Σταθεροποίηση και αποκατάσταση διαταραγμένων εδαφών από τεχνικά έργα με βιομηχανικές τεχνικές υδροσποράς

Γ.Ν. Κολκός, Α.Γ. Στεργιάδου*
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Μηχανικών Επιστημών και Τοπογραφίας
*Email: nanty@for.auth.gr

Περίληψη

Η προστασία του εδάφους από τη διάβρωση είναι ένα ουσιαστικό στοιχείο σε τεχνικά έργα, όπου δημιουργούνται κεκλιμένα εδάφη, απότομα πρανή και διαταραγμένα εδάφη. Σε έργα οδοποιίας, κατασκευής λατομείων, ορυχείων και γενικότερα σε τεχνικά έργα που εμφανίζεται κάθε τύπου διατάραξη εδάφους οφείλουμε να τα σταθεροποιούμε και να εκτελούμε αποκατάσταση αυτών μετά το πέρας ή κατά τη διάρκεια λειτουργίας του τεχνικού έργου. Η σταθεροποίηση του εδάφους μπορεί να εκτελεστεί με εγκατάσταση συνθετικών και μεταλλικών υφασμάτων ή με φυτοτεχνικές μεθόδους, όπως είναι η εγκατάσταση βλάστησης, ή συνδυασμούς των παραπάνω. Μία από τις μεθόδους σταθεροποίησης πρανών και αποκατάστασης είναι η υδροσπορά, που θεωρείται μία από τις καταλληλότερες μεθόδους για γρήγορη εγκατάσταση της βλάστησης. Συχνά χρησιμοποιείται για τη φύτευση ποωδών φυτών, αλλά μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για θάμνους και δέντρα. Στόχος της παρούσας εργασίας είναι να αναδείξει τα πλεονεκτήματα της υδροσποράς ως μεθόδου βιώσιμης βιοτεχνολογίας για τη σταθεροποίηση του εδάφους. Η περιγραφή της μεθόδου και οι διάφοροι παράγοντες που συμβάλλουν στην επιτυχή εγκατάστασή τους, εξετάζονται και αναλύονται. Τέτοιοι παράγοντες είναι οι καιρικές και κλιματικές συνθήκες, οι διαφορετικές τεχνικές υδροσποράς, η επιλογή και η ποιότητα των υλικών και ιδιαίτερα η επιλογή του κατάλληλου μείγματος ειδών σπόρων και φυτών που χρησιμοποιούνται. Παρουσιάζονται παραδείγματα εφαρμογών σε τεχνικά έργα στον Ελλαδικό χώρο με την εστίαση στην ανάπτυξη των φυτών και των αποτελεσμάτων της μεθόδου της υδροσποράς.

Λέξεις κλειδιά: υδροσπορά, σταθεροποίηση εδαφών, αποκατάσταση τοπίου, μέθοδοι χαμηλού κόστους, βιωσιμότητα

Εισαγωγή

Τα τεχνητά κεκλιμένα πρανή που δημιουργούνται κατά την κατασκευή έργων οδοποιίας καθώς και άλλων τεχνικών έργων είναι ευαίσθητα στην διάβρωση και στην αποκόλληση τμημάτων των εδαφών με σημαντικές συνέπειες στο περιβάλλον (ρύπανση και μείωση της διαύγειας των ρεμάτων από την αποκόλληση του εδαφικού υλικού, υποβάθμιση του οικοσυστήματος) όσο και στα ίδια τα τεχνικά έργα (Parsakhoo et al. 2018). Η σταθεροποίηση του εδάφους και η αποκατάσταση της διατάραξης επιτυγχάνεται με διάφορες μεθόδους οι οποίες μπορούν να καταταχθούν σε καθαρά τεχνικές και σε φυτοτεχνικές (Stergiadou and Eskioglou 2008). Τεχνικά έργα είναι οι τοίχοι αντιστήριξης, η τοποθέτηση μεταλλικών και συνθετικών πλεγμάτων, η κατασκευή συρματοκιβωτίων με αδρανή υλικά και η κάλυψη με των πρανών με σκυρόδεμα (Στεργιάδης 1982). Αντίστοιχα φυτοτεχνικά έργα είναι για παράδειγμα τα κλαδοπλέγματα, η ευρυσπορά, τα φακελώματα, τα βλαστοθέματα και γενικότερα οι φυτεύσεις και οι σπορές (Καραγιάννης κ.α. 2012).

