



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Αξιολόγηση αποδοτικότητας χρήσης εισροών στην καλλιέργεια
σκληρού σιταριού», “Assessment of inputs’ usage efficiency in durum
wheat cultivation”**

ΑΝΔΡΙΚΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΒΛΟΝΤΖΟΣ

2021

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Επιθυμώ να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την υπομονή που επέδειξαν, αλλά και όσους ανθρώπους με στήριξαν μέχρι την ολοκλήρωση της. Ευχαριστώ επίσης θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου για την υποστήριξη του, την καθοδήγηση και την υπομονή του κατά τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας αυτής.

Περιεχόμενα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
ABSTRACT.....	6
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο : ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΣΙΤΟΥ	9
1.1 Εισαγωγή.....	9
1.2 Η προέλευση του σίτου	10
1.3 Ο σίτος ως μέσο ανάδυσης στην κοινωνική ιεραρχία	12
1.4 Βοτανική περιγραφή.....	12
1.5 Ποικιλίες σίτου	13
1.6 Ταξινόμηση σιτηρών	13
1.7 Κλιματικές απαιτήσεις.....	15
1.8 Απαιτήσεις εδάφους	15
1.9 Προκλήσεις αναπαραγωγής του σκληρού σίτου	16
1.10 Διατροφική αξία	17
1.11 Πρωτεϊνικές καλλιέργειες και σιτάρι	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο : ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΙΤΟΥ & ΔΗΜΗΤΡΙΑΚΩΝ ΣΤΗΝ Ε.Ε.....	20
2.1 Εισαγωγή.....	20
2.2 Κλίμα, Αγρονομία και Ποιότητα (ευνοϊκές περιοχές καλλιέργειας).....	21
2.3 Δασικές και γεωργικές εκτάσεις στην ΕΕ	22
2.3.1 Οι περιοχές καλλιέργειας της ΕΕ αυξάνονται	23
2.3.2 Πτωτική τάση των καλλιεργειών.....	23
2.3.3 Αύξηση βιολογικών καλλιεργειών	23
2.4 Επιρροή στην εγχώρια αγορά λόγω της ζήτησης τροφίμων από την ΕΕ.....	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο : Η ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΙΤΗΡΩΝ ΚΑΙ ΑΛΕΥΡΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΤΗΝ Ε.Ε.	25
3.1 Η παραγωγή σιτηρών	25
3.2 Η παραγωγή αλευριού	30
3.3 Η κατανάλωση σιτηρών στην Ε.Ε.....	33

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο : ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΣΑΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (DEA)	36
4.1 Εισαγωγή	36
4.2 Ορισμός και περιεχόμενο της DEA.....	36
4.3 DEA και γραμμικός προγραμματισμός	37
4.4 Γραμμικός προγραμματισμός	38
4.5 Αποδοτικό Σύνορο	44
4.6 Πλεονεκτήματα της DEA	45
4.7 Μειονεκτήματα της DEA	45
4.8 Μοντέλα DEA	46
4.8.1 Μοντέλο Σταθερών Αποδόσεων Κλίμακας (CRS).....	46
4.8.2 Μοντέλο Μεταβαλλόμενων Αποδόσεων Κλίμακας (VRS)	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο : ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ^ο : ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΙΤΑΛΙΚΩΝ ΣΥΝΕΤΑΙΡΙΣΜΩΝ.....	51
6.1 Επισκόπηση συνεταιρισμών Ελλάδας και Ιταλίας	51
6.2 Αποδοτικότητα ιταλικών συνεταιρισμών.....	58
6.2.1 Terrense	60
6.2.2 Cerealicola	61
6.3 Αποδοτικότητα ελληνικών συνεταιρισμών	63
6.3.1 Alfaseeds	65
6.3.2 K.S Cotton	67
ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	69
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	72
Περιορισμοί της έρευνας και προτάσεις για μελλοντικές έρευνες	73
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	75

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα πτυχιακή διατριβή διερευνάται η αποδοτικότητα χρήσης εισροών των ελληνικών και ιταλικών καλλιέργειών σίτου μέσω της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων και έχει στόχο να καταγράψει τις μεθόδους καλλιέργειας σίτου στην Ελλάδα και στην Ιταλία, μέσα από τα συγκριτικά παραδείγματα αγροτικών συνεταιρισμών στα αντίστοιχα κράτη, με τελικό σκοπό την ανάδειξη των βέλτιστων πρακτικών, οι οποίες οδηγούν στη διαμόρφωση των δεδομένων για τη μεγιστοποίηση των εκροών σε συνάρτηση με τις ελάχιστες εισροές.

Στο πλαίσιο αυτής, πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική ανασκόπηση η οποία περιλαμβάνει τη σημαντικότητα της καλλιέργειας σε παγκόσμιο και εθνικό επίπεδο καθώς και την καταγραφή των γεωργικών πρακτικών.

Στο πρακτικό μέρος της εργασίας, προσδιορίστηκαν βάση της μεθόδου DEA οι παραγωγικές μονάδες του πειράματος και τα περιθώρια βελτίωσής τους. Συνολικά στην παρούσα έρευνα εξετάστηκαν 563 εκμεταλλεύσεις σίτου, από τέσσερις συνεταιρισμούς. Οι δύο συνεταιρισμοί είναι ιταλικοί και περιέχουν συνολικά 328 εκμεταλλεύσεις και οι δύο ελληνικοί περιέχουν 235 εκμεταλλεύσεις, που αντιστοιχούν στο 58% και 42% της συνολικής παραγωγής. Από αυτούς τους συνεταιρισμούς μεγαλύτερος είναι ο ιταλικός Terrense με 229 παραγωγούς.

Από τα αποτελέσματα της έρευνας προκύπτει ότι οι δύο ιταλικοί συνεταιρισμοί επιτυγχάνουν σημαντικά υψηλότερες αποδόσεις από τους αντίστοιχους ελληνικούς, με τον συνεταιρισμό Terrense να επιτυγχάνει απόδοση μεγαλύτερη των 7,5 τόνων ανά εκτάριο, ενώ τα περισσότερα εκτάρια καλλιεργούμενης έκτασης χρησιμοποιεί ο συνεταιρισμός Cerealicola, χωρίς όμως να επιτυγχάνει και την υψηλότερη απόδοση ανά εκτάριο.

Λέξεις κλειδιά: καλλιέργεια σίτου, Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων, DEA

ABSTRACT

This dissertation investigates the efficiency of using inputs of Greek and Italian wheat crops through the Environmental Data Analysis and aims to record the methods of wheat cultivation in Greece and Italy, through comparative examples of agricultural cooperatives in the respective countries, with final highlight best practices, which lead to the configuration of data to maximize outputs in relation to minimum inputs.

In this context, a literature review was carried out which includes the importance of cultivation at the global and national level as well as the recording of agricultural practices.

In the practical part of the work, the production units of the experiment and the margins for their improvement were determined based on the DEA method. A total of 563 wheat holdings from four cooperatives were examined in the present study. The two cooperatives are Italian and contain a total of 328 holdings and the two Greek ones contain 235 holdings, corresponding to 58% and 42% of the total production. The largest of these cooperatives is the Italian Terrense with 229 producers.

The results of the research show that the two Italian cooperatives achieve significantly higher yields than the corresponding Greek ones, with the Terrense cooperative achieving a yield of more than 7.5 tons per hectare, while most of the cultivated hectares are used by the Cerealicola cooperative, but without achieves the highest yield per hectare.

Keywords: wheat cultivation, Environmental Data Analysis, DEA

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Καθώς το κλίμα συνεχίζει να θερμαίνεται και οι επιπτώσεις αυτής της θέρμανσης να γίνονται πιο σοβαρές, οι αγρότες και οι αγροτικές κοινότητες σε όλο τον κόσμο έχουν αρχίσει να απειλούνται από τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής. Οι αλλαγές στις βροχοπτώσεις, η άνοδος των μέσων θερμοκρασιών, οι ξηρασίες και οι πλημμύρες, οι αλλαγές στη βιωσιμότητα των καλλιεργειών και των ζώων και τα νέα παράσιτα, είναι κάποιες από τις ήδη υπάρχουσες απειλές που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή. Ταυτόχρονα, για να αντιμετωπιστούν πολλές από αυτές τις απειλές αυξάνονται οι εισροές στα αγροτικά συστήματα, κυρίως μέσα από την αύξηση της χρήσης λιπασμάτων και φυτοπροστατευτικών. Για τους παραπάνω λόγους, καθίσταται αναγκαίο για τον αγροτικό κόσμο να επιτευχθεί η υψηλότερη δυνατή αποδοτικότητα.

Η παρούσα εργασία έχει στόχο να καταγράψει τις μεθόδους καλλιέργειας σίτου στην Ελλάδα και στην Ιταλία, μέσα από τα συγκριτικά παραδείγματα αγροτικών συνεταιρισμών στα αντίστοιχα κράτη, με τελικό σκοπό την ανάδειξη των βέλτιστων πρακτικών, οι οποίες οδηγούν στη διαμόρφωση των δεδομένων για τη μεγιστοποίηση των εκροών σε συνάρτηση με τις ελάχιστες εισροές.

Η ανάδειξη των ανωτέρω στοιχείων έχει προκύψει έπειτα από την ανάλυση δεδομένων, που αντλήθηκαν από ελληνικούς και ιταλικούς συνεταιρισμούς, με τη μέθοδο περιβάλλουσας ανάλυσης δεδομένων (DEA).

Στο πρώτο κεφάλαιο πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με την προέλευση -εξημέρωση του σίτου, την καλλιέργεια του, τη βοτανική περιγραφή του, τις ποικιλίες του, την ταξινόμηση του, τις κλιματικές απαιτήσεις για τη καλλιέργειά του, τις απαιτήσεις του εδάφους και τέλος παρουσιάστηκαν οι λόγοι για τους οποίους ο σίτος έχει υψηλή διατροφική αξία και αποτελεί σημαντικό διατροφικό στοιχείο στη σύγχρονη διατροφή.

Αναλύοντας τα δεδομένα από τον ισότοπο της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχουν αποτυπωθεί, στο δεύτερο κεφάλαιο, οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις σιτηρών και έχει γίνει συγκριτική

αποτίμηση ανάμεσα στα σιτηρά και στα δημητριακά που καλλιεργούνται στην Ε.Ε.. Επιπλέον, έχει αποτυπωθεί η μελλοντική κατάσταση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων εντός Ε.Ε έως και το 2030 και αναδεικνύεται η αυξητική τάση που παρατηρείται. Ενώ στο τρίτο κεφάλαιο με το ίδιο μεθοδολογικό εργαλείο έχει αποτυπωθεί η παραγωγή και κατανάλωση σιτηρών και αλεύρων στην Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύεται το μεθοδολογικό εργαλείο DEA (Μέθοδος Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων), με το οποίο στο πέμπτο κεφάλαιο πραγματοποιείται συγκριτική ανάλυση Ελληνικών και Ιταλικών συνεταιρισμών αναφορικά με την αποδοτικότητα χρήσης εισροών των σιτηρών στις αντίστοιχες ομάδες παραγωγών. Στόχος της παρούσας πτυχιακής διατριβής είναι να διερευνήσει την ύπαρξη σημαντικών διαφορών, σχετικά με τη χρήση εισροών, σε γεωργικές εκμεταλλεύσεις που λειτουργούν κάτω από το ενιαίο καλλιεργητικό πρωτόκολλο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΣΙΤΟΥ

1.1 Εισαγωγή

Το **σιτάρι ή στάρι ή σίτος (*Triticum spp*)**, είναι ένα φυτό ιδιαίτερα διαδεδομένο, του οποίου η καλλιέργεια απαντάται σήμερα σε όλο τον κόσμο. Ο καρπός του σίτου χρησιμοποιείται στην παρασκευή αλεύρων και ως πρώτη ύλη στην παρασκευή αλκοολούχων ποτών και καυσίμων, επιπλέον ο φλοιός του μπορεί να αποσπαστεί από τον καρπό και να αλεστεί, δίνοντας το λεγόμενο πίτουρο. Επιπλέον, ο σίτος καλλιεργείται προκειμένου να χρησιμοποιηθεί είτε ως βασική πηγή τροφής των ζώων, καθώς ο βλαστός του φυτού χρησιμοποιείται ως ζωοτροφή, είτε ακόμη και ως υλικό κατασκευών (άχυρο). Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική και η φυσική δόμηση, που έχει ως αποτέλεσμα το μικρότερο δυνατό ενεργειακό αποτύπωμα στον πλανήτη, κερδίζει έδαφος καθημερινά, με αποτέλεσμα όλο και περισσότεροι κατασκευαστές και πελάτες να επιλέγουν τη κατασκευή κτιρίων με φυσικά υλικά, τα οποία έχουν και πολύ μικρό κόστος κατασκευής.

Δεν θα ήταν τελικά άτοπος ο ισχυρισμός ότι ο σίτος είναι μια βασική πρώτη ύλη, απαραίτητη στην καθημερινότητα, στο διατροφικό γίγνεσθαι της παγκόσμιας κοινότητας, καθώς αποτελεί τη βάση της διατροφής του παγκόσμιου πληθυσμού. Η μεγάλη σημασία των σιτηρών παγκοσμίως οφείλεται στο γεγονός ότι σε εκατοντάδες συνθήκες καλλιέργειας εμφανίζουν μεγαλύτερη παραγωγικότητα συγκριτικά με άλλες κατηγορίες φυτών. Επιπλέον, παρουσιάζουν μεγάλη προσαρμοστικότητα σε διαφορετικές συνθήκες περιβάλλοντος και αποτελούν την κυριότερη πηγή τροφίμων, καθώς αποθηκεύονται εύκολα λόγω του μικρού ποσοστού υγρασίας που περιέχουν.

Στη σύγχρονη αρχαιολογία βασικό θέμα συζήτησης αποτελεί η προέλευση και η διαχείριση των φυτών από τον άνθρωπο προϊόντος του χρόνου. Στο πλαίσιο αυτό εξετάζεται η κατάσταση των φυτών διαχρονικά, δηλαδή εξετάζεται εάν σήμερα τα φυτά έχουν την ίδια πρωτόλεια-αρχική άγρια μορφή τους ή είναι εξημερωμένα. Η αρχαιολογική έρευνα, αναφορικά με το σίτο, έχει αναδείξει ότι ο σίτος είναι ένα πρωτόγονο φυτό που έχει εξημερωθεί. Συγκεκριμένα, στη σύγχρονη βιβλιογραφία αναφέρεται ότι, πολλές επιστημονικές ανασκαφικές αποστολές, τη δεκαετία του 1940, τεκμηρίωσαν ότι το πρώτο

βήμα για την καλλιέργεια-εξημέρωση του σίτου πραγματοποιήθηκε στη λοφώδη περιοχή της νοτιοδυτικής Ασίας, στη λεκάνη του Τίγρη και του Ευφράτη (αρχαία Μεσοποταμία), στα βουνά του Ιράν, της Τουρκίας και της Ιορδανίας, στην περιοχή που αναφέρεται ως «οι λοφώδεις πλαγιές της Εύφορης Ημισελήνου», κατά την περίοδο της «Νεολιθικής Επανάστασης» (Renfrew & Bahn, σ.σ. 283-286).

Παρά το γεγονός ότι έχει τεκμηριωθεί η ευρύτερη περιοχή όπου πραγματοποιήθηκε η εξημέρωση του σίτου, ωστόσο υπάρχουν αντικρουόμενες απόψεις σχετικά με τον τόπο προέλευσης του άγριου σίτου. Υπάρχουν μελέτες που προσεγγίζουν ως τόπο προέλευσης του σίτου την Ασία, όμως υπάρχουν και επιστημονικές θέσεις που αναφέρουν ότι ο σίτος πρωτοεμφανίστηκε στη λεκάνη της Μεσογείου. Παρά τις διαφορετικές προσεγγίσεις των επιστημόνων αναφορικά με τον τόπο προέλευσης του σίτου, υπάρχει η κοινή υιοθέτηση ότι ο ανθρώπινος πολιτισμός και ο σίτος έχουν εξελιχθεί μαζί, έχουν κοινή ιστορία. Η κοινή ιστορία τους υπάρχει για τουλάχιστον 10.000 χρόνια, ενώ είναι ιστορικά αληθές ότι αρχαίοι πολιτισμοί ήκμασαν σε περιοχές όπου καλλιεργούνταν σε σημαντικές ποσότητες κάποιο είδος σιτηρού, ένα ακόμη στοιχείο που αναδεικνύει τη σημαντικότητα των σιτηρών στην ανθρώπινη ιστορία.

Στο παρόν κεφάλαιο πραγματοποιείται μια συνοπτική ιστορική αναδρομή αναφορικά με την εξημέρωση και καλλιέργεια του σίτου, περιγράφονται τα βοτανικά χαρακτηριστικά του και οι διαφορετικές ποικιλίες .. Αναφέρονται επίσης οι κλιματικές απαιτήσεις και οι απαιτήσεις του εδάφους για τη καλλιέργειά του, ενώ τέλος αναδεικνύονται οι λόγοι για τους οποίους ο σίτος έχει υψηλή διατροφική αξία και αποτελεί σημαντικό διατροφικό στοιχείο στη σύγχρονη διατροφή.

1.2 Η προέλευση του σίτου

Η ανάπτυξη της γεωργίας προέκυψε πριν από 10.000 χρόνια, ως μετάβαση από τον τρόπο ζωής που βασιζόταν στο κυνήγι σε ένα πιο οργανωμένο σύστημα που επέτρεψε την ανάπτυξη πολιτισμών σταθερής κατοικίας. Μέσα σε αυτό το εξελικτικό πλαίσιο οι άνθρωποι ήταν πλέον σε θέση να εξημερώσουν κοινές ποικιλίες άγριων φυτών και να προχωρήσουν σε επιλεκτικές καλλιέργειες φυτών με υψηλή διατροφική αξία. Ο σίτος, πιθανότατα δίκοκκο ή μονόκοκκο σιτάρι, υπήρξε από τα πρώτα φυτά που εξημερώθηκαν και καλλιεργήθηκαν σε ευρεία κλίμακα, με ιδιαίτερη επιτυχία. Με την πάροδο του χρόνου η εξέλιξη και η

βελτίωση των τεχνικών καλλιέργειας, όπως η διαδικασία προετοιμασίας του εδάφους, η σπορά και η εξάλειψη των ανταγωνιστικών φυτών, διαμόρφωσαν τις συνθήκες για την επίτευξη μεγαλύτερων σοδειών και σιταριού καλής ποιότητας. Ωστόσο, οι μεγάλες ποσότητες σιταριού δημιούργησαν νέες ανάγκες, που άπτονταν στην αποθήκευση του προϊόντος, οι οποίες αντιμετωπίστηκαν με τη δημιουργία αποθηκευτικών χώρων.

Είναι γεγονός ότι η καλλιέργεια του σιταριού υπήρξε ιδιαίτερα επιτυχημένη, κι όπως δείχνουν τα αρχαιολογικά στοιχεία και δεδομένα, υπήρξε υψηλή τεχνογνωσία τόσο κατά την καλλιέργεια, όσο και κατά την επεξεργασία, αποθήκευσης και εμπορία των σιτηρών (Kiple & Kriemhild, 2000). Η σημαντικότητα της καλλιέργειας του σίτου σε συνδυασμό με την κατάκτηση της γνώσης και την μεταλαμπάδευσή της στις επόμενες γενιές, προκύπτει και από το γεγονός ότι ήδη από το 1700 π.Χ., με το πρώτο γεωργικό βιβλίο που έχει γραφεί με σφηνοειδή γραφή σε πήλινο δισκίο και ανακαλύφθηκε στο Ισραήλ το 1950, γίνεται η προσπάθεια διάδοσης και καταγραφής του τρόπου καλλιέργειας του σίτου. Τη σκυτάλη στην επιστημονική προσέγγιση του σίτου πήρε ο Έλληνας βοτανολόγος Θεόφραστος (371-287 π.Χ.), ο οποίος έγραψε τη μελέτη «Έρευνα στα φυτά». Αργότερα, Ρωμαίοι συγγραφείς περιέγραψαν ότι το σιτάρι ήταν η κύρια γεωργική πηγή τροφής στην περιοχή της Μεσογείου (Scarascia, 2005).

Η προέλευση του σίτου δεν έχει διαλευκανθεί πλήρως, και παρόλο που η περιοχή με την μεγαλύτερη ανάπτυξη φαίνεται να βρίσκεται στην ανατολική περιοχή (Μεσόγειος έως Ασία), δεν μπορεί να καθοριστεί με βεβαιότητα εάν το σιτάρι προέρχεται από την Άπω ή από την Εγγύς Ανατολή. Ο Νικολάι Βαβίλοφ, Ρώσος βοτανολόγος, μελετώντας την ποικιλία των άγριων σίτων, σχετικά με την ομάδα γονιδίων άγριου σίτου και κριθαριού, στη Νοτιοανατολική Ασία (Άπω Ανατολή), κατέληξε στο συμπέρασμα ότι αυτή η περιοχή είναι η προγονική πατρίδα του σίτου, καθώς η ποικιλομορφία είναι μεγαλύτερη. Στον αντίποδα, ο Robert Braidwood, αρχαιολόγος από το Πανεπιστήμιο του Σικάγο, ισχυρίστηκε ότι η Εγγύς Ανατολική Μεσόγειος πρέπει να ήταν ο τόπος γέννησης του σίτου, καθώς λόγω της μεγάλης ποικιλίας άγριου σίτου που είχαν οι περιοχές αυτές, επιλέχθηκαν από τους πρώτους καλλιεργητές σιταριού για να εγκατασταθούν και να «εξημερώσουν» τον άγριο σίτο και στη συνέχεια να προσαρμοστούν επιτυχώς στα συγκεκριμένα γόνιμα εδάφη. Ο Braidwood προσδιόρισε τη γεωγραφική περιοχή προέλευσης του σίτου, η οποία που βρίσκεται στην κεντρική Ασία και εκτείνεται στη βόρεια Αφρική μέσω της Μεσογείου και είναι γνωστή ως FertileCrescent (Εύφορη Ημισέληνος), (Katz, 2003).

1.3 Ο σίτος ως μέσο ανάπτυξης στην κοινωνική ιεραρχία

Από τη πρώτη στιγμή της εξημέρωσης του σίτου φάνηκε η σημαντική διάσταση της καλλιέργειάς του, καθώς η καλλιέργεια και η κατοχή σίτου διαμόρφωνε και το κοινωνικό και ιεραρχικό γίνεσθαι των αρχαίων κοινωνιών, καθώς οι μεγαλο-καλλιεργητές σίτου κατείχαν υψηλές κοινωνικές θέσεις..

1.4 Βοτανική περιγραφή

Το σιτάρι είναι ένα ψηλό φυτό, που παράγεται οποιαδήποτε στιγμή του έτους, με ύψος που κυμαίνεται από 0,6 έως 1,8 μέτρα σε πρώιμες ποικιλίες. Το φυτό αποτελείται από φύλλα που περιβάλλουν έναν λεπτό μίσχο που καταλήγει σε κόκκους στην κορυφή του σίτου. Κάθε ακίδα του σιταριού αποτελείται από τα άνθη, που περικλείουν το σιτάρι. Ο κόκκος σιταριού έχει σχήμα οβάλ και δίνει στο σιτάρι τη θρεπτική του αξία. Κάθε μία από τις κύριες κατηγορίες σίτου, μαλακή και σκληρή, έχει παραλλαγές στη βοτανική περιγραφή της.



Σχήμα 1.1 Πλήρως ανεπτυγμένο σιτάρι (www.futurelearn.com)

1.5 Ποικιλίες σίτου

Το σιτάρι Einkorn (*T. monococcum*) είναι διπλοειδές (AA, δύο κλώνοι επτά χρωμοσωμάτων, $2n = 14$), γεγονός που επιτρέπει μια μεγάλη γκάμα εξελικτικών προσαρμογών. Ως εκ τούτου, οι βοτανολόγοι βασίζονται κυρίως σε μορφολογικά χαρακτηριστικά για την ταυτοποίηση των διαφορετικών σίτων (Kiple & Kriemhild, 2000). Υπάρχουν περίπου 30.000 ποικιλίες σίτου από 14 είδη που καλλιεργούνται σε όλο τον κόσμο. Από αυτά περίπου 1.000 είναι εμπορικά σημαντικά.

