

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΑΠΩΛΕΙΑΣ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΠΛΑΣΤΗΡΑ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

Καραγιώργος Κ.¹, Αναστασιάδης Σ.², Μάρης Φ.³

¹Δασολόγος, Μεταπτυχιακός Φοιτητής, Τμήμα Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος & Φυσικών Πόρων, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, 193 Πανταζίδου, 68200, Νέα Ορεστιάδα, Ελλάδα, kkaragio@fmenr.duth.gr

²Δασολόγος, Μεταπτυχιακός Φοιτητής, Τμήμα Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος & Φυσικών Πόρων, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, 193 Πανταζίδου, 68200, Νέα Ορεστιάδα, Ελλάδα, sanastas@fmenr.duth.gr

³Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος & Φυσικών Πόρων, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, 193 Πανταζίδου, 68200, Νέα Ορεστιάδα, Ελλάδα, fmaris@fmenr.duth.gr

Περίληψη

Η προστασία της τεχνηκής λίμνης Πλαστήρα απαιτεί την διατήρηση της υψηλής ποιότητας του φυσικού τοπιού, της ικανοποιητικής ποιότητας νερού και τη διευθέτηση των χρήσεων νερού με ορθολογικές αρχές διευθέτησης. Η δημιουργία του ταμιευτήρα έγινε μετά την κατασκευή τοξωτού φράγματος από σκυρόδεμα στον παραπόταμο Ταυρωπό (Μεγδόβα) του Αχελώου ποταμού κατά την περίοδο 1956-1962. Σκοπός της έρευνας αυτής είναι η εκτίμηση της εδαφικής απώλειας των λεκανών απορροής της τεχνητής λίμνης Πλαστήρα με βάση την παγκόσμια εξίσωση απώλειας εδάφους (Universal Soil Loss Equation) και τη χρήση Συστήματος Γεωγραφικής Πληροφορίας (ΣΓΠ) καθώς και η αξιολόγηση της λειτουργίας της λίμνης. Η εδαφική απώλεια στις σημαντικότερες ορεινές λεκάνες απορροής της λίμνης είναι περίπου 55500 tn/a και επηρεάζουν άμεσα την εύρυθμη λειτουργία της.

SOIL LOSS EVALUATION IN THE WATERSHED OF PLASTIRA USING GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS

Karagiorgos K.¹, Anastasiadis S.², Maris F.³

¹Forester, Democritus University of Thrace. Department of Forestry and Environmental Management and Natural Resources, 193 Pantazidou, 68200, Orestiada, Greece, kkaragio@fmenr.duth.gr

²Forester, Democritus University of Thrace. Department of Forestry and Environmental Management and Natural Resources, 193 Pantazidou, 68200, Orestiada, Greece, sanastas@fmenr.duth.gr

³Assistant Professor, Democritus University of Thrace. Department of Forestry and Environmental Management and Natural Resources, 193 Pantazidou, 68200, Orestiada, Greece, fmaris@fmenr.duth.gr

Abstract

The protection of the artificial lake Plastira requires the conservation in high degree of the quality of natural landscape, satisfactory quantity and quality of water, regulation of contradictory demands and uses of water with national regulations regulation. The Plastira lake formed after the construction of the arch (concrete) dam in the Tauropo (Megdoba) river 1956-1962, which is one of the main tributaries of the Acheloos river. The aim of this research is to estimate the soil loss from the basins drained into the artificial lake of Plastira, with the use of the world equation of soil loss (Universal Soil Loss Equation) and the appropriate tools of GIS. The soil loss of the major mountain watersheds of the Plastira lake

is approximately 55500 tn/a and directly affect the proper functioning of the lake.

Λέξεις κλειδιά: Λεκάνη απορροής, φράγμα, παγκόσμια εξίσωση εδαφικής απώλειας, επιφανειακή διάβρωση, σύστημα γεωγραφικής πληροφορίας.

Key words: Watershed, dam, Universal soil loss equation, Geographical Information System, surface erosion.

