

## **ΣΧΕΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗ ΞΗΡΑΣΙΑ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΕΡΗΜΟΠΟΙΗΣΗ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΩΝΤΑΣ ΤΟΥΣ ΣΥΝΘΕΤΟΥΣ ΔΕΙΚΤΕΣ ESA ΚΑΙ SDVI ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ.**

**Δημήτριος Εμμ. Τσεσμελής, Κωνσταντίνος Κοσμάς, Κωνσταντίνος Σούλης, Σταύρος  
Αλεξανδρής, Χρίστος Α. Καραβίτης**  
Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και γεωργική Μηχανική, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο  
Αθηνών, 11855 Αθήνα, Ελλάδα  
e-mail: tsesmelis@aua.gr

### **Περίληψη**

Η ερημοποίηση είναι ένα σημαντικό παγκόσμιο οικολογικό και περιβαλλοντικό πρόβλημα και ο όρος αυτός δεν θα πρέπει να συγχέεται με τη δημιουργία ερήμων και ορίζεται ως μία διαδικασία σύμφωνα με την οποία η παραγωγική γη υποβαθμίζεται και σταδιακά μετατρέπεται σε αφιλόξενη για την αναπτυσσόμενη βλάστηση περιοχή, δημιουργώντας έτσι κηλίδες απογυμνωμένων περιοχών με την εμφάνιση του μητρικού πετρώματος στην επιφάνεια. Από την άλλη πλευρά, η ξηρασία σχετίζεται άμεσα με τις μειωμένες βροχοπτώσεις σε διάφορα χρονικά διαστήματα. Η εμφάνισή τους επιφέρει σημαντικά προβλήματα στην κοινωνία και ειδικά στις γεωργικές εκτάσεις λόγω μη ικανοποίησης των αρδευτικών αναγκών. Σε αντίθεση με την τρωτότητα στην ερημοποίηση η τρωτότητα στην ξηρασία δεν είναι τόσο διαδεδομένη. Η ξηρασία έχει άμεσο αποτέλεσμα στον περιορισμό των διαθέσιμων υδατικών πόρων και την υποβάθμισή τους από πλευράς ποιότητας. Ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την τρωτότητα του φαινομένου είναι η αυξημένη ζήτηση ειδικά τους καλοκαιρινούς μήνες λόγω των αρδευόμενων εκτάσεων αλλά και από την αύξηση του πληθυσμού στις τουριστικές περιοχές. Σε περιόδους κρίσης η διαχείριση της ζήτησης έχει επιτακτικό ρόλο. Οι διαθέσιμες υποδομές είναι ένα άλλο σημαντικό κομμάτι. Όσο καλύτερα αποθηκευτικά μέσα υπάρχουν τόσο καλύτερα μπορεί να μειωθεί η τρωτότητα της περιοχής.

Η τρωτότητα στη ξηρασία και στην ερημοποίηση είναι σύνθετες διαδικασίες που οφείλονται και σε ανθρωπογενείς αιτίες. Ιδιαίτερα για τις ξηρές και ημίξηρες συνθήκες της Μεσογείου, όπου τα συστήματα είναι περισσότερο ευάλωτα, η υπερβολική χρήση των πόρων οδηγεί στην υποβάθμιση και στην καταστροφή τους. Σύμφωνα με τα παραπάνω, η τρωτότητα στην ξηρασία και στην ερημοποίηση έχουν πολλά κοινά χαρακτηριστικά. Το κυριότερο είναι η έλλειψη των υδατικών πόρων είτε λόγω χαμηλών βροχοπτώσεων είτε λόγω αυξημένης ζήτησης σε επίπεδο μη ικανοποίησής της. Στην παρούσα εργασία πραγματοποιείται μία προσπάθεια σχέσης μεταξύ τους σύμφωνα με τον Standardized Drought Vulnerability Index

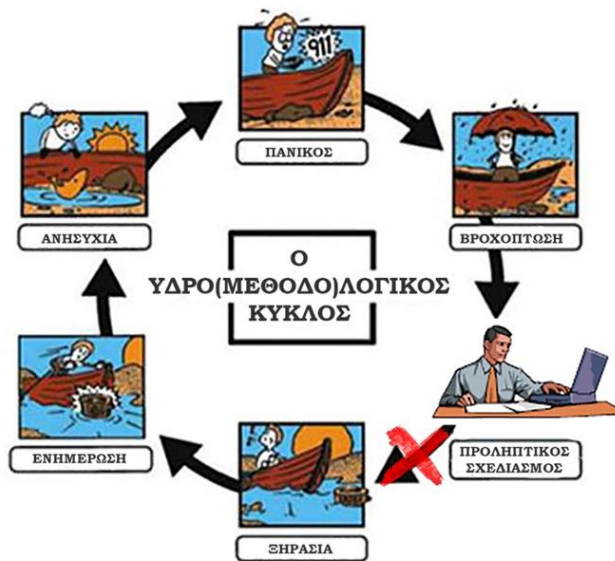
(SDVI) και τον Environmentally Sensitive Areas (ESA) στην Ελλάδα για την περίοδο 10/1983 – 09/1996.

**Λέξεις - Κλειδιά:** Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Πόρων, Διαχείριση Ξηρασιών, Προληπτικός Σχεδιασμός, Τρωτότητα στη Ξηρασία, Τρωτότητα στην Ερημοποίησης, Σύνθετοι Δείκτες.