Στις Ηνωμένες Πολιτείες υπάρχουν περισσότερες από 500 ποικιλίες. Στον Καναδά αναμιγνύονται διάφορες ποικιλίες πριν από την πώληση. Εκτός από τις επιλεκτικές μεταλλάξεις που προήλθαν κατά τη διάρκεια της εξημέρωσης του σίτου από την αρχαιότητα, υπήρξε πρόσφατα μια εσκεμμένη επιλογή αλληλόμορφων γονιδίων που επηρεάζουν τα χαρακτηριστικά ανάπτυξης (Arzani, 2011).

Μερικά είδη σίτου είναι διπλοειδή, με δύο ομάδες χρωμοσωμάτων, αλλά είναι πολυπλοειδή, με τέσσερις (τετραπλοειδή) ή έξι κλώνους χρωμοσωμάτων (εξαπλοειδή). Σήμερα, με περισσότερες από 30.000 ποικιλίες σίτου παγκοσμίως, η φυσική ταξινόμηση έχει γίνει περίπλοκη λόγω των εξαιρετικά στενών ομοιοτήτων τους (Pagnotta et al., 2008).

1.6 Ταξινόμηση σιτηρών

Σε παγκόσμια κλίμακα τα σιτηρά ταξινομούνται σύμφωνα με το χρώμα, τη σύσταση και τη δομή του ενδοσπερμίου και την εποχή σποράς. Υπάρχουν επτά κύριες κατηγορίες, από τις οποίες οι δύο αναφέρονται στο σκληρό σιτάρι «durum wheat», οι τέσσερις στο μαλακό «soft-hard» και ακόμα μια σε μίγματα που προκύπτουν από την ανάμειξη των δύο παραπάνω κατηγοριών.

Οι δύο από τις τέσσερις κατηγορίες του μαλακού σιταριού διακρίνονται με βάση τη σύσταση και τη δομή του ενδοσπερμίου και προκύπτουν οι τύποι σιτηρών, ανάλογα με το εάν το ενδοσπέρμιο χαρακτηρίζεται ως σκληρό ή μαλακό αντίστοιχα. Ένα άλλο ταξινομικό χαρακτηριστικό είναι το χρώμα, από το οποίο και προκύπτουν οι τύποι «red» και «white», με βάση την παρουσία ή απουσία μιας κοκκινωπής χρωστικής στα εξωτερικά στρώματα του πυρήνα του σίτου αντίστοιχα. Ο τρίτος όρος ταξινόμησης βασίζεται στην εποχή φύτευσης

των σιτηρών και περιλαμβάνει τους τύπους «winter» και «spring». Ο χειμερινός σίτος φυτεύεται το φθινόπωρο, βλαστάνει την άνοιξη και συγκομίζεται το καλοκαίρι. Ενώ απαιτείται μια περίοδο θερμοκρασιών χαμηλότερων από τους μηδέν βαθμούς Κελσίου, ώστε να μπορέσουν να διαμορφωθούν τα στάχια που θα φέρουν τους τελικούς σπόρους του σιταριού. Όσο για το ανοιξιάτικο σιτάρι, αυτό δεν χρειάζεται κρύο και φυτεύεται την άνοιξη και συγκομίζεται στα τέλη του καλοκαιριού ή του φθινοπώρου (Atwell, 2001).

Οι συνδυασμοί των χαρακτηριστικών της σκληρότητας του ενδοσπερμίου, της ύπαρξης χρωστικής και της εποχής σποράς δίνουν τις ακόλουθες κλάσεις:

Για το μαλακό σιτάρι:

α) **Hard red winter wheat (HRW)** (κόκκινο χειμωνιάτικο σιτάρι με σκληρό ενδοσπέρμιο): Είναι αλεύρι υψηλής αρτοποιητικής αξίας που χρησιμοποιείται και για ενίσχυση λιγότερο ανθεκτικών αλεύρων. Προέρχεται από ενδοσπέρμιο υαλώδες, υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη, με ανθεκτική γλουτένη και έχει υψηλή ικανότητα απορρόφησης νερού.

β) **Hard red spring wheat (HRS)** (κόκκινο ανοιξιάτικο σιτάρι με σκληρό ενδοσπέρμιο): Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά είναι ανάλογα με αυτά της πρώτης κλάσης με ακόμα μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη.

γ) **Softred winter wheat (SRW)** (κόκκινο χειμωνιάτικο σιτάρι με μαλακό ενδοσπέρμιο): Το ενδοσπέρμιο είναι περισσότερο αλευρώδες και φτωχότερο σε πρωτεΐνη, με λιγότερο ανθεκτική γλουτένη με μικρότερη απορροφητικότητα σε νερό και ο συγκεκριμένος τύπος χρησιμοποιείται στην παρασκευή μπισκότων, κέικ, κράκερς, φύλλων κρούστας και ειδών ζαχαροπλαστικής.

δ) **Soft White wheat (SW)** (λευκό σιτάρι): Το ενδοσπέρμιο είναι αλευρώδες και μαλακό, με χαμηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, μικρή απορροφητικότητα νερού και λιγότερο ανθεκτική γλουτένη, με αποτέλεσμα να κρίνεται ακατάλληλο στην αρτοποιία. Κρίνεται κατάλληλο για μπισκότα, κράκερ, «noodles», γκοφρέτες και άλλα προϊόντα ζαχαροπλαστικής.

Για το σκληρό σιτάρι:

α) **Durum wheat** (σκληρό σιτάρι): Έχει υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, ανθεκτική γλουτένη και υψηλή ικανότητα απορρόφησης νερού. Είναι κατάλληλο για την παραγωγή ζυμαρικών.

β) **Hard white wheat** (HW) (σκληρό άσπρο σιτάρι): Έχει υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, ανθεκτική γλουτένη και υψηλή απορροφητικότητα σε νερό. Τα πίτυρά του δεν έχουν χρωστικές. Αξιοποιείται στην αρτοποιία και σε συναφή προϊόντα.

Ενδιάμεσες κλάσεις:

α) **Mixed wheat** (ανάμεικτο σιτάρι): Αποτελείται από μίγματα των προηγούμενων κλάσεων και θεωρείται ως το κατώτερης ποιότητας σιτάρι.

β) **Unclassed wheat** (χωρίς κατηγορία): Σε αυτή την κλάση μπορεί να ενταχθεί οποιαδήποτε κατηγορία σιταριού δεν μπορεί να ενταχθεί σε καμία από τις προαναφερθείσες κλάσεις. Συμπεριλαμβάνεται επίσης οποιοδήποτε σιτάρι έχει άλλες χρωστικές εκτός της κόκκινης και της λευκής.

Σε κάθε κλάση περιέχονται επιμέρους ποικιλίες, λόγω του εύρους των γενετικών διαφορών. Κάθε ποικιλία που μπορεί να ανήκει στην ίδια κλάση, ενδέχεται να διαφοροποιείται σε σχέση με άλλες της κλάσης αυτής σε κάποιο μετρήσιμο χαρακτηριστικό, όπως η δυνατότητα παραγωγής, η ανθεκτικότητα σε ασθένειες, η αντίσταση στην ξηρασία ή μερικές φυσικές ιδιότητες του φυτού (Atwell, 2001).

1.7 Κλιματικές απαιτήσεις

Το σιτάρι, όπως και τα περισσότερα δημητριακά, ευδοκιμούν σε δροσερά κλίματα ενώ τα θερμά, υγρά κλίματα συχνά καταστρέφουν τη σοδειά λόγω ασθενειών. Αν και το σιτάρι προτιμά τα δροσερά κλίματα, δεν αναπτύσσεται τόσο βόρεια όσο η σίκαλη και η βρώμη.

1.8 Απαιτήσεις εδάφους

Ο σίτος μαζικής καλλιέργειας απαιτεί εδάφη πλούσια σε άζωτο και ανόργανα υλικά, όπως κάλιο, ασβέστιο και φωσφορικό οξύ (Katz, 2003). Αντίθετα, τα άγρια σιτάρια, όπως το einkorn και το emmer, δεν αναπτύσσονται σε εδάφη πλούσια σε άζωτο και προτιμούν αργιλώδη εδάφη. Τα σιτάρια καλλιεργούνται εύκολα λόγω της ικανότητάς τους να

αναπτύσσονται σε περιοχές με αραιές βροχοπτώσεις, επειδή οι ρίζες τους έχουν την ικανότητα να απορροφούν θρεπτικά συστατικά από το ξηρό ανώτερο έδαφος, αρκεί να έχουν πρόσβαση σε υγρό χαμηλότερο έδαφος. Μια άλλη λειτουργία των ριζών τους, η οποία καθιστά το σιτάρι ιδιαίτερα προσαρμοστικό στην ξηρασία και την ανεπάρκεια θρεπτικών ουσιών, είναι η ικανότητα επέκτασης των ριζών του σε βαθύ έδαφος ώστε να αποκτά πρόσβαση σε κατώτερα εδάφη πλούσια σε θρεπτικά συστατικά που κανονικά δεν θα μπορούσαν να προσεγγιστούν. Το σιτάρι, συμπεριλαμβανομένων και άλλων δημητριακών, μπορεί επίσης να ανεχθεί υψηλά επίπεδα χαλκού και ψευδαργύρου, καθιστώντας το πολύ σταθερά σοδειά.

Το σιτάρι έχει την ικανότητα να παράγεται οποιαδήποτε στιγμή του έτους, καθιστώντας το πολυετές φυτό. Αυτό οφείλεται στη μοναδική ικανότητα του σίτου να φυτεύεται οπουδήποτε από τη στάθμη της θάλασσας σε υψόμετρα τριών χιλιάδων μέτρων και μπορεί να αναπτυχθεί σε οποιοδήποτε εύκρατο κλίμα παγκοσμίως (Katz, 2003).

1.9 Προκλήσεις αναπαραγωγής του σκληρού σίτου

Η αναπαραγωγή σκληρού σίτου θεωρείται ένας από τους πιο οικονομικά αποδοτικούς και περιβαλλοντικά ασφαλείς τρόπους για την αντιμετώπιση των μελλοντικών προκλήσεων που θα αντιμετωπίσει η παραγωγικότητα του σκληρού σίτου λόγω της κλιματικής αλλαγής. Ο σκληρός σίτος καλλιεργείται σε συστήματα καλλιέργειας με βροχή στη λεκάνη της Μεσογείου. Αυτό συνδέεται κυρίως με τις υψηλές θερμοκρασίες και την ξηρασία που αναμένεται να γίνουν πιο έντονα τα επόμενα χρόνια και αναμένεται να επηρεάσει την καλλιέργεια σε όλη τη Μεσόγειο. Σε αυτό το πλαίσιο, οι επενδύσεις στην παραγωγικότητα των περιοχών που ενισχύονται με βροχή και καλύπτουν σημαντικό μέρος των μεσογειακών χωρών θα μπορούσαν να συμβάλουν στην επισιτιστική ασφάλεια και στην αγροτική ανάπτυξη. Ο ΟΗΕ αναφέρει διάφορες στρατηγικές για αγρονομικές πρακτικές με βάση την παραγωγή και την παραγωγικότητα σε άνυδρες περιοχές, συμπεριλαμβανομένης της χρήσης προσαρμοσίμων ποικιλιών, η οποία θεωρείται πολύ αποτελεσματική πρακτική (United Nations, 2011). Τα προγράμματα αναπαραγωγής πρέπει να είναι ακόμη πιο αποτελεσματικά λόγω των επερχόμενων επιπτώσεων στην κλιματική αλλαγή και των αυξημένων αναγκών σε τρόφιμα. Ο προσδιορισμός των γενετικών πόρων και η μελέτη της γενετικής

μεταβλητότητας θα παρέχει περαιτέρω πληροφορίες σχετικά με την αυξημένη ανοχή του σκληρού σίτου υπό αβιοτικές και βιοτικές πιέσεις. Αυτό θα μπορούσε να συμβάλει στην αύξηση και τη σταθερότητα της παραγωγής σε μελλοντικές αντίξοες κλιματολογικές συνθήκες. Με αυτόν τον τρόπο, θα μπορούσαν επίσης να βοηθήσουν γενετικές μελέτες για τον εντοπισμό γονιδίων που ελέγχουν σημαντικά αγρονομικά χαρακτηριστικά και είναι ανθεκτικά σε ασθένειες (Kthiri, 2018). Η ταυτοποίηση των γονιδιωματικών περιοχών που επηρεάζουν πολύτιμα χαρακτηριστικά, είναι γνωστή ως χαρτογράφηση ποσοτικών χαρακτηριστικών και είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για την εκμετάλλευση των τόπων που συνδιαλέγονται με χαρακτηριστικά ενδιαφέροντος σε έναν πληθυσμό.

1.10 Διατροφική αξία

Η θρεπτική αξία του σίτου ερευνάται μέσω τις κατηγοριοποίησης των συστατικών του σε μακροθρεπτικά συστατικά και μικροθρεπτικά συστατικά. Τα μακροθρεπτικά συστατικά αποτελούνται από τους υδατάνθρακες, τις πρωτεΐνες και τα λιπίδια, ενώ τα μικροθρεπτικά συστατικά από τις βιταμίνες, τα μέταλλα και τα φυτοχημικά θρεπτικά συστατικά.

Σε ό,τι αφορά τα μακροθρεπτικά συστατικά, οι κόκκοι σίτου αποτελούνται από περίπου 75% υδατάνθρακες (McKevith, 2004), και ως εκ τούτου πολλοί πιστεύουν ότι η σημασία των υδατανθράκων και των ινών με το σιτάρι υπερσχύει των συγκεντρώσεών τους σε βιταμίνες, μέταλλα και φυτοχημικά. Οι υδατάνθρακες κατηγοριοποιούνται σε «καλούς υδατάνθρακες» και «κακούς υδατάνθρακες», όπου η διαφορά μεταξύ τους είναι η ποιότητα των φυτικών ινών. Οι «καλοί υδατάνθρακες» είναι ακατέργαστοι σύνθετοι υδατάνθρακες, όπως δημητριακά ολικής αλέσεως, και έχουν πολύ αργό ρυθμό πέψης ινών, παρέχοντας ένα αργό, σταθερό ρυθμό γλυκόζης στο αίμα, δημιουργώντας ένα αίσθημα κορεσμού. Οι εξευγενισμένοι σύνθετοι υδατάνθρακες, όπως το άσπρο αλεύρι και τα λευκά ζυμαρικά, χαρακτηρίζονται ως «κακοί υδατάνθρακες». Αυτά έχουν πολύ γρήγορο ρυθμό πέψης ινών, το οποίο οδηγεί σε αίσθημα πείνας αμέσως μετά το γεύμα.

Το δεύτερο κύριο μακροθρεπτικό συστατικό στο σιτάρι είναι η πρωτεΐνη, με τα πιο σημαντικά να είναι γλιαδίνες και γλουτενίνες. Ωστόσο, αυτές οι πρωτεΐνες εξακολουθούν να είναι σε σχετικά χαμηλές ποσότητες και επομένως, τα απαραίτητα αμινοξέα πρέπει να παρέχονται από άλλη πηγή (McKevith, 2004). Τέλος, τα λιπίδια είναι ένα συστατικό σε πολύ χαμηλή συγκέντρωση, που βρίσκεται σε ποσοστό περίπου 1-3% στο σιτάρι (McKevith, 2004).

Σε αντίθεση με τα μακροθρεπτικά συστατικά, τα μικροθρεπτικά συστατικά δεν υπάρχουν σε υψηλές συγκεντρώσεις στο σιτάρι και ως εκ τούτου δεν μπορούν να συγκριθούν τα ποσοστά τους. Ωστόσο, εξυπηρετούν έναν εξαιρετικά σημαντικό σκοπό για το ανθρώπινο σώμα, ειδικά στην προώθηση της υγείας και την πρόληψη των ασθενειών (Basey, 2005). Οι πιο σημαντικές βιταμίνες που βρίσκονται στο σιτάρι είναι το σύμπλεγμα Β, η ριβοφλαβίνη και η νιασίνη και το σύμπλεγμα Ε (McKevith, 2004). Το κυρίαρχο μέταλλο που βρίσκεται στο σιτάρι είναι το κάλιο, ωστόσο, στο σιτάρι ολικής αλέσεως, βρίσκονται επίσης σε υψηλές συγκεντρώσεις σίδηρος, μαγνήσιο, μαγγάνιο και ψευδάργυρος. Τέλος, τα πιο ενδιαφέροντα μικροσυστατικά που βρίσκονται στο σιτάρι είναι φυτοχημικά ή φυτικές βιοδραστικές ουσίες. Η έρευνα έχει δείξει ότι αυτές οι ουσίες πολλές έχουν πολλές επιδράσεις στην υγεία, παρόμοιες με τα αντιοξειδωτικά, τα οποία είναι εξαιρετικά ευεργετικά για την πρόληψη ασθενειών.

Αν και όλο το σιτάρι περιέχει την πλειονότητα αυτών των θρεπτικών συστατικών, το φύτρο σιταριού πιστεύεται ότι είναι το πιο θρεπτικό μέρος του φυτού. Το φύτρο σιταριού είναι αυτό από το οποίο παράγονται τα προϊόντα ολικής αλέσεως. Τα επεξεργασμένα προϊόντα σιταριού, το άσπρο ψωμί και τα λευκά ζυμαρικά, απομακρύνουν το φύτρο και το πίτουρο από το αλεύρι δίνοντάς του ένα «πιο λευκό» χρώμα. Δεδομένου ότι το φύτρο σιταριού είναι το μικρό εσωτερικό μέρος του πυρήνα του σίτου που είναι μια συμπυκνωμένη πηγή θρεπτικών ουσιών, η αφαίρεση του ουσιαστικά αφαιρεί τον πυρήνα ή την «καρδιά» των θρεπτικών συστατικών του σίτου.

Ο σκληρός σίτος έχει συνήθως υψηλά επίπεδα πρωτεϊνών και γλουτένης που τον καθιστούν ιδιαίτερα χρήσιμο για την παρασκευή ψωμιού. Η παρασκευή ψωμιού απαιτεί επίπεδο πρωτεΐνης 12% και συγκεκριμένες ποικιλίες σκληρού σίτου μπορούν να περιέχουν έως και ποσοστό πρωτεΐνης 16%. Τα μαλακά σιτάρια περιέχουν επίπεδο πρωτεΐνης 9-11%, καθιστώντας τα ιδανικά για την παρασκευή αρτοποιημάτων και γλυκών. Το σιμιγδάλι, αν και περιέχει υψηλά επίπεδα πρωτεΐνης, δεν περιέχει τον τύπο πρωτεΐνης που απαιτείται για να σχηματίσει γλουτένη και ως εκ τούτου, χρησιμοποιείται για την παρασκευή ζυμαρικών.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί ένας σημαντικός παράγοντας στο σιτάρι είναι το επίπεδο γλουτένης. Το σιτάρι ψωμιού, κυρίως σκληρό σιτάρι, έχει το υψηλότερο επίπεδο γλουτενίνης και γλιαδίνης που, όταν υγραίνονται και ζυμωθούν, συνδυάζονται για να δημιουργήσουν γλουτένη. Η γλουτένη παρέχει ένα δίκτυο ινών που παγιδεύει το διοξείδιο

του άνθρακα και τον ατμό, δημιουργώντας έτσι ένα ελαφρύ, πορώδες υλικό με μικρές τσέπες αέρα κατά το ψήσιμο. Αν και είναι ένα σημαντικό συστατικό του σίτου, η γλουτένη μπορεί να οδηγήσει σε μια πολύ σοβαρή τροφική αλλεργία γνωστή ως κοιλιοκάκη (Kiple&Kriemhild, 2000)

1.11 Πρωτεϊνικές καλλιέργειες και σιτάρι

Στην παραπάνω ενότητα αναδείχτηκε η υψηλή θρεπτική αξία του σκληρού σίτου, η οποία οφείλεται κατά κύριο λόγο στα υψηλά επίπεδα πρωτεϊνών που περιέχει. Ωστόσο, δεν είναι η μοναδική πρωτεϊνούχα καλλιέργεια ο σίτος. Τα τελευταία 10 χρόνια στην Ε.Ε. έχει αυξηθεί η καλλιέργεια σε πρωτεϊνούχες καλλιέργειες, που περιλαμβάνουν μπιζέλια, φασόλια, φακές, ρεβίθια και άλλα όσπρια. Αυτό οφείλεται στα κίνητρα πολιτικής που έχει δώσει η Ε.Ε. στους ευρωπαίους καλλιεργητές, στην αύξηση της κατανάλωσης, η οποία οφείλεται στην νέα επικρατούσα διατροφική τάση όπου περιλαμβάνονται τρόφιμα υψηλής θρεπτικής-πρωτεϊνικής αξίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΙΤΟΥ & ΔΗΜΗΤΡΙΑΚΩΝ ΣΤΗΝ Ε.Ε.

2.1 Εισαγωγή

Η σύγχρονη ιστορία αναπαραγωγής σκληρού σίτου στην περιοχή της Μεσογείου ξεκίνησε στις αρχές του 20^{ου} αιώνα και επηρεάστηκε από την παγκόσμια εξέλιξη της γεωργικής επιστήμης. Η υψηλή απόδοση, τα καλά χαρακτηριστικά τελικής χρήσης και η αντίσταση στις αβιοτικές και βιοτικές καταπονήσεις ήταν πάντα στόχοι για τους κτηνοτρόφους σίτου. Η αρχική προσέγγιση στην αναπαραγωγή σκληρού σίτου επικεντρώθηκε στην εκμετάλλευση των τοπικών πόρων.

Αργότερα, η Πράσινη Επανάσταση είχε ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση σκληρού σιταριού μικρού σε μέγεθος, υψηλής απόδοσης από διεθνή ερευνητικά ιδρύματα, τα οποία χρησιμοποιούνται εκτενώς σε διασταυρώσεις σε σχεδόν όλα τα εθνικά προγράμματα αναπαραγωγής (López Bellido, 2009).

Οι πρώτες συστηματικές προσπάθειες βελτίωσης των σπόρων έγιναν από δημόσια ερευνητικά ιδρύματα στις χώρες της λεκάνης της Μεσογείου, που πρωτοστάτησαν την αναπαραγωγή φυτών εκείνη την εποχή. Αρχικά, τα εδάφη χρησιμοποιήθηκαν ως αρχικά υλικά σε προγράμματα αναπαραγωγής. Αργότερα, εφαρμόστηκε συστηματική αναπαραγωγή, χρησιμοποιώντας ποικιλίες με διαφορετικά χρήσιμα αγρονομικά χαρακτηριστικά, όπως υψηλή απόδοση, καλή ποιότητα και αντίσταση σε μια σειρά ασθενειών (Cossani et al., 2009).

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται ανάλυση, με βάση τα δεδομένα του ιστότοπου της Ευρωπαϊκής Ένωσης, αναφορικά με τις καλλιεργήσιμες εκτάσεις σιτηρών στην Ε.Ε. και παράλληλα πραγματοποιείται συγκριτική αποτίμηση μεταξύ σιτηρών και δημητριακών που καλλιεργούνται εντός Ε.Ε.. Επιπλέον, παρουσιάζονται εκτιμήσεις σχετικά με την μελλοντική έκταση που θα έχουν οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις σιτηρών εντός Ε.Ε. έως και το 2030. Τέλος αναδεικνύεται η αυξητική τάση που παρατηρείται στην καλλιέργεια σιτηρών τα τελευταία χρόνια (Cossani et al., 2009).