1. Εισαγωγή

Η τεχνητή λίμνη «Πλαστήρα» δημιουργήθηκε με την κατασκευή τοξωτού φράγματος από σκυρόδεμα στον παραπόταμο Ταυρωπό (Μεγδόβα) του ποταμού Αχελώου κατά την περίοδο 1956-1962. Η λίμνη ονομάστηκε επισήμως τεχνητή λίμνη «Ταυρωπού», ενώ αναφέρεται κατά τόπους και ως λίμνη Μένδοβα, αλλά επικράτησε σιγά-σιγά η ονομασία λίμνη «Πλαστήρα», η οποία τελικά επικράτησε και στα δημόσια έγγραφα.

Η λίμνη έχει μέγιστο μήκος 14 km, μέγιστο πλάτος 4 km, μέγιστο βάθος 60 m και χωρητικότητα 400000000 m³ σε συνολική επιφάνεια 24.000 m². Με ειδικό αγωγό, το νερό της λίμνης μεταφέρεται από το υψόμετρο των 700 m χαμηλά προς τον κάμπο δίνοντας κίνηση στο υδροηλεκτρικό εργοστάσιο της ΔΕΗ, ισχύος 40 MWH την εβδομάδα.

Στα πλαίσια της αειφορικής διαχείρισης των λεκανών απορροής της λίμνης απαιτείται η αξιολόγηση του συνόλου των δασοτεχνικών έργων κατά λεκάνη απορροής και η εκτίμηση της επιφανειακής διάβρωσης με την εξίσωση USLE και την ενσωμάτωση των γεωγραφικών δεδομένων μέσα από την συνεργασία τους με Συστήματα Γεωγραφικής Πληροφορίας (ΣΓΠ) σε κάθε μια από αυτές. Η χρήση των ΣΓΠ δίνει την δυνατότητα προσομοίωσης στοιχείων του γεωγραφικού χώρου. Ταυτόχρονα, επιτυγχάνεται η σύνδεση της γεωγραφικής πληροφορίας με βάση δεδομένων και η ποσοτική εκτίμηση της χωρικής κατανομής όλων των μεταβλητών, που εμπλέκονται στην εκτίμηση της επιφανειακής διάβρωσης.

Σκοπός της εργασίας, είναι η εκτίμηση της επιφανειακής διάβρωσης από υδρομετεωρολογικά και γεωγραφικά δεδομένα, καθώς και ο επιμερισμός της διάβρωσης στις ανάτη υπολεκάνες. Για το σκοπό αυτό συνδυάστηκε η παγκόσμια εξίσωση απώλειας εδάφους (Universal Soil Loss Equation) με τα Συστήματα Γεωγραφικής Πληροφορίας.

Η περιοχή εφαρμογής του μοντέλου είναι οι πέντε σημαντικότερες λεκάνες απορροής των χειμαρρικών ρευμάτων της τεχνητής λίμνης «Πλαστήρα». Η συνολική λεκάνη έχει έκταση 92,4 km² και παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον από πλευράς υδατικών πόρων.

2. Περιοχή Έρευνας

Η Περιοχή μελέτης ορίζεται από τη λεκάνη απορροής της τεχνητής λίμνης «Πλαστήρα», η οποία βρίσκεται 18 km δυτικά της πόλης Καρδίτσας και δημιουργήθηκε με την κατασκευή τοξωτού φράγματος από σκυρόδεμα στον παραπόταμο Ταυρωπό (Σχήμα 1). Το υδρογραφικό δίκτυο της τεχνητής λίμνης Πλαστήρα περιλαμβάνει πέντε σημαντικά χειμαρρικά ρεύματα (Πίνακας 1, Χάρτης 2).

