τιμή)
- Kresnik: $q_{\max} = a \cdot [32/(0,5 + F^{1/2})]$, $a=0,6 \div 2,0$
- Müller: $q_{\max} = y_m \cdot (40/F^{1/3})$, $y_m = (F_1 y_1 + F_2 y_2)/F$
όπου:
 F_1 : δασοσκεπής έκταση
 F_2 : λιβαδική ή αγροκαλλιεργούμενη έκταση
 y_1, y_2 : συντελεστές απορροής
- Melli-Müller: $Q_{\max} = y \cdot 43 \cdot F^{2/3}$
Σε περίπτωση που υποδιαιρείται η ορεινή λεκάνη σε περισσότερα τμήματα, ισχύει:

$$\psi_m = \frac{\sum_i \psi_i \cdot \Delta F_i}{\sum_i \Delta F_i}, \text{ όπου } \sum_i \Delta F_i = F \text{ και}$$

$$Q_{\max} = \psi_m \cdot 43 \cdot F^{2/3}$$

Όταν η κλίση της λεκάνης είναι $> 50\%$, ο συντελεστής απορροής ψ_m πολλαπλασιάζεται επί 1,1, ενώ όταν είναι $< 20\%$, πολλαπλασιάζεται επί 0,9.

- Melli-Müller (κατά Zeller): $Q_{\max} = \psi_m \cdot \lambda \cdot F^{2/3}$
όπου λ είναι ο συντελεστής, ο οποίος δίνεται σε συνάρτηση με την ένταση της ωριαίας βροχής με περίοδο επανάλληψης 100 ετών $i_{1,100}$
- Iszkowski: $q_{\max} = a_h \cdot m \cdot H$

όπου H είναι το μέσο ετήσιο ύψος βροχής (μόνο σε μέτρα). Ο τύπος ισχύει μόνο για $H > 1.000 \text{ mm}$. Το ah είναι ο συντελεστής διαμόρφωσης της λεκάνης. Το m είναι συντελεστής που δίνεται ανάλογα με το εμβαδό της λεκάνης.

- Possenti: $Q_{\max} = (a \cdot IN/L) \cdot [EH + (EN/3)]$

όπου:

$a = 700$ (μέση τιμή)

L = μήκος της διαδρομής του ρεύματος έως το απώτατο σημείο (km)

EH, IN = έκταση λεκάνης στην ορεινή και πεδινή περιοχή (km^2)

- Ορθολογική μέθοδος: $Q_{\max} = 0,278 \cdot c \cdot i \cdot F$

όπου:

c = συντελεστής απορροής

i = ένταση βροχής (mm/h)

- Fuller max: $Q_N = Q_i \cdot (1 + \beta \cdot \log aT) \cdot [1 + (2,66/F^{0,30})]$

Ο τύπος δίνει απ' ευθείας τη μέγιστη παροχή ορισμένης χρονικής περιόδου που Q_1 είναι η μέση παροχή των πλημμυρικών υδάτων με περίοδο επανάληψης ενός έτους, m^3 η οποία υπολογίζεται συνήθως από την σχέση:

$$Q_1 = 1,80 \cdot F^{0,8}$$

όπου $\beta = 0,8$ και T = περίοδος επαναφοράς. Υπολογίζεται από πίνακα.

Οι συντελεστές που περιέχονται στους παραπάνω εμπειρικούς τύπους, αποτελούν στην ουσία συντελεστές απορροής, οι οποίοι ποικίλλουν μέσα σε ευρέα όρια. Γενικά, όσο μικρότερη και πιο απότομη είναι μια λεκάνη, όσο μεγαλύτερα τα υψόμετρα της και όσο μικρότερο το ποσοστό δάσωσης και η διαπερατότητα της τόσο αυξάνεται ο συντελεστής απορροής. Με βάση τα κριτήρια αυτά γίνεται και η επιλογή του.

Οι περισσότεροι από τους τύπους που αναφέρθηκαν, προσδιορίζουν αρχικά την ειδική απορροή q ($\text{m}^3/\text{s}, \text{km}$). Η ανεύρεση της αντίστοιχης συνολικής παροχής γίνεται στην συνέχεια με τη βοήθεια της σχέσης:

$$Q = q \cdot F$$

Αναλυτικοί (Προσδιοριστικοί) τύποι (Παπαρρίζος, Χατζημηνιάδης 2010)

Οι δοκιμότεροι από τους αναλυτικούς τύπους, οι οποίοι βρίσκουν εφαρμογή στην υδρονομική πράξη είναι οι ακόλουθοι:

● Turazza: $Q_{\max} = 11,57 \cdot \alpha \cdot K \cdot F \cdot [h_p / (t_p + t_c)]$

όπου:

α : συντελεστής απορροής (εκτιμάται)

K : συντελεστής αιχμής, $K = 2$

t_p : η διάρκεια της βροχής σε ημέρες. Θεωρείται ότι $t_p = t_c$

t_c : μέγιστος χρόνος συγκέντρωσης της απορροής (ημέρες)

$t_c = t_c' / 24$, όπου t_c' ο χρόνος t_c εκφρασμένος σε ώρες

$$t_c' = \frac{4 \cdot \sqrt{F + 1,5 \cdot L}}{0,8 \cdot \sqrt{Z}} \text{ (ώρες) }$$

L : μήκος κεντρικής κοίτης (km)

Z : διαφορά μεταξύ μέσου και ελάχιστου υψομέτρου.

h_p : μέγιστο ύψος βροχής με διάρκεια ίση με t_p (m)

$$h_p = h' / 1000$$

h' : ύψος βροχής με διάρκεια t_p (mm)

$$h' = \left[a - \left(\frac{a}{72} \cdot t_p' \right) \right] \cdot \sqrt{t_p'} \text{ (mm)}$$

όπου a είναι συντελεστής και προσδιορίζεται από τον τύπο $a = h / 3,27$

και t_p' είναι ο χρόνος t_p σε ώρες

● Giandotti: $Q_{\max} = (0,277 \cdot P \cdot F) / t_c'$

όπου

P : ύψος βροχής σε χρόνο t_c' (mm)

$$P = h \cdot \sqrt{\frac{t_c'}{24}}$$

h : μέγιστο ύψος βροχής 24ωρου (mm)

t_c' : μέγιστος χρόνος συγκέντρωσης απορροής (ώρες)

$$t_c' = \frac{4 \cdot \sqrt{F + 1,5 \cdot L}}{0,8 \cdot \sqrt{Z}}$$

L: μήκος κύριας κοίτης (km)

Z: διαφορά μεταξύ μέσου και ελάχιστου υψομέτρου (m)

1.4 ΣΤΕΡΕΟΑΠΟΡΡΟΗ

1.4.1. Ορισμοί

Στερεοαπορροή (sediment yield) είναι η ποσότητα των φερτών υλικών που διέρχονται από μία διατομή αναφοράς (π.χ. διατομή ποταμού) σε μία καθορισμένη χρονική διάρκεια. Εκφράζεται σε μονάδες μάζας και συχνά ανάγεται στην επιφάνεια της λεκάνης απορροής, ανάντη της διατομής αναφοράς (μάζα / επιφάνεια). Συντελεστής στερεοαπορροής (sediment delivery ratio) είναι ο λόγος της στερεοαπορροής προς την ποσότητα που έχει διαβρωθεί στην ανάντη της διατομής αναφοράς λεκάνη απορροής. Περιγράφει την απομείωση των φερτών που μετακινούνται, λόγω ενδιάμεσων αποθέσεων στη λεκάνη απορροής. Εκφράζεται με ένα αδιάστατο αριθμό ή ποσοστό.

Ο όρος «στερεοαπορροή» δεν είναι ταυτόσημος με τον όρο στερεοπαροχή (sediment discharge), αφού ο δεύτερος περιγράφει το στιγμιαίο ρυθμό μεταφοράς των φερτών που παρατηρείται στη διατομή αναφοράς (μονάδες: μάζα / χρόνος ή βάρος / χρόνος).

Το σύνολο των φερτών υλικών που κάποια καθορισμένη στιγμή μετακινείται από τη ροή, αποδίδεται με τον όρο φορτίο (load), που εκφράζεται σε μονάδες μάζας ή βάρους. Το φορτίο ενός υδατορεύματος ταξινομείται με δύο τρόπους:

α. Με βάση το μηχανισμό μεταφοράς και διακρίνεται σε:

- Φορτίο σε σύρση (bed load), που κινείται στην κοίτη ή πολύ κοντά σε αυτήν, όπου επικρατεί ο μηχανισμός σύρσης, και
- Φορτίο σε αιώρηση (suspended load), που κινείται πάνω από την κοίτη, όπου επικρατεί ο μηχανισμός της αιώρησης.

β. Με βάση την προέλευση του υλικού και διακρίνεται σε:

- Φορτίο υλικού κοίτης (bedload sediment), που προέρχεται κύρια από τη διάβρωση της κοίτης του υδατορεύματος και μετακινείται και με σύρση και με αιώρηση, και
- Φορτίο χωμάτων ή φορτίο απόπλυσης (wash load), που προέρχεται κύρια από τη διάβρωση της λεκάνης απορροής. Το υλικό αυτό είναι γενικά πολύ πιο λεπτόκοκκο από το υλικό της κοίτης (ίλύς - άργιλος) και μετακινείται σχεδόν αποκλειστικά με το μηχανισμό αιώρησης.

Ανάλογη ταξινόμηση γίνεται και στα μεγέθη της στερεοπαροχής και στερεοαπορροής.

Τέλος σχετικοί με την ποσοτική περιγραφή του φορτίου είναι και οι όροι «συγκέντρωση» (concentration), που εκφράζει τη μάζα των φερτών υλικών στη μονάδα όγκου του νερού, και «συγκέντρωση στερεοπαροχής» (sediment discharge concentration), που είναι το πηλίκο της στερεοπαροχής προς την παροχή σε μία δεδομένη διατομή ενός υδατορεύματος (Panagoulia D. and Dimou G. 1997).

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΣΤΕΡΕΟΠΑΡΟΧΗΣ

1.4.2. Εκτίμηση της στερεοπαροχής με εμπειρικά (στοχαστικά) μοντέλα

Η ανάγκη της κατά το δυνατό ακριβούς προβλέψεως και εκτιμήσεως φερτών υλών σε υδρολογικές λεκάνες, οδήγησε στην ανάπτυξη διαφόρων μοντέλων διαβρώσεως, διαφορετικού βαθμού ακριβείας και πολυπλοκότητας. Η ανάγκη αυτή υπαγορεύτηκε τόσο εξαιτίας των σοβαρών συνεπειών της διαβρώσεως των εδαφών στα τεχνικά έργα, όσο και από την απαίτηση για τον εντοπισμό περιοχών για λήψη μέτρων αντιδιαβρωτικής προστασίας, ανάλογα με την επικινδυνότητα στη διάβρωση (Παγώνας 2009).

1.4.2.1. Παγκόσμια Εξίσωση Εδαφικής Απώλειας (Universal Soil Loss Equation)

Η συνήθης ποσοτική εκτίμηση της εδαφικής απώλειας (soil loss), που οφείλεται στην επιφανειακή διάβρωση, στην περίπτωση που δεν υπάρχουν στοιχεία μετρήσεων, γίνεται με τη Παγκόσμια Εξίσωση Εδαφικής Απώλειας (Universal Soil Loss Equation/Wischmeier and Smith 1978). Με τον όρο εδαφική απώλεια, εκφράζεται η διαφορά της ποσότητας του εδαφικού υλικού που διαβρώθηκε μείον την ποσότητα που αποτέθηκε ξανά στην ίδιο εδαφική έκταση σε δεδομένο χρόνο.

Η εξίσωση γράφεται ως ακολούθως:

$$SL = 2,242 \times R \times K \times LS \times C \times P$$

όπου:

SL: εδαφική απώλεια σε t/ha/έτος

R: συντελεστής διαβρωτικότητας βροχής (Rainfall erosivity factor)

K: συντελεστής διαβρωσιμότητας εδάφους (Soil erodibility factor)

LS: συντελεστής ανάγλυφου ή τοπογραφικός συντελεστής (Topographic factor), που αποτελείται από το γινόμενο του μήκους κλιτύος L (slope-length factor) και του συντελεστή κλίσης κλιτύος S (slope-gradient factor).

C: συντελεστής φυτοκάλυψης (Vegetation cover factor)

P: συντελεστής ελέγχου διάβρωσης (Support practice factor).

Συντελεστής διαβρωτικότητας της βροχόπτωσης R

Ο συντελεστής αυτός είναι συνάρτηση της συνολικής κινητικής ενέργειας της βροχής καθώς επίσης και της μέγιστης τιμής της έντασης βροχής διάρκειας τουλάχιστον 30 λεπτών. Υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$R = 5,9 \times 10^{-4} EI_{30},$$

όπου:

$$E = 3,79 \cdot \sum_j (3,14 + \ln(I_j)) \cdot I_j \cdot \Delta t_j$$

E: συνολική κινητική ενέργεια της βροχής ανά μονάδα επιφάνειας (J/m²).

I₃₀: μέγιστη ένταση βροχής διάρκειας 30 min, (mm/h).

Δt_j: υποδιαίρεση χρόνου βροχής με αντίστοιχη ένταση /, (h).

Οι δύο παραπάνω εξισώσεις αφορούν ένα μεμονωμένο επεισόδιο βροχής. Στην πράξη ενδιαφέρει η μέση ετήσια τιμή του R για μια χρονοσειρά N ετών, όπου χρειάζεται να υπολογιστούν οι επιμέρους ετήσιες τιμές του R και να προκύψει ο μέσος όρος αυτών, (πρέπει να ληφθούν υπόψη όλα τα επεισόδια βροχής διάρκειας 30 min κάθε έτους). Η παραπάνω διαδικασία είναι και χρονοβόρα και επίπονη, για αυτό το λόγο η τιμή του R τελικά προσδιορίζεται είτε από χάρτες (isoerodent maps), είτε από πίνακες.

Στην πράξη μπορούν ακόμη να χρησιμοποιηθούν απλές σχέσεις, που συσχετίζουν το μέσο ετήσιο ύψος βροχής P (mm), με την ετήσια τιμή του R όπως αυτή των Kirkby και Morgan (1980):

$$R = \alpha \times P$$

όπου: $\alpha = 0.1 \pm 0,05$ γιο εύκρατα κλίματα.

Συντελεστής διαβρωσιμότητας εδάφους - K

Εξαρτάται κυρίως από τη μηχανική σύσταση του εδάφους (ποσοστά σε άμμο, ιλύ και άργιλο). Όταν το ποσοστά ιλύος και λεπτής άμμου δεν υπερβαίνει το 70%, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η εξίσωση:

$$K = 2,1 \cdot M^{1,14} \cdot 10^{-6} \cdot (12 - a) + 0,0325 \cdot (b - 2) + 0,025 \cdot (c - 3)$$

όπου:

$$M = P_s \cdot (100 - P_c)$$

- M: η παράμετρος μεγέθους κόκκων,
- P_s: ποσοστό ιλύος και πολύ λεπτής άμμου στο έδαφος (%), (0,002 < c < 0,1mm],

- P_c: ποσοστό αργίλου στο έδαφος (%), [d < 0,002 mm],
- a: ποσοστό οργανικού εδαφικού υλικού, (%),
- b: κωδικός εδαφικής δομής,
- c: κωδικός διαπερατότητας εδάφους.

Στη γενικότερη περίπτωση, ο συντελεστής K προσδιορίζεται από το νομογράφημα του Wischmeier and Smith (1978). Το νομογράφημα αυτό είναι απλό στη χρήση του, χρειάζεται δε η γνώση της ποσοστιαίας αναλογίας σε άμμο, ιλύ και άργιλο, ο τύπος της δομής (κοκκώδης, τεμαχισμένη, πλακώδης κλπ), καθώς και ο βαθμός διαπερατότητας (υψηλή, μέση, χαμηλή) του εδάφους.

Συντελεστής ανάγλυφου (LS)

Προκύπτει από την παρακάτω εξίσωση :

$$LS = (x/22,13)^m \times (65,41 \times \sin^2\theta + 4,56 \times \sin\theta + 0,065)$$

όπου:

x: κεκλιμένο μήκος κλιτύος (m), δηλ. η απόσταση από το σημείο αφετηρίας της επιφανειακής ροής, μέχρι το σημείο συγκεντρώσεως της στο υδατόρευμα.

θ: γωνία κλίσης εδάφους, ($\sin\theta = s/(10^4 + s^2)^{1/2}$), όπου s η κλίση, (%).

Η τιμή του εκθέτη m, ανάλογα με την κλίση του εδάφους s υπολογίζεται από κατάλληλους πίνακες.

Συντελεστής φυτοκάλυψης (C)

Οι τιμές του συντελεστή φυτοκάλυψης C υπολογίζονται από πίνακες που έχουν τιμές για αγροτολιβαδικές και δασικές εκτάσεις αντίστοιχα. Ακόμα υπάρχουν πίνακες που δίνουν τις τιμές του C ανάλογα με τον τύπο και το ύψος της βλάστησης, το ποσοστό κάλυψης της εδαφικής επιφάνειας από χαμηλά φυτά χωρίς φύλλωμα, καθώς και το αντίστοιχο ποσοστό θαμνώδους και δενδρώδους βλάστησης σε κάθετη προβολή. Επίσης μπορούμε να βρούμε σε άλλους κατάλληλους πίνακες τιμές του C για δασώδεις εκτάσεις, ανάλογα με το συνολικό ποσοστό κάλυψης.

Σε περίπτωση καλλιεργούμενων εκτάσεων, η τιμή του C καθορίζεται από το είδος και το πρόγραμμα της καλλιέργειας και μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια του έτους ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης των φυτών. Στις Η.Π.Α. χρησιμοποιούνται πίνακες ανάλογα με τη γεωγραφική θέση της περιοχής και το κλίμα της που μπορεί κανείς να προμηθευτεί εύκολα από την αρμόδια υπηρεσία, (SCS state office).

Συντελεστής ελέγχου διάβρωσης (P)

Οι τιμές του συντελεστή ελέγχου διάβρωσης P, εξαρτώνται από τις εφαρμοζόμενες πρακτικές ενίσχυσης του εδάφους έναντι της διάβρωσης. Συγκεκριμένα, ανάλογα με την κλίση της επιφάνειας του εδάφους και την εφαρμοζόμενη τεχνική ενίσχυσης. Ο συντελεστής P εισάγεται και αυτός μετά από την μελέτη των κατάλληλων πινάκων.

Γιο εντελώς γυμνό και άγονο έδαφος, χωρίς καμία τεχνική ενίσχυσης έναντι της διάβρωσης και οι δυο παραπάνω συντελεστές παίρνουν την τιμή 1 (Τσακίρης 1995).

1.4.2.2. Η μέθοδος MUSLE

Η μέθοδος MUSLE (Modified Universal Loss Equation) παρέχει το φορτίο φερτών υλών που παράγει μια ορεινή λεκάνη ή υπολεκάνη απορροής κατά τη διάρκεια μιας συγκεκριμένης βροχόπτωσης λόγω της γενικής διάβρωσης ή υποβάθμισης. Προέρχεται από τροποποίηση της μεθόδου USLE, η οποία συνίσταται στην αντικατάσταση του συντελεστή διαβρωτικότητας R με δύο άλλους παράγοντες, δηλ. με τον όγκο V και με την μέγιστη τιμή q της επιφανειακής απορροής (Willians 1995). Παρέχεται από την ακόλουθη σχέση:

$$Y_0 = 9,05 \times (V \times q_p)^{0,56} \times K \times L \times S \times C \times P$$

όπου

Y₀: βάρος των παραγομένων φερτών υλικών (t) κατά μια ορισμένη βροχόπτωση από μια επιφάνεια ή από μια λεκάνη απορροής, το οποίο φθάνει στην έξοδο της (χωρίς την ύπαρξη άλλων υπολεκανών, δηλ. χωρίς παραδοχή ενδιάμεσης απόθεσης υλικών). Για την αναγωγή του βάρους σε φαινόμενο όγκο χρησιμοποιείται το φαινόμενο ειδικό βάρος ($\gamma_p = 1,40 + 2,10 V m^3$)

V: όγκος της επιφανειακής απορροής κατά τη συγκεκριμένη βροχόπτωση (m³)

q_p: μέγιστη, επιφανειακή απορροή. Εκφράζεται ως παροχή (m³/s) και δίνεται από τη σχέση:

$$q_p = 0,278 \times (F_L/T_A) \text{ (m}^3/\text{s)}$$

Οι παράγοντες K, LS, C, P υπολογίζονται, όπως και στην μέθοδο USLE.

Ο όγκος V της επιφανειακής απορροής υπολογίζεται με τη βοήθεια της σχέσης:

$$V = 10^3 \times h_{Ne} \times F_L \text{ (m}^3\text{)}$$

όπου:

F_L: επιμέρους επιφάνεια της λεκάνης απορροής (km²)

Q: απορροϊκό ύψος βροχής (mm) το οποίο υπολογίζεται με τον τύπο Anderl που αναφέρθηκε, ως εξής:

$$h_{N\bar{e}} = (h_{N\bar{e}} - A) \cdot c + \frac{c}{a_0} \cdot [e^{-\kappa(N-A_v)} - 1] \quad (\text{mm})$$

όπου:

N: ύψος βροχής (mm)

A_v: αρχικές απώλειες λόγω υδατοσυγκράτησης, διείσδυσης στο έδαφος και επιφανειακής υδατοσυγκράτησης πριν από την έναρξη της απορροής (mm)

c: μέγιστος, τελικός συντελεστής απορροής μετά από πολύ μακρά διάρκεια βροχόπτωσης. Εξαρτάται από τον τύπο και τη χρήση του εδάφους

κ: συντελεστής αναλογίας σε I/ mm, που δίνεται, ως εξής:

$$\kappa = P_1 \times e^{-2,0/W} \times e^{-2,0/q_E}$$

όπου:

P: ειδική, τοπική παράμετρος

W_z : αριθμός της εβδομάδας, που χαρακτηρίζει την εποχή του έτους.

q_B : βασική απορροή ως μέτρο, το οποίο υποκαθιστά την υγρασία του εδάφους πριν από την έναρξη της βροχής (I/s * km²)

Η μέθοδος προσδιορίζει την ποσότητα των παραγομένων φερτών υλικών (φορτίο) κυρίως λόγω επιφανειακής διάβρωσης και γενικά λόγω εκτατικών χειμαρρικών φαινομένων σε μικρή Λεκάνη απορροής (έως 26 km²), η οποία εμφανίζεται στη βάση της (θέση εξόδου) κατά την διάρκεια μιας μεμονωμένης βροχόπτωσης, σε αντίθεση με τη μέθοδο USLE, που παρέχει την μέση ετήσια, γενική διάβρωση για τους ίδιους λόγους σε μια εδαφική επιφάνεια κατά κανόνα γεωργικά καλλιεργούμενη. Συνεπώς με τη μέθοδο δεν υπολογίζονται τα παραγόμενα υλικά από τις εστίες φερτών υλών που οφείλονται σε εντατικά χειμαρρικά φαινόμενα. Για αυτό, η μέθοδος προσφέρεται για υπολογισμούς σε λεκάνες απορροής χειμαρρικών ρευμάτων των λοφωδών περιοχών. Τέλος, η εφαρμογή της μεθόδου σε δασωμένες λεκάνες είναι δυσχερής, διότι στις επιφάνειες με δασοκάλυψη δεν σχηματίζεται επιφανειακή υδαταπορροή, επειδή το νερό απορρέει βραδέως και διαμέσου του εδάφους (Κωτούλας 2001).

1.4.2.3. Η διαχωριστική μέθοδος USLE

Η μέθοδος παρέχει την γενική ετήσια διάβρωση ή υποβάθμιση μιας ευρύτερης εδαφικής επιφάνειας π.χ. μιας μικρής λεκάνης ή μιας υπολεκάνης απορροής, θεωρώντας, ότι

η διαδικασία της γενικής διάβρωσης της USLE, την οποία αυτή αποδέχεται, διαχωρίζεται σε δύο επιμέρους διαδικασίες, ως εξής:

- την μικρή χαραδρωτή και αυλακωτή διάβρωση και
- την επιφανειακή διάβρωση μεταξύ των μικρών χαραδρών και αυλακιών, κάθε μία από τις οποίες υπολογίζεται χωριστά.

Συνεπώς, η μέθοδος παίρνει υπόψη της μόνο τα έκτακτα χειμαρρικά φαινόμενα, τα οποία αναπτύσσονται κυρίως σε λυτά (γεωργικά καλλιεργούμενα) εδάφη (λεκάνες των λοφωδών περιοχών) και παράγουν λεπτόκοκκα υλικά (αιωροϋλικά).

Η εξίσωση με την οποία αποδίδει την γενική διάβρωση με την διαχωριστική μέθοδο έχει ως εξής :

$$\text{όπου: } A = \frac{K_r \cdot (R_R) \cdot (430 \cdot s^2) \cdot \frac{\lambda}{\lambda_u} \cdot C_r \cdot P_r + K_i \cdot R_{si} \cdot (30 \cdot s + 43) \cdot C_i \cdot P_i}{6,574}$$

A: βάρος μέσ

ιναγωγή σε

φαινόμενο όγκο και κατά επέκταση σε μέσο ετήσιο πάχος παρασυρθέντος στρώματος εδάφους γίνεται με την βοήθεια του φαινομένου ειδικού βάρους γ_e ($\gamma_e = 1,40 \div 2,10 \text{ t/m}^3$).

δείκτης r: μικρή χαραδρωτική και αυλακωτή διάβρωση.

δείκτης i : ενδιάμεση, επιφανειακή διάβρωση.

K, c, P: συντελεστές

λ : μήκος της κλιτύος (m).

λ : μήκος της τυποποιημένης κλιτύος (22,13 m).

s: ημίτονο της γωνίας κλίσης της κλιτύος.

R_R : συντελεστής διαβρωτικότητας λόγω επιφανειακής απορροής.

R_{si} : συντελεστής απορροής λόγω βροχόπτωσης και επιφανειακής (ενδιάμεση) διάβρωσης.

Η μέθοδος προσφέρεται για τον υπολογισμό της υποβάθμισης σε πολύ μικρές λεκάνες απορροής. Η εφαρμογή της σε μεγαλύτερες λεκάνες είναι ασύμφορη (Κωτούλας, 2001).

1.4.2.4 Η Μέθοδος Corbel

Κατά τον Corbel (1959) ο όγκος του ετήσιου φορτίου φερτών υλών λόγω γενικής διάβρωσης που παράγεται σε λεκάνες απορροής κυρίως των λοφωδών περιοχών με σημαντική έκταση και ελάχιστη στερεομεταφορά, (λεπτόκοκκα υλικά που κινούνται κυρίως ως αιωρομεταφορά), αποδίδεται με βάση τη σχέση:

$$A = \frac{E \cdot F \cdot T}{2,5 \cdot 10^6}$$

όπου:

A: ετήσιος όγκος φορτίου υλικών κυρίως από αιωρομεταφορά ($m^3/\acute{\epsilon}τος$).

E: ύψος απορρέοντος ύδατος σε παλάμες (dm)

F: επιφάνεια της λεκάνης σε τετραγωνικές παλάμες (dm^2)

T: το περιεχόμενο του υδάτινου κορμού σε αιωρούλικά, δηλ. σε χιλιοστά του γραμμαρίου ανά λίτρο (mg/l)

Η αντίστοιχη υποβάθμιση της λεκάνης απορροής εκφρασμένη σε όγκο ανά μονάδα επιφάνειας ανέρχεται σε:

$$V = \frac{4 \cdot E \cdot T}{100} \quad (m^3 / km^2, \acute{\epsilon}τος)$$

Το ύψος της απορροής προσδιορίζεται από τα υπάρχοντα δεδομένα σχετικά με την μέση παροχή του ρεύματος με βάση τον κανόνα, ότι παροχή 3l/s, km^2 αντιστοιχεί σε ύψος υδάτινου νάματος 10 cm (Κωτούλας 2001).

1.4.2.5 Η μέθοδος του Fournier

Η μέθοδος προσδιορίζει την γενική ετήσιο διάβρωση ή την υποβάθμιση σε ευρείες λεκάνες απορροής με ήπιο ανάγλυφο. Συνεπώς, αναφέρεται σε φορτία που προέρχονται κυρίως από αιωρομεταφορά.

Με βάση τις έρευνες που διεξήγαγε σε λεκάνες απορροής διαφόρων περιοχών ο Fourier (1960) διαπίστωσε τα εξής:

- σε λεκάνες απορροής με έκταση $> 2000 km^2$ υπάρχει στενή σχέση μεταξύ της γενικής διάβρωσης και του εξής παράγοντα βροχόπτωσης (ή κλιματικού παράγοντα):

$$P^2/P$$

όπου:

p : το ύψος βροχής του μήνα με την μέγιστη βροχερότητα (mm)

P : το μέσο ετήσιο ύψος βροχής (mm).

Στις λεκάνες αυτές γίνεται εμφανής και η επίδραση του ανάγλυφου στη διάβρωση, η οποία εκφράζεται από τον ακόλουθο ορογραφικό συντελεστή c_m :

$$c_m = H^2/F$$

όπου:

H: μέσο υψόμετρο λεκάνης απορροής (m)

F: έκταση της λεκάνης (km²)

- στις μικρότερες λεκάνες (2000 ÷ 500 km²) η σχέση διάβρωσης και κλιματικού παράγοντα εξαρτάται άμεσα από τον παραπάνω ορογραφικό συντελεστή.
- στις λεκάνες με έκταση <500km² η επίδραση των δύο αυτών παραγόντων εξαρτάται άμεσα από το γεωυπόθεμα.

Προκύπτει λοιπόν, ότι από άποψη γενικής διάβρωσης το κλίμα λειτουργεί ως μακροπαράγων, το ανάγλυφο ως μεσοπαράγων και το γεωυπόθεμα ως μικροπαράγων.

Τελικά, ο Fourier κατέληξε στην ακόλουθη σχέση για τον προσδιορισμό της έντασης της γενικής διάβρωσης σε μια λεκάνη απορροής (για λεκάνες με έκταση > 200 km²):

$$\log D_s = 2,65 \cdot \log \frac{P^2}{P} + 0,46 \cdot \log \frac{H^2}{S} - 1,56$$

όπου:

- D_s: μέσο, ετήσιο φορτίο, το οποίο δίνει την ένταση της γενικής διάβρωσης στη λεκάνη απορροής ενός ρεύματος (t/km², έτος).
- Από τις έρευνες του Fourier διαπιστώθηκαν επίσης και τα εξής:
- οι περιοχές του κόσμου με ημιορεινό κλίμα και ορεινή διαμόρφωση παρουσιάζουν ιδιαίτερα αυξημένη διάβρωση, γεγονός που τις διαφοροποιεί από όλες τις λοιπές περιοχές του κόσμου, οι λεκάνες απορροής με ορεινή διαμόρφωση παρουσιάζουν ένα μέγιστο διάβρωσης ανεξάρτητο από την κλιματική ζώνη στην οποία ανήκουν, πράγμα που γίνεται εντονότερο ιδίως στις μικρές λεκάνες απορροής.

Συνεπώς, η εξίσωση του Fourier αφορά μόνο στις μεγάλες (ποτάμιες) λεκάνες απορροής (Κωτούλας 2001).

1.4.2.6. Η Μέθοδος Gavrilovic

Η μέθοδος προσδιορίζει την μέση ετήσια γενική διάβρωση ή υποβάθμιση στις ορεινές λεκάνες απορροής των χειμαρρικών ρευμάτων.

Η εξίσωση του Gavrilovic έχει την ακόλουθη μορφή:

$$W = T \cdot h \cdot \pi \cdot \sqrt{Z^3} \cdot F \quad (\text{m}^3 / \text{έτος})$$

όπου:

- W: όγκος μέσης, ετήσιας παραγωγής φερτών υλικών στην ορεινή λεκάνη απορροής του χειμαρρικού ρεύματος (m³/έτος). Εκφράζεται σε συμπαγή όγκο φερτών υλών. Για την αναγωγή του σε φαινόμενο όγκο πολλαπλασιάζεται, επί 1,28÷1,32 (το

πορώδες των φυσικών αποθέσεων καταλαμβάνει τα $0,28 \pm 0,32$ του φαινομένου όγκου).

- T: συντελεστής θερμοκρασίας ο οποίος παρέχεται από τη σχέση:

$$T = \sqrt{\frac{t_0}{10}} + 0,1$$

- t_0 : μέση ετήσια θερμοκρασία στο μέσο υψόμετρο της ορεινής λεκάνης απορροής ($^{\circ}\text{C}$)
- h: μέσο ετήσιο ύψος βροχής στο μέσο υψόμετρο της ορεινής λεκάνης (m)
- π : ο αριθμός 3,14159...
- F: επιφάνεια της λεκάνης (km^2)
- z: συντελεστής διάβρωσης, ο οποίος υπολογίζεται από τη σχέση:

$$z = x \cdot y \cdot (\varphi + \sqrt{J})$$

- x: συντελεστής που εκφράζει τη μείωση της αντίστασης του γεωλογικού υποθέματος κατά της διάβρωσης ανάλογα με την κατάσταση και την καλλιέργεια της επιφάνειας του, με βάση την παρουσία της βλάστησης. Δίνονται κατάλληλοι πίνακες. Κυμαίνεται μεταξύ 0,05 και 1,0.
- y: συντελεστής διαβρωσιμότητας του γεωλογικού υποθέματος, ο οποίος εξαρτάται από την πετρολογική και εδαφολογική σύσταση των λεκανών. Δίνονται κατάλληλοι πίνακες. Κυμαίνεται μεταξύ 0,2 και 2,0.
- φ : συντελεστής, που εκφράζει το είδος και το βαθμό της διάβρωσης των λεκανών απορροής. Δίνονται κατάλληλοι πίνακες. Κυμαίνεται μεταξύ 0,1 και 1,0.
- J: μέση κλίση της επιφάνειας της λεκάνης απορροής, ως εφαπτόμενης γωνίας (-), (Κωτούλας 2001).

1.4.2.7 Η μέθοδος του μέγιστου δυνατού στερεοφορτίου (ή μέθοδος των Kronfellner & Kraus)

Η μέθοδος προσδιορίζει το μέγιστο δυνατό φορτίο φερτών υλών ή του μέγιστου δυνατού στερεοφορτίου γενικά και ιδίως των μικρών χειμαρρικών ρευμάτων των ορεινών και πολύ ορεινών περιοχών, το οποίο μπορεί να αποτεθεί στον κώνο πρόσχωσης τους λόγω έντονης στερεομεταφοράς μετά από έκτακτο πλημμυρικό γεγονός. Αυτό αποτελείται κυρίως από αδρομερή υλικά, ο όγκος των οποίων προσεγγίζει σχεδόν το συνολικό φορτίο φερτών υλικών, που παράγεται στην ορεινή λεκάνη λόγω της μέγιστης δυνατής υποβάθμισης κατά τη διάρκεια του συγκεκριμένου έκτακτου γεγονότος.

Ένα μέρος όμως από τα παραγόμενα λεπτόκοκκα υλικά (αιωροφορτίο), το οποίο έχει μικρή συμμετοχή στο συνολικό φορτίο υλικών, διοχετεύεται δια του κώνου πρόσχωσης στον

μεγαλύτερο αποδέκτη του ρεύματος, για αυτό και δεν προσμετράται από την εξίσωση. Συνεπώς, για τον υπολογισμό της πραγματικής υποβάθμισης της λεκάνης θα πρέπει να παίρνεται υπόψη, εκτός από το στερεοφορτίο και το αιωροφορτίο, όσο μικρό και αν είναι αυτό, και οι τυχόν ενδιάμεσες αποθέσεις (εάν υπάρχουν) στο χώρο της λεκάνης.

Το μέγεθος του μέγιστου δυνατού φορτίου φερτών υλών στις ορεινές λεκάνες απορροής με έκταση έως 80 km² (το πολύ 120 km²), δίνεται από την εξής σχέση:

$$G_{ολ} = \kappa \cdot J \cdot F$$

όπου

$G_{ολ}$: μέγιστο δυνατό συνολικό φορτίο (στερεοαιωροφορτίο, όχι χειμαρρολάβα), που αποτίθεται στον κώνο προσχώσεως κατά τη διάρκεια ενός έκτακτου πλημμυρικού γεγονότος. Εκφράζεται σε φαινόμενο (όχι συμπαγή) όγκο υλικών (m³). Για να μετατραπεί ο φαινόμενος σε συμπαγή όγκο διαιρείται δια 1,28-9-1,32 (πορώδες φυσικών αποθέσεων: 0,25+0,32)

J: μέση κλίση κοίτης, στα ανάντη της υπόψη θέσης, (δηλ. της σημαντικής από άποψη σχεδιασμού περιοχής πριν από τη μεταφορά των υλικών). Δίνεται ως ποσοστό % (όχι ως εφαπτόμενη γωνίας)

F: έκταση της λεκάνης απορροής (km²)

κ : συντελεστής, που εκφράζει τη χειμαρρικότητα του ρεύματος. Οι μικρές ορεινές λεκάνες με έντονο ανάγλυφο και ευπαθές γεωυπόθεμα έχουν υψηλές τιμές ($\kappa = 1500$), ενώ οι μεγαλύτερες δασωμένες λεκάνες έχουν μικρές τιμές ($\kappa = 500$).

Συνιστάται να εφαρμόζεται η σχέση σε μικρές ορεινές λεκάνες απορροής με ενιαία κεντρική κοίτη. Σε μεγαλύτερα χειμαρρικά ρεύματα, καθώς και σε μικρότερα με διακλάδωση της κεντρικής κοίτης, υποδιαιρείται η λεκάνη απορροής τους σε μικρότερα, αυτοτελή τμήματα (από υδρολογική και στερεόμεταφορική άποψη), επί των οποίων να γίνεται ο υπολογισμός, τα δε επιμέρους αποτελέσματα να αθροίζονται (Κωτούλας, 2001).

1.4.3. Εκτίμηση της στερεοπαροχής με προσδιοριστικά (αναλυτικά) μοντέλα

1.4.3.1. Μέθοδος *Creams*

Η μέθοδος *Chemical, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems* (Knissel, 1980) παίρνει υπόψη της τη ροή διαφόρων υλών, όπως νερού, θρεπτικών υλικών και λυμάτων. Αυτό διότι δέχεται, ότι παράλληλα με την απώλεια εδάφους συμβαίνουν και άλλες, αρκετές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Αποτελείται από τρία μοντέλα, ως εξής :

- Το μοντέλο των υδρολογικών διαδικασιών

- Το μοντέλο των διαβρωτικών διαδικασιών
- Το μοντέλο των χημικών διεργασιών στο έδαφος

Η μέθοδος χρησιμοποιείται μόνο για εκτιμήσεις σε μεμονωμένες επιφάνειες, όπου όμως στην έννοια της επιφάνειας περιέχεται, εκτός από την περιοχή απαγωγής, και εκείνη της απόθεσης των υλικών στο κάτω πέρασ της επιφάνειας (Κωτούλας, 2001).

1.4.3.2. Μέθοδος Answers

Η μέθοδος *Areal Nonpoint Source Watershead and Environment Response Simulation* (Barkley and Huggins, 1981) αναπτύχθηκε κυρίως για λεκάνες απορροής. Η διαδικασία της υποβάθμισης εκφράζεται και για ολόκληρες λεκάνες απορροής με μέγιστη έκταση 10.000 ha. Για το σκοπό αυτό κατανέμεται μια λεκάνη απορροής σε 1700 τετραγωνικές επιφάνειες με έκταση $1 \div 4$ ha (μέγιστος αριθμός επιφανειών :1700), ώστε να είναι δυνατόν να επικρατούν σε κάθε επιφάνεια οι ίδιες παράμετροι διάβρωσης. Διακρίνονται δύο τρόποι διαχωρισμού των επιφανειών αυτών στη λεκάνη ως εξής :

- Διαχωρισμός με απορροή κατά επιφάνειες και
- Διαχωρισμός με απορροή κατά γραμμές

Σε κάθε λεκάνη απορροής μπορούν να χρησιμοποιούνται έως 20 τυπικές κατηγορίες εδαφών, για τις οποίες θα πρέπει να παρέχονται δεδομένα σε ό,τι αφορά τις φυσικές ιδιότητές του (πορώδες, υδατοϊκανότητα, διήθηση), τη διαβρωσιμότητα, την αρχική περιεκτικότητα σε νερό του εδάφους κλπ. Επίσης μπορούν να δοθούν έως 20 παράμετροι, που περιγράφουν το είδος χρήσης των υπό έρευνα επιφανειών και παρέχουν πληροφορίες για την υδατοσυγκράτηση, την τραχύτητα των ρείθρων, τον παράγοντα κάλυψης και κατεργασίας C, και τον παράγοντα P στη μέθοδο USLE. Για κάθε τετράγωνη επιφάνεια δίνονται επίσης στοιχεία για την έκθεση, το μήκος και την κλίση της κλιτύς.

Η μέθοδος παρέχει ως τελικό αποτέλεσμα τη χρονική πορεία της απορροής στο κατώτατο πέρασ της λεκάνης και το καθαρό φορτίο της (εξαγόμενη μείον εισαγόμενη ποσότητα) για όλα τα τετράγωνα (Κωτούλας 2001).

Ως πλεονέκτημα της μεθόδου θεωρείται η δυνατότητα εφαρμογής της σε τοπίο με έντονη διάβρωση.

1.4.3.3. Μέθοδος Epic

Η μέθοδος *Erosion Productivity Impact Calculator* (Williams et al 1984) παίρνει υπόψη της τόσο την υδατική, όσο και την αιολική διάβρωση. Χρησιμοποιείται για την πρόγνωση των απωλειών συγκομιδής σε διαβρωνόμενες επιφάνειες. Επίσης η μέθοδος διερευνά τη

σχέση μεταξύ μεθόδου καλλιέργειας, κινδύνου διάβρωσης, απώλειας θρεπτικών συστατικών και δαπανών λίπανσης.

Συνίσταται από περισσότερα επιμέρους μοντέλα, τα οποία περιγράφουν τις υδρολογικές εξελίξεις, τη διαδικασία της διάβρωσης, τη μετακίνηση των θρεπτικών συστατικών στο έδαφος κλπ. Τέλος με την βοήθεια ενός ειδικού μοντέλου που περιγράφει την αύξηση των φυτών, καθίσταται δυνατή η παροχή οικονομικών πληροφοριών. Η μέθοδος μπορεί να παρέχει αποτελέσματα τόσο σε ημερήσια βάση και για πολύ μεγάλα χρονικά διαστήματα. Η εφαρμογή της όμως απαιτεί πολύ μεγάλο αριθμό δεδομένων (Κωτούλας 2001).

1.4.3.4. Μέθοδος Wepp

Η μέθοδος *Water Erosion Prediction Project* (Auerwald and Schwertmann 1988) έχει πλέον προσδιοριστικό χαρακτήρα σε σχέση με τις τρεις προηγούμενες.

Η μέθοδος παρέχει δεδομένα για μεμονωμένα γεγονότα, ή τυπικά γεγονότα και για μεγάλα χρονικά διαστήματα (Κωτούλας 2001).

1.4.3.5 Η ελβετική προσδιοριστική μέθοδος Gho

Η ελβετική προσδιοριστική μέθοδος GHO (*Groupe de travail pour l'hydrologie operationnelle*) παρέχει το συνολικό φορτίο φερτών υλών, το οποίο παράγουν και μεταφέρουν μικρά χειμαρρικά ρεύματα (ιδίως χείμαρροι των ορεινών, πολύ ορεινών και αλπικών περιοχών) κατά τη διάρκεια ενός απορροϊκού γεγονότος.

Εφαρμόζεται σε ορεινές λεκάνες απορροής με έκταση συνήθως έως 50 km². Συνεπώς, η μέθοδος ενδείκνυται για ορεινές περιοχές και αφορά κυρίως κινητούς πυθμένες με αδρομερή φερτά υλικά, τα οποία μεταφέρονται με παραπυθμένα κίνηση (στερεομεταφορά) και με μαζική μεταφορά (χειμαρρολάβα).

Όπως και οι αντίστοιχες αμερικάνικες μέθοδοι, η ελβετική μέθοδος δεν είναι πλήρως προσδιοριστική. Ο βαθμός όμως των στοχαστικών (εμπειρικών) δεδομένων που δέχεται, είναι περιορισμένος. Η μέθοδος δεν υποκαθιστά, αλλά συμπληρώνει τις αμερικανικές μεθόδους, οι οποίες όπως αναφέρθηκε, προσιδιάζουν για γεωργικά καλλιεργούμενες, λοφώδεις λεκάνες απορροής και αφορούν στη γενική διάβρωση που συνίσταται μόνο από αιωρούλικά.

Η διαδικασία εφαρμογής της γίνεται σε τρεις φάσεις, ως εξής:

- προκαταρτικές εργασίες
- εργασίες υπαίθρου
- επεξεργασία στοιχείων, αποτελέσματα

Η ελβετική μέθοδος παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την υδρονομική πράξη στην ορεινή χώρα μας ιδίως σε ότι αφορά τα χειμαρρικά ρεύματα των ορεινών και πολύ ορεινών περιοχών της (Κωτούλας 2001).

Πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχει και μια Τρίτη κατηγορία μοντέλων που ανήκουν μεν στα γενικής συνθέσεως, πλην όμως αναφέρονται σε μέση χρονική κλίμακα (μήνας, έτος), όπως τα εμπειρικά και όχι σε στιγμιαίες χρονικές συνθήκες (πρώτα λεπτά, ώρες).

Ένα τέτοιο μοντέλο είναι το MO-SEM (Γιακουμάκης & Τσακίρης 1992), που ουσιαστικά αποτελεί μια τροποποιημένη μορφή του SEM, για μέσες χρονικές συνθήκες (μήνας, έτος).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

2.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ

Η λεκάνη του Σπερχειού ποταμού ανήκει στην Ανατολική Στερεά Ελλάδα και είναι μια ταφροειδής στενή λωρίδα με διαμήκη άξονα που συμπίπτει σε γενικές γραμμές με την κοίτη του ποταμού. Ο ποταμός Σπερχειός, έχει μήκος 82,5 km και συνολική έκταση λεκάνη απορροής 1.660,91 km² (Μαρουκιάν 1987).

Διοικητικά η λεκάνη Σπερχειού ανήκει στον Νομό Φθιώτιδας όπου είναι και η έδρα της περιφέρειας Στερεάς Ελλάδος και έχει έδρα στην πόλη της Λαμίας. Περιμετρικά, οι κύριες πόλεις είναι η Λαμία, Στυλίδα, Μακρακώμη, Σπερχειάδα, Υπάτη, Γοργοπόταμος, Θερμοπύλες και Καμένα Βούρλα, οι οποίες είναι και τα κυριότερα εμπορικά κέντρα της ευρύτερης περιοχής.

Πηγάζει από τον Τυμφρηστό (2.312 m), τα Βαρδούσια, την Όρθρυ, την Οίτη και το Καλλίδρομο και εκβάλλει στον Μαλιακό κόλπο, όπου σχηματίζει το δέλτα του. Στο χώρο της εκβολής του, η κεντρική του κοίτη διασπάται σε τρεις νέες κοίτες, την παλιά κοίτη του ποταμού, τη νεώτερη και την κοίτη εκτροπής. Στη λεκάνη απορροής επικρατούν έντονες κλίσεις και για το σύνολο της η μέση κλίση είναι ίση με 33%. Η κεντρική κοίτη του ρεύματος έχει συνολικό μήκος 80 km ενώ η μέση κλίση της κυμαίνεται από 0,5% στην περιοχή του Δέλτα έως και 13% στο ορεινό τμήμα της λεκάνης απορροής (Ευθυμίου κ.α. 2005).

Το Δέλτα του π. Σπερχειού καταλαμβάνει έκταση 110 km², στις συντεταγμένες 23°30' γεωγραφικό μήκος και 38°50' γεωγραφικό πλάτος. Εκτείνεται περί τα 4 Km ανατολικά του οικισμού της Ανθήλης και νοτιοανατολικά της πόλης της Λαμίας. Αποτελεί το 4ο σε μέγεθος δέλτα, στις ακτές του Αιγαίου και το 6ο σε μέγεθος, στον ελλαδικό χώρο, ενώ ταυτόχρονα παρουσιάζει σημαντικό ενδιαφέρον ως προς την παρουσία και ανάπτυξη φυσικών οικοσυστημάτων και έχει ενταχθεί στο δίκτυο ΦΥΣΗ 2000, με τον κωδικό GR2440002 (Ευθυμίου κ.α. 2005).

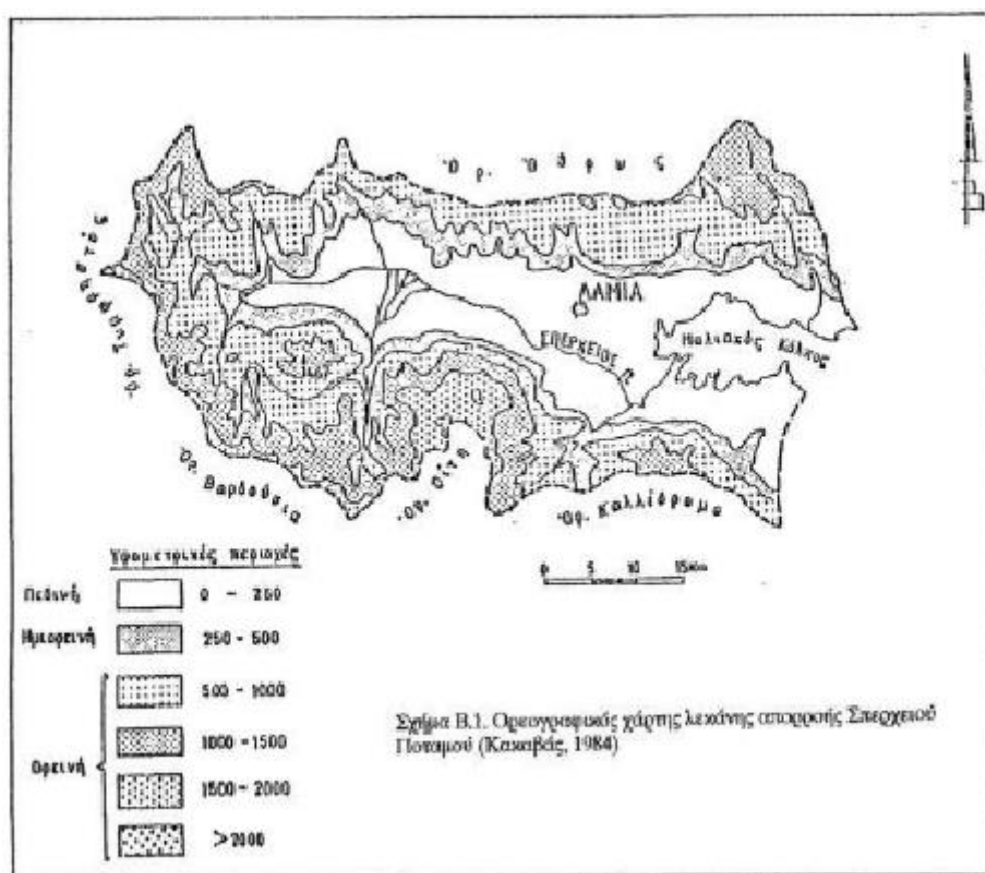
Όλη η περιοχή καλύπτεται από ένα πυκνό δίκτυο επαρχιακών και αγροτικών δρόμων που βοήθησαν στη διεξαγωγή των ερευνητικών εργασιών και στη λεπτομερέστερη διερεύνηση της λεκάνης. Ανατολικά, η περιοχή διασχίζεται σχεδόν εγκάρσια από την παλαιά και νέα εθνική οδό Αθηνών-Θεσσαλονίκης. Βόρεια, διατρέχεται από την οδό Λαμίας-Καρπενησίου. Επίσης, θα πρέπει να αναφέρουμε ότι στο κέντρο περίπου της λεκάνης διέρχεται η σιδηροδρομική γραμμή Αθηνών-Θεσσαλονίκης. Οι κυριότερες αγροτικές καλλιέργειες που παρατηρούνται στην περιοχή είναι τα δημητριακά, τα καπνά, το βαμβάκι, οι ελιές και τα σποροφόρα δένδρα. (ΙΓΜΕ 2010).



Εικόνα 2.1: Υδρογραφική λεκάνη απορροής του Σπερχιού ποταμού (Πηγή: Μαρουκιάν 1987)

2.2 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Η λεκάνη απορροής του Σπερχείου ποταμού περικλείεται ουσιαστικά από δύο σειρές βουνών. Οι ψηλότερες κορυφογραμμές βρίσκονται κατά μήκος του νότιου και δυτικού - βορειοδυτικού ορίου, των Βαρδουσίων (2.437 m), της Οίτης (2.152 m) και του Τυμφρηστού (2.316 m). Στο νοτιοανατολικό άκρο του υδροκρίτη βρίσκεται το όρος Καλλίδρομος (1.372 m), ενώ ο υδροκρίτης του βόρειου και βορειοανατολικού άκρου σχηματίζεται από αντερείσματα του όρους Όρθρυς (1.727 m) (Κακαβάς 1984α).



Εικόνα 2.2: Ορειογραφικός χάρτης της λεκάνης απορροής του Σπερχείου ποταμού (Κακαβάς 1984α)

Οι κύριοι ορειογραφικοί άξονες του Τυμφρηστού, της Οίτης και του Καλλίδρομου έχουν διεύθυνση περίπου ΔΒΔ-ΑΝΑ. Αυτός ο προσανατολισμός των ορειογραφικών αξόνων, ασκεί αρκετά μεγάλη επίδραση στην κατανομή των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων και των υπολοίπων κλιματικών στοιχείων. Το μορφολογικό ανάγλυφο είναι ιδιαίτερα απότομο προς τα νότια, όπου σε μια μικρή σχετικά απόσταση, παρουσιάζει υψομετρική διαφορά ακόμα και 300 m, ενώ βόρεια παρουσιάζεται πιο ήπιο και χαμηλό.

Η μορφολογία της λεκάνης είναι επίπεδη έως λοφώδης με υψόμετρα που κυμαίνονται, κύρια από 0 έως 100 m. και περιμετρικά φθάνουν και τα 200 m. Όσον αφορά τα περιθώρια της λεκάνης,

στο μεν Βόρειο τμήμα της (όρος Όρθρος) παρατηρούνται υψόμετρα μέχρι 1.200 m με μικρές και ομαλές κλίσεις, ενώ στο Νότιο (όρος Οίτη) παρατηρούνται υψόμετρα μέχρι 2.100 m, με έντονο ανάγλυφο και βαθιές χαραδρώσεις. Οι μικρές και μεγάλες χαραδρώσεις που συναντώνται στην περιοχή και κύρια στα περιθώρια της λεκάνης, έχουν διεύθυνση Β-Ν και αντίστροφα και τροφοδοτούν τον ποταμό Σπερχειό.

Τα όρια της λεκάνης, είναι σαφώς προσδιορισμένα, στο ορεινό τμήμα του υδροκρίτη προς τις γειτονικές λεκάνες που είναι, προς τα βόρεια οι λεκάνες των νοτίων παραποτάμων του Πηνειού ποταμού της Θεσσαλίας, προς τα νότια η λεκάνη του Μόρνου και του Βοιωτικού Κηφισού και προς τα δυτικά οι υπολεκάνες που συμβάλουν στον Αχελώο ποταμό. Προς τα ανατολικά η λεκάνη του Σπερχειού είναι ανοικτή προς τη θάλασσα και ορίζεται από τον Μαλιακό κόλπο και τις μικρές υπολεκάνες βόρεια και νότια του Μαλιακού κόλπου. Η τεκτονική τάφρος του Σπερχειού είναι ένα βύθισμα με διεύθυνση Δ-Α και με μεταβλητό πλάτος από 3 έως 12 km, σε μια απόσταση 50 km περίπου μέχρι τον Μαλιακό κόλπο. Αυτή η τάφρος είναι γεμάτη με ιζήματα Ολοκαινικής και Πλειστοκαινικής ηλικίας και τέμνει τον φλύσχη της Πίνδου, τους γεωλογικούς σχηματισμούς της δυτικής Όρθρος και τον φλύσχη και τους ασβεστόλιθους της ζώνης Παρνασσού-Γκιώνας (Ψωμιάδης 2010).

Σπερχειός ποταμός

Ο ποταμός Σπερχειός πηγάζει από τον Τυμφρηστό, ρέει από τα δυτικά προς τα ανατολικά, ενώ εκρέουν σε αυτόν περισσότεροι από 60 ποταμοί και χείμαρροι, παροδικής ή μόνιμης ροής, με τους περισσότερους, να εκβάλλουν στον Σπερχειό σχηματίζοντας δεξιές γωνίες. Το συνολικό υδρογραφικό δίκτυο είναι δενδριτικού τύπου, αλλά αναπτύσσεται περισσότερο κατά τον επιμήκη άξονά του. Ο κύριος άξονάς του Σπερχειού αρχίζει στην θέση Άγιος Γεώργιος, έχει μήκος 85,2 km και παρουσιάζει μία μέση ετήσια παροχή νερού της τάξης των 62 m³/s, κυμαινόμενη από 10-20 m³/s τον Αύγουστο, έως 110 m³/s τον Ιανουάριο. Η κοίτη του Σπερχειού τροφοδοτείται από χείμαρρους μόνιμης και περιοδικής ροής, οι κυριότεροι από τους οποίους είναι ο Ρουστιανίτης, ο Ίναχος (Βίστριτσα), ο Γοργοπόταμος, ο Ασωπός και ο Ξηριάς Λαμίας. Κατά τα δύο τρίτα του μήκους της, η κοιλάδα του εμφανίζει έντονες κλίσεις που δίνουν στον ποταμό χαρακτήρα ορεινό – χειμαρρικό, με οξείες αιχμές πλημμύρων και πολύ έντονη στερεοπαροχή. Αντίθετα, κατά το τελευταίο τρίτο της διαδρομής του, ο Σπερχειός μετατρέπεται σταδιακά σε πεδινό ποταμό και διασχίζει χαμηλές περιοχές. Η κεντρική κοίτη του ποταμού Σπερχειού παρουσιάζει μέση κλίση που κυμαίνεται από 0,5% στην περιοχή του δέλτα έως και 13% στο ορεινό τμήμα της λεκάνης απορροής (Ψωμιάδης 2010).

Πλημμυρικά φαινόμενα ιδιαίτερα τις προηγούμενες δεκαετίες λαμβάνουν χώρα αρκετά συχνά, αφού η μέγιστη παροχή του ποταμού μπορεί εύκολα να δημιουργήσει υπερχειλίση. Για παράδειγμα στις 29 Ιουνίου του 1939 έλαβε χώρα μια πλημμύρα, η οποία προήλθε από το ξαφνικό λιώσιμο χιονιού, της οποίας η παροχή έφτασε τα $800\text{m}^3/\text{s}$ (Zamani & Maroukian 1980, Μαρουκιάν & Παυλόπουλος 1995).

Σύμφωνα με μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί η στερεοπαροχή ανέρχεται σε περίπου $2,6\text{--}3,65 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$ (Κωτούλας 1988, Κακαβάς 1984), ενώ σύμφωνα με την μελέτη των Poulos & Chronis (1997) ανέρχεται σε $1,5 \times 10^6 \text{ tones/year}$. Τα υλικά που μεταφέρονται με την διαδικασία της στερεοπαροχής διευθετούνται στους κώνους προσχώσεων των χειμάρρων και στις ενδιάμεσες κοίτες, στην κεντρική κοίτη του Σπερχειού, στο δέλτα του ποταμού και στον υποθαλάσσιο χώρο.

Υδρογραφικό δίκτυο

Η συνολική έκταση της λεκάνης απορροής του Σπερχειού υποδιαιρείται σε ένα μεγάλο αριθμό υπολεκανών (26) από τις οποίες οι 18 αποστραγγίζονται με τους χειμάρρους τους στον τελικό αποδέκτη το Σπερχειό ποταμό. Η μορφή του υδρογραφικού δικτύου κάθε υπολεκάνης έχει άμεση σχέση με τη λιθολογική δομή (της υδροπερατότητας δηλαδή των σχηματισμών αυτής), την τεκτονική, τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των στρωμάτων, με το βροχομετρικό ύψος, με την εποχική κατανομή των βροχοπτώσεων, το βαθμό δασοκάλυψης κ.λ.π. (Κακαβάς 1984)

Είναι φυσικό λοιπόν να παρουσιάζεται για κάθε υπολεκάνη μια μικρή έως μεγάλη ανομοιομορφία ως προς τη διάταξη του υδρογραφικού δικτύου αυτής. Η ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου στις περιοχές που επικρατούν σκληρά και ευδύαλτα ανθρακικά πετρώματα με υψηλό βαθμό αποκαρστώσεως, καθορίζεται κυρίως από τα συστήματα ρηγμάτων και των διακλάσεων. Στο μεγαλύτερο τμήμα της νότιας πλευράς της λεκάνης, δηλαδή στους ασβεστολίθους της Οίτης, που παρουσιάζουν αυτά τα χαρακτηριστικά, το επιφανειακό υδρογραφικό δίκτυο είναι απλό και ακανόνιστο και κατά τόπους κλιμακωτής μορφής, με ισχυρές χαραδρώσεις, λίγες διακλαδώσεις και περιορισμένη αποστραγγιστική ανάπτυξη (Κακαβάς 1984).

Στο βόρειο τμήμα της λεκάνης που καταλαμβάνουν εύπλαστοι σχηματισμοί, το υδρογραφικό δίκτυο με το μικρό αριθμό χαρακτηριστικών ρεμάτων, με την έλλειψη κώνων κορημάτων και με την απουσία σημείων κάμψης, μπορεί να θεωρηθεί σχεδόν με την κανονική του μορφή. Από την ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου για την περιοχή αυτή, προκύπτει χαμηλή υδροπερατότητα και υψηλό ποσοστό επιφανειακής απορροής. Το γεγονός αυτό αποδίδεται, κατά κύριο λόγο, στη γεωλογική κατασκευή της περιοχής την οποία καταλαμβάνουν σχεδόν στο σύνολο της περιοχής την οποία καταλαμβάνουν σχεδόν στο σύνολο της οι ευδιάβρωτοι σχηματισμοί της Υποπελαγονικής

ζώνης και της Βοιωτικής σειράς με ανεπτυγμένο αλλά ομαλό αποστραγγυστικό δίκτυο. (Κακαβάς 1984).

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζεται η διαδοχική κατά τάξη απορροή του υδρογραφικού δικτύου καθώς και τα συνολικά και καθαρά εμβαδά λεκανών απορροής κατά τάξη στο υδρογραφικό δίκτυο του ποταμού Σπερχείου (Μαρουκιάν 1987).

Πίνακας 2.1: Διαδοχική κατά τάξη απορροή του υδρογραφικού δικτύου του ποταμού Σπερχείου (Μαρουκιάν 1987)

	km ²	%
1 ^{ης} τάξης κλάδοι που απορρέουν σε 2 ^{ας}	488,17	74,8
1 ^{ης} τάξης κλάδοι που απορρέουν σε 3 ^{ης}	90,37	13,8
1 ^{ης} τάξης κλάδοι που απορρέουν σε 4 ^{ης}	31,13	4,8
1 ^{ης} τάξης κλάδοι που απορρέουν σε 5 ^{ης}	18,54	2,8
1 ^{ης} τάξης κλάδοι που απορρέουν σε 6 ^{ης}	24,41	3,7
Σύνολο	652,2	
2 ^{ης} τάξης κλάδοι που απορρέουν σε 3 ^{ης}	581,66	75,7
2 ^{ης} τάξης κλάδοι που απορρέουν σε 4 ^{ης}	31,12	4,1
2 ^{ης} τάξης κλάδοι που απορρέουν σε 5 ^{ης}	41,22	5,4
2 ^{ης} τάξης κλάδοι που απορρέουν σε 6 ^{ης}	114,03	14,8
Σύνολο	768,03	
3 ^{ης} τάξης κλάδοι που απορρέουν σε 4 ^{ης}	465,83	53,5
3 ^{ης} τάξης κλάδοι που απορρέουν σε 5 ^{ης}	225,91	25,9
3 ^{ης} τάξης κλάδοι που απορρέουν σε 6 ^{ης}	178,85	20,5
Σύνολο	870,59	
4 ^{ης} τάξης κλάδοι που απορρέουν σε 5 ^{ης}	463,13	73,9
4 ^{ης} τάξης κλάδοι που απορρέουν σε 6 ^{ης}	163,33	26,1
Σύνολο	626,46	

5 ^{ης} τάξης κλάδοι που απορρέουν σε 6 ^{ης}	848,80	100
Σύνολο	848,80	

Πίνακας 2.2: Συνολικά και καθαρά εμβαδά λεκανών απορροής κατά τάξη στο υδρογραφικό δίκτυο του ποταμού Σπερχειού (Μαρουκιάν 1987)

Τάξη	Συνολικό εμβαδό km ²	Καθαρό εμβαδό km ²	%
6 ^η τάξη	1.663,45	333,03	20,08
5 ^η τάξη	848,80	100,00	6,01
4 ^η τάξη	626,46	98,38	5,91
3 ^η τάξη	870,59	198,56	11,94
2 ^η τάξη	768,03	279,86	16,82
1 ^η τάξη	652,62	652,62	39,23
Σύνολο		1.663,45	

Δέλτα

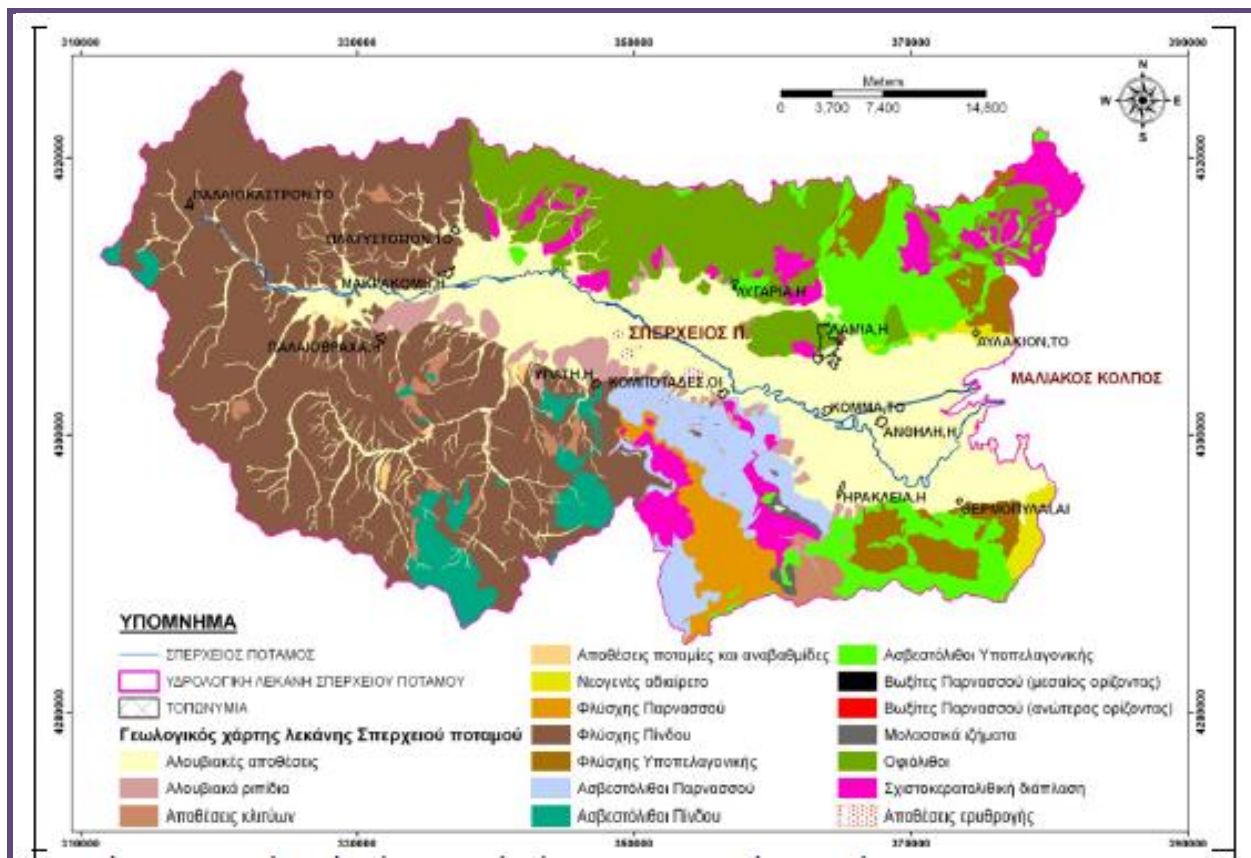
Το Δέλτα του ποταμού Σπερχειού καταλαμβάνει έκταση περίπου 110 km² και βρίσκεται στο ανατολικό τμήμα της Κεντρικής Ελλάδος. Ανήκει στον πελματοειδή τύπο των δέλτα (όπως ο Μισισσιππής) και εκβάλλει στον αβαθή και χαμηλής ενέργεια Ευβοϊκό κόλπο. Η λεκάνη απορροής του Σπερχειού ποταμού αποτελείται από Παλαιο-Ηωκαινικό φλύσχη στο δυτικό τμήμα της, ενώ στο ανατολικό επικρατούν οι Μεσοζωϊκοί ασβεστόλιθοι, οι οφιόλιθοι, οι Νεογενείς και οι Τεταρτογενείς αποθέσεις. Οι φερτές ύλες του ποταμού αποτίθενται σε μία τάφρο με διεύθυνση από δύση προς ανατολή (Zamani & Maroukian 1979). Η ροή του ποταμού έχει αλλάξει αρκετές φορές, έχει όμως παραμείνει στο νότιο τμήμα της τάφρου προσχώνοντας την περιοχή μπροστά από τις Θερμοπύλες. Η τελευταία φορά που είχε εκτραπεί η κοίτη του Σπερχειού ήταν το 1889 όταν επήλθε ρήξη του φυσικού της αναχώματος μετά από μία καταστροφική πλημμύρα. Η αύλακα υπερχειλίστη που διανοίχθηκε το 1957-58 βόρεια της σημερινής κοίτης, έχει προσχώσει μια εκτεταμένη αβαθή περιοχή του βορειοδυτικού τμήματος του Μαλιακού κόλπου. Αποτελεί το τέταρτο σε μέγεθος δέλτα, στις ακτές του Αγαίου και το έκτο σε μέγεθος στον Ελλαδικό χώρο.