2.2 Κλίμα, Αγρονομία και Ποιότητα (ευνοϊκές περιοχές καλλιέργειας)

Εξαιτίας της αυξημένης προσαρμοστικότητά του το σιτάρι καλλιεργείται σε ένα μεγάλο εύρος διαφορετικών περιοχών με ποικίλα κλίματα. Το γεωγραφικό πλάτος που θεωρείται ως ευνοϊκή περιοχή καλλιέργειας εκτείνεται μεταξύ 30° και 60° βόρεια και 25° και 40° νότια, κυρίως σε περιοχές των οποίων η βροχόπτωση κυμαίνεται μεταξύ 300 και 1000 mm ετησίως (González&Rojo, 2005). Καθώς το σιτάρι δημιουργήθηκε σε περιοχές με ξηρό κλίμα, προσαρμόστηκε καλά στις στέπες, όπου σπέρνεται πολύ. Μπορεί επίσης να παραχθεί σε περιοχές με σχετικά δροσερό και υγρό καιρό κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, ακολουθούμενη από μια ζεστή και ξηρή περίοδο μετά το φύτεμα των κόκκων.

Στο μεσογειακό κλίμα, το οποίο επικρατεί στα νότια / νοτιοδυτικά της Ευρώπης, Βόρεια Αφρική, Καλιφόρνια, Χιλή, Νότια Αφρική και Νότια Αυστραλία, το καλοκαίρι είναι πολύ μακρύ, ζεστό και ξηρό και η βροχόπτωση συγκεντρώνεται το φθινόπωρο και το χειμώνα. Ο χειμώνας είναι επίσης συχνά μικρός και ήπιος. Οι περιοχές με αυτόν τον τύπο κλίματος αντιπροσωπεύουν το 10-15% της συνολικής παραγωγής σιταριού παγκοσμίως.

Το έλλειμμα νερού είναι ένας από τους κύριους παράγοντες που περιορίζουν την απόδοση του σκληρού σίτου στην περιοχή της Μεσογείου. Η θερμοκρασία αρχίζει να αυξάνεται την άνοιξη, συχνά απότομα, κάτι που συμφωνεί με τη ζήτηση νερού στα δημητριακά. Ωστόσο, οι βροχοπτώσεις αυτή τη σεζόν είναι συχνά σχετικά χαμηλές και πολύ ακανόνιστες, γεγονός που μπορεί επίσης να προκαλέσει προβλήματα έλλειψης νερού, καθώς και έκθεση σε υψηλή θερμοκρασία. Αυτό το στάδιο συνήθως συμπίπτει με την εμφάνιση, την άνθηση των κόκκων, προκαλώντας μείωση του αριθμού των αιχμών ανά φυτό και στον αριθμό των κόκκων ανά ακίδα και συχνά προκαλεί επίσης μείωση του βάρους των κόκκων (LópezBellido, 2009). Η απόδοση καθορίζεται από την κατανομή των συνολικών βροχοπτώσεων κατά την ανάπτυξη των καλλιεργειών (Cossani et al., 2009). Έτσι, το απρόβλεπτο μεσογειακό κλίμα προκαλεί διακυμάνσεις στην απόδοση και την ποιότητα του σίτου, αλλά προσφέρει την ευκαιρία απόκτησης σκληρού σίτου υψηλής ποιότητας από την άποψη των σημαντικότερων παραμέτρων που απαιτούνται από τη βιομηχανία.

Η απόδοση πολλών ποιοτικών χαρακτηριστικών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις περιβαλλοντικές συνθήκες, οι οποίες οδηγούν σε διαφορετική έκφραση της ποιότητας των κόκκων από τοποθεσία σε τοποθεσία. Στην πραγματικότητα, η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες, ίσως το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό ποιότητας για το σιτάρι, είναι γνωστό ότι

επηρεάζεται από τις κλιματολογικές παραμέτρους, την ποικιλία, τον ρυθμό αποδέσμευσης του αζώτου, το χρόνο εφαρμογής του αζώτου, το διαθέσιμο άζωτο του εδάφους και τη διαθέσιμη υγρασία κατά την πλήρωση των κόκκων. Η υαλώδης ουσία επηρεάζεται κυρίως από τη διαθεσιμότητα αζώτου και νερού και τα υγρά περιβάλλοντα μειώνουν το ποσοστό των υαλοειδών κόκκων και αυξάνουν τη συχνότητα εμφάνισης αλλοίωσης. Οι περιβαλλοντικές συνθήκες μπορούν επίσης να επηρεάσουν το περιεχόμενο σκόνης, το οποίο αυξάνεται σε περιβάλλοντα υψηλής διαπνοής και μπορεί να επηρεάσει το σίτο (LópezBellido, 2009). Το βάρος του πυρήνα καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τις κλιματολογικές παραμέτρους, ιδιαίτερα από την υψηλή θερμοκρασία κατά την πλήρωση του κόκκου. Η αντοχή στη γλουτένη, μπορεί επίσης να μειωθεί σε ξηρό και ζεστό περιβάλλον.

2.3 Δασικές και γεωργικές εκτάσεις στην ΕΕ

Οι δασικές εκτάσεις της ΕΕ αυξάνονται σταθερά από το 2010 και αυξήθηκαν κατά 1 εκατομμύριο εκτάρια κατά τα τελευταία 5 χρόνια. Προβλέπεται ότι οι δασικές εκτάσεις θα συνεχίσουν να επεκτείνονται με σταθερό ρυθμό, φτάνοντας τα 161 εκατομμύρια μέχρι το τέλος του 2030. Οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις θα συνεχίσουν να μειώνονται τόσο ως αποτέλεσμα της αύξησης των δασικών εκτάσεων όσο και ως αποτέλεσμα της επέκτασης των αστικών κέντρων.

Οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις στην Ευρωπαϊκή Ένωση αναμένεται να μειωθούν περαιτέρω κατά 0,5 εκατομμύρια εκτάρια, φτάνοντας το σύνολο στα 161,2 εκατομμύρια εκτάρια (EuropeanCommission, 2020).

Η καλλιέργεια σίτου αποτελεί μία απαιτητική εκτατικά καλλιέργεια, κάτι που μελλοντικά μπορεί να αποτελέσει πρόβλημα για την συνέχιση ή την επέκτασή της, τόσο λόγω των πιέσεων για αύξηση των δασικών εκτάσεων τόσο και για λόγους ανταγωνισμού από περιοχές εκτός ΕΕ με χαμηλότερα έξοδα παραγωγής.

2.3.1 Οι περιοχές καλλιέργειας της ΕΕ αυξάνονται

Από το 2012, οι περιοχές βοσκοτόπων και ζωοτροφών αυξάνονται σε διάφορες περιοχές της ΕΕ, όπως η Γερμανία, η Ισπανία και η Ιταλία. Η έκταση των λιβαδιών αναμένεται να συνεχίσει να αυξάνεται για να καλύψει τη ζήτηση για ζωοτροφές, αλλά με βραδύτερο ρυθμό από ό, τι τα προηγούμενα χρόνια, εν μέρει λόγω της μείωσης διάφορων φυτοφάγων κοπαδιών. Η έκταση των λιβαδιών θα μπορούσε να αυξηθεί κατά 0,7% στα 50,5 εκατομμύρια εκτάρια έως το 2030.

2.3.2 Πτωτική τάση των καλλιεργειών

Μέσα σε μια πτωτική τάση της συνολικής γεωργικής γης της ΕΕ, οι περιοχές δημητριακών και ελαιούχων σπόρων θα πρέπει επίσης να μειωθούν την επόμενη δεκαετία. Όσον αφορά τους ελαιούχους σπόρους, η συνολική έκταση της ΕΕ θα μπορούσε να μειωθεί στα 10,7 εκατομμύρια εκτάρια (-0,4%), λόγω της συνεχούς μείωσης των ελαιοκράμβων.

2.3.3 Αύξηση βιολογικών καλλιεργειών

Σύμφωνα με την τρέχουσα δέσμη πολιτικών και παραδοχών της αγοράς, αναμένεται ότι η ανάπτυξη της βιολογικής γης θα μπορούσε να παραμείνει ισχυρή την περίοδο 2020-2030. Το μερίδιο των βιολογικών καλλιεργειών επί της συνολικής καλλιεργήσιμης γης αυξήθηκε από 5,5% το 2012 σε 8% το 2018. Μέχρι το 2030, το μερίδιο αυτό θα μπορούσε να αυξηθεί κατά 4% επιπλέον και να φτάσει το 12%, και πιθανώς περισσότερο με προληπτικές πολιτικές και ευνοϊκές συνθήκες αγοράς (European Commission, 2020).

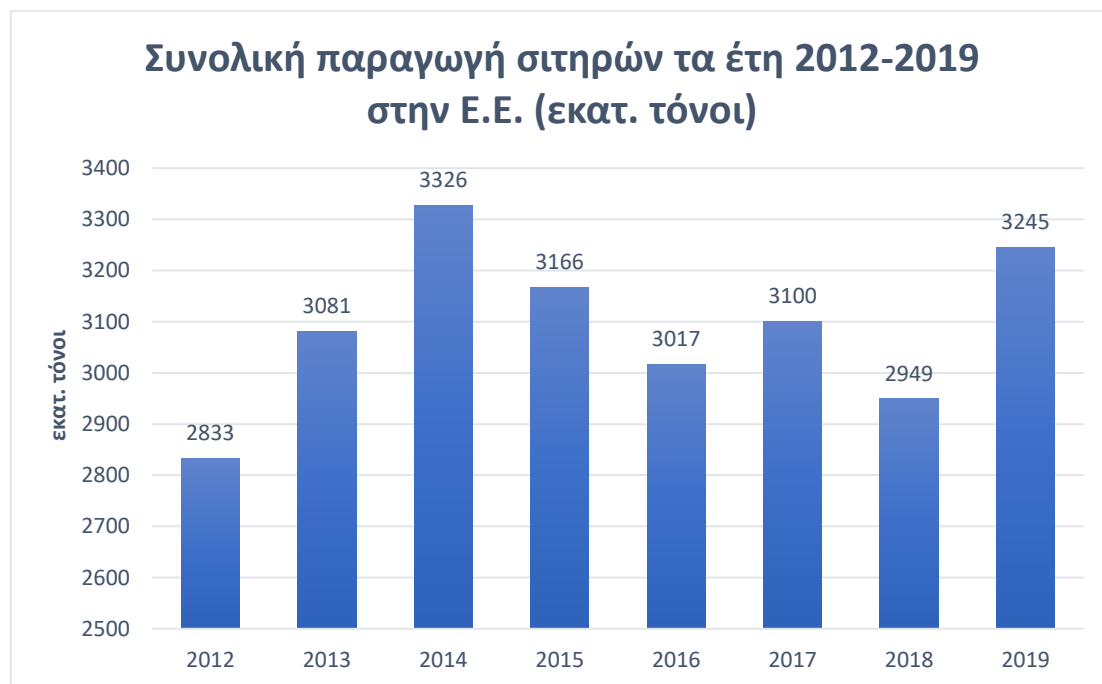
2.4 Επιρροή στην εγχώρια αγορά λόγω της ζήτησης τροφίμων από την ΕΕ

Η εγχώρια χρήση δημητριακών στην ΕΕ αναμένεται να σταθεροποιηθεί έως το 2030 και να φθάσει τα 260,4 εκατομμύρια τόνους (-0,7% σε σύγκριση με το 2020), ενώ η

συνολική χρήση ζωοτροφών θα μπορούσε να μειωθεί κατά 0,8 εκατομμύρια τόνους. Η χρήση αραβοσίτου θα πρέπει να αυξηθεί στις μερίδες ζωοτροφών (+ 2%) που προέρχονται τόσο από την εγχώρια παραγωγή όσο και από τις εισαγωγές.

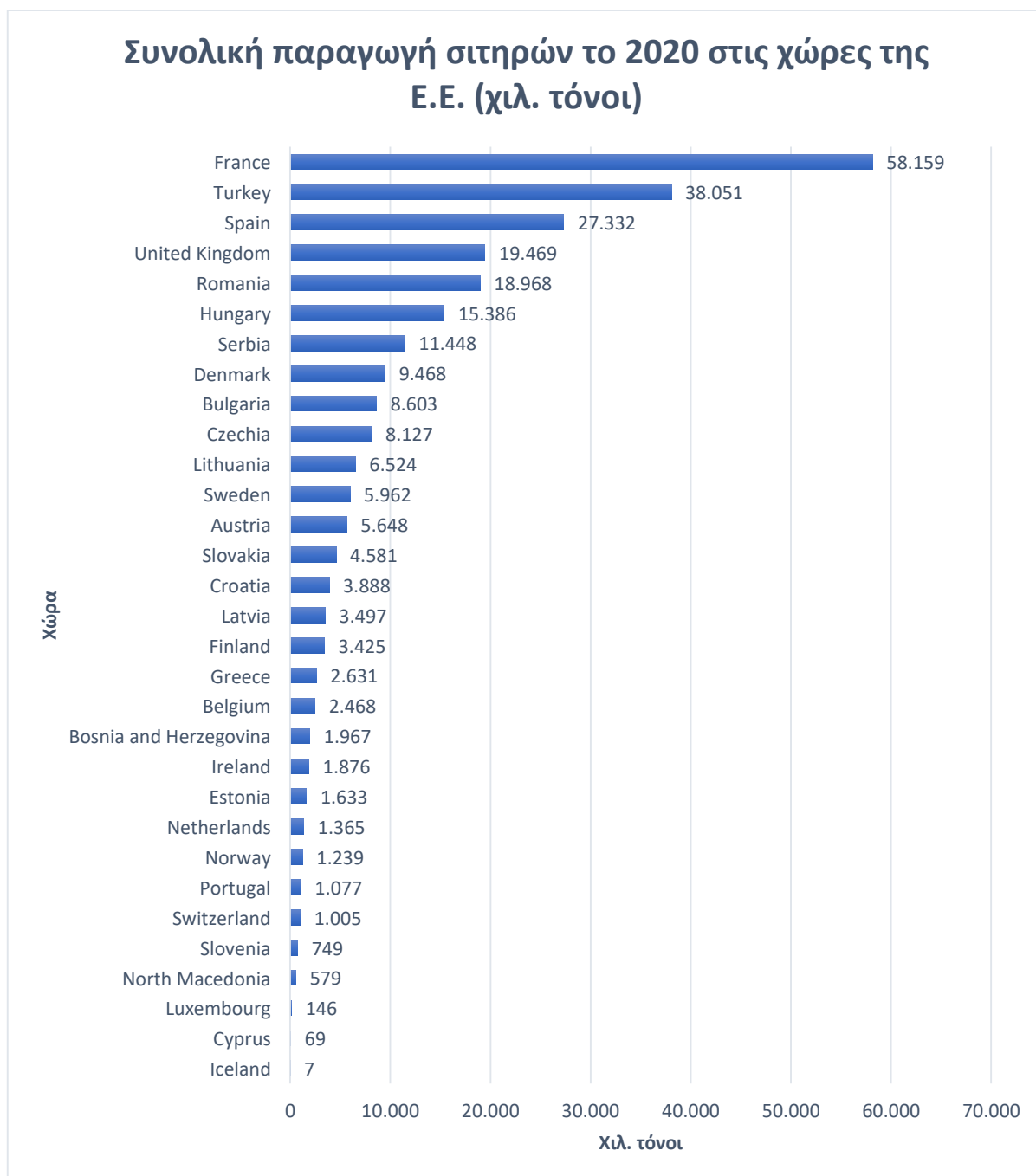
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: Η ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΙΤΗΡΩΝ ΚΑΙ ΑΛΕΥΡΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΤΗΝ Ε.Ε.

3.1 Η παραγωγή σιτηρών



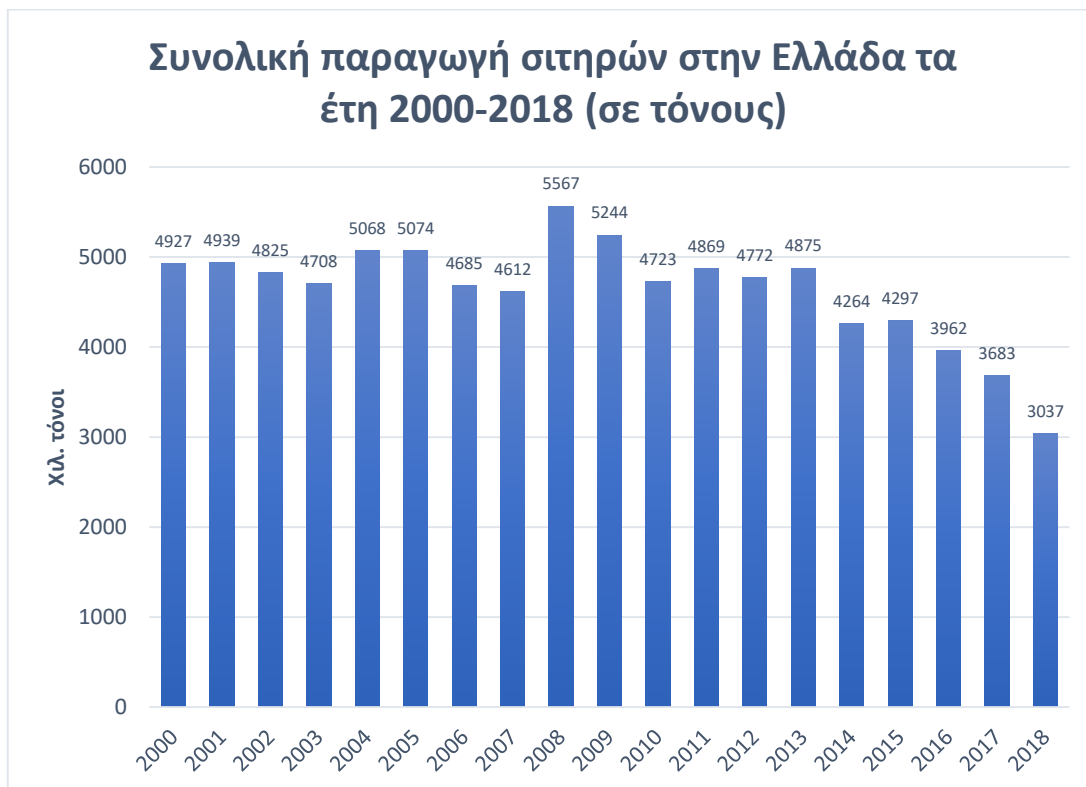
Σχήμα 3.1 Συνολική παραγωγή σιτηρών τα έτη 2012-2019 στην Ε.Ε. (εκατ. τόνοι) (Πηγή: Eurostat)

Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 3.1, για την χρονική περίοδο 2012 έως 2019, το έτος με την μεγαλύτερη παραγωγή σιτηρών στην Ευρωπαϊκή Ένωση ήταν το 2014. Από το 2012 υπήρχε αυξητική τάση στην παραγωγή, φτάνοντας στο 2014, όπου ήταν η μέγιστη τιμή. Μετά το 2014 υπήρξαν κάποιες διακυμάνσεις, φτάνοντας στο 2019 όπου είναι η δεύτερη υψηλότερη τιμή στη διάρκεια αυτών των χρόνων.



Σχήμα 3.2 Συνολική παραγωγή σιτηρών το 2020 στις χώρες της Ε.Ε. (χιλ. τόνοι) (Πηγή: Eurostat)

Παρατηρώντας το Σχήμα 3.2, εύκολα παρατηρείται ότι την κυρίαρχη θέση παραγωγής σιτηρών στην Ευρωπαϊκή ένωση κατέχει η Γαλλία. Με μεγάλη διαφορά, σε δεύτερη θέση έρχεται η Τουρκία καθώς την τέταρτη θέση την κατέχει η Ισπανία.



Σχήμα 3.3 Συνολική παραγωγή σιτηρών στην Ελλάδα τα έτη 2000-2018 (σε τόνους)
(Πηγή: Eurostat)



Σχήμα 3.4 Χρησιμοποιούμενη έκταση για καλλιέργεια σιτηρών στην Ελλάδα (εκτάρια)
(Πηγή: World Bank)

Έτος	Ποσότητα σιτηρών (τόνοι)
2000	4.926.527
2001	4.938.620
2002	4.825.424
2003	4.707.635
2004	5.068.321
2005	5.073.515
2006	4.685.376
2007	4.612.071
2008	5.567.224
2009	5.243.740
2010	4.722.508
2011	4.868.852
2012	4.771.539
2013	4.875.338
2014	4.263.956
2015	4.297.233
2016	3.962.384
2017	3.682.861
2018	3.036.916

*Πίνακας 3.1 Συνολική παραγωγή σιτηρών στην Ελλάδα τα έτη 2000-2018 (σε τόνους)
(Πηγή: Eurostat)*

Όσον αφορά την χώρα μας, για τη συνολική παραγωγή σιτηρών κατά τα έτη 2000 έως 2018 δεν υπάρχουν έντονες αυξομειώσεις. Σύμφωνα με το Σχήμα 3.3 και τον Πίνακα 3.1, το 2008 ήταν το έτος με την μεγαλύτερη παραγωγή σιτηρών, παράγοντας 5567224 τόνους σιτηρών. Αξιοσημείωτο είναι ότι από το 2013 έως το 2018 υπάρχει πτωτική τάση στην παραγωγή σιτηρών, φτάνοντας στο 2019 όπου είναι και το έτος με χαμηλότερη παραγωγή σιτηρών, με παραγωγή 3036916 τόνους σιτηρών.

Έτος	Έκταση (εκτάρια)
2000	1.273.407
2001	1.283.550
2002	1.287.733
2003	1.274.545
2004	1.261.582
2005	1.252.779
2006	1.195.590
2007	1.173.584
2008	1.232.843
2009	1.229.150
2010	1.161.764
2011	1.120.784
2012	1.134.261
2013	1.109.712
2014	994.750
2015	1.019.535
2016	938.176
2017	853.072
2018	799.493

Πίνακας 3.2 Χρησιμοποιούμενη έκταση για καλλιέργεια σιτηρών στην Ελλάδα (εκτάρια)

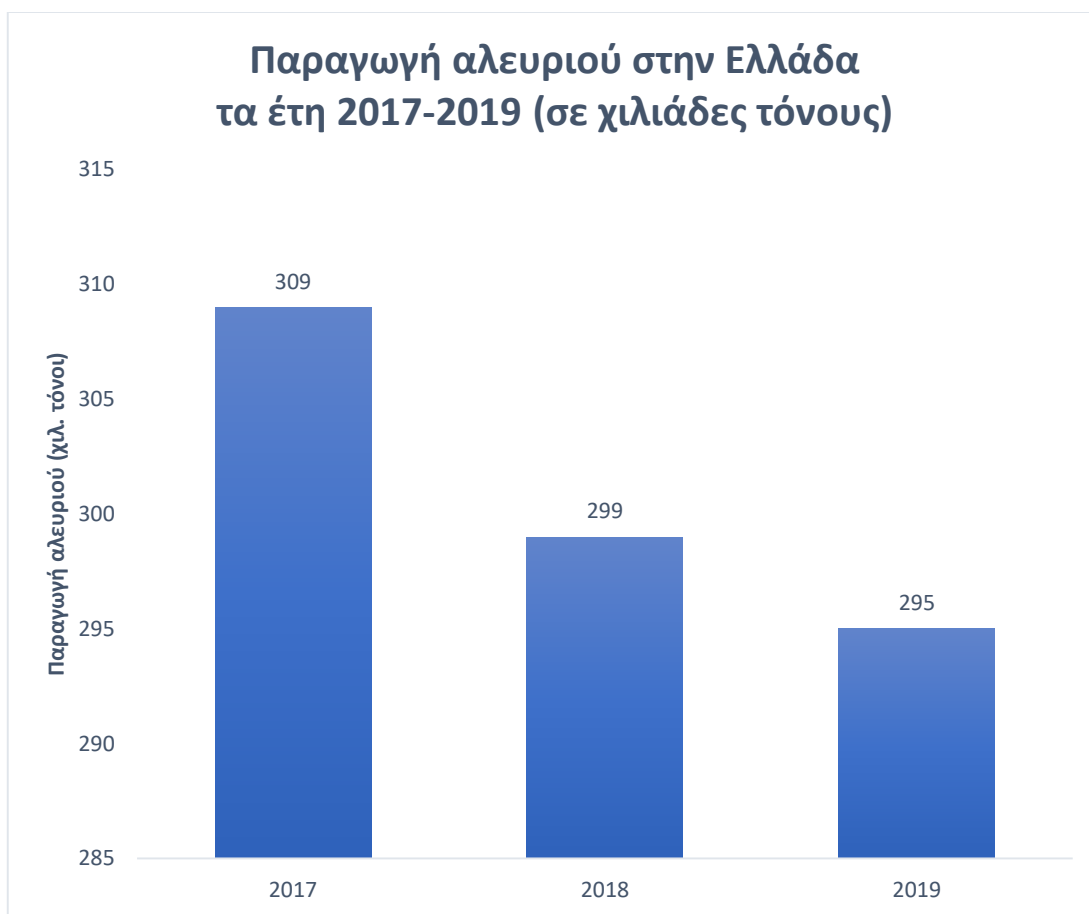
Παρατηρώντας το Σχήμα 3.4 και τον πίνακα 3.2, βλέπουμε ότι, ανάλογη πορεία με την παραγωγή σιτηρών στην Ελλάδα, έχει και η χρησιμοποιούμενη έκταση για καλλιέργεια σιτηρών. Παρατηρούμε ότι από το 2000 έως 2009, οι έκταση για καλλιέργεια σιτηρών στην Ελλάδα ήταν πρακτικά ίδια, με πολύ μικρές αυξομειώσεις στις τιμές. Όμως από το 2010 μέχρι το 2018 παρατηρείται πτωτική τάση στις διαθέσιμες εκτάσεις για καλλιέργεια σιτηρών, φτάνοντας στο 2018 με την λιγότερη χρησιμοποιούμενη έκταση για σιτηρά όπου ήταν 799493 εκτάρια γης. Ωστόσο, το έτος με την περισσότερη χρησιμοποιούμενη έκταση γης για παραγωγή σιτηρών ήταν το 2002, με 1287733 εκτάρια καλλιεργούμενης γης.