Πίνακας 1. Τα μορφομετρικά και υδρογραφικά χαρακτηριστικά των λεκανών απορροής

α/α	Όνομασία ρεύματος	χειμαρρικού	H _{min}	H _{max}	DH	L	F
						(km)	(km ²)
1	Καριτσιώτης		800	1900	1100	11,69	51,5
2	Νεοχώριο		800	1200	400	2,85	3,47
3	Μπεζάγιας		800	1300	500	3,65	4,2
4	Μεγ. Ποτάμι		800	1800	1000	9,81	26,49
5	Κερασιώτη		800	1300	500	4,48	6,74

Όπου H_{min} : το ελάχιστο υψόμετρο κεντρικής κοίτης, H_{max} : το μέγιστο υψόμετρο κεντρικής κοίτης, DH : η υψομετρική διαφορά κεντρικής κοίτης, L : το συνολικό μήκος κεντρικής κοίτης, F : το εμβαδόν υπολεκάνης



Σχήμα 1. Η περιοχή έρευνας στην Ελλάδα

3. Δεδομένα - Υλικά

Τα δεδομένα, που χρησιμοποιήθηκαν, για την υλοποίηση της εφαρμογής διακρίνονται σε γεωγραφικά και υδρομετεωρολογικά. Στα γεωγραφικά περιλαμβάνονται η δημιουργία του ψηφιακού μοντέλου ανάγλυφου της λεκάνης απορροής (Digital Terrain Model – DTM), η θέση του μετεωρολογικού σταθμού, οι χρήσεις γης, η γεωλογία της λεκάνης και το υδρογραφικό δίκτυο των ορεινών λεκανών απορροής των χειμαρρικών ρευμάτων της τεχνητής λίμνης Πλαστήρα. Τα υδρομετεωρολογικά δεδομένα περιλαμβάνουν τις μηνιαίες τιμές κατακρήμνισης του μετεωρολογικού σταθμού Μούχα, ο οποίος βρίσκεται κοντά στο νότιο άκρο της λίμνης σε υψόμετρο 870 m και γεωγραφικό πλάτος $39^{\circ}18'$, γεωγραφικό μήκος $21^{\circ}78'$. Ο σταθμός λειτουργεί από το 1965, υπό την εποπτεία της Δημόσιας Υπηρεσίας Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ) και μπορεί να θεωρηθεί αντιπροσωπευτικός λόγω της γεινίαση του σταθμού με την τεχνητή λίμνη (πίνακας 2).

Πίνακας 2. Μέσο μηνιαίο ύψος βροχής Μ.Σ. Μούχας για την περίοδο 1961-1981

Μήνας	Ύψος βροχής	Μήνας	Ύψος βροχής
Ιανουάριος	188.9	Ιούλιος	13.8
Φεβρουάριος	148.0	Αύγουστος	25.2
Μάρτιος	143.6	Σεπτέμβριος	61.9
Απρίλιος	115.0	Οκτώβριος	150.0
Μάιος	67.7	Νοέμβριος	171.9
Ιούνιος	39.2	Δεκέμβριος	215.2
Μέσο ετήσιο ύψος βροχής		1340.40 mm	

4. Μέθοδος Έρευνας

4.1. Γενικά - Η Παγκόσμια Εξίσωση Εδαφικής Απώλειας

Η παγκόσμια εξίσωση εδαφικής απώλειας εφαρμόζεται συνήθως, όπου θέλουμε να εκτιμήσουμε την εδαφική απώλεια λόγω επιφανειακής διάβρωσης και δεν υπάρχουν στοιχεια μετρήσεων. Σαν εδαφική απώλεια ονομάζουμε την διαφορά του εδαφικού υλικού, που διαβρώθηκε, μείον την ποσότητα, που αποτέθηκε στην ίδια θέση και όλα αυτά σε

συγκεκριμένο χρόνο.

Η Παγκόσμια Εξίσωση Εδαφικής Απώλειας έχει ως εξής (Wischmeier , Smith, 1978) :

$$A = R * K * LS * C * P$$

όπου :

- A : Εδαφική απώλεια σε t/ha/έτος
- R : Συντελεστής διαβρωτικότητας βροχής
- K : Συντελεστής διαβρωσιμότητας εδάφους
- LS : Συντελεστής ανάγλυφου
- C : Συντελεστής φυτοκάλυψης
- P : Συντελεστής ελέγχου διάβρωσης

Με την εξίσωση αυτή δίνεται η δυνατότητα να εκτιμηθεί κατά προσέγγιση η μέση ετήσια εδαφική απώλεια σε καλλιεργήσιμες ή μη εκτάσεις.