### Εισαγωγή

Η ξηρασία είναι ένα ακραίο μετεωρολογικό φαινόμενο, το οποίο μπορεί να εμφανιστεί σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή, σε οποιαδήποτε περιοχή ανεξάρτητα από τις κλιματικές της συνθήκες και με απροσδιόριστη διάρκεια (Grigg, 1996; Karavitis, 1992, 1998; Karavitis et al., 2014; Yevjevich et al., 1983). Το συγκεκριμένο φαινόμενο, έλκει τόσο το επιστημονικό όσο και το γενικό ενδιαφέρον καθώς προκαλεί πλήθος κοινωνικών, οικονομικών και περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Karavitis, 1992; Rossi et al., 1992; Wilhite, 2005; Yevjevich et al., 1983). Σύμφωνα με τη Διακυβερνητική Επιτροπή για τη Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC 2013), η συχνότητα εμφάνισης, η ένταση και η διάρκεια της ξηρασίας αναμένεται να αυξηθεί σε διάφορες περιοχές ανά την υφήλιο, συμπεριλαμβανομένης και της Λεκάνης της Μεσογείου. Ωστόσο, η αναφερόμενη αύξηση της συχνότητας εμφάνισης της ξηρασίας δεν παρατηρείται, καθώς τα τελευταία εξήντα χρόνια δεν έχουν σημειωθεί σημαντικές μεταβολές στη συγκεκριμένη συχνότητα. Ανεξάρτητα όμως από αυτό, έχει αποδειχθεί ότι για μια δεδομένη χρονική περίοδο σε μια συγκεκριμένη περιοχή, η εμφάνιση ενός αβέβαιου γεγονότος, όπως η ξηρασία, μπορεί να θεωρηθεί βέβαιη (Babaei et al., 2013; Grigg and Vlachos, 1993; Karavitis, 1998). Υπό αυτές τις συνθήκες, ειδικά σχέδια διαχείρισης της ξηρασίας πρέπει πάντα να εκπονούνται.

Η μεγαλύτερη πρόκληση για κάθε πολιτική που έχει ως στόχο την άμβλυνση των επιπτώσεων της ξηρασίας είναι η ανάπτυξη ολοκληρωμένων και αποτελεσματικών σχεδίων διαχείρισης. Αυτά τα σχέδια πρέπει να στηρίζονται σε βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες στρατηγικές πρόληψης περιλαμβάνοντας χρονικά διαφοροποιημένες δράσεις – πριν, κατά τη διάρκεια και μετά τη ξηρασία (Εικόνα 1) (Grigg and Vlachos, 1993; Karavitis, 1999; Karavitis et al., 2014; Τσεσμελής, 2017, 2010). Η ανάπτυξη των συγκεκριμένων σχεδίων, στηρίζεται στη τακτική παρατήρηση και επεξεργασία των μετεωρολογικών δεδομένων και κυρίως στη χρήση σχετικών δεικτών.



**Εικόνα 1.** Ο ρόλος του προληπτικού σχεδιασμού στην αντιμετώπιση και διαχείριση της ξηρασίας, (Τσεσμελής, 2017).

Ως προς το τελευταίο, στη διεθνή βιβλιογραφία έχει εμφανιστεί μεγάλος αριθμός δεικτών παρακολούθησης και αξιολόγησης της ξηρασίας. Από αυτούς, οι συχνότερα χρησιμοποιούμενοι είναι, ο

Standardized Precipitation Index, ο Palmer Drought Severity Index και ο Crop Moisture Index. Η επιλογή του καταλληλότερου δείκτη ανά περίπτωση στηρίζεται στη φύση των διαθέσιμων δεικτών, στη διαθεσιμότητα και πιστοποίηση των δεδομένων (Olukayode Oladipo, 1985; Smakhtin and Hughes, 2007; Καραβίτης et al., 2008). Η Ελλάδα είναι μια περιοχή όπου η ξηρασία εμφανίζεται αρκετά συχνά. Κατά τη διάρκεια της περιόδου 1989 – 2009, το φαινόμενο αυτό εμφανίστηκε τέσσερις φορές (Τσεσμελής, 2010).

Από την άλλη πλευρά, η ερημοποίηση χαρακτηρίζεται και ως «σιωπηλή καταστροφή» αφού η διάγνωσή της είναι πολύ δύσκολη, ειδικά στα αρχικά στάδια της διαδικασίας, και αντιληπτή γίνεται παρά μόνο όταν η εξαλλοίωση προχωρήσει σε βάθος και επιφέρει σημαντικά προβλήματα στα εδαφη (Carbone et al., 2014; Kairis et al., 2014, 2013; Kosmas et al., 2014). Η ερημοποίηση είναι ένα φαινόμενο που αναπτύσσεται ταχύτατα και καθώς επεκτείνεται το κόστος της αποκατάστασης αυξάνεται έως ότου οι επιπτώσεις είναι μη αναστρέψιμες. Τα μέτρα για την αντιμετώπιση της απαιτούνται εγκαίρως πριν το κόστος της αποκατάστασης ξεπεράσει τις πραγματικές δυνατότητες ή πριν η ευκαιρία μας να δράσουμε χαθεί για πάντα (Asner and Green, 2001; Ojima et al., 1993; Squires, 2013). Συνεπώς, είναι μία διαδικασία σύμφωνα με την οποία η παραγωγική γη μετατρέπεται σταδιακά σε αφιλόξενη για την αναπτυσσόμενη βλάστηση, δημιουργώντας έτσι κηλίδες απογυμνωμένων περιοχών με την εμφάνιση του μητρικού πετρώματος στην επιφάνεια (Geist, 2005; Pimentel et al., 1995; Schlesinger et al., 1990). Επιπρόσθετα, ορίζεται ως μία υποβάθμιση της αειφορικής χρήσης του εδάφους και της βλάστησης σε ξηρές, ημίξηρες και ύφυγρες περιοχές η οποία προκαλείται τουλάχιστον μερικούς