Ο Σπερχειός ποταμός είναι εποχιακός, με υψηλή στάθμη ύδατος τον χειμώνα και χαμηλή το καλοκαίρι, συχνές πλημμύρες και πολύ ευμετάβλητη στερεοπαροχή. Από το 480 π.Χ. μέχρι το 1970 μ.Χ., σε 2450 χρόνια, έχει καλύψει μία έκταση 100 χλμ², δηλαδή 0.041 χλμ²/έτος. Αυτή η ταχύτητα όμως, έχει αυξηθεί τα τελευταία 118 χρόνια, από το 1852 μέχρι το 1970, σε 0.13 χλμ²/έτος.

Εάν ο ρυθμός αυτός συνεχιστεί ο Μαλιακός κόλπος θα πληρωθεί σε 628 χρόνια. Εξετάζοντας την ογκομετρική μεταβολή του Μαλιακού κόλπου μεταξύ των ετών 1907 και 1970 και προεκτείνοντάς την στο μέλλον, συμπαιρνόμαστε πως θα πληρωθεί σε 540 χρόνια περίπου, εφόσον παραμείνουν αμετάβλητοι οι σημερινοί κλιματικοί, υδρολογικοί, ευστατικοί, τεκτονικοί και ανθρώπινοι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την εξέλιξη του δέλτα του Σπερχειού ποταμού.

2.3 ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Η λεκάνη απορροής του Σπερχειού, χωρίζεται σε τρεις μεγάλες λιθολογικές ενότητες: α) στην δυτική όπου συναντάται αποκλειστικά ο φλύσχης και η κλαστική ακολουθία της ενότητας της Πίνδου, β) στη βόρεια-βορειοανατολική, όπου συναντώνται ασβεστόλιθοι, οφιόλιθοι και σχιστοκερατόλιθοι της υποπελαγονικής ενότητας και γ) στην νότια- νοτιοανατολική που κυριαρχούν οι ασβεστόλιθοι της ενότητας Παρνασσού-Γκιώνας (Marinos 1956, Δούνας 1971, Ferriere 1977 & 1982, Dercourt et al. 1980, Wigniole & Ferriere 1980, Maroukian & Lagios 1987, Gartzos & Stamatis 1996).



Εικόνα 2.3: Γεωλογικός χάρτης λεκάνης Σπερχειού ποταμού (πηγή: Ψωμιάδης 2010)

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που απαντώνται στην περιοχή, αρχίζουν από το Μέσο Τριαδικό του Μεσοζωικού αιώνα με κλαστικά και ανθρακικά πετρώματα και συνεχίζουν μέχρι σήμερα με τις σύγχρονες ποτάμιες αποθέσεις και προσχώσεις.

Όσον αφορά την προέλευση των πετρωμάτων, αναφέρουμε ότι αυτά είναι εκρηξιγενή και ιζηματογενή ενώ εκλείπουν τα κρυσταλλοσχιτώδη ή μεταμορφωμένα πετρώματα. Κατά το Μειόκαινο άρχισε η ταφροποίηση του χώρου αυτού, ο οποίος συμπεριλαμβάνεται οριακά στο σύστημα λεκανών της Κεντρικής Ελλάδας, η οποία έγινε με την επενέργεια ρηγμάτων Α-Δκής κυρίως διεύθυνσης. Αρκετά από αυτά τα ρήγματα συνεχίζουν να είναι ενεργά μέχρι και σήμερα κατά κανόνα στην περιοχή της Αταλάντης και των Καμένων Βούρλων. Τα αρχικά τεκτονικά βυθίσματα δέχτηκαν τα πρώτα ποταμοχερσαία ιζήματα, από τη διάβρωση των γύρω περιοχών και στη συνέχεια κυρίως στο Πλειόκαινο, ακολούθησε περίοδος λιμνοποίησης των βυθισμάτων με σχεδόν παράλληλη εξελικτική πορεία της λεκάνης. Σ' αυτή την περίοδο αποτέθηκαν λεπτόκοκκα ιζήματα τα οποία δέχτηκαν την επίδραση νεώτερων τεκτονικών δυνάμεων και ρηγματώθηκαν κυρίως κατά τη διάρκεια του Κατωτέρου - Μέσου Τεταρτογενούς.

Τέλος, κατά τη διάρκεια του Τεταρτογενούς η λιμναία ιζηματογένεση διακόπηκε, ακολούθησε αντίστοιχη λιμνοδελταϊκή και ποταμοχερσαία, ενώ πλευρικά ριπίδια κάλυψαν αρκετές περιοχές στα περιθώρια της λεκάνης. Μέσα στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης αυτής, υπάρχουν οι ακόλουθες εμφανίσεις γεωλογικών σχηματισμών ή αποθέσεων:

❖ Βωξίτες Υποπελαγονικής ζώνης ανωτέρου και μεσαίου ορίζοντα, υφής πισσολιθικής με υψηλή περιεκτικότητα σε SiO_2 και Al_2O_3 , κυρίως αδιάλυτου τύπου χρώματος ερυθροφαιού. Οι ανωτέρου ορίζοντα (τρίτος) είναι αδιάλυτου τύπου, έχουν σημαντικό επιφανειακό εύρος, αλλά παρουσιάζουν μικρό πάχος, μερικών μόνο μέτρων (Εικόνα 2.4, κόκκινο χρώμα). Οι βωξίτες του μεσαίου ορίζοντα (δεύτερος) είναι διαλυτού τύπου συνήθως, έχουν μικρότερο επιφανειακό εύρος και πάχος που κυμαίνεται από μερικά μέτρα έως και λίγες δεκάδες μέτρα (Εικόνα 2.4, μαύρο χρώμα). Χρονολογικά τοποθετούνται κυρίως στο Νεοκρητιδικό του Μεσοζωικού, αν και κοιτάσματα χρονολογούνται στο Ιουρασικό. Γεωγραφικά αναπτύσσονται στα νότιο τμήμα του Σπερχειού και στους πρόποδες της Οίτης, Οι βωξίτες αυτοί περιέχουν επίσης χημικά στοιχεία όπως Ni, Fe, Cr και Zn σε αρκετά σημαντικές ποσότητες (Augustithis et al. 1978, Valetton et al. 1987).

Βόρεια του Σπερχειού και σε έκταση που καταλαμβάνει περιοχές της Νότιας Θεσσαλίας κα φτάνει έως το βόρειο μέρος τόσο της Ευρυτανίας όσο και της Φθιώτιδας και ανήκει στον ορεινό όγκο της Όρθρυος, συναντάμε Βασικά και Υπερβασικά εκρηξιγενή πετρώματα του οφιολιθικού συμπλέγματος που περιλαμβάνουν διαβάσεις, μελαφύρες, σπιλιτικούς βασάλτες η βασάλτη και μελαφύρη, τόφφους, ηφαιστιακά λατυποπαγή καθώς και διαβασικούς πορφυρίτες, κεροστιλβίτες και διορίτες. Στη συνέχεια παρατηρούμε περιδοτίτες, δουνίτες με χρωμίτες, πυροξενικούς

περιδοτίτες, ολιβινίτες, πυραξενίτες, γάββρους, γαββροαπλίτες, γαββροπηγματίτες και σερπεντινίτες. Επίσης, συναντούμε αμυγδαλόλιθους και προσκεφαλοειδείς λάβες. Όλα τα παραπάνω πετρώματα αποτελούν την «Οφιολιθική σειρά» (Εικόνα 2.4).

❖ «Σχιστοκερατολιθική διάπλαση», πρόκειται για ένα σύστημα αργιλικών σχιστόλιθων, κερατόλιθων και μαργαϊκών ασβεστόλιθων σε λεπτά εναλλασσόμενα στρώματα, μέσα στα οποία απαντάται η «Οφιολιθική σειρά» και η οποία περιλαμβάνει στη σειρά ακολουθώντας την ροή του Σπερχειού πετρώματα όπως μαξιλαροειδείς λάβες και σερπεντινίτες. Προχωρώντας βλέπουμε ότι η «Σχιστοκερατολιθική διάπλαση», συγκροτείται από οφιόλιθους, πλακώδεις ή συμπαγείς μαργαϊκούς ασβεστόλιθους, και σπάνια κροκαλοπαγή. Οι σχηματισμοί που παρατηρούνται στη συνέχεια και που το πάχος τους είναι 100m περίπου, αποτελούνται από φλυσχοειδή (μαργαϊκούς αργίλους, ψαμμίτες, ψηφιτοπαγίτες) και μικροκροκαλοπαγείς ασβεστόλιθους, με πάχος 500m περίπου και στην περιοχή Καστρί παρατηρούμε σχιστόλιθους μαρμαρυγιακούς, αργιλικούς και τοφικούς καθώς και χαλαζιακούς ψαμμίτες και πυριτιούχους ασβεστόλιθους. Στο λόφο Καστριού βλέπουμε ραδιολαρίτες, κερατόλιθους και σχιστόλιθους πάχους 20-50m και των οποίων η ηλικία προσδιορίζεται στα Βαλανζίνιο έως το Ωτερίβιο της Κρητιδικής περιόδου του Μεσοζωικού αιώνα. Για πάχος 400m του σχιστοκερατολιθικού συμπλέγματος υπάρχουν ψαμμίτες, ασβεστιτικοί ψαμμίτες, ασβεστόλιθοι, ραδιολαρίτες και τόφφοι, ενώ προς το ανώτερο μέρος ψαμμίτες υποπράσινοι με ενστρώσεις αδρομερών κλαστικών ή κροκαλοπαγών ασβεστόλιθων οι οποίοι πολύ πιθανόν προέρχονται από υπερκείμενα στρώματα Ασβεστολιθικών πετρωμάτων.

Ξεκινώντας και έχοντας σαν βάση τις πηγές του Σπερχειού και καταλήγοντας στις εκβολές του, συναντούμε επίσης δολομίτες και ασβεστόλιθους, που βρίσκονται εντός της «Σχιστοκερατολιθικής διάπλασης» που είναι συνήθως συμπαγείς και άστρωτοι. Χαρακτηριστικά πρέπει να σημειωθεί ότι, οι μεγάλες ασβεστολιθικές μάζες παρατηρούνται κυρίως στην Νότια πλευρά του Σπερχειού προς τη ζώνη Παρνασσού - Γκιώνας όπως και στους πρόποδες της Όρθρυς στα όρια Θεσσαλίας - Στερεάς Ελλάδας (Μοιραλιώτης 2000).

Συνεχίζοντας παρατηρούμε πλακώδεις μαργαϊκούς ασβεστόλιθους με απολιθώματα, καθώς και συμπαγείς ασβεστόλιθους. Σε ένα ορατό πάχος 200m υπάρχουν ασβεστόλιθοι βιτουμενιούχοι λεπτοστρωματώδεις έως μεσοστρωματώδεις και ωολιθικοί κατά θέσεις, ενώ για πάχος 150m περίπου συναντούμε σκοτεινότεφρους έως τεφρούς, κατά θέσεις ωολιθικούς ασβεστόλιθους με καλή στρώση σε συνδυασμό με δολομίτες και δολομιτικούς ασβεστόλιθους.

Εξελισσόμενοι προς τα πάνω, υπάρχουν συμπαγείς ασβεστόλιθοι που προέρχονται από εκπλυσισγενείς πλακώδεις μαργαϊκούς ασβεστόλιθους του Ανώτερου Κρητιδικού. Μεσοστρωματώδεις τεφροί ασβεστόλιθοι υπάρχουν για πάχος 20-40m και η ηλικία τους προσδιορίζεται στο Τουρώνιο έως Σενώνιο του Νεοκρητιδικού. Ανοιχτόχρωμοι ασβεστόλιθοι

συναντώνται για πάχος 160m που στα ανώτερα 20-60m μεταβαίνουν πλευρικά σε αργιλοψαμμιτικά ιζήματα χαλαρής συνοχής. Παρατηρούνται, ανώτεροι ορίζοντες που αντιπροσωπεύουν το Κιμμερίδιο (Ιουρασικό) με ασβεστόλιθους παχυστρωματώδεις στιφρούς και «ενδιάμεσους» μεσοστρωματώδεις στιφρούς και κατά θέσεις ωολιθικούς. Οι «ενδιάμεσοι» ασβεστόλιθοι, περιλαμβάνονται μεταξύ του ανωτέρου και μεσαίου βωξιτικού ορίζοντα και βρίσκονται σε μικρή γωνιώδη ασυμφωνία με το υπερκείμενο ασβεστολιθικό σύστημα πάχους 250m του ανωτέρου βωξιτικού ορίζοντα.

Αυτό το ασβεστολιθικό σύστημα, αποτελείται από μεσοστρωματώδεις, λατυποπαγείς σκοτεινότεφρους ασβεστόλιθους στο κατώτερο μέρος, ακολουθούν παχυστρωματώδεις βιτουμενιούχοι ασβεστόλιθοι πάχους 60m και πάνω από αυτούς συνεχίζουν μικρολατυποπαγείς και μικροκροκαλοπαγείς ασβεστόλιθοι πάχους 150m που εξελίσσονται σε πελαγικούς αξιόλογου πάχους.

Στη συνέχεια απαντώνται κονδυλώδεις ασβεστόλιθοι, ασβεστόλιθοι με ενστρώσεις ψαμμιτών πάχους 60m, μαργαϊκούς ασβεστόλιθους με ψαμμίτες, ασβεστόλιθους θραυσματογενείς ή με κερατόλιθους πάχους 50-100m ενώ στη βάση τους υπάρχουν πράσινοι τόφοι με πάχος περίπου 25m και με ηλικία που προσδιορίζεται στο Μέσο - Ανώτερο Ιουρασικό. Ασβεστόλιθοι με ενστρώσεις ραδιολαριτών, σχιστολίθων, πράσινων τόφων βασικών εκρηξιγενών ηφαιστιτών, κερατολίθων, σχιστολίθων και ασβεστιτικών ψαμμιτών εμφανίζονται για 400m ενώ υπάρχουν επίσης ασβεστόλιθοι άστρωτοι και πλακώδεις με μεμονωμένες ταινίες κερατολίθων. Τελικά φτάνουμε σε κροκαλοπαγή που αποτελούνται από κερατολιθικές κροκάλες και σε ασβεστόλιθους κλαστικούς με θραύσματα ρουδιστών. Με νεώτερη ηλικία, συναντούμε ασβεστόλιθους πελαγικούς και μαργαϊκούς που είναι λεπτοστρωματώδεις έως άστρωτοι με κερατολιθικούς και κονδύλους στα ανώτερα στρώματα, ενώ στα μεσαία στρώματα είναι καλώς στρωμένοι μικρολατυποπαγείς ασβεστόλιθοι και σχιστόλιθοι με τοφφίτικα και αμμούχα στρώματα καθώς και πλακώδεις κλαστικοί ασβεστόλιθοι. Τέλος στο κατώτερο τμήμα, υπάρχουν λεπτά στρώματα ασβεστόλιθων και σχιστολίθων που εναλλάσσονται σε πάχος 15m (Εικόνα 2.3).

❖ Φλυσικά ιζήματα παρατηρούνται τόσο στην περιοχή της Στυλίδας όσο και της Λαμίας και της Σπερχειάδας. Στη Στυλίδα συναντούμε κροκαλοπαγή μέσα στη διάπλαση του Ανωκρητιδικού φλύσχη, όπως και ψαμμιτικό φλύσχη με πολλές κροκάλες, αργιλικούς ψαμμίτες, αργιλικούς σχιστόλιθους και παρενστρωμένους ασβεστόλιθους. Η περιοχή της Λαμίας έχει κυρίως φλύσχη αδιαίρετο, ο οποίος συνίσταται από αδρόκοκκους ψαμμίτες που εναλλάσσονται με αργιλικούς σχιστόλιθους και ψαμμούχες μάργες. Συχνά μέσα στο φλύσχη παρατηρούνται κροκαλοπαγή μεγάλου πάχους από γνευσιακές και γρανιτικές κροκάλες.

Στο φλύσχη Παρνασσού-Γκιώνας και κυρίως της δυτικής παρυφής της Όρθρυς, μέχρι πάχος 600m παρατηρούνται γραουβάκες και κροκαλοπαγή με ασβεστόλιθους καθώς και πολυάριθμες ενστρώσεις νουμουλιτοφόρων ασβεστόλιθων ηλικίας Ηώκαινου της Τριτογενούς του Καινοζωικού αιώνα, ενώ στη βάση για 10-20m πάχος, έχουμε ερυθρούς σχιστόλιθους με λεπτά στρώματα νουμουλιτοφόρων ασβεστόλιθων Παλαιοκαίνου του Καινοζωικού. Εδώ πρέπει να επισημάνουμε ότι το πάχος των στρωμάτων του φλύσχη ποικίλει και κατά τόπους είναι δυνατό να είναι σημαντικά μικρότερο (Εικόνα 2.4).

Στη βάση του φλύσχη, βλέπουμε σχιστόλιθους και συμπαγείς μάργες καθώς και γραουβάκες, ψαμμίτες και κροκαλοπαγή ή ακολουθίες που αποτελούνται κυρίως από γραουβάκες με παρενστρωμένους νουμουλιτικούς ασβεστόλιθους. Αργιλίτες, συμπαγείς μάργες, γραουβάκες, ψαμμίτες, λεπτομερή κροκαλοπαγή και ιλυόλιθοι εναλλάσσονται με την εξής σειρά:

-Αργιλίτες - Συμπαγείς μάργες με συχνές εναλλαγές σχιστολίθων και λεπτών στρωμάτων γραουβάκων.

-Γραουβάκες, ψαμμίτες και λεπτομερή κροκαλοπαγή με παρεμβολές σχιστολίθων, όπου η τομή του φλύσχη από πάνω προς τα κάτω, δείχνει ότι για 500m υπάρχουν σχιστόλιθοι και ιλυόλιθοι με ενστρώσεις γραουβάκων που φτάνουν τα 100m περίπου, 1000m σχιστόλιθοι και παχυστρωματώδεις γραουβάκες με στρώματα κροκαλοπαγών οι οποίοι εναλλάσσονται κάθε 5-10m, και το κατώτερο τμήμα πάχους 10-20m αποτελείται από σχιστόλιθους με παρενστρωμένους γραουβάκες.

-Αργιλίτες, ιλυόλιθοι που συχνά εναλλάσσονται με λεπτές στρώσεις γραουβάκων.

Θα πρέπει δε, να τονιστεί ότι τα όρια του φλύσχη της Ανατολικής Πίνδου και του ορεινού συμπλέγματος Όρθρυς - Γκιώνας, είναι εντελώς συμβατικά.

❖ Στην περιοχή της Λαμίας, παρατηρούμε ιζήματα μολασσικού τύπου από κροκαλοπαγή, ψαμμίτες με μαργαϊκές παρεμβολές. Επίκεινται των αλπικών σχηματισμών και είναι ελαφρώς πτυχωμένα. Αυτοί οι σχηματισμοί θεωρούνται προέκταση προς το νότο των ολιγοκαινικών ιζημάτων της Μεσοελληνικής Αύλακας, που αποτελεί μία από τις κυριότερες μολασσικές λεκάνες του Ελληνικού τόξου και παρουσιάζουν κατολισθητικά φαινόμενα, γιατί συνήθως δεν επικρατεί η αδρομερής φάση (κροκαλοπαγή με μεγάλο βαθμό συνοχής), αλλά υλικά με ασθενή συνοχή που εναλλάσσονται με συνεκτικότερους σχηματισμούς όπως οι ψαμμίτες με κροκαλοπαγή και οι μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι (Εικόνα 2.4).

❖ Στο νοτιοανατολικότερο τμήμα της υπό μελέτης περιοχής, συναντούμε Νεογενές αδιαίρετο, κατά το πλείστον Πλειόκαινου με μάργες, αργίλους, χαλίκια, ψαμμίτες, κροκαλοπαγή και μαργαϊκούς ασβεστόλιθους. Παρατηρούμε επίσης Νεογενές λιμναίας φάσης με λιγνίτες και κατά θέσεις Νεογενές θαλάσσιο, στα οποία περιέχονται αρκετά απολιθώματα. Στην περιοχή κοντά στα

Ιαματικά λουτρά της Υπάτης, παρατηρούνται κατά θέσεις αποθέσεις ερυθρογής που ουσιαστικά είναι τοφφικά υλικά τα οποία έχουν αποτεθεί από τις θερμές πηγές. Λόγω των έντονων πλημμυρών του Σπερχειού, είναι πιθανό να έχουν χαθεί από τον επιφανειακό ορίζοντα και να έχουν επικαλυφθεί από τις αλουβιακές αποθέσεις και τις πρόσφατες προσχώσεις (Εικόνα 2.4).

Κοντά στις πηγές του Σπερχειού και κάπως νοτιοδυτικά, συναντούμε ριπίδια και κώνους κορημάτων χειμαρρώδους προέλευσης καθώς και πλευρικά κορήματα. Έχουμε επίσης συσσώρευση ογκωδών τεμαχίων ασβεστόλιθου που προήλθαν από καταπτώσεις και κατακερματισμούς. Ενδιάμεσα και πάνω στα φλυσχικά ιζήματα που προαναφέρθηκαν έχουμε αλουβιακά ριπίδια από αργίλους, άμμους, χάλικες στις κύριες κοιλάδες, ενώ στις δευτερεύουσες κοιλάδες, αλουβιακά ριπίδια από κώνους κορημάτων. Υπάρχουν ακόμη αδρομερείς αποθέσεις κλιτύων, που είναι κώνοι προβολής και παγετώδεις όγκοι, αποτελούμενοι από γωνιώδη τεμάχια διαφόρων μεγεθών κυρίως από ασβεστόλιθους και γραουβάκες. Επιπλέον, είναι δυνατό να παρατηρηθούν πλευρικά κορήματα, τα οποία είτε αποτελούνται από μικρά γωνιώδη τεμάχια καθώς και λεπτόκοκκες αμμούχες - αργιλούχες αποθέσεις, είτε μεταπίπτουν βαθμιαία σε αδιαβάθμητες μάζες από κατολισθαίνοντα υλικά και σε μη παγετώδεις ροές εδάφους και τα οποία αποτελούνται κυρίως από αργιλικό υλικό και ιδιαίτερα από αποθέσεις κλιτύων φλύσχη (Εικόνα 2.4).

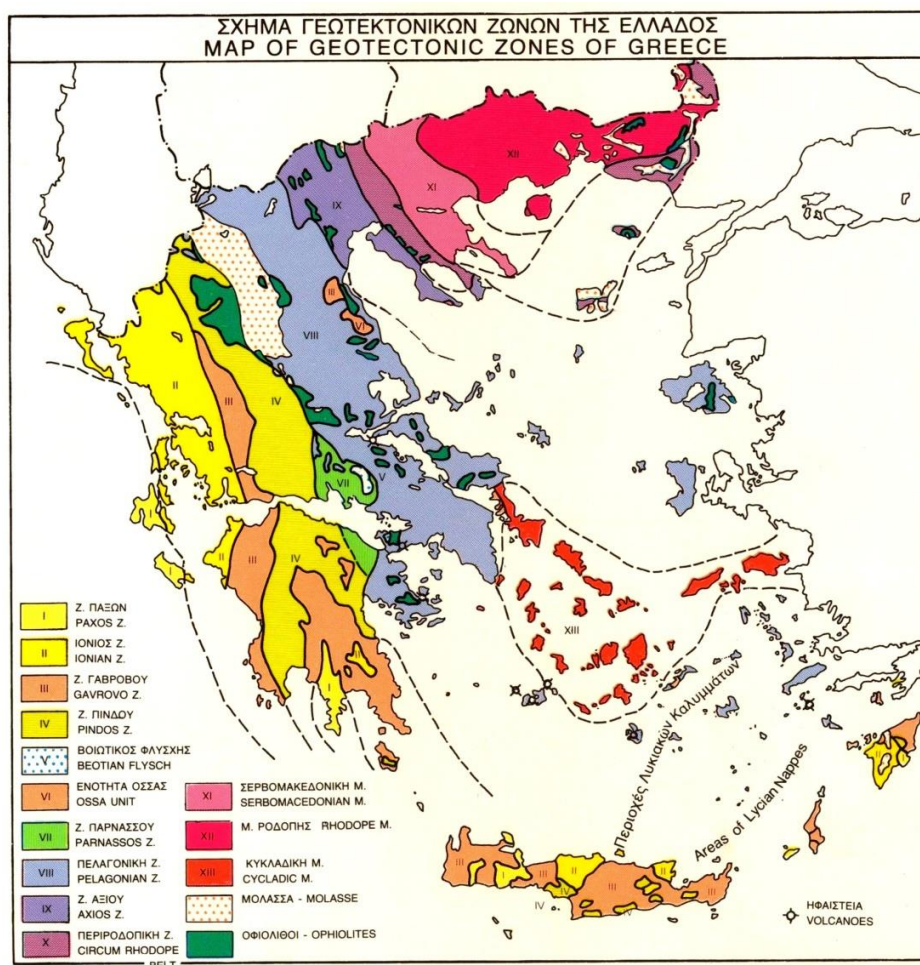
Ολοκληρώνοντας τη γεωλογική περιγραφή της περιοχής, αναφέρουμε το σημαντικότερο και επικρατέστερο γεωλογικό σχηματισμό της περιοχής τον οποίο διασχίζει ο Σπερχειός και που είναι οι αποθέσεις αυτού και οι πρόσφατες προσχώσεις. Αναφερόμαστε σε Τεταρτογενές αδιαίρετο διλούβιο και αλούβιο, όπου έχουμε διάφορες προσχώσεις και κορήματα λόφων από αργίλους, άμμους, λατύπες και κροκάλες, ενώ παράκτια παρατηρούνται προσχώσεις κροκαλοπαγών. Σημαντική αναφορά θα πρέπει να γίνει στις ποτάμιες αποθέσεις αναβαθμίδες, όπως και τις χερσαίες αποθέσεις που αποτελούνται από άμμους, αργίλους, κροκαλοπαγή, ψαμμίτες και ερυθρά πηλό. Στην κοιλάδα του Σπερχειού γενικότερα, παρατηρούνται πρόσφατες προσχώσεις (άργιλοι, άμμοι, χάλικες, κροκάλες), ενώ σε αναβαθμίδες οι οποίοι βρίσκονται 20m ψηλότερα από τον πυθμένα της κοιλάδας, παρατηρούνται αποθέσεις ερυθρού πηλού ανάμεικτες με άμμους και χάλικες.

Τέλος, συναντούνται παλαιότερες ποτάμιες αποθέσεις από αργίλους, άμμους και χαλίκια χωρίς να εμφανίζεται πρόσφατη εναπόθεση υλικών πάνω από αυτά και βεβαια νέες αποθέσεις που συνίστανται από αργίλους, άμμους και χαλίκια. Χαρακτηριστικά πρέπει να σημειωθεί ότι οι μεγάλες ασβεστολιθικές μάζες παρατηρούνται κυρίως στη νότια πλευρά του Σπερχειού προς τη ζώνη Παρνασσού - Γκιώνας όπως και στους πρόποδες της Όρθρυος στα όρια Θεσσαλίας - Στερεάς Ελλάδας (Εικόνα 2.4).

2.4 ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Η γεωλογική δομή της λεκάνης απορροής του Σπερχειού έχει επηρεασθεί από την πτυχισιχωγενή και ρηξιγενή τεκτονική. Η κύρια διεύθυνση του υδρογραφικού δικτύου ελέγχεται από την ρηξιγενή, ενώ πολλοί παραπόταμοι, ιδιαίτερα στο δυτικό ήμισυ της λεκάνης, ελέγχονται από την πτυχισιγενή τεκτονική του φλύσχη (Celet 1980, Ferriere 1977).

Στην περιοχή αυτή παρατηρούνται οι γεωτεκτονικές ζώνες της Πίνδου (εξωτερική) στο δυτικό τμήμα της λεκάνης του Σπερχειού, του Παρνασσού (εσωτερική) στο νότιο-κεντρικό τμήμα της λεκάνης, της Βοιωτίας (εσωτερική) στο κεντρικό, της Ανατολικής Ελλάδος (εσωτερική) και της Υποπελαγονικής (εσωτερική) στο νότιο-ανατολικό και της Μαλιακής (εσωτερικής) στο βόρειο και βορειο-ανατολικό τμήμα της λεκάνης απορροής του ποταμού Σπερχειού. Συνεπώς εμφανίζεται ένα εκτεταμένο τεκτονικό κάλυμμα των Εσωτερικών Ελληνίδων, επωθημένο στις εξωτερικές Ανώτερου Ηωκαινικής-Ολιγοκαινικής ηλικίας (Παπανικολάου 1986).



Εικόνα 2.5: Γεωτεκτονικός χάρτης της Ελλάδας (Πηγή: ΙΓΜΕ, 1983)

Κατά το Νεογενές παρατηρείται έντονη διάβρωση του νεοδημιουργημένου αναγλύφου στην περιοχή του Σπερχειού. Η περιοχή πιθανόν να αποστραγγίζονταν προς τα ανατολικά, λόγω της ύπαρξης γλωσσοειδούς θαλάσσιας διείσδυσης στην περιοχή του σημερινού Μαλιακού κόλπου (Dermitzakis & Papanikolaou 1981). Προς το τέλος του Νεογενούς ο ρηξιγενής τεκτονισμός που ακολούθησε δημιούργησε το βύθισμα που επηρέασε την εξέλιξη της κεντρικής κοίτης του Σπερχειού και του Μαλιακού κόλπου.

Ο ρηγματογόνος τεκτονισμός, ο οποίος συνεχίζεται στο Τεταρτογενές έως σήμερα (Κακαβάς 1984, Pegoraro 1972), αποδεικνύεται από το πολύ έντονο ανάγλυφο του νότιου τμήματος της λεκάνης (περιοχή Οίτης Καλλιδρόμου) και τις πολύ ανώμαλες κατά μήκος τομές των κυριοτέρων παραποτάμων του Σπερχειού που βρίσκονται σ' αυτήν την περιοχή (Maroukian & Zamani 1984). Το μεγάλο πάχος (2.000-2.500 μ.) των παραποταμοχειμάρριων ιζημάτων στην προσχωσιγενή πεδιάδα του Σπερχειού και η ύπαρξη μεγάλων ρηγμάτων συνηγορούν για την έντονη νεοτεκτονική δράση στην περιοχή, που υπερβαίνει σε συνολικό κατακόρυφο άλμα τα 4.000 μέτρα στην περιοχή της Οίτης (Maroukian & Lagios 1987).

2.5 ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ

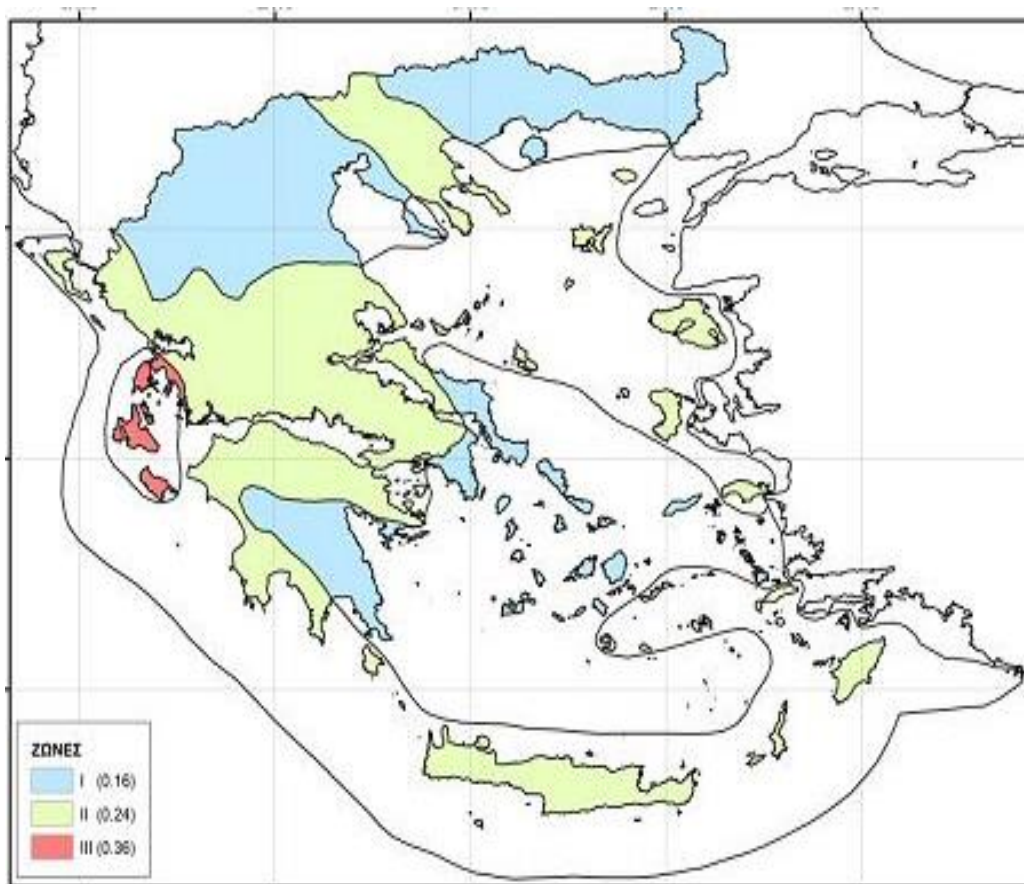
Η περιοχή μελέτης χαρακτηρίζεται από έντονη σεισμική δραστηριότητα άμεσα συνδεδεμένη με τον ενεργό τεκτονικό χαρακτήρα του χώρου. Ο χώρος αυτός διασχίζεται από μία κύρια σεισμική ζώνη που διατρέχει την κεντρική Ελλάδα σε διεύθυνση ΑΒΑ-ΔΝΔ από την Λευκάδα μέχρι τον Παγασητικό κόλπο και που τοπικά συνδέεται με τη δράση του κύριου ρήγματος της Αταλάντης. Τα κυριότερα καταγεγραμμένα σεισμικά γεγονότα της ευρύτερης περιοχής είναι τα ακόλουθα (Παπαζάχος & Παπαζάχου 2003):

- ❖ Χειμώνας 426 π.Χ.
- ❖ Θέρος 426 π.Χ., (38.8° Β & 22.6° Α, Μ=7,0), Φθιώτιδα (Σκάρφεια)
- ❖ 106-107 μ.Χ.: (Καταστροφή Οπού).
- ❖ Ιούλιος 551 μ.Χ., (38.9° Β & 22.7° Α, Μ=7,0), Φθιώτιδα (Αχινός):
- ❖ 22 Απριλίου 1544, (38.8° Β & 22.6° Α), Μ=6,8, (Λαμία)
- ❖ Μαΐος 1758, 38.9° Β, 22.7°, Μ=6,8, (Λαμία): Ο σεισμός με επίκεντρο τη Λαμία, εξαφάνισε τρία νησάκια κοντά στην Εύβοια. Προκάλεσε επίσης την κατάρρευση και την εξαφάνιση κάτω από τα κύματα ενός μέρους από το Ποντικόνησο, τοποθεσία που βρίσκεται στο βόρειο τμήμα της Εύβοιας.

- ❖ 29 Σεπτεμβρίου 1853: Ισχυρός σεισμός στην περιοχή Βοιωτίας προκαλεί σημαντικές καταστροφές στις πόλεις Αταλάντη και Χαλκίδα.
- ❖ 20 Απριλίου 1894, $M=6,7$: Ο σεισμός είχε επίκεντρο ($38,6^\circ \text{ B} \ \& \ 23,2^\circ \text{ A}$) και προκάλεσε μεγάλες καταστροφές και πολυάριθμες διαρρήξεις: α) κατά μήκος της Σκάλας, β) Μεταξύ Πευκοχωρίου και Μαλεσίνας, γ) Μεταξύ Μαρτίνου-Αταλάντης και δ) Στο Φαρμακόρευμα μεταξύ Λιβανάτων και Σκεντέραγα.
- ❖ 27 Απριλίου 1894, $M=6,9$: Νέα ισχυρότατη δόνηση με επίκεντρο ($38,7^\circ \text{ B} \ \& \ 23,1^\circ \text{ A}$). Ακολουθούν πολλά δευτερογενή φαινόμενα (καταστροφή σπηλαίων, αποξήρανση ή γένεση νέων πηγών, κατολισθήσεις, παλιρροιακά κύματα κ.λ.π.). Εμφάνιση του ρήγματος της Λοκρίδας μήκους 55 km με δευτερογενείς κλάδους. *(Τελικός απολογισμός των σεισμών Απριλίου 1894: Θύματα=255 νεκροί, 146 σοβαρά τραυματισμένοι, Υλικές ζημιές= Κατάρρευση 3.783 σπιτιών).*
- ❖ 27 Σεπτεμβρίου 1916 : Ισχυρός σεισμός ($M=5,9$) με επίκεντρο ($38,9^\circ \text{ B}, \ 23,0^\circ \text{ A}$) προκαλεί βλάβες στις Λιχάδες.
- ❖ 14 Νοεμβρίου 1974 : Σεισμοί ($M=5,1-5,2$) με επίκεντρο ($38,5^\circ \text{ B}, \ 23,1^\circ \text{ A}$).
- ❖ 1 Απριλίου 1975 : Σεισμός ($M=4,5$) με επίκεντρο ($38,5^\circ \text{ B}, \ 23,2^\circ \text{ A}$) προκαλεί βλάβες στην Αλίαρτο.
- ❖ 2 Δεκεμβρίου 1979 : Σεισμική δόνηση ($M=3,8$) με επίκεντρο ($38,4^\circ \text{ B}, \ 23,1^\circ \text{ A}$).

Ειδικότερα για τη ρηξιγενή ζώνη της Αταλάντης οι Παυλίδης κ.ά. (2004) αναφέρουν ότι το μέγιστο αναμενόμενο μέγεθος σεισμού είναι τα 6,8 ριχτερ με πιθανότητα γένεσης <4% για 50 χρόνια, ενώ και η περίοδος επαναληψιμότητας ενός τέτοιου σεισμού είναι μεγαλύτερη της τάξης των 1000 (ίσως και 2000) χρόνων.

Σύμφωνα με τον ισχύοντα από 1-1-2004, αναθεωρημένο Χάρτη Σεισμικής Επικινδυνότητας του Ο.Α.Σ.Π., που συνοδεύει τον Νέο Αντισεισμικό Κανονισμό της χώρας (ΝΕΑΚ) (1995), η ευρύτερη περιοχή της λεκάνης του Σπερχειού εντάσσεται από πλευράς σεισμικότητας στην Ζώνη ΙΙ σεισμικής επικινδυνότητας (Χάρτης 3.5.1). Σύμφωνα με τον ισχύοντα Χάρτη Σεισμικής Επικινδυνότητας η τιμή της ενεργής εδαφικής επιτάχυνσης σχεδιασμού για τη πρώτη ζώνη, είναι 0,24 g (όπου g η επιτάχυνση της βαρύτητας).



Εικόνα 2.6: Χάρτης ζωνών σεισμικής επικινδυνότητας της Ελλάδας (Ο.Α.Σ.Π. 2004)

2.6 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

Οι υδρογεωλογικοί σχηματισμοί που εμφανίζονται στη Λεκάνη του Σπερχειού παρουσιάζουν διαφορετική υδρογεωλογική συμπεριφορά που είναι συνάρτηση της λιθολογικής σύστασης, του πορώδους και της υδραπερετότητας τους. Με βάση τα στοιχεία αυτοί οι σχηματισμοί της περιοχής διακρίνονται στις εξής κατηγορίες (Ψωμιάδης 2010):

i) Υδροπερατοί σχηματισμοί: σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν τα ανθρακικά πετρώματα, τα κροκαλοπαγή των λιμναίων Πλειστοκαινικών ιζημάτων, τα αδρομερή υλικά των κώνων κορημάτων, τα παλαιά και σύγχρονα ριπίδια των χειμάρρων καθώς και οι σύγχρονες αποθέσεις της κοίτης.

ii) Ημιπερατοί έως περατοί σχηματισμοί: σε αυτούς ανήκουν οι βαθιές αποθέσεις του δέλτα του Σπερχειού και οι περιοχές όπου εμφανίζονται εναλλαγές άμμων, αργίλων και ψηφίδων με αποτέλεσμα τη δημιουργία υποαρτεσιανών και αρτεσιανών υδροφόρων οριζόντων όπως διαπιστώθηκε από γεωτρήσεις του ΙΓΜΕ. Παράλληλα στην κατηγορία αυτή κατατάσσονται και οι

σχηματισμοί των οφιολίθων που στη συγκεκριμένη περιοχή παρουσιάζουν αυξημένη υδροπερατότητα λόγω του δευτερογενούς πορώδους που έχουν εξαιτίας του έντονου τεκτονισμού.

iii) Ημιπερατοί σχηματισμοί: στην κατηγορία αυτή κατατάσσονται οι Τεταρτογενείς αποθέσεις που αποτελούνται από ανάμικτα αδρομερή και λεπτομερή υλικά. Η ανομοιογένεια αυτή εμφανίζει περιορισμένη και ασυνεχή υδροφορία. Τέτοιοι σχηματισμοί θεωρούνται οι πλημμυρικές αποθέσεις του Σπερχείου που αποτελούνται από ιλύ με ενδιαστρώσεις άμμων κατά θέσεις.

iv) Αδιαπέρατοι σχηματισμοί: θεωρούνται οι σχηματισμοί εκείνοι που παρουσιάζουν τιμές υδροπερατότητας από 10^{-6} έως 10^{-9} m/sec. Πρόκειται δηλαδή για πετρώματα πρακτικά υδατοστεγή που η μεγαλύτερη ποσότητα του νερού απορρέει επιφανειακά, ένα άλλο ποσό εξατμίζεται και ένα πολύ μικρό ποσοστό κστεισδύει στη μάζα τους. Σε αυτούς κατατάσσονται οι σχηματισμοί της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης, οι σχηματισμοί του φλύσχη εκτός των κροκαλοπαγών και των ασβεστολιθικών ενδιαστρώσεων, οι παλαιότερες αποθέσεις ιλυοαργίλων του Σπερχείου και οι ασβεστολιθικοί τόφφοι των αποθέσεων των θερμών πηγών (Trippler et al. 1979, Aust et al. 1980, Κακαβάς 1984β, Μαρίνος κ.ά.1997).

Αξιολογώντας από πλευράς υδρογεωλογικού ενδιαφέροντος τους σχηματισμούς αυτούς το μεγαλύτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα ανθρακικά πετρώματα του Μεσοζωικού και πιο συγκεκριμένα οι Κρητιδικοί ασβεστόλιθοι και οι μεγάλες ασβεστολιθικές μάζες που υπόκεινται της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης. Σημαντικό ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι κώνοι κορημάτων και τα ριπίδια που συνίστανται από ανάμικτα λεπτομερή και αδρομερή υλικά, αργίλους, άμμους, κρακαλολατύπες και ψηφίδες. Σε περιοχές που υπερισχύουν τα αδρομερή υλικά τα εκτελούμενα έργα υδροληψίας έχουν υψηλή απόδοση. Αξιόλογης σπουδαιότητας είναι και οι σχηματισμοί των Ολιγομειοκαινικών κρακαλοπαγών με τοπικό ενδιαφέρον καθώς και των κροκαλοπαγών των λιμναίων Πλειστοκαινικών ιζημάτων, ιδιαίτερα όταν εκτείνονται κάτω από τις νεώτερες προσχώσεις όπου και αποθηκεύονται σημαντικές ποσότητες υπόγειου ύδατος. Οι σύγχρονες προσχώσεις του ποταμού που αποτελούνται από κροκάλες και άμμους, παρουσιάζουν υψηλό συντελεστή υδροπερατότητας. Το πάχος των σχηματισμών αυτών σπάνια υπερβαίνει τα 30 μέτρα, το γεγονός όμως ότι αναπτύσσονται στη ζώνη που διέρχονται οι κύριες ροές του ποταμού, τους καθιστά αξιόλογους, που μπορεί να αποδώσουν μεγάλες ποσότητες νερού (Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας 1995).

2.6.1 Υδροφόροι ορίζοντες

Δυο μεγάλες κατηγορίες υδροφόρων οριζόντων διακρίνονται στην περιοχή της λεκάνης του Σπερχείου ποταμού:

i) Οι υδροφόροι ορίζοντες των προσχωσιγενών αποθέσεων που είναι τόσο ελευθέρως επιφανείας όσο και υπό πίεση. Ο ελεύθερος υδροφόρος ορίζοντας που σχηματίζεται σχεδόν σε όλη την επιφάνεια των προσχωματικών αποθέσεων χαρακτηρίζεται σαν ετερογενής. Η δυναμικότητα του χαρακτηρίζεται από μέτρια μέχρι ικανοποιητική. Ο υπό πίεση υδροφόρος ορίζοντας εμφανίζεται σε βαθύτερα υδροφόρα στρώματα και ιδιαίτερα όπου υπάρχουν συχνές εναλλαγές αδρομερών και λεπτομερών υλικών. Στις περιοχές Κόμμα και Ανθήλη όπου παρουσιάζουν μεγάλο πάχος και ανάπτυξη οι σχηματισμοί αυτοί, συναντώνται υδροφόροι υπό πίεση. Η δυναμικότητα των υπό πίεση υδροφόρων είναι πολύ ικανοποιητική και μάλλον σταθερή σύμφωνα με τις συνεχείς μετρήσεις υπαίθρου. Ο εμπλουτισμός των παραπάνω υδροφόρων οριζόντων εξασφαλίζεται από τα εξής:

- α. την άμεση κατείσδυση των βρόχινων νερών,
- β. την πλευρική και κατακόρυφη μετάγγιση και διήθηση υπογείων νερών που προέρχονται από τους μεγάλους κώνους κορημάτων και
- γ. την περιοδική πλευρική διήθηση των υδάτων του Σπερχειού ποταμού. Ο εμπλουτισμός αυτός γίνεται εντονότερος στις περιόδους των μεγάλων πλημμυρών.

ii) Υδροφόροι ορίζοντες ανθρακικών σχηματισμών. Οι ασβεστολιθικοί (σχηματισμοί της Όρθρυος, του Καλλίδρομου και της Οίτης, είναι έντονα τεκτονισμένοι, κατακερματισμένοι και αποκαρστωμένοι με αυξημένο πορώδες και υδραπερατότητα. Από μελέτες του Ινστιτούτου Γεωλογικών & Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ) έχουν διαχωριστεί δύο καρστικά συστήματα και μια καρστική ενότητα. Το καρστικό σύστημα Λαμίας-Στυλίδας που περιλαμβάνει τους ασβεστόλιθους της Όρθρυος και εκφορτίζεται μέσω των πηγών Αγ. Παρασκευής, Σφαγείων και Μαυρομαντήλας. Το καρστικό σύστημα της Οίτης, με σημαντικότερες εκφορτίσεις στο συγκρότημα πηγών Κομποτάδων-Μεξιατών και η καρστική ενότητα Καλλιδρόμου-Οίτης, που εκφορτίζεται μέσω των πηγών Μαυρονέρια.

2.6.2 Ποιότητα υδάτων

Τα υπόγεια νερά της λεκάνης του Σπερχειού χαρακτηρίζονται ως ανθρακικά, καλής μέχρι μέτριας ποσιμότητας και εξαιρετικής ποιότητας για άρδευση (Κακαβάς 1984α). Εξαίρεση αποτελούν τα υπόγεια νερά του ανατολικού και του δελταϊκού τμήματος του Σπερχειού, που εμφανίζεται υποβαθμισμένο. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην επίδραση των νερών των θερμομεταλλικών πηγών που πιθανότατα επιδρούν με πλευρικές διαχύσεις προς τις προσχώσεις, καθώς και στη διείσδυση του θαλασσινού νερού.

Στη λεκάνη απορροής του Σπερχειού παρατηρείται μια υποβάθμιση της ποιότητας τόσο του επιφανειακού όσο και του υπόγειου νερού. Για τα επιφανειακά νερά η ρύπανση αυξάνεται από τα

δυτικά προς τα ανατολικά και οφείλεται κύρια στην άφθονη χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων καθώς και στη διάθεση των λυμάτων και αποβλήτων βιομηχανικών και βιοτεχνικών μονάδων. Σε ορισμένους ορεινούς οικισμούς της περιοχής παρατηρήθηκε ρύπανση των υδατικών πόρων λόγω έλλειψης αποχετευτικών δικτύων.

Από το χωριό Κόμμα μέχρι την Ανθήλη η συγκέντρωση σε χλωρίοντα παρουσιάζεται αρκετά υψηλή και πιθανόν να οφείλεται τόσο στην αλατότητα των εδαφών όσο και στην προέλαση της θάλασσας σε αργό όμως ρυθμό.

Επίσης στην περιοχή έρευνας υπάρχει αρκετά μεγάλος αριθμός θερμομεταλλικών πηγών, δηλαδή πηγών με ιδιαίτερα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά του νερού, αρκετές από τις οποίες είναι αξιοποιημένες και ιδιαίτερα σημαντικές για την ιαματική τους δράση.

Οι κυριότερες από αυτές είναι της Υπάτης (υδροθειοχλωρονατριούχος πηγή και οξυπηγή θερμοκρασίας 33,5°C και 0,11 μονάδων ραδιενέργειας), του Πλατυστόμου (που έχει δύο πηγές, η μία είναι αλκαλική θειοπηγή θερμοκρασίας 33,6°C και 0,14 μονάδων ραδιενέργειας και η άλλη υδροθειούχος θερμοκρασίας 25,5°C και 0,36 μονάδων ραδιενέργειας), των Θερμοπυλών (υδραθειοχλωρονατριούχος πηγή, θερμοκρασίας 41°C και ραδιενέργειας 0,6 μονάδων), του Αρχανίου (θειούχος πηγή, θερμοκρασίας 28°C), οι Σιδηροπηγές (υδροθειοχλωρονατριούχος πηγή θερμοκρασίας 30,9°C και ραδιενέργειας 0,1 μονάδων) και η Καλλυντική υδροθειοχλωρονατριούχος πηγή (Σφέτσος 1988, ΙΓΜΕ 1996, Gartzos & Stamatis 1996, ΥΠΙΑΝ 2006).

2.7 ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Το κλίμα στην περιοχή της λεκάνης απορροής του Σπερχειού ανήκει στην υποτροπική μεσογειακή ζώνη με τις θερμές και ξηρές (άνομβρες) περιόδους να αρχίζουν στα τέλη της Άνοιξης και να διαρκούν το καλοκαίρι μέχρι και τις αρχές του φθινοπώρου και τις βροχερές περιόδους να συμβαίνουν από τα μέσα του φθινοπώρου, το χειμώνα και τις αρχές της άνοιξης (Ζαμπάκας 1981, Poulos et al. 1997, Ευθυμίου κ. ά. 2005). Ειδικότερα στον Μαλιακό κόλπο το κλίμα χαρακτηρίζεται ως Μεσογειακό, ενώ στο εσωτερικό είναι πεδινό ηπειρωτικό στην κοιλάδα του Σπερχειού και ορεινό ηπειρωτικό με ψυχρό και δριμύ χειμώνα σε περιοχές με υψόμετρο πάνω από 500 μέτρα.

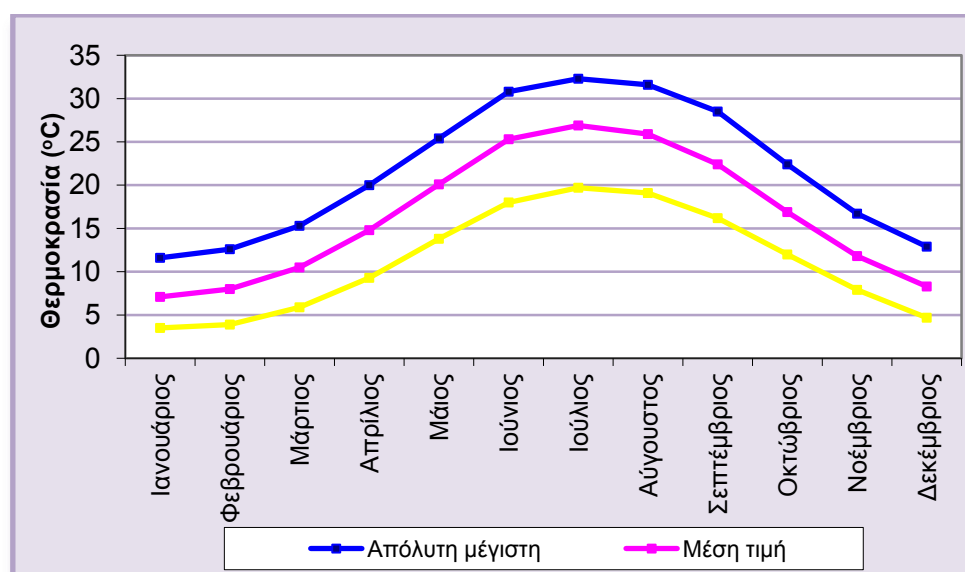
Στην συνέχεια παρουσιάζονται οι κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή μελέτης σύμφωνα με τα δεδομένα του Μετεωρολογικού Σταθμού Λαμίας (ύψος σταθμού 166,8 μ., μήκος/πλάτος: 23,01/36,08), που λόγω της θέσης του επηρεάζει περισσότερο την περιοχή μελέτης.

Συγκεκριμένα οι συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας και ολικού ύψους βροχής δίνονται στον Πίνακα 2.1 όπου παρατηρείται ότι η μέση μηνιαία θερμοκρασία κατά την διάρκεια του χρόνου

κυμαίνεται μεταξύ 7,1°C και 26,9°C. Η απόλυτη ελάχιστη θερμοκρασία για το διάστημα λήψης δεδομένων ήταν 3,5°C, ενώ η απόλυτη μέγιστη 32,3°C. Οι θερμοκρασιακές μεταβολές κατά την διάρκεια του έτους φαίνονται και στο Σχήμα 2.1.

Πίνακας 2.1.: Μετεωρολογικά στοιχεία σταθμού Λαμίας για το χρονικό διάστημα 1970-1997 (Πηγή: Ε.Μ.Υ.)

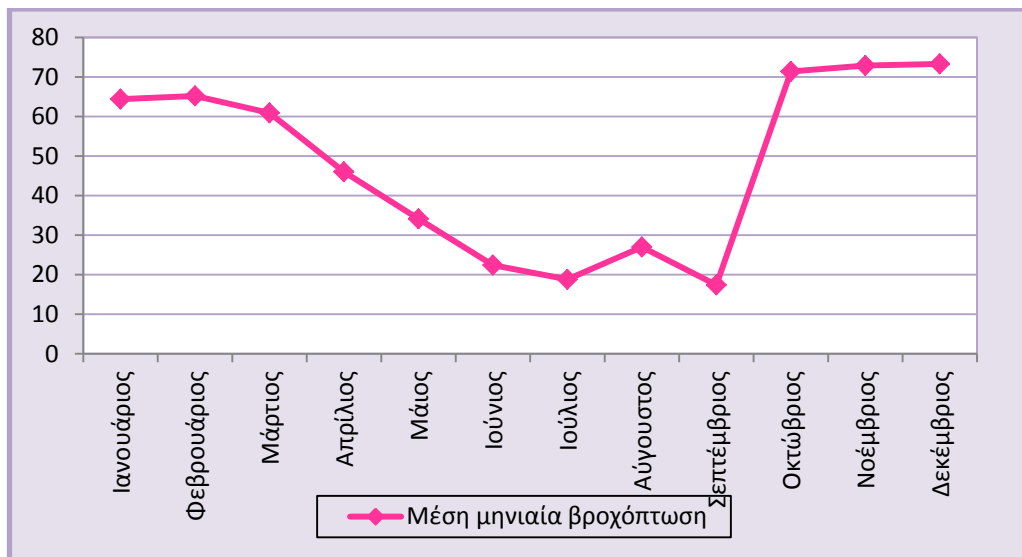
Μήνας	Μέση Θερμοκρασία (°C)	Απόλυτη Μέγιστη Θερμοκρασία (°C)	Απόλυτη Ελάχιστη Θερμοκρασία (°C)	Σχετική Υγρασία (%)	Ολικό Ύψος Υετού (mm)
Ιανουάριος	7,1	11,6	3,5	76,5	64,4
Φεβρουάριος	8,0	12,6	3,9	74,5	65,2
Μάρτιος	10,5	15,3	5,9	71,5	60,9
Απρίλιος	14,8	20,0	9,3	65,0	46,0
Μάιος	20,1	25,4	13,8	59,1	34,1
Ιούνιος	25,3	30,8	18,0	49,9	22,4
Ιούλιος	26,9	32,3	19,7	50,0	18,8
Αύγουστος	25,9	31,6	19,1	54,2	27,0
Σεπτέμβριος	22,4	28,5	16,2	59,7	17,4
Οκτώβριος	16,9	22,4	12,0	70,4	71,4
Νοέμβριος	11,8	16,7	7,9	75,5	72,9
Δεκέμβριος	8,3	12,9	4,7	76,8	73,3



Σχήμα 2.2: Θερμοκρασιακές μεταβολές κατά τη διάρκεια του έτους

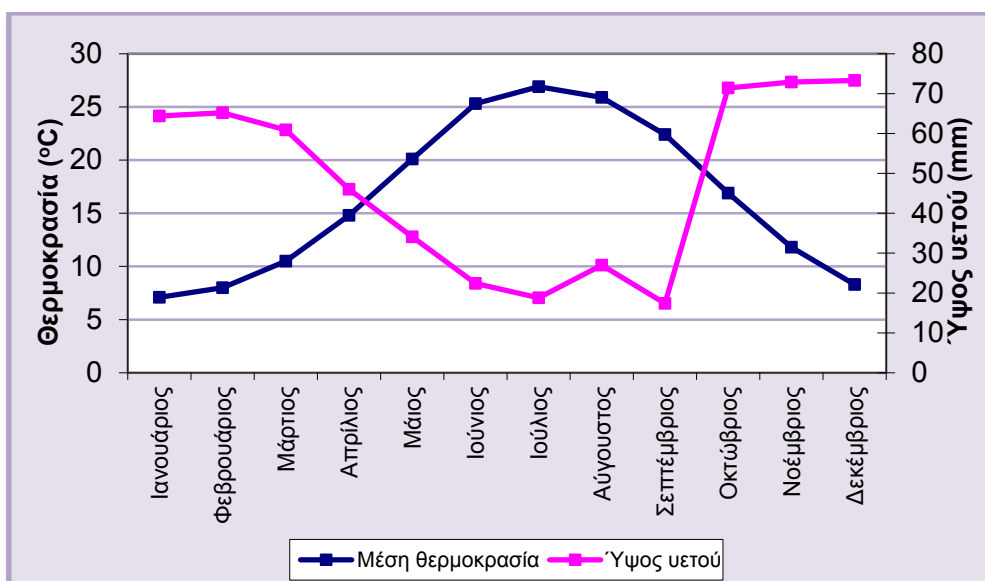
Βροχόπτωση

Ο μήνας με το μεγαλύτερο ύψος βροχής είναι ο Δεκέμβριος (74,9 mm), ενώ το καλοκαίρι παρατηρούνται τα μικρότερα ύψη βροχής (Ιούνιος 12,8 mm, Ιούλιος 6,9 mm, Αύγουστος 10,3 mm).



Σχήμα 2.3: Μεταβολή της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης (Σταθμός Λαμίας, Πηγή: Ε.Μ.Υ.)

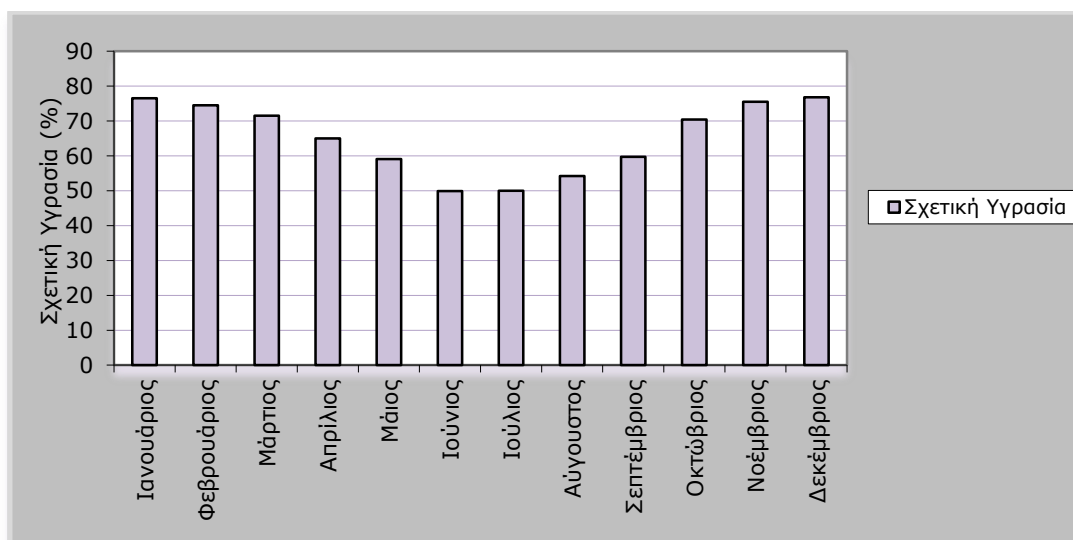
Η ξηρότητα του κλίματος προσδιορίζεται με την χρήση του ομβροθερμικού διαγράμματος όπου πραγματοποιείται σύγκριση των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών με το επίπεδο ολικής κατακρήμνισης. Τα διαστήματα όπου το διπλάσιο της θερμοκρασίας είναι μεγαλύτερο από το επίπεδο κατακρήμνισης θεωρούνται περίοδοι ξηρού κλίματος (Στο σχήμα 2.4 η αντιστοιχία της κλίμακας θερμοκρασία προς την κλίμακα κατακρήμνισης είναι $1^{\circ}\text{C} = 2 \text{ χιλ.}$). Στην περιοχή μελέτης η ξηροθερμική περίοδος διαρκεί από τις αρχές Απριλίου έως τα μέσα Σεπτεμβρίου.



Σχήμα 2.4: Ομβροθερμικό διάγραμμα

Υγρασία

Οι μήνες με τα μεγαλύτερα ποσοστά σχετικής υγρασίας είναι ο Ιανουάριος και ο Δεκέμβριος με τιμές αντίστοιχα 76,5 – 76,8 %. Ο μήνας με τα μικρότερα εμφανίζεται ο Ιούνιος με σχετική υγρασία 49,9 %. Η μέση σχετική υγρασία του έτους ανέρχεται σε 65.26%. Στο διάγραμμα 4.3 που ακολουθεί δίνονται τα ετήσια επίπεδα σχετικής υγρασίας του αέρα και παρατηρείται ότι στη διάρκεια του έτους η πορεία της σχετικής υγρασίας παρουσιάζει απλή κύμανση.



Σχήμα 2.5: Μεταβολή της σχετικής υγρασίας

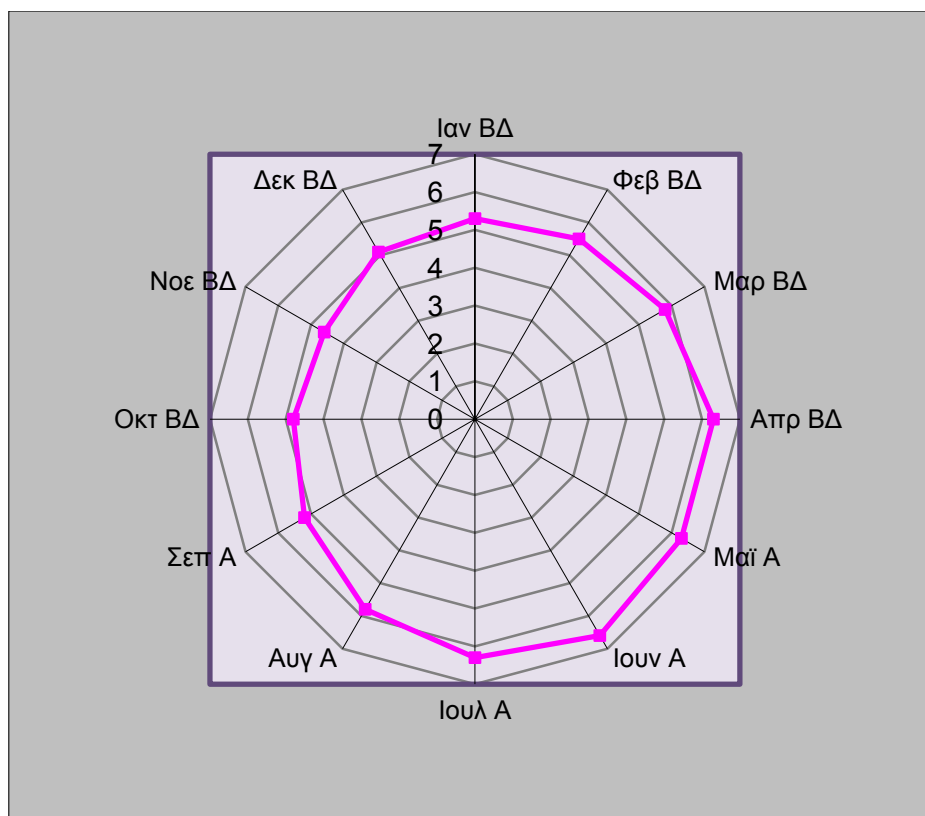
Άνεμοι

Η ταχύτητα των ανέμων, σύμφωνα με τα δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού Λαμίας παρουσιάζεται στον πίνακα που ακολουθεί.