3.2 Η παραγωγή αλευριού



Σχήμα 3.5 Παραγωγή αλευριού στην Ε.Ε. και λοιπές περιφερειακές χώρες τα έτη 2016-2019 (σε χιλιάδες τόνους) (Πηγή: Eurostat)

Όσον αφορά την παραγωγή αλευριού στις Ευρωπαϊκές καθώς και τις περιφερειακές χώρες, για τα έτη 2016 έως 2019, εύκολα παρατηρούμε από το Σχήμα 3.5 ότι για το 2016 έως και το 2018 η πρώτη χώρα παραγωγής αλευριού ήταν η Τουρκία. Μάλιστα η διαφορά της με τις υπόλοιπες χώρες είναι ιδιαίτερα μεγάλη. Το έτος 2016 παρήγαγε 17482 χιλ. τόνους, το 2017 παρήγαγε 16046 χιλ. τόνους και το 2018 παρήγαγε 16632 χιλ. τόνους αλευριού. Ωστόσο, το 2019 φαίνεται ότι την ξεπέρασε, με αρκετή διαφορά η Γερμανία παράγοντας 22908 χιλ. τόνους αλευριού, ενώ η Τουρκία, ερχόμενη στη δεύτερη θέση παρήγαγε 15593 χιλ. τόνους.



*Σχήμα 3.6 Παραγωγή αλευριού στην Ελλάδα τα έτη 2017-2019 (σε χιλιάδες τόνους)
(Πηγή: Eurostat)*

Σύμφωνα με το Σχήμα 3.6, η παραγωγή αλευριού στη χώρα μας είχε πτωτική τάση από το 2017 έως το 2019. Το 2017 παράχθηκαν στην Ελλάδα 309 χιλ. τόνοι αλευριού. Στη συνέχεια, το 2018 παράχθηκαν 299 χιλ. τόνοι αλευριού και τέλος το 2019 παράχθηκαν 295 χιλ. τόνοι αλευριού. Παρατηρώντας επίσης το Σχήμα 3.5 η χώρα μας συγκριτικά με τις υπόλοιπες ευρωπαϊκές χώρες έχει πάρα πολύ χαμηλή παραγωγή αλευριού.

	2017	2018	2019
Bulgaria	6.134	5.805	6.124
Germany	:	:	22.908
Estonia	713	450	847
Ireland	646	489	606
Greece	309	299	295
Croatia	692	743	792
Italy	2.754	2.788	2.727
Latvia	2.139	1.432	2.371
Lithuania	3.917	2.839	3.844
Luxembourg	78	80	82
Hungary	5.087	5.049	5.215
Poland	11.666	9.820	11.012
Portugal	50	57	51
Romania	10.014	10.123	10.281
Slovenia	139	119	137
Slovakia	1.588	1.702	1.751
Finland	802	503	917
Turkey	16.046	16.632	15.593

Πίνακας 3.3 Παραγωγή αλευριού στην Ε.Ε. και λοιπές περιφερειακές χώρες τα έτη 2016-2019 (σε χιλιάδες τόνους) (Πηγή: Eurostat)

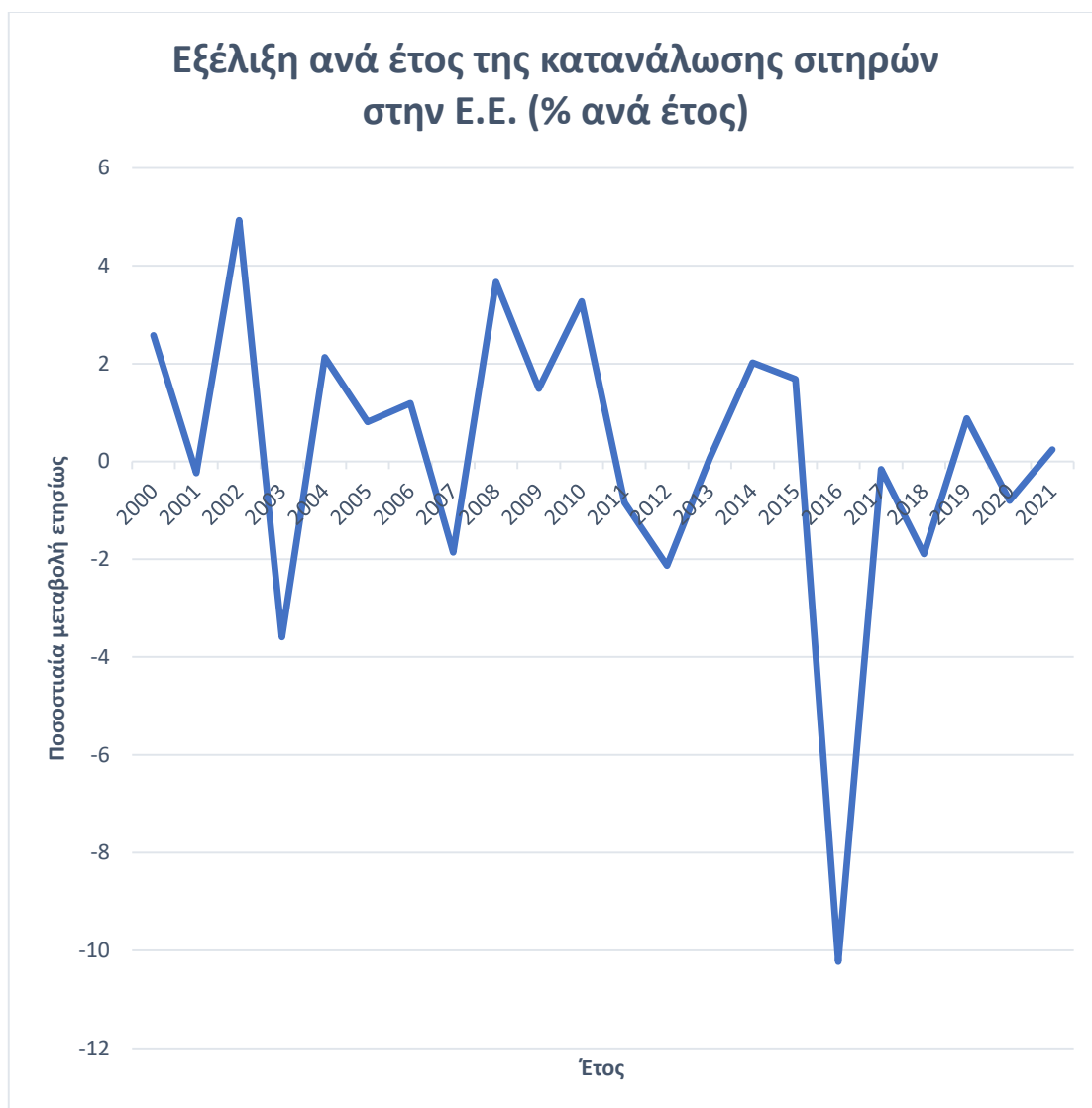
Η παρατηρήσεις σχετικά με την διαφορά στην παραγωγή αλευριού, στην Γερμανία την Τουρκία και την χώρας μας, επαληθεύονται και από τον πίνακα 3.3 όπου αναγράφεται αναλυτικά η παραγωγή σε χιλ. τόνους αλευριού για την κάθε χώρα τα έτη μεταξύ 2017 έως 2019.

3.3 Η κατανάλωση σιτηρών στην Ε.Ε.



Σχήμα 3.7 Κατανάλωση σιτηρών στην Ε.Ε. (χιλ. τόνοι) (Πηγή: World Bank)

Σύμφωνα με το Σχήμα 3.7 παρατηρείται η συνολική κατανάλωση σιτηρών στην Ευρωπαϊκή Ένωση τα έτη 2000 έως 2021. Από το 2000 μέχρι και το 2015 υπάρχουν έντονες αυξομειώσεις στην κατανάλωση σιτηρών, παρουσιάζοντας συνολικά αύξηση στην κατανάλωση. Το έτος 2015 ήταν η χρονιά με την μεγαλύτερη κατανάλωση σιτηρών, όπου καταναλώθηκαν στην Ευρωπαϊκή Ένωση 70.850 χιλ. τόνοι. Ωστόσο, το 2016 η κατανάλωση σιτηρών μειώθηκε δραματικά σε σχέση με το 2015, όπου καταναλώθηκαν 63.600 χιλ. τόνοι σιτηρών. Από το 2016 έως και το 2021 η κατανάλωση σιτηρών παρέμεινε σε σχετικά χαμηλά επίπεδα, όπου το 2020 καταναλώθηκαν 62.350 χιλ. τόνοι σιτηρών.



Σχήμα 3.8 Εξέλιξη ανά έτος της κατανάλωσης σιτηρών στην Ε.Ε. (% ανά έτος) (Πηγή: World Bank)

Έτος	Κατανάλωση (τόνοι)	Μεταβολή
1999	61.148	NA
2000	62.727	2,58
2001	62.575	-0,24
2002	65.660	4,93
2003	63.300	-3,59
2004	64.650	2,13

2005	65.175	0,81
2006	65.950	1,19
2007	64.725	-1,86
2008	67.100	3,67
2009	68.100	1,49
2010	70.325	3,27
2011	69.734	-0,84
2012	68.250	-2,13
2013	68.300	0,07
2014	69.677	2,02
2015	70.850	1,68
2016	63.600	-10,23
2017	63.500	-0,16
2018	62.300	-1,89
2019	62.850	0,88
2020	62.350	-0,8
2021	62.500	0,24

Πίνακας 3.4 Κατανάλωση σιτηρών στην Ε.Ε. και εξέλιξη ανά έτος της κατανάλωσης σιτηρών στην Ε.Ε. (Πηγή: World Bank)

Στο Σχήμα 3.8 και στον Πίνακα 3.4 παρουσιάζεται η κατανάλωση σιτηρών, καθώς και η εξέλιξη ανά έτος της κατανάλωσης σιτηρών στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Όπως παρατηρήθηκε από το Σχήμα 3.7 το έτος 2015 καταναλώθηκαν τα περισσότερα σιτηρά καθώς και το έτος 2016 υπήρξε και η μεγαλύτερη αρνητική μεταβολή στην κατανάλωση σιτηρών, όπου η μεταβολή έφτασε στο -10,23%. Αξιοσημείωτο είναι να αναφερθεί, ότι η μεγαλύτερη θετική μεταβολή ήταν το έτος 2002 με μεταβολή +4,93%.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΣΑΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (DEA)

4.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η Περιβάλλουσα Ανάλυση Δεδομένων (DEA) που αποτελεί το εργαλείο με το οποίο αναλύθηκαν τα δεδομένα και πραγματοποιήθηκε η εξαγωγή των τελικών συμπερασμάτων.

Δεν υπάρχουν επαρκείς έρευνες που να περιγράφουν τη μέτρηση αποδοτικότητας των καλλιεργειών σιταριού με τη μέθοδο Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων. Ωστόσο υπάρχουν κάποιες έρευνες για τον ευρύτερο γεωργικό τομέα. Για παράδειγμα, οι Hu και McAleer (2005) μέτρησαν στην Κίνα την αποδοτικότητα των γεωργικών εκμεταλλεύσεων κατά τα έτη 1991-1997. Ωστόσο, έγινε αντιληπτό ότι οι εκτιμήσεις σε επίπεδο επαρχίας ήταν πολύ αναξιόπιστες και δεν αντικατοπτρίζουν επαρκώς τη γεωγραφική ετερογένεια (και τις διαφορές αποδοτικότητας μεταξύ περιοχών) και συνεπώς δεν μπορούσαν να εξάγουν ασφαλή συμπεράσματα. Έτσι, ερευνητές όπως οι Chen et al. (2008) για την ανάλυση αποτελεσματικότητας των γεωργικών εκμεταλλεύσεων χρησιμοποίησαν στοιχεία σε επίπεδο κράτους. Οι Li και Zhang (2013) ανέλυσαν παράγοντες που επηρεάζουν τη γεωργική παραγωγικότητα, την αύξηση της συνολικής παραγωγικότητας των γεωργικών συντελεστών (TFP) και το χάσμα μεταξύ περιφερειών με επαρχιακά δεδομένα από το 1985 έως το 2010. Οι Li et al. (2012) επιτυχημένα χρησιμοποίησαν τη μέθοδο Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων για να μετρήσουν την αποδοτικότητα της γεωργικής παραγωγής σε 99 οικιακές φάρμες το 2010. Οι Liu et al. (2014) μέτρησαν τη γεωργική απόδοση μία περιοχής άρδευσης από το 2000 έως το 2008 σε επίπεδο επαρχίας χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων.

4.2 Ορισμός και περιεχόμενο της DEA

Η μέθοδος της Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων γνωστή ως DEA (Data Envelopment Analysis) αποσκοπεί στην αποτίμηση της αποδοτικότητας ενός συνόλου

συγκρίσιμων και ομοιογενών ομάδων που ορίζονται ως Μονάδες Λήψης Αποφάσεων DMUs (Decision Making Units) με κοινές εισροές και εκροές. Σύμφωνα με τον Charnes η λειτουργία των Μονάδων Λήψης Αποφάσεων(DMUs) γίνεται σε ένα ενιαίο πλαίσιο με την ικανότητα να μετασχηματίζουν τις πολλαπλές εισροές σε πολλαπλές εκροές (Charnes, & Rhodes, 1978)

Η ανάγκη για τη μέτρηση της αποτελεσματικότητας των παραγωγικών μονάδων απασχόλησε τον M.J. Farrell, ο οποίος πρώτος επιχειρήσε να αναπτύξει μια μεθοδολογία αλλά στέφθηκε με αποτυχία (Farrell, 1957). Μπορεί να θεωρηθεί ως μια προσεγγιστική ανάλυση η οποία έδωσε το έναυσμα στους επόμενους μελετητές να εξετάσουν και τελικά να δημιουργηθεί το μοντέλο που χρησιμοποιείται έως σήμερα.

Βασιζόμενος στις ιδέες του Farrell οι Charnes et al. το 1978 δημοσιοποιούν την μέθοδο «Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων» (DEA) με μεγάλη αποδοχή και χρησιμότητα και αποδεικνύεται από τη χρήση της για την αξιολόγηση της αποδοτικότητας σημαντικών τομέων παραγωγής της χώρας. Σαν Αποδοτικότητα ορίστηκε ο λόγος των Συνολικών Εκροών προς τις Συνολικές Εισροές. Πρόκειται για ένα σημαντικό εργαλείο για την συγκριτική αξιολόγηση της λειτουργίας των παραγωγικών μονάδων, όπου ένα σύνολο επιλεγμένων κριτηρίων αποδίδουν την πλήρη εικόνα. Στη περίπτωση της συγκριτικής αξιολόγησης, ως Μονάδα Λήψης Απόφασης (Decision Making Unit -DMU) θεωρούνται οι τρόποι πρακτικής για το καλύτερο δυνατό παραγωγικό όριο, με την εισαγωγή λιγότερων εισροών και σαν αποτέλεσμα την επίτευξη ισόποσων εκροών με το αρχικό σύστημα μελέτης, και όχι όπως θεωρείτο το υψηλότερο όριο παραγωγής (Cook, Tone & Zhu, 2014).

4.3 DEA και γραμμικός προγραμματισμός

Η DEA θεωρείται μη παραμετρική προσέγγιση που χρησιμοποιεί τεχνικές γραμμικού προγραμματισμού (linear programming techniques) για την αξιολόγηση της σχετικής αποδοτικότητας ή μη-αποδοτικότητας της κάθε Μονάδας Λήψης Αποφάσεων (DMUs) και παράγει πληθώρα εκροών. Μόλις βρεθούν οι πιο αποδοτικές μονάδες ορίζονται σαν βάση και κατασκευάζεται το αποδοτικό σύνορο ενώ παράλληλα γίνεται και η διάκριση των μη αποδοτικών μονάδων. Βασιζόμενη πλέον στο αποδοτικό σύνορο η DEA βελτιώνει την αποδοτικότητα των μη ισχυρών μονάδων απόφασης (DMUs) αυξάνοντας είτε τα ποσοστά εκροών είτε μειώνοντας το ποσοστό των εισροών. Για τις αποδοτικές μονάδες γίνεται

εκτίμηση του υπολειπόμενου περιθωρίου βελτίωσης. Ωστόσο υπάρχουν. οι επιθυμητοί και ανεπιθύμητοι παράγοντες στις εισροές και εκροές. Για παράδειγμα ένα εργοστάσιο για τη δημιουργία ενός προϊόντος από μια παραγωγική μονάδα κατά τη διάρκεια της παραγωγής να εκπέμπει ρύπους, κάτι που θεωρείται ως εκροή και θα γίνει προσπάθεια από εμάς να μεγιστοποιηθεί. Στο βασικό μοντέλο της DEA, οι μειώσεις στις εκροές δεν επιτρέπονται αλλά μόνο στις εισροές. Συνεπώς επιδίωξη μας είναι η μεγιστοποίηση του λόγου της αποδοτικότητας.

Για παράδειγμα από ένα σύνολο Μονάδων Λήψεων Αποφάσεων (DMUs), μια εξ' αυτών θεωρείται ως μη αποδοτική, διότι χρησιμοποιούνται πάρα πολλές εισροές και δεν παράγονται αρκετές εκροές. Υπάρχουν λοιπόν δύο τρόποι να βελτιωθεί η απόδοση της υπό εξέταση DMU. Ο ένας τρόπος να μειωθούν οι εισροές και να επιτευχθεί η απόδοση στο ανώτατο σύνορο, που έχει σημειωθεί από μία άλλη DMU, και ο δεύτερος τρόπος προτείνει να αυξηθούν οι εκροές και να επιτευχθεί η απόδοση στο ανώτατο όριο, η οποία έχει σημειωθεί επίσης από άλλη DMU. Ως αποτέλεσμα θα υπάρξουν δύο κατευθύνσεις (orientations), η προσανατολισμένη στην εισαγωγή και η προσανατολισμένη στην παραγωγή. Τα μοντέλα «Προσανατολισμένων Εισροών» εξετάζουν εάν μια εξεταζόμενη Μονάδα Λήψης Αποφάσεων(DMU) εξακολουθεί να παράγει τις ίδιες εκροές μειώνοντας τις εισροές. Από την άλλη τα μοντέλα «Προσανατολισμένων Εκροών» εξετάζουν εάν είναι δυνατό για μια Μονάδα Λήψης Αποφάσεων (DMU) να αυξηθούν οι εκροές κρατώντας τις εισροές στα ίδια επίπεδα (Cook et al.,2014).

4.4 Γραμμικός προγραμματισμός

Ο γραμμικός προγραμματισμός πλέον αποτελεί έναν τομέα έρευνας που έχει συνεχώς αυξανόμενη επιρροή στον επιχειρηματικό κόσμο. Η ιστορία της επιχειρησιακής έρευνας και του γραμμικού προγραμματισμού δεν βρίσκεται μόνο στον χώρο των επιχειρήσεων.

Η λήψη αποφάσεων σαν τομέας ανάπτυξης υπολογιστικών μοντέλων χρησιμοποιήθηκε από το στρατό κατά το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο, και συγκεκριμένα από τους βρετανούς. Ήταν ανάγκη να δημιουργηθούν μοντέλα λήψης αποφάσεων σε ζητήματα που δεν μπορούσε ο ανθρώπινος νους να δίνει ταχείες και ορθές απαντήσεις. Αρχικά το πρώτο ζήτημα στο οποίο έπρεπε να υπάρξει αυτόματος προγραμματισμός ήταν η διαχείριση

των πόρων των βρετανικών στρατευμάτων. Η λήψη αυτής της απόφασης θα μπορούσε να εμπεριέχει πολλούς παράγοντες, όπως ο αριθμός των στρατευμάτων, η σημαντικότητα μιας μάχης και ο συνολικός αριθμός τροφίμων.

Στο στρατιωτικό μέρος η ανάπτυξη μοντέλων λήψης αποφάσεων ήταν επίσης κρίσιμη, καθώς με αυτό τον τρόπο μπορούσε να υπολογιστεί η τοποθέτηση πομπών και ραντάρ, να υπολογιστεί η βέλτιστη περιοχή τοποθέτησης βομβών κτλ. Νωρίτερα ωστόσο υπήρχαν και άλλες προσπάθειες ανάπτυξης του τομέα, όπως του οικονομολόγου Warlaw και από τους Markon και VonNewman.

Η επίλυση αυτών των ζητημάτων ωστόσο ήταν εξαιρετικά πολύπλοκη για τα μέσα της εποχής, και η πραγματικά μεγάλη ανάπτυξη του τομέα του γραμμικού προγραμματισμού και των επιχειρησιακών αποφάσεων ήρθε αρκετά αργότερα.

Ένα από τα πεδία με τα οποία ασχολείται η επιχειρησιακή έρευνα είναι η κατανομή περιορισμένων πόρων σε διάφορες δραστηριότητες κάτω από συνθήκες ρίσκου, βεβαιότητας και αβεβαιότητας. Ο γραμμικός προγραμματισμός και η επιχειρησιακή έρευνα αποτελούν ένα χρήσιμο εργαλείο εύρεσης μιας σωστής επιλογής. Με βάση αυτή τη χρήση μπορούμε να φανταστούμε ότι υπάρχουν πολλές εφαρμογές στη βιομηχανία, στο εμπόριο, σε διάφορα κοινωνικά ζητήματα και γενικά στο σχεδιασμό δραστηριοτήτων στις οποίες καλείται ο διαχειριστής να λάβει μια απόφαση. Με την επιχειρησιακή έρευνα στη βιομηχανία για παράδειγμα μπορούμε να συνδυάσουμε διάφορους παράγοντες επιρροής ώστε να βρούμε τη βέλτιστη λύση. Αν για παράδειγμα έχει εμφανιστεί ένα ζήτημα αποδοτικότητας στη βιομηχανία, μπορούν να αναλυθούν ζητήματα όπως η αγορά νέων μηχανημάτων, η αλλαγή προώθησης των προϊόντων, η διαχείριση του εργατικού δυναμικού κτλ. Η επιχειρησιακή έρευνα μπορεί να δώσει απάντηση στο ποια από τις διαθέσιμες επιλογές είναι η πιο συμφέρουσα με βάση το κόστος και την προβλεπόμενη αύξηση αποδοτικότητας, ή ακόμα ποιος συνδυασμός λύσεων είναι ο πιο συμφέρων. Στις επιχειρήσεις για παράδειγμα με έναν απλό τρόπο θα μπορούσαμε να κατατάξουμε τους σημαντικότερους παράγοντες επιρροής στους παρακάτω:

- Κέρδος
- Ικανοποίηση πελατών (τιμή και ποιότητα)
- Αποδοτικότητα εργαζομένων
- Κόστος (φόροι, κόστος πωληθέντων κτλ)

Η ανάπτυξη της επιχείρησης θα πρέπει να συνδυάζει με βέλτιστο τρόπο όλους αυτούς τους επιμέρους, και συχνά αντικρουόμενους, στόχους. Για την επίλυση αυτών των προβλημάτων έχουν αναπτυχθεί αρκετά εργαλεία για τη δημιουργία μοντέλων (Ignizio & Cavalier, 1994).