από τον άνθρωπο, επιπλέον μειώνει ταυτόχρονα την ικανότητα ανάκαμψης και την παραγωγικότητα του εδάφους που δεν είναι ούτε εύκολα αναστρέψιμη με την αναίρεση της αιτίας αλλά ούτε εύκολα επανορθώσιμη χωρίς σημαντικές οικονομικές επεμβάσεις (Nelson, 1990). Η υποβάθμιση του εδάφους μπορεί και συμβαίνει μακριά από οποιεσδήποτε κλιματικές συνθήκες, η παρουσία ή η απουσία μιας κοντινής έρημου δεν έχει καμία άμεση σχέση με την ερημοποίηση (Kassas, 1995; Kosmas et al., 1999; Olsson, 1993; Tolba, 1986).

Συνεχίζοντας, η τρωτότητα είναι το μέγεθος των απωλειών που προκύπτουν από ένα καταστροφικό φαινόμενο. Περιλαμβάνει την έκθεση - τις παρούσες αξίες και τις ζωές στην αντίστοιχη περιοχή – και την έλλειψη ικανότητας αντίστασης ή άμυνας στην απειλή. Εντούτοις, αφορά πρώτιστα το βαθμό στον οποίο ο πληθυσμός, το ανθρωπογενές και φυσικό περιβάλλον και οι κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες είναι ευαίσθητες και ευπαθείς σε βλάβες από ένα φυσικό καταστροφικό γεγονός (Vlachos and Braga, 2001). Ως εκ τούτου, σε ένα γεγονός ξηρασίας αναφέρεται στις ανθρωπογενείς υποδομές σε συνδυασμό με την πιθανότητα εμφάνισής του και μπορεί να οδηγήσει μέσω του προληπτικού σχεδιασμού (contingency planning) σε στρατηγικές αντιμετώπισης. Η διαχείριση των ξηρασιών και γενικότερα η ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών πόρων πρέπει να αντιμετωπίσουν τις συνεχείς αλλαγές στις αξίες και στο μετασχηματισμό των κοινωνικών δομών, καθώς επίσης και στις περιβαλλοντικές και εξωγενείς αλλαγές (όπως είναι οι κλιματικές ανωμαλίες και η αυξανόμενες αλληλεξαρτήσεις). Τέτοιες θεμελιώδεις αλλαγές έχουν δημιουργήσει συνθήκες παγκοσμιοποίησης, υψηλής πολυπλοκότητας, αυξημένης αναταραχής, τρωτότητας και αβεβαιότητας (Grigg, 1997; Grigg and Vlachos, 1993; Karavitis et al., 2014; Τσεσμελής, 2010).

Οι Karavitis et al., 2014, εξέφρασαν τον παρουσιαζόμενο στα παρακάτω δείκτη SDVI εφαρμόζοντας την διαδικασία της Διεθνούς Στρατηγική για τη Μείωση των Καταστροφών (NISDR, 2004), η ανάλυση της τρωτότητας μπορεί να θεωρηθεί ότι συνθέτει τους κοινωνικούς, οικονομικούς, φυσικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες εκφρασμένη από δύο βασικά στοιχεία και ως εκ τούτου περιγράφεται από την σχέση  $F(\text{Τρωτότητα}) = \text{Επικινδυνότητα} * \text{Επιπτώσεις}$ .

### **Υλικά και Μέθοδοι**

Ο σκοπός της εργασίας είναι η σύνδεση της τρωτότητας στην ξηρασία και στην ερημοποίηση στην Ελλάδα για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Το πρώτο βήμα ήταν ο υπολογισμός των σύνθετων δείκτη τρωτότητας στην ξηρασία Standardized Drought Vulnerability Index (SDVI) και τρωτότητας στην ερημοποίηση Environmentally Sensitive