5. Αποτελέσματα έρευνας

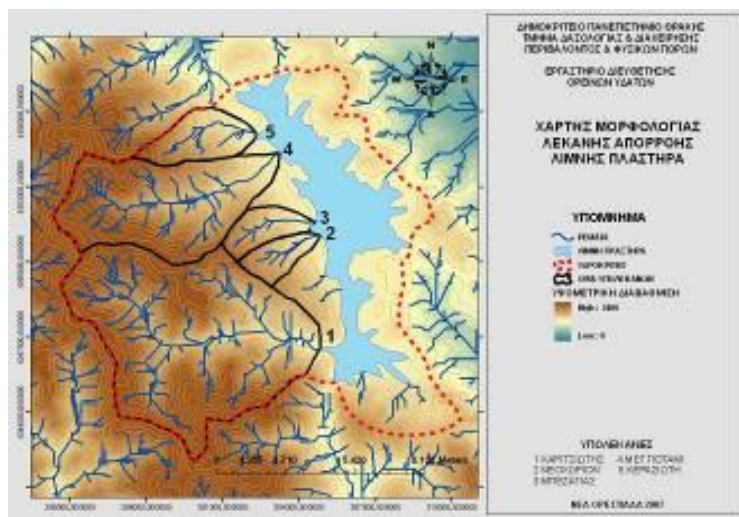
5.1. Εφαρμογή της παγκόσμιας εξίσωσης εδαφικής απώλειας στην λεκάνη απορροής

5.1.1. Εμβαδομέτρηση της λεκάνης απορροής

Η συνολική λεκάνη απορροής, όπως υπολογίστηκε με τη χρήση της εντολής Areas, έχει εμβαδόν 92,4 km². Περιλαμβάνει τις υπολεκάνες πέντε χειμαρρικών ρεμάτων. Το σημαντικότερο από αυτά είναι ο χειμαρρος Καριτσιώτης . Με αντίστοιχο τρόπο καθορίστηκαν τα μήκη της κεντρικής κοίτης των ρεμάτων (πίνακας 1).

Τέλος, έγινε ψηφιοποίηση των χαρτών με το ArcGIS και υπολογίστηκε η μέση κλίση των μισαγγειών (πίνακας 3) συμφωνά με τον τύπο : $J = \frac{\Delta H \cdot \Sigma I}{F}$, όπου J : κλίση μισαγγειών ,

ΔΗ: ισοδιάσταση χωροσταθμικών καμπύλων, ΣΙ: το άθροισμα των μηκών όλων των χωροσταθμικών καμπύλων, F: εμβαδόν υπολεκάνης.



Χάρτης 1. Χάρτης Υδρογραφικού Δικτύου Λεκάνης Απορροής Λίμνης Πλαστήρα

Πίνακας 3. Κλίσεις των Λεκανών απορροής της Λίμνης Πλαστήρα

7,5	Όνομασία χειμαρρικού ρεύματος	Κλίση (%)
1	Καρισιώτης	57,56
2	Νεοχώριο	12,63
3	Μπεζάγιας	16,13
4	Μεγάλο Ποτάμι	44,67
5	Κερασιώτη	31,84

5.1.2. Υπολογισμός συντελεστή φυτοκάλυψης C

Ο συντελεστής φυτοκάλυψης στις πέντε υπολεκάνες απορροής της περιοχής έρευνας καθορίστηκαν με βάση το χάρτη χρήσεων γης του έτους 2000.