Ο γραμμικός λοιπόν προγραμματισμός, ασχολείται για την επίλυση θεωρητικών και πρακτικών προβλημάτων βελτιστοποίησης στα όποια η μεν συνάρτηση αντικειμενικού σκοπού είναι πρώτου βαθμού, οι δε περιορισμοί του όμως εκφράζονται με ανισώσεις επίσης πρώτου βαθμού. Ο πρώτος που έλυσε τέτοιου είδους προβλήματα και που φυσικά θεωρείται ο θεμελιωτής του γραμμικού προγραμματισμού είναι ο σοβιετικός μαθηματικός L. V. Kantorovich, μαζί επίσης με τους βραβευμένους με Νόμπελ οικονομίας το 1975 Koopmans και Hitchcock, οι οποίοι θεωρούνται υπεύθυνοι για την ονομασία « γραμμικός προγραμματισμός». Οι μεγαλύτερες όμως ανακαλύψεις για αυτόν το τομέα έγιναν στην αντίπερα όχθη του ατλαντικού από τον εξαιρετικό μαθηματικό στο πανεπιστήμιο του Σικάγο τον George B. Dantzig, ο οποίος ανακάλυψε την μέθοδο simplex το 1947.

Ουσιαστικά μέσω του γραμμικού προγραμματισμού προσπαθούμε να κατανεύσουμε πόρους περιορισμένου μεγέθους μεταξύ δραστηριοτήτων με τη βέλτιστη δυνατή απόδοση.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιου προβλήματος είναι η αγορά αποθεμάτων περιορισμένου χρόνου ζωής σε μία περίοδο που ενέχεται ο κίνδυνος να μην μπορούν να διατεθούν. Παρακάτω ακολουθεί παράδειγμα:

Έστω ότι έχουμε μια επιχείρηση στην οποία υπάρχει πιθανότητα να γίνει απεργία. Η εταιρία καλείται να αγοράσει απόθεμα για κάποιες εβδομάδες και πρέπει να αποφασίσει ποια ποσότητα αποθέματος θα αγοράσει. Οι υπεύθυνοι δεν μπορούν να προβλέψουν τη διάρκεια της απεργίας, ούτε επίσης δίνονται στο παράδειγμα πιθανότητες για την διάρκεια της απεργίας. Με το σύμβολο d ονομάζουμε τις αποφάσεις (decision) και με το σύμβολο s ονομάζουμε τους παράγοντες επιρροής (state of nature).

Έχουμε τις εξής πιθανές αποφάσεις:

d1: Να μην γίνει καμία προμήθεια

d2: Να γίνει προμήθεια για 1 εβδομάδα

d3: Να γίνει προμήθεια για 2 εβδομάδες

d4: Να γίνει προμήθεια για 3 εβδομάδες

Αν συνδυάσουμε τις παραπάνω αποφάσεις με την πιθανή διάρκεια της απεργίας μπορούμε να εξάγουμε συμπεράσματα για τη συμφερότερη λύση. Αντιστοίχως Ονομάζουμε s_1, s_2, s_3, s_4 τα ενδεχόμενα η απεργία να κρατήσει μια, δυο, τρεις ή τέσσερις εβδομάδες αντίστοιχα. Ο τρόπος παρουσίασης μπορεί να γίνει σε μήτρα αποτελεσμάτων όπως φαίνεται στον επόμενο πίνακα.

Διάρκεια απεργίας (εβδομάδες)	$s_0=0$	$s_1=1$	$s_2=2$	$s_3 = 3$	$s_4=4$
Επιπλέον απόθεμα d					
d0	0	20	5	5	10
d1=1	5	6	7	5	8
d2=2	8	8	8	8	8
d3=3	9	17	5	5	12
d4=4	12	12	5	9	15

Πίνακας 4.1 Υποθετική μήτρα αποτελεσμάτων για το παράδειγμα λήψης απόφασης με δύο παράγοντες: εβδομάδες απεργίας και κόστος αποθέματος

Με αυτόν τον πίνακα μπορούμε να υπολογίσουμε το κόστος που θα έχει ο επιχειρηματίας αν λάβει την απόφαση d_2 και η απεργία διαρκέσει π.χ. 2 εβδομάδες, δηλαδή η πιθανότητα του ενδεχομένου s_2 . Βέβαια αυτή είναι μια σχετικά εύκολη περίπτωση μόνο δύο παραγόντων. Το παράδειγμα αυτό φυσικά δεν αντιστοιχεί στην πραγματικότητα και τα νούμερα είναι προϊόν τυχαίας επιλογής.

Για να εφαρμόσουμε το γραμμικό προγραμματισμό για να επιλύσουμε κάποιο πρόβλημα είναι θεμιτό να αναπτυχθεί κάποιο μαθηματικό μοντέλο. Το μοντέλο μας βοηθάει να επεξεργαστούμε καλύτερα τα αποτελέσματα ιδιαίτερα σε περιπτώσεις μεγάλου αριθμού δεδομένων. Τα μαθηματικά μοντέλα επίσης έχουν σαφώς μεγαλύτερη ακρίβεια από τον ανθρώπινο νου, αλλά υστερούν σε περιπτώσεις που είναι χρήσιμη η εμπειρία ή τα δεδομένα δεν μπορούν να ποσοτικοποιηθούν εύκολα.

$$\max / \min (c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n)$$

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n [\leq, =, \geq] b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n [\leq, =, \geq] b_2$$

.....

$$a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \dots + a_{nn}x_n [\leq, =, \geq] b_n$$

$$x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0$$

Σχήμα 4.1 Βασικές εξισώσεις γραμμικού προγραμματισμού

$$\bar{c} = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \dots \\ c_n \end{bmatrix}$$

Και

$$[c_1, c_2, \dots, c_n]$$

Το \bar{c} είναι διάνυσμα γνωστών όρων ή αλλιώς παραγόντων επιρροής

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Ως A ορίζουμε τον πίνακα συντελεστών.

$$\bar{b} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_n \end{bmatrix}$$

Όπου το παραπάνω διάνυσμα εκφράζει τους περιορισμούς.

$$\bar{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix}$$

Ως x ορίζουμε το διάνυσμα μεταβλητών της απόφασης.

Μπορούμε να θεωρήσουμε ότι υπάρχουν τρία βασικά βήματα πριν ξεκινήσει η επεξεργασία του προβλήματος με τη χρήση του μοντέλου του γραμμικού προγραμματισμού:

- Προσδιορισμός των μεταβλητών απόφασης
- Διατύπωση της αντικειμενικής συνάρτησης
- Διατύπωση των περιορισμών

Στην πρώτη φάση θα πρέπει να οριστούν οι μεταβλητές της απόφασης που παρουσιάζονται μέσω του διανύσματος x και συμβολίζονται ως x_j ($j = 1, 2, \dots, n$). Στην επόμενη φάση δημιουργείται η συνάρτηση που να συνδέσει τις μεταβλητές με το πρόβλημα που θέλουμε να επιλύσουμε. Ονομάζεται αντικειμενική συνάρτηση, η μορφή της είναι $\text{maximize } f(x)$ ή $\text{minimize } f(x)$, δηλαδή συνάρτηση εύρεσης μέγιστου και ελάχιστου και οι τιμές καλούνται και αυτές αντικειμενικές.

Κατόπιν ορίζονται οι περιορισμοί, που εκφράζονται μέσω ανισοτήτων ή ισοτήτων και αντιπροσωπεύονται από το διάνυσμα b . Ο περιορισμός μπορεί να οριστεί λοιπόν ως ανισότητα ή ισότητα του τύπου $f(x) > b$ ή $f(x) < b$ ή $f(x) = b$.

Ένα γραμμικό πρόβλημα στο οποίο ζητείται να βρεθεί το ελάχιστο ονομάζεται πρόβλημα ελαχιστοποίησης (minimization problem), ενώ το πρόβλημα στο οποίο ζητείται το μέγιστο ονομάζεται πρόβλημα μεγιστοποίησης (maximization problem). Από μαθηματική άποψη δεν υπάρχει ουσιαστική διαφορά μεταξύ των δυο προβλημάτων. Λόγω της ταυτότητας $\min\{f(x)\} = -\max\{-f(x)\}$ κάθε πρόβλημα ελαχιστοποίησης μπορεί να μετατραπεί σε ένα ισοδύναμο πρόβλημα μεγιστοποίησης και αντιστρόφως.

Ένα παράδειγμα μεγιστοποίησης θα ήταν ένα πρόβλημα που πρέπει να βελτιωθεί ο παράγοντας του κέρδους, ενώ αντίστροφα ελαχιστοποίησης θα μπορούσε να είναι ένα πρόβλημα που πρέπει να ελαχιστοποιηθεί το κόστος (Vanderbei, 2001).

Τυπική μορφή

$$\text{Minimize } \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad \text{subject to } \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i \quad i = 1, \dots, m \quad x_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

Κανονική μορφή

$$\text{Minimize } \sum_{j=1}^n c_j x_j \text{ subject to } \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq b_i \quad i = 1, \dots, m \quad x_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

Τυπική μορφή

$$\text{Maximize } \sum_{j=1}^n c_j x_j \text{ subject to } \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i \quad i = 1, \dots, m \quad x_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

Κανονική μορφή

$$\text{Maximize } \sum_{j=1}^n c_j x_j \text{ subject to } \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq b_i \quad i = 1, \dots, m \quad x_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

Σχήμα 4.2 Μαθηματική έκφραση των συναρτήσεων ελαχιστοποίησης και μεγιστοποίησης αντίστοιχα

4.5 Αποδοτικό Σύνορο

Το αποδοτικό σύνορο από το οποίο ξεχωρίζει η DEA, εξυπηρετεί την οριοθέτηση των στόχων και ορίζεται ως σημείο αναφοράς (benchmark) για τις άλλες παρατηρήσεις. Ο καθορισμός του αποδοτικού συνόρου γίνεται με την ύπαρξη n Μονάδων Αποφάσεων, όπου για τη κάθε Μονάδα Αποφάσεων, DMU_j ($j=1,2,\dots,n$) χρησιμοποιούνται m εισροές $x_{i,j}$ ($i=1,2,\dots,m$) και s εκροές $y_{t,j}$ ($t=1,2,\dots,s$). Με την θέσπιση τριών ιδιοτήτων της Κυρτότητας, της Αποδοτικότητας Pareto, της Κυριαρχίας.

Στη κυρτότητα Z^n ($i=1, 2, \dots, m$) και Σ ($r = 1, 2, \dots, s$) είναι πιθανές εισροές και εκροές των DMU_j , όπου λ_j ($j= 1, 2, \dots, n$) είναι συντελεστές στάθμισης. Ο χαρακτηρισμός μιας Μονάδας Λήψης Αποφάσεων ως αποδοτική Pareto όταν δεν υπάρχει άλλη λύση η οποία να είναι ισχυρότερη από αυτή. Κάποιες λύσεις θεωρούνται κυριαρχούμενες στη περίπτωση της ύπαρξης άλλων λύσεων εξίσου καλών σε όλα τα υπό εξέταση κριτήρια αλλά τη μικρή υπεροχή σε ένα από αυτά. Επί της ουσίας με τη παραπάνω παραδοχή εννοείται ότι οι ίδιες εκροές μπορούν να επιτευχθούν μειώνοντας τις εισροές. Αντιστοίχως μπορεί να εννοηθεί ότι με την ορθολογική χρήση των υπαρχουσών εισροών είναι δυνατή η παραγωγή περισσότερων εκροών.

4.6 Πλεονεκτήματα της DEA

Ο λόγος της γενικευμένης χρήσης της μεθόδου οφείλεται στην ικανότητα διαχείρισης πολλαπλών εισροών και εκροών για κάθε είδους αποτίμηση. Για παράδειγμα μπορούν να θεωρηθούν ποιοτικές και ποσοτικές μεταβλητές σαν εισροές. Η αποδοτικότητα ενός νοσοκομείου με τις εισροές να αποτελούν συγκεκριμένο αριθμό κλινών και προϋπολογισμό και σαν αποτέλεσμα τα παρθεί το σύνολο των ασθενών αλλά και ο αριθμός των νοσοκόμων στην εξυπηρέτηση αυτών. Έτσι είναι προφανές ότι διαχείρισή μεγάλου όγκου δεδομένων καθίσταται ευκολότερη. Επιπλέον, τα αίτια αποτελεσματικότητας ή μη μπορούν να αναλυθούν χωριστά για κάθε αξιολογούμενη μονάδα. Επιπρόσθετα έχει ευρύ πεδίο εφαρμογής ,στη γεωπονία και γενικά στη βιομηχανία φαγητού, τραπεζικό σύστημα (Repkova, 2014), προσπαθώντας να αξιολογηθούν τα ποσοστά αποδοτικότητας με τις εισροές που χρησιμοποιούνται αλλά και των εκροών που επιτυγχάνονται (Vlontzos, 2015). Σαν μεθοδολογία δεν χρειάζεται να θεσπίσει φόρμα συσχέτισης των εισροών και εκροών ή εκ των προτέρων βάρη σε αυτές. Για την λειτουργία της μεθόδου χρησιμοποιούνται κοινές μέθοδοι γραμμικού προγραμματισμού που μέσω των αποτελεσμάτων παρουσιάζονται οι πτυχές που χρήζουν βελτίωσης ώστε να επιτευχθεί βέλτιστη αποδοτικότητα. Τέλος το πλεονέκτημα που κάνει τόσο επιτυχημένη τη μέθοδο είναι ο εμπειρικός της προσανατολισμός. Με τη χρήση εμπειρικών δεδομένων αξιολογείται η αποδοτικότητα.

4.7 Μειονεκτήματα της DEA

Σαφώς δεν πρόκειται για την ιδανική μεθοδολογία για αυτό η ύπαρξη λαθών θεωρείται πιθανή. Λάθη μετρήσεων μπορούν να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα και αποκλίσεις. Η μέθοδος αποσκοπεί στη μέτρηση της σχετικής αποδοτικότητας κάτι που αρκετές φορές δεν αποτυπώνει τη πραγματική με τελικό αποτέλεσμα την αδυναμία γενίκευσης της ανάλυσης. Αυτό συμβαίνει διότι γίνεται σύγκριση μεταξύ των μονάδων λήψης αποφάσεων (DMUs) και όχι σύμφωνα με κάποιο θεωρητικό μέγιστο.

4.8 Μοντέλα DEA

4.8.1 Μοντέλο Σταθερών Αποδόσεων Κλίμακας (CRS)

Η ουσία του μοντέλου CRS είναι η μεγιστοποίηση του λόγου των πολλαπλών εκροών προς των πολλαπλών εισροών. Κάθε DMU συγκρίνεται με τις υπόλοιπες που ανήκουν στην ίδια ομάδα προς εξέταση. Τα αποτελέσματα αποδοτικότητας που προκύπτουν θα πρέπει να είναι μικρότερο ή ίσο του ενός.

Τα αποτελέσματα αποδοτικότητας (θ_0) για μια ομάδα DMUs ($j=1,2,\dots,n$) υπολογίζονται για τις επιλεγόμενες εκροές (y_{rj} , $r=1,\dots,s$) και εισροές (x_{ij} , $i=1,\dots,m$) χρησιμοποιώντας τη παρακάτω συνάρτηση:

Στη συνάρτηση αυτή, οι συντελεστές για τις εκροές και εισροές, είναι το u_r και v_i αντιστοίχως. Το “ο” περιγράφει μια κεντρική DMU, δηλαδή κάθε μονάδα γίνεται κεντρική όταν το αποτέλεσμα αποδοτικότητας υπολογίζεται βασιζόμενο στις υπόλοιπες ομάδες. Να σημειωθεί ότι κάθε εισροή και εκροή, καθώς και συντελεστές, είναι μεγαλύτερη το μηδενός. Οι συντελεστές u_r και v_i καθορίζονται πλήρως από τα δεδομένα εισροών και εκροών όλων των “Μονάδων Απόφασης” (DMU) που έχουν συλλεχθεί. Επιπλέον, η μεγιστοποίηση του αποτελέσματος αποδοτικότητας του κεντρικού DMU οφείλεται στους συντελεστές που χρησιμοποιούνται για κάθε «Μονάδα Απόφασης» χωριστά. Προκειμένου να επιλυθεί το κλασματικό πρόγραμμα που περιεγράφηκε παραπάνω, χρειάζεται να μετατραπεί σε γραμμική σύνθεση προγραμματισμού για την ευκολότερη επίλυσή του. Το μοντέλο αυτό βασίζεται στον τύπο:

$$\begin{aligned} & \text{MIN}_{\theta, \lambda} \theta \\ & \text{s.t. } -y_i + Y\lambda \geq 0 \\ & \quad \theta x_i - X\lambda \geq 0 \end{aligned}$$

Όπου:

y - column vector of outputs, x - column vector of inputs, X - input matrix,

Y - output matrix.

q - efficiency score ($q \leq 1$).

$\theta < 1$, inefficiency $\theta = 1$, efficiency (Cooper et al., 1999).

4.8.2 Μοντέλο Μεταβαλλόμενων Αποδόσεων Κλίμακας (VRS)

Το ακόλουθο μοντέλο ανήκει στην κατηγορία των «Προσανατολισμένων Εισαγωγών» (Input-Oriented) όπου οι εισροές μειώνονται διατηρώντας τις εκροές στα ίδια επίπεδα (Banker, Charnes & Cooper, 1984). Το μοντέλο είναι γνωστό και ως BCC που προκύπτει από τα αρχικά ονόματα των επιστημόνων που το ανέπτυξαν. Το μοντέλο χρησιμοποιείται για την εξέτασή των μεταβαλλόμενων αποδόσεων.

Γενικά, μονάδες προς εξέταση που απαιτούν συνεχώς περισσότερους συντελεστές εισροών για την παραγωγή συντελεστών εκροών ή η εκροή λιγότερης παραγωγής εισάγοντας περισσότερες εισροές θεωρούνται τεχνικά μη αποτελεσματικές.

Δίχως αμφιβολία η DEA αποτελεί ισχυρή τεχνική βελτιστοποίησης για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της κάθε μονάδας, αλλά με κάποιους περιορισμούς που πρέπει να αναφερθούν. Στη περίπτωση που εξετάζονται πολυάριθμες εισροές και εκροές για την αξιολόγηση μικρού αριθμού DMU, οι διακρίσεις που λαμβάνουν μέρος στη διαδικασία πρέπει να περιοριστούν. Ωστόσο, οι αναλυτές έχουν την δυνατότητα να ξεπεράσουν αυτό τον περιορισμό περιλαμβάνοντας τους ουσιαστικούς παράγοντες (εισροές-εκροές) και θα παρέχουν τα ουσιώδη στοιχεία για τη διαδικασία της ανάλυσης χωρίς διαστρέβλωση των αποτελεσμάτων. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί μειώνοντας μια ομάδα παραγόντων που σχετίζονται μεταξύ τους. Το μοντέλο αυτό βασίζεται στον τύπο:

$$\begin{aligned} & \text{MIN}_{\theta, \lambda} \theta \\ \text{s. to} \quad & -y_i + Y\lambda \geq 0 \\ & \theta x_i - X\lambda \geq 0 \\ & n1' \lambda = 1 \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned}$$

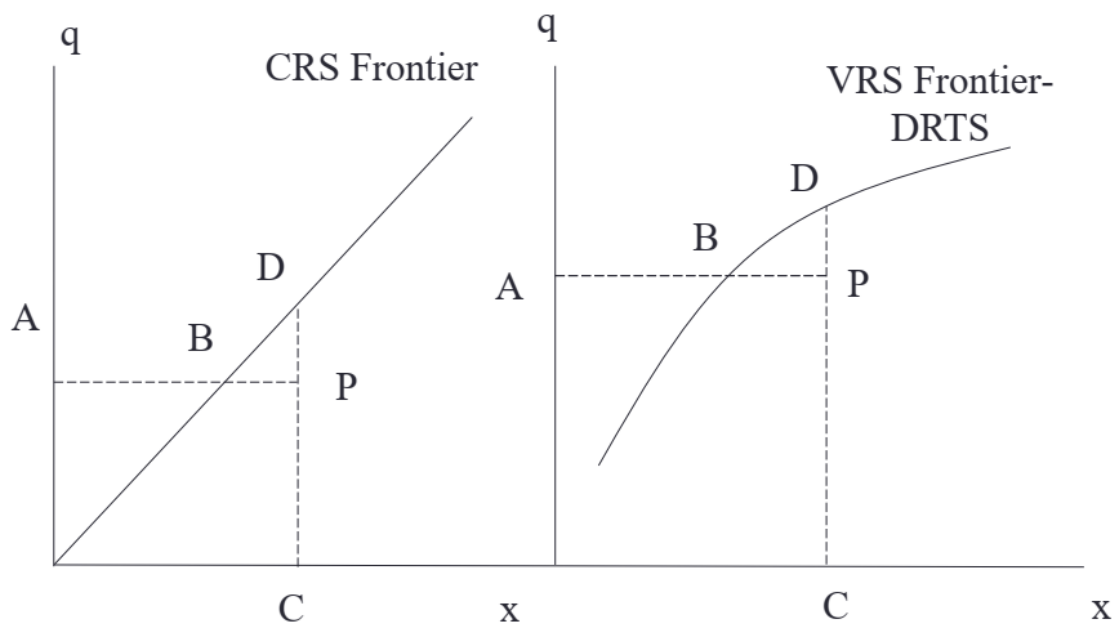
Όπου:

y - column vector of outputs, x - column vector of inputs, X - input matrix,

Y - output matrix.

θ - efficiency score ($\theta \leq 1$).

$\theta < 1$, inefficiency $\theta = 1$, efficiency (Cooper et al., 1999).



Σχήμα 4.3 Σχηματική απεικόνιση των δύο μοντέλων DEA (Cooper et al., 1999)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Τα στοιχεία για την παρούσα εργασία παραχωρήθηκαν από τον ιστότοπο <https://www.horta-srl.it/en/portfolio-item/grano-net/>, που είναι ένα σύστημα υποστηρικτικό σύστημα λήψης αποφάσεων (Decision Support System) για καλλιεργητές σκληρού σιτραριού.

Το σύστημα grano.net είναι ένα διαδραστικό διαδικτυακό εργαλείο για την καλλιέργεια σκληρού και μαλακού σίτου σύμφωνα με βιώσιμες και ακριβείς αρχές καλλιέργειας.

Το grano.net έχει σχεδιαστεί για να βοηθά τους διαχειριστές (που ασχολούνται με τη διαχείριση των καλλιεργειών ή παρέχουν στους γεωργούς τεχνική υποστήριξη) να λαμβάνουν πιο στοχευμένες και, ως εκ τούτου, πιο σωστές αποφάσεις. Το grano.net δεν αντικαθιστά την εμπειρία του διαχειριστή, αλλά την βελτιώνει με μια ποικιλία πάντα ενημερωμένων πληροφοριών. Εφαρμόζεται από το 2014, απευθύνεται σε αγρότες, τεχνικούς, οργανώσεις παραγωγών και αγροβιομηχανίες, και αποτελεί ένα το γρήγορο εργαλείο διαβούλευσης, προσβάσιμο όλο το 24ωρο.