Βασικά πλεονεκτήματα των φυτοτεχνικών έργων κατά τον Κωτούλα (1987) είναι: α) η εναρμόνισή τους με το φυσικό περιβάλλον και τους βιολογικούς νόμους, β) το γεγονός ότι υπερτερούν από αισθητική άποψη λόγο της προσαρμογής τους στο περιβάλλον και κατά τον Γούλα (2000) γ) δεν αποσαθρώνονται ή καταστρέφονται με την πάροδο του χρόνου. Εκτός των περιπτώσεων όπου δεν είναι δυνατό επιλύσουν προβλήματα που αντιμετωπίζονται μόνο με τεχνικά έργα, η εφαρμογή τους έχει οικονομικότερα και περιβαλλοντικά καλύτερα αποτελέσματα.

Μια από τις τεχνικές σταθεροποίησης πρανών είναι και η μέθοδος της υδροσποράς. Η υδροσπορά αντιμετωπίζει την επιφανειακή διάβρωση στα διαταραγμένα εδάφη, σε περιοχές όπου η βλάστηση έχει καταστραφεί και το έδαφος έχει χάσει ορισμένες από τις λειτουργίες του και κυρίως την ικανότητά να μπορεί να υποστηρίξει εκ νέου τη φυσική αναγέννηση της βλάστησης (Valladares et al. 2008). Τα είδη υδροσποράς με βάση τις προδιαγραφές του Ελληνικού Οργανισμού Τυποποίησης (ΕΛΟΤ – ΕΝ 4520) είναι η απλή υδροσπορά και η υδροσπορά με επικάλυψη η οποία διακρίνεται στην α) υδραυλική υδροσπορά, β)σ την υδραυλική υδροσπορά και αχυροκάλυψη και γ) στην υδροσπορά με ταυτόχρονη χρήση γεωϋφασμάτων. Από τις αναφερθέντες μεθόδους εξετάζονται στην παρούσα εργασία η υδραυλική υδροσπορά και η υδροσπορά με ταυτόχρονη χρήση γεωϋφασμάτων οι οποίες και αποτελούν τις συνηθέστερες μεθόδους.

Η υδραυλική υδροσπορά χρησιμοποιεί μίγμα σπόρων, λιπάσματος, σταθεροποιητή εδάφους και υλικών επικάλυψης τα οποία εκτοξεύονται με νερό και με τον απαιτούμενο μηχανολογικό εξοπλισμό από κατάλληλα διαμορφωμένο όχημα στην επιφάνεια του εδάφους ως ενιαίο στρώμα. Οι αναλογίες των υλικών ποικίλουν και εξαρτώνται είδος και το βαθμό της διατάραξης του εδάφους. Σημαντικοί παράγοντες που λαμβάνονται υπόψιν την επιλογή του κατάλληλου μίγματος σπόρων είναι: α) η ζώνη βλάστησης, β) το υψόμετρο της περιοχής, γ) οι κλιματικές συνθήκες, δ) η έκθεση του πρανούς δ) η υπάρχουσα χλωρίδα της περιοχής. Στην επιλογή της ποσότητας των βοηθητικών υλικών ρυθμιστικοί παράγοντες είναι: α) ο τύπος του πρανούς (γαιώδες, ημιβραχώδες ή βραχώδες), β) η κλίση του εδάφους, γ) το ποσοστό οργανικής ουσίας και θρεπτικών συστατικών.