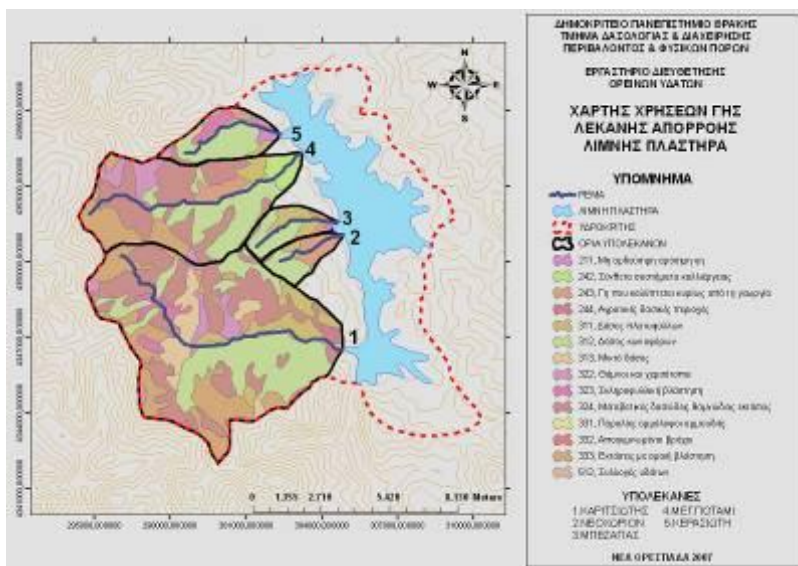
Οι τιμές του συντελεστή εδαφοκάλυψης των πέντε λεκανών απορροής δίνονται στον πίνακα 4.

5.1.3. Υπολογισμός συντελεστή αναγλύφου LS

Με χρήση του προγράμματος ArcGis υπολογίσαμε τον συντελεστή αναγλύφου για κάθε υπολεκάνη (πίνακας 4). Ο συντελεστής τοπογραφίας του εδάφους είναι διαφορετικός για κάθε λεκάνη και υπολογίζεται σύμφωνα με το τύπο των Mitchell και Bubbenzer, 1980.

$$LS = \left(\frac{\lambda}{22,13} \right)^m * (0,065 + 0,045 * S + 0,065 * S)$$

Όπου λ: το μήκος κλιτύος, S: η κλίση της κλιτύος, m: ο εκθέτης ανάλογος της κλίσης (0,5 για τις υπό μελέτη περιοχές).



Χάρτης 2. Χάρτης Χρήσεων Γης Λεκάνης Απορροής Λίμνης Πλαστήρα

5.1.4. Υπολογισμός συντελεστή διαβρωτικότητας βροχής R

Από τα στοιχεία, που προκύπτουν από το μετεωρολογικό σταθμό της Δ.Ε.Η., που βρίσκεται στην περιοχή Πλαστήρα προκύπτει, ότι το μέσο ετήσιο ύψος βροχής είναι 1340,40 mm.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή R (σαν συνάρτηση της έντασης και της κινητικής ενέργειας των μεμονωμένων βροχών ενός έτους, που μπορούν να προκαλέσουν διάβρωση στο έδαφος) είναι απαραίτητη η χρήση των βροχογραφημάτων. Επειδή δεν υπήρχαν διαθέσιμα βροχογραφήματα, χρησιμοποιήθηκε η εμπειρική εξίσωση παλινδρόμησης (Schwertmann et al. ,1990):

$$R=0,083*N - 1,77$$

Όπου R: σε (N/hour) , N: το μέσο ετήσιο ύψος βροχής σε (mm)

Έτσι υπολογίστηκε R=109,48

5.1.5. Υπολογισμός συντελεστή διαβρωσιμότητας εδάφους K

Με χρήση του προγράμματος ArcGis υπολογίσαμε τον συντελεστή διαβρωσιμότητας για κάθε υπολεκάνη (πίνακας 4). Στην περιοχή έρευνας κυριαρχούν οι ασβεστόλιθοι και οι σχιστολιθικοί σχηματισμοί.

5.1.6. Συντελεστής ελέγχου διάβρωσης P

Ο συντελεστής P ονομάζεται συντελεστής ελέγχου διάβρωσης και εκφράζει το μέτρο της ανθρώπινης παρέμβασης για την προστασία από την διάβρωση. Για την παρούσα εργασία ο συντελεστής P λαμβάνεται ίσος με 0,85 διότι έχουν υλοποιηθεί μέτρα προστασίας από την αξονική διάβρωση φραγμάτων στερέωσης στις κεντρικές κοίτες των υπολεκανών απορροής.