Areas (ESA) για το χρονικό διάστημα από τον Οκτώβριο του 1983 έως το Σεπτέμβριο του 1996. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη είναι από 22 μετεωρολογικούς σταθμούς στην πλειοψηφία τους από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (21) και από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών (1). Στα δεδομένα των μετεωρολογικών σταθμών δεν υπάρχουν προβλήματα στις χρονοσειρές και για την ομοιομορφία των δεδομένων επιλέχθηκε κοινή χρονοσειρά 01/1970 – 12/2000 (30 έτη για τον SPI) και ελήφθησαν υπόψιν οι τιμές από 10/1971 – 09/1996. Οι υπό-δείκτες Εφοδιασμός (Supply) και Ζήτηση (Demand) υπολογίσθηκαν βάσει των αποτελεσμάτων από το λογισμικό AgroHydroLogos (Soulis and Dercas, 2007, 2010; Soulis et al., 2016; Σούλης, 2009). Η προσομοίωση αυτή πραγματοποιήθηκε για το χρονικό διάστημα από τον Οκτώβριο του 1970 έως το Σεπτέμβριο του 1996. Ο SDVI υπολογίσθηκε για τον Ελλαδικό χώρο για τη χρονική περίοδο από τον Οκτώβριο του 1983 μέχρι το Σεπτέμβριο του 1996. Οι υπό-δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό του ήταν ο cSPI 6, cSPI 12, Ζήτηση, Εφοδιασμό, Επιπτώσεις και Υποδομές (Karavitis et al., 2014, 2013; Τσεσμελής, 2017). Ο δείκτης ESA εκτιμά την τρωτότητα μιας περιοχής στην ερημοποίηση και αυτό πραγματοποιείται με την ανάλυση διαφόρων παραμέτρων, όπως το έδαφος, τη γεωλογία, τη βλάστηση, το κλίμα, και την ανθρώπινη δράση. Κάθε μία από αυτές τις παραμέτρους είναι κατηγοριοποιημένη, και κάθε παράγοντας έχει συντελεστές στάθμισης για κάθε κατηγορία. Ο σύνθετος δείκτης χωρίζεται σε τέσσερις κατηγορίες που είναι η ποιότητα του εδάφους, η ποιότητα του κλίματος, η ποιότητα της βλάστησης και η ποιότητα της διαχείρισης (Kosmas et al., 1999).

### **Αποτελέσματα και Συζήτηση**

Η τρωτότητα στη ξηρασία και στην ερημοποίηση είναι φαινόμενα σύνθετα που οφείλονται και σε ανθρωπογενείς αιτίες. Ιδιαίτερα για τις ξηρές και ημίξηρες συνθήκες της Μεσογείου, όπου τα συστήματα είναι περισσότερο τρωτά, η υπερβολική χρήση των πόρων οδηγεί στην υποβάθμιση και στην καταστροφή τους. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, η τρωτότητα στην ξηρασία και στην ερημοποίηση έχουν κοινά χαρακτηριστικά. Το κυριότερο είναι η έλλειψη των υδατικών πόρων είτε λόγω χαμηλών βροχοπτώσεων είτε λόγω αυξημένης ζήτησης σε επίπεδο μη ικανοποίησής της. Το πρόβλημα που προκύπτει είναι η διαφορά της κατηγοριοποίησης των δύο σύνθετων δεικτών. Ο SDVI χωρίζεται σε 6 κλάσεις στο σύνολο, όπου συγκεκριμένα 2 κλάσεις αναφέρονται με Χωρίς και Χαμηλή, 1 με Μέση και 3 με υψηλή (Υψηλή, Πολύ Υψηλή και Ακραία Τρωτότητα) τρωτότητα. Αντίστοιχα, ο ESA έχει 8 κλάσεις,

όπου 2 τοποθετούνται στην χαμηλή κλίμακα, 3 στην μέση και 3 στην υψηλή, η νέα κατηγοριοποίηση παρουσιάζεται στον Πίνακα 1.

**Πίνακας 1.** Νέα κατηγοριοποίηση των SDVI και ESA.

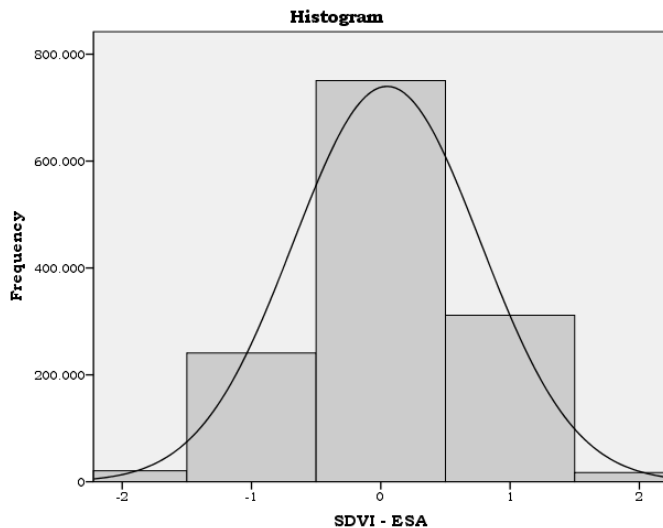
Κλάση του SDVI	Κλάση του ESA	Νέα Κλάση	Τύπος Τρωτότητας
> 2.00	> 1.38	3	Υψηλή
1.00 – 1.99	1.33 - 1.22	2	Μέση
< 0.99	< 1.17	1	Χαμηλή

Στην Εικόνα 3 εμφανίζονται οι χάρτες των σύνθετων δεικτών και ο μετασχηματισμός τους σύμφωνα με τη νέα κατηγοριοποίηση. Σύμφωνα με τους δύο παρακάτω πίνακες, αποτυπώνεται το πλήθος που εμφανίζεται για κάθε δείκτη και για κάθε κλάση. Παρατηρείται ότι και για τους 2 σύνθετους δείκτες (SDVI και ESA) η τιμή 2 καταλαμβάνει το 67.3% και 68.7%, αντίστοιχα. Για την πρώτη κλάση (1) η σχετική συχνότητα του SDVI είναι 6.2% ενώ για τον ESA είναι 8.1 και, τέλος, η κλάση υψηλής τρωτότητας είναι 26.5% για τον πρώτο και 23.2% για τον δεύτερο.