Οι επικρατέστεροι άνεμοι είναι οι βορειοδυτικοί. Η μέγιστη καταγεγραμμένη ταχύτητα των ανέμων που πνέουν στην περιοχή είναι των 6,6 Kt και αφορά άνεμους ανατολικούς οι οποίοι παρουσιάζουν την δεύτερη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης.

Πίνακας 2.2: Διεύθυνση και ένταση ανέμου (Πηγή: Ε.Μ.Υ.)

Διεύθυνση και Ένταση Ανέμου (Kt)												
Μήνας	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
Διεύθυνση	ΒΔ	ΒΔ	ΒΔ	ΒΔ	Α	Α	Α	Α	Α	ΒΔ	ΒΔ	ΒΔ
Ένταση	5.3	5.5	5.8	6.3	6.3	6.6	6.3	5.8	5.2	4.8	4.6	5.1



Σχήμα 2.6: Ανεμόγραμμα

2.8 ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Σύμφωνα με τα προαναφερθέντα και με το βιοκλιματικό χάρτη της ευρύτερης περιοχής του έργου, με βάση τις τιμές του βροχοθερμικού πηλίκου του Emberger, η περιοχή του έργου ανήκει στον ημίξηρο βιοκλιματικό όροφο με ήπιο χειμώνα και με τη μέση ελάχιστη θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα (m) να είναι $3^{\circ}\text{C} < m < 7^{\circ}\text{C}$. Το κλίμα της περιοχής του έργου κατατάσσεται στο έντονο μέσο - μεσογειακό με τον αριθμό (X) των βιολογικών ξηρών ημερών κατά τη θερμή και ξηρά περίοδο να κυμαίνεται μεταξύ $75 < X < 100$. Η ξηρή-θερμή περίοδος διαρκεί από τον Ιούνιο μέχρι τις αρχές Σεπτεμβρίου (Μαυρομάτης 1980).

2.8.1 Οικοσυστήματα

Το Δίκτυο Φύση 2000 ή Natura 2000, που αποτελεί ένα Ευρωπαϊκό Οικολογικό Δίκτυο περιοχών, οι οποίες φιλοξενούν φυσικούς τύπους οικοτόπων και οικοτόπους ειδών που είναι σημαντικοί σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Αποτελείται από δύο κατηγορίες περιοχών, τις Ζώνες Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ – Special Protection Areas – SPA) για την ορνιθοπανίδα, όπως ορίζονται στην Οδηγία 79/409/ΕΚ, και τους Τόπους Κοινοτικής Σημασίας (ΤΚΣ – Sites of Community Importance

- SCI) όπως ορίζονται στην Οδηγία 92/43/ΕΚ, Οι ΖΕΠ, μετά τον χαρακτηρισμό τους από τα Κράτη Μέλη, εντάσσονται αυτόματα στο Δίκτυο Natura 2000, και η διαχείρισή τους ακολουθεί τις διατάξεις του άρθρου 6 της Οδηγίας 92/43/ΕΚ. Αντίθετα, για την ένταξη των ΤΚΣ πραγματοποιείται επιστημονική αξιολόγηση και διαπραγμάτευση μεταξύ των Κρατών Μελών και της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, σύμφωνα με τα αποτελέσματα των κατά οικολογική ενότητα Βιογεωγραφικών Σεμιναρίων. Οι δραστηριότητες στις περιοχές του Δικτύου Natura 2000 ρυθμίζονται μέχρι σήμερα από την Εθνική Νομοθεσία. Η Οδηγία 79/409/ΕΚ εναρμονίστηκε στο ελληνικό Δίκαιο με τις Κοινές Υπουργικές Αποφάσεις 4149Β 5/29-11-85 (ΦΕΚ 757/Β/1Β-12-85), 366599/16-12-96 (ΦΕΚ 1188/Β/31-12-96), 2942Β3/23-12-97 (ΦΕΚ 68/Β/4-2-98). Η Οδηγία 92/43/ΕΚ εναρμονίστηκε στο ελληνικό Δίκαιο με την Κοινή Υπουργική Απόφαση 3331Β/302Β/11-12-98 (ΦΕΚ 1289/Β/28-12-98) (<http://www.minenv.gr>).

Τόσο η κοιλάδα του Σπερχειού όσο και η περιοχή του Δέλτα του Σπερχειού είναι ενταγμένες στο Δίκτυο NATURA 2000 ως περιοχή «κοινοτικού ενδιαφέροντος» (GR2440002) και «Ζώνη Ειδικής Προστασίας» (GR2440005) αντίστοιχα.

Στη συνέχεια παρατίθενται στοιχεία για αυτή την περιοχή (πηγή: ΥΠΕΧΩΔΕ).

Πίνακας 2.3: Κοιλάδα και εκβολές Σπερχειού - Μαλιακός

ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ: GR 2440002	ΤΥΠΟΣ: Β
Γεωγραφικό Μήκος: 22° 27' 30''	Γεωγραφικό Πλάτος: 38° 16' 36''
Διοικητική Περιφέρεια: Στερεάς Ελλάδα	Νομός: Φθιώτιδας
Μέσο Υψόμετρο (μ.): 650	Επιφάνεια (εκτάρια): 34000
Ελάχιστο Υψόμετρο (μ.): 0	Μέγιστο Υψόμετρο (μ.): 1000

Πίνακας 2.4: Κατηγορίες Ενδιαιτημάτων του Δικτύου Natura GR2440002

Κωδικός	Κατηγορίες	ΚΑλυψη (%)
N01	Θαλάσσιες περιοχές, θαλάσσιες γλώσσες	35
N02	Ποταμοί Εκβολές, Λασπώδεις, Αμμώδεις, Λιμνοθάλασσες (συμπεριλαμβανομένων των αλικών) στα οποία εκδηλώνεται άμπωτης	15
N03	Αλίπεδα, Αλατούχες στέπες, Αλατούχες βοσκές	5
N04	Παράκτιες θίνες, Αμμώδεις ακτές	5

N06	Εσωτερικά γλυκά νερά (στάσιμα νερά, κινούμενα νερά)	20
N07	Βάλτοι, Έλη	10
N08	Χερσότοποι, θάμνοι, μακιά βλάστηση, φρύγανα	10
Σύνολο Ενδιαιτημάτων		100

Η περιοχή βρίσκεται στο ανατολικό τμήμα της Κεντρική Ελλάδας. Τα όριά της βρίσκονται στην περιφερειακή ζώνη του Εθνικού Δρυμού της Οίτης και γειτνιάζει με τα όρη Τυμφρηστό και Βαρδούσια. Στην περιοχή ξεχωρίζουν τρία διαφορετικά τμήματα: α) ο Μαλιακός Κόλπος, β) οι εκβολές του Σπερχειού ποταμού και οι γύρω περιοχές και γ) η κοιλάδα του Σπερχειού ποταμού και οι πηγές του. Η περιοχή καταλαμβάνει έκταση 34.000 εκταρίων.

Ο Μαλιακός Κόλπος καλύπτει 9.000 εκτάρια. Είναι ένας μικρός κλειστός κόλπος που συνδέεται με το Αιγαίο πέλαγος και τον Β. Ευβοϊκό Κόλπο, στο ανατολικό άκρο του, μέσω δύο μικρών διαύλων. Στο εξωτερικό ανατολικό τμήμα του, το μέσο βάθος είναι 30 μέτρα και στο εσωτερικό δυτικό του τμήμα δεν ξεπερνά τα 25 μέτρα. Ο πυθμένας του καλύπτεται ως επί το πλείστον από μαλακό ίζημα. Ο Σπερχειός ποταμός συναντά την θάλασσα στο ΝΔ άκρο του κόλπου. Το εσώτερο τμήμα του κόλπου, κοντά στο στόμιο του ποταμού, είναι το πιο ρηχό.

Η πόλη της Στυλίδας (περίπου 6.000 κάτοικοι) βρίσκεται στη ΒΔ πλευρά του κόλπου. Το λιμάνι της είναι το πιο σημαντικό στον κόλπο, καθώς φιλοξενεί εμπορικά πλοία και αλιευτικά σκάφη. Η αλιευτική δραστηριότητα στον κόλπο επιτελείται από 322 επίσημα καταχωρημένα σκάφη (7-150 HP, 4-12 μέτρα μήκος), που ανήκουν σε 700 αλιείς. Η παραγωγή ψαριών και Διθύρων Μαλακίων είναι υψηλή. Για το εσωτερικό τμήμα υπάρχουν αλιευτικοί περιορισμοί από την Πολιτεία (περίπου η μισή από την συνολική έκταση του κόλπου).

Ο πυρήνας των εκβολών καλύπτει 319,5 εκτάρια ενώ η ευρύτερη περιοχή ανέρχεται στα 10.000 εκτάρια. Οι εκβολές και οι γύρω περιοχές σχηματίζουν ένα ποικίλο τοπίο. Υπάρχουν δύο τύποι φυσικής βλάστησης. Η πρώτη απαντάται κατά μήκος των όχθων του ποταμού ενώ η δεύτερη καλύπτει την περιοχή των αλίπεδων. Η πρώτη κυριαρχείται από *Salix* sp., *Populus* sp., *Rubus* sp., *Agnus* sp., *Phragmites* spp., *Typha* sp. ενώ η δεύτερη από *Phragmites australis*, κοντά στις όχθες, και από *Arthrocremnum* sp., *Tamarix* sp. και *Salicornia* sp., στην υπόλοιπη περιοχή. Η μεγαλύτερη έκταση της περιοχής έξω από τον πυρήνα καλύπτεται από εντατικές καλλιέργειες - κυρίως ρυζιού. Η γη γύρω από τις εκβολές καλύπτεται κυρίως από ξηρικές καλλιέργειες και χορτολιβαδικές

εκτάσεις, ενώ ένα μικρό τμήμα καλύπτεται από ελαιόδεντρα (δεν υπάρχουν ολοκληρωμένες επιστημονικές μελέτες για την βλάστηση της περιοχής).

Γύρω από τις εκβολές υπάρχουν δέκα κοινότητες, που αριθμούν συνολικά 8.896 κατοίκους. Οι περισσότεροι από αυτούς ασχολούνται κυρίως με την γεωργία. Ο πληθυσμός της πόλης της Λαμίας, στα όρια των εκβολών, είναι 43.898 κάτοικοι.

Το τελευταίο τμήμα των εκβολών, κοντά στο στόμιο του ποταμού και εκεί που η ξηρά συναντά την θάλασσα, σχηματίζει ένα ρηχό κόλπο σαν λιμνοθάλασσα που ονομάζεται Λιβάρι (500 εκτάρια). Το βάθος στο μεγαλύτερο τμήμα του είναι 5 μέτρα. Εδώ, το κυνήγι απαγορεύεται από το νόμο. Το κυνήγι απαγορεύεται επίσης στις εκβολές και τις γύρω κοινότητες.

Το δυτικότερο άκρο της περιοχής περιλαμβάνει το ορεινού τύπου τμήμα του Σπερχειού ποταμού. Η κοίτη του ποταμού καταλαμβάνει έκταση 211.600 εκταρίων. Αν υπολογιστούν και τα 63 ρέματα που καταλήγουν στον Σπερχειό, τότε πρέπει να προστεθούν κι άλλα 2.500 εκτάρια. Εξαιτίας αυτής της εκτεταμένης κοίτης, ο ποταμός χαρακτηρίζεται από υψηλά επίπεδα παρασυρόμενων υλικών. Το μήκος του ποταμού είναι 82,5 km και ξεκινά από το όρος Τυμφρηστό σε υψόμετρο 2.327 μέτρων. Η κοιλάδα του καλύπτει 15.000 εκτάρια με μέσο υψόμετρο 621-810 μέτρα.

Προχωρώντας από την πόλη της Λαμίας προς τις πηγές του Σπερχειού, το τοπίο κυριαρχείται από μονίμως ξηρές και αρδευόμενες καλλιέργειες. Στο βόρειο τμήμα της κοιλάδας υπάρχουν εναλλασσόμενες καλλιέργειες, χορτολιβαδικές εκτάσεις και εγκαταλελειμμένες αγροτικές εκτάσεις. Τέλος, κοντά στις πηγές του ποταμού, εκτός από τα μικρά τμήματα που καλύπτονται από καλλιέργειες εσπεριδοειδών, η περιοχή κυριαρχείται από εγκατελελειμμένη αγροτική γη. Στα όρια γύρω από την κοιλάδα, κοντά στους πρόποδες των γειτονικών βουνών, η βλάστηση χαρακτηρίζεται από φρύγανα. Εξαιτίας της έλλειψης μελετών για τους οικότοπους, η επίσκεψη στην περιοχή είναι απαραίτητη για τον ποσοτικό προσδιορισμό της χλωριδικής και πανιδικής σύστασης.

Η ποιότητα και η σημασία της κάθε περιοχής εστιάζονται στα παρακάτω σημεία:

- α) Ο Μαλιακός Κόλπος υποστηρίζει μια σημαντική παραγωγή σε ψάρια και Δίθυρα Μαλάκια. Υπάρχει επίσης πολύ καλό δυναμικό για την ανάπτυξη των υδατοκαλλιεργειών.
- β) Το Λιβάρι, το εσώτερο τμήμα του κόλπου, είναι ένα φυσικό θαλάσσιο πάρκο για την αναπαραγωγή των ψαριών και την ανάπτυξη των νεαρών τους ατόμων.
- γ) Οι εκβολές του Σπερχειού ποταμού προσφέρουν ιδανικές περιβαλλοντικές παραμέτρους για πολλά είδη της ορνιθοπανίδας, πολλά από τα οποία προστατεύονται. Η προτεινόμενη περιοχή έχει χαρακτηριστεί ως Σημαντική για την Ορνιθοπανίδα Περιοχή (Important Bird Area, IBA).

δ) Οι παρακείμενοι στις εκβολές ορυζώνες, έχουν σημαντική οικονομική αξία για τις γύρω κοινότητες.

ε) Ο ποταμός, υποστηρίζει ποικίλη ιχθυοπανίδα με πολλά σημαντικά -ενδημικά ή/και προστατευόμενα- είδη. Επίσης, αρδεύει τα γόνιμα εδάφη των εκβολών και της κοιλάδας του.

ζ) Οι θερμές πηγές των Θερμοπυλών, στις οποίες απαντάται το αφρικάνικο ψάρι *Tilapia nilotica*, όπως επίσης και οι καρστικές πηγές της Αγίας Παρασκευής έχουν σπουδαίο οικολογικό ενδιαφέρον.

Επίσης τα παρακάτω **σημαντικά είδη** έχουν βρεθεί στην περιοχή:

Ψάρια γλυκού νερού:

Barbus capito graecus, προστατεύεται από τον Ελληνικό νόμο (Π. Δ. 67/81)

Tilapia nilotica (βλ. παραπάνω)

Ασπόνδυλα:

Lithophaga lithophaga, είναι σημαντικό είδος (Koomen & van Helsdingen), Παράρτημα IV Οδηγία 92/43/ΕΟΚ.

Τα έντομα *Leptidia duponcheli*, *Pieris ergane* (Π. Δ. 67/81)

Charaxes jasius, περιλαμβάνεται στο Παράρτημα IV Οδηγία 92/43/ΕΟΚ.

❖ Ερπετά:

Coronella austriaca, *Vipera ammodytes*, *Ablepharus kitaibelli*, *Lacerta trilineata*, περιλαμβάνονται στο Παράρτημα IV Οδηγία 92/43/ΕΟΚ.

❖ Θηλαστικά:

Nyctalus lasiopterus, *Nyctalus leisleri*, περιλαμβάνονται στο Παράρτημα IV Οδηγία 92/43/ΕΟΚ.

Σημείωση:

Σύμφωνα με τους Ladiges & Vogt (1979) το *Barbus plebejus* περιλαμβάνει το ενδημικό υποείδος *Barbus plebejus sperchiensis* το οποίο σύμφωνα με κάποιους συγγραφείς (Economidis, 1991) ανήκει στο είδος *B. cyclolepis*.

Ο πληθυσμός του *Phoxinellus* spp. της περιοχής αυτής ανήκει στο υποείδος *P. stymphalicus minutus*. Σύμφωνα με μερικούς συγγραφείς (Ladiges & Vogt, 1979; Economidis, 1991) το υποείδος αυτό ανήκει στο γένος *Pseudophoxinus*. Σύμφωνα με τον Karaman (1971) το *Barbus capito* περιλαμβάνει το *B. graecus* και το *B. albanicus* ως συνώνυμα. Σύμφωνα όμως με άλλους συγγραφείς (Economidis, 1991) το *B. graecus* και το *B. albanicus* είναι έγκυρα είδη.

Τρωτότητα:

Αν και οι Νομαρχίες της Αν. Αττικής, Βοιωτίας και Φθιώτιδας έχουν ορίσει ειδικές περιοχές διάθεσης και τύπους λυμάτων προς διάθεση (Ν. Δ. 1964/14-11-1979), η ποιότητα των νερών του Μαλιακού Κόλπου απειλείται από τα αστικά λύματα της Λαμίας, των γειτονικών κοινοτήτων και τα απόβλητα των γύρω ελαιοτριβείων. Επίσης υπάρχουν κι άλλοι τύποι βιομηχανιών, αν και λίγες στον αριθμό, που επηρεάζουν τον κόλπο με την διάθεση των λυμάτων τους είτε στον Σπερχειό ή κατευθείαν στη θάλασσα. Ο εμπλουτισμός των νερών οφείλεται στην έκπλυση της γης από τις γύρω καλλιεργημένες εκτάσεις. Η χρήση λιπασμάτων και η εφαρμογή αεροψεκασμών είναι μάλλον έντονη σ' αυτές τις εκτάσεις.

Η υπεραλίευση είναι ακόμη ένας αρνητικός παράγοντας για τον κόλπο. Μια ακόμη πιο σημαντική απειλή είναι η παράνομη αλιεία στο Λιβάρι, το φυσικό εκκολαπτήριο του κόλπου.

Η βλάστηση των εκβολών και η πανίδα τους διαταράσσονται από την συνεχή επέκταση της καλλιεργήσιμης έκτασης και από την υπερβόσκηση από τοπικά κοπάδια.

Η ορνιθοπανίδα βρίσκεται σε κίνδυνο, κυρίως από το εντατικό παράνομο κυνήγι στις εκβολές του Σπερχειού.

Παρατηρήσεις:

Οι εκβολές του Σπερχειού είναι Καταφύγιο Θηραμάτων (Ν. Δ. 88175/2415/22-6-1987, Υπ. Γεωργίας).

Το εσώτερο τμήμα του Μαλιακού Κόλπου, το Λιβάρι, είναι φυσικό εκκολαπτήριο ψαριών και ανήκει στην Πολιτεία. Η αλιεία και το κυνήγι απαγορεύονται από το νόμο (Π. Δ. 144/86).

Οι εκβολές έχουν χαρακτηριστεί Σημαντική για την Ορνιθοπανίδα Περιοχή (Important Bird Area, IBA), σύμφωνα με την Οδηγία 79/409/ΕΟΚ

Πίνακς 2.4: Υγρότοπος εκβολών (Δέλτα) Σπερχειού

ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ: GR 2440005	ΤΥΠΟΣ: Η
Γεωγραφικό Μήκος: 22° 34' 32''	Γεωγραφικό Πλάτος: 38° 50' 26''
Διοικητική Περιφέρεια: Στερεάς Ελλάδας	Νομός: Φθιώτιδας
Μέσο Υψόμετρο (μ.): 40	Επιφάνεια (εκτάρια): 3966

Ο Μαλιακός κόλπος καλύπτει 9.000 ha. Είναι ένας μικρός κλειστός κόλπος που συνδέεται με το Αιγαίο πέλαγος και τον Β Ευβοϊκό κόλπο, στο ανατολικό άκρο του, μέσω δύο μικρών διαύλων. Στο εξωτερικό ανατολικό τμήμα του, το μέσο βάθος είναι 30 m, ενώ στο εσωτερικό δυτικό του τμήμα

δεν ξεπερνά τα 25 m. Ο πυθμένας του καλύπτεται ως επί το πλείστον από μαλακό ίζημα. Ο Σπερχειός συναντά την θάλασσα στο ΝΔ άκρο του κόλπου. Το εσωτερικό τμήμα του κόλπου, κοντά στο στόμιο του ποταμού, είναι το πιο ρηχό. Η αλιευτική δραστηριότητα στον κόλπο ασκείται από 322 επίσημα καταχωρημένα σκάφη (7-150 HP, 4-12 m μήκος), που ανήκουν σε 700 αλιείς. Η παραγωγή ψαριών και δίθυρων μαλακίων είναι υψηλή. Για το εσωτερικό τμήμα υπάρχουν αλιευτικοί περιορισμοί (περίπου η μισή από τη συνολική έκταση του κόλπου). Ο πυρήνας των εκβολών καλύπτει 319,5 ha, ενώ η ευρύτερη περιοχή ανέρχεται στα 10.000 ha. Οι εκβολές και οι γύρω περιοχές σχηματίζουν ένα ποικίλο τοπίο. Υπάρχουν δύο τύποι φυσικής βλάστησης. Η πρώτη απαντά κατά μήκος των όχθων του ποταμού, ενώ η δεύτερη καλύπτει την περιοχή των αλίπεδων. Η πρώτη κυριαρχείται από *Salix* sp., *Populus* sp., *Rubus* sp., *Alnus* sp., *Phragmites* spp., *Typha* sp., ενώ η δεύτερη από *Phragmites australis*, κοντά στις όχθες, και από *Arthrocremnum* sp., *Tamarix* sp. και *Salicornia* sp. στην υπόλοιπη περιοχή. Η μεγαλύτερη έκταση της περιοχής έξω από τον πυρήνα καλύπτεται από εντατικές καλλιέργειες, κυρίως ρυζιού. Η γη γύρω από τις εκβολές καλύπτεται κυρίως από ξερικές καλλιέργειες και χορτολιβαδικές εκτάσεις, ενώ ένα μικρό τμήμα καλύπτεται από ελαιόδενδρα (δεν υπάρχουν ολοκληρωμένες επιστημονικές μελέτες για τη βλάστηση της περιοχής). Το τελευταίο τμήμα των εκβολών, κοντά στο στόμιο του ποταμού και εκεί που η ξηρά συναντά τη θάλασσα, σχηματίζει έναν ρηχό κόλπο σαν λιμνοθάλασσα, που ονομάζεται Λιβάρι (500 ha). Το βάθος στο μεγαλύτερο τμήμα του είναι πέντε μέτρα. Το κυνήγι απαγορεύεται από τον νόμο. Το κυνήγι απαγορεύεται επίσης στις εκβολές και τις γύρω κοινότητες.

Τύποι Οικοτόπων:

Λασπώδεις και αμμώδεις επίπεδες εκτάσεις που αποκαλύπτονται κατά την αμψότιδα, Αβαθείς κολπίσκοι και κόλποι, Μεσογειακά αλίπεδα (*Juncetalia maritimi*), Μεσογειακές και θερμοατλαντικές αλόφιλες λόγχμες (*Arthrocnemetalia fruticosae*), Ποταμοί της Μεσογείου με περιοδική ροή.

Είδη ζώων: *Lutra lutra*, *Bombina variegata*, *Testudo hermanni*, *Testudo marginata*, *Emys orbicularis*, *Elaphe situla*, *Phoxinellus* spp., *Barbus plebejus*, *Barbus capito*.

Σπουδαιότητα:

Ο Μαλιακός κόλπος υποστηρίζει σημαντική παραγωγή σε ψάρια και δίθυρα μαλάκια. Υπάρχει επίσης πολύ καλό δυναμικό για την ανάπτυξη των υδατοκαλλιεργειών. Το Λιβάρι, στο εσωτερικό τμήμα του κόλπου, είναι ένα φυσικό θαλάσσιο πάρκο για την αναπαραγωγή ψαριών και την ανάπτυξη των νεαρών ιχθυοδίων. Οι εκβολές του Σπερχειού ποταμού προσφέρουν ιδανικές περιβαλλοντικές συνθήκες στην ορνιθοπανίδα, πολλά είδη της οποίας προστατεύονται. Οι

παρακείμενοι στις εκβολές ορυζώνες έχουν μεγάλη οικονομική αξία για τις γύρω κοινότητες. Ο ποταμός υποστηρίζει πολλά σημαντικά (ενδημικά ή/και προστατευόμενα) είδη ψαριών. Επίσης, αρδεύει τα γόνιμα εδάφη της κοιλάδας και των εκβολών του. Στις θερμές πηγές των Θερμοπυλών απαντά το αφρικάνικο ψάρι *Tilapia nilotica*. Τέλος, οι καρστικές πηγές της Αγίας Παρασκευής έχουν σπουδαίο οικολογικό ενδιαφέρον, γιατί αποτελούν βιότοπο για το ενδημικό ψάρι *Pungitius hellenicus*, είδος το οποίο βρίσκεται μόνο στο σύστημα του Σπερχειού.

Στη συνέχεια παρατίθενται οι περιοχές που βρίσκονται εντός της περιοχής μελέτης και εντάσσονται στο δίκτυο Natura 2000 και παρουσιάζονται στην Εικόνα 2.7 που ακολουθεί:

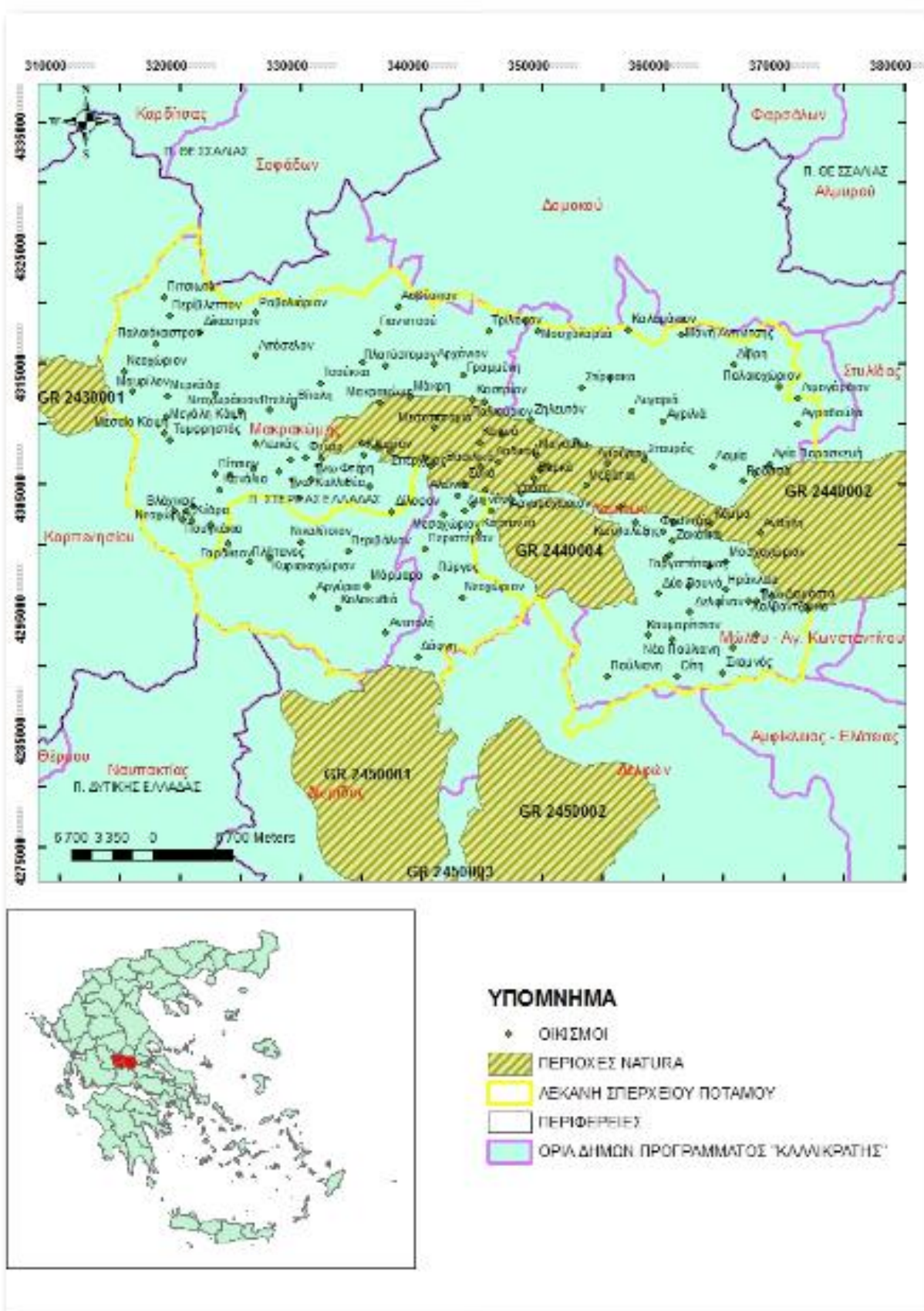
α) Το φαράγγι του Γοργοποτάμου (SCI), με κωδικό GR2440003, μέσο υψόμετρο 1.000m και έκταση 524 ha. Η σπουδαιότητα της περιοχής έγκειται στη γεωμορφολογική της δομή και στο γεγονός ότι, λόγω της δύσκολης πρόσβασης, είναι φυσικά προστατευμένη και προσφέρει καταφύγιο στα αρπακτικά πτηνά, ειδικά στον χρυσαετό και στον αίγαγρο.

β) Ο Εθνικός Δρυμός Οίτης (SCI), με κωδικό GR2440004, μέσο υψόμετρο 1.600m και έκταση 7.210 ha. Η σπουδαιότητα του συγκεκριμένου Εθνικού Δρυμού είναι τεράστια. Τουλάχιστον 50 ελληνικά ενδημικά είδη φύονται στην περιοχή, με 8 από αυτά να προστατεύονται από ελληνική νομοθεσία. Μεγάλης οικολογικής αξίας είναι μίας περιορισμένης έκτασης συστάδα μαύρης πεύκης, ενώ μεγάλο επιστημονικό ενδιαφέρον έχουν και τα σπήλαια του βουνού, με σημαντικότερο αυτό της Ανεμότρυπας.

γ) Όρος Καλλίδρομο (SCI), με κωδικό GR2440006 και έκταση 6.685 ha.

δ) Εθνικός Δρυμός Οίτης - κοιλάδα Ασωπού (SPA), με κωδικό GR2440007 και έκταση 13.088 ha (Grimmet & Jonew 1989, Economidis 1991, Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας 1992α & 1992β, <http://www.ornithologiki.gr/gr/sppe/gr103.php>).

Επίσης στην περιοχή υπάρχουν αρκετά Καταφύγια Άγριας Ζωής, Εκτροφεία θηραμάτων, Διατηρητέα Μνημεία της φύσης και Υγροβιότοποι [όπως των Πηγών Αγίας Παρασκευής (Κωδ. 244248000), το έλος της Σκάρφειας (Κωδ. 244250000), καθώς και ο ποταμός και η περιοχή του Δέλτα του Σπερχειού (Κωδ. 244253000, 244249000 αντίστοιχα)], τα οποία καθιστούν γενικότερα ολόκληρη την περιοχή της λεκάνης του ποταμού Σπερχειού ως μία ιδιαίτερα σημαντική περιοχή όσον αφορά το περιβάλλον της (ΥΠΕΧΩΔΕ 1992, Ντάφης κ.α. 1997).



Εικόνα 2.7: Περιοχές Natura στην περιοχή μελέτης της λεκάνης του ποταμού Σπερχειού (Πηγή: ΟΚΧΕ)

2.8.2. Χλωρίδα - Βλάστηση

Η χλωρίδα της περιοχής μελέτης περιλαμβάνει στην παράκτια ζώνη, όπου υπάρχουν και τα προβλήματα αλατότητας, βλάστηση χαμηλή, αραιή και θαμνώδη, με είδη ανθεκτικά όπως αλόφυτα, αρμυρίκια, εκτάσεις με αλμυρόβαλτους και καλαμώνες (*Phragmites australis*-Αγριοκάλαμο), διαφορα είδη βούρλων, καθώς και ορυζώνες. Στην ενδότερη πεδινή περιοχή κυριαρχούν οι αροτραίες καλλιέργειες και τα κηπευτικά καθώς και λίγες δενδρώδεις καλλιέργειες οπωροφόρων (κερασιές, ροδακινιές κλπ) και ακρόδρυων (φιστικιές), ενώ στην βορειοανατολική και νοτιοανατολική περιοχή της λεκάνης κυριαρχεί η καλλιέργεια της ελιάς. Κατά μήκος των αρδευτικών-στραγγιστικών καναλιών η βλάστηση γίνεται από λίγο έως αρκετά πυκνή και αποτελείται από διάφορα είδη υδροχαρών φυτών, όπως καλάμια, βάτα, νερόκρινα, βούρλα κ.α.).

Οι παρόχθιες περιοχές του Σπερχειού και των παραπόταμων του, καταλαμβάνονται από δενδρώδη βλάστηση (κυρίως φυλλοβόλα) που αποτελείται κυρίως από παραποτάμια είδη με πιο αντιπροσωπευτικά τη λευκή Λεύκη (*Populus alba* L.), την Ιτιά (*Salix alba*), το Σκλήθρο (*Alnus glutinosa*) και τον Πλάτανο (*Platanus Orientalis*) καθώς και από υγρούς λειμώνες κα έλη γλυκού νερού. Εκτός από τα παραπάνω δασικά είδη που κυριαρχούν, φύονται επίσης σε περιορισμένο αριθμό η Γκορτσιά (*Pyrus amygdaliformis*), η Λυγαριά (*Vitex agnus-cactus*), η Ακακία (*Robinia psejdoacacia*), το Αρμυρίκι (*Temarix cretica*) και η Πικροδάφνη (*Nerium oleander*), ενώ η παρεδάφια βλάστηση περιλαμβάνει διάφορα είδη όπως βάτα, αγριατριανταφυλλιά, τσουκνίδα, τριφύλλι, καυρόχαρτο, νερολάπαθο, δρακόντια, ραδίκι, περικοκλάδα κ.α. (Γώγουλος 2004). Στις νότιες και δυτικές ορεινες περιοχές επικρατούν δαση κωνοφόρων (πεύκα, έλατα) και οξιές (*Fagus sylvatica*), ενώ στην βόρεια ορεινή περιοχή επικρατούν κυρίως θαμνώδεις εκτάσεις με αείφυλλα πλατύφυλλα και λιβάδια στα πιο πεδινά και δασική βλάστηση στις πιο ορεινές περιοχές και κυρίως προς τα δυτικά.

Στον Πίνακα 2.5 δίνονται τα κυριότερα είδη χλωρίδας τα οποία συναντώνται στην ευρύτερη περιοχή μελέτης με τα αντίστοιχα επιστημονικά τους ονόματα.

Πίνακας 2.5: Τα κυριότερα είδη χλωρίδας με τα αντίστοιχα επιστημονικά τους ονόματα

Επιστημονικό όνομα	Κοινό όνομα
<i>Pinus halepensis</i>	Χαλέπιος πεύκη
<i>Pinus nigra</i>	Μαύρη πεύκη
<i>Platanus orientalis</i>	Πλάτανος
<i>Populus</i> sp.	Λεύκα

<i>Pyrus amygdaliformis</i>	Γκορτσιά
<i>Salix</i> sp.	Ιτιά
<i>Startium junceum</i>	Σπάρτο
<i>Typha latifolia</i>	Ψαθί
<i>Ulmus cracca</i>	Φτελιά
<i>Ceratonia siliqua</i>	Χαρουπιά
<i>Quercus ciccifera</i>	Πουρνάρι
<i>Juniperus macrocarpa</i>	Κέδρο
<i>Juniperus phoenicea</i>	Αγριοκυπάρισσο
<i>Pistacia lentiscus</i>	Σχίνος
<i>Cynodon dactylon</i>	Αγριάδα
<i>Avena</i> spp.	Αγριοβρώμη
<i>Allium roseum</i>	Αγριοκρέμμυδο
<i>Hordeum</i> spp.	Αγριοκρίθαρο
<i>Chrysanthemum segetum</i>	Αγριομαργαρίτα
<i>Taraxacum officinale</i>	Αγριοράδικο
<i>Alopecurus myosuroides</i>	Αλεπουρά
<i>Asphodelus aestivus</i>	Ασφόδελος
<i>Bromus</i> spp.	Βρόμος
<i>Sonchus</i> spp.	Ζωχός
<i>Galium</i> spp.	Κολλητσίδα
<i>Papaver rhoeas</i>	Παπαρούνα
<i>Convolvulus arvensis</i>	Περικοκλάδα
<i>Cichorium intybus</i>	Ραδίκι
<i>Raphanus raphanistrum</i>	Ραπανίδα
<i>Tribulus terrestris</i>	Τριβόλι
<i>Chamomilla recutita</i>	Χαμομήλι
<i>Rubus</i>	Βάτοι
<i>Vitex agnus castus</i>	Λυγαριά
<i>Vince major</i>	Αγριολίτσα

2.8.3 Πανίδα

Όσον αφορά την πανίδα, αυτή είναι ιδιαίτερα πλούσια, ιδιαίτερα στην περιοχή του Δέλτα όπου μετά την αποξήρανση των λιμνών της Κάρλας και Κωπαΐδας, θεωρείται ως εξαιρετικής σημασίας βιότοπος και σταθμός για πολλά μεταναστευτικά πουλιά το χειμώνα.

Υπάρχουν 260 είδη πουλιών στην περιοχή, αριθμός που αποτελεί περίπου το 62% των ειδών που έχουν παρατηρηθεί μέχρι τώρα σε ολόκληρη την Ελλάδα. Από τα 260 αυτά είδη, τα 100 αναπαράγονται, ενώ τα υπόλοιπα είτε περνούν από την περιοχή κατά την μετανάστευση, είτε ξεχειμωνιάζουν, είτε είναι επισκέπτες από τα γειτονικά βουνά, είτε είναι τυχαία ή σπάνια. Τα 85 είδη περιλαμβάνονται στο παράρτημα I της Οδηγίας της ΕΟΚ 79/409 "περί της διατήρησης αγρίων πτηνών", όπου και προστατεύονται. Επίσης από την περιοχή έχουν εκλείψει ορισμένα είδη, όπου μέχρι τα τέλη του '70 ήταν κοινά, όπως το Όρνιο, που ήταν διαδεδομένο στην κοιλάδα του Σπερχειού και δεν έχει παρατηρηθεί τα τελευταία χρόνια.

Είδη πτηνών μεγάλου εθνικού ενδιαφέροντος για τα οποία η περιοχή έχει μεγάλη σημασία σε εθνικό και διεθνές επίπεδο είναι η λαγγόνα, ο στικταετος (*Aquila clanga*), ο πελαργός (*Ciconia ciconia*), ο καλαμοκανάς (*Himantopus himantopus*), το νεροχελίδονο (*Gallinula pratensis*), οι μικροτσικνιάδες (*Ixobrychus minutus*), οι ερωδιοί, οι χουλιαρόμυτες (*Alaia leucorodia*), οι αργυροτσικνιάδες (*Ergetta alba*) και το σπιρτοκιρκίνεζο, ενώ τα είδη που έχουν κάνει την περιοχή να ενταχθεί στις σημαντικές Περιοχές για τα πουλιά σε Ελλάδα και Ευρώπη και στις Ζώνες Ειδικής Προστασίας είναι η βαλτόπαπια, η αβοκέτα, η λεπτομούτα (*Nyctea nyctea*) είδος που απειλείται παγκοσμίως με εξαφάνιση, ο Λεπτόραμφος γλάρος και το Νανογλάρονο (Μαζιώτης 1998, Χριστόπουλος 2004).

Τα κυριότερα είδη πανίδας που συναντώνται στην ευρύτερη περιοχή μελέτης με τις αντίστοιχες επιστημονικές ονομασίες τους παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.6.

Πίνακας 2.6: Τα κυριότερα είδη πανίδας με τις αντίστοιχες επιστημονικές ονομασίες τους

Επιστημονική ονομασία	Κοινή ονομασία
<i>Lepus capensis</i>	Λαγός
<i>Vulpes vulpes</i>	Αλεπού
<i>Martes foina</i>	Κουνάβι
<i>Meles meles</i>	Ασβός
<i>Mustela nivalis</i>	Νυφίτσα
<i>Erinaceus concolor</i>	Σκαντζόχοιρος
<i>Rattus rattus</i>	Αρουραίος

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα κυριότερα είδη ερπετών που απαντούν στην περιοχή μελέτης.

Πίνακας 2.7: Τα κυριότερα είδη ερπετών με τις αντίστοιχες επιστημονικές ονομασίες τους

Επιστημονική ονομασία	Κοινή ονομασία
<i>Testudo hermanni</i>	Χελώνες
<i>Testudo graeca</i>	Χελώνες
<i>Lacerta viridis</i>	Σαύρες
<i>Lacerta trilineata</i>	Σαύρες
<i>Ablepharus kitaibelii</i>	Σαύρες
<i>Malpolon monspessulanus</i>	Φίδια
<i>Elaphe situla</i>	Φίδια
<i>Telescopus fallax</i>	Φίδια

Είδη θηλαστικών που υπάρχουν στην ευρύτερη περιοχή μελέτης είναι πληθυσμοί τρωκτικών (είδη ποντικών των γενών *Mus*, *Apodemus*) και εντομοφάγων (του γένους *Crocidura*). Τα σαρκοφάγα θηλαστικά αντιπροσωπεύονται κυρίως από τη νυφίτσα (*Mustela nivalis*), τον ασβό (*Meles meles*) και την αλεπού (*Vulpes vulpes*). Στον Πίνακα 2.8 παρουσιάζονται τα σημαντικότερα είδη ορνιθοπανίδας που έχουν παρατηρηθεί στην περιοχή μελέτης.

Πίνακας 2.8: Τα κυριότερα είδη ορνιθοπανίδας με τις αντίστοιχες επιστημονικές ονομασίες τους

Επιστημονική ονομασία	Κοινή ονομασία
<i>Alauda arvensis</i>	Σταρήθρα
<i>Motacilla alba</i>	Σουσουράδα
<i>Merops apiaster</i>	Μελισσουργός
<i>Luscinia megarhynchos</i>	Αηδώνι
<i>Pernis ptilorhynchus</i>	Σφηκιάρης
<i>Milvus migrans</i>	Τσίφτης
<i>Buteo rufinus</i>	Αετογερακίνα

Falco naumanni	Κιρκινέζι
Falco eleonora	Μαυροπετρίτης
Falco peregrinus	Πετρίτης
Gallinago media	Διπλομπεκάτσινο
Bubo bubo	Μπούφος
Coracias garrulus	Χαλκοκουρούνα
Lullula arborea	Δενδροσταρήθρα
Ficedula parva	Νανομυγοχάφτης
Ficedula albicollis	Κρικομυγοχάφτης
Lanius collurio	Αετομάχος

2.9 ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

2.9.1 Διοικητική υπαγωγή

Η λεκάνη απορροής του Σπερχειού ποταμού, γεωγραφικά ανήκει στην Ανατολική Στερεά Ελλάδα, στο νομό Φθιώτιδας και βρίσκεται μεταξύ των συντεταγμένων $X_{min}:311.450 \text{ m}$, $X_{max}:382.500 \text{ m}$ στον άξονα Δ-Α και $Y_{min}:4.284.950 \text{ m}$, $Y_{ax}:4.326.270 \text{ m}$ στον άξονα Ν-Β (συντεταγμένες του Ελληνικού Γεωδαιτικού Συστήματος Αναφοράς-ΕΓΣΑ '87). Καταλαμβάνει έκταση 1.661 km^2 και καλύπτει το 38% του νομού.

Ο Ν. Φθιώτιδος βρίσκεται στη Στερεά Ελλάδα και καταλαμβάνει το ΒΑ τμήμα της. Συνορεύει βόρεια με το Ν. Μαγνησίας, το Ν. Λάρισας και το Ν. Καρδίτσας, δυτικά με το Ν. Ευρυτανίας, νότια με το Ν. Φωκίδος και το Ν. Βοιωτίας ενώ ανατολικά βρέχεται από τον Ευβοϊκό και τον Μαλιακό Κόλπο. Έχει έκταση 4.368 km^2 και πρωτεύουσα είναι η Λαμία.

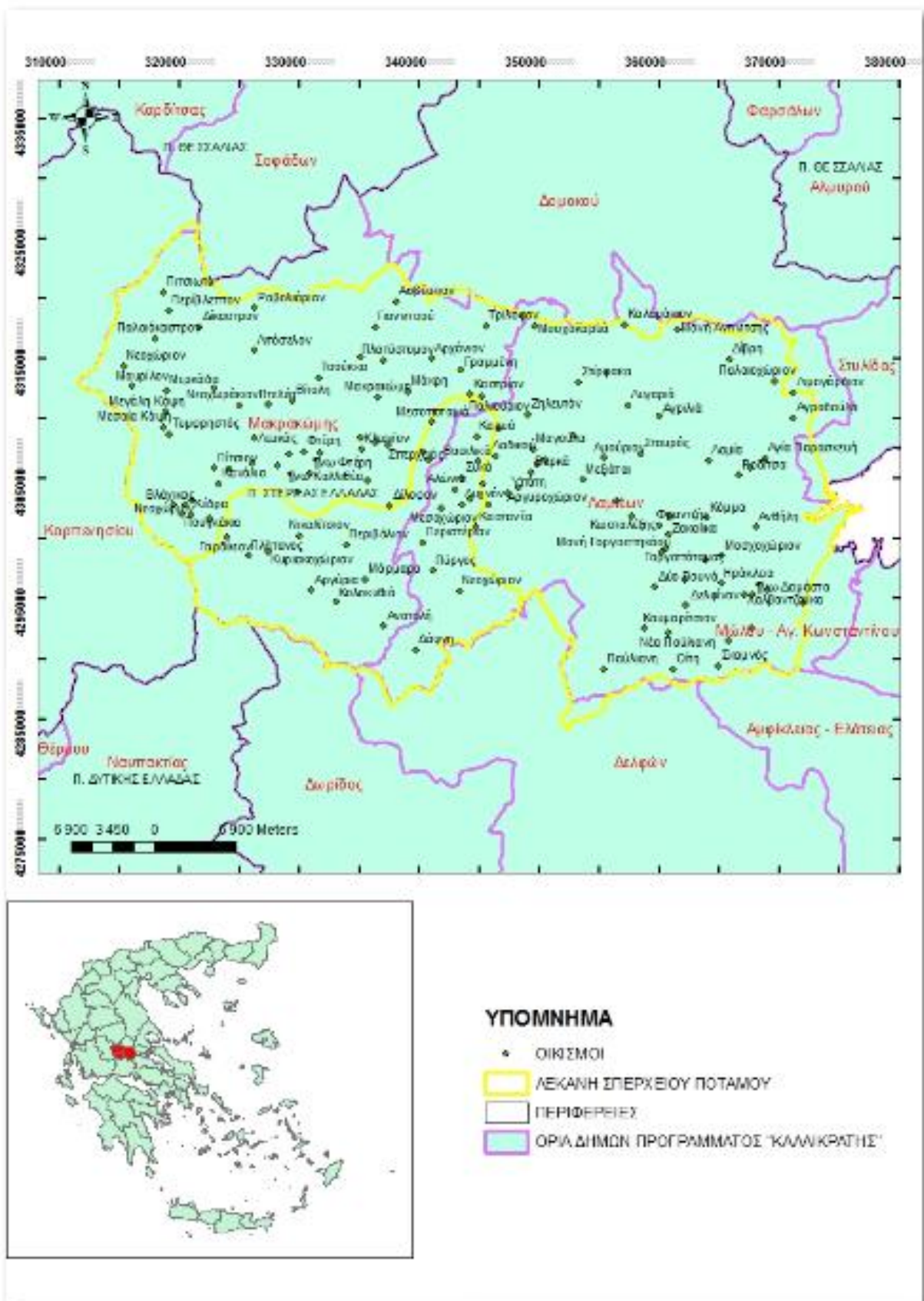
Στην περιοχή της υδρολογικής λεκάνης του Σπερχειού ποταμού βρίσκονται συνολικά, είτε εξολοκλήρου είτε μερικώς, 13 Δημοτικές ενότητες.

Η κατανομή του πληθυσμού στις 13 Δημοτικές ενότητες, από τις απογραφές του 1981, 1991 και 2001 απεικονίζονται στον Πίνακα 2.10 (ΕΣΥΕ).

Οι Δημοτικές Ενότητες, βάσει του Προγράμματος «Καλλικράτης», που περιέχονται στην λεκάνη απορροής του Σπερχείου παρουσιάζονται στον πίνακα 2.9 που ακολουθεί.

Πίνακας 2.9: Δημοτικές ενότητες της περιοχής μελέτης (Πηγή: Ε.Σ.Υ.Ε.)

ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ	ΔΗΜΟΣ	ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ
ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΤΥΜΦΡΗΣΤΟΥ	ΜΑΚΡΑΚΩΜΗΣ	ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ
ΜΑΚΡΑΚΩΜΗΣ	ΜΑΚΡΑΚΩΜΗΣ	ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ
ΣΠΕΡΧΕΙΑΔΟΣ	ΜΑΚΡΑΚΩΜΗΣ	ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ
ΤΥΜΦΡΗΣΤΟΥ	ΜΑΚΡΑΚΩΜΗΣ	ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ
ΛΑΜΙΕΩΝ	ΛΑΜΙΕΩΝ	ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ
ΛΕΙΑΝΟΚΛΑΔΙΟΥ	ΛΑΜΙΕΩΝ	ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ
ΓΟΡΓΟΠΟΤΑΜΟΥ	ΛΑΜΙΕΩΝ	ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ
ΥΠΑΤΗΣ	ΛΑΜΙΕΩΝ	ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ
ΠΑΥΛΙΑΝΗΣ	ΛΑΜΙΕΩΝ	ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ
ΣΤΥΛΙΔΑΣ	ΣΤΥΛΙΔΑΣ	ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ
ΓΡΑΒΙΑΣ	ΔΕΛΦΩΝ	ΦΩΚΙΔΑΣ
ΚΑΛΛΙΕΩΝ	ΔΕΛΦΩΝ	ΦΩΚΙΔΑΣ
ΦΟΥΡΝΑΣ	ΚΑΡΠΙΕΝΗΣΙΟΥ	ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ



Εικόνα 2.8: Χάρτης διοικητικής υπαγωγής στη λεκάνη του Σπερχειού (Πηγή: ΟΚΧΕ)

2.9.2 Πληθυσμιακή εξέλιξη της περιοχής μελέτης

Από τα στοιχεία του Πίνακα 2.10 είναι εμφανές ότι όλες οι Δημοτικές ενότητες έχουν παρουσιάσει μέσα στα τελευταία 20 χρόνια αύξηση του πληθυσμού τους, εκτός από τον Δήμο Υπάτης που παρουσιάζει μία πολύ μικρή μείωση. Στο σύνολό τους οι 13 Δημοτικές ενότητες της περιοχής μελέτης παρουσιάζουν μία αύξηση πληθυσμού από το 1981 έως το 2001, της τάξης του 13,3%.

Πίνακας 2.10: Πληθυσμιακή εξέλιξη της περιοχής μελέτης (Πηγή: ΕΣΥΕ)

ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ	1981	1991	2001
ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΤΥΜΦΡΗΣΤΟΥ	3.240	3.167	3.278
ΜΑΚΡΑΚΩΜΗΣ	7.125	7.267	7.132
ΣΠΕΡΧΕΙΑΔΟΣ	9.108	8.573	10.594
Κ. ΤΥΜΦΡΗΣΤΟΥ	504	601	566
ΛΑΜΙΕΩΝ	50.716	55.445	58.601
ΛΕΙΑΝΟΚΛΑΔΙΟΥ	2.605	2.628	3.034
ΓΟΡΓΟΠΟΤΑΜΟΥ	3.901	4.475	4.510
ΥΠΑΤΗΣ	6.910	6.795	6.855
ΠΑΥΛΙΑΝΗΣ	455	518	574
ΣΤΥΛΙΔΑΣ	6.154	6.621	6.858
ΓΡΑΒΙΑΣ			2.975
ΚΑΛΛΙΕΩΝ			2.328
ΦΟΥΡΝΑ		1.383	1.542
ΣΥΝΟΛΟ	90.718	97.473	108.847

2.10 ΕΡΓΑ ΥΠΟΔΟΜΗΣ-ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

2.10.1 Οικιστικές συνθήκες – Δίκτυο οδικό-μεταφορών

Το μοναδικό αστικό κέντρο της περιοχής έρευνας είναι η Λαμία, η οποία συγκεντρώνει περισσότερο από το 50% του πληθυσμού της περιοχής. Από τους υπόλοιπους οικισμούς της περιοχής οι αμέσως μεγαλύτεροι είναι η Σπερχειάδα, η Μακρακώμη, η Στυλίδα, η και η Υπάτη.

Οι βασικοί οδικοί άξονες της περιοχής είναι: (α) η Νέα Εθνική Οδός (NEO-Αθήνας-Λαμίας-Θεσσαλονίκης), (β) η Παλιά Εθνική Οδός (ΠΕΟ-E65-Αθήνας-Λαμίας-Λάρισας), (γ) η Εθνική Οδός Λαμίας-Καρπενησίου (Ε952) και (δ) το κοινοτικό δίκτυο.

Στο υπάρχον οδικό δίκτυο, η NEO πρόσφατα (2006-2008) ανακατασκευάστηκε, με αλλαγή χάραξης και διαπλατύνσεις όπου απαιτείτο και μετατράπηκε σε έναν οδικό άξονα ταχείας κυκλοφορίας σύγχρονου επιπέδου, που δεν έχει καμία σχέση με τον προηγούμενο απαρχαιωμένο και επικίνδυνο δρόμο. Επίσης, ανακατασκευάζεται, βελτιώνεται και διαπλατύνεται το τμήμα της ΠΕΟ-E65 από Λαμία προς Δομοκό. Τέλος, πολλοί δρόμοι του ενδοκοινοτικού δικτύου έχουν κατασκευαστεί και βελτιωθεί τα τελευταία χρόνια.

Συγκεκριμένα, νέοι οδικοί άξονες που δημιουργήθηκαν στην περιοχή είναι η Γέφυρα της Ανθήλης και ο παράπλευρος δρόμος, ο δρόμος από Γαρδίκι για Γραμμένη οξυά, ο δρόμος από Μάρμαρα για Ανατολή, από Καστανιά για Νεοχώρι.

Στην περιοχή έρευνας οι βασικοί οδικοί άξονες μετεξελέχθηκαν σε βασικούς αναπτυξιακούς άξονες. Στη NEO και τον άξονα Λειανοκλαδίου-Λαμίας-Στυλίδας, έχουν εγκατασταθεί βιομηχανίες, βιοτεχνίες, εμπορικά κέντρα κλπ., δημιουργώντας έτσι κάποιους θύλακες βιομηχανικής ανάπτυξης, όπου βρίσκεται χωροθετημένη η ΒΙΠΕ (νομοθετημένη χωροθέτηση Ν 742/77). Ο τουρισμός της περιοχής είναι κυρίως παραθεριστικός και έχει αναπτυχθεί στα παράλια του Μαλιακού και ιαματικός στις περιοχές των Θερμοπυλών, Υπάτης και Δαμάστας.

Επίσης, το υφιστάμενο σιδηροδρομικό δίκτυο, το οποίο παλαιότερα στο τμήμα από Τιθορέα έως Δομοκό αποτελείτο από μονή γραμμή και διερχόταν από ορεινές περιοχές με μεγάλες κλίσεις και κλειστές στροφές με κατολισθήσεις κ.α., πρόκειται να αντικατασταθεί σύντομα από τη νέα γραμμή Μώλου-Ανθήλης-Λειανοκλαδίου-Δομοκού με την διάνοιξη σιδηρόδρομων στο Καλλίδρομο και την Όρθρυ. Στην περιοχή έρευνας ακόμη, υπάρχει ένα μικρό αεροδρόμιο στα νότια της Λαμίας (Στοιχεία διαδρόμου: ασφάλτινος, 1.100x50 m), συγκεκριμένα βρίσκεται στο 2ο km ΠΕΟ Λαμίας, δίπλα από το ΤΕΙ Λαμίας. Το αεροδρόμιο ανήκει στην Πολεμική Αεροπορία και δεν έχει καμία εμπορική και επιβατική κίνηση. Η Αερολέσχη Φθιώτιδας το έχει ως έδρα και το χρησιμοποιεί για όλες τις δραστηριότητές της. (Ψωμιάδης 2010)

2.10.2 Αντιπλημμυρικά έργα

Τα εκτελεσθέντα αντιπλημμυρικά έργα, όπως συμπληρώθηκαν μέχρι σήμερα, είναι τα εξής:

(α_) Το 1957-58 πραγματοποιήθηκε η διάνοιξη της νέας τεχνητής κοίτης του Σπερχειού, με παροχή 300 m³/sec και ολικό πλάτος κοίτης πλημμυρών περίπου 60 m. Η Νέα Τεχνητή Κοίτη, λεγόμενη και Εκτροπή Σπερχειού, έχει μήκος 9 km, αρχίζει στο ύψος της γέφυρας της Παλαιάς Εθνικής Οδού κοντά στο χωριό Κόμμα, και καταλήγει ευθύγραμμα στη θάλασσα, χωρίς να ακολουθεί το

μεγάλο τόξο που διαγράφει ο Σπερχειός μετά τη στροφή του προς την παλαιά του φυσική κοίτη, της Αλαμάνας, αμέσως ανάντη της Νέας Εθνικής Οδού. Η εκτροπή Σπερχειού είχε σαν σκοπό να απαλλάσσει την κοίτη της Αλαμάνας από το μεγαλύτερο μέρος των πλημμυρικών υδάτων που φθάνουν στο χωριό Κόμμα, και να το οδηγεί μέσω της συντομότερης οδού στη θάλασσα. Επί της νέας αυτής κοίτης έχουν κατασκευασθεί δύο αναβαθμοί και δύο γέφυρες, η πρώτη επί της Εθνικής Οδού Αθηνών - Λαμίας και η δεύτερη σε αγροτικό δρόμο κοντά στο χωριό Ροδίτσα.

(β) Η διάνοιξη της Τάφρου Λαμίας, γνωστής και ως Γερμανικής τάφρου, που είχε αρχίσει να διανοίγεται πριν από το τέλος του τελευταίου Πολέμου (1944). Η Τάφρος αυτή ακολουθεί τη γραμμή των χαμηλών υψομέτρων εδάφους ανάμεσα στο Λειανοκλάδι και στη Νέα Εθνική Οδό, διασχίζει την περιοχή του δικτύου Ανθήλης - Μεγάλης Βρύσης, ακολουθεί πορεία παράλληλη με την Νέα Εκτροπή του Σπερχειού, και εκβάλλει στο Μαλιακό κόλπο κοντά στο σημείο εκβολής της Νέας Εκτροπής Σπερχειού. Η τάφρος Λαμίας δεν αποχετεύει μόνο τα νερά που προκαλούν οι κατακλύσεις στη χαμηλή περιοχή της κοιλάδας του Σπερχειού από το χωριό Κομποτάδες έως τη θάλασσα, αλλά δέχεται και τη συμβολή των πλημμυρικών υδάτων απ' τους Βορεινούς λόφους και κυρίως απ' τη λεκάνη του χειμάρρου Ξηριά Λαμίας, ο οποίος συμβάλλει στην τάφρο Λαμίας σ' ένα σημείο Δυτικά της προεκτάσεως της Νέας Εθνικής Οδού προς Λαμία.

(γ) Ο εγκιβωτισμός του Σπερχειού ποταμού μεταξύ της Σιδηροδρομικής Γεφύρας και της γέφυρας κοντά στο χωριό Κόμμα, που πραγματοποιήθηκε την 10ετία του 1950. Αποτελείται από ένα συνεχές αριστερό ανάχωμα σε μήκος 5 km περίπου, καθώς και από ένα δεξιό ανάχωμα, το οποίο όμως διακόπτεται στη συμβολή του Γοργοποτάμου. Το αριστερό ανάχωμα περιλαμβάνει ένα σημείο εσκεμμένης θραύσης, για την περίπτωση εξαιρετικά μεγάλων πλημμυρών και βρίσκεται σε απόσταση 700 m κατάντη της Σιδηροδρομικής Γέφυρας.

(δ) Ορισμένα σποραδικά προστατευτικά αναχώματα στα ανάντη της Σιδηροδρομικής Γεφύρας και στην κοίτη της Αλαμάνας, τα οποία έχουν σκοπό να εξασφαλίζουν τοπική προστασία των πεδινών εκτάσεων της λεκάνης.

(ε) Ο εγκιβωτισμός της κοίτης του ποταμού Ίναχου (Βίστριτσα), σε όλο το μήκος απ' τον Άγιο Σώστη μέχρι το Καστρί, μέσα σε ισχυρά υψηλά αναχώματα. Ο εγκιβωτισμός αυτός πραγματοποιήθηκε κατό τη δεκαετία του 1970 και έχει σαν σκοπό να μεταφέρει όλη την παροχή του Ίναχου, έτσι ώστε να απαλλάξει τον υπόλοιπο κώνο από τις πλημμύρες και τις αποθέσεις φερτών υλών.

(ζ) Τα ετη 1980 -1981 έγιναν έργα συντηρήσεως, δηλαδή καθαρισμού, εκβαθύνσεως και διαπλατύνσεως της παλαιας και της νέας κοίτης του Σπερχειού, καθώς και καθαρισμού των μπαγκινών απ' την υδροχαρή βλάστηση. Παρόμοια έργα εκτελέσθηκαν στο τμήμα του Σπερχειού απ' τη Σιδηροδρομική Γραμμή μέχρι το ύψος του χωριού Αμούρι, και ανάντη αυτού μέχρι τη

γέφυρα Λουτρών Υπάτης. Επίσης, κατασκευάστηκαν σποραδικά αναχώματα μικρού μήκους και επενδύσεις με συρματοκιβώτια σε διάφορες θέσεις του Σπερχειού και έγιναν καθαρισμοί της κοίτης του.

(στ) Την περίοδο 2000-2001 πραγματοποιήθηκε νέα διαπλάτυνση της Νέας τεχνητής κοίτης του Σπερχειού και πλέον το πλάτος της φτάνει τα 90 m (Εικόνα 2.9)

(η). Το 2007 ξεκίνησε η κατασκευή νέου μεριστή στο σημείο αφετηρίας του υπερχειλιστή του Σπερχειού (Νέα κοίτη) και κατασκευή πολλαπλών οχετών κάτω από το έργο της νέας σιδηροδρομικής γραμμής, με σκοπό να διασφαλιστούν η Νέα διπλή σιδηροδρομική γραμμή, η νέα ΠΑΘΕ, καθώς και οι οικισμοί της Ανθήλης, Μοσχοχωρίου και Κόμματος από κατάκλιση σε περιόδους έντονης παροχής του Σπερχειού ποταμού (Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδος, 1995).



Εικόνα 2.9: Φωτογραφίες (1,2) που απεικονίζουν τα έργα διαπλάτυνσης που πραγματοποιήθηκαν στον Αγωγό Εκτροπής-Υπερχειλιστή του Σπερχειού ποταμού το 2001

2.10.3 Αρδευτικά έργα

Από το σύνολο της λεκάνης του Σπερχειού, περίπου τα 310 km² χρησιμοποιούνται ως γεωργική γη. Περίπου 110.000 στρέματα από αυτά αρδεύονται ήδη, με σχεδόν εξαντλητική εκμετάλλευση των διαθέσιμων υδατικών πόρων, δηλαδή της φυσικής ροής των ποταμών, των πηγών και των υπόγειων υδροφόρων, ενώ η καθαρά αρδεύσιμη έκταση ανέρχεται σε 220 km². Οι συνθήκες δεν ευνοούν την αρδευτική ανάπτυξη με τη μορφή μεγάλων συλλογικών έργων όπως αυτό που έχουν κατασκευασθεί σε άλλα Διαμερίσματα της Χώρας. Η φυσική θερινή ροή των διαφόρων ρευμάτων και πηγών είναι περιορισμένη, και υπόκεινται σε απρόβλεπτες και σημαντικές αυξομειώσεις. Εξάλλου, είναι πολύ δύσκολο να εξασφαλισθούν οι αναγκαίοι αποθηκευτικοί όγκοι, για μια εποχιακή ρύθμιση των φυσικών απορροών, λόγω κυρίως των δυσμενών τοπογραφικών και γεωλογικών συνθηκών που επικρατούν στην κοιλάδα του Σπερχειού. Τέλος, έναν ακόμα περιοριστικό παράγοντα αποτελεί το γεγονός, ότι η δυναμικότητα των υπόγειων υδροφόρων και

ιδιαίτερα αυτών που επιδέχονται φθηνή και τεχνικώς απλή αξιοποίηση, είναι μικρή σε σύγκριση με τις συνολικές ανάγκες.

Τα κυριότερα αρδευτικά δίκτυα της περιοχής είναι τα ακόλουθα:

● Τα μεγαλύτερα απ' τα συλλογικά αρδευτικά έργα που υπάρχουν στη περιοχή είναι το δίκτυο Ανθήλης-Μεγάλης Βρύσης, το οποίο καταλαμβάνει τις χαμηλότερες ζώνες της πεδινής περιοχής κοντά στις εκβολές του Σπερχειού και καλύπτει καθαρή εκταση περίπου 37.000 στρ. Η ανάπτυξη αυτή στηρίχθηκε αρχικά στην προοπτική της ρυζοκαλλιέργειας και της αξιοποίησης των παθογενών εδαφών που βρίσκονται κοντά στη θάλασσα. Αργότερα η εκμετάλλευση επεκτάθηκε και σε άλλες καλλιέργειες πιο μακριά από τη θάλασσα, όπου τα εδάφη είναι επίσης παθογενή. Το δίκτυο είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε το νερό να λαμβάνεται από διάφορες πηγές και να διανέμεται με ένα σύστημα επενδυμένων διωρύγων και προκατασκευασμένων αυλακιών. Κύρια πηγή υδροδοτήσεως είναι η θερινή ροή του Σπερχειού από το Γοργοπόταμο, η οποία συλλέγεται με ένα πρόχειρο έργο υδροληψίας κοντά στη γέφυρα της Νέας Εθνικής Οδού. Η διαθέσιμη θερινή ροή του Σπερχειού στα σημείο αυτό διαφέρει από χρόνο σε χρόνο και συμβαίνει συχνά, το νερό να επαρκεί μόνο για ένα μέρος της συνολικής εκτάσεως του αρδευτικού δικτύου. Άλλες συμπληρωματικές πηγές, μικρότερες αλλά σταθερότερες, είναι οι καρστικές πηγές Μαυρονέρι και Μεγάλη Βρύση οι οποίες καλύπτουν την άρδευση μέρους της συνολικής εκτάσεως, γεγονός που υποδηλώνει το δίκτυο αυτό είναι ένα έργο με προβλήματα, κυρίως εφόσον δεν παρέχει εγγύηση, ότι το απαιτούμενο νερό θα είναι πάντοτε διαθέσιμο όταν χρειάζεται.