5.2. Υπολογισμός της εδαφικής απώλειας με την χρήση της USLE

Μετά την εφαρμογή της εξίσωσης της USLE με την βοήθεια των συντελεστών της, οι τιμές των οποίων παρουσιάζονται στον πίνακα 4, προέκυψε η απώλεια του εδάφους στις πέντε σημαντικότερες υπολεκάνες της λεκάνης απορροής της τεχνητής λίμνης (πίνακας 5).

Στην συνολική διάβρωση της λεκάνης απορροής θα πρέπει να προσθέσουμε και την διάβρωση των οχθών των χειμάρρων, η οποία εκτιμάται εμπειρικά σαν ποσοστό 20% της επιφανειακής διάβρωσης (Roehl, 1962).

Τελικά η διάβρωση της λεκάνης απορροής είναι το άθροισμα της επιφανειακής διάβρωσης και της διάβρωσης των υδατορευμάτων (πίνακας 5), δηλαδή:

$$\Sigma A_{ολ}=\Sigma A+0,2*\Sigma A \text{ (σε t/a)}$$

Πίνακας 4. Πίνακας τιμών συντελεστών USLE

α/α	Όνομασία χειμαρρικού ρεύματος	R	K	C	LS	P
1	Καριτσιώτης	109,48	0,325	0,001147	57,56	0,85
2	Νεοχώριο	109,48	0,425	0,005449	12,63	0,85
3	Μπεζάγιας	109,48	0,385	0,0049831	16,13	0,85
4	Μεγάλο Ποτάμι	109,48	0,363	0,001083	44,67	0,85
5	Κερασιώτη	109,48	0,352	0,0084452	31,84	0,85

Πίνακας 5. Πίνακας τιμών απώλειας εδάφους σύμφωνα με την εξίσωση της USLE

α/α	Όνομασία χειμαρρικού ρεύματος	F (km ²)	F (0,1*ha)	A (t/0,1*ha/a)	A (t/a)	ΣΑ (t/a)
1	Καριτσιώτης	51,5	51 500	1,99	102833	123399
2	Νεοχώριο	3,47	3 470	2,72	9444	11333
3	Μπεζάγιας	4,2	4 200	2,87	12094	14513
4	Μεγάλο Ποτάμι	26,49	26 490	1,63	43290	51948
5	Κερασιώτη	6,74	6 740	8,80	59366	71239

5.3. Υπολογισμός βαθμού στερεοπαροχής DR

Το ποσοστό των παραγόμενων φερτών υλών που φθάνει σε ετήσια βάση στην έξοδο της λεκάνης απορροής λέγεται βαθμός στερεοπαροχής .

Σύμφωνα με την εφαρμογή της μεθόδου υπολογισμού του βαθμού στερεοπαροχής DR υπολογίστηκαν οι τιμές DR1, DR2 και τελικά DR για κάθε χειμαρρικό ρεύμα, οι οποίες παρατίθενται στον πίνακα 6, που ακολουθεί.

Τελικά ο βαθμός DR στερεοπαροχής δίνεται από τον τύπο:

$$DR = (DR_1 + DR_2) / 2$$

Στην συνέχεια έγινε εφαρμογή της εξίσωσης.

Πίνακας 6. Πίνακας τιμών βαθμού στερεοπαροχής DR κάθε χειμαρρικού ρεύματος

Όνομασία χειμαρρικού ρεύματος	H _{min}	H _{max}	DH	L (km)	F (km ²)	DR ₁ %	DR ₂ %	DR %	DR
Καριτσιώτης	800	1900	1100	11,69	51,5	35,48	0,04	17,76	0,17
Νεοχώριο	800	1200	400	2,85	3,47	52,03	0,05	26,04	0,26
Μπεζάγιας	800	1300	500	3,65	4,2	50,64	0,05	25,34	0,25
Μεγ. Ποτάμι	800	1800	1000	9,81	26,49	38,99	0,04	19,51	0,19
Κερασιώτη	800	1300	500	4,48	6,74	47,35	0,04	23,70	0,23

Οι υπολογισμοί αυτοί είναι ιδιαίτερα σημαντικοί, διότι θα μας δώσουν την εκτίμηση του όγκου φερτών υλών που θα μεταφερθούν στην έξοδο της λεκάνης απορροής κάθε χειμαρρικού ρεύματος (πίνακας 7). Ο όγκος αυτός των φερτών υλών είναι αυτός, που δημιουργεί, και πιθανόν να δημιουργήσει προβλήματα στην ομαλή λειτουργία της λίμνης.