Ο χρόνος διεξαγωγής της υδροσποράς παίζει σημαντικό ρόλο για την επιτυχία της. Η κατάλληλη χρονική στιγμή καθορίζεται από το είδος των σπόρων που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν (Εσκίογλου και Στεργιάδου 2012). Οι υδροσπορές λαμβάνουν χώρα συνήθως κατά τους μήνες Οκτώβριο - Νοέμβριο και Φεβρουάριο - Μάρτιο. Βασική επιδίωξη είναι η γρήγορη βλάστηση των σπόρων ώστε να εμποδιστεί η επιφανειακή διάβρωση.

Σκοπός της έρευνας ήταν η συγκριτική μελέτη της εφαρμογής υδροσποράς σε τρία διαφορετικά περιβάλλοντα ως προς: τη ζώνη βλάστησης, το υψόμετρο, το βαθμό και το μέγεθος της διατάραξης με στόχο την εξαγωγή συμπερασμάτων για το κατά το πόσο ο εκάστοτε παράγοντας επηρεάζει το ποσοστό επιτυχίας της υδροσποράς.

Μεθοδολογία

Στην παρούσα εργασία εντοπίστηκαν τρεις περιπτώσεις εφαρμογής υδραυλικής υδροσποράς, που εφαρμόστηκαν στον ελλαδικό κατά τα έτη 2016-2018. Αναλύθηκαν όλοι οι παράγοντες που συμβάλουν τόσο κατά το στάδιο εφαρμογής και υλοποίησης όσο και κατά το στάδιο συντήρησης αυτών.

Τα τεχνικά έργα τα οποία εξετάστηκαν στην παρούσα εργασία και χρησιμοποίησαν την τεχνική της υδροσποράς ήταν 1η Περίπτωση: εφαρμογή υδροσποράς για την αποκατάσταση εδάφους που αποψιλώθηκε και διαταράχτηκε από την κατασκευή αγωγού φυσικού αερίου στην Π.Ε. Φλώρινας. Κατά το στάδιο του συγκεκριμένου έργου υπήρξε μέριμνα για την αποθήκευση του ανώτερου εδαφικού ορίζοντα (πάχους 10cm), ο οποίος και μετά το πέρας των εργασιών διαστρώθηκε στο σύνολο της επιφάνειας. 2η Περίπτωση εφαρμογή υδροσποράς για τη σταθεροποίηση πρανών δασικού δρόμου στην περιοχή της ορεινής κεντρικής Χαλκιδικής. Στο

συγκεκριμένο πρανές υπήρχε επένδυση με οργανικό γεωύφασμα τύπου «γιούτα». 3η Περίπτωση εφαρμογή υδροσποράς σε πρανές δρόμου εσωτερικής οδοποιίας εντός εργοταξίου στο οποίο είχε εφαρμοστεί επένδυση με συνθετικό γεωύφασμα. Σε όλες τις περιπτώσεις οι υδροσπορές υλοποιήθηκαν τους μήνες τέλη Φεβρουαρίου με αρχές Μαρτίου.

Η ορθή επέμβαση με υδροσπορά ως φυτοτεχνικό έργο οδηγεί τη βλάστηση των σπόρων μετά το πέρας μίας εβδομάδας από την εφαρμογή της. Η ανάπτυξη των φυτών θα πρέπει να είναι εντός ενός μήνα σε τέτοιο σημείο, ώστε να είναι επαρκής η προστασία από την επιφανειακή διάβρωση λόγο των βροχοπτώσεων. Σημειακές αστοχίες μπορεί να οδηγήσουν στην παρέκκλιση από το στόχο των υδροσπορών, που είναι η μη αποκόλληση τμημάτων του εδάφους.

Αποτελέσματα

Με βάση την μεθοδολογία που αναφέρθηκε ο τρόπος επέμβασης σε κάθε περιοχή καταγράφεται και στον πίνακα 1, όπου παρουσιάζονται τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από κάθε περίπτωση. Οι πίνακες 2 και 3 αποτυπώνουν τα είδη των φυτών που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε επέμβαση ενώ οι εικόνες 1 έως 4 παρουσιάζουν πρανή πριν και μετά την επέμβαση με υδροσπορά.