● Άλλα συλλογικά αρδευτικά έργα προς τα ανάντη μέσα στην κοιλάδα του Σπερχειού είναι το έργο Λειανοκλαδίου-Ζηλευτού-Αμουρίου, που καλύπτει έκταση περίπου 10.000 στρ. στα αριστερά του ποταμού. Το έργο τροφοδοτείται από τη θερινή ροή του Σπερχειού στο ύψος του Ζηλευτού, όπου γίνεται η παροχέτευση της διαθέσιμης ροής, και το νερό διανέμεται με ένα σύστημα ορθογωνικών διωρύγων. Είναι αξιοσημείωτο ότι σε μικρή απόσταση κατάντη της υδροληψίας του Ζηλευτού, ο Σπερχειός ξαναρχίζει να εμφανίζει ροή, διότι τροφοδοτείται συνεχώς απ' τους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες. Έτσι, στη θέση της υδροληψίας του έργου Ανθήλης, έχει συνήθως ροή πολύ μεγαλύτερη από αυτή που παροχετεύεται προς το δίκτυο Λειανοκλαδίου-Ζηλευτού-Αμουρίου, λόγω και του εμπλουτισμού του με τα νερά που προέρχονται από το Γοργοπόταμο.

● Πιο πάνω απ' το Λιανοκλάδι, υπάρχει το αρδευτικό δίκτυο του ποταμού Ίναχου, το οποίο είναι σωληνωτό, έχει έκταση περίπου 39.000 στρ. και το οποίο τροφοδοτείται από γεωτρήσεις και από πηγές, οι οποίες συλλέγονται στην κοίτη του χειμάρρου Ίναχου, στο ύψος του Αγίου Σώστη, όπου έχει κατασκευαστεί έργο υδροληψίας, διώρυγες δεξιά και αριστερά, και δεξαμενές αναρρυθμίσεως.

● Υπάρχει επίσης ένα σωληνωτό δίκτυο μέσης πίεσεως, 15.000 στρ., τα οποία αξιοποιεί τα νερά που αναβλύζουν στην περιοχή Μεξιατών καθώς και μερικών γεωτρήσεων.

Επίσης υπάρχουν δίκτυα, που τροφοδοτούνται απ' τη θερινή ροή του Γοργοποτάμου. Μεγάλο μέρος των δικτύων αυτών ευρίσκεται πάνω από τα όρια της κυρίως πεδινής εκτάσεως, και καλύπτει τις λοφώδεις εκτάσεις της περιοχής Φραντζή - Γοργοποταμίου, Αλεπόσπιτων και Βαρδατών. Από τα δίκτυα αυτά 5.000 στρ. εμπίπτουν στην πεδινή έκταση. Από τη ροή του Γοργοποτάμου, παροχή περίπου 500 lt/sec οδηγείται στα δίκτυα αυτά, ενώ η υπόλοιπη ροή του Γοργοποτάμου χρησιμοποιείται είτε στην τροφοδότηση των δικτύων των πιο ορεινών περιοχών, είτε καταλήγει ως περίσσειμα στον Σπερχειό, τον οποίο εμπλουτίζει ανάντη του έργου υδροληψίας του δικτύου Ανθήλης.

Εκτός απ' τα προαναφερθέντα δίκτυα, που εξυπηρετούν πεδινές κυρίως εκτάσεις, υπάρχουν αρκετές μεμονωμένες διώρυγες, οι οποίες μεταφέρουν νερά από πηγαίες εμφανίσεις στους γύρω λόφους, ακόμη και στους πρόποδες των βουνών, και οι οποίες τροφοδοτούν μικρά δίκτυα, τα οποία καλύπτουν και επικλινή εδάφη. Τα δίκτυα αυτά είναι αυτοδύναμα από απόψεως τροφοδοτήσεως, και η διασπορά τους ή απλώς η υψομετρική τους θέση δεν επέτρεψαν την ένταξή τους σε γενικότερα αρδευτικά συστήματα, ενώ σε πολλές περιπτώσεις η διαθέσιμη ροή δεν καλύπτει την περίοδο της αιχμής. Σε αυτή την κατηγορία δικτύων υπάγεται και το σύστημα από διώρυγες που τροφοδοτείται από τη ροή του Ρουστιανίτη, και καλύπτει ορισμένες εκτάσεις στην περιοχή Λευκάδας και Φτέρης. Τέλος, έχουν κατασκευαστεί πολλές γεωτρήσεις, οι οποίες εκμεταλλεύονται την υπόγεια υδροφορία των προσχωματικών στρωμάτων στις πεδινές εκτάσεις. Περιοχές σημαντικής υδροφορίας είναι ο κώνος του ποταμού Ίναχου, η περιοχή της Στίρφακας και οι πυρήνες της πεδινής εκτάσεως και προς τις δύο όχθες του Κάτω Σπερχειού (Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας 1995).

Τα παραπάνω δίκτυα καλύπτουν μια έκταση περίπου 100.000 στρ. και αποτελούν την αρδευόμενη, έστω και πλημμελώς, έκταση της περιοχής. Οι συνθήκες ανταγωνισμού, που υπάρχουν στη χρήση του διαθέσιμου ύδατος, εμποδίζουν την κανονική εκτέλεση των αρδεύσεων, διότι αφενός δεν έχει εξασφαλιστεί μια εποχιακή ρύθμιση της ροής των κύριων ρεμάτων, αφετέρου η συνολική αρρύθμιστη θερινή ροή είναι πολύ μικρή σε σχέση με τις απαιτήσεις της περιόδου αιχμής. Τα κυριότερα συστήματα άρδευσης της περιοχής απεικονίζονται στον Πίνακα 2.11 που ακολουθεί (ΥΠΙΑΝ 2006).

Πίνακας 2.11: Αρδευόμενες εκτάσεις με βάση το έργο, το φορέας διαχείρισης και την πηγή

α/α	Έργο	Φορέας Διαχείρισης	Πηγές υδροδότησης	Κυριότερο σύστημα	Αρδευόμενη έκταση 2001
-----	------	--------------------	-------------------	-------------------	------------------------

				άρδευσης	(στρ.)
1	ΑΝΘΗΛΗΣ	ΤΟΕΒ Ανθήλης	Σπερχειός Ποταμός	Καταιονισμός	36.000
2	ΡΟΔΙΤΣΑΣ	ΤΟΕΒ Ροδίτσας	Σπερχειός Ποταμός	Καταιονισμός	14.000
3	ΦΑΚΙΤΣΑΣ	ΤΟΕΒ Φακίτσας	Σπερχειός Ποταμός	Καταιονισμός	3.900
4	ΛΕΙΑΝΟΚΛΑΔΙΟΥ	ΤΟΕΒ Λειανοκλαδίου	Σπερχειός Ποταμός	Επιφανειακή	10.000
5	ΣΥΚΑΣ	ΤΟΕΒ Συκά	Επιφανειακά νερά	Επιφανειακή	2.000
6	ΜΕΞΙΑΤΩΝ	ΤΟΕΒ Μεξιατών	Γεωτρήσεις (14)	Καταιονισμός	15.000
7	ΦΡΑΝΤΖΗ	ΤΟΕΒ Φραντζή	Π. Γοργοπόταμος	Επιφανειακή	2.600
8	ΔΑΜΑΣΤΑΣ	ΤΟΕΒ Δαμάστας	Στραγγιστικές τάφροι	Επιφανειακή	700
9	ΘΕΡΜΟΠΥΛΩΝ	ΤΟΕΒ Θερμοπυλών	Στραγγιστικές τάφροι	Επιφανειακή	1.100
10	ΜΟΣΧΟΧΩΡΙ	ΤΟΕΒ Μοσχοχωρίου	Π. Γοργοπόταμος	Επιφανειακή	8.100
11	ΝΕΟ ΚΡΙΚΕΛΛΟ	Δήμος Γοργοποτάμου	Π. Γοργοπόταμος	Καταιονισμός	1.900
12	ΗΡΑΚΛΕΙΑ	Δήμος Γοργοποτάμου	Π. Γοργοπόταμος	Καταιονισμός	2.200
13	ΑΝΩ ΒΑΡΔΑΤΕΣ	Δήμος Γοργοποτάμου	Π. Γοργοπόταμος	Καταιονισμός	1.000
14	ΚΩΣΤΑΛΕΞΙ	Δήμος Λαμιέων	Π. Γοργοπόταμος	Καταιονισμός	1.600
15	ΙΝΑΧΟΥ (Βίστριτσα)	Νέο	Π. Ίναχος (Βίστριτσας)	Καταιονισμός	39.000
16	ΑΡΧΑΝΙΟΝ	Δήμος Μακρακώμης	Γεωτρήσεις, επιφανειακά νερά	Καταιονισμός	1.600
17	ΓΡΑΜΜΕΝΗ	Δήμος Μακρακώμης	Γεωτρήσεις, επιφανειακά νερά	Καταιονισμός	2.100
18	ΜΑΚΡΗΣ	Δήμος Μακρακώμης	Επιφανειακά νερά	Καταιονισμός	1.000
19	ΛΕΥΚΑΔΑΣ-ΦΤΕΡΗΣ-ΠΑΛΑΙΟΒΡΑΧΟΥ	Δήμος Σπερχειάδας	Π. Σπερχειός, Ρουστιανίτης	Καταιονισμός	10.000
20	ΠΛΑΤΥΣΤΟΜΟΥ	Δήμος Μακρακώμης	Επιφανειακά νερά	Καταιονισμός	1.000

Άλλες εκτάσεις	52,0	1,18
----------------	------	------

Στο χώρο που καταλαμβάνει η λεκάνη του ποταμού Σπερχειού, της οποίας η έκταση ανέρχεται σε 1.620 km², καταγράφονται διάφορες χρήσεις οι οποίες αποτυπώνονται στη συνέχεια στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 2.13), σύμφωνα με την έκταση στην οποία αναπτύσσονται και την ποσοστιαία κατανομή χρήσεων γης (Ευθυμίου κ.α. 1997).

Πίνακας 2.13: Χρήσεις γης στην κοιλάδα του Σπερχειού ποταμού (Ευθυμίου κ.α. 1997).

Χρήσεις γης	Έκταση (στρέμματα)	Ποσοστό (%)
Γεωργική γη	427.200	26,4
Βοσκότοποι	551.700	34,1
Δάση	563.800	34,8
Λοιπές εκτάσεις	76.900	4,7
ΣΥΝΟΛΟ	1.619.600	

2.12 ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η κατανομή του οικονομικώς ενεργού πληθυσμού ανά τομέα δραστηριότητας στο Νομό Φθιώτιδας παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα, ενώ η απασχόληση σε επίπεδο Νομού φαίνεται στο Σχήμα 2.7 που ακολουθεί.

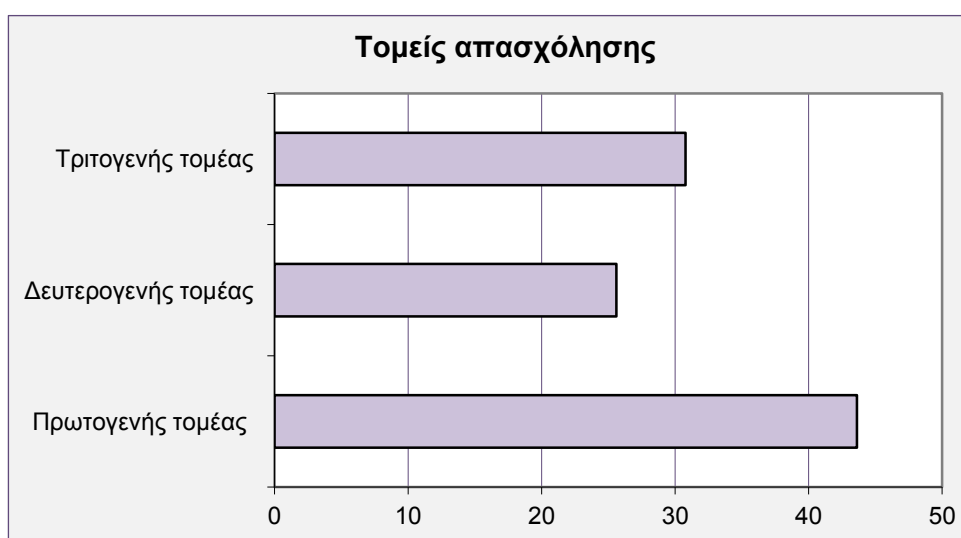
Πίνακας 2.13: Κατανομή οικονομικώς ενεργού πληθυσμού ανά τομέα δραστηριότητας στο Νομό Φθιώτιδας

Ομάδες κλάδων οικονομικής δραστηριότητας	Αριθμός οικονομικά ενεργών ατόμων	Ποσοστιαία κατανομή (%)
Γεωργία, κτηνοτροφία, θήρα, δασοκομία και αλιεία	19.666	28,87
Ορυχεία και λατομεία	551	0,81
Μεταποιητικές βιομηχανίες	5.591	8,21
Παροχή ηλεκτρικού ρεύματος, φυσικού αερίου και νερού	420	0,62
Κατασκευές	5.358	7,86
Εμπόριο, επισκευές, Ξενοδοχεία, Εστιατόρια	9.366	13,75

Μεταφορές Αποθηκεύσεις και επικοινωνίες	3.363	4,94
Ενδιάμεσοι χρηματοπιστωτικοί οργανισμοί	1.157	1,7
Διαχείριση ακίνητης περιουσίας, εκμισθώσεις και επιχειρηματικές δραστηριότητες	2.250	3,3
Δημόσια διοίκηση και άμυνα, υποχρεωτική κοινωνική ασφάλιση	4.389	6,44
Εκπαίδευση, υγεία, κοινωνική μέριμνα και δραστηριότητες παροχής υπηρεσιών υπέρ του κοινωνικού ή ατομικού χαρακτήρα	7.048	10,34
Ιδιωτικά νοικοκυριά που απασχολούν οικιακό προσωπικό, ετερόδοκοι οργανισμοί και όργανα, νέοι και αυτοί που δήλωσαν ασαφώς ή δε δήλωσαν κλάδο οικονομικής δραστηριότητας	8970	13,16
Σύνολο	68.129	100

Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2.7 που ακολουθεί σε επίπεδο Νομού Φθιώτιδας υπάρχει σαφής υπεροχή της απασχόλησης στον πρωτογενή τομέα με ποσοστό 43,62%, ακολουθούμενο από τον τριτογενή με ποσοστό 30,78%, μεγαλύτερο ποσοστό από το μέσο όρο της χώρας (22,5 %) και τέλος ακολουθεί ο δευτερογενής τομέας με ποσοστό 25,6%. (ΕΣΥΕ 2001).

Τέλος, με βάση τα αναλυτικά στοιχεία της απογραφής του 2001, ανά φύλο και ηλικία ο πληθυσμός της Στερεάς Ελλάδας και της περιοχής μελέτης εμφανίζει έντονες τάσεις γήρανσης, εντονότερες σε σύγκριση με το 1991, με τιμές πληθυσμού που είναι αρκετά συρρικνωμένες στις ηλικίες έως 15 ετών κυρίως, ενώ είναι διογκωμένες στις ηλικίες από 60-75 ετών.



Σχήμα 2.7: Ποσοστό Απασχολούμενων Ατόμων στον Πρωτογενή, Δευτερογενή και Τριτογενή Τομέα σε επίπεδο Νομού Φθιώτιδας (Πηγή: Ε.Σ.Υ.Ε. 2001)

2.13 ΘΕΜΑΤΑ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ-ΑΠΕΙΛΕΣ

Οι κύριες απειλές είναι η επέκταση της γεωργίας, οι αποξηράνσεις, η ρύση απορριμμάτων και η κατασκευή υποδομών. Τμήμα του παραποτάμιου δάσους εντός της ΖΕΠ έχει αποψιλωθεί εξαιτίας προγράμματος ελέγχου των πλημμύρων που χρηματοδότησε η Ευρωπαϊκή Ένωση. Η περιοχή αποτελεί υποψήφια Ειδική Περιοχή Διατήρησης. Άλλες απειλές αποτελούν η αγροτική εντατικοποίηση (υψηλή), η κατασκευή τάφρων/φραγμάτων (μέτρια), οι αποστραγγίσεις (υψηλή), οι επιχωματώσεις (μέτρια), η συλλογή καυσόξυλων (χαμηλή), η βόσκηση δασών (χαμηλή), η ανάπτυξη υποδομών (υψηλή), και η μη αειφορική εκμετάλλευση (μέτρια).

Πιο συγκεκριμένα, η αγροτική εντατικοποίηση και επέκταση έχουν ως αποτέλεσμα την μεγιστοποίηση της άρδευσης, την πτώση της στάθμης του νερού, τη χρήση λιπασμάτων, την εντατική χρήση χημικών, την αλλαγή τρόπου καλλιέργειας και ειδών, τις μονοκαλλιέργειες, την καταστροφή ενδιαιτημάτων, τις επιπτώσεις των παρασιτοκτόνων σε όλα τα είδη της χλωρίδας, τη ρύπανση των συστατικών στοιχείων των υδροτόπων και του εδάφους από την εντατική χρήση φυτοφαρμάκων, τη μείωση της αγρανάπαυσης καλλιεργήσιμων εκτάσεων και τέλος την ρύπανση των υπόγειων υδάτων.

Η κατασκευή φραγμάτων και αναχωμάτων έχει ως επιπτώσεις την αλλαγή της στάθμης των νερών σε φυσικά ενδιαιτήματα, ενώ πιο συγκεκριμένα η κατασκευή αναχωμάτων και δρόμων κυρίως εσωτερικά των υδροτόπων έχει ως αποτέλεσμα τον διαμελισμό των ενδιαιτημάτων, την αλλοίωση της φυσικής ροής των φερτών υλικών των ποταμών και επιπτώσεις σε υδρόβια είδη, ψάρια κλπ. Στις κοίτες όλων των υπό μελέτη χειμάρρων παρατηρείται τεχνητή ευθυγράμμιση και εγκαθισμός καθώς και η δημιουργία αναχωμάτων και δρόμων εκατέρωθεν των όχθων τους για την εξυπηρέτηση των μεταλλευτικών επιχειρήσεων που δραστηριοποιούνται κυρίως εντός των λεκανών απορροής των χειμάρρων και κατά μήκος των όχθων του Σπερχειού ποταμού. Οι ευθυγραμμίσεις αυτές οδηγούν στην αύξηση των κλίσεων των κοιτών, με αποτέλεσμα την αύξηση του κινδύνου ενδεχόμενων πλημμυρών, αλλά και την εντονότερη διάβρωση των γόνιμων εδαφών. Το φαινόμενο αυτό ενισχύεται από το γεγονός ότι οι παρεμβάσεις επί των κοιτών έχουν γίνει από τα υψηλότερα σημεία των κοιτών έως την συμβολή τους με τον οδικό άξονα της εθνικής οδού Λαμίας - Καρπενησίου (Βλέπε Εικόνα 2.11). Από τη συμβολή αυτή έως την εκβολή τους στον Σπερχειό, το πλάτος των κοιτών γίνεται αισθητά μικρότερο, χωρίς αναχώματα και με πυκνή βλάστηση στο εσωτερικό τους, στοιχεία που αυξάνουν τον βαθμό επικινδυνότητας για ενδεχόμενες πλημμύρες που μπορεί να πλήξουν κατοικημένες περιοχές και καλλιεργήσιμες εκτάσεις.

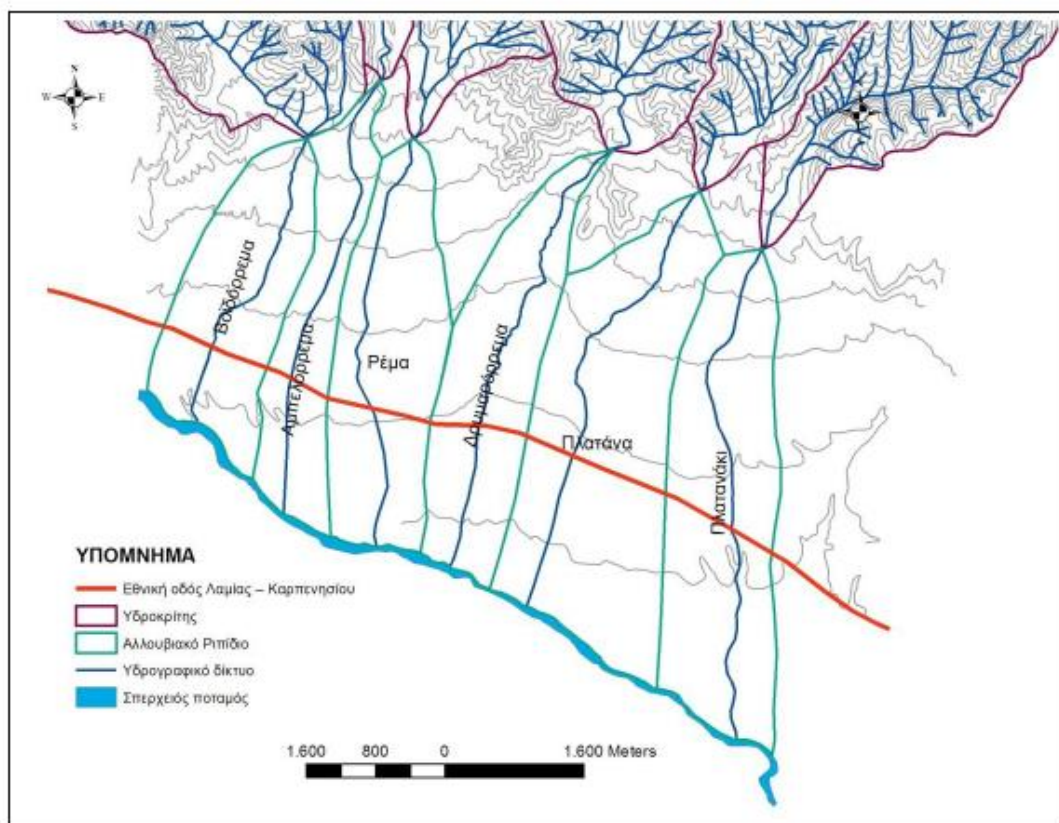
Η βόσκηση δασικών εκτάσεων προκαλεί ζημιά στην φυσική αναγέννηση του δάσους, ενώ η βόσκηση προκαλεί κινδύνους και σε αποικίες πουλιών ή σε υγροτόπους, αρνητικές επιπτώσεις προκαλεί και η υπερβόσκηση.

Οι εντατικές χαλικοληψίες και αμμοληψίες αποτελούν την κύρια απειλή για αρκετά παρυδάτια πτηνά και κυρίως για το μικρό παρυδάτιο είδος ποταμοσφυριχτής, όπου στήνει τη φωλιά του ανάμεσα στις πέτρες και την χαμηλή βλάστηση (Χριστόπουλος 2004).

Η αποξήρανση υγροτοπικών εκτάσεων για τη μετατροπή τους κυρίως σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις έχει ως αποτέλεσμα την καταστροφή φυσικών ενδιαιτημάτων.

Η επιχωμάτωση και το μπάζωμα εκτάσεων περιλαμβάνει το μπάζωμα κυρίως υγροτοπικών εκτάσεων για αγροτική ή οικοδομική δραστηριότητα.

Η κατασκευή υποδομών γενικά περιλαμβάνει παραγωγή ενέργειας, γεννήτριες παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, κολώνες και καλώδια της ΔΕΗ, αιολικά πάρκα, στρατιωτικές βάσεις και μεταφορές, κατασκευή δρόμων, σιδηροδρομικών δικτύων, αεροδρόμια, λιμάνια. Η διαφορά με την βιομηχανική και οικιστική ανάπτυξη είναι ότι αφορά κυρίως μεμονωμένα παραδείγματα σε απομακρυσμένες από το άστυ περιοχές. Στην περιοχή του δέλτα οι υποδομές που θέτουν σε κίνδυνο το περιβάλλον είναι κυρίως οι κολώνες και τα καλώδια της ΔΕΗ, η κατασκευή δρόμων και σιδηροδρομικού δικτύου. Με την κατασκευή της νέας σιδηροδρομικής γραμμής παράλληλα με το Ε65 (είναι περίπου παράλληλη η χάραξή τους) και ταυτόχρονα για τις ανάγκες αυτών των δύο παράλληλων έργων απαιτείται ένα σημαντικό επίχωμα και τα δύο για λόγους προστασίας να έχουν μια περίφραξη, ουσιαστικά δηλαδή, να δημιουργούν «νεκρές οικολογικά για την πανίδα ζώνες». Αποτέλεσμα αυτών είναι να διακόπτεται η ελεύθερη επικοινωνία της πανίδας, και να απαιτούνται σημαντικές ποσότητες υλικών για την δημιουργία επιχωμάτων.



Εικόνα 2.11: Το όριο της εθνικής οδού Λαμίας-Καρπενησίου που διακόπτονται οι παρεμβάσεις στις κοίτες των δικτύων (Χριστόπουλος 2004)

2.14 ΡΥΠΑΝΣΗ

Στην λεκάνη του Σπερχειού Ποταμού εντοπίζονται σημειακές και μη σημειακές πηγές ρύπανσης. Οι σημειακές πηγές σχετίζονται με αστικά λύματα και βιομηχανικά απόβλητα. Εξαιτίας του βιολογικού καθαρισμού της Λαμίας και των λίγων σχετικά βιομηχανιών στην περιοχή, η επιβάρυνση από τις πηγές αυτές δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλη και παρατηρούνται κυρίως περιστασιακά - εποχιακά φαινόμενα (π.χ. από την λειτουργία ελαιοτριβείων). Οι μη σημειακές (διάχυτες) πηγές ρύπανσης συνδέονται με τις γεωργικές καλλιέργειες και την χρήση φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων σε αυτές και παίζουν σημαντικό ρόλο στο ρυπαντικό φορτίο της περιοχής.

Ο Σπερχειός αποτελεί τον αποδέκτη των απορροών του μεγαλύτερου μέρους των γεωργικών εκτάσεων του νομού Φθιώτιδας, καθώς και τα απόβλητα ελαιοτριβείων (περίπου 50) και εργοστασίων τυποποίησης ελιάς. Στο Σπερχειό καταλήγουν επίσης τα λύματα της Λαμίας μετά από μερική επεξεργασία με απομάκρυνση του άνθρακα και του αζώτου και τα λύματα κάποιων μικρότερων πόλεων (όπως η Μακρακώμη και η Σπερχειάδα), καθώς και μερικώς επεξεργασμένα λύματα της Βιομηχανικής Περιοχής Λαμίας. Τέλος, αρκετές κτηνοτροφικές μονάδες, στάβλοι και

τυροκομεία που βρίσκονται τόσο στην κοιλάδα του Σπερχειού, όσο και στην περιοχή της ΒΙΠΕ ρυπαίνουν την περιοχή.

Οι κυριότερες βιομηχανικές μονάδες που δραστηριοποιούνται στην περιοχή μελέτης, ο βαθμός επεξεργασίας των αποβλήτων τους, καθώς και οι αποδέκτες των αποβλήτων τους παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.14 που ακολουθεί (ΥΠΙΑΝ 2006).

Πίνακας 2.14: Βιομηχανικές μονάδες που δραστηριοποιούνται στην περιοχή μελέτης, ο βαθμός επεξεργασίας των αποβλήτων τους, καθώς και οι αποδέκτες των αποβλήτων τους (Πηγή: ΥΠΙΑΝ 2006)

Ονομασία	Κλάδος κατά ΣΤΑΚΟΔ	Δραστηριότητα	Δήμος	Επεξεργασία υγρών αποβλήτων	Μέθοδος επεξεργασίας υγρών αποβλήτων	Αποδέκτης υγρών αποβλήτων
CHIPITA INTERNATIONAL A.E.	158	Παραγωγή άλλων ειδών διατροφής	Λαμιών	Άγνωστο	-	ΕΕΛ ΒΙΠΕ Λαμίας
ΑΘΗΝΑΙΚΗ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΚΗ ΑΡΤΟΠΟΟΙΑ ΑΒΕΕ	158	Παραγωγή άλλων ειδών διατροφής	Λαμιών	Άγνωστο	-	ΕΕΛ ΒΙΠΕ Λαμίας
ΑΝ. ΚΕΡΑΜΙΔΑΣ & ΥΙΟΙ Ο.Ε.	158	Παραγωγή άλλων ειδών διατροφής	Υπάτης	Άγνωστο	-	Λεκάνη Σπερχειού
ΑΦΟΙ Δ. ΑΚΡΙΔΑ ΑΕ	171	Προπαρασκευή και νηματοποίηση υφαντικών ινών	Σπερχειάδος	Ναι	1 ^ο βαθμού	Υπεδάφια
ΕΛΑΙΟΥΡΓΙΚΗ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ	154	Παραγωγή φυτικών και ζωικών ελαίων και λιπών	Γοργοποτάμου	Ναι	1 ^ο βαθμού	Λεκάνη Σπερχειού
ΕΝΩΣΗ ΕΛΑΙΟΥΡΓΙΚΩΝ ΣΥΝΕΤΑΙΡΙΣΜΩΝ ΣΤΥΛΙΔΑΣ	153	Επεξεργασία και συντήρηση φρούτων και λαχανικών	Στυλίδος	Ναι	1 ^ο βαθμού	Μαλιακός Κόλπος
ΠΑΚΟ-Α. ΒΛ. ΚΟΛΙΟΠΟΥΛΟΣ ΑΕ	211	Παραγωγή χαρτοπολτού, χαρτιού και χαρτονιού	Ναι	2 ^ο βαθμού		Μαλιακός Κόλπος
ΧΑΡΤΟΠΟΙΙΑ ΦΘΙΩΤΙΔΟΣ ΑΕ	211	Παραγωγή χαρτοπολτού,	Ναι	2 ^ο βαθμού		Σπερχειός

		χαρτιού και χαρτονιού				
ΑΦΟΙ ΧΡ. ΖΑΡΚΑΔΟΥΛΑ ΑΕ	264	Κατασκευή τούβλων, πλακιδίων και λοιπών δομικών προϊόντων από απτή γη	Άγνωστο	-		-
ΑΦΟΙ ΚΥΡΙΤΣΗ-ΛΑΤΟΜΕΙΑ ΑΒΕΕ	265	Παραγωγή τσιμέντου, ασβέστη και γύψου	Άγνωστο	-		-
ΒΙΟΚΕΡΑΜ ΑΕΒΕ	264	Κεραμικά	Άγνωστο	-		-

Οι φυσικοχημικές παράμετροι (pH, θερμοκρασία, αλατότητα, αγωγιμότητα, διαλυμένο οξυγόνο) κυμαίνονται σε φυσιολογικά επίπεδα. Η ζώνη ανάμιξης γλυκού- αλμυρού νερού είναι μικρής έκτασης, ενώ ο ποταμός επιδρά στην αλατότητα της περιοχής του δέλτα μόνο σε περιόδους υψηλής ροής. Επίσης δεν έχει παρατηρηθεί έντονη στρωμάτωση, γεγονός που είναι ευνοϊκό για την αποφυγή συνθηκών ανοξίας.

Στην περιοχή του δέλτα και στον ποταμό έχουν ανιχνευτεί ποσότητες φυτοφαρμάκων (τρίαζίνες, οργανοφωσφορικά και ακεταμίδιο). Οι συγκεντρώσεις τους είναι μικρές και δεν φθάνουν σε τοξικά επίπεδα. Βέβαια, χρειάζεται συστηματική παρακολούθηση των επιπέδων τους, εξαιτίας της έντονης χρήσης τους στις γεωργικές καλλιέργειες (Δασενάκης κ.ά. 2004).



Εικ. 2.12: Στην κορυφή του ριπιδίου του Δρυμαρρορέματος λειτουργεί χώρος εναπόθεσης απορριμμάτων

Ο Σπερχειός Ποταμός αποτελεί σημαντική πηγή ρύπων για τον Μαλιακό Κόλπο, χωρίς όμως οι ποσότητες των ουσιών αυτών να δημιουργούν ιδιαίτερα προβλήματα στο σύστημα. Γενικά η ποιότητα του υδάτινου περιβάλλοντος χαρακτηρίζεται καλή, ενώ ο ευτροφισμός φαίνεται να είναι η κύρια ενδεχόμενη απειλή για το οικοσύστημα. Σίγουρα απαιτείται ορθολογικός σχεδιασμός των διάφορων δραστηριοτήτων στην περιοχή (τουρισμός, υδατοκαλλιέργειες, γεωργία) και έλεγχος της λειτουργίας του βιολογικού καθαρισμού καθώς το οικοσύστημα στα πεδινά έχει πλέον επιβαρυνθεί σε επικίνδυνο βαθμό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΧΑΡΤΩΝ

Τα δεδομένα για την ψηφιακή βάση της περιοχής μελέτης αντλήθηκαν από αναλογικούς τοπογραφικούς χάρτες της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (ΓΥΣ) καθώς και από τον γεωλογικό χάρτη της Ελλάδας του Ινστιτούτου Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.). κλίμακας 1:500.000. Οι τρεις χάρτες της ΓΥΣ είναι τα φύλλα - Σπερχειάς, 095-Δομοκός και 183-Λαμία, κλίμακας 1:50000. Επίσης, χρησιμοποιήθηκε το λειτουργικό πρόγραμμα: ARC MAP.

Τα αναλογικά φύλλα των χαρτών του Ι.Γ.Μ.Ε. και Γ.Υ.Σ. σαρώθηκαν και αποθηκεύτηκαν σε ψηφιακή μορφή (jpg) για την περαιτέρω ψηφιοποίησή τους. Ακολούθησε η γεωαναφορά τους στο προβολικό σύστημα Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς του 1987 (ΕΓΣΑ '87), καθώς αυτό είναι το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο σύστημα αναφοράς στην Ελλάδα έως σήμερα, το οποίο προέκυψε από συνδυασμό κλασικών και δορυφορικών μετρήσεων. Αφετηρία του είναι τριγωνομετρικό σημείο στο Διόνυσο Αττικής, ενώ χρησιμοποιεί το γεωκεντρικό ΕΕΠ GRS 80 και την εγκάρσια Μερκατορική προβολή μιας ζώνης, με κεντρικό μεσημβρινό ($\lambda = 240$ προς Greenwich) αυτόν που διέρχεται από το Διόνυσο Αττικής, άξονα τετμημένων τον ισημερινό, προσθετική σταθερά (False Easting) $E_0 = 500.000$ m και συντελεστή κλίμακας στον κεντρικό μεσημβρινό $m_0 = 0,9996$.

Για να πραγματοποιηθεί η γεωαναφορά, αρχικά όλα τα φύλλα των χαρτών εισήχθησαν ξεχωριστά στο περιβάλλον του λογισμικού ArcMap. Η γεωαναφορά έγινε την εντολή georeferencing με βάση ενός αρχείου (shape file) της διανομής των χαρτών, κλίμακας 1:50.000.

Μετά το τέλος της γεωαναφοράς δημιουργήσαμε τα shape files για την κάθε οντότητα.

Για τη δημιουργία ενός νέου αρχείου (shape file) διαλέγουμε από το ArcToolbox (εργαλειοθήκη του Arcmap) το εργαλείο Data Management Tools και στη συνέχεια επιλέγουμε την Create Feature Class όπου εμφανίζεται ένα παράθυρο για τη δημιουργία της οντότητας. Στο παράθυρο αυτό δίνουμε το όνομα στην οντότητα που θα αντιπροσωπεύει το shape file, προσδιορίζουμε τον τύπο οντότητας και το σύστημα αναφοράς.

Για να ξεκινήσει η ψηφιοποίηση πρέπει να εισαχθούν οι γεωαναφερμένοι ψηφιακοί χάρτες και τα αρχεία (shape files) σε ένα Project (.mxd). Στη συνέχεια αρχίζουμε την ψηφιοποίηση του χάρτη με την εντολή start editing, όπου στο file της εντολής target επιλέγεται το επιθυμητό shape file που θα ψηφιοποιηθεί. Το μαρκάρισμα της κάθε οντότητας (γραμμικής, πολυγωνικής) ξεκάνει με ένα κλικ και τελειώνει με διπλό κλικ και αυτόματα προσχωρείται στο πίνακα όπου στη συνέχεια συμπληρώνεται ο τύπος γραμμής στο οποίο αντιστοιχεί. Για να σταματήσει η διαδικασία ψηφιοποίησης επιλέγουμε από τον Editor την εντολή Stop Editing.

Με δεξί κλικ και επιλογή open attribute table επεξεργαζόμαστε τον πίνακα περιγραφών του shape file και μπορούμε να προσθέσουμε στήλες ή να εισάγουμε στοιχεία για κάθε αντικείμενο που έχει ψηφιοποιηθεί π.χ. κατηγοριοποίηση ρηγμάτων, σύμβολα σχηματισμών, αζιμούθιο κλίσεων κ.ά.

Ο Μορφολογικός χάρτης (ανάγλυφος) προέκυψε από το Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου (Digital Elevation Model/DEM) (βήμα κανάβου 25m) με την εντολή Raster to TIN του Convert (3D Analyst).

Στη δομή κανάβου (raster) ο χώρος υποδιαιρείται σε φατνία/κελιά (cells) τα οποία διαμορφώνουν μια ψηφιδωτή δομή. Η ψηφιδωτή δομή δεδομένων χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις που το χωρικό φαινόμενο που αποτυπώνεται χαρακτηρίζεται ως συνεχής μεταβλητή (π.χ. το υψόμετρο του εδάφους) ή σε περιπτώσεις που στο ΣΓΠ θέλουμε να ενσωματώσουμε μια δορυφορική εικόνα ή μια σαρωμένη αεροφωτογραφία.

Μία γνωστή ψηφιδωτή μορφή είναι το δίκτυο ακανόνιστων τριγώνων/TIN (Triangulated Irregular Network), όπου τα φατνία είναι τριγωνικά μη σταθερού μεγέθους. Ένα μοντέλο TIN αναπαριστά το ανάγλυφο ως ένα σύνολο τριγώνων, τα οποία έχουν ως κορυφές σημεία με συγκεκριμένο υψόμετρο z και συντεταγμένες x,y. Ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου TIN χρησιμοποιήθηκε για την ψηφιακή αναπαράσταση της μεταβλητότητας του αναγλύφου στην περιοχή μελέτης.

Ο χάρτης των εδαφικών κλίσεων προέκυψε από το Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου (Digital Elevation Model/DEM), με την εντολή Slope του Surface Analysis (Spatial Analyst).

Τέλος ο κάθε θεματικός χάρτης εξάγεται σε μορφή αρχείου εικόνας, με την εντολή Export Map (από το μενού File), έτσι ώστε στη συνέχεια να εισαχθεί και να απεικονιστεί στην παρούσα εργασία.

Το ArcMap, δίδει τη δυνατότητα να εξαχθεί ένας θεματικός χάρτης σε διάφορους τύπους αρχείων εικόνας (.jpeg, .tiff, .bmp και άλλους), μεταβάλλοντας ανάλογα κάθε φορά την ποιότητα και ανάλυση της εικόνας αυτής.

3.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

Ο υπολογισμός της μέσης ετήσιας απορροής του Σπερχειού ποταμού στηρίζεται στον προσδιορισμό της επιφανειακής απορροής από τους επιμέρους υδρολογικούς συντελεστές του υδατικού ισοζυγίου.

Για την εκτίμηση του υδατικού ισοζυγίου του Σπερχειού ποταμού ακολουθήθηκαν δύο προσεγγίσεις.

Η πρώτη προσέγγιση αναφέρεται στον υπολογισμό των επιμέρους παραμέτρων του υδατικού ισοζυγίου σε μηνιαία βάση, δηλαδή το ποσό των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που δέχεται μηνιαία η λεκάνη απορροής (P), η εξατμιδοδιαπνοή (ET), και η ποσότητα του ύδατος που κατεισδύει εντός του εδάφους (I) και τέλος η προκύπτουσα επιφανειακή απορροή (Q).

Η δεύτερη προσέγγιση στηρίζεται στο μηνιαίο μοντέλο υδατικού ισοζυγίου του Thornthwaite, όπως αυτό περιγράφεται από τον Mather (1978).

Και στις δυο περιπτώσεις χρησιμοποιήθηκαν τα βροχομετρικά ύψη και οι ατμοσφαιρικές θερμοκρασίες από τέσσερις μετεωρολογικούς σταθμούς της ΕΜΥ (Πίνακες 3.1 και 3.2). Ο υπολογισμός του μέσου βροχομετρικού ύψους της λεκάνης απορροής του Σπερχειού έγινε με τη μέθοδο των πολυγώνων του Thiessen (για πλήρη περιγραφή βλέπε Elliot (1995)). Για δε τον σχεδιασμό των χαρτών και των σχετικών εμβαδομετρήσεων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό GIS- ARC VIEW.

Πίνακας 3.1: Μέση θερμοκρασία (T) στις τέσσερις υπο-περιοχές της λεκάνης απορροής

Μήνας	T _{ΛΑΜΙΑ} (°C)	T _{ΛΙΑΩΡΙΚΙ} (°C)	T _{ΛΕΥΚΑΔΑ} (°C)	T _{ΔΟΜΟΚΟΣ} (°C)
Ιανουάριος	7,1	5,2	5,8	4,8
Φεβρουάριος	8	6	6,6	5,2
Μάρτιος	10,5	8,9	9,9	8,2
Απρίλιος	14,8	12,7	13,7	12,3
Μάιος	20,1	17,3	18,7	17,2

Ιούνιος	25,3	22,3	23,4	22,5
Ιούλιος	26,9	25,1	25,4	24,3
Αύγουστος	25,9	24,3	24,3	23,7
Σεπτέμβριος	22,4	20,6	20,8	20,4
Οκτώβριος	16,9	15,2	15,4	14,8
Νοέμβριος	11,8	9,7	10,5	9,2
Δεκέμβριος	8,3	6,5	7,5	5,9
Ετήσιο	16,5	14,5	15,2	14,05

Πίνακας 3.2: Μέση βροχόπτωση (P) στις τέσσερις υπο-περιοχές της λεκάνης απορροής

Μήνας	P _{ΛΑΜΙΑ} (mm)	P _{ΛΙΔΩΡΙΚΙ} (mm)	P _{ΔΕΥΚΑΛΑ} (mm)	P _{ΔΟΜΟΚΟΣ} (mm)
Ιανουάριος	64,4	119,9	102	56,9
Φεβρουάριος	65,2	96,1	109,2	45,3
Μάρτιος	60,9	79,2	82,5	50,4
Απρίλιος	46	86,5	81	55,9
Μάιος	34,1	59	42,5	55,1
Ιούνιος	22,4	27,4	27,3	26,9
Ιούλιος	18,8	17,2	13,4	20,2
Αύγουστος	27	20,5	24,9	19,4
Σεπτέμβριος	17,4	28,8	25	20,5
Οκτώβριος	71,4	86	69,5	69,7
Νοέμβριος	72,9	170,3	141,1	89,9
Δεκέμβριος	73,3	165,7	135,1	61,2
Ετήσιο	573,8	956,6	853,5	571,4

3.2.1 Εξίσωση υδρολογικού ισοζυγίου

Το υδατικό ισοζύγιο στη λεκάνη απορροής του Σπερχειού εκφράζεται από την βασική εξίσωση:

$$P=Q+ET+I \quad (\text{Σχέση 3.1})$$

όπου:

P: το ποσό των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμών που δέχεται ετήσια η λεκάνη απορροής

Q: η ετήσια απορρέουσα ποσότητα ύδατος από τη λεκάνη (επιφανειακή απορροή)

ET: η ετήσιο εξατμιζόμενη ποσότητα ύδατος καθώς και η δεσμευόμενη από τα φυτά για τη διεργασία της διαπνοής (εξατμισοδιαπνοή)

I: η ποσότητα του ύδατος που κατεισδύει εντός του εδάφους (κατεΐσδυση)

Στην ενότητα αυτή προσδιορίζονται οι βασικές συνιστώσες που υπεισέρχονται στην Εξίσωση (3.2) του υδρολογικού ισοζυγίου, με σκοπό τον τελικό υπολογισμό του απορρέοντος ύδατος το οποίο τροφοδοτεί το Σπερχειό ποταμό, ελλείπει των στοιχείων για τη ροή ή την παροχή του ποταμού.



ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ

Στοιχεία ατμοσφαιρικών κατακρημνισμών συγκεντρώθηκαν από τους μετεωρολογικούς σταθμούς της Ε.Μ.Υ. που βρίσκονται εντός της υδρολογικής λεκάνης του Σπερχειού ποταμού και από τους πλησιέστερους σε αυτή και συγκεκριμένα από τη Λαμία για την περίοδο 1970 -1997 , το Λιδωρίκι για την περίοδο 1975-1995, τη Λευκάδα για την περίοδο 1974-1990, και το Δομοκό για την περίοδο 1952-2005. Από τα δεδομένα των σταθμών αυτών, για τους υπολογισμούς των παραμέτρων του υδρολογικού ισοζυγίου θα χρησιμοποιηθούν οι μέσες μηνιαίες τιμές.

Όπως προαναφέρθηκε ο υπολογισμός του μέσου μηνιαίου βροχομετρικού ύψους της λεκάνης απορροής του Σπερχειού ποταμού έγινε στηριζόμενοι στη μέθοδο Thiessen (Elliot 1995), η οποία συνιστάται όταν η κατανομή των βροχομετρικών σταθμών δεν είναι ομοιόμορφη (Τσόγκας 1999, Κωστόπουλος 2006). Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, η υδρολογική λεκάνη χωρίζεται γεωμετρικά σε περιοχές επιρροής του κάθε βροχομετρικού σταθμού, με βάση τα πολύγωνα που δημιουργούνται όταν φέρονται οι μεσοκάθετες στα ευθύγραμμα τμήματα που συνδέουν τους σταθμούς ανά ζεύγη. Το μέσο βροχομετρικό ύψος προκύπτει με την εφαρμογή της ακόλουθης εξίσωσης:

$$P = \sum P_i E_i / \sum E_i \quad (\text{Σχέση 3.2})$$

όπου P το μέσο βροχομετρικό ύψος της περιοχής (σε mm), P_i τα βροχομετρικά ύψη των διάφορων σταθμών με επιφάνειες απορροής E_i, εντός της υδρολογικής λεκάνης.



ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ

Ο ακριβής υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής απαιτεί τη γνώση πολλών κλιματικών και φυτικών παραμέτρων. Στην πράξη η διαδικασία μπορεί να απλοποιηθεί με την εφαρμογή εμπειρικών μοντέλων, οπότε και λαμβάνονται υπόψη μόνο μερικές από τις παραμέτρους αυτές.

Για τον υπολογισμό της μέσηςμηνιαίας εξατμισοδιαπνοής στη λεκάνη απορροής του Σπερχειού εφαρμόστηκαν οι μέθοδοι του Coutagne (1949) και των Burdon-Papakis (1963) που ικανοποιούν τις συνθήκες της περιοχής.

ΜΕΘΟΔΟΣ COUTAGNE (1949)

Ο τύπος της μεθόδου Coutagne (1949) είναι ο ακόλουθος:

$$E = P - \lambda P^2 \quad (\text{Σχέση 3.3})$$

όπου:

E: η μέση μηνιαία πραγματική εξατμισοδιαπνοή,

P: το μέσο μηνιαίο ύψος βροχής σε m,

λ : συντελεστής που δίνεται από τον τύπο $\lambda = 1 / (0,8 + 0,14T)$ (Σχέση 3.4) και

T: η μέση μηνιαία θερμοκρασία σε βαθμούς °C.

Η εν λόγω μέθοδος εφαρμόζεται όταν ικανοποιείται η συνθήκη $\frac{1}{8}\lambda \leq P \leq \frac{1}{\lambda}$ κάτι που συμβαίνει στην υπό εξέταση περιοχή.

ΜΕΘΟΔΟΣ των BURDON & PAPAKIS (1963)

Κατά την εφαρμογή της μεθόδου λαμβάνεται υπόψη μόνο το ύψος των μηνιαίων ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων. Όταν το ετήσιο ύψος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων είναι μικρότερο από 1000 mm και μεγαλύτερο από 250 mm –όπως συμβαίνει και στην προκειμένη περίπτωση– ως εξατμισοδιαπνοή λαμβάνεται το 50% του χρονικού διαστήματος Νοεμβρίου-Μαρτίου συν τις βροχοπτώσεις των υπολοίπων μηνών.

Ο τύπος της μεθόδου D. Burdon-N. Papakis είναι ο ακόλουθος:

$$E = 0,5 P_{N-M} + P_{A-O} \quad (\text{Σχέση 3.5})$$

όπου:

P_{N-M} : το συνολικό ύψος βροχής του διαστήματος Νοεμβρίου-Μαρτίου και

P_{A-O}: το συνολικό ύψος βροχής του διαστήματος Απριλίου-Οκτωβρίου.

Για την εύρεση της μέσης μηνιαίας εξατμισοδιαπνοής που αφορά στη λεκάνη του Σπερχειού ποταμού, έγινε υπολογισμός των μεταβλητών των παραπάνω περιγραφόμενων εξισώσεων χρησιμοποιώντας τα ύψη βροχής και τις ατμοσφαιρικές θερμοκρασίες των 4 μετεωρολογικών σταθμών της ΕΜΥ.

● ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗ

Ο ακριβής υπολογισμός της επιφανειακής απορροής μιας υδρολογικής λεκάνης γίνεται συνήθως στο στόμιο της λεκάνης με την εγκατάσταση ανάλογων μετρητών. Στην περίπτωση όμως της περιοχής μελέτης, δεν υπάρχουν τέτοιου είδους στοιχεία και κατά συνέπεια οι αριθμητικές τιμές των παραμέτρων αυτών, δηλαδή της επιφανειακής απορροής και της κατείσδυσης, θα θεωρούνται ενδεικτικοί και όχι απόλυτοι.

Όπως προκύπτει από τη βιβλιογραφία, ο συντελεστής κατείσδυσης για τους σχηματισμούς της περιοχής μελέτης είναι της τάξης του 45% για τα ανθρακικά πετρώματα, 10% για το φλύσχη, 15% για τις νεογενείς αποθέσεις, 20% για τις αλουβιακές αποθέσεις, 25% για τα ριπίδια κλιτύων και αποθέσεις αναβαθμίδων, 8% για τους οφιόλιθους και τέλος 13% για τη σχιστοκερατολιθική διάπλαση. Έτσι ανάλογα με την έκταση που καταλαμβάνει κάθε γεωλογικός σχηματισμός υπολογίζονται ο όγκος των κατακρημνισμάτων και οι μέσες τιμές κατείσδυσης (Ψωμιάδης 2010).

Με τη βοήθεια του προγράμματος GIS ARCMAP πραγματοποιείται εμβαδομέτρηση των γεωλογικών σχηματισμών που απαρτίζουν το σύνολο της λεκάνης του Σπερχειού ποταμού.

Στη συνέχεια και με τη βοήθεια των συντελεστών κατείσδυσης του κάθε σχηματισμού υπολογίζεται ο βαρυκεντρικός συντελεστής κατείσδυσης με βάση τον τύπο:

$$\frac{\sum \text{ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗΣ} \times \text{ΕΚΤΑΣΗ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ}}{\sum \text{ΕΚΤΑΣΗ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ}} \quad (\text{Σχέση 3.6})$$

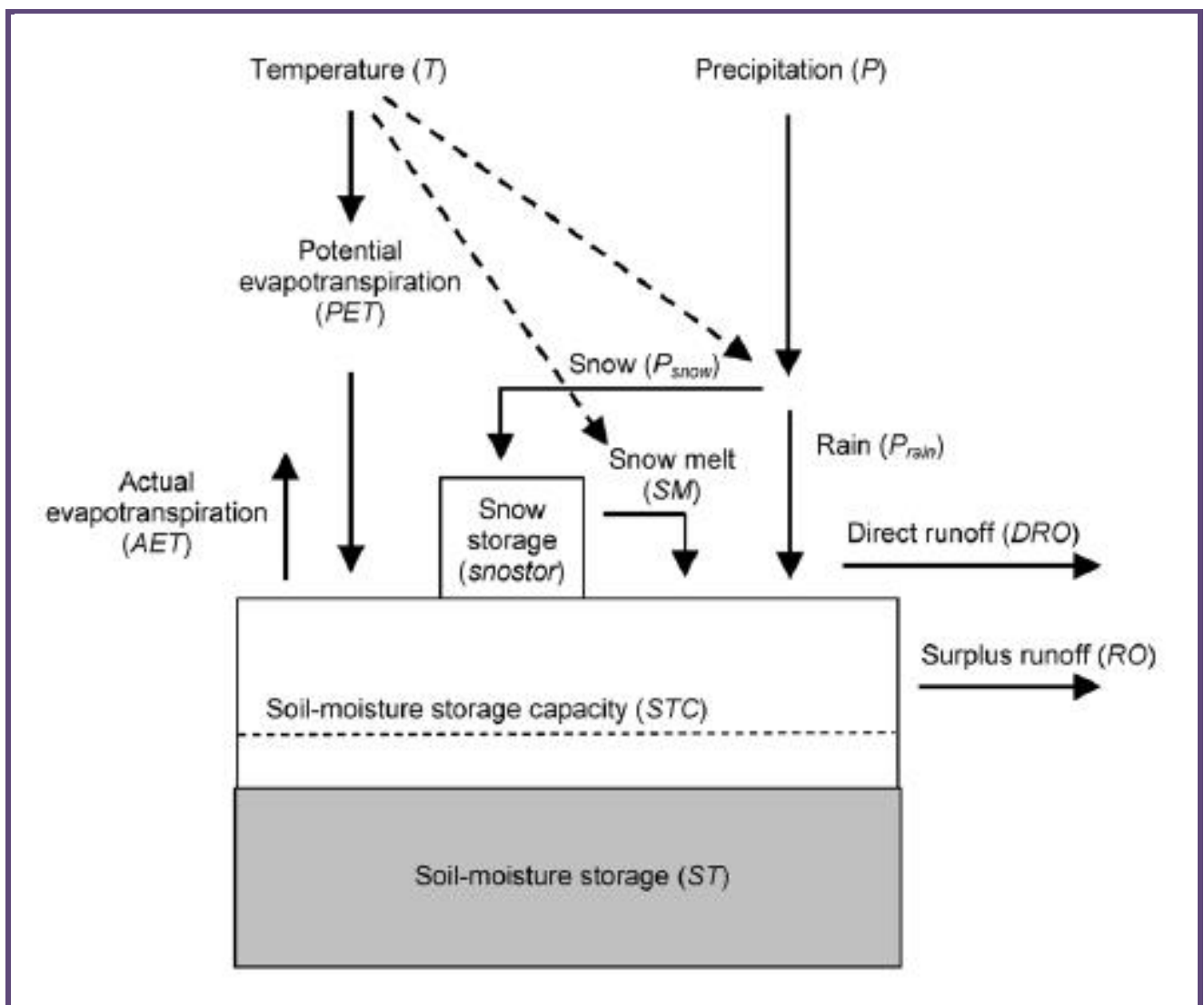
3.2.2 Μοντέλο του *Thornthwaite*

Για τον προσδιορισμό του υδατικού ισοζυγίου με το μοντέλο του *Thornthwaite*, (2^η προσέγγιση) χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό που διατίθεται ελεύθερα από το U.S. Geological Survey (USGS) και περιγράφεται αναλυτικά από τους McCabe and Markstrom (2007).

3.2.2.1 Θεωρητικό υπόβαθρο

Το μοντέλο υδατικού ισοζυγίου (Σχήμα 3.1) αναλύει την κατανομή του νερού μεταξύ των διαφόρων συνιστωσών του υδρολογικού συστήματος χρησιμοποιώντας μια μηνιαία

λογιστική διαδικασία βάσει της μεθοδολογίας που αρχικά παρουσίασε ο Thornthwaite (Thornthwaite 1948, Mather 1978, McCabe & Wolock 1999). Τα δεδομένα εισόδου για το μοντέλο είναι η μέση μηνιαία θερμοκρασία (T , σε βαθμούς Κελσίου), το μηνιαίο ολικό ποσό ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (P , σε χιλιοστά), καθώς και το γεωγραφικό πλάτος (σε μοίρες) της θέσης ενδιαφέροντος. Το γεωγραφικό πλάτος της θέσης χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του μήκους της ημέρας, η οποία είναι αναγκαία για τον υπολογισμό της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής (PET). Το μοντέλο αναφέρεται ως το μοντέλο Thornthwaite. Στη συνέχεια αναλύονται οι επιμέρους συνιστώσες του υδατικού ισοζυγίου.



Σχήμα 3.1: Διάγραμμα του μοντέλου του υδατικού ισοζυγίου

● ΧΙΟΝΟΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ

Ο πρώτος υπολογισμός του μοντέλου υδατικής ισορροπίας είναι η εκτίμηση του ποσού των μηνιαίων ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (P) που αντιστοιχούν σε βροχή (P βροχή)

ή χιόνι ($P_{\chi\iota\omicron\omicron\iota}$), σε χιλιοστά. Όταν η μέση μηνιαία θερμοκρασία (T) είναι κάτω από ένα καθορισμένο κατώφλι ($T_{\chi\iota\omicron\omicron\iota}$), όλο το ποσό των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων θεωρείται ότι είναι το χιόνι. Αν η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από μια επιπρόσθετη τιμή κατωφλίου ($T_{\beta\rho\omicron\chi\eta\varsigma}$), τότε όλο το ποσόν των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων θεωρείται βροχή. Εντός της περιοχής που ορίζεται από τα T και $T_{\chi\iota\omicron\omicron\iota}$ βροχή, η ποσότητα των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που είναι χιόνι μειώνεται γραμμικά από 100 τοις εκατό έως 0 τοις εκατό των συνολικών κατακρημνισμάτων. Η σχέση αυτή εκφράζεται ως:

$$P_{\chi\iota\omicron\omicron\iota} = P \times [(T_{\beta\rho\omicron\chi\eta\varsigma} - T) / (T_{\beta\rho\omicron\chi\eta\varsigma} - T_{\chi\iota\omicron\omicron\iota})] \quad (\text{Σχέση 3.7})$$

Το $P_{\beta\rho\omicron\chi\eta\varsigma}$ στην συνέχεια υπολογίζεται ως:

$$P_{\beta\rho\omicron\chi\eta\varsigma} = P - P_{\chi\iota\omicron\omicron\iota} \quad (\text{Σχέση 3.8})$$

Βασιζόμενοι στην ανάλυση των αποτελεσμάτων του υδάτινου ισοζυγίου για μια σειρά από περιοχές μελέτης, ικανοποιητική κρίνεται μια τιμή $T_{\beta\rho\omicron\chi\eta\varsigma} = 3,3^{\circ}\text{C}$ (McCabe & Wolock 1999). Οι τιμές $T_{\chi\iota\omicron\omicron\iota}$ που μπορούν να χρησιμοποιηθούν φαίνεται να διαφοροποιούνται ανάλογα με το υψόμετρο. Έτσι για υψόμετρο κάτω των 1.000 μ., η τιμή $T_{\chi\iota\omicron\omicron\iota\omicron\omicron\iota} = -10^{\circ}\text{C}$ φαίνεται να λειτουργεί καλύτερα, και για τις περιοχές πάνω από 1.000 μ η τιμή $T_{\chi\iota\omicron\omicron\iota\omicron\omicron\iota} = -1^{\circ}\text{C}$ είναι καταλληλότερη. (Αυτές οι τιμές καθορίστηκαν από προηγούμενες βαθμονομήσεις του μοντέλου κατά τη διάρκεια δοκιμών και αξιολογήσεων των υπολογισμών απορροής σε γειτονικές περιοχές των Ηνωμένων Πολιτειών. (David Wolock, Γεωλογικής Έρευνας των ΗΠΑ, Λόρενς, Kans.)

Το $P_{\chi\iota\omicron\omicron\iota}$ συσσωρεύεται ως χιόνι αποθήκευσης (*snostor*).

● **ΑΜΕΣΗ ΑΠΟΡΡΟΗ**

Άμεση απορροή (DRO) είναι η απορροή, σε χιλιοστά, από αδιαπέραστες επιφάνειες ή η απορροή που προκύπτει από υπερχειλίση που προκύπτει από την υπέρβαση του ορίου διήθησης του εδάφους.

Το κλάσμα (*drofrac*) της $P_{\beta\rho\omicron\chi\eta\varsigma}$ που γίνεται άμεση απορροή καθορίζεται με βάση τις αναλύσεις προηγούμενων μοντέλων υδατικού ισοζυγίου. Μια ενδεικτική τιμή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι 5 τοις εκατό (Wolock και McCabe 1999). Η DRO εκφράζεται από την σχέση:

$$DRO = P_{\beta\rho\omicron\chi\eta\varsigma} \times \text{drofrac} \quad (\text{Σχέση 3.9})$$

Το ποσό που αντιστοιχεί στην άμεση απορροή (DRO) αφαιρείται από τη P_{BROXH} για να υπολογιστεί η ποσότητα των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που παραμένει:

$$P_{\Pi APAMENEI} = P_{BROXH} - DRO \quad (\text{Σχέση 3.10})$$

● ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΧΙΟΝΙΟΥ ΠΟΥ ΛΙΩΝΕΙ

Το κλάσμα του snostor που τήκεται σε ένα μήνα (κλάσμα χιονιού που τήκεται SMF) υπολογίζεται από τη μέση μηνιαία θερμοκρασία (T) και ένα μέγιστο ποσοστό τήξης (meltmax). Το Meltmax συχνά ορίζεται από την τιμή 0,5 (McCabe & Wolock 1999, Wolock & McCabe 1999). Το κλάσμα του αποθηκευμένου χιονιού που τήκεται σε ένα μήνα υπολογίζεται ως:

$$SMF = [(T - T_{\chi I O N I O Y}) / (T_{BROXH} - T_{\chi I O N I O Y})] \times meltmax \quad (\text{Σχέση 3.11})$$

Εάν η υπολογιζόμενη SMF είναι μεγαλύτερη από ότι η τιμή meltmax, τότε η SMF ορίζεται ως meltmax. Η ποσότητα του χιονιού που τήκεται σε ένα μήνα (SM), σε χιλιοστά ισοδυνάμου νερού χιονιού, υπολογίζεται ως εξής:

$$SM = snostor \times SMF \quad (\text{Σχέση 3.12})$$

Το SM προστίθεται στο $P_{\Pi APAMENEI}$ για να υπολογιστεί η συνολική ποσότητα υγρού ύδατος ($P_{\Sigma Y N O L I K O}$) που διεισδύει στο έδαφος.

● ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ ΚΑΙ ΠΟΣΟ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

Η πραγματική εξατμισοδιαπνοή (AET) προέρχεται από τη δυνητική εξατμισοδιαπνοή (PET), τη συνολική ατμοσφαιρική κατακρημνιση $P_{\Sigma Y N O L I K O}$, το ποσό της αποθηκευμένης υγρασίας στο έδαφος (ST), και την απόσυρση της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας (STW). Η μηνιαία PET υπολογίζεται από τη μέση μηνιαία θερμοκρασία (T) και ορίζεται ως η απώλεια νερού από μια μεγάλη, ομοιογενή, καλυμμένη με βλάστηση περιοχή που ποτέ δεν στερείται ύδατος (Thorntwaite 1948, Mather 1978). Έτσι, η PET αντιπροσωπεύει την κλιματολογική ζήτηση για νερό σε σχέση με τη διαθέσιμη ενέργεια. Σε αυτό το ισοζύγιο νερού, η PET υπολογίζεται χρησιμοποιώντας την εξίσωση Hamon (Hamon 1961):

$$PET_{Hamon} = 13,97 \times d \times D^2 \times W_t \quad (\text{Σχέση 3.13})$$

όπου PET_{Hamon} είναι η PET σε χιλιοστόμετρα ανά μήνα, το d είναι ο αριθμός των ημερών σε ένα μήνα, το D είναι οι μέσες μηνιαίες ώρα της ημέρας σε μονάδες 12ώρου, και W_t είναι ένας όρος που δίνει την πυκνότητα των κορεσμένων υδρατμών, σε γραμμάρια ανά κυβικό μέτρο, και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$W_t = (4,95 \times e^{0,062 \times T}) / 100 \quad (\text{Σχέση 3.14})$$

όπου T είναι η μέση μηνιαία θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου (Hamon 1961).

Όταν το $P_{\text{ΣΥΝΟΛΙΚΟ}}$ κατά την διάρκεια ενός μήνα είναι μικρότερο του PET, τότε το AET ισούται με το $P_{\text{ΣΥΝΟΛΙΚΟ}}$ συν την ποσότητα της υγρασίας του εδάφους που μπορεί να αναρροφηθεί από την αποθηκευμένη στο έδαφος. Η αναρρόφηση της αποθηκευμένης υγρασίας του εδάφους μειώνεται γραμμικά με τη μείωση της ST έτσι ώστε καθώς το έδαφος γίνεται ξηρότερο, το νερό να γίνεται πιο δύσκολο να αφαιρεθεί από το έδαφος και να διατίθενται μικρότερα ποσά για την AET.

Η τιμή του STW υπολογίζεται ως εξής:

$$STW = ST_{i-1} - \left[\text{abs}(P_{\text{total}} - PET) \times \left(\frac{ST_{i-1}}{STC} \right) \right] \quad (\text{Σχέση 3.15})$$

όπου ST_{i-1} είναι η αποθηκευμένη εδαφική υγρασία για τον προηγούμενο μήνα και STC είναι η ικανότητα κατακράτησης υγρασίας του εδάφους. Μια τιμή STC που ισούται με 150 mm λειτουργεί για τις περισσότερες περιοχές (McCabe & Wolock 1999).

Αν το άθροισμα των P και STW είναι μικρότερο από PET, τότε ένα έλλειμμα νερού υπολογίζεται ως PET-AET. Εάν το $P_{\text{ΣΥΝΟΛΙΚΟ}}$ ξεπεράσει το PET, τότε η AET είναι ίση με το PET και το νερό που περισσεύει από το PET αναπληρώνει το ST. Όταν ST είναι μεγαλύτερο από STC, η περίσσεια νερού γίνεται πλεόνασμα (S) και είναι τελικά διαθέσιμη για απορροή.

● ΑΠΟΡΡΟΗ

Η απορροή (RO) παράγεται από το πλεόνασμα S, σε μια συγκεκριμένη αναλογία (rFactor). Η τιμή του rFactor που χρησιμοποιείται συνήθως είναι το 0,5 (Wolock & McCabe 1999). Η παράμετρος rFactor καθορίζει το κλάσμα του πλεονάσματος που γίνεται απορροή σε ένα μήνα. Το υπόλοιπο πλεόνασμα μεταφέρεται στον επόμενο μήνα για να υπολογιστεί

το συνολικό S για το συγκεκριμένο μήνα. Η άμεση απορροή (DRO), σε χιλιοστά, προστίθεται απευθείας στην απορροή που δημιουργείται από το πλεόνασμα (RO) για να υπολογίσουμε την συνολική μηνιαία απορροή (RO_{TOTAL}), σε χιλιοστά.

3.2.2.2 Δεδομένα εισόδου

Το μοντέλο υδατικού ισοζυγίου έχει επτά παραμέτρους εισόδου. Τα δεδομένα που εισάγονται είναι η μέση μηνιαία θερμοκρασία και το συνολικό βροχομετρικό ύψος. Ακόμη, εισάγονται το γεωγραφικό πλάτος (latitude) της περιοχής μελέτης (38°), που σχετίζεται με τον υπολογισμό της διάρκειας της ημέρας προκειμένου να υπολογιστεί η δυνητική εξατμισοδιαπνοή, ο συντελεστής άμεσης απορροής (5%), το κατώφλι θερμοκρασίας βροχής ($3,3^\circ\text{C}$), το κατώφλι θερμοκρασίας χιονιού (-10°C), ο μέγιστος ρυθμός τήξης του πάγου (50%) όπως αυτές προτείνονται από τους McCabe and Markstrom (2007).