Πίνακας 7. Πίνακας τιμών βαθμού στερεοπαροχής DR κάθε χειμαρρικού ρεύματος

α/α	Όνομασία χειμαρρικού ρεύματος	ΣΑ(t/a)	DR	Σύνολο (t/a)
1	Καριτσιώτης	123399	0,17	21918
2	Νεοχώριο	11333	0,26	2951
3	Μπεζάγιας	14513	0,25	3678
4	Μεγάλο Ποτάμι	51948	0,19	10139
5	Κερασιώτη	71239	0,23	16883

6. Συμπεράσματα – Προτάσεις

Η τεχνητή λίμνη του φράγματος Πλαστήρα εμφανίζει σημαντικά προβλήματα πρόσχωσης λόγω διάβρωσης στις ορεινές λεκάνες απορροής της (Κουτσογιάννης Δ., 1986, Μιμίκου Μ., 1982). Οι σημαντικές κλίσεις και οι συμπαγείς πετρολογικοί σχηματισμοί, που κυριαρχούν στις ορεινές λεκάνες απορροής της λίμνης δημιουργούν συνθήκες, οι οποίες ευνοούν την επιφανειακή διάβρωση και εδαφική απώλεια παρά το αρκετά καλό ποσοστό δάσωσης.

Τρεις χειμάρροι στην δυτική ακτή της λίμνης εμφανίζουν σημαντική παραγωγή φερτών υλών. Αυτά είναι τα χειμαρρικά ρέματα Καρισιώτης με παραγωγή 21918 tn/a, Κερασιώτης 16883 tn/a και Μεγάλο Ποτάμι 10139 tn/a,. Στους χειμάρρους αυτούς έχουν υλοποιηθεί έργα διευθέτησης και σταθεροποίησης σε μικρή κλίμακα. Πρέπει να κατασκευαστούν συμπληρωματικά, όπου απαιτούνται, τόσο τεχνικά επί της κεντρικής κοίτης αλλά και φυτοτεχνικά για την σταθεροποίηση των πρανών στο σύνολο της ορεινής τους λεκάνης. Ταυτόχρονα πρέπει να διατηρηθεί το καλό ποσοστό δασοκάλυψης του συνόλου των λεκανών και να αυξηθεί όπου αυτό είναι εφικτό.

Καταλήγοντας συμπεραίνουμε, ότι η τεχνητή λίμνη Πλαστήρα δεν απειλείται άμεσα από την δράση των χειμάρρων της, με απαραίτητη προϋπόθεση, όμως τη διατήρηση των σημαντικών ποσοστών δασοκάλυψης των ορεινών λεκανών απορροής της. Η χωρητικότητα όμως του ταμιευτήρα έχει μειωθεί σε σημαντικό βαθμό λόγω της πρόσχωσης. Απαιτούνται λοιπόν συνεχείς και συστηματικές βυθομετρήσεις έτσι ώστε να σχηματιστεί σαφής εικόνα για την μελλοντική εύρυθμη λειτουργία του.

Βιβλιογραφία

Γιακουμάκης Σ. και Τσακίρης Γ., 1992: «Μοντελοποίηση της εδαφικής διάβρωσης στο βόρειο τμήμα της υδρολογικής λεκάνης του Μόρνου», 5ο Πανελλήνιο συνέδριο Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης, Λάρισα, Νοέμβριος 1992.

Κωτούλας Δ., 2001: Διευθετήσεις Χειμαρρικών Ρευμάτων Ι. Υψηρεσία Δημοσιευμάτων. Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη.

Σακκάς Ιωάννης Γ., 2004: «Τεχνική υδρολογία» τεύχος 1, Υδρολογία Επιφανειακών υδάτων, Θεσσαλονίκη 2004.