**Πίνακας 2.** Στατιστικά των SDVI και ESA σύμφωνα με τις νέες κλάσεις.

SDVI				ESA		
Τιμή	Συχνότητα	Σχετική Συχνότητα	Αθροιστική Σχετική Συχνότητα	Συχνότητα	Σχετική Συχνότητα	Αθροιστική Σχετική Συχνότητα
1	87625	6.2	6.2	113547	8.1	8.1
2	946883	67.3	73.5	966423	68.7	76.8
3	372182	26.5	100.0	326720	23.2	100.0

Στις Εικόνες 2 και 3 αντικατοπτρίζεται η διαφορά του SDVI από τον ESA, δηλαδή αφαίρεση σε χωρική βάση της πρώτης διαδικασίας από τη δεύτερη. Η κατηγοριοποίηση αυτής της αφαίρεσης είναι η διαφορά των κλάσεων, όταν η τιμή είναι μηδέν. Ως εκ τούτου, γίνεται αντιληπτό ότι η περιοχή είναι τρωτή τόσο στη ξηρασία όσο και στην ερημοποίηση και υπάρχει μια ταύτιση των δυο αυτών διαδικασιών. Για τις θετικές τιμές (1 και 2) δείχνει ότι η συγκεκριμένη περιοχή είναι πιο τρωτή στην ξηρασία ενώ αντίστοιχα για τις αρνητικές τιμές (-

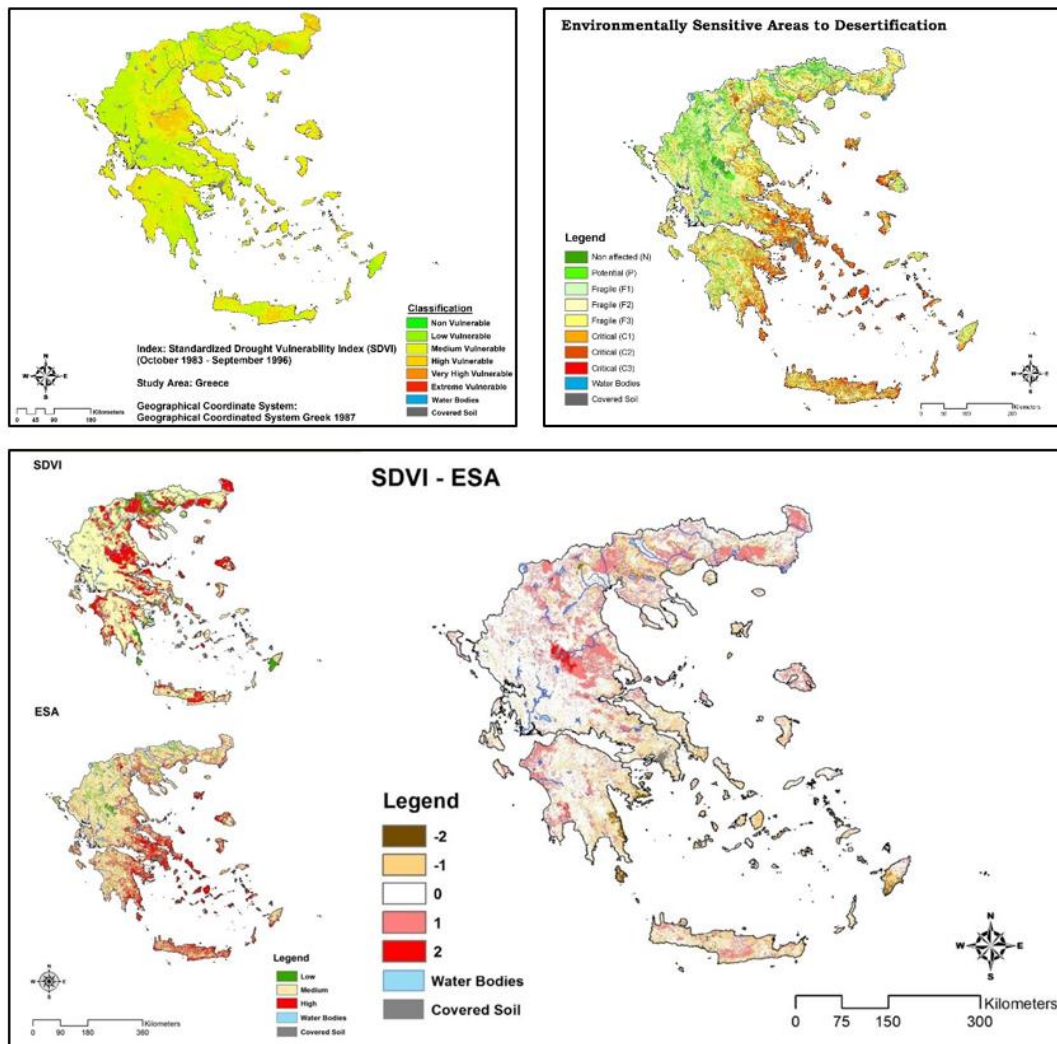


2 και -1) περιοχή εμφανίζεται περισσότερο ευαίσθητη στην ερημοποίηση.