Τέλος, για την ικανότητα αποθήκευσης υγρασίας στο έδαφος, χρησιμοποιούνται τιμές μεταξύ 200 mm (περιοχές μικρής βροχόπτωσης) μέχρι και 300 mm (περιοχές μεγάλης βροχόπτωσης) στη περίπτωση του ελληνικού χώρου.

Το μοντέλο απαιτεί ένα απλό αρχείο δεδομένων εισόδου. Για να επιλέξουμε το αρχείο εισόδου, κλικάρουμε το κουμπί που αντιστοιχεί στο αρχείο ("αρχείο εισόδου") και εμφανίζεται ένα πρόγραμμα περιήγησης στο αρχείο. Το αρχείο εισόδου πρέπει να είναι ένα αρχείο στο τοπικό σύστημα αρχείων του χρήστη που να περιέχει τα δεδομένα εισόδου του υδατικού ισοζυγίου. Ένα ΔΕΙΓΜΑ των αρχείων δεδομένων (input.file) παρέχεται με το μοντέλο και βρίσκεται στο φάκελο εγκατάστασης USGS_Thorntwaite. Το αρχείο δεδομένων πρέπει να οργανωθεί σε τέσσερις στήλες με έναν ή περισσότερους χαρακτήρες διαστήματος μεταξύ των στηλών. Η πρώτη στήλη είναι το έτος, η δεύτερη είναι η αριθμητική τιμή του μήνα του έτους, το τρίτο είναι η μέση μηνιαία θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου, και η τελευταία είναι η συνολική μηνιαία βροχόπτωση σε χιλιοστά.

3.2.2.3 Δεδομένα εξόδου

Όταν τρέξουμε το μοντέλο, εμφανίζεται ένα αναδυόμενο παράθυρο στο οποίο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μεθόδου. Τα αρχεία εξόδου αποτελούνται από στήλες που αντιπροσωπεύουν την ημερομηνία, PET, P, P-PET, αποθηκευμένη εδαφική υγρασία, AET, PET-AET, αποθηκευμένο χιόνι, το πλεόνασμα, και RO_{total} . Τα περιεχόμενα αυτού του παραθύρου μπορούν να αποθηκευτούν σε ένα αρχείο, κάνοντας κλικ στο κουμπί «αποθήκευση» στο κάτω μέρος του παραθύρου και προσδιορίζοντας το όνομα (και κατάλογο) ενός αρχείου εξόδου στο πρόγραμμα περιήγησης αρχείων.

Στο κάτω μέρος του κύριου παραθύρου του προγράμματος, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τις συγκεκριμένες μεταβλητές που πρέπει να σχεδιαστούν κλικάροντας στον αντίστοιχο κύκλο. Αφού τρέξει το πρόγραμμα, θα ανοίξει ένα παράθυρο με τα διάγραμμα χρονοσειρών. Το μοντέλο μπορεί να εκτελεστεί όσες φορές θέλουμε, κάθε φορά επιλέγοντας ένα διαφορετικό σύνολο των μεταβλητών προς σχεδίαση.

3.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΣΤΕΡΕΟΠΑΡΟΧΗΣ

Ο υπολογισμός της στερεοπαροχής πραγματοποιήθηκε με τους παρακάτω τρόπους:

3.3.1 *Πρώτος τρόπος εκτίμησης της στερεοπαροχής με την εξίσωση των Poulos and Chronis (1997)*

Η πρώτη εξίσωση που θα εφαρμοστεί αναφέρεται στη σχέση του εμβαδού της λεκάνης απορροής και της στερεοπαροχής του κύριου κλάδου αυτής. Η εξίσωση προτάθηκε από τους Poulos and Chronis (1997) και η εφαρμογή της οδηγεί στον υπολογισμό του όγκου των ιζημάτων που μεταφέρονται σε αιώρηση. Η σχέση δίνεται μέσω του τύπου

$$S = 1954 \times A^{0.88} \quad (\text{Σχέση 3.16})$$

Στον παραπάνω τύπο το S αντιπροσωπεύει την στερεοπαροχή σε τόνους και το A το εμβαδό της λεκάνης απορροής σε km^2 . Η συγκεκριμένη εξίσωση έχει χρησιμοποιηθεί σε τριανταπέντε υδρογραφικά δίκτυα χωρών της νοτιοανατολικής Ευρώπης και πιο συγκεκριμένα της Ιταλίας, της Αλβανίας, της Ελλάδας και της Τουρκίας. Υπάρχει όπως είναι αναμενόμενο μεγάλος βαθμός συσχέτισης των ποταμών αυτών αφού οι λεκάνες απορροής τους έχουν παρόμοια γεωλογικά χαρακτηριστικά. Επιπλέον τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά των λεκανών απορροής τους είναι παραπλήσιες. Αυτό συμβαίνει διότι και οι τέσσερις χώρες ανήκουν στον ευρύτερο χώρο της αλπικής ορογένεσης. Επίσης τα κλιματικά χαρακτηριστικά βρίσκονται σε αντιστοιχία μεταξύ τους αφού στις περιοχές αυτές θα συναντήσουμε κλίμα που να κυμαίνεται από εύκρατο μεσογειακό έως ορεινό ηπειρωτικό, ανάλογα με το υψόμετρο της περιοχής (Poulos et al 1996). Πρέπει να αναφερθεί ότι η παραπάνω εξίσωση δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν η λεκάνη απορροής υπερβαίνει τα 100.000 km^2 . Αφορά έτσι σχεδόν το σύνολο των ποταμών της Ελλάδας καθώς και τον Σπερχειό ποταμό.

Στη συγκεκριμένη μελέτη, για να υπολογιστεί η συνολική στερεοπαροχή θα πρέπει να συμπεριληφθεί το ποσό των ιζημάτων που μεταφέρεται σε διάλυση καθώς και το φορτίο κοίτης. Με βάση την διεθνή πρακτική και εμπειρία (UNESCO 1985) ένα 10% μπορεί να αποδοθεί στο φορτίο κοίτης. Επίσης, από μετρήσεις διαλελυμένου υλικού για το σύνολο των λεκανών απορροής των ποταμών Έβρου, Νέστου, Στρυμόνα, Αξιού, Αλιάκμονα, Πηνειού, Σπερχειού, Αχελώου και Λούρου και κατόπιν συγκρίσεων με τις τιμές του αιωρούμενου υλικού των αντίστοιχων ποταμών προκύπτει ότι το ποσοστό του διαλελυμένου υλικού ανέρχεται στο 15% περίπου (Skoulidakis 1996 & Poulos 1997).

3.3.2 Δεύτερος τρόπος εκτίμησης της στερεοπαροχής με την εξίσωση των *Milliman and Syvitski*

Όπως έχει ήδη αναφερθεί η στερεοπαροχή ενός ποταμού ελέγχεται κυρίως από τις κλιματολογικές συνθήκες και τη γεωλογία. Σημαντικός παράγοντας επίσης είναι και τα χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης που επηρεάζονται και από τον άνθρωπο όπως η φυτοκάλυψη. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται σε πολλές περιοχές αποψίλωση των δασών λόγω της υλοτομίας ή της δημιουργίας βοσκότοπων. Το αποτέλεσμα είναι, μεγάλο μέρος του νερού να μην απορροφάται και να αποκτά μεγαλύτερη ταχύτητα και άρα κινητική ενέργεια κατά την κάθοδο του προς τις τοπογραφικά χαμηλότερες περιοχές, με συνέπεια να έχει τη δυνατότητα να μεταφέρει μεγαλύτερη ποσότητα στερεού ιζήματος.

Για τον υπολογισμό της ετήσιας στερεοπαροχής του Σπερχειού ποταμού θα χρησιμοποιηθεί ο ακόλουθος τύπος:

$$Q = 170 \times A^{0.52} \quad (\text{Σχέση 3.17})$$

Όπου Q είναι το ποσό του ιζήματος που μεταφέρεται από το υδρογραφικό δίκτυο ετησίως σε $t \times 10^6$, και A η έκταση της λεκάνης απορροής σε $km^2 \times 10^6$.

Ο τύπος αυτός προτάθηκε το 1992 από τους Milliman and Syvitski και βασίστηκε σε στοιχεία 41 ποταμών που οι λεκάνες απορροής τους καταλαμβάνουν σχετικά μεγάλη έκταση και αποστραγγίζουν περιοχές με μέγιστο υψόμετρο μεταξύ 1000 και 3000 μέτρων, στη Βόρεια και Νότια Αμερική, την Αφρική και την Ευρώπη που αναπτύσσονται σε περιοχές της Αλπικής πτύχωσης. Βάσει της βιβλιογραφίας όπως αναφέραμε και στην προηγούμενη σχέση, προσθέτουμε ένα ποσοστό 25% επί του αποτελέσματος για τον υπολογισμό της συνολικής στερεοπαροχής του υδρογραφικού δικτύου, έτσι ώστε να συμπεριληφθεί και το

ποσό των ιζημάτων που μεταφέρεται σε διάλυση καθώς και το φορτίο κοίτης όπως και στην εξίσωση 3.16.

3.3.3 Τρίτος τρόπος εκτίμησης της στερεοπαροχής με την εξίσωση των Koutsogiannis and Tarlas (1986)

Η επόμενη εξίσωση που θα εφαρμοστεί αποτελεί μεθοδολογία που προτάθηκε από τους Koutsogiannis and Tarlas (1986) και χρησιμοποιήθηκε από τους Gourdoumpas et al (2010) στα πλαίσια του υπολογισμού της υδατοπαροχής και στερεοπαροχής των ποταμών που αποστραγγίζουν τη Β. Πελοπόννησο. Η εξίσωση αυτή λαμβάνει περισσότερο υπόψη τα κλιματολογικά (βροχομετρικά κυρίως) χαρακτηριστικά και τη γεωλογία της περιοχής. Ο τύπος της εξίσωσης περιλαμβάνει το μέσο ετήσιο ύψος βροχής καθώς και κάποιους συντελεστές που σχετίζονται με τη λιθολογία των γεωλογικών σχηματισμών που καταλαμβάνουν τη λεκάνη απορροής της περιοχής. Ο τύπος της εξίσωσης είναι:

$$G = 15\gamma e^{3P} \quad (\text{Σχέση 3.18})$$

Όπου G είναι η μέση ετήσια στερεοπαροχή σε αιώρηση σε τόνους ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο, P είναι το μέσο ετήσιο ύψος βροχής σε μέτρα και τέλος γ είναι ένας γεωλογικός συντελεστής όπως ορίζεται από τη σχέση $\gamma = \kappa_1\rho_1 + \kappa_2\rho_2 + \kappa_3\rho_3$ όπου κ_1 , κ_2 , κ_3 είναι οι συντελεστές διαβρωσιμότητας όπως ορίζονται στη συνέχεια:

- $\kappa_1=1$: ομάδα υψηλής διαβρωσιμότητας (αλλούβια, κορήματα)
- $\kappa_2=0,5$: ομάδα μέτριας διαβρωσιμότητας (ψαμμίτες, σχιστόλιθοι, φυλλίτες, χαλαζίτες, φλύσχης)
- $\kappa_3=0,1$: ομάδα χαμηλής διαβρωσιμότητας (ασβεστόλιθοι, δολομιτικοί ασβεστόλιθοι, δολομίτες)

Τα ρ_1 , ρ_2 , ρ_3 είναι τα αντίστοιχα ποσοστά των ευδιάβρωτων, μερικώς ευδιάβρωτων και δυσδιάβρωτων πετρωμάτων που εμφανίζονται στη λεκάνη απορροής. Τα ποσοστά αυτά εκτιμήθηκαν λαμβάνοντας υπόψη το γεωλογικό χάρτη της περιοχής μελέτης. Αφού λοιπόν υπολογιστεί ο συντελεστής γ , θα πρέπει αρχικά να πολλαπλασιαστεί με το εμβαδό της λεκάνης απορροής έτσι ώστε να υπολογιστεί το συνολικό ποσό ιζήματος που μεταφέρει το υδρογραφικό δίκτυο, σε αιώρηση κατά τη διάρκεια ενός έτους. Έπειτα όμως θα πρέπει να προστεθεί και ένα ποσοστό, το οποίο θα προκύψει από τη μελέτη της βιβλιογραφίας μας και θα πρέπει να ανταποκρίνεται στα χαρακτηριστικά του υδρογραφικού δικτύου που μελετάται καθώς και της αντίστοιχης λεκάνης απορροής του, ώστε να υπολογιστεί ο συνολικός όγκος της στερεοπαροχής που είναι και το ζητούμενο.

Για να υπολογιστεί η μέση ετήσια ολική στερεοπαροχή πρέπει να προσθέσουμε ένα ποσοστό 10% έτσι ώστε να συμπεριληφθεί και το φορτίο κοίτης καθώς και ένα ποσοστό 15% για το υλικό που μεταφέρεται σε διάλυση.

3.3.4. Τέταρτος τρόπος εξίσωσης της στερεοπαροχής μέσω της Παγκόσμιας Εξίσωσης της Εδαφικής Απώλειας

Ο τέταρτος τρόπος υπολογισμού της στερεομεταφοράς του ποταμού Σπερχειού στηρίζεται στον υπολογισμό της εδαφικής απώλειας μέσω της Παγκόσμιας Εξίσωσης της Εδαφικής Απώλειας και στην συνέχεια μέσω της εκτίμησης του συντελεστή στερεοαπορροής (SDR) με την εξίσωση Renfro (1972), η οποία έχει προκύψει από τη μελέτη πολυάριθμων δεδομένων διάβρωσης και στερεοπαροχής στις ΗΠΑ και γράφεται ως:

$$\log(\text{SDR})=1,877-0,1419 \times \log(25,9 \times A) \quad (\text{Σχέση 3.19})$$

Με τον όρο συντελεστής απορροής εννοείται το ποσοστό της εδαφικής διάβρωσης που μεταφέρεται ως την θάλασσα με την στερεοπαροχή και γενικά είναι μεγαλύτερος από την μονάδα και μάλιστα μειώνεται όσο αυξάνεται η επιφάνεια της λεκάνης απορροής.

Η γενική εξίσωση υποβάθμισης του εδάφους στηρίζεται σε πολυετείς μετρήσεις της έντασης της διάβρωσης επί τυποποιημένων επιφανειών που διεξήγαγαν οι Wischmeier και Schmith σε διάφορες περιοχές των ΗΠΑ κατά την περίοδο 1930-1952 (Κωτούλας 2001).

Στην παρούσα εργασία για την εφαρμογή της μεθόδου σε εδάφη με άλλες χρήσεις και με ισχυρότερη κλίση έγινε χρήση τροποποιημένων παραμέτρων.

Η USLE διατυπώνεται με την παρακάτω μορφή:

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \quad (\text{Σχέση 3.20})$$

όπου:

A είναι η υπολογισμένη ετήσια γενική διάβρωση (tn/ha/year)

R είναι ο συντελεστής διαβρωτικότητας των κατακρημνισμάτων

K είναι ο συντελεστής διαβρωσιμότητας του υποθέματος

LS είναι ο τοπογραφικός συντελεστής ή συντελεστής ανάγλυφου

C είναι ο συντελεστής κάλυψης

P είναι ο συντελεστής χειρισμού και προστασίας εδάφους (Κωτούλας 2001)

Παράγοντας R

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήσαμε την εξής σχέση που αναπτύχθηκε στη Γερμανία (Schwertmann et al. 1990) και έχει χρησιμοποιηθεί και για τις ελληνικές συνθήκες (Χρυσάνθου & Πυλιώτης 1995):

$$R = 0,83 \times N^{-17,7} \quad (\text{Σχέση 3.21})$$

όπου:

R [MJ*mm/(ha*h)] ο συντελεστής διαβρωτικότητας της βροχόπτωσης, και

N [mm] η μέση ετήσια βροχόπτωση.

Παράγοντας K

Γιο τον υπολογισμό του συντελεστή διαβρωσιμότητας χρησιμοποιήθηκε ο γεωλογικός χάρτης όπως παρουσιάζεται στο παράρτημα II.

Όπως παρατηρούμε από το χάρτη η λεκάνη απορροής αποτελείται από αδιαπέρατους, πορώδεις και καρστικούς σχηματισμούς.

Από την παραπάνω κατάταξη και από τη διεθνή βιβλιογραφία (Mitchell & Bubenzer 1980, Χρυσάνθου & Πυλιώτης 1995, Ζαρρής et al 2001) είναι δυνατό να αποδοθούν τιμές στους γεωλογικούς σχηματισμούς. Στον Πίνακα 3.3 παρουσιάζονται οι γεωλογικοί σχηματισμοί με τις χαρακτηριστικές τους τιμές για το συντελεστή K.

Πίνακας 3.3: Συντελεστής εδαφικής διαβρωσιμότητας (K) κυριότερων γεωλογικών σχηματισμών (Λυκούδη & Ζαρρής 2001)

Γεωλογικός Σχηματισμός	Συντελεστής K
Κώνοι κορημάτων, αλλουβιακά ριπίδια κ.ά.	0,045
Αλλουβιακές αποθέσεις	0,015
Τεταρτογενείς αποθέσεις: κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, μάργες	0,03
Πλειοκαινικές αποθέσεις: κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, μπλε-γκρι μάργες	0,028
Κατωμειοκαινικοί κροκαλοπαγείς και λατυποπαγείς ασβεστόλιθοι (Παξών)	0,0055
Ηωκαινικοί-παλαιοκαινικοί άστρωτοι παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθοι (Παξών)	0,0009
Άνω κρητιδικό πελαγικό ασβεστόλιθοι έντονα καρστικοποιημένοι (Παξών)	0,00085
Άνω ιουρασικό-κάτω κρητιδικό πλακώδεις ασβεστόλιθοι της «Βίγλας» (Ιόνιος)	0,0006
Άνω τριαδικό συμπαγείς ασβεστόλιθοι του «Παντοκράτορα»	0,0008

(Ιόνιος)	
Κάτω ιουρασικοί ασβεστόλιθοι με εναλλαγές σχιστολίθων και εγκλείσματα Ammonitico rosso (Ιόνιος)	0,0006
Τριαδικοί γύψοι (Ιόνιος)	0,003
Φλύσχης	0,02
Φυλλίτες	0,035
Σχιστόλιθοι	0,03

Στη συνέχεια με τη βοήθεια του προγράμματος ARCGIS πραγματοποιείται εμβαδομέτρηση με βάση τη διάκριση των πετρωμάτων όπως αυτή παρουσιάζεται στον παραπάνω πίνακα για την περιοχή μελέτης.

Παράγοντας LS

Για τον υπολογισμό του συντελεστή LS έγινε χρήση του προγράμματος Arcmap 9.3 και του παρακάτω τύπου (Jianguo Ma 2001).

Πιο συγκεκριμένα με τον υπολογισμό του Flow Accumulation (ArcToolbox→ Spatial Analyst Tools→ Hydrology→ Flow Accumulation) και της μέσης κλίσης με το Zonal statistics (ArcToolbox→ Spatial Analyst Tools→ Zonal→ Zonal statistics).

$$LS = (\text{Flow Accumulation} \times \text{Cell Size} / 22,13)^{0,4} \times (\text{SinSlope} / 0,0896)^{1,3} \text{ (Σχέση 3.22)}$$

Παράγοντας C

Για τον υπολογισμό του παράγοντα C έγινε χρήση του Corine 2000 και του προγράμματος Arcmap 9.3. Οι τιμές του συντελεστή κάλυψης προήλθαν από τον παρακάτω Πίνακα 3.4 (Λυκούδη & Ζαρρής 2001).

Πίνακας 3.4: Συντελεστής φυτοκάλυψης (C) με βάση την κατάταξη των χρήσεων γης κατά Corine (Λυκούδη και Ζαρρής, 2001)

Χρήση γης	Συντελεστής C
Διακεκομμένη αστική δόμηση (112)	0,001
Ζώνες λιμένων (123)	0,0
Αεροδρόμια (124)	0,0
Μη αρδεύσιμη αρόσιμη γη (211)	0,3

Ορυζώνες (213)	0,15
Αμπελώνες (221)	0,2
Οπωροφόρα δέντρα (222)	0,2
Ελαιώνες (223)	0,1
Ετήσιες καλλιέργειες (241)	0,18
Σύνθετα συστήματα καλλιέργειας (242)	0,18
Γεωργική γη με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης (243)	0,07
Γεωργοδασικές περιοχές (244)	0,05
Δάσος πλατύφυλλων (311)	0,001
Δάσος κωνοφόρων (312)	0,001
Μικτό δάσος (313)	0,001
Φυσικοί βοσκότοποι (321)	0,3
Θάμνοι και χερσότοποι (322)	0,45
Σκληροφυλλική βλάστηση (323)	0,03
Μεταβατικές δασώδεις-θαμνώδεις εκτάσεις (324)	0,02
Παραλίες-αμμόλοφοι-αμμουδιές (331)	0,6
Απογυμνωμένοι βράχοι (332)	0,02
Εκτάσεις με αραιή βλάστηση (333)	0,45
Αποτεφρωμένες εκτάσεις (334)	0,55
Παραθαλάσσιοι βάλτοι (421)	0,15
Συλλογές υδάτων (512)	0,000

Στη συνέχεια με τη βοήθεια του προγράμματος ARCGIS πραγματοποιείται εμβαδομέτρηση με βάση τη διάκριση των χρήσεων γης όπως αυτή παρουσιάζεται στον παραπάνω πίνακα για την περιοχή μελέτης του Σπερχειού ποταμού.

Παράγοντας P

Ο παράγοντας P δόθηκε ανάλογα με τα έργα διευθέτησης που έχουν γίνει για κάθε λεκάνη απορροής. Παίρνει τιμές από 1 (καθόλου διευθετημένη λεκάνη) έως 0,1 (πλήρως διευθετημένη λεκάνη).

3.3.5. Πέμπτος τρόπος εκτίμησης της στερεοπαροχής με βάση τη μεθοδολογία των Jansen and Painter (1974)

Η επόμενη εξίσωση που θα εφαρμοστεί αποτελεί μεθοδολογία που προτάθηκε από τους Jansen and Painter (1974) και εφαρμόστηκε στα ορεινά ποτάμια της Ανδαλουσίας.

Η ποτάμια στερεοπαροχή (sediment load) επηρεάζεται από πολλούς υδρολογικούς, γεωμορφολογικούς, κλιματολογικούς και ανθρωπογενετικούς παράγοντες. Παράμετροι όπως το ανάγλυφο (relief), η βροχόπτωση, η θερμοκρασία, η απορροή, η βλάστηση και η λιθολογία θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όταν υπολογίζεται η διάβρωση στη λεκάνη ενός ποταμού. Αυτές τις παραμέτρους οι Jansen and Painter του έχουν λάβει υπόψη τους. Εξετάζεται μια σειρά γειτονικών ποτάμιων συστημάτων τα οποία τροφοδοτούν τα δέλτα κατά μήκος μιας ακτογραμμής 400 km στη νότια Ισπανία.

Όλα τα ποτάμια συστήματα της Ανδαλουσίας τα οποία εκβάλλουν στη θάλασσα του Αλμποράν και σχηματίζουν δέλτα έχουν εξεταστεί στην παρούσα εργασία. Αυτό περιλαμβάνει 26 ποτάμιας λεκάνες οι οποίες αποστραγγίζουν την εσωτερική ζώνη της οροσειράς Betic της Ανδαλουσίας, μία από τις πιο ζεστές, ξηρές και χωρίς βλάστηση περιοχές της Ισπανίας.

Ο τύπος των Jansen and Painter (1974) είναι ο ακόλουθος:

$$\log SY = -2,032 + 0,100 \log Q - 0,314 \log A + 0,750 \log H + 1,104 \log P + 0,368 \log T - 2,324 \log V + 0,786 \log L \quad (\text{Σχέση 3.23})$$

όπου:

SY η μέση ετήσια στερεοπαροχή σε ton/km²

Q η μέση ετήσια επιφανειακή απορροή με mm/year

A το εμβαδόν της λεκάνης απορροής σε km²

H το μέσο ύψος της λεκάνης m

P η μέση ετήσια βροχόπτωση mm

T η μέση ετήσια θερμοκρασία σε °C

V ο συντελεστής βλάστησης του οποίου οι τιμές κυμαίνονται από 0 έως 4

L ο συντελεστής λιθολογίας του οποίου οι τιμές κυμαίνονται από 1 έως 6

Τόσο ο συντελεστής λιθολογίας όσο και ο συντελεστής βλάστησης έχουν υπολογιστεί λαμβάνοντας υπόψη τη συλλογή δεδομένων των Jansen and Painter (1974).

Για το συντελεστή λιθολογίας οι Jansen and Painter συσχέτισαν τη σκληρότητα των πετρωμάτων με τη γεωλογική ιστορία τους και όρισαν ένα λιθολογικό συντελεστή ο οποίος κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 2 και 6. Αναλυτικά παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.5 που ακολουθεί.

Πίνακας 3.5: Συντελεστής λιθολογίας (L) με βάση την κατάταξη των Jansen and Painter (1974)

Τύπος πετρωμάτων	Συντελεστής L
Καινοζωικά πετρώματα	6
Μεσοζωικά πετρώματα	5
Παλαιοζωικά πετρώματα	3
Τεταρτογενή	2

Όσον αφορά στο δείκτη βλάστησης κατά τους Jansen and Painter κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 1 και 4, όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.6 που ακολουθεί.

Πίνακας 3.6: Συντελεστής βλάστησης (V) με βάση την κατάταξη των Jansen and Painter (1974)

Τύπος βλάστησης	Συντελεστής V
Δάσος	4
Λιβάδι	3
Στέπα	2
Έρημος	1

Τέλος για τον υπολογισμό της μέσης ετήσιας στερεοπαροχής με βάση την μέθοδο των Jansen and Painter, απαιτείται ο προσδιορισμός της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας της λεκάνης του Σπερχειού. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για τον σκοπό αυτό είναι εκείνος της θερμοβαθμίδας.

Απαραίτητα δεδομένα αποτελούν οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες του χαρακτηριστικού σταθμού της περιοχής μελέτης (μετεωρολογικός σταθμός Λαμίας, Πίνακας 3.2.) και οι μηνιαίες τιμές της θερμοβαθμίδας όπως αυτές προσδιορίστηκαν από παρατηρήσεις του Giandotti για μεσογειακές λεκάνες κάτω του 45^{ου} παραλλήλου. Οι τελευταίες προσδιορίζουν την μείωση της θερμοκρασίας ανά 100m αύξησης του υψομέτρου.

Πίνακας 3.7: Μέση μείωση της θερμοκρασίας ανά 100 m αύξησης του υψομέτρου κατά Giandotti.

ΜΗΝΑΣ	ΘΕΡΜΟΒΑΘΜΙΔΑ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	0,31
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	0,38
ΜΑΡΤΙΟΣ	0,56
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	0,63
ΜΑΙΟΣ	0,63
ΙΟΥΝΙΟΣ	0,61
ΙΟΥΛΙΟΣ	0,61
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	0,59
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	0,59
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	0,53
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	0,43
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	0,34

Η μέση μηνιαία θερμοκρασία της λεκάνης προσδιορίζεται μέσω της σχέσης:

$$T_Z = T_A - \frac{c \times (z_Z - z_A)}{100} \quad (\text{Σχέση 3.24})$$

όπου T_Z η μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα της λεκάνης του Σπερχειού, T_A η μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα του σταθμού αναφοράς (Λαμία), z_Z και z_A τα αντίστοιχα υψόμετρα της λεκάνης του Σπερχειού (652,68 m) και του σταθμού της Λαμίας (143,4 m) και c η μέση μηνιαία θερμοβαθμίδα.

3.3.6. Εκτος τρόπος εκτίμησης της στερεοπαροχής με βάση τις εξισώσεις του Probst (1992)

Οι τελευταίες εξισώσεις που θα εφαρμοστούν αποτελούν μεθοδολογία που προτάθηκε από τον Probst (1992). Ο Probst δούλεψε για την ίδια περιοχή μελέτης όπως και οι Jansen and Painter και χρησιμοποίησε 2 εξισώσεις. Στη μία λαμβάνει υπόψη του 4 παραμέτρους και στην άλλη 5.

Ο τύπος του Probst (1992) στον οποίο υπολογίζει τη στερεοπαροχή λαμβάνοντας υπόψη του 4 παραμέτρους είναι ο ακόλουθος:

$$\text{LnSY} = 1,5610 + 0,9655\text{lnS} + 0,0023\text{Q} + 0,5692\text{lnP} - 0,8660\text{V} \quad (\text{Σχέση 3.25})$$

όπου:

SY σε $\text{tn/km}^2/\text{year}$

Q η μέση ετήσια απορροή σε mm/year

P η μέση ετήσια βροχόπτωση σε mm/year

V ο συντελεστής βλάστησης ο οποίος κυμαίνεται μεταξύ 0 έως 6

S η μέση κλίση της λεκάνης %

Αντίστοιχα ο τύπος του Probst (1992) στον οποίο υπολογίζει τη στερεοπαροχή λαμβάνοντας υπόψη του 5 παραμέτρους παρουσιάζεται παρακάτω:

$$\text{LnSY} = -0,0723 + 1,0280\text{lnS} + 0,03365\text{L} + 0,6932\text{lnP} + 0,0016\text{Q} - 0,7516\text{V} \quad (\text{Σχέση 3.26})$$

όπου:

Q η μετρούμενη απορροή

P η βροχόπτωση

V ο συντελεστής βλάστησης ο οποίος κυμαίνεται μεταξύ 0 έως 6

L ο συντελεστής λιθολογίας ο οποίος κυμαίνεται μεταξύ 1 έως 40

S η κλίση

Τόσο ο συντελεστής λιθολογίας όσο και ο συντελεστής βλάστησης έχουν υπολογιστεί λαμβάνοντας υπόψη τη συλλογή δεδομένων του Probst (1992).

Για το συντελεστή λιθολογίας ο Probst συνέδεσε τη διάβρωση του εδάφους με τη φύση των πετρωμάτων και όρισε ένα λιθολογικό συντελεστή ο οποίος κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 1 (μεταμορφωμένα πετρώματα) και 40 (αλλούβια). Αναλυτικά παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.8 που ακολουθεί.

Πίνακας 3.8: Συντελεστής λιθολογίας (L) με βάση την κατάταξη του Probst (1992)

Τύπος πετρωμάτων	Συντελεστής L
Πετρώματα μεταμορφωμένα και πλουτώνια	1

Ηφαιστειογενή πετρώματα	2
Ιζηματογενή συνεκτικοποιημένα πετρώματα	4
Διαφορετικοί τύποι πετρωμάτων σε ζώνες πτυχωμένες	10
Ιζηματογενή πετρώματα μη συνεκτικά	32
Πρόσφατα αλλούβια	40

Όσον αφορά στο δείκτη βλάστησης κατά τον Probst κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 0 (έρημος) και 6 (δάσος), όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.9 που ακολουθεί.

Πίνακας 3.9: Συντελεστής βλάστησης (V) με βάση την κατάταξη του Probst (1992)

Τύπος βλάστησης	Συντελεστής V
Δάσος	6
Λιβάδι	4
Στέπα	2
Έρημος	0

3.4. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΩΝ ΜΕΣΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΤΙΜΩΝ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΣΤΕΡΕΟΠΑΡΟΧΗΣ ΓΙΑ ΤΙΣ 30ΕΤΙΕΣ 2021-2050 ΚΑΙ 2071-2100 ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΤΙΜΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ENSEMBLES

Στην παρούσα υποενότητα γίνεται μια εκτίμηση των αναμενόμενων μέσων ετήσιων τιμών της επιφανειακής απορροής και τη στερεοπαροχής για την 30ετία 2021-2050 και αντίστοιχα για την 30ετία 2071-2100 με βάση το ευρωπαϊκό πρόγραμμα ENSEMBLES. Ο σκοπός που χρησιμοποιήσαμε το πρόγραμμα αυτό ήταν η δημιουργία ενός συστήματος προσομοίωσης που θα παρείχε εκτιμήσεις των μεταβολών που θα υποστεί το κλίμα της περιοχής μελέτης.

Τα δεδομένα του κλιματικού μοντέλου ENSEMBLES που χρησιμοποιήσαμε καλύπτουν το χρονικό διάστημα 1951-2100. Η εκτίμηση του μελλοντικού κλίματος έγινε υπό το σενάριο εκπομπής A1B. Οι χρονοσειρές τόσο της θερμοκρασίας όσο και της βροχόπτωσης

που μας δίνει ως αποτέλεσμα το πρόγραμμα επισυνάπτονται στο Παράρτημα Ι της παρούσας εργασίας.

Για την εξέταση της περιοχής μελέτης επιλέχθηκαν δύο χρονικοί περίοδοι, μία από το 2021 μέχρι και το 2050 και μία για το χρονικό διάστημα 2071-2100, οι οποίες παρουσιάζονται σε σύγκριση με τη χρονική περίοδο 1970-1997 για την οποία διαθέτουμε πραγματικά κλιματολογικά δεδομένα από την EMY και συνεπώς μπορεί να γίνει αξιολόγηση συγκρίνοντας τα αποτελέσματα που βγάζει το κλιματικό μοντέλο με τα δικά μας.

Στη συνέχεια προσδιορίζονται οι μέσες τιμές της βροχόπτωσης και της θερμοκρασίας για τα χρονικά διαστήματα 2021-2050 και 2071-2100 όπως αυτά βγαίνουν από το πρόγραμμα ENSEMBLES καθώς και οι μεταβολές τους. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους Πίνακες 3.10 και 3.11 που ακολουθούν.

Πίνακας 3.10: Οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες για τα χρονικά διαστήματα 1970-1997, 2021-2050 και 2071-2100 καθώς και οι αντίστοιχες μεταβολές τους

Μήνας	T _{ΜΕΣΗ} (°C) (1970-1997)	T _{ΜΕΣΗ} (°C) (2021-2050)	T _{ΜΕΣΗ} (°C) (2071-2100)	%ΔT (2021-2050)	%ΔT (2071-2100)
Ιανουάριος	1,766494933	3,553762118	5,386692069	1,787267185	3,620197136
Φεβρουάριος	2,090075266	4,129660712	5,956693803	2,039585447	3,866618537
Μάρτιος	5,113702729	6,519600932	8,46407226	1,405898203	3,350369532
Απρίλιος	9,118960608	10,49720643	12,27095019	1,378245826	3,151989578
Μάιος	14,17337268	15,79930729	18,3130997	1,625934616	4,139727019
Ιούνιος	19,45282219	21,4575914	23,84870448	2,00476921	4,395882295
Ιούλιος	22,16419974	24,23006975	27,33022894	2,065870016	5,166029199
Αύγουστος	21,42019108	23,52000141	26,3303375	2,099810328	4,910146419
Σεπτέμβριος	16,58223779	18,91122239	21,12884296	2,328984606	4,546605168
Οκτώβριος	11,10726758	13,14291002	15,07710023	2,035642441	3,969832643
Νοέμβριος	6,686786129	7,901581319	10,26083817	1,21479519	3,574052039
Δεκέμβριος	2,69655524	4,323784828	6,523866171	1,627229588	3,827310931

Πίνακας 3.11: Οι μέσες μηνιαίες τιμές της βροχόπτωσης για τα χρονικά διαστήματα 1970-1997, 2021-2050 και 2071-2100 καθώς και οι αντίστοιχες μεταβολές τους

Μήνας	P _{ΜΕΣΗ} (°C) (1970-1997)	P _{ΜΕΣΗ} (°C) (2021-2050)	P _{ΜΕΣΗ} (°C) (2071-2100)	%ΔP (2021-2050)	%ΔP (2071-2100)
Ιανουάριος	87,49206758	80,64424939	71,31472723	-0,078267875	-0,1849007
Φεβρουάριος	88,45435095	81,17055127	69,7666851	-0,082345296	-0,211269

Μάρτιος	78,76285795	70,4027222	54,45999177	-0,106143123	-0,3085574
Απρίλιος	61,09863611	59,59841166	46,2597424	-0,02455414	-0,2428678
Μάιος	44,72202341	37,01014058	28,2183259	-0,172440383	-0,3690284
Ιούνιος	25,59626529	23,28686792	23,12734761	-0,090223997	-0,0964562
Ιούλιος	21,83404866	20,26866158	18,89913269	-0,071694769	-0,1344192
Αύγουστος	19,03786317	19,30100994	16,74440277	0,013822285	-0,1204684
Σεπτέμβριος	32,08517582	26,60632677	26,62040524	-0,170759515	-0,1703207
Οκτώβριος	59,72281699	67,24124853	58,82708751	0,125888763	-0,0149981
Νοέμβριος	91,72644973	93,05116072	80,06382912	0,014441974	-0,1271457
Δεκέμβριος	83,00712443	91,22829163	74,20036875	0,099041706	-0,1060964
Ετήσιο	693,5396801	669,8096422	568,5020461	-0,034215833	-0,1802891

Κατόπιν προσθέτοντας τις αντίστοιχες μεταβολές της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης στα αρχικά δεδομένα της ΕΜΥ προκύπτουν τα κλιματικά δεδομένα για τα χρονικά διαστήματα 2021-2050 και 2071-2100 τα οποία παρουσιάζονται στους Πίνακες 3.12 και 3.13 που ακολουθούν.

Πίνακας 3.12: Οι μέσες μηνιαίες τιμές της θερμοκρασίας καθώς και η μέση ετήσια για τα χρονικά διαστήματα 2021-2050 και 2071-2100

Μήνας	T(°C) (2021-2050)	T(°C) (2071-2100)
Ιανουάριος	7,309	9,141
Φεβρουάριος	8,104	9,931
Μάρτιος	9,054	10,998
Απρίλιος	12,970	14,743
Μάιος	18,518	21,031
Ιούνιος	24,198	26,589
Ιούλιος	25,859	28,959
Αύγουστος	24,996	27,805
Σεπτέμβριος	21,724	23,942
Οκτώβριος	16,236	18,171
Νοέμβριος	10,825	13,184
Δεκέμβριος	8,196	10,396
Μέσο Ετήσιο	15,666	17,908

Πίνακας 3.13: Οι μέσες μηνιαίες τιμές της βροχόπτωσης καθώς και η συνολική για τα χρονικά διαστήματα 2021-2050 και 2071-2100

Μήνας	P (mm) (2021-2050)	P (mm) (2071-2100)
Ιανουάριος	77,883	68,873
Φεβρουάριος	80,539	69,224
Μάρτιος	64,386	49,806
Απρίλιος	63,196	49,052
Μάιος	32,518	24,793
Ιούνιος	22,813	22,656
Ιούλιος	14,907	13,900
Αύγουστος	26,005	22,561
Σεπτέμβριος	17,874	17,883
Οκτώβριος	79,626	69,662
Νοέμβριος	111,452	95,896
Δεκέμβριος	116,896	95,077
Ετήσιο	708,094	599,383

Τέλος λαμβάνοντας υπόψη τους Πίνακες 3.12 και 3.13 και με βάση τους τύπους που χρησιμοποιήσαμε παραπάνω και δουλεύοντας με τον ίδιο τρόπο, υπολογίζουμε τη μέση ετήσια απορροή καθώς και τις μέσες ετήσιες τιμές της στερεοπαροχής για τη λεκάνη του Σπερχειού ποταμού για τα χρονικά διαστήματα 2021-2050 και 2071-2100.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

4.1.1 Μέθοδος υδατικού ισοζυγίου

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή υπολογίζονται οι επιμέρους παράμετροι του υδατικού ισοζυγίου που είναι οι: βροχόπτωση, εξατμισοδιαπνοή και κατείδυση.

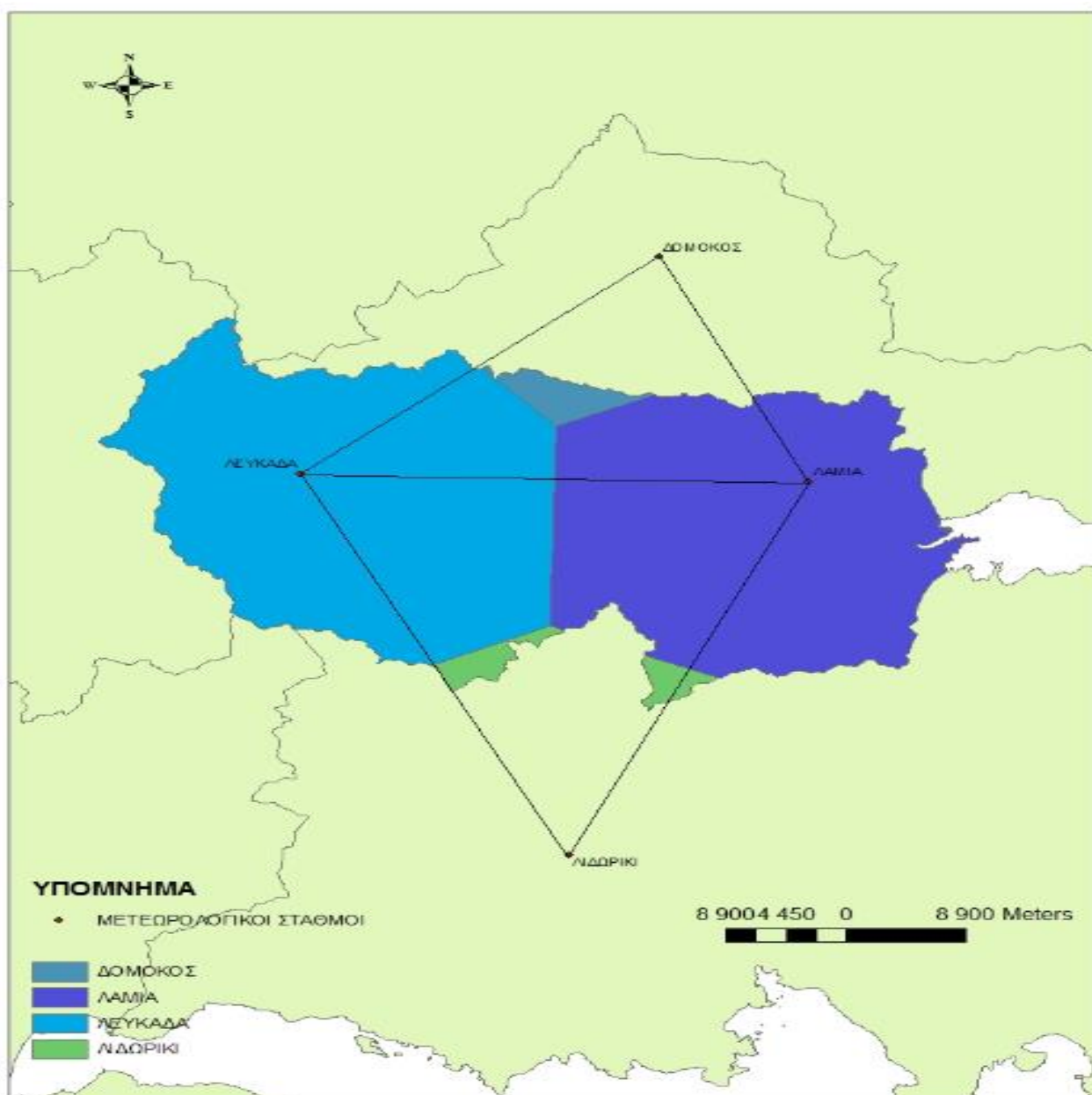


ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ

Στην Εικόνα 4.1 απεικονίζονται τα πολύγωνα Thiessen και οι περιοχές επιρροής του κάθε βροχομετρικού σταθμού στην υδρογραφική λεκάνη του Σπερχειού και στους Πίνακες 4.1. και 4.2 οι εκτάσεις των περιοχών που περικλείονται από τα πολύγωνα Thiessen και τα μέσα μηνιαία βροχομετρικά ύψη του Σπερχειού αντίστοιχα, όπως αυτά προσδιορίστηκαν μέσω της μεθόδου των πολυγώνων Thiessen.

Πίνακας 4.1: Βροχομετρικοί σταθμοί Σπερχειού ποταμού και έκταση περιοχής επιρροής τους σύμφωνα με την μέθοδο των πολυγώνων Thiessen.

Βροχομετρικός Σταθμός	Περίοδος μετρήσεων	Έκταση περιοχής επιρροής (km)
Λαμία	1970-1997	752,36
Λιδωρίκι	1975-1995	36,09
Λευκάδα	1974-1990	840,79
Δομοκός	1975-2002	31,67
Λεκάνη Σπερχειού		1.660,91



Εικόνα 4.1: Πολύγωνα Thiessen και οι περιοχές επιρροής του κάθε βροχομετρικού σταθμού στην υδρογραφική λεκάνη του Σπερχειού

Πίνακας 4.2: Μέσο μηνιαίο και ετήσιο βροχομετρικό ύψος της λεκάνης του Σπερχειού ποταμού σύμφωνα με τη μέθοδο πολυγώνων Thiessen και τον τύπο $P = (\Sigma P_i E_i) / \Sigma E_i$. Στην τρίτη στήλη παρουσιάζεται ο μέσος μηνιαίος όγκος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων.

Μήνας	Μέσο Βροχομετρικό ύψος λεκάνης (mm)	Όγκος ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων ($10^6 m^3$)
Ιανουάριος	84,497	140,342
Φεβρουάριος	87,766	145,771
Μάρτιος	72,032	119,638
Απρίλιος	64,787	107,605

Μάιος	39,294	65,263
Ιούνιος	25,075	41,647
Ιούλιος	16,058	26,671
Αύγουστος	25,651	42,604
Σεπτέμβριος	21,554	35,799
Οκτώβριος	70,723	117,465
Νοέμβριος	109,865	182,476
Δεκέμβριος	106,362	176,657
Ετήσιο	723,663	1.201,938

Το μέσο ετήσιο ύψος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμών που δέχεται η λεκάνη απορροής του Σπερχειού είναι 723,663 mm και ο μέσος ετήσιος όγκος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμών είναι $1.201,938 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.



ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ

ΜΕΘΟΔΟΣ COUTAGNE

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εφαρμογής της μεθόδου Coutagne με βάση τους τύπους 3.3 και 3.4 για κάθε έναν από τους 4 μετεωρολογικούς σταθμούς της υπό εξέταση περιοχής. Επισημαίνεται ότι οι υπολογισμοί έχουν πραγματοποιηθεί χρησιμοποιώντας ως δεδομένα εκείνα των Πινάκων 3.1 και 3.2.

Πίνακας 4.3: Μέση μηνιαία τιμή της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής, όπως αυτή προσδιορίστηκε μέσω της μεθόδου Coutagne για τον μετεωρολογικό σταθμό της Λαμίας.

ΛΑΜΙΑ					
ΜΗΝΑΣ	T(°C)	$\lambda=1/(0.8+0.14T)$	P(mm)	$ET=P-\lambda P^2(m)$	ET (mm)
Ιανουάριος	7,1	0,557	64,4	0,062	62,088
Φεβρουάριος	8	0,521	65,2	0,063	62,986
Μάρτιος	10,5	0,441	60,9	0,059	59,266
Απρίλιος	14,8	0,348	46	0,045	45,263
Μάιος	20,1	0,277	34,1	0,034	33,778
Ιούνιος	25,3	0,230	22,4	0,022	22,284
Ιούλιος	26,9	0,219	18,8	0,019	18,723
Αύγουστος	25,9	0,226	27	0,027	26,835

Σεπτέμβριος	22,4	0,254	17,4	0,017	17,323
Οκτώβριος	16,9	0,316	71,4	0,070	69,790
Νοέμβριος	11,8	0,408	72,9	0,071	70,733
Δεκέμβριος	8,3	0,510	73,3	0,071	70,562
Ετήσιο	16,5	0,322	573,8	0,468	467,933

Πίνακας 4.4: Μέση μηνιαία τιμή της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής, όπως αυτή προσδιορίστηκε μέσω της μεθόδου Coutagne για τον μετεωρολογικό σταθμό του Λιθωρικίου

ΛΙΘΩΡΙΚΙ					
ΜΗΝΑΣ	T(°C)	$\lambda=1/(0.8+0.14T)$	P(mm)	ET=P- λP^2 (m)	ET (mm)
Ιανουάριος	5,2	0,654	119,9	0,110	110,492
Φεβρουάριος	6	0,610	96,1	0,090	90,469
Μάρτιος	8,9	0,489	79,2	0,076	76,134
Απρίλιος	12,7	0,388	86,5	0,084	83,598
Μάιος	17,3	0,310	59	0,058	57,920
Ιούνιος	22,3	0,255	27,4	0,027	27,209
Ιούλιος	25,1	0,232	17,2	0,017	17,131
Αύγουστος	24,3	0,238	20,5	0,020	20,400
Σεπτέμβριος	20,6	0,271	28,8	0,029	28,575
Οκτώβριος	15,2	0,342	86	0,083	83,474
Νοέμβριος	9,7	0,463	170,3	0,157	156,861
Δεκέμβριος	6,5	0,585	165,7	0,150	149,644
Ετήσιο	14,50	0,354	956,6	0,633	632,982

Πίνακας 4.5: Μέση μηνιαία τιμή της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής, όπως αυτή προσδιορίστηκε μέσω της μεθόδου Coutagne για τον μετεωρολογικό σταθμό της Λευκάδας.

ΛΕΥΚΑΔΑ					
ΜΗΝΑΣ	T(°C)	$\lambda=1/(0.8+0.14T)$	P(mm)	ET=P- λP^2 (m)	ET (mm)
Ιανουάριος	5,8	0,620	102	0,096	95,546
Φεβρουάριος	6,6	0,580	109,2	0,102	102,283
Μάρτιος	9,9	0,457	82,5	0,079	79,386
Απρίλιος	13,7	0,368	81	0,079	78,586
Μάιος	18,7	0,293	42,5	0,042	41,972
Ιούνιος	23,4	0,245	27,3	0,027	27,117
Ιούλιος	25,4	0,230	13,4	0,013	13,359

Αύγουστος	24,3	0,238	24,9	0,025	24,752
Σεπτέμβριος	20,8	0,269	25	0,025	24,832
Οκτώβριος	15,4	0,338	69,5	0,068	67,866
Νοέμβριος	10,5	0,441	141,1	0,132	132,329
Δεκέμβριος	7,5	0,541	135,1	0,125	125,234
Ετήσιο	15,20	0,342	853,5	0,604	604,311

Πίνακας 4.6: Μέση μηνιαία τιμή της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής, όπως αυτή προσδιορίστηκε μέσω της μεθόδου Coutagne για τον μετεωρολογικό σταθμό του Δομοκού.

ΔΟΜΟΚΟΣ					
ΜΗΝΑΣ	T(°C)	$\lambda=1/(0.8+0.14T)$	P(mm)	ET=P-λP ² (m)	ET (mm)
Ιανουάριος	4,8	0,679	56,9	0,055	54,701
Φεβρουάριος	5,2	0,654	45,3	0,044	43,957
Μάρτιος	8,2	0,513	50,4	0,049	49,096
Απρίλιος	12,3	0,397	55,9	0,055	54,661
Μάιος	17,2	0,312	55,1	0,054	54,154
Ιούνιος	22,5	0,253	26,9	0,027	26,717
Ιούλιος	24,3	0,238	20,2	0,020	20,103
Αύγουστος	23,7	0,243	19,4	0,019	19,309
Σεπτέμβριος	20,4	0,274	20,5	0,020	20,385
Οκτώβριος	14,8	0,348	69,7	0,068	68,008
Νοέμβριος	9,2	0,479	89,9	0,086	86,029
Δεκέμβριος	5,9	0,615	61,2	0,059	58,897
Ετήσιο	14,00	0,362	571,4	0,453	453,353

Ακολουθεί ο υπολογισμός της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής για το σύνολο της λεκάνης απορροής του Σπερχειού, χρησιμοποιώντας και αυτή τη φορά τα πολύγωνα και το συντελεστή Thiessen (Πίνακας 4.1).

Πίνακας 4.7: Μέση μηνιαία τιμή της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής, όπως αυτή προσδιορίστηκε μέσω της μεθόδου Coutagne για το σύνολο της λεκάνης του Σπερχειού.

ΣΥΝΟΛΟ ΛΕΚΑΝΗΣ		
ΜΗΝΑΣ	ET(mm)	ΟΓΚΟΣ ΝΕΡΟΥ ΠΟΥ ΧΑΝΕΤΑΙ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ (10 ⁶ m ³)
Ιανουάριος	79,936	132,767

Φεβρουάριος	83,113	138,044
Μάρτιος	69,624	115,639
Απρίλιος	63,144	104,877
Μάιος	38,839	64,508
Ιούνιος	24,922	41,394
Ιούλιος	15,999	26,573
Αύγουστος	25,498	42,349
Σεπτέμβριος	21,427	35,588
Οκτώβριος	69,079	114,735
Νοέμβριος	104,078	172,863
Δεκέμβριος	99,734	165,649
Ετήσιο	540,279	897,355

Ο όγκος του νερού που χάνεται για το σύνολο της λεκάνης μέσω της διαδικασίας της εξατμισοδιαπνοής, έτσι όπως αυτός υπολογίστηκε με την παραπάνω μέθοδο, αποτελεί το 74,66% του όγκο των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων. Επισημαίνεται ότι η μέθοδος Coutagne υπολογίζει τη μέγιστη εξατμισοδιαπνοή καθώς δεν συνυπολογίζονται οι μορφολογικές κλίσεις, τα πετρώματα και η φυτοκάλυψη και αυτός είναι και ο λόγος που δικαιολογεί την ιδιαίτερα υψηλή τιμή του ποσοστού επί των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων. Η παραπάνω διαπίστωση σε συνδυασμό με βιβλιογραφικά δεδομένα του ελληνικού χώρου που δίνουν τιμές ET που κυμαίνονται από 35%-60% των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων μας οδηγεί σε μια διερεύνηση του συντελεστή εξατμισοδιαπνοής με βάση τις παραπάνω τιμές. Στον πίνακα που ακολουθεί έχει υπολογιστεί η μέση μηνιαία τιμή της εξατμισοδιαπνοής για συντελεστές 35%, 40%, 45%, 50% και 55% επί των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων.

Πίνακας 4.8: Πίνακας στον οποίο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εξατμισοδιαπνοής για συντελεστές επί των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων 35%, 40%, 45%, 50% και 55%. Επισημαίνεται ότι οι τιμές των παραπάνω συντελεστών έχουν καθοριστεί με βάση βιβλιογραφικά δεδομένα του ελληνικού χώρου.

ΜΗΝΑΣ	ET ₃₅ (mm)	ET ₄₀ (mm)	ET ₄₅ (mm)	ET ₅₀ (mm)	ET ₅₅ (mm)
Ιανουάριος	29,574	33,799	38,024	42,248	46,473
Φεβρουάριος	30,718	35,106	39,495	43,883	48,271
Μάρτιος	25,211	28,813	32,414	36,016	39,618
Απρίλιος	22,675	25,915	29,154	32,393	35,633

Μάιος	13,753	15,717	17,682	19,647	21,612
Ιούνιος	8,776	10,030	11,284	12,537	13,791
Ιούλιος	5,620	6,423	7,226	8,029	8,832
Αύγουστος	8,978	10,260	11,543	12,825	14,108
Σεπτέμβριος	7,544	8,622	9,699	10,777	11,855
Οκτώβριος	24,753	28,289	31,825	35,362	38,898
Νοέμβριος	38,453	43,946	49,439	54,932	60,426
Δεκέμβριος	37,227	42,545	47,863	53,181	58,499
Ετήσιο	253,282	289,465	325,648	361,831	398,014

ΜΕΘΟΔΟΣ BURDON-PAPAKIS

Στηριζόμενοι στη Σχέση 3.5 των Burdon-Papakis (1963) και στα μετεωρολογικά δεδομένα που παρουσιάζονται στους Πίνακες 3.1 και 3.2 στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται τα αποτελέσματα του υπολογισμού της μέσης ετήσιας εξατμισοδιαπνοής σε mm για κάθε μετεωρολογικό σταθμό της περιοχής ενδιαφέροντος.

Πίνακας 4.9: Πίνακας στον οποίο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα προσδιορισμού της εξατμισοδιαπνοής μέσω της σχέσης των Burdon-Papakis (1963).

ΛΑΜΙΑ			
	P(N-M)(mm)	P(A-O)(mm)	ET(mm)
	336,7	237,1	405,45
ΛΙΔΩΡΙΚΙ			
	P(N-M)(mm)	P(A-O)(mm)	ET(mm)
	631,2	325,4	641
ΛΕΥΚΑΔΑ			
	P(N-M)(mm)	P(A-O)(mm)	ET(mm)
	569,9	283,6	568,55
ΔΟΜΟΚΟΣ			
	P(N-M)(mm)	P(A-O)(mm)	ET(mm)
	303,7	267,7	419,55

Για τον υπολογισμό της μέσης ετήσιας εξατμισοδιαπνοής για το σύνολο της λεκάνης του Σπερχειού χρησιμοποιούμε όπως και προηγουμένως την σχέση $ET_{\text{ΛΕΚΑΝΗΣ}} = (\sum ET_i \times E_i) / \sum E_i$.

Με τον τρόπο αυτό το $ET_{\text{ΛΕΚΑΝΗΣ}}$ προσδιορίζεται σε 493,402 mm, ενώ ο ετήσιος όγκος νερού που χάνεται μέσω της διαδικασίας της εξατμισοδιαπνοής σε $819,496 \times 10^6 \text{ m}^3$.



ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗ

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εμβαδομέτρησης των γεωλογικών σχηματισμών που απαρτίζουν το σύνολο της λεκάνης του Σπερχειού ποταμού και πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του προγράμματος GIS ARCMAP. Επιπλέον με βάση τους συντελεστές κατείσδυσης του κάθε σχηματισμού, όπως αυτοί αντλήθηκαν από βιβλιογραφικά δεδομένα, έχει υπολογιστεί ο βαρυκεντρικός συντελεστής κατείσδυσης με βάση τον τύπο:

$$\frac{\sum \text{ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗΣ} \times \text{ΕΚΤΑΣΗ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ}}{\sum \text{ΕΚΤΑΣΗ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ}} \quad (\text{Σχέση 4.1})$$

Πίνακας 4.10: Πίνακας που παρουσιάζονται οι γεωλογικοί σχηματισμοί που συναντάμε στην περιοχή της λεκάνης του Σπερχειού, η έκταση που καταλαμβάνουν και ο συντελεστής κατείσδυσής τους.

Γεωλογικός Σχηματισμός	Συντελεστής Κατείσδυσης	Εμβαδόν (km ²)	% Ποσοστό
Ολόκαινο (Αλλούβιο) - Σύγχρονες προσχώσεις κοιλάδων, πεδιάδων και παράκτιες αποθέσεις. Πλευρικά κορήματα (1)	0,2	315,529	19
Πλειστόκαινο. Λιμναίες και χερσαίες αποθέσεις - Θαλάσσιες αποθέσεις: μάργες, άργιλοι, άμμοι κροκαλοπαγή, παράκτιες αναβαθμίδες κ.α. (2)	0,25	10,305	0,621
Ακουϊτάνιο - Βουρδιγάλιο. Στη Μεσοελληνική Αύλακα (σειρά Πενταλόφου), μολάσσα: κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, ερυθρά αργιλοαμμώδη υλικά (Ακουϊτάνιο) (10)	0,15	5,648	0,340
Νεογενές (αδιαίρετο). Λιμναίες ή θαλάσσιες αποθέσεις: ιζήματα κλαστικά: μολάσσα, κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, μάργες, άργιλοι, μερικές φορές με στρώματα λιγνίτη (11)	0,15	36,082	2,173
Ανώτερο Κρητιδικό. Πελαγικοί ασβεστόλιθοι (κυρίως βιομικρίτες) (46)	0,45	431,777	26
Ανώτερο Κρητιδικό. Πελαγικοί ασβεστόλιθοι (κυρίως βιομικρίτες) (47)	0,45	34,807	2,096
Ιουρασικό και Κρητιδικό. Ο "πρώτος φλύσχος" καθώς και η σειρά πηλινών και ραδιολαριτών με ψαμμίτες και ενίοτε λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθους (48)	0,45	1,723	0,104
Ανώτερο Ιουρασικό. Πελαγικοί πλακώδεις ασβεστόλιθοι (κυρίως μικρίτες) (49)	0,45	11,198	0,674
Φλύσχος (51)	0,1	123,809	7,455
Παλιόκαινο - Κάτω Ηώκαινο. Ασβεστόλιθοι (κυρίως βιομικρίτες) (52)	0,45	14,142	0,852

Ανώτερο Κρητιδικό. Ασβεστόλιθοι (κυρίως βιομικροουδίτες και βιομικροσπαρίτες) (53)	0,45	12,337	0,743
Πορτλάνδιο - Κατώτερο Κρητιδικό. Ασβεστόλιθοι (κυρίως μικρίτες και βιομικροσπαρουδίτες) (54)	0,45	11,741	0,707
Ανώτερο Ιουρασικό. Ασβεστόλιθοι (κυρίως βιοσπαρουδίτες, ωομικρίτες) (55)	0,45	39,471	2,377
Φλύσχης (59)	0,1	194,694	11,724
Ανώτερο Κρητιδικό. Ασβεστόλιθοι (κυρίως βιοσπαρουδίτες). Ασβεστόλιθοι κρυσταλλικοί και μάρμαρα της ίδιας ηλικίας (60)	0,45	109,445	6,590
Ιουρασικό. Σχιστοκερατολιθική διάπλαση: κερατόλιθοι, ψαμμίτες, πηλίτες με φακούς λευκών ασβεστολίθων και εγκλωβισμένα οφιολιθικά σώματα. Οι ίδιοι σχηματισμοί μεταμορφωμένοι (63)	0,13	32,583	1,962
Τριαδικό - Κατώτερο Ιουρασικό ή Ιουρασικό. Ασβεστόλιθοι (κυρίως βιοσπαρουδίτες) και δολομίτες, τοπικά της φάσεως "Hallstatt" (Επίδαυρος). Οι ίδιοι σχηματισμοί μεταμορφωμένοι σε μάρμαρα (64)	0,45	20,587	1,240
Διαβάσεις, περιδοτίτες, δουνίτες, πυροξενίτες, σερπεντινίτες, οφιόλιθοι γενικά (97)	0,08	254,803	15,343
ΒΑΡΥΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗΣ=0,26			

Στην συνέχεια δίνονται οι μέσοι μηνιαίοι όγκοι ύδατος που διηθούνται με βάση το συντελεστή κατείσδυσης και ο όγκος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων για το σύνολο της λεκάνης.

Πίνακας 4.11: Πίνακας που παρουσιάζονται οι μέσοι μηνιαίοι όγκοι ύδατος που χάνονται μέσω της διαδικασίας της κατείσδυσης έτσι όπως προσδιορίστηκαν από τον βαρυκεντρικό συντελεστή κατείσδυσης.

Μήνας	$P_{\Sigma \text{ΥΝΟΛΟ}}$ (10^6m^3)	$I_{\Lambda \Lambda \text{ΜΙΑ}}$ (10^6m^3)
Ιανουάριος	140,342	36,489
Φεβρουάριος	145,771	37,900
Μάρτιος	119,638	31,106
Απρίλιος	107,605	27,977
Μάιος	65,263	16,968
Ιούνιος	41,647	10,828
Ιούλιος	26,671	6,935
Αύγουστος	42,604	11,077
Σεπτέμβριος	35,799	9,308

Οκτώβριος	117,465	30,541
Νοέμβριος	182,476	47,444
Δεκέμβριος	176,657	45,931
Ετήσιο	1.201,938	312,504

Έτσι, στο σύνολο της λεκάνης απορροής ο μέσος όγκος ύδατος που κατεισδύει υπολογίζεται σε $312,504 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ανά έτος.

● ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΣΠΕΡΧΕΙΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ

Ο υπολογισμός της μέσης ετήσιας απορροής του Σπερχείου ποταμού στηρίζεται στον προσδιορισμό της επιφανειακής απορροής από τους επιμέρους υδρολογικούς συντελεστές του υδατικού ισοζυγίου.

Η μέση ετήσια επιφανειακή απορροή στη λεκάνη απορροής του Σπερχείου θα είναι:

$$Q = P - ET - I$$

4.1.1.1 Εκτίμηση της απορροής με βάση τους συντελεστές εξατμισοδιαπνοής 35%, 40%, 45%, 50% και 55%.

Στους πίνακες που ακολουθούν έχει υπολογιστεί η τιμή της μέσης ετήσιας επιφανειακής απορροής για κάθε έναν από τους συντελεστές εξατμισοδιαπνοής.

Πίνακας 4.12: Πίνακας που παρουσιάζονται η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή για συντελεστή εξατμισοδιαπνοής 35% των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων.

Μήνας	P(10^6 m^3)	ET(10^6 m^3) (35%)	I(10^6 m^3)	Q(10^6 m^3)
Ιανουάριος	140,342	49,120	36,489	54,733
Φεβρουάριος	145,771	51,020	37,900	56,851
Μάρτιος	119,638	41,873	31,106	46,659
Απρίλιος	107,605	37,662	27,977	41,966
Μάιος	65,263	22,842	16,968	25,453
Ιούνιος	41,647	14,577	10,828	16,242
Ιούλιος	26,671	9,335	6,935	10,402
Αύγουστος	42,604	14,911	11,077	16,615
Σεπτέμβριος	35,799	12,530	9,308	13,962
Οκτώβριος	117,465	41,113	30,541	45,811

Νοέμβριος	182,476	63,867	47,444	71,166
Δεκέμβριος	176,657	61,830	45,931	68,896
Ετήσιο	1201,938	420,678	312,504	468,756

Πίνακας 4.13: Πίνακας που παρουσιάζονται η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή για συντελεστή εξατμισοδιαπνοής 40% των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων.

Μήνας	P(10^6m^3)	ΕΤ(10^6m^3) (40%)	I(10^6m^3)	Q(10^6m^3)
Ιανουάριος	140,342	56,137	36,489	47,716
Φεβρουάριος	145,771	58,308	37,900	49,562
Μάρτιος	119,638	47,855	31,106	40,677
Απρίλιος	107,605	43,042	27,977	36,586
Μάιος	65,263	26,105	16,968	22,190
Ιούνιος	41,647	16,659	10,828	14,160
Ιούλιος	26,671	10,669	6,935	9,068
Αύγουστος	42,604	17,041	11,077	14,485
Σεπτέμβριος	35,799	14,320	9,308	12,172
Οκτώβριος	117,465	46,986	30,541	39,938
Νοέμβριος	182,476	72,990	47,444	62,042
Δεκέμβριος	176,657	70,663	45,931	60,063
Ετήσιο	1.201,938	480,775	312,504	408,659

Πίνακας 4.14: Πίνακας που παρουσιάζονται η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή για συντελεστή εξατμισοδιαπνοής 45% των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων.

Μήνας	P(10^6m^3)	ΕΤ(10^6m^3) (45%)	I(10^6m^3)	Q(10^6m^3)
Ιανουάριος	140,342	63,154	36,489	40,699
Φεβρουάριος	145,771	65,597	37,900	42,274
Μάρτιος	119,638	53,837	31,106	34,695
Απρίλιος	107,605	48,422	27,977	31,205
Μάιος	65,263	29,369	16,968	18,926
Ιούνιος	41,647	18,741	10,828	12,078
Ιούλιος	26,671	12,002	6,935	7,735
Αύγουστος	42,604	19,172	11,077	12,355
Σεπτέμβριος	35,799	16,110	9,308	10,382

Οκτώβριος	117,465	52,859	30,541	34,065
Νοέμβριος	182,476	82,114	47,444	52,918
Δεκέμβριος	176,657	79,496	45,931	51,231
Ετήσιο	1.201,938	540,872	312,504	348,562

Πίνακας 4.15: Πίνακας που παρουσιάζονται η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή για συντελεστή εξατμισοδιαπνοής 50% των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων.