Πίνακας 1. Παρουσίαση των στοιχείων των υπό μελέτη περιπτώσεων

	1η Περιοχή	2η Περιοχή	3η Περιοχή
Τοποθεσία	Βαρικό Φλώρινας	Κεντρική Χαλκιδική	Κεντρική Χαλκιδική
Ζώνη βλάστησης	Quercetalia pubscentis	Fagetalia	Fagetalia
Τύπος πρανούς	Γαιώδες	Γαιώδες	Ημι-βραχώδες
Έκθεση	ΒΑ	Α	ΝΑ
Κλίση	4:1	2:1	3:1
Γεωύφασμα	Όχι	Οργανικό (Γιούτα)	Συνθετικό
Ποσότητα σπόρων	20 kg/στρ.	25 kg/στρ.	25kg/στρ.
Κυτταρίνη	200kg/στρ.	125kg/στρ.	25kg/στρ.
Λίπασμα	Οργανικό 15 kg / Ανόργανο 15 kg	Ανόργανο 20 kg	Ανόργανο 20 kg
Σταθεροποιητής	1 kg /στρ	1 kg /στρ	1 kg /στρ
Εργασίες Συντήρησης	Καμία	Λίπανση με ανόργανο λίπασμα μετά από 6 μήνες	Λίπανση με ανόργανο λίπασμα μετά από 6 μήνες



Εικόνα 1. Εφαρμογή υδροσποράς σε γαιώδες πρανές στην Π.Ε. Φλώρινας και στη δεξιά εικόνα τα (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)



Εικόνα 2. Αποτελέσματα της επέμβασης (Εικόνα 1) ένα χρόνο μετά (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

Πίνακας 2. Είδη φυτών που χρησιμοποιήθηκαν κατά την υδροσποράς στην 1η περίπτωση

Agropyron cristatum	*Festuca arundinacea*	*Lotus corniculatus*	*Poa pratensis*
Agropyron elongatum	*Festuca ovina*	*Medicago sativa*	*Sanguisorba minor*
Agrostis capillaris	*Festuca rubra*	*Melilotus officinalis*	*Trifolium pratensis*
Cynodon dactylon	*Lolium rigidum*	*Anacampsis lupinella*	*Trifolium subterraneum*
Dactylis glomerata		*Phacelia tanacetifolia*	

Πίνακας 3. Είδη φυτών που χρησιμοποιήθηκαν κατά την υδροσπορά στην 2η και 3η περίπτωση

Festuca rubra	*Festuca stolonifera*	*Poa pratensis*	*Agrostis stolinofera*
Lolium perenne	*Bromus cathartcticus*	*Medicago sativa*	*Trifolium repens*

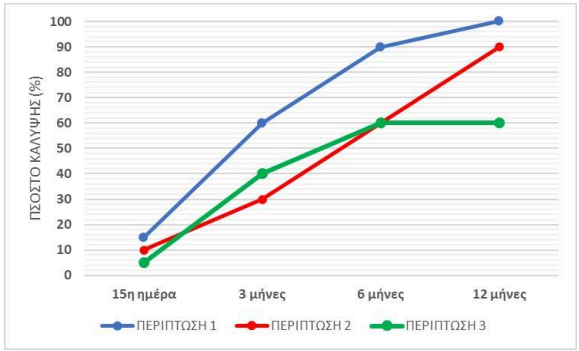


Εικόνα 3. Αποτελέσματα υδροσποράς μετά από 3 μήνες στην Π.Ε. Χαλκιδικής σε γαιώδες πρανές που έχει οργανικό γεωύφασμα (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)



Εικόνα 4. Ημιβραχώδες πρανές στην Π.Ε. Χαλκιδικής με συνθετικό γεωύφασμα μετά από 3 μήνες (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