**Εικόνα 2.** Ιστόγραμμα συχνοτήτων από τη διαφορά του SDVI από τον ESA.

Παρατηρώντας τον Πίνακα 2 και την Εικόνα 2, σε ποσοστό 56.0%, υπάρχει

ταύτιση των δύο σύνθετων δεικτών με ερμηνεία ότι οι περιοχές εμφανίζουν ή δεν εμφανίζουν τρωτότητα στην ξηρασία αλλά και στην ερημοποίηση. Επίσης, παρατηρείται ότι οι περιοχές που είναι περισσότερο τρωτές στην ξηρασία είναι σε ποσοστό 24.5% ενώ το 19.5% είναι στην ερημοποίηση.



**Εικόνα 3.** Αποτελέσματα των σύνθετων δεικτών SDVI, ESA και της διαφοράς τους.

Συμπερασματικά, οι αγροτικές περιοχές είναι περισσότερο τρωτές στη ξηρασία, ειδικά ο θεσσαλικός κάμπος συγκεντρώνει τα περισσότερα προβλήματα, ενώ ταυτόχρονα σε υψηλή τρωτότητα στην ερημοποίηση κατατάσσονται όλα τα νησιά του Αιγαίου, περιοχές της Ανατολικής Πελοποννήσου, Στερεάς Ελλάδας και Εύβοιας, τμήματα των Θεσσαλίας, Μακεδονίας και Θράκης, καθώς και το Κεντρικό και Νοτιοανατολικό τμήμα της Κρήτης όπου υπάρχουν μειωμένες βροχοπτώσεις. Εν κατακλείδι, η ξηρασία και η ερημοποίηση είναι φαινόμενα σύνθετα που οφείλονται και σε κλιματολογικούς αλλά και σε ανθρωπογενείς αιτίες. Κατ' επέκταση χρειάζονται σύνθετοι δείκτες που να μπορούν να αποτυπώσουν την κατάσταση όπως ο SDVI και ο ESA.



**THE RELATION BETWEEN DROUGHT VULNERABILITY AND  
DESERTIFICATION VULNERABILITY USING THE COMPOSITE INDEXES ESA  
AND SDVI IN GREEK TERRITORY**

**Demetrios E. Tsesmelis, Konstantinos Cosmas, Konstantinos Soulis, Stavros Alexandris,  
Christos A. Karavitis**

Department of Natural Resources Development & Agricultural Engineering, Agricultural  
University of Athens, 11855 Athens, Greece

e-mail: tsesmelis@aua.gr

**Abstract**

Desertification is a crucial universal ecological and environmental issue and this term should not be confused with the creation of the deserts, and is defined as the procedure during which productive soil is degraded and is gradually turned into an inhospitable area for the growing vegetation, thus creating patches of emptied areas with the appearance of parent material on the surface. On the other hand, drought is directly connected with the reduced rainfalls in various time steps. Their appearance causes severe problems in society and especially in agricultural areas, due to the dissatisfaction of irrigation needs. In contrast, the vulnerability to desertification, drought vulnerability is not that widespread. Drought's direct result is the limitation of the available water resources and their degradation in terms of their quality. An important factor that affects the vulnerability of this phenomenon is the increasing demand, especially during summer months due to the irrigation areas and the population increase in the tourist areas. During periods of crisis, the management of the demand is imperative. Available infrastructure is also an important issue. The better the repository means, the easier to decrease the area vulnerability.

Drought vulnerability and desertification vulnerability are complex procedures that are caused by human factors. Especially for the dry and semi-dry conditions of the Mediterranean, where the systems are more vulnerable, the overuse of the resources leads to their degradation and their destruction. According to the previous stated issues, drought and desertification vulnerability have several common features. The most important is the deficiency of water resources, either due to low rainfalls or to increasing demand up to a level of its dissatisfaction. In this assignment, an attempt to correlate them according to the SDVI and the ESA is carried out, during the period of October 1983 up to September 1996 in Greece.

**Keywords:** Integrated Water Resources Management, Drought Management, Contingency Planning, Drought Vulnerability, Desertification Vulnerability, Composite Index