Μήνας	P(10^6m^3)	ET(10^6m^3) (50%)	I(10^6m^3)	Q(10^6m^3)
Ιανουάριος	140,342	70,171	36,489	33,682
Φεβρουάριος	145,771	72,886	37,900	34,985
Μάρτιος	119,638	59,819	31,106	28,713
Απρίλιος	107,605	53,802	27,977	25,825
Μάιος	65,263	32,632	16,968	15,663
Ιούνιος	41,647	20,824	10,828	9,995
Ιούλιος	26,671	13,336	6,935	6,401
Αύγουστος	42,604	21,302	11,077	10,225
Σεπτέμβριος	35,799	17,900	9,308	8,592
Οκτώβριος	117,465	58,732	30,541	28,191
Νοέμβριος	182,476	91,238	47,444	43,794
Δεκέμβριος	176,657	88,329	45,931	42,398
Ετήσιο	1201,938	600,969	312,504	288,465

Πίνακας 4.16: Πίνακας που παρουσιάζονται η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή για συντελεστή εξατμισοδιαπνοής 55% των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων.

Μήνας	P(10^6m^3)	ET(10^6m^3) (55%)	I(10^6m^3)	Q(10^6m^3)
Ιανουάριος	140,342	77,188	36,489	26,665
Φεβρουάριος	145,771	80,174	37,900	27,696
Μάρτιος	119,638	65,801	31,106	22,731
Απρίλιος	107,605	59,183	27,977	20,445
Μάιος	65,263	35,895	16,968	12,400
Ιούνιος	41,647	22,906	10,828	7,913
Ιούλιος	26,671	14,669	6,935	5,068

Αύγουστος	42,604	23,432	11,077	8,095
Σεπτέμβριος	35,799	19,690	9,308	6,802
Οκτώβριος	117,465	64,606	30,541	22,318
Νοέμβριος	182,476	100,362	47,444	34,670
Δεκέμβριος	176,657	97,161	45,931	33,565
Ετήσιο	1201,938	661,066	312,504	288,465

Η μέση ετήσια απορροή που αντιστοιχεί σε συντελεστή εξατμισοδιαπνοής 35% ισούται με $468,756 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ και σε μια τιμή υδατικού δυναμικού $0,28 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{km}^2$. Πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι το υδατικό αυτό δυναμικό είναι κοντά στην τιμή του υδατικού δυναμικού $0,3 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{km}^2$ που έχει υπολογίσει στη μελέτη που έχει κάνει ο Ψωμιάδης (2010) και γι' αυτό το λόγο γίνεται δεκτό.

4.1.1.2 *Εκτίμηση της απορροής λαμβάνοντας υπόψη την τιμή που υπολογίστηκε από τον τύπο των Burdon-Parakis*

Από τον παρακάτω τύπο με αντικατάσταση έχουμε:

$$Q = P - ET - I = 69,938 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

όπου:

$$P = 1201,938 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

$$ET = 819,496 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

$$I = 12,504 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

Η τιμή $69,938 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ αντιστοιχεί σε ένα δυναμικό $0,04 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{km}^2$ που διαφοροποιείται αρκετά σε σχέση από αυτό που υπολόγισε ο Ψωμιάδης (2010).

4.1.2 *Υπολογισμός της επιφανειακής απορροής με τη μέθοδο Thornthwaite*

Τα αποτελέσματα της μεθόδου Thornthwaite για μέσες μηνιαίες τιμές της επιφανειακής απορροής στις τέσσερις υποπεριοχές της λεκάνης απορροής υπολογισμένες για πέντε διαφορετικές υγρασίες κορεσμού του εδάφους (δηλαδή 80 mm, 100mm, 150mm, 200mm και 250mm) δίνονται στο Παράρτημα II.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της επιφανειακής απορροής σύμφωνα με το μοντέλο Thornthwaite για το σύνολο της λεκάνης απορροής του Σπερχειού

υπολογισμένες για πέντε διαφορετικές υγρασίες κορεσμού του εδάφους, δηλαδή 80 mm, 100mm, 150mm, 200 mm και 250mm. Οι τιμές της απορροής από το πρόγραμμα βγαίνουν σε μονάδες χιολιοστών. Για να κάνουμε τη μετατροπή σε κυβικά πολλαπλασιάζουμε τα αποτελέσματα της απορροής με τα αντίστοιχα εμβαδά των μετεωρολογικών σταθμών (στοιχεία Ε.Μ.Υ.) της εξεταζόμενης περιοχής.

Πίνακας 4.17: Αποτελέσματα επιφανειακής απορροής μοντέλου Thornthwaite σε 10^6 m^3 για το σύνολο της λεκάνης του Σπερχειού και για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 80mm.

ΜΗΝΑΣ	Q (10^6 m^3) ΛΑΜΙΑ	Q (10^6 m^3) ΛΙΔΩΡΙΚΙ	Q (10^6 m^3) ΛΕΥΚΑΔΑ	Q (10^6 m^3) ΔΟΜΟΚΟΣ	Q (10^6 m^3) ΛΕΚΑΝΗ
Ιανουάριος	3,645	76,680	53,192	2,163	135,680
Φεβρουάριος	3,140	74,830	41,831	1,463	121,265
Μάρτιος	2,339	55,576	28,891	0,994	87,800
Απρίλιος	1,768	37,836	15,047	0,551	55,202
Μάιος	0,913	19,002	7,900	0,320	28,135
Ιούνιος	0,451	9,753	4,138	0,158	14,501
Ιούλιος	0,231	4,877	2,408	0,089	7,604
Αύγουστος	0,137	3,195	1,881	0,060	5,273
Σεπτέμβριος	0,101	2,102	1,053	0,048	3,304
Οκτώβριος	0,180	3,447	2,859	0,117	6,604
Νοέμβριος	1,978	25,812	2,859	0,187	30,836
Δεκέμβριος	3,620	60,789	12,038	0,747	77,194
Ετήσιο	18,503	373,899	174,096	6,898	573,397

Πίνακας 4.18: Αποτελέσματα επιφανειακής απορροής μοντέλου Thornthwaite σε 10^6 m^3 για το σύνολο της λεκάνης του Σπερχειού και για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 100mm.

ΜΗΝΑΣ	Q (10^6 m^3) ΛΑΜΙΑ	Q (10^6 m^3) ΛΙΔΩΡΙΚΙ	Q (10^6 m^3) ΛΕΥΚΑΔΑ	Q (10^6 m^3) ΔΟΜΟΚΟΣ	Q (10^6 m^3) ΛΕΚΑΝΗ
Ιανουάριος	3,284	68,272	45,668	1,846	119,071
Φεβρουάριος	2,959	70,626	38,069	1,305	112,960
Μάρτιος	2,248	53,474	27,010	0,915	83,648
Απρίλιος	1,725	36,743	14,069	0,513	53,050

Μάιος	0,891	18,497	7,448	0,301	27,138
Ιούνιος	0,440	9,501	3,912	0,149	14,002
Ιούλιος	0,227	4,708	2,257	0,086	7,278
Αύγουστος	0,134	3,111	1,806	0,057	5,107
Σεπτέμβριος	0,101	2,102	1,053	0,044	3,301
Οκτώβριος	0,180	3,447	2,859	0,117	6,604
Νοέμβριος	1,617	17,404	2,859	0,146	22,026
Δεκέμβριος	3,439	56,585	4,439	0,450	64,913
Ετήσιο	17,247	344,472	151,450	5,929	519,098

Πίνακας 4.19: Αποτελέσματα επιφανειακής απορροής μοντέλου Thornthwaite σε 10^6 m^3 για το σύνολο της λεκάνης του Σπερχειού και για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 150mm.

ΜΗΝΑΣ	Q (10^6 m^3) ΛΑΜΙΑ	Q (10^6 m^3) ΛΙΔΩΡΙΚΙ	Q (10^6 m^3) ΛΕΥΚΑΔΑ	Q (10^6 m^3) ΔΟΜΟΚΟΣ	Q (10^6 m^3) ΛΕΚΑΝΗ
Ιανουάριος	2,382	47,252	26,859	1,055	77,548
Φεβρουάριος	2,508	60,116	28,665	0,909	92,199
Μάρτιος	2,025	48,261	22,345	0,716	73,347
Απρίλιος	1,610	34,136	11,737	0,415	47,897
Μάιος	0,834	17,152	6,320	0,250	24,556
Ιούνιος	0,411	8,828	3,310	0,124	12,674
Ιούλιος	0,213	4,372	1,956	0,073	6,614
Αύγουστος	0,126	2,943	1,655	0,051	4,775
Σεπτέμβριος	0,097	2,018	0,978	0,041	3,135
Οκτώβριος	0,177	3,363	2,859	0,114	6,513
Νοέμβριος	0,736	6,138	2,784	0,146	9,803
Δεκέμβριος	2,999	41,367	2,784	0,098	47,248
Ετήσιο	14,118	275,947	112,252	3,990	406,308

Πίνακας 4.20: Αποτελέσματα επιφανειακής απορροής μοντέλου Thornthwaite σε 10^6 m^3 για το σύνολο της λεκάνης του Σπερχείου και για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 200mm.

ΜΗΝΑΣ	Q (10^6 m^3) ΛΑΜΙΑ	Q (10^6 m^3) ΛΙΔΩΡΙΚΙ	Q (10^6 m^3) ΛΕΥΚΑΔΑ	Q (10^6 m^3) ΔΟΜΟΚΟΣ	Q (10^6 m^3) ΛΕΚΑΝΗ
Ιανουάριος	1,480	26,233	11,963	0,491	40,166
Φεβρουάριος	2,057	49,607	17,229	0,399	69,292
Μάρτιος	1,797	42,964	16,627	0,462	61,851
Απρίλιος	1,498	31,530	8,878	0,285	42,190
Μάιος	0,776	15,807	4,890	0,187	21,660
Ιούνιος	0,386	8,156	2,633	0,092	11,267
Ιούλιος	0,198	4,036	1,580	0,057	5,871
Αύγουστος	0,119	2,775	1,429	0,044	4,368
Σεπτέμβριος	0,094	1,934	0,903	0,038	2,968
Οκτώβριος	0,177	3,363	2,784	0,114	6,438
Νοέμβριος	0,318	6,138	2,784	0,143	9,382
Δεκέμβριος	2,490	23,626	2,784	0,098	28,998
Ετήσιο	11,390	216,167	74,484	2,410	304,451

Πίνακας 4.21: Αποτελέσματα επιφανειακής απορροής μοντέλου Thornthwaite σε 10^6 m^3 για το σύνολο της λεκάνης του Σπερχείου και για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 250mm.

ΜΗΝΑΣ	Q (10^6 m^3) ΛΑΜΙΑ	Q (10^6 m^3) ΛΙΔΩΡΙΚΙ	Q (10^6 m^3) ΛΕΥΚΑΔΑ	Q (10^6 m^3) ΔΟΜΟΚΟΣ	Q (10^6 m^3) ΛΕΚΑΝΗ
Ιανουάριος	0,675	14,966	11,963	0,491	28,0944
Φεβρουάριος	1,559	34,304	7,223	0,272	43,3583
Μάρτιος	1,548	35,313	4,665	0,181	41,7066
Απρίλιος	1,371	27,662	2,934	0,139	32,107
Μάιος	0,715	13,873	1,881	0,111	16,5794
Ιούνιος	0,354	7,231	1,129	0,054	8,76686
Ιούλιος	0,184	3,615	0,828	0,038	4,66506
Αύγουστος	0,112	2,522	1,053	0,035	3,72239
Σεπτέμβριος	0,090	1,850	0,677	0,035	2,65192

Οκτώβριος	0,173	3,279	2,708	0,111	6,27165
Νοέμβριος	0,318	6,138	2,784	0,143	9,38161
Δεκέμβριος	1,942	9,585	2,784	0,098	14,4086
Ετήσιο	9,041	160,339	40,627	1,707	211,714

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι μέσες μηνιαίες τιμές της επιφανειακής απορροής σύμφωνα με το μοντέλο Thornthwaite για το σύνολο της λεκάνης απορροής του Σπερχείου για τις πέντε διαφορετικές υγρασίες κορεσμού του εδάφους, δηλαδή 80 mm, 100mm, 150mm, 200 mm και 250mm.

Πίνακας 4.22: Αποτελέσματα επιφανειακής απορροής μοντέλου Thornthwaite σε 10^6 m^3 για το σύνολο της λεκάνης του Σπερχείου και για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 80mm, 100mm, 150mm, 200mm και 250mm.

ΜΗΝΑΣ	Q (10^6 m^3) ΛΕΚΑΝΗ 80mm	Q (10^6 m^3) ΛΕΚΑΝΗ 100mm	Q (10^6 m^3) ΛΕΚΑΝΗ 150mm	Q (10^6 m^3) ΛΕΚΑΝΗ 200mm	Q (10^6 m^3) ΛΕΚΑΝΗ 250mm
Ιανουάριος	135,680	119,071	77,548	40,166	28,094
Φεβρουάριος	121,265	112,960	92,199	69,292	43,358
Μάρτιος	87,800	83,648	73,347	61,851	41,707
Απρίλιος	55,202	53,050	47,897	42,190	32,107
Μάιος	28,135	27,138	24,556	21,660	16,579
Ιούνιος	14,501	14,002	12,674	11,267	8,767
Ιούλιος	7,604	7,278	6,614	5,871	4,665
Αύγουστος	5,273	5,107	4,775	4,368	3,722
Σεπτέμβριος	3,304	3,301	3,135	2,968	2,652
Οκτώβριος	6,604	6,604	6,513	6,438	6,272
Νοέμβριος	30,836	22,026	9,803	9,382	9,382
Δεκέμβριος	77,194	64,913	47,248	28,998	14,409
Ετήσιο	573,397	519,098	406,308	304,451	211,714

Η ετήσια απορροή του Σπερχείου ποταμού κυμαίνεται από 211,714 10^6 m^3 έως 573,397 10^6 m^3 . Για υγρασία εδάφους 100 mm η απορροή του Σπερχείου είναι **519,098 10^6 m^3** .

Πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι η μέση ετήσια απορροή αντιστοιχεί σε ένα υδατικό δυναμικό $0,31 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{km}^2$ που είναι παρόμοιο με την τιμή του υδατικού δυναμικού $0,30 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{km}^2$ που έχει υπολογίσει στη μελέτη που έχει κάνει ο Ψωμιάδης (2010).

4.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΤΕΡΕΟΠΑΡΟΧΗΣ

4.2.1 Εκτίμηση με βάση τη σχέση των Poulos et al. (1996)

Χρησιμοποιώντας τον τύπο $S = 1954 \times A^{0,88}$ (Σχέση 3.16) που εφαρμόστηκε από τους Poulos et al. (1996) έχουμε: $S=1954 \times 1660,91^{0,88} \Rightarrow S = 1.332.996,863 \text{ t/year}$.

Η τιμή αυτή κανονικοποιημένη ως προς το εμβαδόν δίνει $802,570 \text{ t/km}^2$ για το Σπερχειό ποταμό. Η εφαρμογή της εξίσωσης αυτής υπερεκτιμά τη συνολική ετήσια στερεοπαροχή του Σπερχειού καθώς είναι εμπειρική σχέση και δε λαμβάνει υπόψη τα φυσικογεωγραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής όπως η λιθολογία και η βλάστηση. Για το υδρογραφικό δίκτυο μελέτης δεν υπάρχουν επιτόπιες μετρήσεις άρα για να συγκρίνουμε το αποτέλεσμα μας θα επιχειρηθεί ο υπολογισμός της στερεοπαροχής και με άλλες εξισώσεις.

Ο παραπάνω τύπος υπολογίζει μόνο το φορτίο που μεταφέρεται με αιώρηση χωρίς να λαμβάνει υπόψη το ποσό των ιζημάτων που μεταφέρεται σε διάλυση καθώς και το φορτίο κοίτης. Με βάση την διεθνή πρακτική και εμπειρία (UNESCO 1985) ένα 10% μπορεί να αποδοθεί στο φορτίο κοίτης. Επίσης, από μετρήσεις διαλελυμένου υλικού για το σύνολο των λεκανών απορροής των ποταμών Έβρου, Νέστου, Στρυμόνα, Αξιού, Αλιάκμονα, Πηνειού, Σπερχειού, Αχελώου και Λούρου και κατόπιν συγκρίσεων με τις τιμές του αιωρούμενου υλικού των αντίστοιχων ποταμών προκύπτει ότι το ποσοστό του διαλελυμένου υλικού ανέρχεται στο 15% περίπου (Skoulidakis 1996 & Poulos 1997). Συνεπώς για τη συνολική στερεοπαροχή έχουμε το κάτωθι αποτέλεσμα:

$$S = 1332996,863 + 0,25 \times 1332996,863 \Rightarrow 1.666.246,07875 \text{ t/year}$$

Η τιμή αυτή κανονικοποιημένη ως προς το εμβαδόν δίνει $1003,213 \text{ t/km}^2$ για το Σπερχειό ποταμό.

4.2.2 Εκτίμηση με βάση τον τύπο των Milliman & Syvitski (1992)

Κατά τη μεθοδολογία αυτή έγινε χρήση του τύπου των Milliman και Syvitski (1992) για τον υπολογισμό της ετήσιας στερεοπαροχής του Σπερχειού ποταμού.

$$Q = 170 \times A^{0,52} \quad (\text{Σχέση 3.17})$$

όπου Q: το ποσό του ιζήματος που μεταφέρεται από το υδρογραφικό δίκτυο ετησίως σε $\text{t} \times 10^6$, και A: η έκταση της λεκάνης απορροής σε $\text{km}^2 \times 10^6$ προέκυψε ότι:

$$Q = 170 \times A^{0,52} \Rightarrow 170 \times 0,00166091^{0,52} = 6,096 \text{ t} \times 10^6/\text{year}$$

Κανονικοποιώντας το αποτέλεσμα ως προς το εμβαδόν προκύπτει ότι η ετήσια στερεοπαροχή είναι **3670,277 t/km²**. Το αποτέλεσμα από την εφαρμογή του τύπου αυτού είναι σχεδόν τέσσερις φορές μεγαλύτερο από το αποτέλεσμα που προέκυψε από την εφαρμογή της προηγούμενης εξίσωσης. Για τα υπόλοιπα ποτάμια του ελληνικού χώρου οι τιμές που προέκυψαν από τη σχέση 3.17 είναι από 2 έως 5 φορές μεγαλύτερη. Η ποικιλία των αποτελεσμάτων ίσως οφείλεται στις διαφορές μεταξύ των ποταμών στις διάφορες περιοχές του κόσμου, κυρίως σε ότι αφορά τα κλιματολογικά χαρακτηριστικά που ευθύνονται για το είδος της αποσάθρωσης και διάβρωσης, αλλά κυρίως την ένταση των διεργασιών αποσάθρωσης και διάβρωσης, αλλά και στις διαφορετικές γεωλογικές συνθήκες. Επίσης η συγκεκριμένη εξίσωση βασίστηκε σε λεκάνες απορροής που καταλαμβάνουν σχετικά μεγάλη έκταση και αποστραγγίζουν περιοχές με μέγιστο υψόμετρο μεταξύ 1000 και 3000 μέτρων, κάτι που δε συμβαίνει στην περιοχή μελέτης.

Βάσει της βιβλιογραφίας όπως αναφέραμε και στην προηγούμενη σχέση, προσθέτουμε ένα ποσοστό 25% επί του αποτελέσματος για τον υπολογισμό της συνολικής στερεοπαροχής του υδρογραφικού δικτύου, έτσι ώστε να συμπεριληφθεί και το ποσό των ιζημάτων που μεταφέρεται σε διάλυση καθώς και το φορτίο κοίτης και προκύπτει το παρακάτω αποτέλεσμα:

$$Q = 6,096 \text{ t} \times 10^6 + 0,25 \times 6,096 \text{ t} \times 10^6 = 7,62 \text{ t} \times 10^6/\text{year}$$

Αδιαμφισβήτητα πρόκειται για πολύ μεγάλη τιμή της οποίας η αξιοπιστία αμφισβητείται. Κανονικοποιώντας το αποτέλεσμα ως προς το εμβαδόν προκύπτει ότι η συνολική ετήσια στερεοπαροχή είναι **4587,846 t/km²**. Μεγάλες διαφορές μεταξύ των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τη χρήση αυτού του τύπου και του προηγούμενου έχουν αναφερθεί σε πολλές περιπτώσεις ποταμών (Poulos et al. 1996).

4.2.3 Εκτίμηση με βάση την εξίσωση των Κουτσογιάννη-Τάρλα (1987)

Ο υπολογισμός της στερεοπαροχής στην περίπτωση αυτή γίνεται μέσω του τύπου των Κουτσογιάννη-Τάρλα (1987):

$$G = 15\gamma e^{3P} \quad (\text{Σχέση 3.18})$$

όπου G: η μέση ετήσια στερεοπαροχή σε αιώρηση σε τόνους ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο, P: το μέσο ετήσιο ύψος βροχής σε μέτρα και τέλος γ: γεωλογικός συντελεστής όπως ορίζεται από τη σχέση $\gamma = \kappa_1 \rho_1 + \kappa_2 \rho_2 + \kappa_3 \rho_3$ με κ_1 , κ_2 , κ_3 τους συντελεστές διαβρωσιμότητας όπως αυτοί ορίζονται στην παράγραφο 3.3.3.

Στην εξεταζόμενη περιοχή το P ισούται με 0,72366m. Επιπλέον από τη μελέτη του γεωλογικού χάρτη για τη λεκάνη του Σπερχειού ποταμού προκύπτει ότι το 25,84% της έκτασης της λεκάνης απορροής καταλαμβάνεται από αλλουβιακές αποθέσεις και κορήματα, το 59,24% από ασβεστόλιθους, δολομίτες και πλακώδεις ασβεστόλιθους και το υπόλοιπο 14,92% από ψαμμίτες, σχιστόλιθους, φυλλίτες, χαλαζίτες και φλύσχη.

Έτσι για το συντελεστή γ προκύπτει:

$$\gamma = 1 \times 0,258 + 0,5 \times 0,15 + 0,1 \times 0,592 \Rightarrow \gamma = 0,43$$

Οπότε η εξίσωση 3.18 για τον υπολογισμό της στερεοπαροχής διαμορφώνεται ως εξής:

$$G = 15 \times 0,43 \times e^{3 \times 0,72366} \Rightarrow G = 56,546 \text{ t/km}^2$$

Η τιμή αυτή φαίνεται να υποεκτιμά την στερεοπαροχή του ποταμού σύμφωνα με τους Poulos and Chronis (1997) οι οποίοι σε μελέτη τους υποστηρίζουν ότι η μέση ετήσια παροχή σε ίζημα υπό αιώρηση ανά km^2 των ελληνικών ποταμών κυμαίνεται μεταξύ 65tn/ km^2 και 3650tn/ km^2 .

Για να υπολογιστεί η μέση ετήσια ολική στερεοπαροχή πρέπει να προσθέσουμε ένα ποσοστό 10% έτσι ώστε να συμπεριληφθεί και το φορτίο κοίτης καθώς και ένα ποσοστό 15% για το υλικό που μεταφέρεται σε διάλυση. Οπότε στη λεκάνη απορροής της περιοχής μελέτης προσθέτοντας ένα 25%, η συνολική στερεοπαροχή ανά έτος είναι:

$$G_{\text{ολ}} = 1,25 \times 56,546 \Rightarrow G_{\text{ολ}} = 70,683 \text{ t/ km}^2$$

4.2.4 Εκτίμηση μέσω της Παγκόσμιας Εξίσωσης Εδαφικής Απώλειας

Όπως αναφέρθηκε και στο τρίτο κεφάλαιο στην περίπτωση αυτή ο υπολογισμός της στερεοπαροχής γίνεται μέσω της Παγκόσμιας Εξίσωσης Εδαφικής Απώλειας (USLE)

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \quad (\text{Σχέση 3.20})$$

όπου A : η υπολογισμένη ετήσια γενική διάβρωση (tons/ha/year), R: ο συντελεστής διαβρωτικότητας των κατακρημνισμάτων, K: ο συντελεστής διαβρωσιμότητας του υποθέματος, LS: ο τοπογραφικός συντελεστής ή συντελεστής ανάγλυφου, C: ο συντελεστής κάλυψης και P: ο συντελεστής χειρισμού και προστασίας εδάφους (Κωτούλας 2001)

Παράγοντας R

$$R = 0,83 \times N - 17,7 \quad (\text{Σχέση 3.21})$$

όπου R [$\text{MJ} \cdot \text{mm}/(\text{ha} \cdot \text{h})$] ο συντελεστής διαβρωτικότητας της βροχόπτωσης, και N [mm] η μέση ετήσια βροχόπτωση.

Στην περίπτωση μας η μέση ετήσια βροχόπτωση N είναι $723,6625\text{mm}$. Οπότε η εξίσωση 3.21 για το συντελεστή διαβρωτικότητας της βροχόπτωσης R διαμορφώνεται ως εξής:

$$R = 0,83 \times 723,6625 - 17,7 \Rightarrow R = 582,94$$

Παράγοντας K

Γιο τον υπολογισμό του συντελεστή διαβρωσιμότητας χρησιμοποιήθηκε ο γεωλογικός χάρτης όπως παρουσιάζεται στο Παράρτημα Ι.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται οι γεωλογικοί σχηματισμοί που εμφανίζονται στην περιοχή μελέτης, η έκταση που καταλαμβάνουν καθώς και οι χαρακτηριστικές τους τιμές για το συντελεστή K , βάση των τιμών του πίνακα 3.3 (Λυκούδη & Ζαρρής 2001).

Πίνακας 4.23: Κατηγοριοποίηση των γεωλογικών σχηματισμών που συναντάμε στην λεκάνη του Σπερχειού με βάση τον συντελεστή K και υπολογισμός του ποσοστού που καταλαμβάνει η κάθε κατηγορία επί του συνόλου της έκτασης της λεκάνης.

Γεωλογικός Σχηματισμός	Συντελεστής K	Εμβαδόν (km^2)	% Ποσοστό
Ολόκαινο (Αλλούβιο) - Σύγχρονες προσχώσεις κοιλάδων, πεδιάδων και παράκτιες αποθέσεις. Πλευρικά κορήματα (1)	0,015	315,529	19
Πλειστόκαινο. Λιμναίες και χερσαίες αποθέσεις - Θαλάσσιες αποθέσεις: μάργες, άργιλοι, άμμοι κροκαλοπαγή, παράκτιες αναβαθμίδες κ.α. (2)	0,030	10,305	0,621
Ακουϊτάνιο - Βουρδιγάλιο. Στη Μεσοελληνική Αύλακα (σειρά Πενταλόφου), μολάσσα: κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, ερυθρά αργιλοαμμώδη υλικά (Ακουϊτάνιο) (10)	0,030	5,648	0,340
Νεογενές (αδιαίρετο). Λιμναίες ή θαλάσσιες αποθέσεις: ιζήματα κλαστικά: μολάσσα, κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, μάργες, άργιλοι, μερικές φορές με στρώματα λιγνίτη (11)	0,028	36,082	2,173
Ανώτερο Κρητιδικό. Πελαγικοί ασβεστόλιθοι (κυρίως βιομικρίτες) (46)	0,001	431,777	26
Ανώτερο Κρητιδικό. Πελαγικοί ασβεστόλιθοι (κυρίως βιομικρίτες) (47)	0,001	34,807	2,096
Ιουρασικό και Κρητιδικό. Ο "πρώτος φλύσχης" καθώς και η σειρά πηλιτών και ραδιολαριτών με ψαμμίτες και ενίοτε λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθους (48)	0,006	1,723	0,104
Ανώτερο Ιουρασικό. Πελαγικοί πλακώδεις ασβεστόλιθοι (κυρίως μικρίτες) (49)	0,001	11,198	0,674
Φλύσχης (51)	0,010	123,809	7,455
Παλαιόκαινο - Κάτω Ηώκαινο. Ασβεστόλιθοι (κυρίως βιομικρίτες) (52)	0,001	14,142	0,852

Ανώτερο Κρητιδικό. Ασβεστόλιθοι (κυρίως βιομικρουδίτες και βιομικροσπαρίτες) (53)	0,001	12,337	0,743
Πορτλάνδιο - Κατώτερο Κρητιδικό. Ασβεστόλιθοι (κυρίως μικρίτες και βιομικροσπαρουδίτες) (54)	0,001	11,741	0,707
Ανώτερο Ιουρασικό. Ασβεστόλιθοι (κυρίως βιοσπαρουδίτες, ωομικρίτες) (55)	0,001	39,471	2,377
Φλύσχης (59)	0,010	194,694	11,724
Ανώτερο Κρητιδικό. Ασβεστόλιθοι (κυρίως βιοσπαρουδίτες). Ασβεστόλιθοι κρυσταλλικοί και μάρμαρα της ίδιας ηλικίας (60)	0,001	109,445	6,590
Ιουρασικό. Σχιστοκερατολιθική διάπλαση: κερατόλιθοι, ψαμμίτες, πηλίτες με φακούς λευκών ασβεστολίθων και εγκλωβισμένα οφιολιθικά σώματα. Οι ίδιοι σχηματισμοί μεταμορφωμένοι (63)	0,060	32,583	1,962
Τριαδικό - Κατώτερο Ιουρασικό ή Ιουρασικό. Ασβεστόλιθοι (κυρίως βιοσπαρουδίτες) και δολομίτες, τοπικά της φάσεως "Hallstatt" (Επίδαυρος). Οι ίδιοι σχηματισμοί μεταμορφωμένοι σε μάρμαρα (64)	0,006	20,587	1,240
Διαβάσεις, περιδοτίτες, δουνίτες, πυροξενίτες, σερπεντινίτες, οφιόλιθοι γενικά (97)	0,070	254,803	15,343

Κανονικοποιώντας για το σύνολο του Σπερχειού ποταμού με βάση τα ποσοστά των παραπάνω ομάδων γεωλογικών σχηματισμών και την αντίστοιχη τιμή K υπολογίζουμε τον συνολικό συντελεστή εδαφικής διαβρωσιμότητας που ισούται με:

$$K = 0,017996$$

Παράγοντας LS

Με βάση τη διαδικασία που περιγράφηκε εκτενώς στην παράγραφο 3.3.4 και τη βοήθεια του προγράμματος ArcGis για την περιοχή της λεκάνης του Σπερχειού ποταμού:

$$LS = 16,77$$

Παράγοντας C

Στον πίνακα 4.24 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι χρήσεις γης που εμφανίζονται στην περιοχή μελέτης, η έκταση που καταλαμβάνουν καθώς και οι τιμές του συντελεστή φυτοκάλυψης C.

Πίνακας 4.24: Κατηγοριοποίηση των διαφόρων χρήσεων γης που συναντάμε στην λεκάνη του Σπερχειού με βάση τον συντελεστή C και υπολογισμός του ποσοστού που καταλαμβάνει η κάθε κατηγορία επί του συνόλου της έκτασης της λεκάνης.

Χρήση γης	Εμβαδόν	% Ποσοστό	Συντελεστής C
Συνεχής αστικός ιστός	0,969	0,058	0,0
Ασυνεχής αστικός ιστός	18,767	1,130	00001
Βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες	2,274	0,137	0,0
Αεροδρόμια	0,306	0,018	0,0
Χώροι εξορύξεως ορυκτών	2,652	0,160	0,0
Μη αρδευόμενη αρόσιμη γη	1,130	0,068	0,0
Μόνιμα αρδευόμενη γη	170,246	10,250	0,3
Ορυζώνες	76,340	4,596	0,3
Αμπελώνες	11,187	0,674	0,15
Ελαιώνες	0,424	0,026	0,2
Λιβάδια	36,076	2,172	0,1
Σύνθετες καλλιέργειες	3,158	0,190	0,3
Γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία μαζί με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης	98,506	5,931	0,18
Δάσος πλατύφυλλων	136,296	8,206	0,07
Δάσος κωνοφόρων	163,358	9,835	0,01
Μικτό δάσος	172,533	10,388	0,01
Φυσικοί βοσκότοποι	154,352	9,293	0,01
Θάμνοι και χερσότοποι	38,263	2,304	0,3
Σκληροφυλλική βλάστηση	53,237	3,205	0,45
Μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις	274,334	16,517	0,03
Παραλίες, αμμόλοφοι, αμμουδιές	226,695	13,649	0,02
Απογυμνωμένοι βράχοι	10,145	0,611	0,6
Εκτάσεις με αραιή βλάστηση	0,034	0,002	0,02
Παραθαλάσσιοι βάλτοι	2,328	0,140	0,45
Υδατορεύματα	4,573	0,275	0,15
Θαλάσσια ύδατα	1,532	0,092	0,0

Κανονικοποιώντας για το σύνολο του Σπερχειού ποταμού με βάση τα ποσοστά των παραπάνω ομάδων των χρήσεων γης και την αντίστοιχη τιμή τους C υπολογίζουμε τον συνολικό συντελεστή φυτοκάλυψης που ισούται με: **C = 0,10146**

Παράγοντας P

Για τη λεκάνη του Σπερχειού ποταμού τον παράγοντα P τον έχουμε δεχθεί 0,9.

Με βάση τα παραπάνω η Εξίσωση 3.20 διαμορφώνεται ως εξής:

$$A = 582,94 \times 0,018 \times 16,77 \times 0,1015 \times 0,9 = 1.606,356 \text{ tons/ha/year}$$

Στη συνέχεια όπως αναφέραμε και στην αρχή, θα γίνει η εκτίμηση του συντελεστή στερεοαπορροής (SDR) με την εξίσωση Renfro (1972).

$$\log(\text{SDR}) = 1,877 - 0,1419 \times \log(25,9 \times A) \quad (\text{Σχέση 3.19})$$

όπου A η έκταση της λεκάνης του Σπερχειού ποταμού.

$$\text{SDR} = 0,1658$$

Πολλαπλασιάζοντας το συντελεστή στερεοαπορροής SDR με την υπολογισμένη ετήσια γενική διάβρωση A, έχουμε το τελικό αποτέλεσμα της συνολικής στερεοπαροχής για τη λεκάνη του Σπερχειού ποταμού το οποίο ισούται με:

$$Q = 266,2732 \text{ t/km}^2$$

Σύμφωνα με τους Poulos and Chronis (1997) η μέση ετήσια παροχή σε ίζημα υπό αιώρηση ανά km^2 των ελληνικών ποταμών κυμαίνεται μεταξύ 65 tn/km^2 και 3650 tn/km^2 . Συνεπώς το αποτέλεσμα της συνολικής στερεοπαροχής μέσω της Παγκόσμιας Εξίσωσης Εδαφικής Απώλειας (USLE) για τη λεκάνη του Σπερχειού ποταμού είναι απόλυτα εντός των πλαισίων.

4.2.5 Εκτίμηση με βάση την εξίσωση των Jansen and Painter (1974)

Ο υπολογισμός γίνεται με βάση την εξίσωση των Jansen and Painter (1974):

$$\log SY = -2,032 + 0,100 \log Q - 0,314 \log A + 0,750 \log H + 1,104 \log P + 0,368 \log T_{\Sigma} - 2,324 \log V + 0,786 \log L$$

όπου SY: η μέση ετήσια στερεοπαροχή σε tn/km^2 , Q: η μέση ετήσια επιφανειακή απορροή με mm/year , A: το εμβαδόν της λεκάνης απορροής σε km^2 , H: το μέσο ύψος της λεκάνης σε m, P :η μέση ετήσια βροχόπτωση σε mm, T: η μέση ετήσια θερμοκρασία της λεκάνης όπως προσδιορίζεται με την βοήθεια της μεθόδου της θερμοβαθμίδας σε $^{\circ}\text{C}$, V: ο συντελεστής βλάστησης που παίρνει τιμές από 0 έως 1 και L: ο συντελεστής λιθολογίας που κυμαίνεται από 2 έως 6.

Ο υπολογισμός της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας της λεκάνης του Σπερχειού με εφαρμογή της μεθόδου της θερμοβαθμίδας γίνεται μέσω της σχέσης: $T_{\Sigma} = T_{\Lambda} - \frac{c \times (z_{\Sigma} - z_{\Lambda})}{100}$, όπου T_{Σ} η μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα της λεκάνης, T_{Λ} η μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα του σταθμού αναφοράς, z_{Σ} και z_{Λ} τα αντίστοιχα υψόμετρα της λεκάνης του Σπερχειού (652,68 m) και του σταθμού της Λαμίας (143,4 m) και c η μέση μηνιαία θερμοβαθμίδα.

Στον πίνακα 4.25 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εκτέλεσης της παραπάνω σχέσης στηριζόμενοι στις μηνιαίες τιμές θερμοβαθμίδας που προσδιόρισε ο Giandotti (Πίνακας 3.7).

Πίνακας 4.25: Μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας στη λεκάνη του Σπερχειού ποταμού όπως αυτές προσδιορίστηκαν από την αναγωγή των δεδομένων του μετεωρολογικού σταθμού της Λαμίας και την βοήθεια της μεθόδου της θερμοβαθμίδας.

ΜΗΝΑΣ	$T_{\Sigma} = T_{\Lambda} - \frac{c \times (z_{\Sigma} - z_{\Lambda})}{100} (^{\circ}\text{C})$
Ιανουάριος	5,521
Φεβρουάριος	6,065
Μάρτιος	7,648
Απρίλιος	11,592
Μάιος	16,892
Ιούνιος	22,193
Ιούλιος	23,793
Αύγουστος	22,895
Σεπτέμβριος	19,395
Οκτώβριος	14,201
Νοέμβριος	9,610
Δεκέμβριος	6,568
Ετήσιο	13,864

Όσον αφορά τη λεκάνη του Σπερχειού ο δείκτης λιθολογίας (L) βάση των Jansen and Painter ισούται με 6 και ο δείκτης βλάστησης (V) ισούται με 3.

Υπολογισμός μέσης ετήσιας στερεοπαροχής

1. Με βάση την εξίσωση του υδατικού ισοζυγίου $Q=282,2284$ mm.

$$\log SY = -2,032 + 0,100 \log Q - 0,314 \log A + 0,750 \log H + 1,104 \log P + 0,368 \log T - 2,324 \log V + 0,786 \log L \xleftrightarrow{A=1660,91 \text{ km}^2, H=652,68 \text{ m}, P=723,66 \text{ mm}, T=13,87^\circ\text{C}, V=3, L=6}$$

$$SY = 247,1178 \text{ t/km}^2$$

2. Με βάση το πρόγραμμα Thornthwaite $Q=312,5382 \text{ mm}$.

$$\log SY = -2,032 + 0,100 \log Q - 0,314 \log A + 0,750 \log H + 1,104 \log P + 0,368 \log T - 2,324 \log V + 0,786 \log L \xleftrightarrow{A=1660,91 \text{ km}^2, H=652,68 \text{ m}, P=723,66 \text{ mm}, T=13,87^\circ\text{C}, V=3, L=6}$$

$$SY = 249,6515 \text{ t/km}^2$$

Άρα με βάση την εξίσωση των Jansen and Painter η στερεοπαροχή ανά μονάδα επιφάνειας του ποταμού είναι της τάξης των **248,35 t/km²**. Η τιμή αυτή είναι απόλυτα εντός των πλαισίων για τα ελληνικά ποτάμια με βάση τη μελέτη των Poulos & Chronis (1997).

Βάσει της βιβλιογραφίας προσθέτουμε ένα ποσοστό 25% επί του αποτελέσματος για τον υπολογισμό της συνολικής στερεοπαροχής του υδρογραφικού δικτύου, έτσι ώστε να συμπεριληφθεί και το ποσό των ιζημάτων που μεταφέρεται σε διάλυση καθώς και το φορτίο κοίτης και προκύπτει το παρακάτω αποτέλεσμα:

$$SY \text{ } 249,6515 + 0,25 \times 249,6515 = 312,064 \text{ t/km}^2$$

4.2.6 Εκτίμηση με βάση τις σχέσεις του Probst (1992)

Στην προκειμένη περίπτωση ο προσδιορισμός της στερεοπαροχής γίνεται μέσω των εξισώσεων που πρώτος ο Probst ανέπτυξε το 1992 και έχουν την μορφή:

$$(i) \quad \ln SY = 1,5610 + 0,9655 \ln S + 0,0023 Q + 0,5692 \ln P - 0,8660 V$$

όπου SY: η μέση ετήσια στερεοπαροχή σε $\text{t/km}^2/\text{year}$, Q: η μέση ετήσια απορροή σε mm/year , P: η μέση ετήσια βροχόπτωση σε mm/year , V: ο συντελεστής βλάστησης που κυμαίνεται από 0 έως 6 και S: η μέση κλίση της λεκάνης %.

$$(ii) \quad \ln SY = -0,0723 + 1,0280 \ln S + 0,03365 L + 0,6932 \ln P + 0,0016 Q - 0,7516 V$$

όπου SY: η μέση ετήσια στερεοπαροχή σε $\text{t/km}^2/\text{year}$, Q: η μέση ετήσια απορροή σε mm/year , P: η μέση ετήσια βροχόπτωση σε mm/year , V: ο συντελεστής βλάστησης που κυμαίνεται από 0 έως 6, L: ο συντελεστής λιθολογίας που παίρνει τιμές από 1 έως 40 και S: η μέση κλίση της λεκάνης %.

Για την πρώτη εξίσωση όπως και στην περίπτωση της μεθόδου των Jansen and Painter (1974) διακρίνουμε δύο περιπτώσεις.

$$(i) \quad \text{Με βάση την εξίσωση του υδατικού ισοζυγίου } Q=282,2284 \text{ mm.}$$

Από τη σχέση $\text{LnSY} = 1,5610 + 0,9655\text{LnS} + 0,0023Q + 0,5692\text{LnP} - 0,8660V$

$$P=723,66 \text{ mm} \quad S=15,045 \quad V=4$$

$$\text{SY}=165,909 \text{ t/km}^2$$

(ii) Με βάση το πρόγραμμα Thornthwaite $Q=312,5382 \text{ mm}$.

Από τη σχέση $\text{LnSY} = 1,5610 + 0,9655\text{LnS} + 0,0023Q + 0,5692\text{LnP} - 0,8660V$

$$P=723,66 \text{ mm}, S=15,045, V=4$$

$$\text{SY}=177,887 \text{ t/km}^2$$

Άρα με βάση την πρώτη εξίσωση του Probst (1992) κατά μέσον όρο (με βάση το υδατικό ισοζύγιο) η στερεοπαροχή ανά μονάδα επιφάνειας ισούται με $\text{SY}=171,90 \text{ tones/km}^2$ που είναι μέσα στα αναμενόμενα όρια για τα ελληνικά ποτάμια.

Βάσει της βιβλιογραφίας προσθέτουμε ένα ποσοστό 25% επί του αποτελέσματος για τον υπολογισμό της συνολικής στερεοπαροχής του υδρογραφικού δικτύου, έτσι ώστε να συμπεριληφθεί και το ποσό των ιζημάτων που μεταφέρεται σε διάλυση καθώς και το φορτίο κοίτης και προκύπτει το παρακάτω αποτέλεσμα:

$$\text{SY}=171,90 + 0,25 \times 171,90 = 214,875 \text{ t/km}^2$$

Τέλος για την δεύτερη εξίσωση αρχικά θα πρέπει να προσδιορίσουμε τον δείκτη λιθολογίας με την βοήθεια του Πίνακα 3.8, λαμβάνοντας υπόψη τους συντελεστές λιθολογίας και τα ποσοστά που καταλαμβάνουν τα διάφορα πετρώματα στη λεκάνη. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 4.26: Κατηγοριοποίηση των γεωλογικών σχηματισμών που συναντάμε στην λεκάνη του Σπερχειού με βάση τον συντελεστή λιθολογίας L και υπολογισμός του ποσοστού που καταλαμβάνει η κάθε κατηγορία επί του συνόλου της έκτασης της λεκάνης.

Γεωλογικός Σχηματισμός	L	E (km ²)	%
Ολόκαινο (Αλλούβιο) - Σύγχρονες προσχώσεις κοιλάδων, πεδιάδων και παράκτιες αποθέσεις. Πλευρικά κορήματα (1)	40	315,529	19
Πλειστόκαινο. Λιμναίες και χερσαίες αποθέσεις - Θαλάσσιες αποθέσεις: μάργες, άργιλοι, άμμοι κροκαλοπαγή, παράκτιες αναβαθμίδες κ.α. (2)	32	10,305	0,621
Ακουϊτάνιο - Βουρδιγάλιο. Στη Μεσοελληνική Αύλακα (σειρά Πενταλόφου), μολάσσα: κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, ερυθρά αργιλοαμμόδη υλικά (Ακουϊτάνιο) (10)	10	5,648	0,340
Νεογενές (αδιαίρετο). Λιμναίες ή θαλάσσιες αποθέσεις: ιζήματα κλαστικά: μολάσσα, κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, μάργες, άργιλοι, μερικές φορές με στρώματα λιγνίτη (11)	32	36,082	2,173
Ανώτερο Κρητιδικό. Πελαγικοί ασβεστόλιθοι (κυρίως	4	431,777	26

βιομικρίτες) (46)			
Ανώτερο Κρητιδικό. Πελαγικοί ασβεστόλιθοι (κυρίως βιομικρίτες) (47)	4	34,807	2,096
Ιουρασικό και Κρητιδικό. Ο "πρώτος φλύσσης" καθώς και η σειρά πηλινών και ραδιολαριτών με ψαμμίτες και ενίοτε λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθους (48)	10	1,723	0,104
Ανώτερο Ιουρασικό. Πελαγικοί πλακώδεις ασβεστόλιθοι (κυρίως μικρίτες) (49)	4	11,198	0,674
Φλύσσης (51)	10	123,809	7,455
Παλαιόκαινο - Κάτω Ηώκαινο. Ασβεστόλιθοι (κυρίως βιομικρίτες) (52)	4	14,142	0,852
Ανώτερο Κρητιδικό. Ασβεστόλιθοι (κυρίως βιομικροδύτες και βιομικροσπαρίτες) (53)	4	12,337	0,743
Πορτλάνδιο - Κατώτερο Κρητιδικό. Ασβεστόλιθοι (κυρίως μικρίτες και βιομικροσπαρουδίτες) (54)	4	11,741	0,707
Ανώτερο Ιουρασικό. Ασβεστόλιθοι (κυρίως βιοσπαρουδίτες, ωμικρίτες) (55)	4	39,471	2,377
Φλύσσης (59)	10	194,694	11,724
Ανώτερο Κρητιδικό. Ασβεστόλιθοι (κυρίως βιοσπαρουδίτες). Ασβεστόλιθοι κρυσταλλικοί και μάρμαρα της ίδιας ηλικίας (60)	4	109,445	6,590
Ιουρασικό. Σχιστοκερατολιθική διάπλαση: κερατόλιθοι, ψαμμίτες, πηλίτες με φακούς λευκών ασβεστολιθών και εγκλωβισμένα οφιολιθικά σώματα. Οι ίδιοι σχηματισμοί μεταμορφωμένοι (63)	1	32,583	1,962
Τριαδικό - Κατώτερο Ιουρασικό ή Ιουρασικό. Ασβεστόλιθοι (κυρίως βιοσπαρουδίτες) και δολομίτες, τοπικά της φάσεως "Hallstatt" (Επίδαυρος). Οι ίδιοι σχηματισμοί μεταμορφωμένοι σε μάρμαρα (64)	4	20,587	1,240
Διαβάσεις, περιδοτίτες, δουνίτες, πυροξενίτες, σερπεντινίτες, οφιόλιθοι γενικά (97)	1	254,803	15,343
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΛΙΘΟΛΟΓΙΑΣ L (ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΝΟΛΟ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ)=12,2833			

Όπως και παραπάνω ανάλογα με το υδατικό ισοζύγιο διακρίνουμε δύο περιπτώσεις:

- (i) Με βάση την εξίσωση του υδατικού ισοζυγίου $Q=282,2284 \text{ mm}$. Από τη σχέση

$$\text{LnSY} = -0,0723 + 1,0280\text{LnS} + 0,03365\text{L} + 0,6932\text{LnP} + 0,0016\text{Q} - 0,7516\text{V}$$

$$P=723,66 \text{ mm} \quad S=15,045 \quad V=4 \quad L=12,2833$$

←————→

$$\text{SY}=176,321 \text{ t/km}^2$$

- (ii) Με βάση το πρόγραμμα Thornthwaite $Q=312,5382 \text{ mm}$.

$$\text{Από τη σχέση } \text{LnSY} = 1,5610 + 0,9655\text{LnS} + 0,0023\text{Q} + 0,5692\text{LnP} - 0,8660\text{V}$$

$$\overleftrightarrow{P=723,66 \text{ mm} \quad S=15,045 \quad V=4 \quad L=12,2833}$$

$$SY=185,083 \text{ t/km}^2$$

Με βάση την δεύτερη εξίσωση του Probst (1992) κατά μέσον όρο (με βάση το υδατικό ισοζύγιο) η στερεοπαροχή ανά μονάδα επιφάνειας ισούται με **SY=180,7 tones/km²** που είναι λίγο μεγαλύτερη από τη τιμή που έδωσε η πρώτη εξίσωση του ίδιου ερευνητή, όμως εντός των πλαισίων για τα ελληνικά ποτάμια βάσει της μελέτης των Poulos & Chronis όπου η μέση ετήσια παροχή σε ίζημα υπό αιώρηση ανά km² των ελληνικών ποταμιών κυμαίνεται μεταξύ 65tn/km² και 3650tn/km².

Βάσει της βιβλιογραφίας προσθέτουμε ένα ποσοστό 25% επί του αποτελέσματος για τον υπολογισμό της συνολικής στερεοπαροχής του υδρογραφικού δικτύου, έτσι ώστε να συμπεριληφθεί και το ποσό των ιζημάτων που μεταφέρεται σε διάλυση καθώς και το φορτίο κοίτης και προκύπτει το παρακάτω αποτέλεσμα:

$$SY=180,7 + 0,25 \times 180,7 = 225,875 \text{ t/km}^2$$

Στον Πίνακα 4.27 που ακολουθεί δίνονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα υπολογισμού της στερεοπαροχής.

Πίνακας 4.27: Αποτελέσματα αιωρούμενου και συνολικού ποσού στερεοπαροχής της λεκάνης με βάση τις εξισώσεις που χρησιμοποιήθηκαν

Εξισώσεις	Αιωρούμενο (t/km ²)	Συνολικό (t/km ²)
Poulos et al (1996)	802,570	1003,213
Milliman & Syvitski (1992)	3670,277	4587,846
Κουτσογιάννης & Τάρλας (1987)	56,546	70,683
Παγκόσμια Εξίσωση Εδαφικής Απώλειας (USLE)		266,273
Jansen & Painter (1974)	248,35	312,064
Probst 1 (1992)	171,90	214,875
Probst 2 (1992)	180,70	225,875

4.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΩΝ ΜΕΣΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΤΙΜΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΚΑΙ ΣΤΕΡΕΟΠΑΡΟΧΗΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΤΡΙΑΚΟΝΤΑΕΤΙΕΣ 2021-2050 ΚΑΙ 2071-2100 ΣΤΗΡΙΖΟΜΕΝΟΙ ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENSEMBLES

4.3.1. Εκτίμηση των αναμενόμενων μέσων ετήσιων τιμών επιφανειακής απορροής

Η μέθοδος υπολογισμού της επιφανειακής απορροής του Coutagne δίνει αποτελέσματα υπερεκτιμημένα. Αυτός είναι και ο λόγος που κατά την εκτίμηση των αναμενόμενων τιμών επιφανειακής απορροής χρησιμοποιείται το πρόγραμμα THORTHWAITE του U.S. Geological Survey (USGS).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΜΕΣΗΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ THORNTHWAITE.

Πίνακας 4.28: Αποτελέσματα μοντέλου Thornthwaite για την λεκάνη του Σπερχειού. Οι τιμές έχουν προσδιοριστεί για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 100mm και για το χρονικό διάστημα 2021-2050. Παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της πραγματικής και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες τιμές της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, του πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή.

Μήνας	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	ROtotal
Ιανουάριος	22	77,9	52	100	22	0	0	102	67,6
Φεβρουάριος	24,9	80,5	51,6	100	24,9	0	0	51,6	61,7
Μάρτιος	36	64,4	25,1	100	36	0	0	25,1	44,6
Απρίλιος	54,6	63,2	5,4	100	54,6	0	0	5,4	26,6
Μάιος	92,8	32,5	-61,9	38,1	92,8	0	0	0	13,3
Ιούνιος	137,7	22,8	-116	0	59,7	78	0	0	7
Ιούλιος	152,3	14,9	-138,1	0	14,2	138,1	0	0	3,7
Αύγουστος	126,3	26	-101,6	0	24,7	101,6	0	0	2,8
Σεπτέμβριος	82,3	17,9	-65,3	0	17	65,3	0	0	1,6
Οκτώβριος	48,9	79,6	26,7	26,7	48,9	0	0	0	4,3
Νοέμβριος	27,6	111,4	78,3	100	27,6	0	0	5	8,2
Δεκέμβριος	21,9	116,9	89,2	100	21,9	0	0	89,2	51,8

Πίνακας 4.29: Αποτελέσματα μοντέλου Thornthwaite για την λεκάνη του Σπερχειού. Οι τιμές έχουν προσδιοριστεί για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 100mm και για το χρονικό διάστημα 2071-2100. Παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της πραγματικής και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες τιμές της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, του πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή.

Μήνας	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	ROtotal
Ιανουάριος	24,6	68,9	40,8	100	24,6	0	0	90,8	61,6
Φεβρουάριος	27,9	69,2	37,8	100	27,9	0	0	37,8	51,4
Μάρτιος	40,7	49,8	6,7	100	40,7	0	0	6,7	29,8
Απρίλιος	60,9	49	-14,3	85,7	60,9	0	0	0	16,1
Μάιος	108,4	24,8	-84,9	12,9	96,3	12,2	0	0	8,1
Ιούνιος	159,7	22,7	-138,2	0	34,5	125,2	0	0	4,5
Ιούλιος	184,5	13,9	-171,3	0	13,2	171,3	0	0	2,4
Αύγουστος	150,4	22,6	-129	0	21,4	129	0	0	2
Σεπτέμβριος	94,4	17,9	-77,4	0	17	77,4	0	0	1,3
Οκτώβριος	55,2	69,7	11	11	55,2	0	0	0	3,7
Νοέμβριος	31,9	95,9	59,2	70,2	31,9	0	0	0	4,9
Δεκέμβριος	25	95,1	65,3	100	25	0	0	35,5	22,5

Στους Πίνακες 4.30 και 4.31 που ακολουθούν δίνονται οι μέσες μηνιαίες απορροές σε 10^6 m^3 για τα μελλοντικά χρονικά διαστήματα 2021-2050 και 2071-2100 αντίστοιχα καθώς και η ποσοστιαία μεταβολή τους σε σύγκριση με την υφιστάμενη κατάσταση για εδαφική υγρασία 100mm. Δεχόμαστε την επιφανειακή απορροή που αντιστοιχεί σε εδαφική υγρασία 100 mm για να είναι δυνατή η σύγκριση των αποτελεσμάτων στην παρούσα μελέτη.

Πίνακας 4.30: Αποτελέσματα μέσης μηνιαίας απορροής σε 10^6 m^3 μοντέλου Thornthwaite για την λεκάνη του Σπερχειού για το χρονικό διάστημα 2021-2050 και η ποσοστιαία μεταβολή τους με βάση την υφιστάμενη κατάσταση (Πίνακας 4.18) για εδαφική υγρασία 100mm

Μήνας	$Q(10^6 \text{ m}^3)$ 1970-2002	$Q(10^6 \text{ m}^3)$ 2021-2050	Μεταβολή (%)
Ιανουάριος	119,071	112,278	-5,71
Φεβρουάριος	112,960	102,478	-9,28
Μάρτιος	83,648	74,077	-11,44

Απρίλιος	53,050	44,180	-16,72
Μάιος	27,138	22,090	-18,60
Ιούνιος	14,002	11,626	-16,97
Ιούλιος	7,278	6,145	-15,57
Αύγουστος	5,107	4,651	-8,93
Σεπτέμβριος	3,301	2,657	-19,51
Οκτώβριος	6,604	7,142	8,15
Νοέμβριος	22,026	13,619	-38,17
Δεκέμβριος	64,913	86,035	32,54
ΕΤΗΣΙΟ	519,098	486,979	-6,19

Πίνακας 4.31: Αποτελέσματα μέσης μηνιαίας απορροής σε 10^6 m^3 μοντέλου Thornthwaite για την λεκάνη του Σπερχειού για το χρονικό διάστημα 2071-2100 και η ποσοστιαία μεταβολή τους με βάση την υφιστάμενη κατάσταση (Πίνακας 4.18) για εδαφική υγρασία 100mm

Μήνας	Q(10^6 m^3) 1970-2002	Q(10^6 m^3) 2071-2100	Μεταβολή (%)
Ιανουάριος	119,071	102,312	-14,08
Φεβρουάριος	112,960	85,371	-24,42
Μάρτιος	83,648	49,495	-40,83
Απρίλιος	53,050	26,741	-49,59
Μάιος	27,138	13,453	-50,43
Ιούνιος	14,002	7,474	-46,62
Ιούλιος	7,278	3,986	-45,23
Αύγουστος	5,107	3,322	-34,95
Σεπτέμβριος	3,301	2,159	-34,60
Οκτώβριος	6,604	6,145	-6,95
Νοέμβριος	22,026	8,138	-63,05
Δεκέμβριος	64,913	37,371	-42,43
ΕΤΗΣΙΟ	519,098	345,968	-33,35

Οι μεταβολές στους πίνακες που εμφανίζονται με αρνητικό πρόσημο δηλώνουν μείωση της επιφανειακής απορροής. Από τον πίνακα 4.30 βλέπουμε ότι η ποσοστιαία μεταβολή της επιφανειακής απορροής για το χρονικό διάστημα 2021-2050 σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση είναι της τάξης του -6,19%. Η μεταβολή της ετήσιας επιφανειακής απορροής κυμαίνεται μεταξύ -38,17 (το μήνα Νοέμβριο όπου παρατηρείται και η μεγαλύτερη μείωση) και 32,54 (το μήνα Δεκέμβριο όπου φαίνεται να έχουμε αύξηση της επιφανειακής απορροής). Όλους τους μήνες παρατηρείται ελάττωση της επιφανειακής απορροής εκτός από το Δεκέμβριο που αναφέραμε και τον Οκτώβρη.

Από τον Πίνακα 4.31 βλέπουμε η επιφανειακή απορροή για το χρονικό διάστημα 2071-2100 σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση παρουσιάζει μια μείωση της τάξης του 33,35%. Η μεταβολή της ετήσιας επιφανειακής απορροής κυμαίνεται μεταξύ -63,05 (το μήνα Νοέμβριο όπου παρατηρείται και η μεγαλύτερη μείωση) και -6,95 (το μήνα Οκτώβριο όπου φαίνεται να έχουμε τη μικρότερη μείωση της επιφανειακής απορροής). Παρατηρούμε ότι η ποσοστιαία μεταβολή της επιφανειακής απορροής για το διάστημα 2071-2100 σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση είναι αρκετά μεγαλύτερη συγκριτικά με αυτή του διαστήματος 2021-2050. Η μεταβολή είναι σχεδόν 5 φορές μεγαλύτερη.

Σύμφωνα με τους Γ. Στουρνάρας et al. και την μελέτη «Επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής στα επιφανειακά και υπόγεια υδατικά σώματα του Ελλαδικού Χώρου» για την περίοδο 2021-2050 αναμένεται μια μείωση της επιφανειακής απορροής στον ελλαδικό χώρο κατά 7-20% και για τη περίοδο 2071-2100 μια μείωση κατά 30-54%. Τα παραπάνω αποτελέσματα αυτά είναι σύμφωνα με την παρούσα μελέτη.

4.3.2. Αποτελέσματα μέσων ετήσιων τιμών στερεοπαροχής για τα χρονικά διαστήματα 2021-2050 και 2071-2100

Κατά τον προσδιορισμό της αναμενόμενης μέσης ετήσιας στερεοπαροχής του Σπερχειού έχουν ληφθεί υπόψη τα στοιχεία των πινάκων 3.12, 3.13, 4.30 και 4.31.

- ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΕΡΕΟΠΑΡΟΧΗΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΤΥΠΟ ΤΩΝ ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗ ΚΑΙ ΤΑΡΛΑ (1987):

ΠΕΡΙΟΔΟΣ 2021-2050 $G=15\gamma e^{3P} \xrightarrow{\gamma=0,35 \quad P=708,0942mm} G= 43,926 \text{ t/km}^2$ και με την προσαύξηση 25%, $G = 1,25 \times 43,926 = 54,908 \text{ t/km}^2$

ΠΕΡΙΟΔΟΣ 2071-2100 $G=15\gamma e^{3P} \xrightarrow{\gamma=0,35 \quad P=599,3832mm} G= 31,702 \text{ t/km}^2$ και με την προσαύξηση 25%, $G = 1,25 \times 31,702 = 39,628 \text{ t/km}^2$

- ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΕΡΕΟΠΑΡΟΧΗΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΕΞΙΣΩΣΗ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΑΠΩΛΕΙΑΣ

$$\begin{array}{l} \text{2021-2050: } \left. \begin{array}{l} A = R \times K \times LS \times C \times P \\ R = 0,083 \times N - 1,77 \end{array} \right\} \xleftrightarrow{N=708,094mm \ K=0,018 \ LS=16,77 \ C=0,102 \ P=0,9} \end{array}$$

$$A=1570,75 \text{ t/km}^2$$

$$\text{2071-2100: } \left. \begin{array}{l} A = R \times K \times LS \times C \times P \\ R = 0,083 \times N - 1,77 \end{array} \right\} \xleftrightarrow{N=599,383mm \ K=0,018 \ LS=16,77 \ C=0,102 \ P=0,9}$$

$$A=1322,11 \text{ t/km}^2$$

Ο συντελεστής στερεοαπορροής (SDR) = 16,58%, το ποσό της στερεοπαροχής για το διάστημα 2021-2050 προσδιορίζεται **260,37 t/km²** και για το 2071-2100 **219,16 t/km²**.

- ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΕΡΕΟΠΑΡΟΧΗΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΞΙΣΩΣΗ ΤΩΝ JANSEN ΚΑΙ PAINTER (1973).

2021-2050

$$\log SY = -2,032 + 0,100 \log Q - 0,314 \log A + 0,750 \log H + 1,104 \log P + 0,368 \log T - 2,324 \log V$$

$$+ 0,786 \log L \xleftrightarrow{Q=293,2mm \ A=1660,91 \text{ km}^2 \ H=652,68 \text{ m} \ P=708,094mm \ T=15,67^\circ \ V=3 \ L=4}$$

$$SY=184,174 \text{ t/km}^2$$

και με την προσαύξηση 25% , $SY = 1,25 \times 184,174 = 230,218 \text{ t/km}^2$

2071-2100

$$\log SY = -2,032 + 0,100 \log Q - 0,314 \log A + 0,750 \log H + 1,104 \log P + 0,368 \log T - 2,324 \log V$$

$$+ 0,786 \log L \xleftrightarrow{Q=208,3mm \ A=1660,91 \text{ km}^2 \ H=652,68 \text{ m} \ P=599,383mm \ T=17,91^\circ \ V=3 \ L=4}$$

$$SY=155,532 \text{ tones/km}^2$$

και με την προσαύξηση 25% , $SY = 1,25 \times 155,532 = 194,415 \text{ t/km}^2$

- ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΕΡΕΟΠΑΡΟΧΗΣ ΑΠΟ ΤΙΣ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΤΟΥ PROBST (1992).

2021-2050

$$\ln SY = 1,5610 + 0,9655 \ln S + 0,0023 Q + 0,5692 \ln P - 0,8660 V$$

$$\xleftrightarrow{Q=293,2mm \ P=708,094mm \ V=4 \ S=15,045} SY=168,055 \text{ t/km}^2$$

και με την προσαύξηση 25% , $SY = 1,25 \times 168,055 = 210,069 \text{ t/km}^2$

$$\ln SY = -0,0723 + 1,0280 \ln S + 0,0365 L + 0,6932 \ln P + 0,0016 Q - 0,7516 V$$

$$\begin{matrix} Q=293,2mm & P=708,094mm & V=4 & S=15,045 & L=12,2833 \\ \hline \end{matrix} \rightarrow SY=176,78 \text{ t/km}^2$$

και με την προσαύξηση 25% , $SY = 1,25 \times 176,78 = 220,975 \text{ t/km}^2$

2071-2100

$$\ln SY = 1,5610 + 0,9655 \ln S + 0,0023 Q + 0,5692 \ln P - 0,8660 V$$

$$\begin{matrix} Q=208,3mm & P=599,383mm & V=4 & S=15,045 \\ \hline \end{matrix} \rightarrow SY=125,732 \text{ t/km}^2$$

και με την προσαύξηση 25% , $SY = 1,25 \times 125,732 = 157,165 \text{ t/km}^2$

$$\ln SY = -0,0723 + 1,0280 \ln S + 0,0365 L + 0,6932 \ln P + 0,0016 Q - 0,7516 V$$

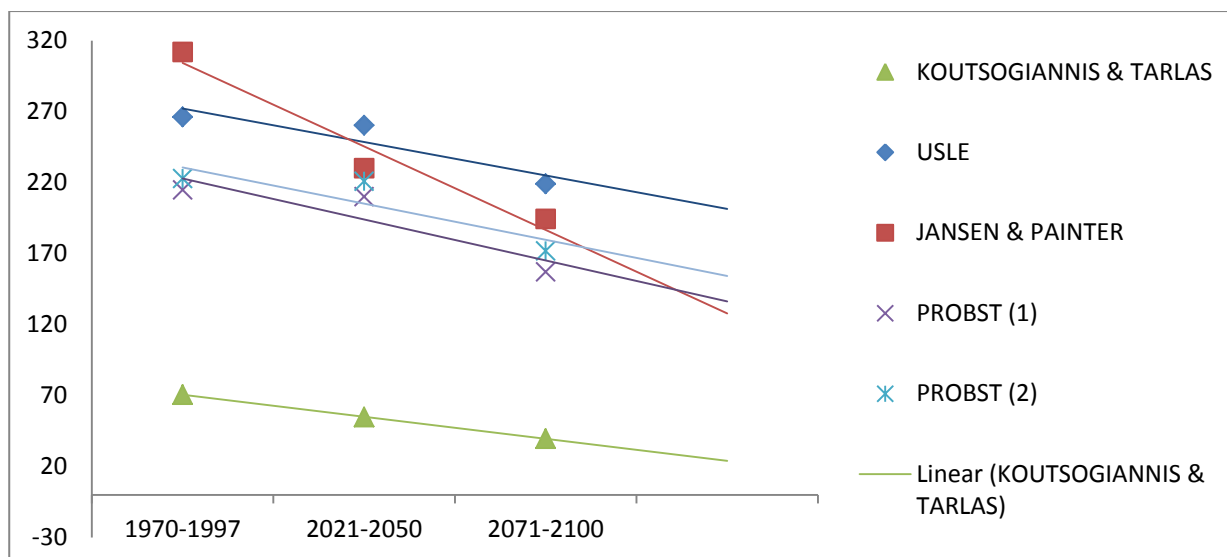
$$\begin{matrix} Q=208,3mm & P=599,383mm & V=4 & S=15,045 & L=12,2833 \\ \hline \end{matrix} \rightarrow SY=137,485 \text{ t/km}^2$$

και με την προσαύξηση 25% , $SY = 1,25 \times 137,485 = 171,856 \text{ t/km}^2$

Στον Πίνακα 4.32 και στο Σχήμα 4.2 που ακολουθούν δίνονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα υπολογισμού της στερεοπαροχής για τις περιόδους 2021-2050 και 2071-2100 μαζί με την ποσοστιαία μεταβολή τους σε σχέση με τις τιμές τους για την περίοδο 1970-1997.