Η μελέτη των περιπτώσεων που αναφέρθηκαν έδειξε με βάση την εικόνα 5 ότι κάθε ένας από τους παράγοντες συμβάλει καθοριστικά στο ποσοστό επιτυχίας της υδροσποράς. Ειδικότερα στην περιοχή ΠΕ Φλώρινας έγινε περαιτέρω μέριμνα με top soil, πάχους 10 εκατοστών, ενώ οι κλιματικές κι εδαφολογικές συνθήκες είναι ευνοϊκότερες για την εγκατάσταση βλάστησης σε πρανή. Στην περίπτωση της ΠΕ Χαλκιδικής η μειωμένη επαναφορά του εδαφικού υλικού οδήγησε σε παρατεταμένη χρήση λίπανσης και επανάληψη της υδροσποράς για την επίτευξη του επιθυμητού αποτελέσματος, ενώ οι κλιματολογικές συνθήκες και οι κλίσεις των πρανών δεν ήταν ευνοϊκές.



Εικόνα 5. Σύγκριση του ποσοστού κάλυψης της επιφάνειας μετά από την εφαρμογή των υδροσπορών στις εξεταζόμενες περιπτώσεις

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι για την επιτυχία των υδροσπορών απαιτείται προετοιμασία του εδάφους κατά το στάδιο κατασκευής του τεχνικού έργου. Ειδικότερα στην 1η περίπτωση, όπου υπήρχε διάστρωση με ανώτερο εδαφικό ορίζοντα τα αποτελέσματα ήταν καλύτερα. Σε καμία των περιπτώσεων δεν πραγματοποιήθηκαν επαναληπτικές υδροσπορές την επόμενη φυτευτική περίοδο, για την κάλυψη των αστοχιών. Εξαιρώντας την 1η περίπτωση που

η υδροσπορά έφτασε στην πλήρη κάλυψη του εδάφους, στις υπόλοιπες περιπτώσεις η επανάληψη θα μπορούσε να οδηγήσει και σε αυτές στο ίδιο αποτέλεσμα. Επιπλέον η συντήρηση των υδροσπορών έχει σημαντικό ρόλο. Λιπάνσεις και αρδεύσεις κατά την ξηροθερμική περίοδο μπορούν να βελτιώσουν κατά πολύ το τελικό αποτέλεσμα.

Παρατηρήθηκε ότι όταν η υδροσπορά εφαρμόζεται με ταυτόχρονη χρήση γεωυφασμάτων η χρήση μεγάλης ποσότητας υλικών επικάλυψης εμποδίζει την ηλιακή ακτινοβολία και δεν υπάρχει διάσπαση του λήθαργου των σπόρων, για αυτό το λόγο η χρήση των υλικών επικάλυψης ήταν λιγότερη στην 2η και 3η περίπτωση.

Συμπεράσματα – Συζήτηση

Η σταθεροποίηση και αποκατάσταση των εδαφικών διαταραχών με μηχανικά και φυτοτεχνικά μέσα, με έμφαση κυρίως την υδροσπορά είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται ευρέως. Ειδικότερα στις εξεταζόμενες περιοχές έρευνας αποδεικνύεται ότι είναι η πιο ενδεδειγμένη οικολογικά πρόταση, για να επιτευχθεί μια «πράσινη» λύση με φυσική σταθεροποίηση, ειδικά όταν υπάρχει συστηματική συντήρηση του έργου. Στην υδροσπορά αρκεί να συντρέχουν ευνοϊκοί εδαφολογικοί, κλιματολογικοί και υλικοτεχνικοί παράγοντες ώστε να υπάρχει επιτυχία στην επέμβαση σταθεροποίησης πρανούς. Επισημαίνεται ότι τα φυτικά είδη που χρησιμοποιούνται στην υδροσπορά είναι κυρίως είδη που προορίζονται για φυτά μεγάλης καλλιέργειας (π.χ. μηδική). Θεωρούμαι ότι είναι αναγκαία η έρευνα χρήσης ενδημικών ποωδών φυτών, που όμως η παραγωγή τους πρέπει να γίνει μαζικά κι όχι περιστασιακά, προκειμένου να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μεγάλες εκτάσεις διαταραγμένων πρανών από ανθρωπογενείς επεμβάσεις, με στόχο την μη αλλοίωση της τοπικής βιοποικιλότητας.