### Βιβλιογραφία

- Asner, G.P., Green, R. O., 2001. Imaging spectroscopy measures desertification in United States and Argentina. *Eos Trans. Am. Geophys. Union* 82, 601–606. doi:10.1029/01EO00346
- Babaei, H., Araghinejad, S., Hoorfar, A., 2013. Developing a new method for spatial assessment of drought vulnerability (case study: Zayandeh-Rood river basin in Iran). *Water Environ. J.* 27, 50–57. doi:10.1111/j.1747-6593.2012.00326.x
- Carbone, M., Mancuso, A., Piro, P., 2014. Identification of Desertification Risk with Environmentally Sensitive Areas: Application to an Area in Southern Italy [WWW Document]. . URL <http://sgem.org/sgemlib/spip.php?article4387> (accessed 11.27.16).
- Geist, H., 2005. The causes and progression of desertification. Gower Publishing, Ltd.
- Grigg, N.S., 1997. Systemic Analysis of Urban Water Supply and Growth Management. *J. Urban Plan. Dev.* 123, 23–33. doi:10.1061/(ASCE)0733-9488(1997)123:2(23)
- Grigg, N.S., 1996. Water Resources Management, in: *Water Encyclopedia*. John Wiley & Sons, Inc.
- Grigg, N.S., Vlachos, E.C., 1993. Drought and Water-Supply Management: Roles and Responsibilities. *J. Water Resour. Plan. Manag.* 119, 531–541. doi:10.1061/(ASCE)0733-9496(1993)119:5(531)
- Kairis, O., Karavitis, C., Kounalaki, A., Salvati, L., Kosmas, C., 2013. The effect of land management practices on soil erosion and land desertification in an olive grove. *Soil Use Manag.* 29, 597–606. doi:10.1111/sum.12074
- Kairis, O., Kosmas, C., Karavitis, C., Ritsema, C., Salvati, L., Acikalin, S., Alcalá, M., Alfama, P., Athlopheng, J., Barrera, J., Belgacem, A., Solé-Benet, A., Brito, J., Chaker, M., Chanda, R., Coelho, C., Darkoh, M., Diamantis, I., Ermolaeva, O., Fassouli, V., Fei, W., Feng, J., Fernandez, F., Ferreira, A., Gokceoglu, C., Gonzalez, D., Gungor, H., Hessel, R., Juying, J., Khatteli, H., Khitrov, N., Kounalaki, A., Laouina, A., Lollino, P., Lopes, M., Magole, L., Medina, L., Mendoza, M., Morais, P., Mulale, K., Ocakoglu, F., Ouessar, M., Ovalle, C., Perez, C., Perkins, J., Pliakas, F., Polemio, M., Pozo, A., Prat, C., Qinke, Y., Ramos, A., Ramos, J., Riquelme, J., Romanenkov, V., Rui, L., Santaloia, F., Sebeogo, R., Sghaier, M., Silva, N., Sizemskaya, M., Soares, J., Sonmez, H., Taamallah, H., Tezcan, L., Torri, D., Ungaro, F., Valente, S., Vente, J. de, Zagal, E., Zeiliger, A., Zhonging, W., Ziogas, A., 2014. Evaluation and Selection of Indicators for Land Degradation and Desertification Monitoring: Types of Degradation, Causes, and Implications for Management. *Environ. Manage.* 54, 971–982. doi:10.1007/s00267-013-0110-0
- Karavitis, C., 1992. Drought Management Strategies for Urban Water Supplies: The Case of Metropolitan Athens (Ph.D. Dissertation). Department of Civil Engineering, Colorado State University, Fort Collins, Co., USA.
- Karavitis, C.A., 1999. Decision Support Systems for Drought Management Strategies in Metropolitan Athens. *Water Int.* 24, 10–21. doi:10.1080/02508069908692129
- Karavitis, C.A., 1998. Drought and urban water supplies: the case of metropolitan Athens. *Water Policy* 1, 505–524. doi:10.1016/S1366-7017(99)00009-4
- Karavitis, C.A., Alexandris, S.G., Fassouli, V.P., Stamatakos, D.V., Vasilakou, C.G., Tsesmelis, D.E., Skondras, N.A., Gregoric, G., 2013. Assessing drought vulnerability under alternative water demand deficit scenarios in South-Eastern Europe, in: 8th