Πίνακας 4.32: Αποτελέσματα συνολικού ποσού στερεοπαροχής της λεκάνης για τις περιόδους 2021-2050 και 2071-2100 και η ποσοστιαία μεταβολή τους σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση με βάση τις εξισώσεις που χρησιμοποιήθηκαν

Εξισώσεις	Τίγμα σήμερα (t/km ²)	2021-2050	Μεταβολή (%)	2071-2100	Μεταβολή (%)
Κουτσογιάννης & Τάρλας (1987)	70,683	54,908	-22,318	39,628	-43,936
Παγκόσμια Εξίσωση Εδαφικής Απώλειας (USLE)	266,273	260,37	-2,217	219,16	-17,693
Jansen & Painter (1974)	312,064	230,218	-26,227	194,415	-37,700
Probst-1 (1992)	214,875	210,069	-2,237	157,165	-26,857
Probst-2 (1992)	225,875	220,975	-2,169	171,856	-23,915



Σχήμα 4.2: Διάγραμμα μεταβολής της προβλεπόμενης μέσης ετήσιας στερεοπαροχής ανά μονάδα επιφανείας του Σπερχειού ποταμού (SY σε t/km^2) για τις περιόδους 2021-2050 και 2071-2100 με βάση τη περίοδο 1970-1997.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι η στερεοπαροχή τόσο για το διάστημα 2021-2050 όσο και για το διάστημα 2071-2100 σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση παρουσιάζει πτωτική τάση. Παρατηρούμε ότι οι εξισώσεις των Κουτσογιάννη-Τάρλα και Jansen & Painter βγάζουν όσον αφορά στην ποσοστιαία μεταβολή τους για το διάστημα 2021-2050 σε σύγκριση με την υφιστάμενη κατάσταση παρόμοια αποτελέσματα (μέσο όρο περίπου 24%). Όπως αντίστοιχα παρεμφερή αποτελέσματα για το συγκεκριμένο διάστημα έχουν και οι εξισώσεις του Probst με την Παγκόσμια Εξίσωση Εδαφικής Απώλειας (περίπου 2%). Το ίδιο περίπου βλέπουμε ότι συμβαίνει αν δούμε την ποσοστιαία μεταβολή του συνολικού ποσού της στερεοπαροχής για το διάστημα 2071-2100 σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση, με την ποσοστιαία μεταβολή να κυμαίνεται μεταξύ -43,936 (Κουτσογιάννης-Τάρλα) και -17,693 (Παγκόσμια Εξίσωση Εδαφικής Απώλειας).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- **Οι εκτιμώμενες τιμές της επιφανειακής υδάτινης απορροής του Σπερχειού ποταμού είναι:**
 - (i) $468,76 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (ή σε υδατικό δυναμικό $0,28 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{km}^2$) με τους επιμέρους υδρολογικούς συντελεστές του υδατικού ισοζυγίου και με συντελεστή εξατμισοδιαπνοής 35%.
 - (ii) $519,098 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (ή σε δυναμικό $0,31 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{km}^2$) με βάση τη μέθοδο Thornthwaite και για υγρασία εδάφους 100 mm.
 - (iii) **Η ετήσια απορροή του ποταμού κυμαίνεται από 460 έως $520 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.** Οι παραπάνω εκτιμώμενες τιμές φαίνεται να έρχονται σε συμφωνία με τις εκτιμήσεις του Ψωμιάδη (2010) για υδατικό δυναμικό $0,30 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{km}^2$
- **Οι εκτιμήσεις της στερεοπαροχής ποικίλλουν ανάλογα με τις εξισώσεις που χρησιμοποιήθηκαν, ως εξής:**
 - (i) $56,546 \text{ t}/\text{km}^2$ αιωρούμενου υλικού βάσει των Κουτσογιάννη-Τάρλα (1987)
 - (ii) $266,2732 \text{ t}/\text{km}^2$ βάσει της Παγκόσμιας Εξίσωσης Εδαφικής Απώλειας
 - (iii) $248,35 \text{ t}/\text{km}^2$ με βάση την εξίσωση των Jansen and Painter (1974)
 - (iv) $171,9 - 180,7 \text{ t}/\text{km}^2$ με βάση τις εξισώσεις του Probst (1992)
 - (v) **Το αιωρούμενο υλικό κυμαίνονται από $170 \text{ t}/\text{km}^2$ έως $270 \text{ t}/\text{km}^2$.** Με δεδομένο ότι οι παροχές σε αιωρούμενο υλικό για τα ελληνικά ποτάμια κυμαίνονται μεταξύ $65 \text{ tn}/\text{km}^2$ και $650 \text{ tn}/\text{km}^2$, με εξαίρεση μόνο τον Άραχθο του οποίου είναι $3.650 \text{ tn}/\text{km}^2$ Poulos and Chronis (1997), τιμές που κατά μέσον όρο αντιστοιχούν σε μέση τιμή $<300 \text{ t}/\text{km}^2$, οι παραπάνω υπολογισμοί γίνονται δεκτοί.
- **Όσον αφορά την εκτίμηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην επιφανειακή απορροή, που έγιναν με την βοήθεια του προγράμματος Ensembles και για τις 30ετίες 2021-2050 και 2071-2100 μπορούμε να πούμε τα εξής:**
 - i. Η επιφανειακή απορροή για το χρονικό διάστημα 2021-2050 σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση παρουσιάζει μια μείωση της τάξης του 6,19%, με

όλους τους μήνες να έχουν μείωση εκτός από τον Οκτώβρη και τον Δεκέμβριο.

- ii. Η επιφανειακή απορροή για το χρονικό διάστημα 2071-2100 σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση παρουσιάζει μια **μείωση της τάξης του 33,35%** με τον μήνα Νοέμβριο να έχει τη μεγαλύτερη μείωση και το μήνα Οκτώβριο να έχουμε τη μικρότερη μείωση της επιφανειακής απορροής.
- iii. Τα αποτελέσματα αυτά είναι σύμφωνα με τη μελέτη των Στουρνάρας κ.ά (2011), οι οποίοι υπολόγισαν ότι για την περίοδο 2021-2050 αναμένεται μια μείωση της επιφανειακής απορροής στον ελλαδικό χώρο κατά 7-20% και για τη περίοδο 2071-2100 μια μείωση κατά 30-54%.
- iv. Η προβλεπόμενη αισθητή μείωση της επιφανειακής απορροής θα έχει ως ενδεχόμενο αποτέλεσμα την αύξηση της συγκεντρώσεως ρυπαντικού φορτίου και την περιβαλλοντική υποβάθμιση (π.χ. αποξήρανση) των παράκτιων υγροτόπων. Επίσης, πιθανή είναι η επιδείνωση του φαινομένου της ερημοποίησης των εδαφών λόγω του υδατικού ελλείμματος.

● **Οι εκτιμήσεις για τη μεταβολή της στερεοπαροχής με βάση το πρόγραμμα Ensembles για τις 30ετίες 2021-2050 και 2071-2100 είναι:**

- (i) 43,94 t/km² και 31,70 t/km² με την εξίσωση των Κουτσογιάννη-Τάρλα (1987)
- (ii) 260,37 t/km² και 219,16 t/km² με βάση την Παγκόσμιας Εξίσωσης Εδαφικής Απώλειας (1972)
- (iii) 184,17 t/km² και 155,53 t/km², με βάση την εξίσωση των Jansen and Painter (1974)
- (iv) 168,06 - 176,78 t/km² και 125,73 - 137,48 t/km², με βάση τις εξισώσεις του Probst (1992)
- (v) **Η μέση τιμή της ποσοστιαίας μεταβολής της συνολικής στερεοπαροχής, σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση, αντιστοιχεί σε μείωση ~11% για την περίοδο 2021-2050 και σε περαιτέρω συνολική μείωση της τάξης του 30% για το διάστημα 2071-2100.**
- (vi) Η μελλοντική μείωση της στερεοπαροχής του Σπερχειού ποταμού, σε συνδυασμό με την παράλληλη μείωση της επιφανειακής απορροής, εκτιμάται ότι μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την επιβράδυνση της προέλασης στο στόμιο του Σπερχειού ποταμού.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Γαβαλλάς Β. (2009) *Εκτίμηση Υδατικού Ισοζυγίου και προσομοίωση Υπόγειου Παράκτιου Υδροφορέα λεκάνης Γαδουρά στη Νήσο Ρόδο*. Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Τομέας Έργων Υποδομής και Αγροτικής Ανάπτυξης, ΕΜΠ, Αθήνα
- Γιακουμάκης Σ. και Τσακίρης Γ. (1992). *Μοντελοποίηση της εδαφικής διάβρωσης στο βόρειο τμήμα της υδρολογικής λεκάνης του Μόρνου*. Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου της Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης, Λάρισα, σελ. 111-123.
- Δασενάκης Μ., Καστρίτης Θ., Μπούρου Π., Παρασκευοπούλου Β., Τριανταφυλλάκη Σ. (2004). *Εκτίμηση της ρύπανσης περιοχής Σπερχειού ποταμού – Μαλιακού*, Πρακτικά διημερίδας NATURA Σπερχειού – Μαλιακού, Λαμία
- Δούνας Γ.Α. (1971). *Η γεωλογία της μεταξύ Μεγάρων-Ερυθρών περιοχής*. Διατριβή επί διδακτορία, σελ. 206-219, Αθήνα
- Ευθυμίου Γ., Μερτζάνης Α., Σαπουντζής Μ., Ζακυνθινός Γ. (2005). *Ανθρωπογενείς επιδράσεις στο Δέλτα του π. Σπερχειού – Μέτρα προστασίας, ανάδειξης και διαχείρισης των φυσικών οικοσυστημάτων*. HELECO '05, ΤΕΕ, Φεβρουάριος 2005, Αθήνα
- ΕΣΥΕ (2001). *Απογραφή αγροτικού τομέα 2001*, Αθήνα
- Ζαμπάκας Ι. (1981). *Γενική κλιματολογία*, Αθήνα
- Ζαρρής Δ., Ρόζος Ε., Σακελλαριάδης Δ. (1999). *Περιγραφή των υδατικών συστημάτων*. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Ερευνητικό Έργο: Εκτίμηση και διαχείριση των υδατικών πόρων της Στερεάς Ελλάδας. Επιστημονικός Υπεύθυνος: Κουτσογιάννης Δ. Τομέας Υδατικών Πόρων-Υδραυλικών & Θαλάσσιων Έργων σε συνεργασία με το ΥΠΕΧΩΔΕ, Τεύχος 36, Αθήνα
- Ζαρρής, Δ., Λυκούδη Ε., Κουτσογιάννης, Δ. (2001). *Διερεύνηση των αποθέσεων φερτών υλικών σε υδροηλεκτρικούς ταμιευτήρες*. Ερευνητικό πρόγραμμα, Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας και Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα

- ΙΓΜΕ (1996). *Σχέδιο προγράμματος διαχείρισης των υδατικών πόρων της χώρας*, Παράρτημα 3, Εκτίμηση υπόγειου Υδατικού Δυναμικού, Αθήνα
- Κακαβάς Ν. (1984α). *Υδρολογικό Ισοζύγιο της λεκάνης απορροής του Σπερχειού ποταμού*. Διδακτορική διατριβή που εκπονήθηκε στο Ινστιτούτο Γεωλογικών Ερευνών, Αθήνα, σελ.348
- Κακαβάς Ν. (1984β). *Εκθεση για τα αίτια υποβάθμισης της ποιότητας του νερού του φρέατος Βίτωλης Νομού Φθιώτιδας, προτάσεις για νέα ερευνητικά-παραγωγικά έργα*. Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, σελ. 7, Αθήνα
- Καρύμπαλης Ε. (2004). *Σημειώσεις και εργαστηριακές ασκήσεις Κλιματολογίας-Υδρολογίας*. Τμήμα Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα
- Κουτσογιάννης Δ. & Ξανθόπουλος Θ. (1999). *Τεχνική Υδρολογία*. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδάτινων Πόρων, ΕΜΠ, Αθήνα
- Κουτσογιάννης, Δ. και Ταρλά Κ. (1987). *Εκτιμήσεις στερεοαπορροής στην Ελλάδα*. Τεχνικά Χρονικά, 7 (3), 127-154.
- Κουτσόπουλος Κ. Και Ανδρουλάκης Ν. (2005). *Εφαρμογές του λογισμικού ArcGIS 9x με απλά λόγια*. Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα
- Κωτούλας Δ. (1988). *Νερά και φερτά υλικά στην περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας – Συνέπειες – Προοπτικές*. 1^ο Αναπτυξιακό Συνέδριο «Σπερχειός – Βοιωτικός Κηφισός», Λαμία, 30 Μαρτίου, 45-53
- Κωτούλας Δ. (2001). *Ορεινή Υδρονομική- Τόμος Ι*. Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη
- Λυκούδη Ε. και Ζαρρής Δ. (2001). *Πρόβλεψη περιοχών υψηλού κινδύνου εδαφικής διάβρωσης στη Νήσο Κεφαλληνία με χρήση της Παγκόσμιας Εξίσωσης Εδαφικής Απώλειας*. Πρακτικά 6^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου της Ελληνικής Γεωγραφικής Εταιρείας, Τόμος ΙΙ, σελ. 408-411
- Μαζιώτης Ν.Α. (1998). *Επιπτώσεις από τον πρωτογενή και δευτερογενή τομέα της ευρύτερης περιοχής του Σπερχειού ποταμού στο υδροτοπικό οικοσύστημα των εκβολών*. Διπλωματική εργασία στις επιπτώσεις στο περιβάλλον. ΕΜΠ-Τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, σελ. 146

- Μαρίνος Π., Αλεξιάδου Μ., Περλέρος Β., Βαλαδάκη Α., Πλέσσας Σ., Παναγόπουλος Α., Ζαμπετάκης Δ. (1997). *Μια επισκόπηση των δυνατοτήτων των υδροφοριών της Κεντρικής Ελλάδας. Στήριξη των πληροφοριών με GIS*. Πρακτικά 4ου Υδρογεωλογικού Συνεδρίου, με έμφαση στα θέματα ποιότητας και μόλυνσης-ρύπανσης του υπόγειου και επιφανειακού νερού, σελ. 228-242, Θεσσαλονίκη
- Μαρουκιάν Χ. (1987). *Φυσικογεωγραφικές παρατηρήσεις στη λεκάνη απορροής του ποταμού Σπερχειού*. Διδακτορική διατριβή. Τμήμα Φυσικής Γεωγραφίας Πανεπιστημίου Αθηνών, σελ. 159, Αθήνα
- Μαρουκιάν Χ., Παυλόπουλος Κ. (1995). *Γεωλογία, υδρογεωλογία και γεωμορφολογία της λεκάνης απορροής του Σπερχειού ποταμού, Ολοκληρωμένη Διαχείριση Ποτάμιου Οικοσυστήματος Σπερχειού, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα*
- Μελάς Δ., Ασωνίτης Γ., Αμοιρίδης Β. (2000). *Κλιματική αλλαγή*. Υποέργο ΕΠΕΑΕΚ 1.1.ΣΤ.1.Γ.2 Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού για την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση, Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων, Διεύθυνση Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης
- Μοιραλιώτης Π. (2000). *Μελέτη ιζημάτων λεκάνης Σπερχειού (ανατολικό τμήμα)*. Πτυχιακή μελέτη που εκπονήθηκε στο εργαστ. Γεωργικής Χημείας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών
- Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού & Προστασίας (ΟΑΣΠ) (2004). *Νέος Χάρτης Σεισμικής Επικινδυνότητας*, Αθήνα
- Παγώνας Μ.(2009). *Γεωλογία και διαχείριση σύγχρονων αποθέσεων και των υδατικών πόρων τους στους χείμαρρους της ΒΔ/κης Πελοποννήσου*. Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα
- Παπαζάχος Β. και Παπαζάχου Κ. (2003). *Οι σεισμοί της Ελλάδας*. Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη
- Παπανικολάου Δ. (1986). *Γεωλογία της Ελλάδας*. Εκδόσεις Επτάλοφος ΑΒΕΕ

- Παπαρίζος Σ., Χατζημηνιάδης Α.Μ.(2010). *Το χειμαρρικό περιβάλλον του ποταμού Σπερχειού*. Τμήμα Δασολογίας & Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Ορεστιάδα
- Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας (1995). *Ημερίδα με θέμα: Σπερχειοός 2000+, Περιβάλλον & Ανάπτυξη*. Σε συνεργασία με την Νομαρχία και το Δήμο Λαμίας και το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τόμος Ι & ΙΙ, Λαμία
- Σκουληκίδης Ν. (1997). *Περιβαλλοντική κατάσταση των Ελληνικών ποταμών. Βιώσιμη ανάπτυξη με την περιβαλλοντική αγωγή*. Νομαρχιακή αυτοδιοίκηση Αιτωλοκαρνανίας, Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., Μεσολόγγι.
- Στουρνάρας Γ., Νάστος Π., Γιόζας Γ., Ευελπίδου Ν., Βασιλάκης Εμμ., Παρτσινεβέλου Σ.Α., Ηλιόπουλος Β. (2011). *Επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής στα Επιφανειακά και Υπόγεια Υδατικά Σώματα του Ελλαδικού Χώρου*. Τράπεζα της Ελλάδας, Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής, Αθήνα, σελ. 29-36 & 52-72.
- Σφέτσος Κ. (1988). *Απογραφή θερμομεταλλικών πηγών Ελλάδας*, Τόμος ΙΙΙ, Ηπειρωτική Ελλάς, ΙΓΜΕ, Αθήνα
- Τσακίρης Γ. (1995). *Υδάτινοι πόροι: Ι. Τεχνική Υδρολογία*. Εκδόσεις Συμμετρία
- Τσακίρης Γ. (2006). *Υδραυλικά Έργα, Σχεδιασμός και Διαχείριση- Τόμος ΙΙ: Εγγειοβελτιωτικά Έργα*. Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα
- Τσόγκας Χ. (1999). *Υδρολογία*. Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα
- Υπουργείο Ανάπτυξης (ΥΠΑΝ) – Δ/νη Υδατικού Δυναμικού (2006). *Ανάπτυξη συστημάτων και εργαλείων διαχείρισης υδατικών πόρων*, Υδατικό διαμέρισμα Στερεάς Ελλάδας (07), σελ. 132, Αθήνα
- Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας & Δημοσίων Έργων (ΥΠΕΧΩΔΕ)-Δ/νη Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού (1992). (Ομάδα εργασίας: Ακριώτης Τ., Βογιατζής Μ., Γιαννάκου Ο., Γύτας Ξ., Καμαριανός Α., Καραμανλής Ξ., Καρτέρης Μ., Κιλικίδης Σ., Κυρίνης Χ., Κουσούρης Θ., Μπάτζιος Χ., Μπρόζος Χ., Τσάρας Λ., Φώτης Γ.). *Υγροβιότοπος Δέλτα Σπερχειού (Νομού Φθιώτιδας)*. Αξιολόγηση και διερεύνηση της δυνατότητας ένταξής του στο κοινοτικό δίκτυο των ιδιαίτερα προστατευμένων περιοχών σε εφαρμογή του άρθρου 4 της οδηγίας 79/409/ΕΟΚ για τη διατήρηση της

άγριας ορνιθοπανίδας. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Κτηνιατρικής, Εργαστήριο Οικολογίας και Προστασίας Περιβάλλοντος. Θεσσαλονίκη

Χατζής Γ. (2006). *Επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών στον Ευρωπαϊκό χώρο και η πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την αντιμετώπισή τους*. Σχολή Κοινωνικών και Πολιτικών Επιστημών, Πάντειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα.

Χριστόπουλος Α. (2004). *Ορνιθοπανίδα και λοιπή πανίδα περιοχής Σπερχειού - Μαλιακού*. Πρακτικά διημερίδας «Natura Σπερχειού-Μαλιακού», Λαμία

Χρυσάνθου Β. και Πυλιώτης Α. (1995). *Εκτίμηση της εισροής φερτών υλών σ' έναν ταμειυτήρα υπό κατασκευή*. 6^ο Πανελλήνιο Συνέδριο της Ε.Υ.Ε., Θεσσαλονίκη, σελ. 355-362

Ψωμιάδης Ε. (2010). *Έρευνα γεωμορφολογικών και περιβαλλοντικών μεταβολών στην υδρολογική λεκάνη του Σπερχειού ποταμού με χρήση νέων τεχνολογιών*. Διδακτορική διατριβή που υποβλήθηκε στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Auerswald, K. and Schwertmann, U. (1988). Modelle zur Erosionsmassnahmen unter deutschen Anbandendingugen mit dem P- Faktor den Allgemeinen Bodenabtragsgleichnung (ABAG).

Augustithis S.S., Mack E., Vgenopoulos A. (1978). *Textural and geochemical comparisons of the oolitic and pisolitic structures of the Parnassus bauxites and the Ni-Cr-Fe laterites of Larymna/Lokris and Euboea, Greece*. Proceedings of the 4th International Congress for the study of bauxites, alumina and aluminum, Vol. 1-Bauxites, pp. 15-34, Athens

Aust H., Dounas A., Flathe H., Muhlfeld R., Kakavas N., Stahl W., Stavrou A., Tassios N., Trippler K. (1980). *Groundwater in the Sperkhios basin, Central Greece*. Geologisches Jahrbuch, C24, 3-24, Hannover

Beasly D.B and Huggins L.F. (1981). *ANSWERS. Users Manual*. EPA 905/9-82-001. US Environmental Protection Agency, Region V. Chicago, I.L.

- Blaney H. F. and W. D. Criddle (1950). *Determining water requirements in irrigate areas from climatological and irrigated data*. SCS, TP-96, USDA.
- Burdon D. J. and Papakis, N. (1963). *Handbook of Karst Hydrogeology with special reference to the carbonate aquifers of the Mediterranean region. U.N. special fund, karst Groundwater, Investigations*. Institute of Geology And Subsurface Research, 1-276, Athens.
- Corbel J.(1959). *Les karsts du Yucatan et de Florida (The karst of the Yucatan and Florida)*. Bulletin Association of Geography, France.
- Coutagne A. (1949). *Etude générale des variations de débits en fonction des facteurs qui les conditionnent*. La Houille blanches 2, Paris.
- Denman, K.L. (2007). *Chapter 7, Couplings Between Changes in the Climate System and Biogeochemistry*. Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC.
- Dercourt J., Makris J., Melidonis N. (1980). *Grece. – Congres Geologiques International: Excursions 106 C-162 C*, Paris, p. 159
- Dermitzakis M.D. and Papanikolaou D.J. (1981). *Paleogeography and Geodynamics of the Aegean region during the Neogene*. Proc. VII Intern. Congress on Mediterranean Neogene, Athens, 27 September-2 October, 245-289
- Dickinson R., Errico R., Giorgi F., Bates G. (1989). *A regional climate model for the western united states*. Climate Change 15 , pp 383-422.
- Doorenbos J. and W.O. Pruitt (1977). *Crop water requirements*. Irrigation and Drainage Paper No.24, FAO, United Nations, Rome, 144pp.
- Ferriere J. (1977). *Faits nouveaux concernant la zone isopique maliaque (Grece continental orientale)*. Proceed. VI Colloquium Geology of the Aegean region, Athens, I:197-210
- Ferriere J. (1982). *Palaeogeographies et tectoniques superpose dans les Hellenides Internes Au Niveau de l' Othrys et du Pelion (Grece)*. Docteur Essciences, Lille, N°d'or, dre 564, tom. 2, pp. 895-899
- Fournier F., (1960) *Climat et erosion* . Paris

- Gartzos E., Stamatis G. (1996). *Genesis of the thermal springs of the Sperchios graben, Greece*. N.jb.Geol.Palaont.Mh., 1996 (2): 91-115; Stuttgart
- Gavrilović, Sl. (1972). *Inzenjering o bujicn im tokovima i eroziji*. Beograd.
- Gavrilovic, S. (1976). *Torrents and Erosion*. Gradevinski Calendar. Beograd, Servia, pp. 159-311.
- Gavrilovic, S. (1988). *The Use of an Empirical Method (Erosion Potential Method) for Calculating Sediment Production and Transportation in unstudied or Torrential Streams*. White, W.R. (Ed.), International Conference on River Regime. Wiley, New York (Chichester, UK), pp. 411-422.
- Giandotti, M. (1940). *Pzevisione empirica delle piene in base alle precipitazioni meteoriche, alle caratteristiche fisiche e morfologiche dei bacini. Applicazione del metodo ad alcuni bacini dell' Appeninno Ligure*. Ministero LL PP., Servizio Idrografico Italiano, Memorie e studi idrografici, vol 10. Roma. (Pubbl. N. 2 del S.I.I.)
- Giorgi F., Marinucci M.R., Visconti G. (1990). *Use of a limited-area model nested in a general circulation model for regional climate simulations over Europe*. Journal of Geophysical Research 95: (Dl 1), pp 18413-18431.
- Giorgi F, Lionello P. (2008). *Climate change projections for the Mediterranean region*. Global and Planetary Change 63, pp90-104.
- Gornitz V. and Lebedeff S. (1987). *Global sea-level changes during the past century*. In Sea-Level Change and Coastal Evolution. SEPM Special Publication No. 41.
- Hamon W.R.(1961). *Estimating potential evapotranspiration*: Journal of the Hydraulics Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, v. 87, pp 107–120
- IPCC (1995). *Climate Change 1995: The science of climate change, a contribution of working group 1 to the second assessment report of the intergovernmental panel on Climate Change*. UNEP and WMO, Cambridge University Press
- IPCC. (2001). *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Eds. Houghton, J.T.,Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K.

Maskell, and C.A. Johnson. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881pp.

IPCC. (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Eds. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.

Jansen, J.M.L and R.B. Painter. (1974). *Predicting sediment yield from climate and topography*. Journal of Hydrology 21, pp 371-380.

Jianguo Ma, (2001) *Combining the USLE and GIS/Arcview for Soil Erosion Estimation in Fall Creek Watershed in Ithaca*. New York.

Kirkby M.J. and Morgan R.P.C. (1980) *Soil Erosion*. John Wiley and Sons, G. Britain

Knisel, W.G.(1980). *CREAMS: a field scale model for chemicals, runoff and erosion from agricultural management systems*. USDA Conservation Research Report No. 26, USDA-ARS, Washington, DC.

Kronfellner-Kraus G. (1985). *Quantitative estimation of torrente erosion*. International Symposium on Erosion Debris Flow and Disaster Prevention, Tsukuba, Japan.

Lerner D.N., Issar A.S. and Simmers I. (1990). Groundwater recharge: A guide to understanding and estimating natural recharge. International contribution to hydrology, 8, Heise, Germany.

Maroukian H., Zamani A. (1984). Morphotectonic observations in the drainage basin of Sperkhios River, Central Greece. Problems of Morphotectonics, IGU, Symposium of the Morphotectonics Working Group, Sofia (Bulgaria), 191-203

Maroukian H., Lagios E. (1987). Neotectonic movements in the Sperkhios River basin, Central Greece. Z. Geomorph.N.F., Suppl.-Bd. 63, 133-140

Martens W.J., Niessen L.W., Rotmans J., Jetten T.H. and McMichael A.J. (1995). Potential impacts of climate change on malaria risk. Environmental Health Perspectives, Vol. 103(5), pp. 458-464

- Mather, J.R.(1978). *The climatic water balance in environmental analysis*. Lexington, Mass., D.C. Heath and Company, 239 p.
- McCabe G.J. and Wolock, D.M.(1999). *Future snowpack conditions in the western United States derived from general circulation model climate simulations*. Journal of the American Water Resources Association, v. 35, pp. 1473–1484.
- McCabe, G.J. and Markstrom S.L.(2007). *A monthly water-balance model driven by a graphical user interface*. U.S. Geological Survey Open-File report 2007-1088, 6 p.
- Mearns L.O, Hulme M, Carter T.R, Leemans R, Lai M, Whetton P.H. (2001). *Climate scenario development*. Chapter 13 in: Houghton, J. et al. (eds.). *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, pp. 739-768.
- Milliman J.D., Syvitski J.P.M. (1992). *Geomorphic/ tectonic control of sedimentary discharge to the ocean: the importance of small mountainous rivers*. Journal of Geology, 100, pp 525-544
- Mitchell J.K, and G.D. Bubenzer (1980). *Soil Loss Estimation*, in Kirkby, M.J. and R.P.C. Morgan, *Soil Erosion*, John Wiley and Sons Ltd., pp. 17-62.
- Monteith J.L.(1965). *Evaporation and environment*, in *The State and Movement of Water in Living Organisms*, ed. By G.E. Fogg, Sympos. Soc. Exper. Biol. Vol. 19, Academic Press, NY, pp 205-234.
- Nakicenovic N, Alcamo J, Davis G, Vries B, Fenhann J, Gaffin S, Gregory K, Griibler A, Jung T.Y, Kram T, La Rovere E.L, Michaelis L, Mori S, Morita T, Pepper W, Pitcher H, Price L, Raihi K, Roehrl A, Rogner H-H, Sankovski A, Schlesinger M, Shukla P, Smith S, Swart R, van Rooijen S, Victor N, Dadi Z. (2000). *IPCC Special Report on Emissions Scenarios*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Panagoulia D. and Dimou G. (1997). *Linking space-time scale in hydrological modeling with respect to global climate change: model properties and experimental design*. Journal of Hydrology, vol 194, pp 15-37
- Pegoraro (1972). *Application de la microtectonique a une e'tude de ne' otectonique: le Golfe Maliaque (Grece central)*. These 3eme cycle, Universite du Languedoc, Montpellier.

39pp (unpublished)

- Penman H.L. (1948). *Natural evaporation from open water, bare soil and grass*. Royal Society of London Proceedings, Series A, 193, pp 120-145.
- Poulos S.E., Collins M. & Evans G. (1996). *Water-sediment fluxes of Greek rivers, southeastern Alpine Europe: annual yields, seasonal variability, delta formation and human impact*. Z. Geomorph., 40(2), pp 243-261
- Poulos S., Collins M.B., Shaw H.F. (1996). *Deltaic sedimentation, Including clay mineral deposition patterns, associated with small mountainous rivers and shallow mearine embayments of Greece (SE Alpine Europe)*. Journal of Coastal Research, 12, pp 940-952
- Poulos S.E. & G.T. Chronis. (1997). *The importance of the river systems in the evolution of the Greek coastline*, In: Transformations and evolution of the Mediterranean coastline, Bulletin de l' Institut Oceanographique, Monaco, pp 75-96.
- Poulos S., Leontaris S., Collins M.B. (1997). *Sedimentological and clay mineralogical investigations in Maliakos gulf, eastern Greece*. Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata, 38, pp 267-279
- Probst J.L., Amiotte-Suchet P., Ludwig W. (1994b). *Continental erosion and river transports of carbon to oceans*. Trends of Hydrology. 1, pp 453–468.
- Probst J.L., Mortatti J., Tardy Y. (1994a). *Carbon river fluxes and weathering CO₂ consumption in the Congo and Amazon river basins*. Applied Geochemistry ,9, pp 1–13.
- Probst J.L. (1992). *Ge'ochimie et hydrologie de l'e'rosion continentale. Me'canismes, bilan global actuel et fluctuations au cours des 500 derniers millions d'anne'es*. Sci. Ge'ol. Me'm., Strasbourg,94, 161 pp.
- Renfro G.W. (1972). *Use of erosion equations and sediment delivery ratios for predicting sediment yield*, in "Sediment yield workshop: Present and prospective technology for predicting sediment yield and sources" Proceedings USDA Sedim. Labor. Oxford, Mass. Usa, pp. 33-45.
- Schwertmann U., W. Vogl and M. Kainz (1990). *Bodenerosion durch Wasser*. Verlag Eugen

Ulmer, Stuttgart.

Shuttleworth W. J.(1993). *Evaporation*. Ch. 4 in Handbook of Hydrology, edited by D. R. Maidment, McGraw-Hill, New York.

Thornthwaite C.W. and Mather J.R. (1955). *The water balance*. Dresel Institute of Technology, Laboratory of Climatology, Publications in Climatology , vol 8, no 1, pp 1-104

Thornthwaite C.W.(1948). *An approach toward a rational classification of climate*. Geographical Review, v. 38, pp 55–94.

Trippler K., Aust H., Tassios N. (1979). *Interpretation of a large-area aquifer test by digital model simulation (Sperkhios valley, Central Greece)*. Geol. Jb., C23, 23-24

Turk L. (1955). *Le bilan d' eau des sols. Relations entre les precipitations, l' evaporation et l' ecoulement*. Annales Agronomiques, 6 , pp 5-31.

UNESCO (1985). *Recent developments in Erosion and Sediment Yield Studies*. UNESCO Technical Documents in Hydrology, Paris.

Valeton I., Biernamm M., Reche R., Rosenberg F. (1987). *Genesis of nickel laterites and bauxites in Greece during the Jurassic and Cretaceous and their relation to ultrabasic parent rocks*. Ore Geology Reviews 2:359-484

Wigniole E., Ferriere J. (1980). *Apport des documents obtenus par le satellite Landsat 1 a la connaissance de la geologie d' un secteur de Hellenides: L' Othrys et les massifs au Sud du Sperkhios (Grece continentale)*. – C.R. Acad. Sci., Paris, 290, Serie D:1405-1408

Williams J.R., C.A. Jones, and P.T. Dyke (1984). *A modeling approach to determining the relationship between erosion and soil productivity*. Trans. ASAE 27, pp 129–144.

Williams. J.R. (1995). *The EPIC Model*. Chapter 25, pp. 909-1000 In: V.P. Singh (ed), Computer Models of Watershed Hydrology. Water Resources Publications, Littleton, Colorado.

Wischmeier V and Smith D.D.(1978). *Predicting Rainfall Erosion Losses, A Guide to Conservation Planning*. Agriculture handbook No. 537, U.S. Department of

Agriculture, Washington

Wolock D.M. and McCabe G.J. (1999). *Effects of potential climatic change on annual runoff in the conterminous United States*. Journal of the American Water Resources Association v. 35, pp. 1341–1350.

Zamani A., Maroukian H. (1979). *A morphological study of an old delta of the Sperchios River*. VI Colloquium on the Geology of the Aegean Region, Proceedings, pp. 417-423, Athens

Zamani A., Maroukian H. (1980). *Deltaic sedimentation of the Sperchios river in historical times*. Annales geologiques des pays Helleniques, pp. 430-440, Αθήνα

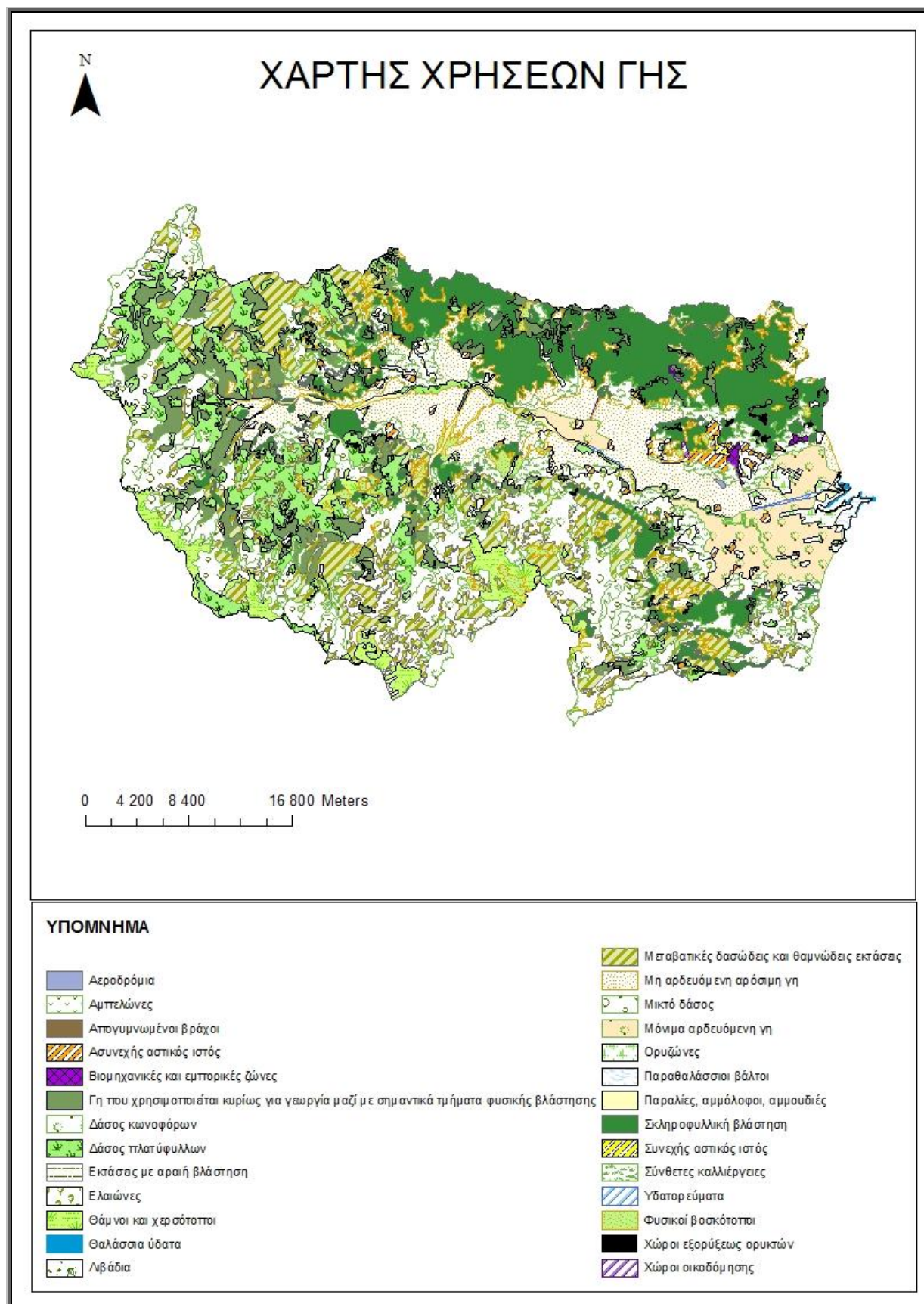
ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

<http://www.minenv.gr>

<http://ensemblesrt3.dmi.dk/>

<http://ga.water.usgs.gov/edu/watercyclegreek.html>

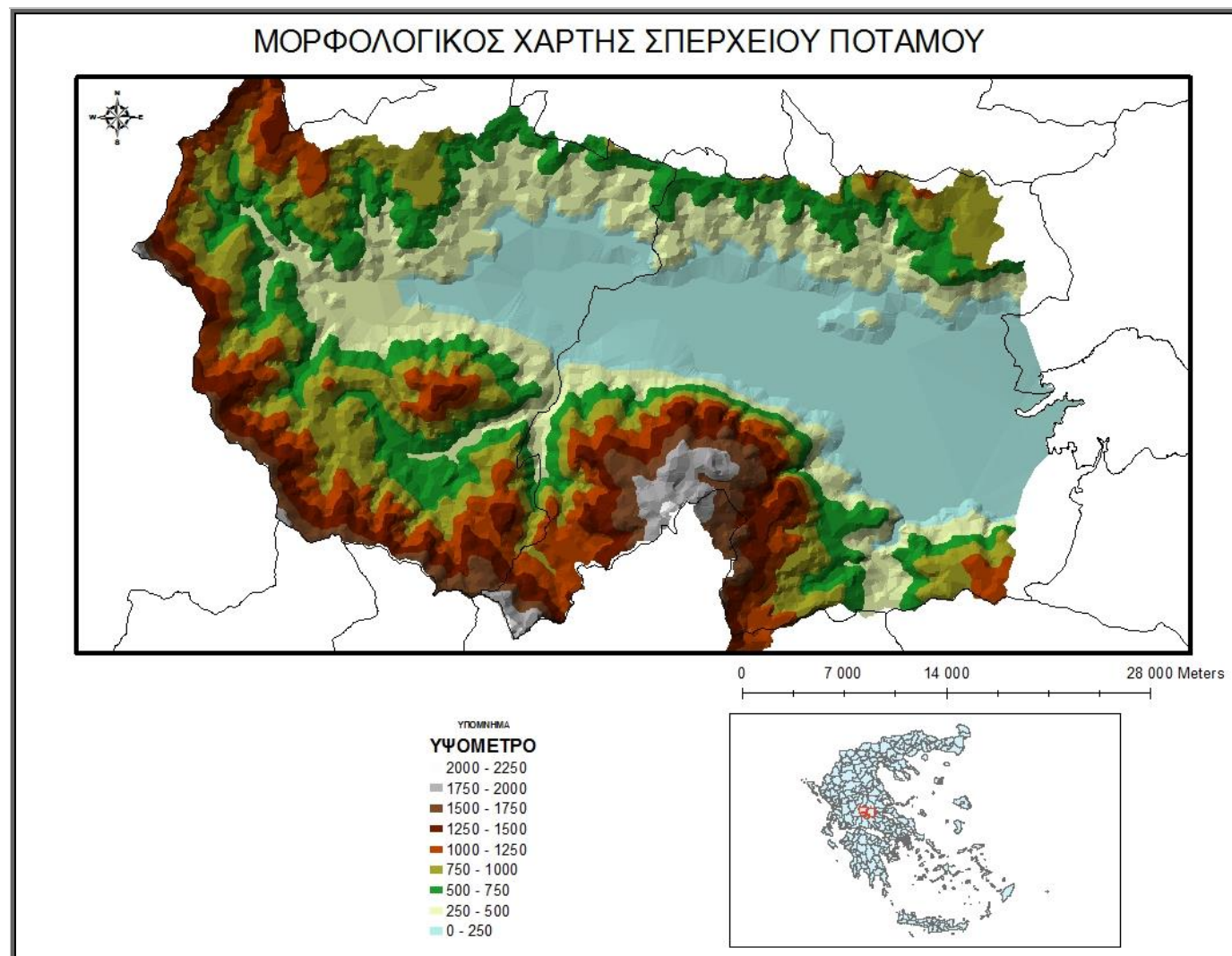
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι



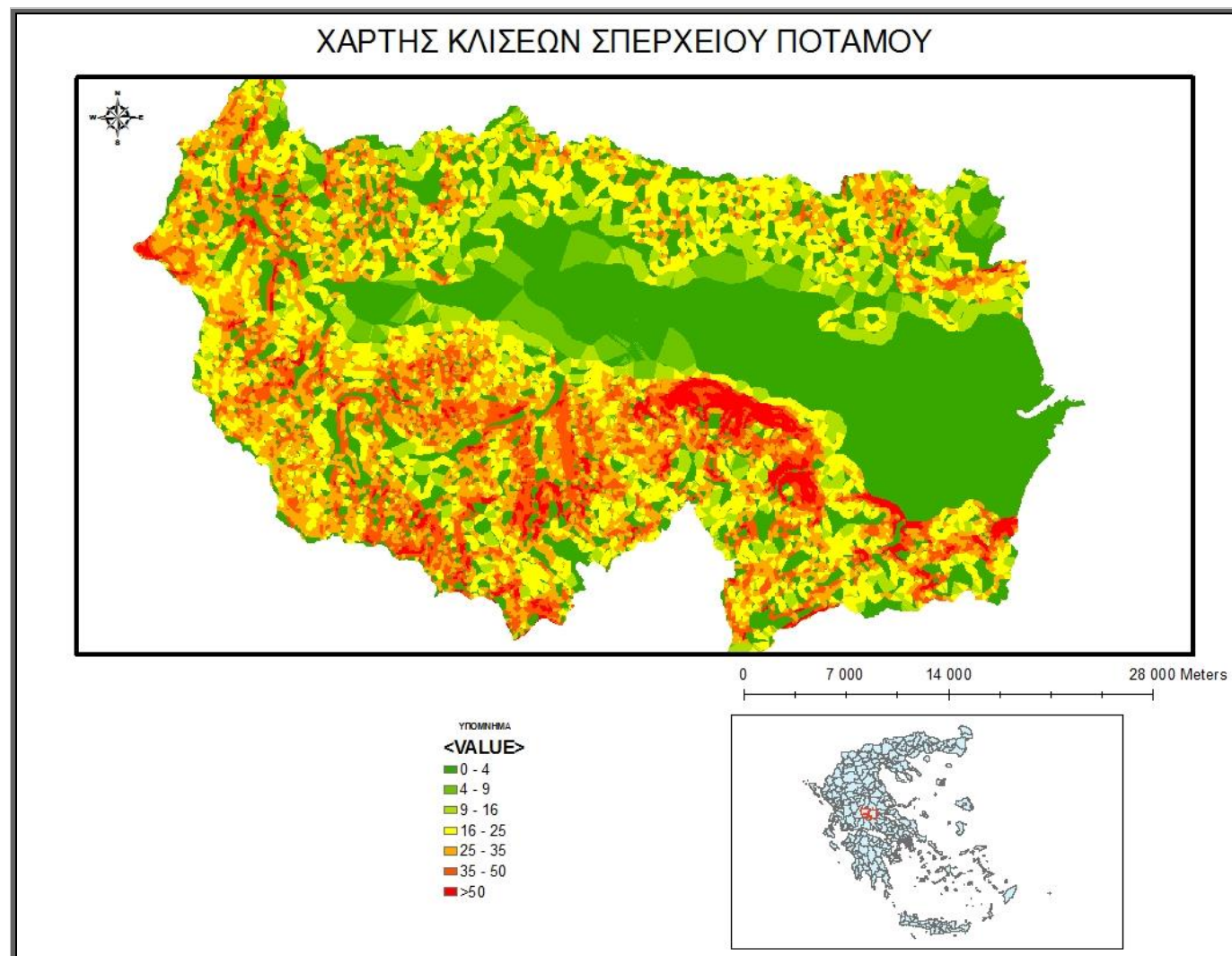
Χάρτης 1: Χάρτης χρήσεων γης Σπερχειού ποταμού



Χάρτης 2: Γεωλογικός χάρτης Σπερχείου ποταμού



Χάρτης 3: Μορφολογικός χάρτης Σπερχείου ποταμού



Χάρτης 4: Χάρτης κλίσεων γης Σπερχείου ποταμού

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II

Πίνακας 1: Αποτελέσματα μοντέλου Thornthwaite με βάση τα μετεωρολογικά δεδομένα του σταθμού της Λαμίας. Οι τιμές έχουν προσδιοριστεί για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 80mm. Παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της πραγματικής και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες τιμές της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή.

Μήνας	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	ROtotal
Ιανουάριος	21,7	64,4	39,5	80	21,7	0	0	109,5	70,7
Φεβρουάριος	24,8	65,2	37,1	80	24,8	0	0	37,1	55,6
Μάρτιος	39,4	60,9	18,4	80	39,4	0	0	18,4	38,4
Απρίλιος	61,2	46	-17,5	62,5	61,2	0	0	0	20
Μάιος	102,4	34,1	-70	7,8	87,1	15,3	0	0	10,5
Ιούνιος	147,4	22,4	-126,2	0	29,1	118,3	0	0	5,5
Ιούλιος	162,4	18,8	-144,6	0	17,9	144,6	0	0	3,2
Αύγουστος	133,6	27	-107,9	0	25,6	107,9	0	0	2,5
Σεπτέμβριος	85,8	17,4	-69,3	0	16,5	69,3	0	0	1,4
Οκτώβριος	51	71,4	16,9	16,9	51	0	0	0	3,8
Νοέμβριος	29,3	72,9	39,9	56,8	29,3	0	0	0	3,8
Δεκέμβριος	22	73,3	47,6	80	22	0	0	24,4	16

Πίνακας 2: Αποτελέσματα μοντέλου Thornthwaite με βάση τα μετεωρολογικά δεδομένα του σταθμού της Λαμίας. Οι τιμές έχουν προσδιοριστεί για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 100mm. Παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της πραγματικής και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες τιμές της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή.

Μήνας	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	ROtotal
Ιανουάριος	21,7	64,4	39,5	100	21,7	0	0	89,5	60,7
Φεβρουάριος	24,8	65,2	37,1	100	24,8	0	0	37,1	50,6
Μάρτιος	39,4	60,9	18,4	100	39,4	0	0	18,4	35,9
Απρίλιος	61,2	46	-17,5	82,5	61,2	0	0	0	18,7
Μάιος	102,4	34,1	-70	24,8	90,2	12,2	0	0	9,9
Ιούνιος	147,4	22,4	-126,2	0	46,1	101,4	0	0	5,2

Ιούλιος	162,4	18,8	- 144,6	0	17,9	144,6	0	0	3
Αύγουστος	133,6	27	- 107,9	0	25,6	107,9	0	0	2,4
Σεπτέμβριος	85,8	17,4	-69,3	0	16,5	69,3	0	0	1,4
Οκτώβριος	51	71,4	16,9	16,9	51	0	0	0	3,8
Νοέμβριος	29,3	72,9	39,9	56,8	29,3	0	0	0	3,8
Δεκέμβριος	22	73,3	47,6	100	22	0	0	4,4	5,9

Πίνακας 3: Αποτελέσματα μοντέλου Thornthwaite με βάση τα μετεωρολογικά δεδομένα του σταθμού της Λαμίας. Οι τιμές έχουν προσδιοριστεί για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 150mm. Παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της πραγματικής και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες τιμές της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή.

Μήνας	PET	P	P- PET	Soil Moisture	AET	PET- AET	Snow Storage	Surplus	ROtotal
Ιανουάριος	21,7	64,4	39,5	150	21,7	0	0	39,5	35,7
Φεβρουάριος	24,8	65,2	37,1	150	24,8	0	0	37,1	38,1
Μάρτιος	39,4	60,9	18,4	150	39,4	0	0	18,4	29,7
Απρίλιος	61,2	46	-17,5	132,5	61,2	0	0	0	15,6
Μάιος	102,4	34,1	-70	70,7	94,2	8,1	0	0	8,4
Ιούνιος	147,4	22,4	- 126,2	11,2	80,8	66,7	0	0	4,4
Ιούλιος	162,4	18,8	- 144,6	0,4	28,7	133,7	0	0	2,6
Αύγουστος	133,6	27	- 107,9	0,1	25,9	107,7	0	0	2,2
Σεπτέμβριος	85,8	17,4	-69,3	0,1	16,6	69,2	0	0	1,3
Οκτώβριος	51	71,4	16,9	16,9	51	0	0	0	3,8
Νοέμβριος	29,3	72,9	39,9	56,9	29,3	0	0	0	3,7
Δεκέμβριος	22	73,3	47,6	104,5	22	0	0	0	3,7

Πίνακας 4: Αποτελέσματα μοντέλου Thornthwaite με βάση τα μετεωρολογικά δεδομένα του σταθμού της Λαμίας. Οι τιμές έχουν προσδιοριστεί για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 200mm. Παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της πραγματικής και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες τιμές της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή.

Μήνας	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	ROtotal
Ιανουάριος	21,7	64,4	39,5	189,5	21,7	0	0	0	15,9
Φεβρουάριος	24,8	65,2	37,1	200	24,8	0	0	26,6	22,9
Μάρτιος	39,4	60,9	18,4	200	39,4	0	0	18,4	22,1
Απρίλιος	61,2	46	-17,5	182,5	61,2	0	0	0	11,8
Μάιος	102,4	34,1	-70	118,7	96,3	6,1	0	0	6,5
Ιούνιος	147,4	22,4	-126,2	43,8	96,1	51,3	0	0	3,5
Ιούλιος	162,4	18,8	-144,6	12,1	49,5	112,9	0	0	2,1
Αύγουστος	133,6	27	-107,9	5,6	32,2	101,4	0	0	1,9
Σεπτέμβριος	85,8	17,4	-69,3	3,7	18,5	67,3	0	0	1,2
Οκτώβριος	51	71,4	16,9	20,5	51	0	0	0	3,7
Νοέμβριος	29,3	72,9	39,9	60,4	29,3	0	0	0	3,7
Δεκέμβριος	22	73,3	47,6	108,1	22	0	0	0	3,7

Πίνακας 5: Αποτελέσματα μοντέλου Thornthwaite με βάση τα μετεωρολογικά δεδομένα του σταθμού της Λαμίας. Οι τιμές έχουν προσδιοριστεί για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 250mm. Παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της πραγματικής και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες τιμές της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή.

Μήνας	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	ROtotal
Ιανουάριος	21,7	64,4	39,5	189,5	21,7	0	0	0	15,9
Φεβρουάριος	24,8	65,2	37,1	226,6	24,8	0	0	0	9,6
Μάρτιος	39,4	60,9	18,4	245,1	39,4	0	0	0	6,2
Απρίλιος	61,2	46	-17,5	228,0	60,8	0,3	0	0	3,9
Μάιος	102,4	34,1	-70,0	164,2	96,2	6,2	0	0	2,5
Ιούνιος	147,4	22,4	-126,2	81,3	104,1	43,3	0	0	1,5

Ιούλιος	162,4	18,8	- 144,6	34,3	64,9	97,5	0	0	1,1
Αύγουστος	133,6	27	- 107,9	19,5	40,5	93,1	0	0	1,4
Σεπτέμβριος	85,8	17,4	-69,3	14,1	21,9	63,9	0	0	0,9
Οκτώβριος	51	71,4	16,9	30,9	51	0	0	0	3,6
Νοέμβριος	29,3	72,9	39,9	70,9	29,3	0	0	0	3,7
Δεκέμβριος	22	73,3	47,6	118,5	22	0	0	0	3,7

Πίνακας 6: Αποτελέσματα μοντέλου Thornthwaite με βάση τα μετεωρολογικά δεδομένα του σταθμού του Λιδωρικίου. Οι τιμές έχουν προσδιοριστεί για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 80mm. Παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της πραγματικής και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες τιμές της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή.

Μήνας	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	ROtotal
Ιανουάριος	19,3	119,9	94,6	80	19,3	0	0	164,6	101
Φεβρουάριος	21,9	96,1	69,4	80	21,9	0	0	69,4	87
Μάρτιος	35,7	79,2	39,5	80	35,7	0	0	39,5	64,8
Απρίλιος	53,7	86,5	28,5	80	53,7	0	0	28,5	49
Μάιος	86,1	59	-30	50	86,1	0	0	0	25,3
Ιούνιος	122,4	27,4	-96,4	0	76	46,4	0	0	12,5
Ιούλιος	145,3	17,2	- 128,9	0	16,3	128,9	0	0	6,4
Αύγουστος	121	20,5	- 101,5	0	19,5	101,5	0	0	3,8
Σεπτέμβριος	76,7	28,8	-49,4	0	27,4	49,4	0	0	2,8
Οκτώβριος	45,9	86	35,8	35,8	45,9	0	0	0	5
Νοέμβριος	25,7	170,3	136	80	25,7	0	0	91,9	54,8
Δεκέμβριος	19,7	165,7	137,7	80	19,7	0	0	137,7	100,3

Πίνακας 7: Αποτελέσματα μοντέλου Thornthwaite με βάση τα μετεωρολογικά δεδομένα του σταθμού του Λιδωρικίου. Οι τιμές έχουν προσδιοριστεί για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 100mm. Παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της πραγματικής και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες τιμές της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή.

Μήνας	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	ROtotal
Ιανουάριος	19,3	119,9	94,6	100	19,3	0	0	144,6	91
Φεβρουάριος	21,9	96,1	69,4	100	21,9	0	0	69,4	82
Μάρτιος	35,7	79,2	39,5	100	35,7	0	0	39,5	62,3
Απρίλιος	53,7	86,5	28,5	100	53,7	0	0	28,5	47,8
Μάιος	86,1	59	-30	70	86,1	0	0	0	24,7
Ιούνιος	122,4	27,4	-96,4	2,5	93,5	28,9	0	0	12,2
Ιούλιος	145,3	17,2	-128,9	0	18,9	126,4	0	0	6,3
Αύγουστος	121	20,5	-101,5	0	19,5	101,5	0	0	3,7
Σεπτέμβριος	76,7	28,8	-49,4	0	27,4	49,4	0	0	2,8
Οκτώβριος	45,9	86	35,8	35,8	45,9	0	0	0	5
Νοέμβριος	25,7	170,3	136	100	25,7	0	0	71,9	44,8
Δεκέμβριος	19,7	165,7	137,7	100	19,7	0	0	137,7	95,3

Πίνακας 8: Αποτελέσματα μοντέλου Thornthwaite με βάση τα μετεωρολογικά δεδομένα του σταθμού του Λιδωρικίου. Οι τιμές έχουν προσδιοριστεί για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 150mm. Παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της πραγματικής και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες τιμές της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή.

Μήνας	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	ROtotal
Ιανουάριος	19,3	119,9	94,6	150	19,3	0	0	94,6	66
Φεβρουάριος	21,9	96,1	69,4	150	21,9	0	0	69,4	69,5
Μάρτιος	35,7	79,2	39,5	150	35,7	0	0	39,5	56,1
Απρίλιος	53,7	86,5	28,5	150	53,7	0	0	28,5	44,6
Μάιος	86,1	59	-30	120	86,1	0	0	0	23,1
Ιούνιος	122,4	27,4	-96,4	42,9	103,1	19,3	0	0	11,4

Ιούλιος	145,3	17,2	- 128,9	6	53,2	92,1	0	0	5,9
Αύγουστος	121	20,5	- 101,5	1,9	23,6	97,4	0	0	3,5
Σεπτέμβριος	76,7	28,8	-49,4	1,3	28	48,7	0	0	2,7
Οκτώβριος	45,9	86	35,8	37,1	45,9	0	0	0	4,9
Νοέμβριος	25,7	170,3	136	150	25,7	0	0	23,2	20,4
Δεκέμβριος	19,7	165,7	137,7	150	19,7	0	0	137,7	83,1

Πίνακας 9: Αποτελέσματα μοντέλου Thornthwaite με βάση τα μετεωρολογικά δεδομένα του σταθμού του Λιδωρικίου. Οι τιμές έχουν προσδιοριστεί για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 200mm. Παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της πραγματικής και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες τιμές της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή.

Μήνας	PET	P	P- PET	Soil Moisture	AET	PET- AET	Snow Storage	Surplus	ROtotal
Ιανουάριος	119,9	94,6	200,0	150	19,3	0	0	44,6	41
Φεβρουάριος	96,1	69,4	200,0	150	21,9	0	0	69,4	57
Μάρτιος	79,2	39,5	200,0	150	35,7	0	0	39,5	49,8
Απρίλιος	86,5	28,5	200,0	150	53,7	0	0	28,5	41,5
Μάιος	59	-30,0	170,0	120	86,1	0	0	0	21,5
Ιούνιος	27,4	-96,4	88,1	42,9	108	14,5	0	0	10,7
Ιούλιος	17,2	- 128,9	31,3	6	73,1	72,2	0	0	5,5
Αύγουστος	20,5	- 101,5	15,4	1,9	35,4	85,6	0	0	3,3
Σεπτέμβριος	28,8	- 49,4	11,6	1,3	31,2	45,6	0	0	2,6
Οκτώβριος	86	35,8	47,4	37,1	45,9	0	0	0	4,9
Νοέμβριος	170,3	136,0	183,5	150	25,7	0	0	0	8,8
Δεκέμβριος	165,7	137,7	200,0	150	19,7	0	0	121,2	69

Πίνακας 10: Αποτελέσματα μοντέλου Thornthwaite με βάση τα μετεωρολογικά δεδομένα του σταθμού του Λιδωρικίου. Οι τιμές έχουν προσδιοριστεί για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 250mm. Παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της πραγματικής και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες τιμές της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή.

Μήνας	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	ROtotal
Ιανουάριος	19,3	119,9	94,6	244,6	19,3	0	0	0	18,7
Φεβρουάριος	21,9	96,1	69,4	250,0	21,9	0	0	64	43,2
Μάρτιος	35,7	79,2	39,5	250,0	35,7	0	0	39,5	42,9
Απρίλιος	53,7	86,5	28,5	250,0	53,7	0	0	28,5	38
Μάιος	86,1	59,0	-30,0	220,0	86,1	0	0	0	19,8
Ιούνιος	122,4	27,4	-96,4	135,2	110,8	11,6	0	0	9,8
Ιούλιος	145,3	17,2	-128,9	65,5	86,1	59,2	0	0	5,1
Αύγουστος	121,0	20,5	-101,5	38,9	46,1	74,9	0	0	3,1
Σεπτέμβριος	76,7	28,8	-49,4	31,2	35	41,7	0	0	2,5
Οκτώβριος	45,9	86,0	35,8	67,0	45,9	0	0	0	4,8
Νοέμβριος	25,7	170,3	136,0	203,1	25,7	0	0	0	8,8
Δεκέμβριος	19,7	165,7	137,7	250,0	19,7	0	0	90,8	53,8

Πίνακας 11: Αποτελέσματα μοντέλου Thornthwaite με βάση τα μετεωρολογικά δεδομένα του σταθμού της Λευκάδας. Οι τιμές έχουν προσδιοριστεί για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 80mm. Παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της πραγματικής και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες τιμές της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή.

Μήνας	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	ROtotal
Ιανουάριος	20	102	76,9	80	20	0	0	146,9	91,2
Φεβρουάριος	22,7	109,2	81	80	22,7	0	0	81	89
Μάρτιος	38	82,5	40,4	80	38	0	0	40,4	66,1
Απρίλιος	57,1	81	19,8	80	57,1	0	0	19,8	45
Μάιος	93,9	42,5	-53,5	26,5	93,9	0	0	0	22,6
Ιούνιος	131,1	27,3	-105,1	0	52,4	78,6	0	0	11,6

Ιούλιος	148	13,4	- 135,3	0	12,7	135,3	0	0	5,8
Αύγουστος	121	24,9	-97,3	0	23,7	97,3	0	0	3,8
Σεπτέμβριος	77,7	25	-54	0	23,8	54	0	0	2,5
Οκτώβριος	46,4	69,5	19,6	19,6	46,4	0	0	0	4,1
Νοέμβριος	27	141,1	107	80	27	0	0	46,6	30,7
Δεκέμβριος	20,9	135,1	107,4	80	20,9	0	0	107,4	72,3

Πίνακας 12: Αποτελέσματα μοντέλου Thornthwaite με βάση τα μετεωρολογικά δεδομένα του σταθμού της Λευκάδας. Οι τιμές έχουν προσδιοριστεί για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 100mm. Παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της πραγματικής και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες τιμές της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή.

Μήνας	PET	P	P- PET	Soil Moisture	AET	PET- AET	Snow Storage	Surplus	ROtotal
Ιανουάριος	20	102	76,9	100	20	0	0	126,9	81,2
Φεβρουάριος	22,7	109,2	81	100	22,7	0	0	81	84
Μάρτιος	38	82,5	40,4	100	38	0	0	40,4	63,6
Απρίλιος	57,1	81	19,8	100	57,1	0	0	19,8	43,7
Μάιος	93,9	42,5	-53,5	46,5	93,9	0	0	0	22
Ιούνιος	131,1	27,3	- 105,1	0	72,4	58,6	0	0	11,3
Ιούλιος	148	13,4	- 135,3	0	12,7	135,3	0	0	5,6
Αύγουστος	121	24,9	-97,3	0	23,7	97,3	0	0	3,7
Σεπτέμβριος	77,7	25	-54	0	23,8	54	0	0	2,5
Οκτώβριος	46,4	69,5	19,6	19,6	46,4	0	0	0	4,1
Νοέμβριος	27	141,1	107	100	27	0	0	26,6	20,7
Δεκέμβριος	20,9	135,1	107,4	100	20,9	0	0	107,4	67,3

Πίνακας 13: Αποτελέσματα μοντέλου Thornthwaite με βάση τα μετεωρολογικά δεδομένα του σταθμού της Λευκάδας. Οι τιμές έχουν προσδιοριστεί για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 150mm. Παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της πραγματικής και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες τιμές της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή.

Μήνας	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	ROtotal
Ιανουάριος	20	102	76,9	150	20	0	0	76,9	56,2
Φεβρουάριος	22,7	109,2	81	150	22,7	0	0	81	71,5
Μάρτιος	38	82,5	40,4	150	38	0	0	40,4	57,4
Απρίλιος	57,1	81	19,8	150	57,1	0	0	19,8	40,6
Μάιος	93,9	42,5	-53,5	96,5	93,9	0	0	0	20,4
Ιούνιος	131,1	27,3	-105,1	28,9	93,6	37,5	0	0	10,5
Ιούλιος	148	13,4	-135,3	2,8	38,8	109,2	0	0	5,2
Αύγουστος	121	24,9	-97,3	1	25,5	95,5	0	0	3,5
Σεπτέμβριος	77,7	25	-54	0,6	24,1	53,6	0	0	2,4
Οκτώβριος	46,4	69,5	19,6	20,2	46,4	0	0	0	4
Νοέμβριος	27	141,1	107	127,2	27	0	0	0	7,3
Δεκέμβριος	20,9	135,1	107,4	150	20,9	0	0	84,6	49,2

Πίνακας 14: Αποτελέσματα μοντέλου Thornthwaite με βάση τα μετεωρολογικά δεδομένα του σταθμού της Λευκάδας. Οι τιμές έχουν προσδιοριστεί για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 200mm. Παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της πραγματικής και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες τιμές της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή.

Μήνας	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	ROtotal
Ιανουάριος	20	102	76,9	200	20	0	0	26,9	31,2
Φεβρουάριος	22,7	109,2	81	200	22,7	0	0	81	59
Μάρτιος	38	82,5	40,4	200	38	0	0	40,4	51,1
Απρίλιος	57,1	81	19,8	200	57,1	0	0	19,8	37,5
Μάιος	93,9	42,5	-53,5	146,5	93,9	0	0	0	18,8
Ιούνιος	131,1	27,3	-105,1	69,5	102,9	28,1	0	0	9,7

Ιούλιος	148	13,4	-135,3	22,5	59,7	88,3	0	0	4,8
Αύγουστος	121	24,9	-97,3	11,5	34,6	86,4	0	0	3,3
Σεπτέμβριος	77,7	25	-54	8,4	26,9	50,8	0	0	2,3
Οκτώβριος	46,4	69,5	19,6	28	46,4	0	0	0	4
Νοέμβριος	27	141,1	107	135	27	0	0	0	7,3
Δεκέμβριος	20,9	135,1	107,4	200	20,9	0	0	42,4	28,1

Πίνακας 15: Αποτελέσματα μοντέλου Thornthwaite με βάση τα μετεωρολογικά δεδομένα του σταθμού της Λευκάδας. Οι τιμές έχουν προσδιοριστεί για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 250mm. Παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της πραγματικής και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες τιμές της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή.