Προσφέρει σαφή, αξιόπιστη και έγκαιρη υποστήριξη αποφάσεων, ποιότητα αποφάσεων σχετικά με τη διαχείριση εκμεταλλεύσεων σκληρού και μαλακού σίτου, ενίσχυση των διαθέσιμων τεχνικών μέσων, βελτιστοποίηση της χρήσης των μέσων παραγωγής, μείωση του κόστους παραγωγής, σταθεροποίηση και την αύξηση της ποσότητας και της ποιότητας των αποδόσεων με την πάροδο των ετών και μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

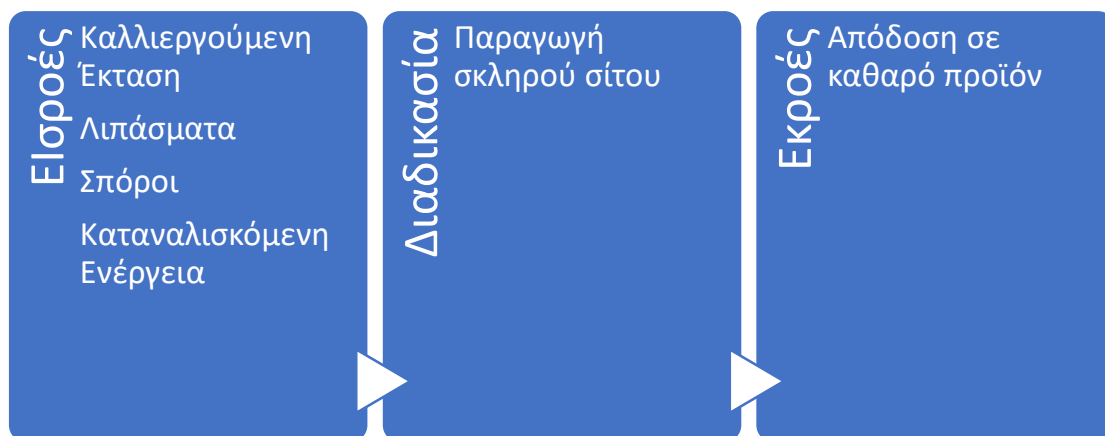
Το πρώτο στάδιο περιλαμβάνει την περιγραφική στατιστική των μεταβλητών του δείγματος. Πιο συγκεκριμένα, εξετάστηκαν τα βασικά χαρακτηριστικά της κατανομής κάθε μεταβλητής σε επίπεδο χώρας και εταιρείας. Επιπλέον εξετάστηκε η διαφορά των μέσων μεταξύ των 4 ομάδων, με τη μέθοδο Kruskal – Wallis. Η μέθοδος Kruskal – Wallis είναι μια μη παραμετρική μέθοδος για τον έλεγχο της διαφοράς των μέσων δυο ή περισσότερων δειγμάτων. ίσου ή διαφορετικού μεγέθους . Αποτελεί επέκταση της μεθόδου δοκιμή Mann – Whitney, η οποία χρησιμοποιείται για τη σύγκριση μόνο δύο ομάδων. Το παραμετρικό ισοδύναμο του τεστ Kruskal – Wallis είναι η μονόδρομη ανάλυση διακύμανσης (ANOVA).

Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε η ανάλυση DEA, χρησιμοποιώντας και τα 2 βασικά μοντέλα (CRS και VRS) προκειμένου να γίνει αποτίμηση της αποδοτικότητας χρήσης εισροών σε εθνικό και τοπικό επίπεδο.

Τα αποτελέσματα της περιγραφικής στατιστικής όσο και της DEA έγιναν με το λογισμικό RStudio και τις βιβλιοθήκες ggplot2 (γραφήματα) και Benchmarking (για τη DEA). Ως εισροές χρησιμοποιήθηκαν η καλλιεργούμενη έκταση, τα χρησιμοποιούμενα λιπάσματα, οι σπόροι και η καταναλισκόμενη ενέργεια ενώ ως εκροές χρησιμοποιήθηκε η απόδοση σε καθαρό προϊόν.

Χρησιμοποιήθηκε input oriented προσέγγιση καθώς στοχεύσαμε στην σύγκριση των αποδόσεων με βάση την αποδοτικότητα χρήσης πολλών και διαφορετικών εισροών.

Τέλος, μετά την επεξεργασία των στοιχείων, έλαβε χώρα ανάλυση με τη μέθοδο DEA και με τα μοντέλα CRS και VRS, και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο παρακάτω κεφάλαιο.



Σχήμα 5.1 Οι εισροές και η εκροές που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο: ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΙΤΑΛΙΚΩΝ ΣΥΝΕΤΑΙΡΙΣΜΩΝ

6.1 Επισκόπηση συνεταιρισμών Ελλάδας και Ιταλίας

Country	Industry	N	%	N by Country	% by Country
Italy	Terrense	229	41%		
	Cerealicola	99	18%	328	58%
Greece	Alfaseeds	202	36%		
	K.S Cotton	33	6%	235	42%
Overall		563			

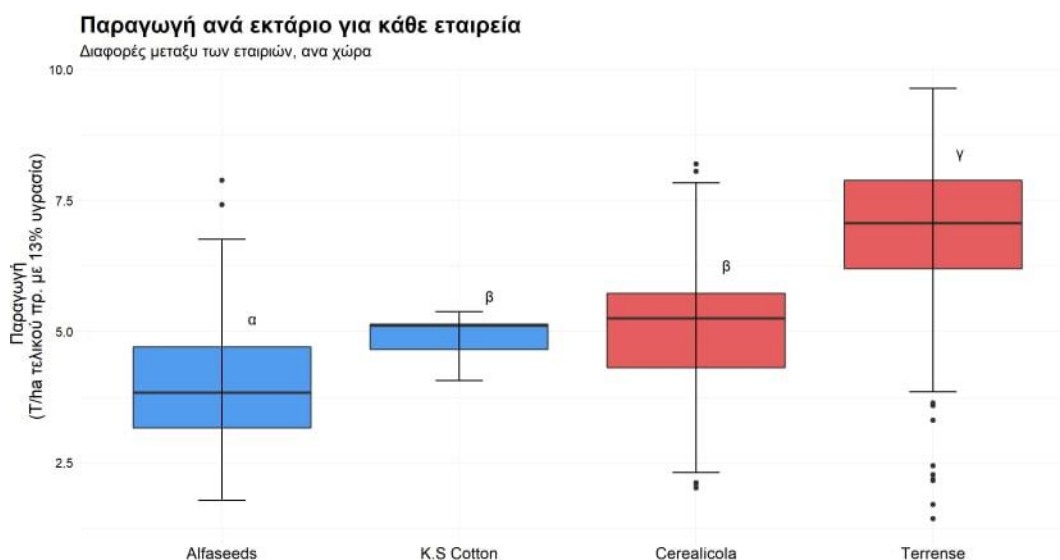
Πίνακας 6.1 Αριθμός εξεταζόμενων συνεταιρισμών και ποσοστό επί των συνολικών παραγωγών αλεύρων ανά χώρα

Συνολικά στην παρούσα έρευνα εξετάζονται 563 εκμεταλλεύσεις σίτου, από τέσσερις συνεταιρισμούς. Οι δύο συνεταιρισμοί είναι ιταλικοί και περιέχουν συνολικά 328 εκμεταλλεύσεις και οι δύο ελληνικοί περιέχουν 235 εκμεταλλεύσεις, που αντιστοιχούν στο 58% και 42% της συνολικής παραγωγής. Από αυτούς τους συνεταιρισμούς μεγαλύτερος είναι ο ιταλικός Terrense με 229 παραγωγούς.

Οι ιταλικοί συνεταιρισμοί λειτουργούν υπό το έργο «Αειφόρος σκληρός σίτος» στην Ιταλία. Ο στόχος του σχεδίου αυτού, που ξεκίνησε στην Ιταλία το 2010, ήταν αρχικά να εντοπίσει τα συστήματα καλλιέργειας που θεωρούνται πιο βιώσιμα στις επιμέρους

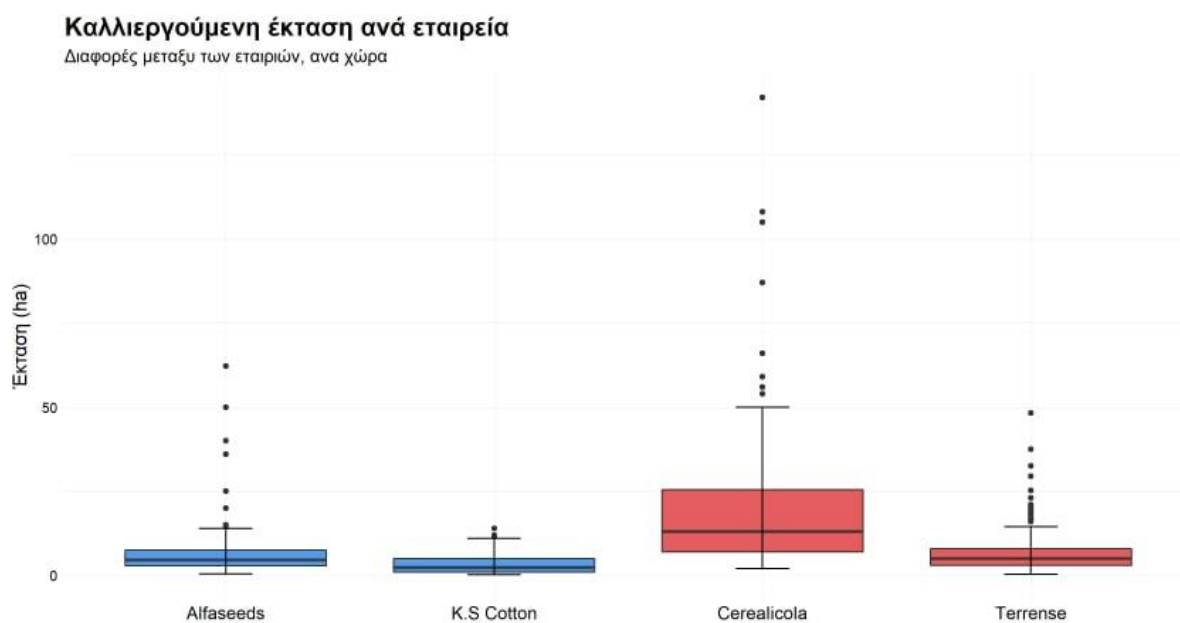
περιοχές, αξιολογώντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, την ασφάλεια των τροφίμων και το σχετικό οικονομικό κόστος.

Στη συνέχεια, προέκυψε το ερώτημα εάν η χρήση βιώσιμων γεωργικών πρακτικών συμβάλλει στην περαιτέρω μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που σχετίζονται με την παραγωγή σίτου. Τα έτη 2011/2012, δεκατρείς εταιρείες στη Βόρεια, Κεντρική και Νότια Ιταλία συμμετείχαν σε αυτό το έργο. Σε κάθε μία από αυτές τις εκμεταλλεύσεις, το σκληρό σιτάρι καλλιεργήθηκε με τη χρήση διαφορετικών προπαρασκευαστικών καλλιεργειών και με τη βοήθεια του Granoduro.net Decision Support System. Το Granoduro.net TM είναι ένα εύχρηστο σύστημα υποστήριξης διαδικτυακών αποφάσεων (βασισμένο στο διαδίκτυο) που αναπτύχθηκε από τον οργανισμό Horta, που έχει ως σκοπό να υποστηρίξει τους αγρότες στη χρήση σωστών πρακτικών καλλιέργειας, ενσωματώνοντας μετεωρολογικές πληροφορίες και ποικιλιακά χαρακτηριστικά για κάθε καλλιεργούμενη περιοχή. Εκτός από τη Horta, το έργο εκπονήθηκε με τη βοήθεια της Barilla. Το σύστημα παρέχει υποστήριξη αποφάσεων και ο αγρότης λαμβάνει πληροφορίες για τη βελτιστοποίηση της σποράς, τη χρήση λιπασμάτων, τον έλεγχο των ζιζανίων και τη διαχείριση ασθενειών. Το σύστημα παρέχει επίσης πληροφορίες για τις τρέχουσες και αναμενόμενες καιρικές συνθήκες και τον αντίκτυπό τους στην καλλιέργεια.



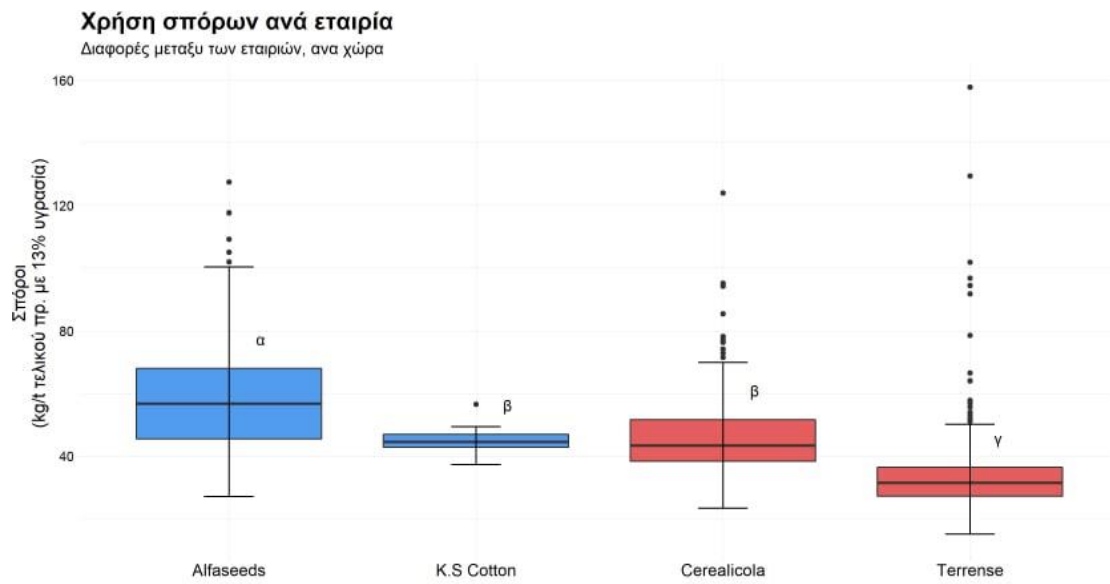
Σχήμα 6.1 Απόδοσης παραγωγής ανά εκτάριο στους τέσσερις εξεταζόμενους συνεταιρισμούς

Είναι εμφανές από το Σχήμα 6.1 ότι οι δύο ιταλικοί συνεταιρισμοί επιτυγχάνουν σημαντικά υψηλότερες αποδόσεις από τους αντίστοιχους ελληνικούς, με τον συνεταιρισμό Terrense να επιτυγχάνει απόδοση μεγαλύτερη των 7,5 τόνων ανά εκτάριο. Χαμηλότερη απόδοση παρατηρείται στον ελληνικό συνεταιρισμό Alfaseeds.



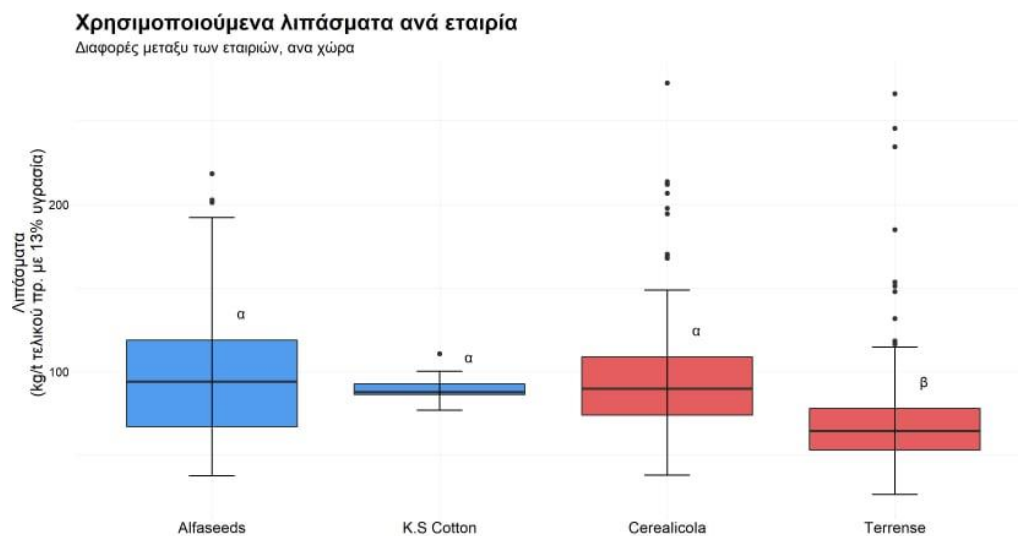
Σχήμα 6.2 Καλλιεργούμενη έκταση για τους τέσσερις εξεταζόμενους συνεταιρισμούς

Τα περισσότερα εκτάρια καλλιεργούμενης έκτασης χρησιμοποιεί ο συνεταιρισμός Cerealicola, χωρίς όμως να επιτυγχάνει και την υψηλότερη απόδοση ανά εκτάριο. Ακολουθούν οι συνεταιρισμοί Terrense και Alfaseeds, ενώ τη μικρότερη έκταση χρησιμοποιεί ο ελληνικός συνεταιρισμός K.S Cotton.



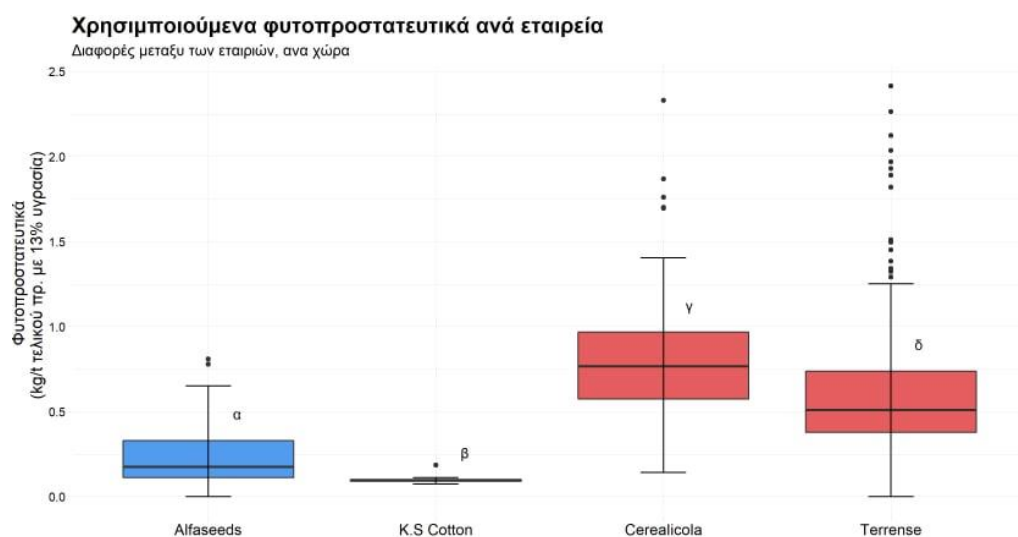
Σχήμα 6.3 Χρησιμοποιούμενοι σπόροι ανά τόνο προϊόντος για τους τέσσερις εξεταζόμενους συνεταιρισμούς

Υψηλότερα ποσοστά χρήσης σπόρων ανά τόνο προϊόντων χρησιμοποιεί ο ελληνικός συνεταιρισμός Alfaseeds, ενώ τις χαμηλότερες τιμές σημειώνει ο ιταλικός συνεταιρισμός Terrense.



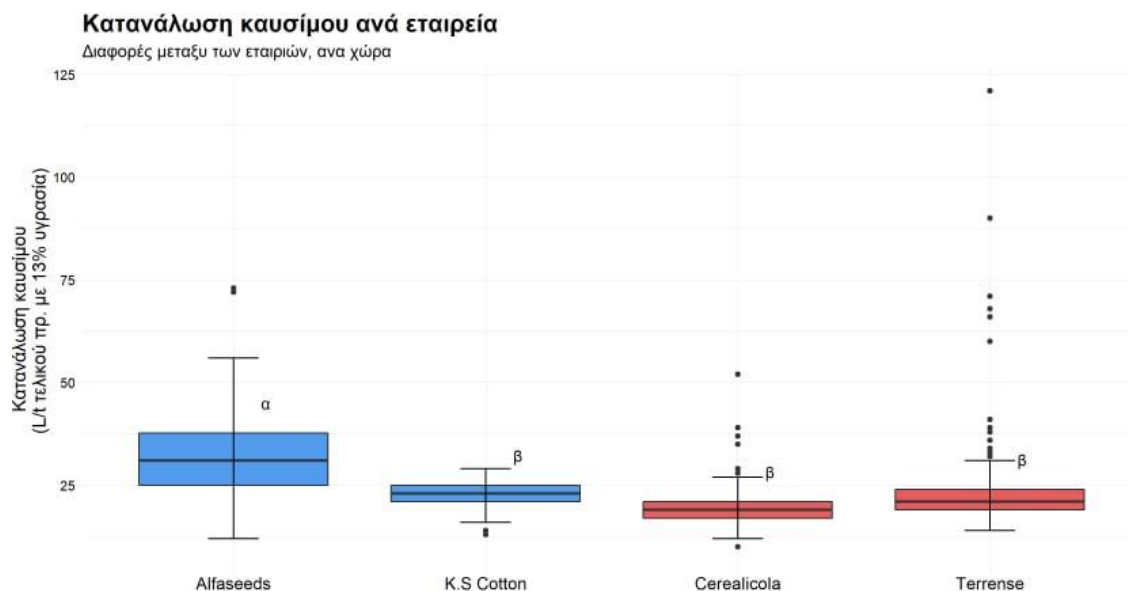
Σχήμα 6.4 Ποσότητα χρησιμοποιούμενων λιπασμάτων ανά τόνο προϊόντος για τους τέσσερις εξεταζόμενους συνεταιρισμούς

Και σε αυτό τον δείκτη μικρότερο ποσοστό έχει ο ιταλικός συνεταιρισμός Terrense ενώ υψηλότερες τιμές στη χρήση λιπασμάτων σημειώνει ο ελληνικός συναιτερισμός Alfaseeds.



Σχήμα 6.5 Φυτοπροστατευτικά προϊόντα ανά τόνο προϊόντος για τους τέσσερις εξεταζόμενους συνεταιρισμούς

Οι δύο ιταλικοί συνεταιρισμοί φαίνεται να χρησιμοποιούν πολύ υψηλότερες ποσότητες προϊόντων για την προστασία των φυτών από τους δύο ελληνικούς. Συγκεκριμένα ο συνεταιρισμός K.SCotton δεν αναφέρει χρήση τέτοιων προϊόντων.



Σχήμα 6.6 Κατανάλωση Diesel ανά τόνο προϊόντος για τους τέσσερις εξεταζόμενους συνεταιρισμούς

Τη μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση, τουλάχιστον σε καύσιμα Diesel, έχουν οι δύο ελληνικοί συνεταιρισμοί ανά τόνο προϊόντος. Τη χαμηλότερη κατανάλωση έχει ο ιταλικός συνεταιρισμός Cerealicola.