Date C.J., 1990: An Introduction to Database Systems. Addison-Wesley, New York.

Engelund F. and Hansen E., 1967: «A monograph on sediment transport in alluvial streams», Teknisk Forlag, Copenhagen Forest Service: Bioclimatic stores and characteristics of the Mediterranean climate for the prefectures of Thrace. (In the vegetation maps 1:200.000).

Giakoumakis S., Tsakiris G. and Efremides D: "On the rainfall runoff modeling in a Mediterranean island environment" Advantages in water resources technology, Balkema 1991.

Giakoumakis S., Tsakiris G. and Efremides D., 1991: "On the rainfall runoff modelling in a Mediterranean island environment" Advantages in water resources technology, Balkema, Rotterdam.

Milliman J.D & Syvitski 1992: Geomorphic/Tectonic Control of sediment Discharge to the Ocean: The Importance of Small Mountainous Rivers.- J. Geol., 100: 525-544.

Mimikou M., 1982: An investigation of suspended sediment rating curves in western and northern Greece Journal of Hydrological Science, 27(8-9), 369-383.

Morgan R.P.C., Quinton J.N. and Rickson R.J., 1991: "EUROSEM – A user guide" Sisloe college, MK 45 4DT, UK.

Kotoulas D., 1973: The torrential problem in Greece. Report Nr. 47. Laboratory of Silviculture and Mountainous Water Science. School of Agriculture and Forestry. Thessaloniki.

Kotoulas D., 1986: Natuerliche Entwicklung der Laengen- und Querprofilform der Fluesse, ein Beitrag zum Naturnahen Flussbau. Veroeff. d. Inst. Siedl. wass. wirtsch. 12, T.U. Graz.

Κουτσογιάννης, Δ. Τάρλα. Εκτιμήσεις στερεοαπορροής στην Ελλάδα. Τεχν. Χρον, Αθήνα(1986). Τόμος 7, Τεύχος 3.

Nielsen S. A., Storm B. and Styzen M., 1986: "Development of distributed soil erosion component for the SHE hydrological modelling system", International conference on eater quality modelling in island natural environment", Bournemouth, England, p. 1-13

Poesen J., 1985: "An improved splash transport model", Zeitschrift fur Geomorfologie, 29,2, p. 193-211.

Poulos S.E.,Collins M., and 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):243-261

Schwertmann U. Vogel W., Kainz M., 1987: «Bodenerosion durch Wasser: Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmassnahmen». Stuttgart.

Wischmeier W. H. and Smith D.,1978: "Predicting rainfall erosion losses. A guide to conversation planning", US Department of Agriculture, Handbook no 537.

Williams J.R. and Berndt. HD., 1972: "Sediment yield computed with universal equation" (Proceedings ASCEm journal of the Hydraulics division, vol. 98, 2087-2098).

Williams J.R.,1975: "Sediment routing for agricultural watersheds", water resources bulletin, vol. 11, no 5, p. 965-974.

Williams J.R., 1997: "Sediment delivery ratio determined with sediment ant runoff models", proceedings of the Paris Symposium, IAHS publication No. 122, p.168-179 Beasley D.B., Huggins L.F. and Monke E.J., 1980. "Answers: A model for watershed planning", transactions of the ASAE, 23: 938-944.

Woolhiser , DA., Smith R.E. and Goodrich D.C., 1990. "A cinematic run off and erosion model" Documentation and user manual. USDA, Agricultural research service, ARS-77.

Van Vuuren W. E, 1982: "Prediction of sediment yield for mountainous basins in Colombia, South America" proceedings of the Exeter symposium: "Recent developments in explanation and prediction of erosion and sentiment yield", IAHS publication No. 137, p. 313-325 Harper and Raw, Publishers, New York, Cambridge, San Fransisco, London.

Viessman Jr. W. Levis G.L., Knappt J.W. , 1989: Introduction to Hydrology.

Yang C.T. and Stall J. B., 1976: "Applicability of unit stream power equation", "Journal of the hydraulics division", ASCE, vol. 102, no HY5, p. 559-568.