Μήνας	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	ROtotal
Ιανουάριος	20	102	76,9	226,9	20	0	0	0	17,8
Φεβρουάριος	22,7	109,2	81	250	22,7	0	0	57,9	40,8
Μάρτιος	38	82,5	40,4	250	38	0	0	40,4	42
Απρίλιος	57,1	81	19,8	250	57,1	0	0	19,8	32,9
Μάιος	93,9	42,5	-53,5	196,5	93,9	0	0	0	16,5
Ιούνιος	131,1	27,3	-105,1	113,9	108,6	22,5	0	0	8,6
Ιούλιος	148	13,4	-135,3	52,3	74,3	73,6	0	0	4,3
Αύγουστος	121	24,9	-97,3	31,9	44	77	0	0	3
Σεπτέμβριος	77,7	25	-54	25	30,6	47,1	0	0	2,2
Οκτώβριος	46,4	69,5	19,6	44,6	46,4	0	0	0	3,9
Νοέμβριος	27	141,1	107	151,6	27	0	0	0	7,3
Δεκέμβριος	20,9	135,1	107,4	250	20,9	0	0	9	11,4

Πίνακας 16: Αποτελέσματα μοντέλου Thornthwaite με βάση τα μετεωρολογικά δεδομένα του σταθμού του Δομοκού. Οι τιμές έχουν προσδιοριστεί για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 80mm. Παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της πραγματικής και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες τιμές της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή.

Μήνας	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	ROtotal
Ιανουάριος	18,5	56,9	35,6	80	18,5	0	0	105,6	68,3
Φεβρουάριος	20,6	45,3	22,4	80	20,6	0	0	22,4	46,2
Μάρτιος	34,1	50,4	13,8	80	34,1	0	0	13,8	31,4
Απρίλιος	52,7	55,9	0,4	80	52,7	0	0	0,4	17,4
Μάιος	86,5	55,1	-34,1	45,9	86,5	0	0	0	10,1
Ιούνιος	125,6	26,9	-100,1	0	71,4	54,2	0	0	5
Ιούλιος	140	20,2	-120,8	0	19,2	120,8	0	0	2,8
Αύγουστος	117,5	19,4	-99	0	18,4	99	0	0	1,9
Σεπτέμβριος	75,9	20,5	-56,4	0	19,5	56,4	0	0	1,5
Οκτώβριος	44,4	69,7	21,8	21,8	44,4	0	0	0	3,7
Νοέμβριος	24,6	89,9	60,8	80	24,6	0	0	2,6	5,9
Δεκέμβριος	18,5	61,2	39,6	80	18,5	0	0	39,6	23,6

Πίνακας 17: Αποτελέσματα μοντέλου Thornthwaite με βάση τα μετεωρολογικά δεδομένα του σταθμού του Δομοκού. Οι τιμές έχουν προσδιοριστεί για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 100mm. Παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της πραγματικής και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες τιμές της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή.

Μήνας	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	ROtotal
Ιανουάριος	18,5	56,9	35,6	100	18,5	0	0	85,6	58,3
Φεβρουάριος	20,6	45,3	22,4	100	20,6	0	0	22,4	41,2
Μάρτιος	34,1	50,4	13,8	100	34,1	0	0	13,8	28,9
Απρίλιος	52,7	55,9	0,4	100	52,7	0	0	0,4	16,2
Μάιος	86,5	55,1	-34,1	65,9	86,5	0	0	0	9,5
Ιούνιος	125,6	26,9	-100,1	0	91,4	34,2	0	0	4,7

Ιούλιος	140	20,2	-120,8	0	19,2	120,8	0	0	2,7
Αύγουστος	117,5	19,4	-99	0	18,4	99	0	0	1,8
Σεπτέμβριος	75,9	20,5	-56,4	0	19,5	56,4	0	0	1,4
Οκτώβριος	44,4	69,7	21,8	21,8	44,4	0	0	0	3,7
Νοέμβριος	24,6	89,9	60,8	82,6	24,6	0	0	0	4,6
Δεκέμβριος	18,5	61,2	39,6	100	18,5	0	0	22,2	14,2

Πίνακας 18: Αποτελέσματα μοντέλου Thornthwaite με βάση τα μετεωρολογικά δεδομένα του σταθμού του Δομοκού. Οι τιμές έχουν προσδιοριστεί για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 150mm. Παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της πραγματικής και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες τιμές της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή.

Μήνας	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	ROtotal
Ιανουάριος	18,5	56,9	35,6	150,0	18,5	0	0	35,6	33,3
Φεβρουάριος	20,6	45,3	22,4	150,0	20,6	0	0	22,4	28,7
Μάρτιος	34,1	50,4	13,8	150,0	34,1	0	0	13,8	22,6
Απρίλιος	52,7	55,9	0,4	150,0	52,7	0	0	0,4	13,1
Μάιος	86,5	55,1	-34,1	115,9	86,5	0	0	0	7,9
Ιούνιος	125,6	26,9	-100,1	38,6	102,9	22,8	0	0	3,9
Ιούλιος	140	20,2	-120,8	7,5	50,2	89,7	0	0	2,3
Αύγουστος	117,5	19,4	-99,0	2,6	23,4	94,1	0	0	1,6
Σεπτέμβριος	75,9	20,5	-56,4	1,6	20,4	55,4	0	0	1,3
Οκτώβριος	44,4	69,7	21,8	23,4	44,4	0	0	0	3,6
Νοέμβριος	24,6	89,9	60,8	84,2	24,6	0	0	0	4,6
Δεκέμβριος	18,5	61,2	123,8	123,8	18,5	0	0	0	3,1

Πίνακας 19: Αποτελέσματα μοντέλου Thornthwaite με βάση τα μετεωρολογικά δεδομένα του σταθμού του Δομοκού. Οι τιμές έχουν προσδιοριστεί για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 200mm. Παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της πραγματικής και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες τιμές της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή.

Μήνας	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	ROtotal
Ιανουάριος	18,5	56,9	35,6	185,6	18,5	0	0	0	15,5
Φεβρουάριος	20,6	45,3	22,4	200	20,6	0	0	8	12,6
Μάρτιος	34,1	50,4	13,8	200	34,1	0	0	13,8	14,6
Απρίλιος	52,7	55,9	0,4	200	52,7	0	0	0,4	9
Μάιος	86,5	55,1	-34,1	165,9	86,5	0	0	0	5,9
Ιούνιος	125,6	26,9	-100,1	82,9	108,6	17,1	0	0	2,9
Ιούλιος	140	20,2	-120,8	32,8	69,2	70,7	0	0	1,8
Αύγουστος	117,5	19,4	-99	16,6	34,7	82,8	0	0	1,4
Σεπτέμβριος	75,9	20,5	-56,4	11,9	24,1	51,7	0	0	1,2
Οκτώβριος	44,4	69,7	21,8	33,7	44,4	0	0	0	3,6
Νοέμβριος	24,6	89,9	60,8	94,5	24,6	0	0	0	4,5
Δεκέμβριος	18,5	61,2	39,6	134,1	18,5	0	0	0	3,1

Πίνακας 20: Αποτελέσματα μοντέλου Thornthwaite με βάση τα μετεωρολογικά δεδομένα του σταθμού του Δομοκού. Οι τιμές έχουν προσδιοριστεί για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 250mm. Παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της πραγματικής και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες τιμές της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, το μέσο μηνιαίο πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή.

Μήνας	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	ROtotal
Ιανουάριος	18,5	56,9	35,6	185,6	18,5	0	0	0	15,5
Φεβρουάριος	20,6	45,3	22,4	208	20,6	0	0	0	8,6
Μάρτιος	34,1	50,4	13,8	221,7	34,1	0	0	0	5,7
Απρίλιος	52,7	55,9	0,4	222,2	52,7	0	0	0	4,4
Μάιος	86,5	55,1	-34,1	191,8	82,7	3,8	0	0	3,5
Ιούνιος	125,6	26,9	-100,1	115,1	102,4	23,3	0	0	1,7

Ιούλιος	140	20,2	- 120,8	59,5	74,8	65,2	0	0	1,2
Αύγουστος	117,5	19,4	-99	35,9	42	75,5	0	0	1,1
Σεπτέμβριος	75,9	20,5	-56,4	27,8	27,6	48,3	0	0	1,1
Οκτώβριος	44,4	69,7	21,8	49,6	44,4	0	0	0	3,5
Νοέμβριος	24,6	89,9	60,8	110,4	24,6	0	0	0	4,5
Δεκέμβριος	18,5	61,2	39,6	150	18,5	0	0	0	3,1

THORNTHWAITE ΚΛΙΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

Πίνακας 21:

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ												
	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
1951	0,205078	3,77063179	5,023314	8,909709	12,35514069	17,42584	21,6312	20,82004	16,99111	10,24723	5,459054	3,142481486
1952	2,070237	2,315471013	3,895409	9,684498	14,48690987	19,31248	22,7107	21,21587	15,21987	10,3309	7,921918	1,93591245
1953	2,44469	2,101290385	5,360544	8,242579	14,80039978	18,79712	21,0319	21,60279	16,09869	11,82112	7,976809	3,806758245
1954	2,941057	1,400673548	3,677832	7,703053	14,16520119	19,40749	21,1508	21,20282	18,20331	12,51319	6,216244	1,478050232
1955	1,338568	-0,170756658	5,388405	8,894558	13,26658122	20,1858	21,3703	21,25011	16,26079	11,71583	6,806613	2,973044078
1956	3,324528	1,882806778	6,929464	7,194257	15,18632825	18,78804	21,9561	21,095	16,615	9,78452	5,253683	2,917737325
1957	1,516184	4,18436559	2,229119	5,417782	13,22430992	21,96183	22,6574	22,15444	16,14284	10,94353	6,369319	2,116710027
1958	2,554522	1,926326116	4,598864	9,645152	15,48817825	19,15321	20,8779	21,43141	17,77447	11,04994	8,094004	3,511449178
1959	1,379533	3,640504837	4,640617	8,337996	14,3015906	19,44721	22,3488	21,96511	18,49103	11,57078	6,612719	1,639529546
1960	-0,61259	0,030196508	3,177455	7,46021	14,51843262	19,26761	21,8306	21,60938	16,29866	10,88876	7,047527	2,788857142
1961	2,563857	3,884622574	4,757158	10,68405	14,67458979	18,22866	21,9262	19,98501	16,64093	11,55293	6,45848	3,163886388
1962	1,915768	3,014642715	4,577084	10,53591	13,55865796	19,01022	23,7476	22,23469	15,33994	12,08735	7,814596	2,524689356
1963	1,8126	3,939586004	4,917858	7,938571	14,39882533	19,95751	22,0862	21,27919	17,05635	9,727553	7,475045	3,197922389
1964	1,771895	1,955015818	4,841675	10,13329	14,25793393	19,00353	21,9378	20,5935	17,96518	12,59322	7,980611	2,222347895
1965	1,005203	1,60519282	4,624919	8,22507	14,26795387	20,14848	22,0305	20,51288	16,68601	10,25802	6,949279	4,211207072
1966	2,098312	0,579344432	4,414609	8,086384	13,92442513	18,34041	21,5753	23,21067	17,06149	8,969008	6,118881	4,234785716
1967	3,677478	2,644324621	5,176938	9,235238	14,25918961	18,24251	22,3744	21,14369	17,01301	13,79747	7,5259	4,370538712
1968	1,72822	2,749582926	6,16442	9,1931	14,05795161	18,92741	21,879	22,0499	16,85193	9,183768	6,077636	2,456675847

1969	3,320969	4,522813797	5,914562	9,212451	13,8692735	17,91594	20,938	19,45689	16,1433	12,44969	6,978886	3,687014262
1970	1,208629	1,486739477	5,597809	10,09433	14,43598239	19,51394	22,1908	21,21003	15,87206	11,4768	4,617473	3,172619502
1971	0,310324	1,406686147	4,820119	7,723736	13,09433492	18,37462	19,7835	19,746	15,00799	12,02434	5,587054	4,217416128
1972	1,304248	1,030411402	4,958677	9,728068	12,93927956	17,87334	21,7799	20,5944	15,92558	10,24495	7,103683	1,852461497
1973	0,207097	2,568591436	6,656787	8,38637	14,67613538	19,98205	22,202	21,0568	17,84951	11,28125	8,499036	-0,25246843
1974	-0,39547	2,786599477	5,213652	8,728278	13,00047874	19,2136	21,7679	21,64296	15,73391	10,1293	6,582304	2,313809077
1975	0,141834	3,504205068	5,254297	10,30804	13,09931501	18,41255	22,1496	21,93291	16,51783	11,44419	6,210529	1,261786779
1976	0,862287	1,502668381	5,191458	8,253819	13,3696022	18,21195	23,0721	22,18327	16,45542	11,18005	7,527449	4,042477926
1977	1,684622	1,310532252	4,003055	7,906796	13,56929715	20,00681	21,8117	21,40881	16,69438	10,21517	8,001542	2,988051097
1978	1,957677	1,646998723	5,569628	10,83912	15,30676715	21,25753	23,4061	20,66879	16,55287	12,66319	7,098088	3,865046183
1979	2,4161	0,87289238	3,880565	8,28146	13,93329048	18,80525	22,8361	20,36577	17,45601	10,35119	7,462359	3,837314606
1980	3,403845	1,395982107	5,141585	10,22848	14,68621572	21,56655	22,9314	21,13459	17,44298	10,68888	6,530308	4,382505417
1981	4,041643	0,556113561	4,735812	8,779083	13,47906876	18,60386	21,8098	20,27631	14,97169	10,22159	7,573858	4,054085414
1982	3,243447	1,325318019	4,274712	7,783119	13,28961245	17,53006	20,7988	19,49841	15,94721	11,63406	6,10391	2,559192022
1983	1,852161	2,337985357	4,523731	9,168642	14,05873426	18,37923	21,9151	20,51028	16,67182	12,16021	6,712576	0,742872874
1984	1,053283	3,38445727	5,103266	8,62824	13,50968297	18,74493	21,2126	20,94211	15,96901	10,00378	5,884179	1,455039978
1985	1,606952	1,185780207	4,57634	8,444715	13,8787365	18,60193	22,1267	22,54778	15,61628	10,73135	6,835842	4,105500539
1986	3,823498	2,64318339	5,677603	8,596011	13,48114077	20,08155	21,402	22,06495	16,75999	12,43839	5,385967	3,465535482
1987	1,850389	2,693527222	6,400664	9,572316	14,13004303	20,71891	23,69	21,20039	16,68824	10,86346	6,918622	2,435572306
1988	1,523712	2,04259936	4,04125	9,226574	13,75193151	19,8192	23,1958	20,65877	17,04078	10,60425	5,774603	2,616852442
1989	2,32232	0,232306798	3,920767	8,69725	14,42666626	19,98202	22,4598	23,21456	15,37738	9,076422	8,071896	1,402983983

1990	3,371415	1,922958374	6,852499	8,684228	14,63110987	19,65928	22,1682	22,73296	16,9373	10,37563	6,642927	2,814825058
1991	2,508518	3,619172414	5,682271	8,403539	14,15168826	20,30738	21,4956	22,20345	17,72791	10,66827	7,712006	3,170928319
1992	2,757084	3,076685588	4,709613	9,559841	16,45978355	19,87699	22,1187	23,82888	17,50467	11,44655	5,916503	2,703854879
1993	1,483351	2,329890569	5,862174	9,536165	15,41840299	21,25489	23,3231	22,61689	18,08809	11,99595	7,756558	2,673339208
1994	2,350798	4,019041697	3,595931	9,716198	13,99464353	19,35459	21,2981	19,79988	16,01784	10,27609	4,864443	1,797140121
1995	0,606623	3,013926824	5,501997	9,650122	15,06348038	18,93879	23,4027	21,46506	17,34218	13,72441	7,503557	2,139751434
1996	2,309858	2,949942907	5,643435	8,69165	15,91163445	19,63966	22,1936	21,83521	16,93609	11,65027	5,298763	2,52025795
1997	-0,34439	1,676911036	5,793978	11,71471	15,10737673	19,96758	22,0558	22,42511	17,19762	11,43349	7,053975	3,164794922
1998	4,49643	4,985202789	5,670424	10,19468	13,98680178	19,75675	21,8465	21,85698	17,67425	11,62341	6,898858	4,616601308
1999	4,304559	5,317979177	6,665826	9,898585	13,90019989	20,21114	21,6602	21,60041	17,42582	11,76308	6,316647	3,550498327
2000	2,646447	5,490800858	7,43337	9,171698	14,23542341	19,46239	21,2125	21,37434	15,43873	11,43715	8,476041	3,014669418
2001	1,563415	-0,177579244	5,190886	10,00639	15,17248027	18,40923	23,0418	22,40051	16,57326	10,48222	5,694258	4,912548065
2002	2,371071	2,392297109	6,156784	8,900566	14,51104863	20,80099	23,5089	21,75921	17,67291	12,32753	8,251432	0,859689077
2003	2,012728	2,593048096	5,538546	8,785054	14,88993518	19,89118	25,4183	21,57417	16,23887	10,63308	6,042529	4,35347112
2004	1,991315	0,932069143	5,414813	10,02983	15,43996493	19,80397	22,3924	21,45981	18,14334	13,134	7,065801	3,401351293
2005	0,606355	3,339383443	6,200493	8,283087	12,88696162	21,24825	22,0753	23,53827	17,6432	10,84675	7,213256	2,883600871
2006	2,815706	5,257790883	4,666921	8,624806	14,17424965	19,6911	22,306	21,34703	17,56486	12,70644	5,168477	3,368157705
2007	3,030162	5,199636459	6,671598	8,713152	13,30924225	19,82926	24,0431	21,67668	17,37381	11,815	7,705788	3,496423086
2008	-1,17299	0,866324107	5,787505	9,825036	14,28471756	19,27293	21,7106	22,31229	18,46492	13,92922	8,669047	4,056994756
2009	2,934668	3,71300443	6,052847	10,33348	15,99311129	21,79734	24,0727	23,10411	17,59747	12,62728	7,430352	0,748543421
2010	2,87821	4,260721207	4,517828	8,696309	13,44069481	18,84468	24,0108	23,27523	17,02668	12,49977	8,408201	1,994468689

2011	2,637776	4,312452316	4,254478	9,158071	14,04561869	19,93024	23,032	21,42676	17,74889	10,27868	6,695828	4,260835648
2012	2,240521	2,534727732	5,973673	10,60054	15,65146637	20,58182	23,9238	22,00129	20,02929	12,4302	7,627691	3,970863978
2013	2,995178	4,56463178	6,078932	9,137714	15,86305491	20,49077	21,9354	20,6924	17,43607	11,37748	8,784855	2,725533803
2014	2,861884	2,717966715	4,894965	9,776327	13,38920403	19,20085	21,5803	21,30211	17,03301	12,44702	8,62098	4,100390116
2015	1,819677	1,628118515	5,827925	9,625946	14,22341665	19,19953	21,6739	21,26218	16,83646	12,22133	6,618746	3,47574234
2016	3,569522	3,639957428	6,902323	9,160266	14,18589147	20,17961	22,1888	21,37319	18,29217	12,54697	5,263451	4,96490097
2017	1,387066	3,728556951	7,186947	11,76255	15,63706398	20,46219	22,6497	22,15163	17,45801	11,81927	8,359107	4,558148066
2018	2,718696	3,627930323	5,510487	9,748739	14,88663483	18,70007	23,5927	23,01793	18,04287	11,23871	5,885658	5,134468079
2019	2,033272	2,79497083	5,965025	9,381006	16,37993495	19,14898	23,2623	23,72894	19,47703	12,11572	6,286153	2,856695175
2020	2,369983	2,639732361	5,203007	10,39601	15,30259132	18,04764	23,9217	22,69682	17,36212	10,72616	5,664679	2,04830424
2021	2,435966	4,502894084	3,492647	9,444091	15,83009911	19,78263	23,919	22,88327	18,44097	11,64834	9,075947	2,793187459
2022	2,676833	3,723167419	5,470555	9,373978	16,44777552	19,95991	23,346	22,58069	18,13735	12,16286	6,913525	2,332106272
2023	4,624852	1,726640066	7,310659	10,40574	14,68844541	19,74959	22,6661	23,44748	18,95126	12,55728	6,967206	4,30478096
2024	2,867184	3,824263891	7,154952	9,815528	15,66820335	20,91688	23,2098	22,43086	17,86654	12,20583	8,423244	5,005988439
2025	2,340202	4,32657814	5,457573	10,12495	14,52800878	21,38989	24,1284	23,39982	17,73284	12,89363	6,560635	4,610837936
2026	3,156097	3,890655518	7,066884	10,2861	14,32431857	20,9584	22,8579	21,34318	16,50939	10,29777	6,968771	4,56582133
2027	1,971433	3,447551727	5,340755	9,024711	14,43461482	21,58608	23,855	21,38549	18,59326	13,12389	7,947854	3,033278783
2028	3,369581	3,736832937	6,46762	10,4163	16,000693	20,75197	21,8444	21,70752	18,91984	12,84906	8,792287	4,580588659
2029	3,058755	5,398165385	8,215807	10,17186	15,50627073	19,92874	22,9296	23,81527	18,8157	14,65138	6,650741	3,599295298
2030	1,335585	3,599868774	5,779277	10,31666	14,54496574	22,91182	23,1959	23,12309	18,97196	13,48568	6,983922	4,129344304
2031	3,611533	2,727742513	6,393787	10,20092	16,12347921	21,01482	25,4829	25,30634	20,3737	13,02212	7,639482	3,38424174

2032	2,920907	4,684088389	6,507225	9,255721	15,82058207	21,60235	23,8686	23,859	20,59695	12,94642	7,114242	5,643608729
2033	3,816058	4,20580101	5,678678	9,996166	16,29933357	20,50459	24,1858	23,17896	18,52851	14,90119	9,326783	4,770849864
2034	3,423731	4,355818431	6,730233	10,14657	15,42864927	23,10165	23,973	22,87898	19,39943	12,1708	7,086485	4,300331752
2035	2,601268	4,735687256	5,53675	10,47517	14,83629354	22,33324	25,2219	24,11537	19,40389	13,86211	6,922059	3,631614049
2036	2,970455	3,469528834	6,557131	10,12281	15,35668437	21,55404	23,7087	23,43883	19,11499	12,5208	7,329062	5,05932045
2037	3,54899	4,915298462	8,369441	10,19492	16,46118164	22,53063	24,815	23,86235	19,71223	13,59302	8,250774	4,638116837
2038	3,667587	5,353204091	6,125345	10,97402	15,76293246	20,99289	25,4597	23,13398	18,00136	12,47445	6,262796	3,809468587
2039	4,200987	3,272464116	5,839211	11,75209	14,66490491	22,26659	24,243	22,97916	20,61637	13,37218	8,90404	3,561432521
2040	4,524908	4,714988073	6,082902	11,20824	16,61569913	21,0885	24,4902	23,66274	19,28023	13,15729	6,562109	3,526217779
2041	2,422802	4,396921794	5,785968	11,43224	16,20437431	21,56563	25,6729	23,9753	18,46776	12,98549	7,771938	5,065085729
2042	3,686087	2,227770487	6,854291	10,776	16,83986155	21,27497	24,694	24,08418	18,02999	13,08912	8,124915	5,299146016
2043	4,053516	5,149119059	8,208403	10,22803	16,98290571	21,81339	24,3481	26,51247	18,90799	13,85383	7,818692	4,069379171
2044	3,50964	4,437753042	6,795283	11,44234	16,13618596	21,94262	26,198	23,70681	19,3377	13,91855	8,02975	2,685495377
2045	6,551819	3,816319148	5,176062	10,60602	15,79286702	20,87305	25,436	24,31824	18,40785	12,99859	6,124944	4,593209585
2046	5,874414	4,020915985	7,365601	11,47677	15,79376984	22,73608	23,8838	24,2134	17,64666	13,16562	10,18549	5,780690511
2047	4,824839	3,891460419	6,895468	11,34212	16,30533091	22,6283	25,2958	25,1163	19,03222	13,22372	9,357652	4,712133408
2048	2,953917	4,245035807	8,06733	11,37093	17,50029627	22,46823	24,8255	23,99814	20,53762	15,46836	9,261904	4,462794622
2049	5,477347	5,507452647	7,839145	11,27424	17,14631971	22,76218	24,7532	23,41174	19,97583	12,58183	9,010059	6,711799622
2050	4,135569	5,585833867	7,023045	11,26097	15,93417231	20,73807	24,3939	23,73109	19,0263	15,10608	10,68013	5,053379059
2051	2,139631	4,835032145	7,839142	11,21259	16,43014463	20,8505	24,3847	22,60728	18,78106	13,02312	7,93495	4,397425969
2052	4,874709	4,168237686	7,431242	12,38816	17,32252884	22,87988	24,9167	24,27694	19,37392	13,71861	7,175943	5,485310237

2053	6,809264	4,539979935	6,851227	12,29749	17,56795247	22,8345	26,4483	24,36839	20,12676	14,0612	10,7203	6,403217951
2054	5,395177	8,0559419	8,665955	10,69601	17,18721517	22,22431	25,8232	24,79333	21,16275	12,71419	8,91726	4,620482763
2055	5,588299	4,717266719	8,068087	11,00131	17,59949811	22,11879	26,5907	25,59429	19,65971	12,90644	8,609591	3,932771047
2056	3,466443	4,178784053	8,279598	12,02329	16,10454814	22,72313	25,7854	23,34836	18,87566	15,52869	10,82355	4,78523763
2057	4,233295	4,916407267	7,030622	10,59488	16,17293358	21,42499	25,2503	24,11417	20,43162	14,07986	9,298907	5,85458374
2058	4,102835	6,176232656	9,33975	10,47938	16,3666598	21,37397	25,411	24,16573	21,19812	14,22037	9,717985	3,341384252
2059	2,785887	4,874333064	6,895465	11,16254	17,7460804	22,09173	25,2659	23,88499	20,87876	12,3385	9,417588	6,103764852
2060	5,010183	3,860145569	6,258955	10,78035	17,29501724	22,13491	25,8688	24,45948	19,38266	14,46187	9,334912	6,858926773
2061	4,201283	5,125926971	8,143634	11,90095	16,28077062	22,57365	25,0126	25,04444	19,82689	13,74205	8,818476	6,765578588
2062	1,989239	5,194188436	6,92746	12,54504	17,72277133	23,51011	25,6513	24,81105	20,10636	14,90486	8,411097	6,816908518
2063	6,485765	5,22040685	9,106085	11,09143	17,94484011	23,60359	25,4878	24,74727	21,0019	14,79645	8,510602	6,127763112
2064	3,342662	6,845294952	8,642539	12,64107	17,25608762	24,20718	26,0467	25,49252	19,82953	12,52812	8,894366	5,718334834
2065	5,300294	6,162108103	8,221327	11,83659	17,09708977	22,10129	26,0205	25,44544	20,9194	15,12587	6,545294	4,143621445
2066	3,485697	6,082700094	11,34524	13,91601	19,18715159	25,5195	26,8955	25,75985	19,60725	13,47122	9,433021	5,080733617
2067	5,977144	4,528909047	7,693215	11,55881	16,51563199	22,48391	24,7425	24,85297	20,95455	13,75451	10,18818	5,457202276
2068	3,656048	4,568645477	7,981202	10,6491	17,53097661	22,5263	27,8802	25,61285	21,04578	13,34965	10,13029	5,941149394
2069	6,530688	5,718816757	7,499522	9,42787	16,9968516	24,90934	26,4336	25,08509	19,37813	13,74238	10,29906	4,708404541
2070	5,160495	4,383520762	6,493109	13,5866	20,2819341	24,6445	27,7163	25,87134	20,50107	13,91949	7,116208	6,487788518
2071	4,706261	4,767819087	9,062782	11,37989	18,49420993	22,68438	26,6678	24,6359	20,31842	13,6404	7,94684	4,403831482
2072	6,746804	7,049821854	8,808352	11,6002	17,92476273	22,7884	26,8146	25,4302	20,6137	13,30253	7,372574	6,375444412
2073	2,941105	3,694266001	7,991477	11,99879	17,32840411	23,19257	26,1379	26,40118	21,19426	13,64356	10,66022	3,80085055

2074	3,684103	4,00737826	6,387585	11,62669	17,77402941	23,3101	26,2321	24,72808	20,89417	15,05288	11,26957	5,876488368
2075	4,590895	5,806951523	8,292138	10,67207	17,27935791	22,6979	25,6469	24,40471	22,27599	13,48231	9,363957	5,710232417
2076	5,945129	5,633949916	6,501128	12,12809	17,67266719	23,0256	27,4064	26,1888	19,75144	15,8858	10,02556	5,553453445
2077	3,628298	5,73403422	8,727376	10,60412	17,99092484	23,98225	27,989	26,55992	20,75578	13,80655	10,59198	4,969938914
2078	4,000897	5,321381887	9,895672	11,13158	18,11425145	23,8304	27,2263	25,92859	20,53109	16,03798	10,32116	6,998884837
2079	5,367463	6,070606232	7,286736	13,00146	19,21429125	21,73809	26,3446	25,54804	20,39402	15,17131	8,659258	7,840894063
2080	5,571493	7,042446136	9,649722	13,68386	21,47044436	25,8137	27,4549	26,06148	20,71413	15,69147	11,25674	4,890179316
2081	5,578388	4,997351329	10,64675	12,53316	17,63626417	24,38826	26,8708	26,15756	21,43723	14,93686	10,74632	6,563921611
2082	5,875053	4,233149846	7,253231	13,67815	18,20173772	22,92926	27,1594	26,84897	19,47965	15,74809	10,7515	7,451843262
2083	5,913555	6,092681249	8,143034	11,72695	17,88285001	24,34241	26,2369	26,15557	21,44405	14,05864	10,56609	6,16849645
2084	5,854668	6,006619771	6,9248	11,70663	18,60479037	23,66958	27,4752	27,12297	20,59192	14,28347	10,90995	7,069426854
2085	6,171041	5,409850438	7,778032	11,4664	17,84665044	23,59072	27,8996	26,74238	20,36404	14,39916	10,17813	5,227834066
2086	4,018207	7,449833552	8,527591	11,60246	17,69529851	24,80845	28,2641	25,93045	21,14703	15,22873	10,12608	7,436525345
2087	5,329821	7,763877869	8,772448	12,27859	18,30573781	23,53191	26,9857	25,64318	22,68955	14,54227	9,321639	4,114864985
2088	5,849437	5,839335124	8,26735	12,02533	17,86390877	23,93415	27,7656	28,00906	22,5821	15,09493	10,98583	7,393187205
2089	7,364797	6,915739695	9,545415	12,11751	17,48636182	24,8611	28,5407	28,63695	21,27757	15,89693	9,963672	7,108926137
2090	6,809589	5,920794805	10,00399	13,02303	18,44622676	24,60619	27,7637	28,28671	22,93248	15,83223	10,1807	9,209727605
2091	5,188529	6,595961253	9,989378	14,43047	19,0270354	25,33966	27,5778	26,14607	20,90863	16,25727	10,63953	7,35967954
2092	6,610643	6,798799515	7,969451	12,75376	17,43461927	22,7584	26,8133	24,40624	21,54459	14,88823	10,04935	6,227947871
2093	6,267218	8,043621063	9,290253	11,42173	19,06387838	21,32065	26,5058	26,15161	20,82356	13,88104	10,03362	7,074775696
2094	5,016477	5,839138031	9,095738	11,84464	19,26391284	24,23605	28,0338	26,76129	20,44655	15,21011	12,13789	7,413190842

2095	5,879651	6,243621826	8,272606	13,2238	20,38787333	24,78201	28,851	26,42022	20,89505	17,32088	10,35808	6,350489299
2096	3,037675	6,556187312	8,273048	12,23581	19,42494774	23,49985	26,3726	26,82367	21,42525	17,43472	10,75185	7,162542343
2097	6,486204	6,530878067	8,789338	14,77811	18,19238536	26,63264	28,3383	27,13615	22,0136	15,39125	11,06933	6,266571681
2098	4,488877	6,727036158	7,934489	11,69181	17,60995229	24,28385	26,9422	25,71012	20,00784	15,46537	11,23483	7,62015152
2099	7,291793	3,650988261	7,378182	13,49249	17,44211706	25,03389	30,2596	28,60371	23,28276	15,65093	10,09207	9,551818848
2100	7,968779	9,267848969	12,65849	13,14735	18,98810196	25,47732	26,783	26,60345	21,62595	16,16903	12,20231	7,029098511

Πίνακας 22:

ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ												
	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
1951	47,29533	60,82990435	103,3985	62,35313	49,31435042	25,68804	18,4947	20,84477	20,2639	49,53425	89,55328	40,76765864
1952	89,81141	117,3064732	70,21155	49,32599	42,1037419	15,00357	19,8639	13,59144	41,41495	69,17759	62,46042	76,48477358
1953	50,55501	91,59522495	60,96707	89,91501	36,77000585	34,17304	26,2377	13,49145	48,9272	29,28717	68,54384	120,0377661
1954	69,31052	84,2010509	102,9387	57,17181	43,78144836	21,15613	17,12	12,5955	14,74431	47,61699	119,8182	64,48727399
1955	77,43507	128,4433997	60,49979	50,39536	36,78691841	24,98565	15,9649	17,93774	16,04417	55,08761	108,1343	99,25782669
1956	46,46495	105,2698402	92,59885	143,3	22,22597449	20,43164	19,2073	14,35027	20,45655	28,69625	96,32794	127,5989284
1957	104,0915	64,8196198	114,3464	87,76883	56,17813814	17,30964	15,1687	29,11344	18,97507	66,784	90,80756	88,33062575
1958	109,9147	86,20796806	89,62162	42,44034	12,71528422	49,19816	15,0738	13,71909	40,91915	86,97171	70,87276	104,9929725
1959	103,1779	43,24566015	77,72097	64,83934	36,97238455	34,60933	27,0384	19,41768	16,86505	41,8523	31,87343	30,86678313
1960	124,1277	87,00229335	76,42954	90,23989	28,89834495	35,43396	21,0135	13,79307	23,62718	111,2984	99,31835	58,8450583
1961	82,94503	26,07036824	81,95809	19,3535	63,0200434	42,30323	29,2694	15,35183	36,84405	79,04886	96,7435	114,5784976

1962	148,8685	78,0973211	75,19196	52,41682	55,99626342	16,18271	17,7645	14,69636	42,14055	78,83879	114,6881	118,0587443
1963	81,66528	72,94345876	91,36672	56,69007	42,47421011	15,48411	39,5708	28,67016	25,17894	154,9463	118,1715	128,1669721
1964	61,87311	136,682224	42,59553	72,42409	25,47322304	22,10864	32,7286	16,33835	33,99462	48,01046	75,08101	77,32811576
1965	96,62884	69,36848119	73,64883	43,37091	43,33356479	22,79866	20,7887	19,40792	20,97296	68,17617	91,58845	123,1454007
1966	83,22688	123,6119688	93,67897	59,03037	43,50740801	36,28365	17,3687	7,018632	50,1484	67,2906	86,21663	69,5433496
1967	106,3238	52,65370523	121,9283	40,18023	47,04778168	47,61953	12,9563	10,08634	15,63115	28,11459	80,65864	56,75167112
1968	62,60711	53,41648685	62,51218	76,85713	48,11531278	31,62864	23,194	16,17884	19,39887	73,74884	77,83002	114,6961321
1969	70,49695	68,8322601	62,92412	69,78429	54,22102642	20,30424	23,0277	35,68875	20,34513	80,34291	90,78113	76,84036144
1970	98,59185	99,38102721	80,74576	40,90053	25,55798085	28,5985	13,9904	11,47679	30,0915	63,74378	102,3944	80,72345973
1971	120,9387	142,5141432	109,2626	93,15411	46,45161349	39,48137	35,6255	30,10783	30,30444	61,29666	53,00009	89,37466037
1972	117,6539	89,34476275	132,3705	47,33789	55,13925748	44,3197	33,2217	16,22397	34,58602	60,98513	34,88202	81,66469244
1973	63,47046	42,27721859	81,89297	115,5071	38,40807813	35,95529	14,9245	20,7601	25,26375	24,13788	36,38344	66,96483407
1974	73,44341	82,38944278	71,25133	82,80784	46,81465448	20,28834	18,8688	25,31385	45,45799	132,4064	140,3316	111,9372666
1975	101,5969	72,46674836	68,92468	30,68679	58,76975795	38,10871	13,0408	13,2052	15,18229	64,35305	88,95234	65,22531585
1976	103,7444	61,01134313	55,5443	48,55429	78,91327017	43,40555	14,1132	20,81256	30,78841	48,85637	48,63315	87,78703763
1977	81,97644	101,7325417	102,9076	52,88238	57,80161064	22,60802	26,6777	11,74321	26,78728	68,11728	43,62796	93,38816735
1978	65,76887	42,30344386	60,98605	45,80641	18,89944134	27,7609	8,95333	15,15472	27,94681	45,81559	146,0276	74,97881788
1979	111,6047	94,15264313	64,24543	65,52374	48,70585339	38,66943	21,8581	37,64716	31,25823	91,31823	65,63358	80,58068938
1980	60,87573	93,28459083	75,66397	40,34141	39,68753332	13,53688	19,7711	21,08307	25,535	54,80746	132,8863	114,514522
1981	129,0077	81,27645821	55,96553	41,32773	60,89257691	16,82838	19,5711	30,0508	32,62337	75,41799	110,5874	73,84341788
1982	110,8335	98,48780525	111,9952	102,6281	66,2993441	27,69207	24,6904	19,89389	50,33106	44,71621	93,81062	57,493246

1983	49,83387	74,0712082	78,47139	50,80104	44,23787791	23,51274	30,14	24,65065	20,60207	46,04459	76,89844	135,0521411
1984	83,98047	57,63775344	137,2076	60,02598	36,01665876	14,05777	32,0262	15,74361	57,58172	59,3388	128,332	83,71862948
1985	87,21009	117,8199975	115,3686	81,45372	63,59626058	20,51471	19,582	14,68984	25,72066	69,53166	89,79454	135,9405564
1986	66,28003	101,2872599	62,47084	42,16902	56,30775101	19,06342	24,0353	21,55074	53,90774	48,53835	116,0102	54,25621464
1987	139,1594	107,9462999	58,96184	55,84637	47,73648233	12,54371	13,7037	9,888695	12,49752	23,29682	91,15326	87,50273143
1988	61,99756	91,97526279	70,4177	96,41111	42,65616307	22,16575	13,6451	16,83431	29,53909	85,84416	137,5864	63,27444259
1989	95,1761	105,823892	74,81527	52,7604	37,76658966	27,06186	10,0965	15,69292	44,45697	72,02557	85,21223	125,0667384
1990	96,74129	70,48439406	36,31231	67,06676	32,40373865	20,30925	22,1216	17,7701	30,10888	36,83578	83,55816	82,86287595
1991	36,78866	69,64998229	96,64024	53,97488	40,5546513	19,14102	23,5331	14,4705	17,29929	49,94662	57,81714	48,73063151
1992	91,49222	119,864246	57,41379	50,51354	38,52131756	26,83557	21,6129	13,8395	66,86714	58,86103	111,88	31,68891545
1993	61,57012	91,10997592	50,24661	58,69568	35,70156869	19,85159	16,0998	16,88843	13,96227	72,3193	82,68621	157,3112839
1994	83,14588	83,83156544	98,38127	64,54447	38,39854918	27,00398	55,154	22,43037	22,48336	74,62717	95,3505	47,0085346
1995	73,37216	109,5956155	38,79204	64,19144	27,5555657	20,08685	19,4476	11,88563	17,79253	17,59639	108,1624	84,84910554
1996	88,67857	70,84737646	36,18778	78,6536	16,53052109	23,03398	24,0214	26,39923	25,29161	27,92008	106,7498	68,41620265
1997	94,84495	104,154828	121,9168	26,19538	51,89198769	24,26011	20,8274	16,8525	54,11792	93,54052	99,99891	40,04435313
1998	39,55836	96,46467909	99,3379	75,15645	48,6414209	43,51766	21,01	38,84243	24,88196	89,31551	71,16806	94,07932615
1999	86,4336	89,65313612	76,71311	54,70346	26,82171094	19,61249	34,2478	28,75334	43,50401	46,98467	113,6934	112,987826
2000	143,2866	73,48203529	69,61961	98,85747	37,50996218	20,41631	29,1652	14,13424	40,20194	76,69144	84,47315	141,6679455
2001	101,5026	64,08472807	70,89443	32,81162	43,18549633	37,14976	27,8903	8,890214	19,08663	55,67021	58,67519	78,30389467
2002	99,32338	92,10397658	87,35289	101,6502	42,35403874	6,912495	23,9023	24,18354	17,55169	52,79432	75,3165	96,94138704
2003	67,59903	74,11808346	63,73111	58,95563	64,26636423	26,70951	21,4996	17,92777	21,72378	87,17045	68,67633	112,8880908

2004	102,1199	83,29346484	74,80425	60,96728	46,8431575	35,78605	21,718	25,48753	14,73245	71,77432	94,86518	108,0633296
2005	68,14001	53,07385638	105,3522	64,75091	60,45357178	15,88655	24,088	12,65997	25,56208	82,71988	52,91544	159,7946296
2006	117,3203	45,66279356	75,93004	78,98978	36,36287306	30,0627	19,1788	42,06239	23,4652	45,98689	138,6397	66,60448124
2007	91,4511	129,2829017	64,8112	104,5688	52,69716246	21,73699	13,4376	17,32323	31,18457	43,33023	70,28101	123,8851471
2008	123,6172	120,4918506	47,81367	44,25774	45,36773769	27,05784	35,3828	10,92177	27,7608	49,15268	48,55633	61,70949497
2009	53,65883	58,46920725	71,76905	37,46467	37,67859967	18,5373	10,7604	19,63731	31,49651	72,93068	77,24979	112,7057226
2010	100,0167	30,60721627	44,05045	42,73944	53,73764534	16,58987	8,44217	21,55021	34,49105	49,14812	83,7275	174,4256771
2011	100,9132	115,6639071	111,3265	108,7173	51,40531814	26,65436	14,8477	21,11526	30,12894	63,06505	112,6842	84,74438274
2012	42,66723	69,06121313	42,71371	36,18645	29,00525799	10,23364	23,3125	8,305215	17,02782	122,5559	78,73381	70,33813653
2013	66,20611	49,98443914	23,86686	71,90921	27,22613705	28,37001	37,3948	17,54695	22,80802	82,74887	65,83993	173,55311
2014	103,2668	84,75989518	95,79008	48,36061	91,18799302	27,87282	26,4923	18,48316	20,76236	85,7372	85,51522	140,4219688
2015	103,8587	96,87170858	64,62288	56,0106	48,02029684	33,96956	37,9671	32,35992	30,1205	69,63273	78,41451	85,48661081
2016	63,39507	39,29932606	97,79769	66,29616	47,32658577	9,32208	25,5379	15,25102	25,20532	79,37369	98,97502	81,26203383
2017	91,85125	61,93463056	49,35072	38,15066	38,08666118	40,89609	18,4856	23,40839	46,98594	54,2331	107,9473	57,37591951
2018	55,1363	77,22300679	96,38448	33,6336	33,14927496	61,86769	11,6547	10,55327	18,13903	103,5699	113,5417	56,60434286
2019	68,64049	81,26235904	40,98303	71,62098	46,31307389	49,36468	31,6096	23,66844	35,78001	41,81884	68,13434	104,3900893
2020	67,95742	92,84865079	87,76971	63,08971	40,99066309	55,83835	13,4033	22,90214	46,34804	85,15506	118,8253	79,30243761
2021	96,57901	82,75889572	94,20922	79,78353	22,74262098	22,70676	19,1733	16,62834	20,59671	77,77455	44,34306	138,1469204
2022	82,02112	58,76331989	106,514	61,17885	33,0311261	26,64827	25,9796	18,33418	11,58031	142,2753	118,3874	151,1869068
2023	51,85233	89,26475728	98,27339	56,91017	34,00426295	25,51433	11,002	19,44786	36,1734	67,08647	144,2996	83,47438039
2024	60,04562	49,80564914	85,29584	41,07209	37,53026114	31,22809	21,0347	25,72698	58,34509	69,94869	93,15443	79,00394003

2025	110,5545	100,3653678	76,58197	76,74602	33,0926749	26,36067	17,362	17,40838	36,6249	66,96679	80,23855	114,2100589
2026	100,7889	141,2452969	94,05198	46,71994	35,98290385	27,29476	21,3155	15,01378	49,63151	88,79306	84,52814	50,88628584
2027	66,71614	74,66080265	60,84345	69,51669	75,84563101	28,31223	24,7762	29,68829	21,62156	48,72994	88,06544	70,28152458
2028	31,71475	128,1164992	50,4599	84,87317	26,28506765	18,47603	26,1438	22,385	22,87151	131,4785	142,2359	76,13680089
2029	69,97155	42,96124483	47,0801	76,75978	42,45832793	29,04905	24,9174	8,240347	26,05448	80,98876	81,74275	126,0788039
2030	76,57024	20,39012563	67,74434	55,03645	53,6493207	17,15859	28,2115	22,28586	8,497415	110,927	113,4281	115,82752
2031	97,02682	96,95396367	56,85163	61,58398	49,08568496	16,7743	13,1126	9,704404	14,47301	95,0006	68,14642	90,93868577
2032	46,72896	111,4135512	39,34116	75,05289	23,59029515	18,57927	19,4688	8,579563	16,34318	68,90287	73,62326	65,51093288
2033	35,16236	88,00432586	105,6473	70,46886	27,68000057	13,14018	25,2149	19,98267	36,82538	27,71532	73,82319	76,81294926
2034	68,03995	71,68984871	62,68238	66,80938	51,28236925	25,25419	39,6764	26,60687	25,79062	69,83269	121,2667	37,22271816
2035	139,7154	35,30440441	56,89038	33,2199	62,84449163	21,26715	30,8615	26,05439	15,69507	34,96864	50,93767	129,702015
2036	131,7287	133,3829766	73,08978	41,95917	27,05209812	19,08515	9,65207	12,83271	24,19977	82,28185	83,18045	82,99452452
2037	98,09049	89,01894468	31,90011	49,20046	24,18002297	16,06088	18,607	15,3559	28,28127	55,40801	71,18099	76,98128045
2038	88,23186	43,33066024	79,64802	49,77312	43,14574327	34,24137	15,4247	20,18622	33,82139	82,69131	80,48835	83,77825396
2039	112,9791	100,9368671	123,6141	48,08845	34,82614201	17,60084	15,8915	23,14539	15,78024	77,13587	135,4697	168,9099448
2040	80,20287	79,10223588	86,34517	46,63213	52,11508896	24,49324	21,2585	18,13956	16,83125	74,74549	158,6163	149,4297448
2041	67,09001	61,31251255	67,32799	41,50259	42,43919452	14,93995	4,8822	17,77507	28,12873	41,50453	61,21556	81,59395292
2042	101,9716	184,0427169	78,10004	54,19756	30,12188626	18,13086	19,0181	11,49026	31,93924	49,52396	90,00961	90,06435128
2043	82,24347	80,11430622	37,03893	81,25656	28,05578168	19,57365	18,8415	21,75354	23,51541	44,31222	117,7834	120,2059081
2044	95,20402	58,35487119	63,32771	43,58255	19,98575699	22,88145	23,5932	25,82304	15,11961	38,67982	85,0942	55,33582732
2045	84,81888	69,17369613	85,33585	56,7448	33,07728957	24,45172	19,0593	36,8118	31,12076	72,11439	55,56898	56,61015426

2046	52,16721	79,09539726	74,87081	60,39729	40,03148511	33,46495	20,0322	14,02869	72,59353	56,03709	158,8515	91,54696194
2047	88,90247	79,95090838	66,1875	74,80021	29,45666225	26,81434	16,6403	12,2919	36,52001	65,47676	125,0775	44,70539617
2048	45,14778	61,61159651	30,68395	70,51926	29,27425523	22,82434	27,9975	15,92759	8,441264	30,49495	73,9879	98,97203667
2049	67,47847	63,16301716	46,66137	41,70591	34,61561913	23,48185	16,9385	23,6121	15,4125	30,43739	84,31609	83,34305361
2050	89,58299	60,82777827	65,48329	71,86058	32,82215251	32,79759	11,973	23,7696	15,3607	35,00461	32,47363	46,95691517
2051	58,67416	24,69066686	61,99252	67,63317	39,62435372	26,36374	26,8049	27,60993	25,48136	60,79665	120,195	42,73097441
2052	74,1617	57,1239513	46,15871	38,22183	29,46434457	23,837	15,5761	11,33259	31,06723	62,80873	56,63811	59,99080429
2053	77,58555	77,09701485	55,16504	37,92343	29,59677489	27,6676	15,25	9,82214	37,36969	72,55082	37,29365	37,79917539
2054	56,04609	37,40445124	63,24559	76,04784	35,88938237	28,36082	35,2417	21,3876	33,7237	47,68757	94,01444	99,84769499
2055	52,49521	30,10553926	14,74792	28,14162	50,62773532	14,94788	10,9869	23,4402	29,79104	78,0973	80,29661	86,19126645
2056	76,33606	81,59363894	36,67648	56,9101	44,70071026	22,98668	11,2959	13,65393	23,20962	28,29605	66,88329	121,0339484
2057	80,58447	67,88717437	128,0902	85,34111	74,67084973	37,07136	20,7824	22,60187	17,71473	36,20518	102,8426	47,71066655
2058	106,5112	30,50872725	48,6539	71,05724	60,08466802	41,21744	5,02801	10,57858	19,61758	50,58189	70,46858	86,69027898
2059	114,7481	52,98306774	67,60284	34,36713	24,01793695	23,30039	18,2232	21,90336	33,18352	62,7885	68,59215	98,1035128
2060	122,1723	89,22784642	69,18398	52,62803	22,32402375	20,08777	14,8821	7,398447	34,50298	48,22012	76,04992	78,95233487
2061	40,03715	71,42387998	58,16775	68,05616	43,18517239	17,51778	24,8568	9,819243	37,88119	36,03641	78,79699	53,72932564
2062	113,3298	86,1180347	35,4	55,55059	14,69434681	22,38543	17,6248	16,66398	40,47711	120,0708	102,1997	38,87676878
2063	99,28056	68,42305029	33,06042	51,5407	26,4164009	30,79422	14,8635	18,05701	25,58102	122,3483	53,98718	91,1607131
2064	82,69076	52,26817373	55,7524	28,50028	36,51942937	18,97798	9,19057	13,81635	36,04345	80,46754	95,09629	51,6192177
2065	64,72517	33,05906593	74,05117	54,11706	44,79209232	32,93188	32,9324	15,68701	25,44932	43,75294	101,608	44,65835635
2066	91,02427	57,56631001	10,34294	28,20866	22,60870026	6,838721	30,6907	26,76523	17,2868	45,07945	47,54324	98,78950401

2067	98,37151	112,0249541	61,45872	49,0125	50,35794152	37,25221	28,6189	27,1962	38,48067	22,7109	56,90204	152,6227413
2068	100,9535	104,6481982	79,62952	76,95433	41,42079749	17,9374	35,1603	11,82072	16,63624	119,8534	97,04451	52,09682778
2069	39,8867	104,2469548	66,10079	56,8975	47,1060048	20,90981	25,3047	22,83524	41,06877	77,2104	39,52229	74,51906968
2070	82,82169	22,01075353	48,86255	28,0782	15,06939693	16,0142	8,90774	11,87417	43,97123	57,38468	111,2763	102,7868264
2071	73,64488	97,3753918	56,64398	67,2032	31,88967818	19,87136	11,1427	10,78643	28,0879	80,21238	105,0215	88,20185155
2072	50,55277	87,18860587	52,51027	61,04286	52,64274189	40,65855	11,5269	23,726	13,90595	48,06287	68,31865	42,5440318
2073	73,45456	95,87610435	53,76297	31,70952	32,39182544	21,87811	15,2573	15,39447	28,89821	38,08945	46,66911	54,26067382
2074	117,7162	59,51696298	73,47712	21,07148	40,07333736	48,76907	26,4164	48,03586	28,87946	39,13557	48,18313	65,01806905
2075	88,06189	53,8362113	47,6745	70,33258	19,68572304	32,72237	32,7366	28,81206	32,78373	82,5404	81,47327	30,90601115
2076	43,47021	96,82931668	56,48187	27,19125	22,4018637	27,23444	15,2564	22,90033	48,16065	53,86973	27,66144	86,27656082
2077	64,68232	36,37552602	47,07524	39,67645	31,84162861	27,50906	10,8073	20,10919	30,66832	72,94399	96,14345	106,1148204
2078	75,4057	72,36468065	41,22026	78,74579	22,44762571	25,05765	23,2219	24,99147	14,80148	39,34863	105,8554	68,47481944
2079	63,9547	46,41509055	88,74335	35,979	17,67686848	34,1412	21,5146	12,54959	27,7667	34,72984	66,4577	55,12955965
2080	54,78387	20,64806958	38,25948	18,92598	15,52992473	12,57088	17,6676	12,81806	29,1758	83,41539	70,65186	144,7347829
2081	49,52168	82,26616783	33,68347	59,81024	34,73221558	28,1621	30,6568	12,43334	17,27061	20,47582	133,8216	146,1215417
2082	74,67977	78,7140392	54,93994	21,74769	15,40716722	13,8865	12,4338	8,678726	28,37797	55,29436	56,48448	74,27390661
2083	48,19571	94,31189766	77,15966	40,13042	24,79585687	19,50226	12,4174	23,46724	15,12469	33,59603	52,20952	69,94477016
2084	85,54133	64,57326364	93,95825	34,3	15,37333021	13,58477	17,627	7,657095	29,94321	47,88371	76,50324	48,98648372
2085	91,90788	54,72437411	65,03935	66,15786	36,68087354	24,82011	9,17407	10,39542	35,6269	77,45141	94,94671	81,05157426
2086	82,4082	63,60949873	26,92663	42,15971	23,00547137	10,85557	37,2491	10,36508	34,39779	40,34867	55,96028	92,59353176
2087	48,76316	62,91694791	76,10075	62,66827	18,91520112	16,77002	11,8722	10,774	31,98353	51,80342	52,04227	42,67321383

2088	33,54504	37,63606005	66,66401	38,06096	43,56287638	24,97692	16,8383	9,259368	23,48083	125,1841	88,66354	54,95195725
2089	60,62142	54,84335978	26,75427	75,18647	36,33800748	12,3161	38,6996	14,54473	29,14343	88,46627	56,23896	120,8274196
2090	63,71094	122,3874112	78,23164	32,19969	24,96790595	17,97901	17,8155	9,158739	20,08795	39,9556	103,013	63,77672233
2091	100,1078	104,5564659	58,88805	18,89494	39,90619927	20,17922	20,968	14,84813	18,10043	57,83031	149,3219	56,47706454
2092	65,61722	101,3499454	72,6063	90,0705	57,82755836	39,91265	27,6181	24,07078	29,71475	142,4663	84,19705	86,12103967
2093	76,53265	51,73723722	31,88295	74,58665	19,63203854	33,42869	13,6568	14,67652	12,72391	46,00457	74,80934	49,3842733
2094	96,10454	59,65563919	32,79021	70,67816	20,79270418	14,96591	13,9933	17,7145	16,37279	63,27742	59,41228	57,59088785
2095	58,66521	62,04220431	38,93865	44,08544	11,30267605	26,61968	18,6431	19,90182	30,54105	47,09615	65,81755	69,71454073
2096	144,5532	56,97118873	71,25267	22,8653	19,59018643	29,43102	18,0263	7,060797	24,6266	49,78122	177,2317	63,87246965
2097	66,79348	46,87928225	33,47121	17,56874	32,6324322	15,13895	16,684	18,20087	61,44066	56,13367	84,59372	134,9882548
2098	83,0512	84,73182826	91,69276	70,77048	54,26421665	22,35171	28,216	28,40847	29,00817	48,13729	45,97375	77,06100647
2099	54,1512	99,49201615	35,6667	14,36552	17,86870881	12,22256	11,2652	12,20801	15,91778	83,56492	61,73193	47,05952848
2100	49,24315	43,17576579	11,30326	39,60713	12,37293377	6,304017	7,57188	8,384991	11,6009	17,71315	112,5065	46,87969518

Πίνακας 23: Αποτελέσματα μοντέλου Thornthwaite για την λεκάνη του Σπερχειού. Οι τιμές έχουν προσδιοριστεί για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 80mm και για το χρονικό διάστημα 2021-2050. Παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της πραγματικής και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες τιμές της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, του πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή.

Μήνας	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	ROtotal
Ιανουάριος	22	77,9	52	80	22	0	0	122	77,6
Φεβρουάριος	24,9	80,5	51,6	80	24,9	0	0	51,6	66,7
Μάρτιος	36	64,4	25,1	80	36	0	0	25,1	47,1
Απρίλιος	54,6	63,2	5,4	80	54,6	0	0	5,4	27,8
Μάιος	92,8	32,5	-61,9	18,1	92,8	0	0	0	14
Ιούνιος	137,7	22,8	-116	0	39,7	98	0	0	7,3
Ιούλιος	152,3	14,9	-138,1	0	14,2	138,1	0	0	3,8
Αύγουστος	126,3	26	-101,6	0	24,7	101,6	0	0	2,8
Σεπτέμβριος	82,3	17,9	-65,3	0	17	65,3	0	0	1,7
Οκτώβριος	48,9	79,6	26,7	26,7	48,9	0	0	0	4,4
Νοέμβριος	27,6	111,4	78,3	80	27,6	0	0	25	18,3
Δεκέμβριος	21,9	116,9	89,2	80	21,9	0	0	89,2	56,8

Πίνακας 24: Αποτελέσματα μοντέλου Thornthwaite για την λεκάνη του Σπερχειού. Οι τιμές έχουν προσδιοριστεί για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 150mm και για το χρονικό διάστημα 2021-2050. Παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της πραγματικής και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες τιμές της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, του πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή.

Μήνας	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	ROtotal
Ιανουάριος	22	77,9	52	150	22	0	0	52	42,6
Φεβρουάριος	24,9	80,5	51,6	150	24,9	0	0	51,6	49,2
Μάρτιος	36	64,4	25,1	150	36	0	0	25,1	38,4
Απρίλιος	54,6	63,2	5,4	150	54,6	0	0	5,4	23,5
Μάιος	92,8	32,5	-61,9	88,1	92,8	0	0	0	11,8
Ιούνιος	137,7	22,8	-116	19,9	89,8	47,9	0	0	6,2
Ιούλιος	152,3	14,9	-138,1	1,6	32,5	119,8	0	0	3,3

Αύγουστος	126,3	26	- 101,6	0,5	25,8	100,6	0	0	2,6
Σεπτέμβριος	82,3	17,9	-65,3	0,3	17,2	65,1	0	0	1,5
Οκτώβριος	48,9	79,6	26,7	27	48,9	0	0	0	4,3
Νοέμβριος	27,6	111,4	78,3	105,3	27,6	0	0	0	5,7
Δεκέμβριος	21,9	116,9	89,2	150	21,9	0	0	44,5	28,2

Πίνακας 25: Αποτελέσματα μοντέλου Thornthwaite για την λεκάνη του Σπερχειού. Οι τιμές έχουν προσδιοριστεί για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 200mm και για το χρονικό διάστημα 2021-2050. Παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της πραγματικής και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες τιμές της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, του πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή.

Μήνας	PET	P	P- PET	Soil Moisture	AET	PET- AET	Snow Storage	Surplus	ROtotal
Ιανουάριος	22	77,9	52	200	22	0	0	2	17,6
Φεβρουάριος	24,9	80,5	51,6	200	24,9	0	0	51,6	36,7
Μάρτιος	36	64,4	25,1	200	36	0	0	25,1	32,1
Απρίλιος	54,6	63,2	5,4	200	54,6	0	0	5,4	20,3
Μάιος	92,8	32,5	-61,9	138,1	92,8	0	0	0	10,2
Ιούνιος	137,7	22,8	-116	58	101,8	35,9	0	0	5,4
Ιούλιος	152,3	14,9	- 138,1	17,9	54,2	98,1	0	0	2,9
Αύγουστος	126,3	26	- 101,6	8,8	33,8	92,5	0	0	2,4
Σεπτέμβριος	82,3	17,9	-65,3	5,9	19,9	62,4	0	0	1,4
Οκτώβριος	48,9	79,6	26,7	32,7	48,9	0	0	0	4,2
Νοέμβριος	27,6	111,4	78,3	110,9	27,6	0	0	0	5,7
Δεκέμβριος	21,9	116,9	89,2	200	21,9	0	0	0,1	6

Πίνακας 26: Αποτελέσματα μοντέλου Thornthwaite για την λεκάνη του Σπερχειού. Οι τιμές έχουν προσδιοριστεί για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 250mm και για το χρονικό διάστημα 2021-2050. Παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της πραγματικής και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες τιμές της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, του πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή.

Μήνας	PET	P	P- PET	Soil Moisture	AET	PET- AET	Snow Storage	Surplus	ROtotal
Ιανουάριος	22	77,9	52	202	22	0	0	0	16,6

Φεβρουάριος	24,9	80,5	51,6	250	24,9	0	0	3,6	12,2
Μάρτιος	36	64,4	25,1	250	36	0	0	25,1	19,9
Απρίλιος	54,6	63,2	5,4	250	54,6	0	0	5,4	14,2
Μάιος	92,8	32,5	-61,9	188,1	92,8	0	0	0	7,1
Ιούνιος	137,7	22,8	-116	100,8	109	28,7	0	0	3,9
Ιούλιος	152,3	14,9	-138,1	45,1	69,8	82,4	0	0	2,1
Αύγουστος	126,3	26	-101,6	26,8	43	83,3	0	0	2
Σεπτέμβριος	82,3	17,9	-65,3	19,8	24	58,3	0	0	1,2
Οκτώβριος	48,9	79,6	26,7	46,5	48,9	0	0	0	4,2
Νοέμβριος	27,6	111,4	78,3	124,8	27,6	0	0	0	5,7
Δεκέμβριος	21,9	116,9	89,2	214	21,9	0	0	0	5,9

Πίνακας 27: Αποτελέσματα μοντέλου Thornthwaite για την λεκάνη του Σπερχειού, Οι τιμές έχουν προσδιοριστεί για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 80mm και για το χρονικό διάστημα 2071-2100, Παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της πραγματικής και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες τιμές της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, του πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή.

Μήνας	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	ROtotal
Ιανουάριος	24,6	68,9	40,8	80	24,6	0	0	110,8	71,6
Φεβρουάριος	27,9	69,2	37,8	80	27,9	0	0	37,8	56,4
Μάρτιος	40,7	49,8	6,7	80	40,7	0	0	6,7	32,3
Απρίλιος	60,9	49	-14,3	65,7	60,9	0	0	0	17,4
Μάιος	108,4	24,8	-84,9	0	89,2	19,2	0	0	8,7
Ιούνιος	159,7	22,7	-138,2	0	21,5	138,2	0	0	4,9
Ιούλιος	184,5	13,9	-171,3	0	13,2	171,3	0	0	2,6
Αύγουστος	150,4	22,6	-129	0	21,4	129	0	0	2,1
Σεπτέμβριος	94,4	17,9	-77,4	0	17	77,4	0	0	1,4
Οκτώβριος	55,2	69,7	11	11	55,2	0	0	0	3,7
Νοέμβριος	31,9	95,9	59,2	70,2	31,9	0	0	0	4,9
Δεκέμβριος	25	95,1	65,3	80	25	0	0	55,5	32,5

Πίνακας 28: Αποτελέσματα μοντέλου Thornthwaite για την λεκάνη του Σπερχειού. Οι τιμές έχουν προσδιοριστεί για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 150mm και για το χρονικό διάστημα 2071-2100. Παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της πραγματικής και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες τιμές της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, του πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή.

Μήνας	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	ROtotal
Ιανουάριος	24,6	68,9	40,8	150	24,6	0	0	40,8	36,6
Φεβρουάριος	27,9	69,2	37,8	150	27,9	0	0	37,8	38,9
Μάρτιος	40,7	49,8	6,7	150	40,7	0	0	6,7	23,6
Απρίλιος	60,9	49	-14,3	135,7	60,9	0	0	0	13
Μάιος	108,4	24,8	-84,9	58,9	100,3	8,1	0	0	6,5
Ιούνιος	159,7	22,7	-138,2	4,6	75,8	83,9	0	0	3,8
Ιούλιος	184,5	13,9	-171,3	0	17,8	166,7	0	0	2
Αύγουστος	150,4	22,6	-129	0	21,4	129	0	0	1,8
Σεπτέμβριος	94,4	17,9	-77,4	0	17	77,4	0	0	1,2
Οκτώβριος	55,2	69,7	11	11	55,2	0	0	0	3,6
Νοέμβριος	31,9	95,9	59,2	70,2	31,9	0	0	0	4,9
Δεκέμβριος	25	95,1	65,3	135,5	25	0	0	0	4,8

Πίνακας 29: Αποτελέσματα μοντέλου Thornthwaite για την λεκάνη του Σπερχειού. Οι τιμές έχουν προσδιοριστεί για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 200mm και για το χρονικό διάστημα 2071-2100. Παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της πραγματικής και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες τιμές της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, του πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή.

Μήνας	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	ROtotal
Ιανουάριος	24,6	68,9	40,8	190,8	24,6	0	0	0	16,1
Φεβρουάριος	27,9	69,2	37,8	200	27,9	0	0	28,6	24,1
Μάρτιος	40,7	49,8	6,7	200	40,7	0	0	6,7	16,2
Απρίλιος	60,9	49	-14,3	185,7	60,9	0	0	0	9,3
Μάιος	108,4	24,8	-84,9	106,9	102,4	6,1	0	0	4,7
Ιούνιος	159,7	22,7	-138,2	33	95,4	64,4	0	0	2,8
Ιούλιος	184,5	13,9	-171,3	4,7	41,5	143,1	0	0	1,5

Αύγουστος	150,4	22,6	-129	1,7	24,5	125,9	0	0	1,6
Σεπτέμβριος	94,4	17,9	-77,4	1	17,6	76,8	0	0	1,1
Οκτώβριος	55,2	69,7	11	12,1	55,2	0	0	0	3,6
Νοέμβριος	31,9	95,9	59,2	71,2	31,9	0	0	0	4,8
Δεκέμβριος	25	95,1	65,3	136,5	25	0	0	0	4,8

Πίνακας 30: Αποτελέσματα μοντέλου Thornthwaite για την λεκάνη του Σπερχειού. Οι τιμές έχουν προσδιοριστεί για υγρασία κορεσμού του εδάφους ίση με 250mm και για το χρονικό διάστημα 2071-2100. Παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της πραγματικής και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, οι μέσες μηνιαίες τιμές της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας, του πλεόνασμα ύδατος και η μέση μηνιαία επιφανειακή απορροή.

Μήνας	PET	P	P-PET	Soil Moisture	AET	PET-AET	Snow Storage	Surplus	ROtotal
Ιανουάριος	24,6	68,9	40,8	190,8	24,6	0	0	0	16,1
Φεβρουάριος	27,9	69,2	37,8	228,6	27,9	0	0	0	9,8
Μάρτιος	40,7	49,8	6,7	235,3	40,7	0	0	0	5,7
Απρίλιος	60,9	49	-14,3	221,8	60,1	0,8	0	0	4
Μάιος	108,4	24,8	-84,9	146,5	98,9	9,6	0	0	2
Ιούνιος	159,7	22,7	-138,2	65,5	102,5	57,2	0	0	1,5
Ιούλιος	184,5	13,9	-171,3	20,6	58,1	126,4	0	0	0,9
Αύγουστος	150,4	22,6	-129	10	32,1	118,3	0	0	1,2
Σεπτέμβριος	94,4	17,9	-77,4	6,9	20,1	74,3	0	0	0,9
Οκτώβριος	55,2	69,7	11	17,9	55,2	0	0	0	3,5
Νοέμβριος	31,9	95,9	59,2	77,1	31,9	0	0	0	4,8
Δεκέμβριος	25	95,1	65,3	142,4	25	0	0	0	4,8