		<i>Alfaseeds</i>	<i>K.S Cotton</i>	<i>Cerealicola</i>	<i>Terrense</i>
<i>Εισροές</i>	<i>Χρησιμοποιούμενοι σπόροι</i>	56.6	44.5	43.3	31.4
	<i>Λιπάσματα</i>	94.0	87.8	89.7	64.4
	<i>Φυτοπροστατευτικά προϊόντα</i>	0.176	0.095	0.766	0.51
	<i>Κατανάλωση καυσίμων</i>	31.0	23.0	19.0	21.0
<i>Εκροές</i>	<i>Τελική παραγωγή</i>	3.84	5.11	5.25	7.07

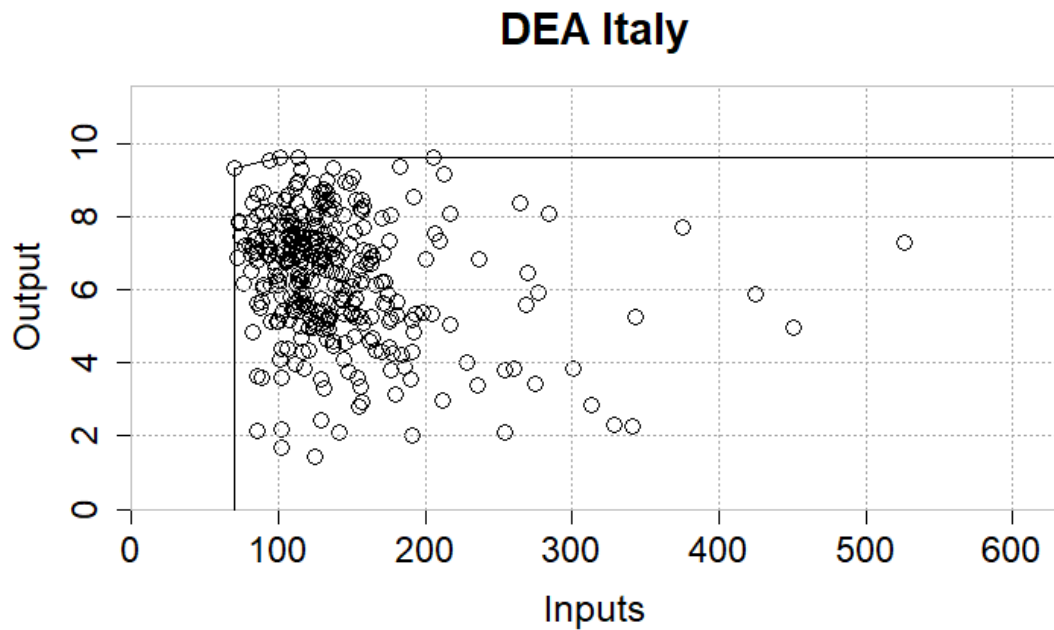
Πίνακας 6.2 Συγκεντρωτικός πίνακας διαφοράς διαμέσων

6.2 Αποδοτικότητα ιταλικών συνεταιρισμών

Italy				
	<u>CRS</u>		<u>VRS</u>	
Mean	0.577		0.698	
Eff. range	N	%	N	%
0<=E<0.1	3	0.91	0	0
0.1<=E<0.2	12	3.66	3	0.91
0.2<=E<0.3	29	8.84	4	1.22
0.3<=E<0.4	34	10.37	7	2.13
0.4<=E<0.5	60	18.29	22	6.71
0.5<=E<0.6	52	15.85	55	16.77
0.6<=E<0.7	56	17.07	81	24.7
0.7<=E<0.8	35	10.67	67	20.43
0.8<=E<0.9	24	7.32	44	13.41
0.9<=E<1	16	4.88	23	7.01
E==1	7	2.13	22	6.71
Overall	328	100	328	100

Πίνακας 6.2 Αποδοτικότητα ιταλικών συνεταιρισμών

Με βάση τα αποτελέσματα της περιβάλλουσας ανάλυσης δεδομένων και με βάση το υπόδειγμα CRS, επτά ιταλικοί συνεταιρισμοί επιτυγχάνουν μέγιστη αποδοτικότητα, ποσοστό που αντιστοιχεί στο 2,13% των συνολικών εκμεταλλεύσεων. Με βάση το υπόδειγμα VRS ωστόσο, που βασίζεται στις εισροές, συνολικά 22 παραγωγοί επιτυγχάνουν μέγιστη αποδοτικότητα, που αντιστοιχεί στο 6,71%.



Σχήμα 6.7 Διάγραμμα DEA εισροών-εκροών για τους ιταλικούς συνεταιρισμούς

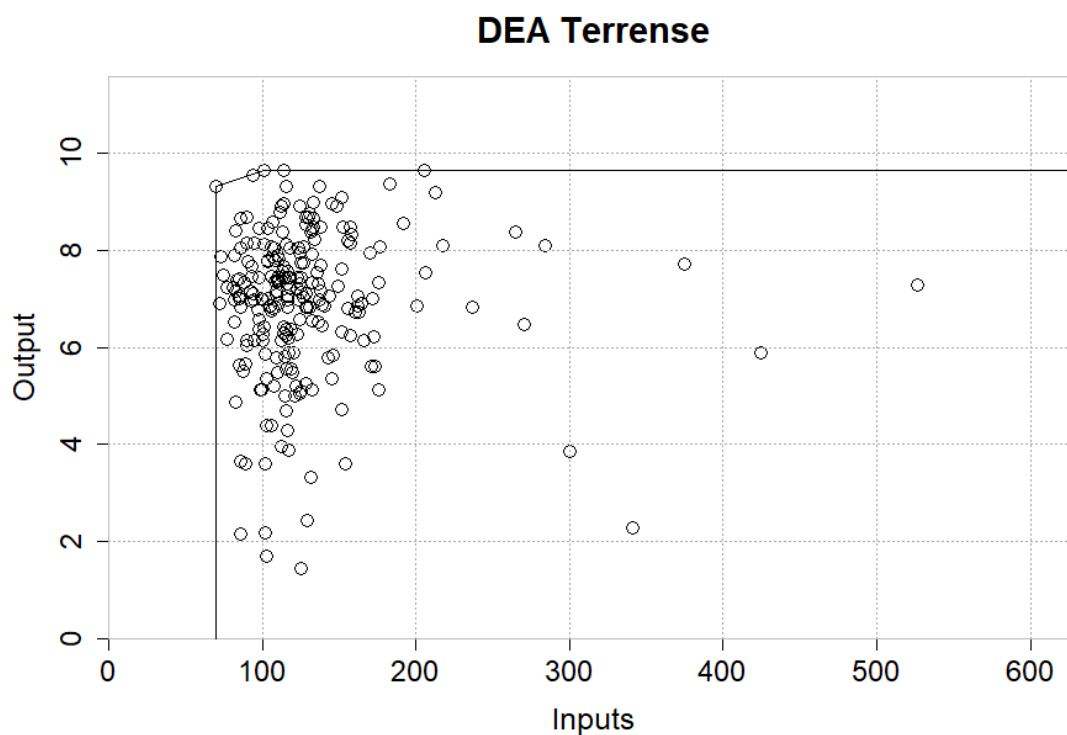
Στο Διάγραμμα 6.7, όπως και στα υπόλοιπα διαγράμματα στον άξονα X παρουσιάζονται οι εισροές και στον άξονα Y οι εκροές. Συνεπώς, μία εκμετάλλευση με υψηλή αποδοτικότητα θα πρέπει να εμφανίζεται ως σημείο με υψηλή τιμή στον κάθετο άξονα και όσο το δυνατόν χαμηλότερη τιμή στον οριζόντιο άξονα.

6.2.1 Terrence

Terrence				
	<u>CRS</u>		<u>VRS</u>	
Mean	0.647		0.776	
Eff. range	N	%	N	%
0<=E<0.1	1	0.44	0	0
0.1<=E<0.2	5	2.18	2	0.87
0.2<=E<0.3	7	3.06	2	0.87
0.3<=E<0.4	8	3.49	0	0
0.4<=E<0.5	31	13.54	10	4.37
0.5<=E<0.6	40	17.47	15	6.55
0.6<=E<0.7	46	20.09	36	15.72
0.7<=E<0.8	37	16.16	60	26.2
0.8<=E<0.9	29	12.66	46	20.09
0.9<=E<1	18	7.86	37	16.16
E=1	7	3.06	21	9.17
Overall	229	100	229	100

Πίνακας 6.3 Αποδοτικότητα συνεταιρισμού Terrence

Το μεγαλύτερο ποσοστό των παραγωγών του συνεταιρισμού Terrence βρίσκεται σε επίπεδα αποδοτικότητας μεταξύ 0,6 και 0,7 με βάση το υπόδειγμα CRS και μεταξύ 0,8 και 0,9 με βάση το VRS. Όσον αφορά τους παραγωγούς με τη βέλτιστη απόδοση, με βάση το VRS, οι 21 παραγωγοί (που αντιστοιχούν στο 9,17% του συνεταιρισμού) επιτυγχάνουν μέγιστη απόδοση.



Σχήμα 6.8 Διάγραμμα DEA εισροών-εκροών για το συνεταιρισμό Terrence

6.2.2 Cerealicola

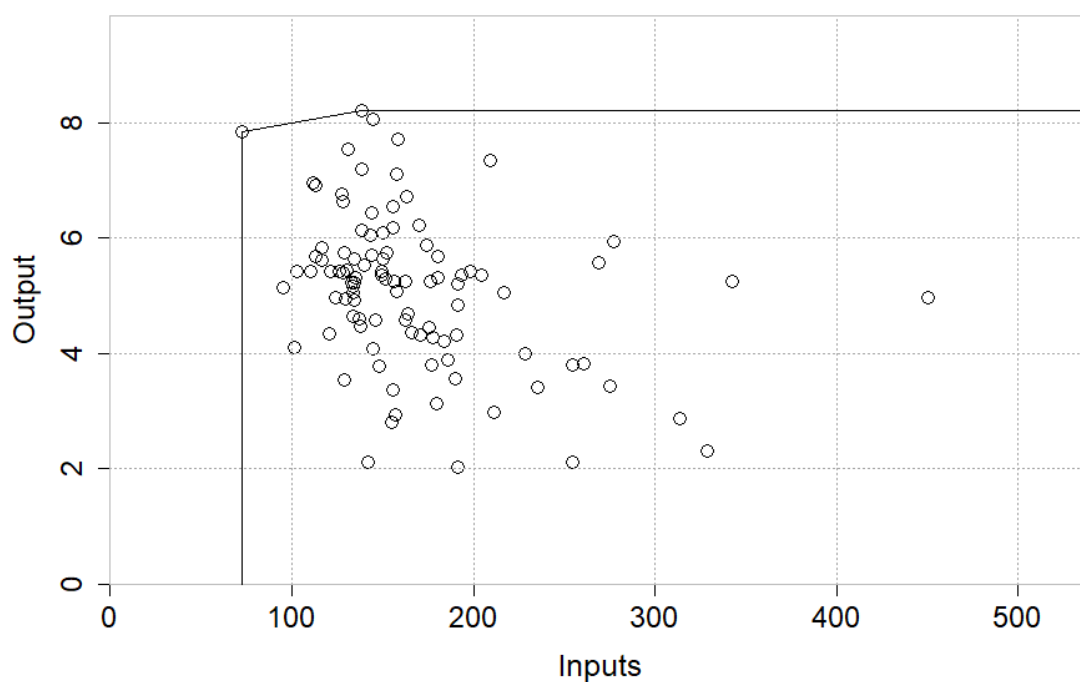
Cerealicola				
	<u>CRS</u>		<u>VRS</u>	
Mean	0.430		0.623	
Eff. range	N	%	N	%
0<=E<0.1	1	1	0	0
0.1<=E<0.2	8	8.1	1	1
0.2<=E<0.3	20	20.2	2	2

0.3<=E<0.4	15	15.2	5	5.1
0.4<=E<0.5	23	23.2	11	11.1
0.5<=E<0.6	19	19.2	26	26.3
0.6<=E<0.7	5	5.1	28	28.3
0.7<=E<0.8	3	3	16	16.2
0.8<=E<0.9	1	1	3	3
0.9<=E<1	1	1	0	0
E==1	3	3	7	7.1
Overall	99	100	99	100

Πίνακας 6.4 Αποδοτικότητα συνεταιρισμού Cerealicola

Πολύ χαμηλότερα επίπεδα αποδοτικότητας σε σχέση με τον συνεταιρισμό Terrence εμφανίζονται για τον συνεταιρισμό Cerealicola, και στα δύο υποδείγματα. Συγκεκριμένα, μόλις τρεις παραγωγοί (3%) επιτυγχάνουν μέγιστη αποδοτικότητα με βάση το υπόδειγμα CRS και επτά με βάση το VRS (7,1%).

DEA Cerealicola



Σχήμα 6.9 Διάγραμμα DEA εισροών-εκροών για το συνεταιρισμό Cerealicola

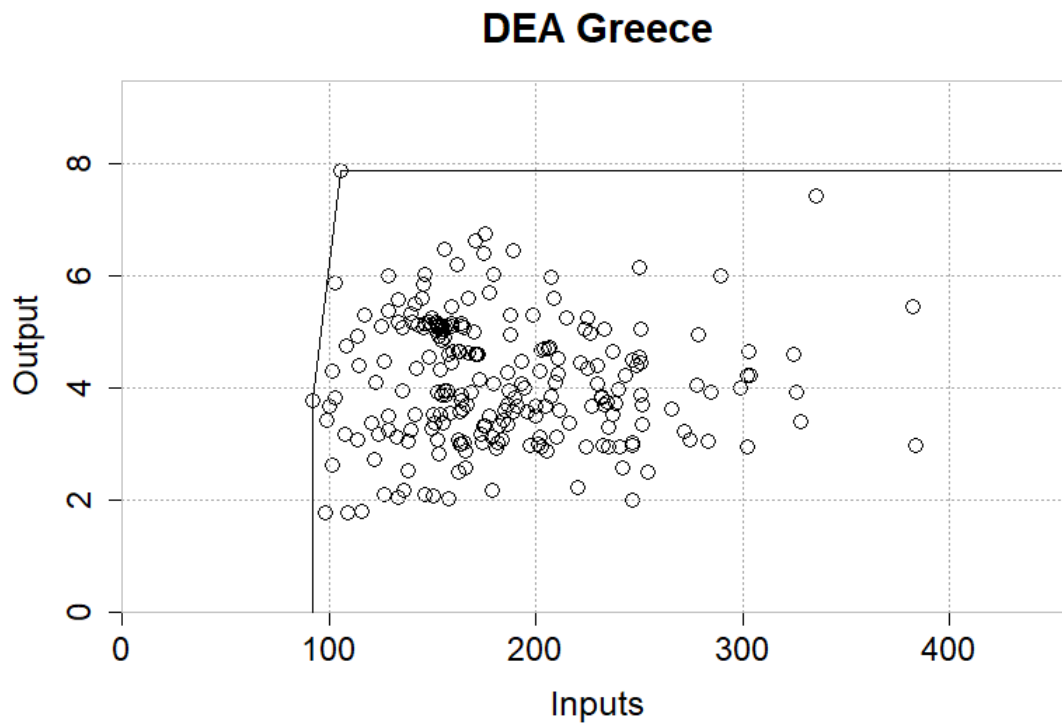
6.3 Αποδοτικότητα ελληνικών συνεταιρισμών

Greece				
	<u>CRS</u>		<u>VRS</u>	
Mean	0.487		0.651	
Eff. range	N	%	N	%
0<=E<0.1	0	0	0	0
0.1<=E<0.2	4	1.7	0	0
0.2<=E<0.3	37	15.7	2	0.85
0.3<=E<0.4	57	24.3	12	5.11

0.4<=E<0.5	43	18.3	44	18.72
0.5<=E<0.6	29	12.3	39	16.6
0.6<=E<0.7	23	9.8	46	19.57
0.7<=E<0.8	25	10.6	42	17.87
0.8<=E<0.9	6	2.6	23	9.79
0.9<=E<1	6	2.6	12	5.11
E==1	5	2.1	15	6.38
Overall	235	100	235	100

Πίνακας 6.5 Αποδοτικότητα ελληνικών συνεταιρισμών

Ποσοστιαία εμφανίζεται χαμηλή μέγιστη αποδοτικότητα για τους ελληνικούς συνεταιρισμούς με βάση το υπόδειγμα CRS, καθώς μόλις 5 παραγωγοί, το 2,1%, επιτυγχάνουν τιμή αποδοτικότητας ίση με τη μονάδα. Ωστόσο, στο υπόδειγμα VRS που εστιάζει στην διαχείριση των εισροών ο αριθμός παραγωγών με μέγιστη αποδοτικότητα είναι 15, που αντιστοιχούν στο 6,38% του συνόλου των εκμεταλλεύσεων.



Σχήμα 6.10 Διάγραμμα DEA εισροών-εκροών για τους ελληνικούς συνεταιρισμούς

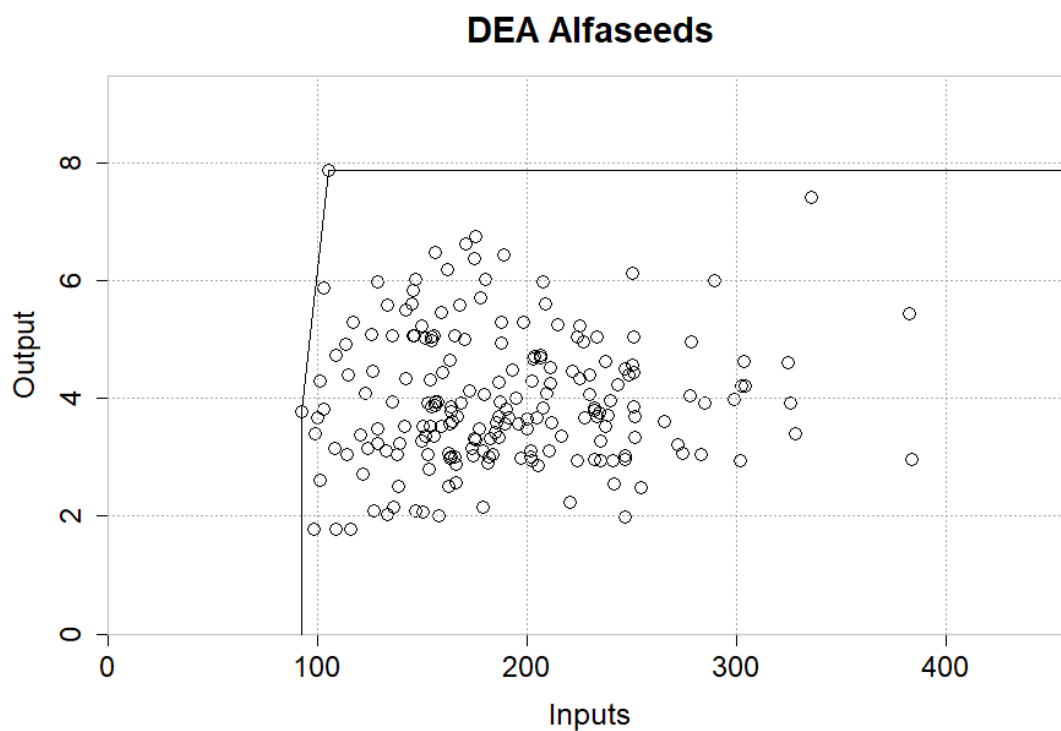
6.3.1 Alfaseeds

Alfaseeds				
	<u>CRS</u>		<u>VRS</u>	
Mean	0.460		0.638	
Eff. range	N	%	N	%
0<=E<0.1	0	0	0	0
0.1<=E<0.2	3	1.5	0	0
0.2<=E<0.3	35	17.3	2	0.99

0.3<=E<0.4	57	28.2	12	5.94
0.4<=E<0.5	41	20.3	41	20.3
0.5<=E<0.6	25	12.4	35	17.33
0.6<=E<0.7	16	7.9	43	21.29
0.7<=E<0.8	12	5.9	30	14.85
0.8<=E<0.9	4	2	17	8.42
0.9<=E<1	5	2.5	8	3.96
E==1	4	2	14	6.93
Overall	202	100	202	100

Πίνακας 6.6 Αποδοτικότητα συνεταιρισμού Alfaseeds

Το πρώτο που παρατηρούμε εξετάζοντας το υπόδειγμα CRS για τον συνεταιρισμό *Alfaseeds* είναι το πολύ υψηλό ποσοστό παραγωγών που κυμαίνονται σε επίπεδα αποδοτικότητας μεταξύ 0,2 και 0,5. Αθροιστικά, άνω του 55% του συνόλου εντάσσεται σε αυτές τις κλάσεις αποδοτικότητας. Μέγιστη αποδοτικότητα με βάση το CRS επιτυγχάνουν μόλις 4 παραγωγοί, ενώ με βάση το VRS 14 παραγωγοί, σε ποσοστά 2,00% και 6,93% αντίστοιχα.



Σχήμα 6.11 Διάγραμμα DEA εισροών-εκροών για το συνεταιρισμό Alfaseeds

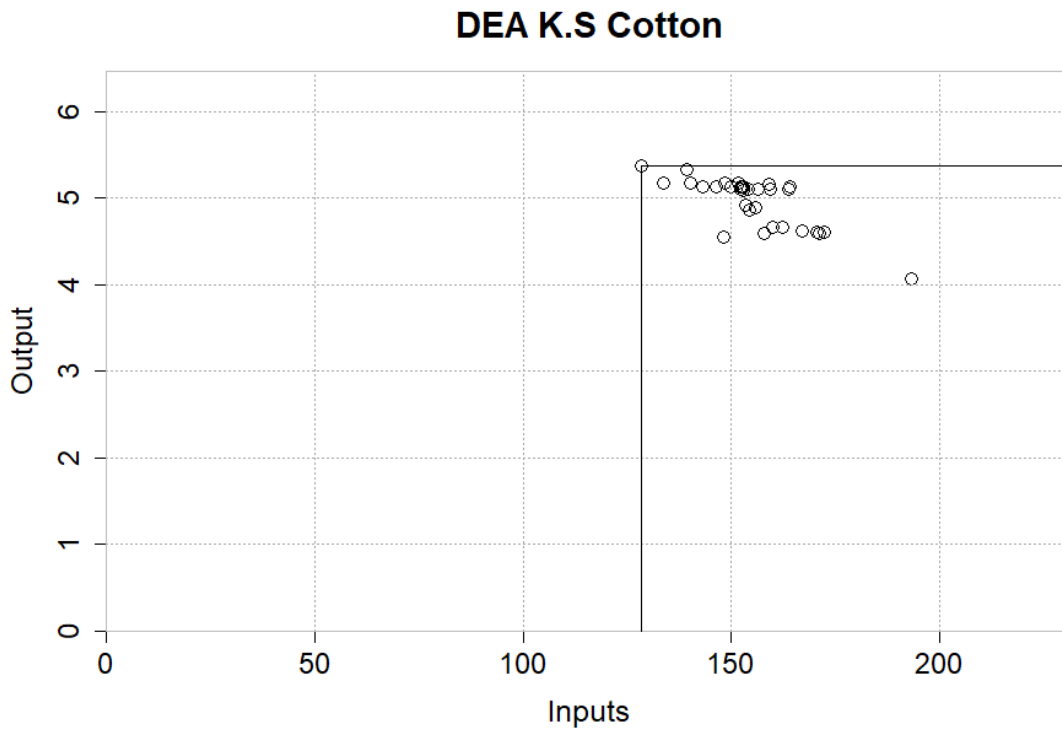
6.3.2 K.S Cotton

K.S Cotton				
	<u>CRS</u>		<u>VRS</u>	
Mean	0.832		0.894	
Eff. range	N	%	N	%
0.5<=E<0.6	1	3	0	0
0.6<=E<0.7	3	9.1	0	0
0.7<=E<0.8	5	15.2	3	9.1
0.8<=E<0.9	19	57.6	18	54.5

0.9<=E<1	3	9.1	7	21.2
E==1	2	6.1	5	15.2
Overall	33	100	33	100

Πίνακας 6.7 Αποδοτικότητα συνεταιρισμού K.S Cotton

Ο συγκεκριμένος συνεταιρισμός είναι ο μικρότερος όσον αφορά τον αριθμό παραγωγών από τους εξεταζόμενους, στον οποίο συμμετέχουν μόλις 33 παραγωγοί. Από αυτούς με βάση το CRS μέγιστη αποδοτικότητα επιτυγχάνει το 6,10% (δύο παραγωγοί), και με βάση το VRS το 15,20% (πέντε παραγωγοί). Οι περισσότεροι παραγωγοί του εν λόγω συνεταιρισμού βρίσκονται μεταξύ επιπέδων αποδοτικότητας 0,8 με 0,9 (ποσοστό 57,60%).