Βιβλιογραφία

Γούλας Κ. 2000. Φυτοτεχνικές Διευθετήσεις. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Εργαστήριο Διευθέτησης Ορεινών Υδάτων. Πανεπιστημιακές σημειώσεις. Θεσσαλονίκη.

Εσκίογλου Π. και Α. Στεργιάδου. 2012. Περιβαλλοντικές επεμβάσεις σε έργα οδοποιίας, Τιμητικός τόμος για τον καθ. Δημήτριο Τολίκα, έκδοση Πολυτεχνικής Σχολής ΑΠΘ, Τμήμα Πολ. Μηχανικών, Τομέας Υδραυλικής, σελ. 287-296, ISBN: 978-960-99922-2-0, Θεσ/νίκη.

Καραγιάννης Κ., Π. Εσκίογλου, Ε. Καραγιάννης, Β. Γιαννούλας, Π. Καραρίζος, Κ. Δούκας και Α. Στεργιάδου. 2012. Τεχνικά Έργα και Φυσικό Περιβάλλον. Πανεπιστημιακές παραδόσεις, Έκδοση Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη. http://forest-engineering.web.auth.gr/gr/Frameset2.htm

Κωτούλας Δ. 1987. Διευθετήσεις χειμαρρικών ρευμάτων, University Studio Press, Θεσσαλονίκη.

Palacios P.G., S. Soliveres, F. Maestre, A. Escudero and F. Valladares. 2010. Dominant plant species modulate responses to hydroseeding, irrigation and fertilization during the restoration of semiarid motorway slopes. J. Ecol. Eng., 36: 1290-1298.

Parsakhoo A., M. Jajouzadeh and R.A. Motlagh. 2018. Effect of hydroseeding on grass yield and water use efficiency on forest artificial soil slopes. J. For. Sci., 64: 157-163.

Στεργιάδης Γ. 1982. Δασική οδοποιία, Πρώτο μέρος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Έκδοση: Υπηρεσία Δημοσιευμάτων. Θεσσαλονίκη.

Stergiadou A. and P. Eskioglou. 2008. Slope stabilization process of the forest roads, FORMEC'08-KWF, pp.1

Valladares F., D. Tena, S. Matesanz, E. Bochet, L. Balaguer, M. Costa-Tenorio, J. Tormo and P. Garcia-Fayos. 2008. Functional traits and phylogeny: what is the main ecological process determining species assemblage in roadside plant communities? J. Veg. Sci., 19: 381-392.

Stabilization and rehabilitation of soil disturbed from engineering technical projects using hydroseeding as biomechanical technics

G.N. Kolkos, A.G. Stergiadou*

Aristotle University of Thessaloniki, Department of Forestry and Natural Environmental Sciences, Laboratory of Forest Engineering and Topography
*Email: nanty@for.auth.gr

Abstract

Soil corrosion protection is an essential element in projects, where sloping lands, steep slopes and disturbed soils were created. In road construction projects, construction of quarries, mines and generally in projects where any type of soil disturbance occurs, we must stabilize them and perform their restoration after the end or during the operation of the technical project. Soil stabilization may be performed by installing synthetic and metallic fabrics or landscaping methods, such as the vegetation, or combinations of the above methods. One of the bioengineering stabilization methods and mine rehabilitation is hydroseeding which is used for fast installation of vegetation. It is often used for grass species, but it can also be used for shrubs and trees. The aim of this paper is to highlight the advantages of hydroseeding as a sustainable bioengineering method for soil stabilization. The various factors which contribute for the successful installation of hydroseeding are being examined and analyzed. Those are the time and climatic conditions, the different methods of hydroseeding, the selection and the quality of the materials and especially the selection of the proper mix of species which are used. A review of applied projects in Greece is taking place with focusing in the growth of the plants and the results of this method.

***Keywords**:* hydroseeding, soil stabilization, landscape reclamation, low-cost methods, sustainability