- International Conference of EWRA “Water Resources Management in an Interdisciplinary and Changing Context”, 26th–29th June. Presented at the European Water Resources Association, Porto, Portugal.
- Karavitis, C.A., Tsesmelis, D.E., Skondras, N.A., Stamatakos, D., Alexandris, S., Fassouli, V., Vasilakou, C.G., Oikonomou, P.D., Gregorič, G., Grigg, N.S., Vlachos, E.C., 2014. Linking drought characteristics to impacts on a spatial and temporal scale. *Water Policy* 16, 1172–1197. doi:10.2166/wp.2014.205
- Kassas, M., 1995. Desertification: a general review. *J. Arid Environ.* 30, 115–128. doi:10.1016/S0140-1963(05)80063-1
- Kosmas, C., Kairis, O., Karavitis, C., Ritsema, C., Salvati, L., Acikalin, S., Alcalá, M., Alfama, P., Athlougheng, J., Barrera, J., Belgacem, A., Solé-Benet, A., Brito, J., Chaker, M., Chanda, R., Coelho, C., Darkoh, M., Diamantis, I., Ermolaeva, O., Fassouli, V., Fei, W., Feng, J., Fernandez, F., Ferreira, A., Gokceoglu, C., Gonzalez, D., Gungor, H., Hessel, R., Juying, J., Khatteli, H., Khitrov, N., Kounalaki, A., Laouina, A., Lollino, P., Lopes, M., Magole, L., Medina, L., Mendoza, M., Morais, P., Mulale, K., Ocakoglu, F., Ouessar, M., Ovalle, C., Perez, C., Perkins, J., Pliakas, F., Polemio, M., Pozo, A., Prat, C., Qinke, Y., Ramos, A., Ramos, J., Riquelme, J., Romanenkov, V., Rui, L., Santaloia, F., Sebeogo, R., Sghaier, M., Silva, N., Sizemskaya, M., Soares, J., Sonmez, H., Taamallah, H., Tezcan, L., Torri, D., Ungaro, F., Valente, S., Vente, J. de, Zagal, E., Zeiliger, A., Zhonging, W., Ziogas, A., 2014. Evaluation and Selection of Indicators for Land Degradation and Desertification Monitoring: Methodological Approach. *Environ. Manage.* 54, 951–970. doi:10.1007/s00267-013-0109-6
- Kosmas, C., Kirkby, M., Geeson, N., 1999. Manual on key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification (Medalus project). European Commission.
- Nelson, R., 1990. Dryland management: the “desertification” problem. World Bank Tech. Pap. NISDR, 2004. Living with risk: a global review of disaster reduction initiatives - UNISDR. United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR).
- Ojima, D.S., Dirks, B.O.M., Glenn, E.P., Owensby, C.E., Scurlock, J.O., 1993. Assessment of C budget for grasslands and drylands of the world. *Water. Air. Soil Pollut.* 70, 95–109. doi:10.1007/BF01104990
- Olsson, L., 1993. On the Causes of Famine: Drought, Desertification and Market Failure in the Sudan. *Ambio* 22, 395–403.
- Olukayode Oladipo, E., 1985. A comparative performance analysis of three meteorological drought indices. *J. Climatol.* 5, 655–664. doi:10.1002/joc.3370050607
- Pimentel, D., Harvey, C., Resosudarmo, P., Sinclair, K., Kurz, D., McNair, M., Crist, S., Shpritz, L., Fitton, L., Saffouri, R., Blair, R., 1995. Environmental and Economic Costs of Soil Erosion and Conservation Benefits. *Science* 267, 1117–1123. doi:10.1126/science.267.5201.1117
- Rossi, G., Benedini, M., Tsakiris, G., Giakoumakis, S., 1992. On regional drought estimation and analysis. *Water Resour. Manag.* 6, 249–277. doi:10.1007/BF00872280
- Schlesinger, W.H., Reynolds, J.F., Cunningham, G.L., Huenneke, L.F., Jarrell, W.M., Virginia, R.A., Whitford, W.G., 1990. Biological feedbacks in global desertification. *Science* 247, 1043–1048.
- Smakhtin, V., Hughes, D., 2007. Automated estimation and analyses of meteorological drought characteristics from monthly rainfall data. *Environ. Model. Softw.* 22, 880–890. doi:10.1016/j.envsoft.2006.05.013

- Soulis, K., Dercas, N., 2007. Development of a GIS-based Spatially Distributed Continuous Hydrological Model and its First Application. *Water Int.* 32, 177–192. doi:10.1080/02508060708691974
- Soulis, K.X., Dercas, N., 2010. AgroHydroLogos: development and testing of a spatially distributed agro-hydrological model on the basis of ArcGIS. (Thesis). International Environmental Modelling and Software Society.
- Soulis, K.X., Manolakos, D., Anagnostopoulos, J., Papantonis, D., 2016. Development of a geo-information system embedding a spatially distributed hydrological model for the preliminary assessment of the hydropower potential of historical hydro sites in poorly gauged areas. *Renew. Energy* 92, 222–232. doi:10.1016/j.renene.2016.02.013
- Squires, J., 2013. *Gender in Political Theory*. John Wiley & Sons.
- Tolba, M.K., 1986. Desertification in Africa. *Land Use Policy* 3, 260–268. doi:10.1016/0264-8377(86)90023-2
- Vlachos, E., Braga, B., 2001. The challenge of urban water management, in: *Frontiers in Urban Water Management: Deadlock or Hope*. IWA Publishing, London, pp. 1–36.
- Wilhite, D.A., 2005. *Drought and Water Crises: Science, Technology, and Management Issues*. CRC Press.
- Yevjevich, V., Cunha, L. da, Vlachos, E., 1983. *Coping with droughts*. Water Resources Publications.
- Καραβίτης, Χ.Α., Αλεξανδρής, Σ.Α., Κερκίδης, Π., Κοσμάς, Κ., Οικονόμου, Π., Παπαδημητρίου, Ν., Τσεσμελής, Δ.Ε., Φασούλη, Β., Χορταριά, Χ., 2008. Τεχνική υποστήριξη της Κεντρικής Υπηρεσίας Υδάτων για την κατάρτιση των στρατηγικών διαχείρισης λειψυδριών και ενός βραχυπρόθεσμου σχεδίου αντιμετώπισης κίνδυνου λειψυδρίας. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
- Σούλης, Κ., 2009. Ανάπτυξη Υδρολογικού Μοντέλου με τη Χρήση Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων. (Ph.D. Dissertation). Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής, Κατεύθυνση Διαχείρισης Περιβάλλοντος, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Τσεσμελής, Δ., 2017. Ανάπτυξη, Εφαρμογή και Αξιολόγηση Δεικτών Επικινδυνότητας Ξηρασίας και Ερημοποίησης για την Ολοκληρωμένη Διαχείριση των Υδατικών Πόρων (Ph.D. Dissertation). Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
- Τσεσμελής, Δ., 2010. Εφαρμογή του SPI στον Ελλαδικό χώρο για την ολοκληρωμένη διαχείριση των λειψυδριών. (M.Sc.). Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής, Κατεύθυνση Διαχείρισης Περιβάλλοντος, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.