Σχήμα 6.12 Διάγραμμα DEA εισροών-εκροών για το συνεταιρισμό K.S Cotton

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενα κεφάλαια, δεν υπάρχουν επαρκείς έρευνες που να περιγράφουν τη μέτρηση αποδοτικότητας των καλλιεργειών σιταριού με τη μέθοδο Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων. Ακόμη ωστόσο και να υπήρχαν, οι συγκρίσεις θα είχαν νόημα μόνο σε χώρες ή περιοχές με παρεμφερή γεωγραφικά και κλιματικά χαρακτηριστικά. Υπάρχουν όμως κάποιες έρευνες για τον ευρύτερο γεωργικό τομέα. Για παράδειγμα, οι Hu και McAleer (2005) μέτρησαν στην Κίνα την αποδοτικότητα των γεωργικών εκμεταλλεύσεων κατά τα έτη 1991-1997. Ωστόσο, έγινε αντιληπτό ότι οι εκτιμήσεις σε επίπεδο επαρχίας ήταν πολύ αναξιόπιστες και δεν αντικατοπτρίζουν επαρκώς τη γεωγραφική ετερογένεια (και τις διαφορές αποδοτικότητας μεταξύ περιοχών) και συνεπώς δεν μπορούσαν να εξάγουν ασφαλή συμπεράσματα. Έτσι, ερευνητές όπως οι Chen et al. (2008) για την ανάλυση αποτελεσματικότητας των γεωργικών εκμεταλλεύσεων χρησιμοποίησαν στοιχεία σε επίπεδο κράτους. Οι Li και Zhang (2013) ανέλυσαν παράγοντες που επηρεάζουν τη γεωργική παραγωγικότητα, την αύξηση της συνολικής παραγωγικότητας των γεωργικών συντελεστών (TFP) και το χάσμα μεταξύ περιφερειών με επαρχιακά δεδομένα από το 1985 έως το 2010. Οι Li et al. (2012) επιτυχημένα χρησιμοποίησαν τη μέθοδο Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων για να μετρήσουν την αποδοτικότητα της γεωργικής παραγωγής σε 99 οικιακές φάρμες το 2010. Οι Liu et al. (2014) μέτρησαν τη γεωργική απόδοση μία περιοχής άρδευσης από το 2000 έως το 2008 σε επίπεδο επαρχίας χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Περιβάλλουσας Ανάλυσης Δεδομένων.

Στη εργασία τους, οι Casolani et al. (2016) ερευνούν το αποτύπωμα άνθρακα και την κατανάλωση νερού στις ιταλικές καλλιέργειες σκληρού σίτου, εξετάζοντας την παραγωγή από το 2011 έως το 2015. Τα αποτελέσματα έδειξαν μια ακραία μεταβλητότητα αυτών των δεικτών σε ολόκληρη τη χώρα. Οι περιοχές με κατανάλωση νερού κάτω από 5000 m³ ανά εκτάριο της (που χρησιμοποιείται στην παραγωγή σκληρού σίτου) βρίσκονται στο Νότο, ενώ οι υψηλότερες τιμές καταγράφονται στο κέντρο και στο βορρά της Ιταλίας. Τα αποτελέσματά τους για το αποτύπωμα άνθρακα (CF) έδειξε παρόμοια τάση. Η υψηλότερη τιμή του βρέθηκε στη Βόρεια Ιταλία (2462 kg CO₂ ανά εκτάριο), ενώ η αναλογία στις

τιμές εκπομπών αερίων του διοξειδίου του άνθρακα μεταξύ Βορρά και Κέντρου είναι 1,30.

Οι Djouadi et al. (2021), ανέλυσαν την απόδοση σκληρού σιταριού και την ποιότητα σιταριού στην πρώιμη μετάβαση από τη συμβατική καλλιέργεια σε βιώσιμη καλλιέργεια σε μεσογειακές συνθήκες.

Ο σκοπός αυτής της μελέτης που διεξήχθη το 2019 και το 2020 ήταν να διερευνήσει την επίδραση τριών συστημάτων καλλιέργειας στην απόδοση των σιτηρών, τα χαρακτηριστικά της απόδοσης και τους δείκτες ποιότητας μιας σοδειάς σκληρού σίτου (*Triticum durum* Desf. cv. Simeto) σε μονοκαλλιέργειες της Βόρειας Αλγερίας. Τα συστήματα καλλιέργειας είχαν σημαντική επίδραση στη μέση απόδοση των δύο εξεταζόμενων ετών, με την καλλιέργεια υψηλής έντασης να παράγει όπως ήταν αναμενόμενο υψηλότερη απόδοση αλλά και ικανοποιητική ποιότητα. Τα συστατικά και οι παράμετροι ποιότητας επηρεάστηκαν περισσότερο από τις κλιματολογικές συνθήκες παρά από τις συνθήκες καλλιέργειας. Σημειώθηκε μείωση απόδοσης της τάξης του 51% που ήταν ανεξάρτητη από το είδος της καλλιέργειας. Αυτό συνέβη λόγω απότομης αλλαγής των κλιματολογικών συνθηκών που οδήγησαν σε στρες τα φυτά. Αυτό το στρες προκάλεσε επίσης αύξηση της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες, αλλά μείωση του βάρους του καρπού του σίτου.

Στην εργασία των Sall et al. εξετάζεται κατά πόσο είναι επιτυχής η υιοθέτηση της ποικιλίας σκληρού σίτου (*Triticum durum* Desf. cv. Simeto) κατά την τελευταία δεκαετία στην Αιθιοπία, τη Μαυριτανία και τη Σενεγάλη. Επίσης εξετάστηκε το κατά πόσον οι σύγχρονες μέθοδοι παραγωγής θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για να αποδώσουν καρπούς άνω των τριών τόνων ανά εκτάριο σε διάστημα 92 ημερών και σε θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της ημέρας πάντα πάνω από 32°C. Μα αυτό τον τρόπο οι συγγραφείς θέλουν να εξετάσουν το κατά πόσον θα μπορούσε να είναι οικονομικά βιώσιμη η παραγωγή σκληρού σίτου στην υποσαχάρια Αφρική. Η έρευνα έδειξε ότι οι νέες τεχνολογίες παραγωγής προσφέρουν υποσχέσεις για την επέκταση της περιοχής παραγωγής σκληρού σίτου στην υποσαχάρια Αφρική, αλλά η οικονομική βιωσιμότητα του εγχειρήματος εξαρτάται από την πρόθεση των καταναλωτών να αγοράσουν το προϊόν σε υψηλότερη τιμή για να τονώσουν την ντόπια οικονομία.

Οι Finco et al. (2021) μελέτησαν τα οικονομικά αποτελέσματα της επένδυσης σε γεωργικές τεχνολογίες ακριβείας (PATs) στην παραγωγή σκληρού σίτου στην κεντρική Ιταλία. Οι γεωργικές τεχνολογίες ακριβείας (PATs) μπορούν να θεωρηθούν ένα εργαλείο για τη διαχείριση των καλλιεργειών που επιτρέπει στον αγρότη να βελτιστοποιήσει τις εισροές, να μειώσει το κόστος και να προσφέρει τα καλύτερα ποσοτικά και ποιοτικά αγροτικά προϊόντα. Τα αποτελέσματα της έρευνας αποκαλύπτουν ότι, σε αντίθεση με ό,τι αναφέρεται στη βιβλιογραφία, μετά την υιοθέτηση των τεχνολογιών αυτών διατηρείται σταθερή η απόδοση όσο και το μεταβλητό κόστος. Ωστόσο, το μεγαλύτερο όφελος καταγράφεται στη μείωση του κόστους εργασίας (-20%) και στη μείωση των φυτοφαρμάκων (-53%). Η αύξηση της ποσότητας αζώτου (+11%) και των σπόρων που διανέμονται στο χωράφι (+5%) υποδηλώνει ότι, λόγω της σημαντικής αύξησης του συνολικού κόστους λόγω του κεφαλαίου που επενδύεται στην τεχνολογία, το αγρόκτημα δεν είχε σημαντική αύξηση κέρδους παρά τη μείωση των γεωργικών εισροών.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα έρευνα εξετάστηκαν 563 εκμεταλλεύσεις σίτου, από τέσσερις συνεταιρισμούς, εκ των οποίων οι δύο συνεταιρισμοί είναι ιταλικοί και περιέχουν συνολικά 328 εκμεταλλεύσεις, και οι δύο ελληνικοί περιέχουν 235 εκμεταλλεύσεις. Από αυτούς τους συνεταιρισμούς μεγαλύτερος είναι ο ιταλικός Terrence με 229 παραγωγούς.

Οι δύο ιταλικοί συνεταιρισμοί επιτυγχάνουν σημαντικά υψηλότερες αποδόσεις από τους αντίστοιχους ελληνικούς, με τον συνεταιρισμό Terrence να επιτυγχάνει απόδοση μεγαλύτερη των 7,5 τόνων ανά εκτάριο, ενώ τα περισσότερα εκτάρια καλλιεργούμενης έκτασης χρησιμοποιεί ο συνεταιρισμός Cerealicola, χωρίς όμως να επιτυγχάνει και την υψηλότερη απόδοση ανά εκτάριο.

Τα υψηλότερα ποσοστά χρήσης σπόρων ανά τόνο προϊόντων χρησιμοποιεί ο ελληνικός συνεταιρισμός Alfaseeds, ενώ τις χαμηλότερες τιμές σημειώνει ο ιταλικός συνεταιρισμός Terrence, γεγονός που δείχνει υψηλά ποσοστά εισροών για τους ελληνικούς συνεταιρισμούς.

Αναφορικά με τη χρήση λιπασμάτων μικρότερο ποσοστό έχει ο ιταλικός συνεταιρισμός Terrence ενώ υψηλότερες τιμές σημειώνει ο ελληνικός συνεταιρισμός Alfaseeds, επιπλέον, οι δύο ιταλικοί συνεταιρισμοί φαίνεται να χρησιμοποιούν πολύ υψηλότερες ποσότητες προϊόντων για την προστασία των φυτών από τους δύο ελληνικούς.

Οι δύο ελληνικοί συνεταιρισμοί παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση, τουλάχιστον σε καύσιμα Diesel, ανά τόνο προϊόντος. Τη χαμηλότερη κατανάλωση έχει ο ιταλικός συνεταιρισμός Cerealicola.

Επτά ιταλικοί συνεταιρισμοί επιτυγχάνουν μέγιστη αποδοτικότητα, με βάση τα αποτελέσματα της περιβάλλουσας ανάλυσης δεδομένων και με βάση το υπόδειγμα CRS, ποσοστό που αντιστοιχεί στο 2,13% των συνολικών εκμεταλλεύσεων. Με βάση το υπόδειγμα VRS ωστόσο, που βασίζεται στις εισροές, συνολικά 22 παραγωγοί επιτυγχάνουν μέγιστη αποδοτικότητα, που αντιστοιχεί στο 6,71%.

Από αυτούς τους παραγωγούς, το μεγαλύτερο ποσοστό των παραγωγών του συνεταιρισμού Terrence βρίσκεται σε επίπεδα αποδοτικότητας μεταξύ 0,6 και 0,7 με βάση

το υπόδειγμα CRS και μεταξύ 0,8 και 0,9 με βάση το VRS. Όσον αφορά τους παραγωγούς με τη βέλτιστη απόδοση, με βάση το VRS, οι 21 παραγωγοί (που αντιστοιχούν στο 9,17% του συνεταιρισμού) επιτυγχάνουν μέγιστη απόδοση.

Για τον συνεταιρισμό *Cerealicola* παρουσιάζονται πολύ χαμηλότερα επίπεδα αποδοτικότητας σε σχέση με τον συνεταιρισμό *Terrence*, και στα δύο υποδείγματα. Συγκεκριμένα, μόλις τρεις παραγωγοί (3%) επιτυγχάνουν μέγιστη αποδοτικότητα με βάση το υπόδειγμα CRS και επτά με βάση το VRS (7,1%).

Για τους ελληνικούς συνεταιρισμούς, με βάση το υπόδειγμα CRS εμφανίζεται χαμηλή ποσοστιαία μέγιστη αποδοτικότητα, καθώς μόλις 5 παραγωγοί, το 2,1%, επιτυγχάνουν τιμή αποδοτικότητας ίση με τη μονάδα. Ωστόσο, στο υπόδειγμα VRS που εστιάζει στην διαχείριση των εισροών ο αριθμός παραγωγών με μέγιστη αποδοτικότητα είναι 15, που αντιστοιχούν στο 6,38% του συνόλου των εκμεταλλεύσεων. Για τον συνεταιρισμό *Alfaseeds* μέγιστη αποδοτικότητα με βάση το CRS επιτυγχάνουν μόλις 4 παραγωγοί, ενώ με βάση το VRS 14 παραγωγοί, σε ποσοστά 2,00% και 6,93% αντίστοιχα.

Τέλος, στο συνεταιρισμό *K.S Cotton* με βάση το CRS μέγιστη αποδοτικότητα επιτυγχάνει το 6,10% (δύο παραγωγοί), και με βάση το VRS το 15,20% (πέντε παραγωγοί).

Περιορισμοί της έρευνας και προτάσεις για μελλοντικές έρευνες

Οι αγροτικές κοινότητες σε όλο τον κόσμο έχουν αρχίσει να απειλούνται από τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής. Οι αλλαγές στις βροχοπτώσεις, η άνοδος των μέσων θερμοκρασιών, οι ξηρασίες και οι πλημμύρες, οι αλλαγές στη βιωσιμότητα των καλλιεργειών και των ζώων και τα νέα παράσιτα, είναι κάποιες από τις ήδη υπάρχουσες απειλές που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή. Ταυτόχρονα, για να αντιμετωπιστούν πολλές από αυτές τις απειλές αυξάνονται οι εισροές στα αγροτικά συστήματα, κυρίως μέσα από την αύξηση της χρήσης λιπασμάτων και φυτοπροστατευτικών. Για τους παραπάνω λόγους, καθίσταται αναγκαίο για τον αγροτικό κόσμο να επιτευχθεί η υψηλότερη δυνατή αποδοτικότητα.

Η παρούσα εργασία έχει στόχο να καταγράψει τις μεθόδους καλλιέργειας σίτου στην Ελλάδα και στην Ιταλία, μέσα από τα συγκριτικά παραδείγματα αγροτικών συνεταιρισμών στα αντίστοιχα κράτη, με τελικό σκοπό την ανάδειξη των βέλτιστων πρακτικών, οι οποίες οδηγούν στη διαμόρφωση των δεδομένων για τη μεγιστοποίηση των εκροών σε συνάρτηση με τις ελάχιστες εισροές.

Η ανάδειξη των ανωτέρω στοιχείων έχει προκύψει έπειτα από την ανάλυση δεδομένων, που αντλήθηκαν από ελληνικούς και ιταλικούς συνεταιρισμούς, με τη μέθοδο περιβάλλουσας ανάλυσης δεδομένων (DEA). Αρχικά, από την ανάλυση της διεθνούς βιβλιογραφίας συμπαιράνουμε ότι δεν έχουν γίνει επαρκείς έρευνες με τη μέθοδο DEA στον τομέα της παραγωγής σίτου. Ως εκ τούτου ο πρώτος περιορισμός της έρευνας ήταν ότι δεν υπήρχαν επαρκείς έρευνες για σύγκριση των αποτελεσμάτων.

Επιπλέον, θα ήταν εξαιρετικά χρήσιμο να γίνει ενσωμάτωση κρίσιμων περιβαλλοντικών δεικτών όπως το αποτύπωμα άνθρακα, το αποτύπωμα νερού και το γενικότερο οικολογικό αποτύπωμα.

Σε μελλοντικές έρευνες, θα ήταν χρήσιμο να γίνει υπολογισμός των slacks και αξιολόγηση στις ίδιες παραγωγικές μονάδες από έτος σε έτος. Επίσης, θα μπορούσαν να δημιουργηθούν διαδραστικοί χάρτες και να εισαχθούν στην ανάλυση κλιματικά δεδομένα και δεδομένα σε κλίμακα Likert (όπως π.χ για την επιτυχία ψεκασμού).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Arzani A. (2011). Emmer (*Triticum turgidum* spp. *dicoccum*) flour and breads, in *Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention*, ed. by Preedy VR, Watson RR and Patel VB. Academic Press, London, p. 542.
2. Atwell, W.A. *Wheat Flour. Practical guides for the food industry.* eds. Eagan Press Handbook Series. Publishing by the American Association of Cereal Chemists, Inc, USA, (2001): pp. 2-51.
3. Basey, Marleeta F. "Why Whole Wheat is Way Better." *Mother Earth News* (Dec/Jan, 2005): p 76-81.
4. Bliss, Rosalie Marion. "A Grain of Truth About Fiber Intake." *Agricultural Research* Vol52 (Dec2004): p16.
5. Boehm, David and Tracy Saylor. "Wheat Industry Yields Rich History." *Prairie GrainsMagazine*. June 2002.
6. Bowden, Bill, Quif Ma, and Zed Rengel. "Heterogeneous distribution of phosphorus and potassium in soil influences wheat growth and nutrient uptake." *Plant Soil* 291(2006): 301 - 309.
7. Casolani Nicola, Pattara Claudio, Liberatore Lolita. (2016). Προοπτική αποτυπώματος νερού και άνθρακα στην ιταλική παραγωγή σκληρού σίτου, Πολιτική χρήσης γης, τόμος 58. Σελίδες 394-402. ISSN 0264-8377.
8. Charnes, A., Cooper, W. W. and Rhodes, E. (1978) 'Measuring the efficiency of decision-making units', *European Journal of Operational Research*, 2(6), pp. 429-444. doi: 10.1016/0377-2217(78)90138-8.
9. Chen Z, Song S. (2008). Efficiency and technology gap in China's agriculture: a regional meta-frontier analysis. *China Economic Review*, 19(2): 287-296.
10. Colwell, James L. "American Wheat Varieties: Our History in Microcosm." *The SocialScience Journal* Vol. 16, Issue 3(1979): 67-78.
11. Cook, W. D., Tone, K. and Zhu, J. (2014) 'Data envelopment analysis: Prior to choosing a model', *Omega* (United Kingdom), 44, pp. 1-4. doi: 10.1016/j.omega.2013.09.004.

12. Cooper WW, Park KS, Yu G. (1999). IDEA and AR-IDEA: models for dealing with imprecise data in DEA. *Manag Sci.* b;45:597-607.
13. Cossani, C. M., G. A. Y. Slafer, R. Savin. (2009). Yield and biomass in wheat and barley under a range of conditions in a Mediterranean site. *Field Crop Res.*
14. Dias, A. S., M. G. Barreiro, P. S. Campos, J. C. Ramalho., F. C. Lidon. (2010). Wheat cellular membrane thermotolerance under heat stress. *J. Agron. Crop Sci.*
15. Dias, S., J. Semedo, J. C. Ramalho, F. C. Lidon. (2011). Bread and durum wheat under heat stress: a comparative study on the photosynthetic performance. *J. Agron. Crop Sci.*
16. Djouadi, K., Mekliche, A., Dahmani, S., Ladjjar, N.I., Abid, Y., Silarbi, Z., Hamadache, A., Pisante, M. (2021). Durum Wheat Yield and Grain Quality in Early Transition from Conventional to Conservation Tillage in Semi-Arid Mediterranean Conditions. *Agriculture*, 11, 711. <https://doi.org/10.3390/agriculture11080711>.
17. European Commission. 2020. 'Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions A Farm to Fork Strategy for a fair, healthy and environmentally-friendly food system', COM/2020/381 final, European Commission, Brussels.
18. European Commission. 2020. 'Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: Stepping up Europe's 2030 climate ambition Investing in a climate-neutral future for the benefit of our people', COM(2020)562, European Commission, Brussels.
19. Eurostat. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <https://ec.europa.eu/eurostat/>.
20. Farrell, M. J. (1957) 'The Measurement of Productive Efficiency', *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, pp. 253-290. doi: 10.1016/S0377- 2217(01)00022-4.
21. Finco, A., Bucci, G., Belletti, M., Bentivoglio, D. (2021). The Economic Results of Investing in Precision Agriculture in Durum Wheat Production: A Case Study in Central Italy. *Agronomy*,11, 1520.

22. Gonzalez, F., C. Rojo. (2005). Gramíneas y seudocereales. En *Prontuario de Agricultura*. Co-Edición Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación y Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
23. Gupta, Umesh C. and Yash P. Kalra. "Residual Effect of Copper and Zinc from Fertilizers on Plant Concentration, Phytotoxicity, and Crop Yield Response." *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 37(2006): 2505-2511.
24. Hu B D, McAleer M J. (2005). Estimation of Chinese agricultural production efficiencies with panel data. *Mathematics and Computers in Simulation*, 68(5-6): 474-483.
25. Ignizio James P. & Cavalier Tom M. (1994), *Linear Programming*.
26. Kabbaj H, Sall AT, Al-Abdallat A, Geleta M, Amri A, Filali-Maltouf A. et al. (2017). Genetic diversity within a global panel of durum wheat (*Triticum durum*) landraces and modern germplasm reveals the history of alleles exchange. *Front Plant Sci* 18:1277.
27. Katz, Solomon H. *Encyclopedia of Food and Culture*. New York: Charles Scribner, 2003.
28. Kiple, Kenneth F. and Kriemhild Conee Ornelas. *The Cambridge World History of Food*. New York: Cambridge University Press, 2000.
29. Kthiri, D. 2018. "Characterization and mapping of leaf rust resistance in four durum wheat cultivars".
30. Li D P, Nanseki T, Takeuchi S. (2012). Measurement of agricultural production efficiency and the determinants in China based on a DEA approach: a case study of 99 farms from Hebei Province. *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University*, 57(1): 235-244.
31. Li Z, Zhang H P. (2013). Productivity growth in China's agriculture during 1985-2010. *Journal of Integrative Agriculture*, 12(10): 1896-1904.
32. Liu J, Wu P T, Wang Y B, Zhao X N, Cao X C, Sun S K. (2014). Assessment of agricultural productive efficiency for Hetao Irrigation District based on data envelopment analysis. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 30(9): 110-118.

33. López Bellido, L. (2009). Informe sobre: Cuestiones referentes al sector de herbáceos, más relevantes para la definición de la Política de Seguros Agrarios: Situación actual y tendencias a corto plazo. Desarrollos Agrotecnológicos Integrados. S.L. Empresa de Base tecnológica de la Universidad de Córdoba, Universidad de Córdoba.
34. Manzano, J. R. (2007). Prolaminas y marcadores moleculares relacionadas con la calidad en Trigo Duro (*Triticum turgidum* L.). Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.
35. McKeivith, Brigid. "Nutritional aspects of Cereals." British Nutrition Foundation 29(2004): p 111-142.
36. Pagnotta MA, Mondini L, Codianni P and Fares C. (2008). Agronomical, quality, and molecular characterization of twenty Italian emmer wheat (*Triticum dicoccon*) accessions. *Genet Resour Crop Evol* 56:299-310.
37. Renfrew C., & Bahn P., Αρχαιολογία. Θεωρίες μεθοδολογία και πρακτικές εφαρμογές, Ινστιτούτο του βιβλίου- Α. Καρδαμίτσα, Αθήνα 2013
38. Repkova, I. (2014) 'Efficiency of the Czech Banking Sector Employing the DEA Window Analysis Approach', *Procedia Economics and Finance*, 12(March), pp. 587-596. doi: 10.1016/S2212-5671(14)00383-9.
39. Roncallo, P., I. Garbus, A. Picca, V. Echenique, D. A. Carrera, G. L. Cervigni, R. Miranda. (2009). Análisis de las bases genéticas del color en trigo candeal. *Revista de la Facultad de Agronomía/La Plata*. Buenos Aires.
40. Sall Amadou Tidiane, Chiari Tiberio, Legesse Wasihun, Seid-Ahmed Kemal, Ortiz Rodomiro, Maarten van Ginkel & Bassi Filippo Maria. (2019). Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.): Origin, Cultivation and Potential Expansion in Sub-Saharan Africa. *Agronomy*, 9, 263; doi:10.3390/agronomy9050263.
41. Scarascia Mugnozza. 2005. G.T. The contribution of Italian wheat geneticists: From Nazareno Strampelli to Francesco D'Amato. In *The Wake of the Double Helix: From the Green Revolution to the Gene Revolution*, Proceedings of the International Congress, Bologna, Italy.

42. Smith, Andrew F. The Oxford Encyclopedia of Food and Drink in America. New York: Oxford University Press, 2004.
43. United Nations (UN). 2011. Global Drylands: A UN System-Wide Response; United Nations (UN): New York, NY, USA.
44. Vanderbei, R. (2001). Linear Programming: Foundations and Extensions, Part 3.
45. Vlontzos, G. (2015) 'Measuring efficiency of the Greek flourmill firms using data envelopment analysis', Int. J. Sustainable Agricultural Management and Informatics, Vol. 1, No. 1, 2015. <https://doi.org/10.1504/IJSAMI.2015.069046>
46. WorldBank. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <https://www.worldbank.org/en/home/>.