

Πολυτεχνείο Κρήτης

ΜπΔ

Μηχανικοί παραγωγής & διοίκησης

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

Το οικολογικό αποτύπωμα της χημικής και βιολογικής γεωργίας στην Ελλάδα από την παρελθούσα δεκαετία: συλλογή στοιχείων, υπολογισμός θερμιδικής απόδοσης, ανάλυση συστήματος και πρόγνωση σε μελλοντικό ορίζοντα είκοσι ετών.

Θωμάς Α. Ξένος

Επιβλέπων:

Φίλης Ιωάννης, Καθηγητής

ΧΑΝΙΑ 2011

Ευχαριστίες

Εδώ θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά και να εκφράσω την ιδιαίτερη εκτίμησή μου στον καθηγητή κ. Φίλη Ιωάννη για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με την ενδιαφέρουσα αυτή διπλωματική εργασία καθώς και για την συνεχή βοήθεια που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια της προσπάθειάς μου καθώς επίσης και για την άψογη μα πάνω απ' όλα φιλική προσέγγιση και αντιμετώπιση.

Ευχαριστίες αξίζουν επίσης στους φίλους και τους συμφοιτητές οι οποίοι, με τον τρόπο τους ο καθένας, μου συμπαραστάθηκαν και με βοήθησαν κατά την διάρκεια των σπουδών μου στο Πολυτεχνείο Κρήτης.

Ευχαριστώ την οικογένεια μου για την αμέριστη ηθική καθώς και υλική υποστήριξη που μου παρείχαν όλα αυτά τα χρόνια.



Να αγαπάς την ευθύνη.

Να λες: Εγώ μονάχος μου θα σώσω την Γη...

Αν δεν σωθεί εγώ θα φταίω...

Νίκος Καζαντζάκης



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

Το οικολογικό αποτύπωμα της χημικής και βιολογικής γεωργίας στην Ελλάδα από την παρελθούσα δεκαετία: συλλογή στοιχείων, υπολογισμός θερμιδικής απόδοσης, ανάλυση συστήματος και πρόγνωση σε μελλοντικό ορίζοντα είκοσι ετών.

Διπλωματική εργασία

Θωμάς Α. Ξένος (Α.Μ. 2004010028)

Εξεταστική επιτροπή:

Φίλης Ιωάννης, Καθηγητής, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης, Πολυτεχνείο Κρήτης (επιβλέπων)

Κουικόγλου Βασίλειος, Καθηγητής, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης, Πολυτεχνείο Κρήτης

Γρηγορούδης Ευάγγελος, Επίκουρος Καθηγητής ,Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης, Πολυτεχνείο Κρήτης

Χανιά

Νοέμβριος 2011

Περιεχόμενα

Πρόλογος .....σελ 6

Κεφάλαιο 1: Οικολογικό αποτύπωμα της γεωργίας.

1 Εισαγωγή.....σελ 8
1.1 Προφίλ της χώρας.....σελ 9
1.2 Γενικά χαρακτηριστικά του Ελληνικού χώρου.....σελ 10
1.3 Δομικά χαρακτηριστικά του Ελληνικού αγροτικού τομέα.....σελ 11
1.4 Συμμετοχή του αγροτικού τομέα στην οικονομία.....σελ 11
1.5 Οικολογικό αποτύπωμα (ecological footprint).....σελ 14
1.6 Βιολογική γεωργία.....σελ 20
1.7 Βασικοί στόχοι της βιολογικής γεωργίας.....σελ 20
1.8 Ο ρόλος της γεωργίας σε παγκόσμιο και Ελληνικό επίπεδο.....σελ 22
1.9 Διαδικασία της φωτοσύνθεσης.....σελ 25
1.10 Λιπάσματα.....σελ 26
1.11 Σχεδίαση της λίπανσης-ορθολογική λίπανση εδαφών.....σελ 27
1.12 Μέθοδοι λίπανσης.....σελ27
1.13 Τεχνικές λίπανσης.....σελ 28
1.14 Κατάταξη των λιπασμάτων.....σελ 29
1.15 Λίπανση των καλλιεργειών.....σελ 29
1.16 Αζωτούχα λίπανση σε καλλιέργειες.....σελ 30
1.17 Φωσφορικά λιπάσματα στις καλλιέργειες.....σελ 32
1.18 Καλιούχα λιπάσματα στις καλλιέργειες.....σελ 33
1.19 Άλλα δευτερεύοντα λιπάσματα... .....σελ 34
1.20 Λίπανση και αλατότητα του εδάφους.....σελ 35
1.21 Οργανικά λιπάσματα στη βιολογική γεωργία.....σελ 36
1.22 Η κοπριά .....σελ 37
1.23 Η χλωρή λίπανση.....σελ 37
1.24 Η τύρφη.....σελ 37
1.25 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (Greenhouse Gas emissions GHG) γεωργικής προέλευσης.....σελ 38
1.26 Η χρήση των λιπασμάτων ως λύση για το πρόβλημα της παγκόσμιας διατροφής.....σελ 43
1.27 Λίπανση και η μόλυνση των υδροφορέων.....σελ 44
1.28 Ρύπανση Υδατικών συστημάτων από αζωτούχα και φωσφορικά λιπάσματα.....σελ 45
1.29 Ρύπανση υδάτινων συστημάτων από τα φυτοφάρμακα.....σελ 46
1.30 Ρύπανση των υδάτινων συστημάτων από ενδοκρινικούς διαταράκτες.....σελ 49
1.31 Ρύπανση του εδάφους από τα φυτοφάρμακα.....σελ 49
1.32 Επιπτώσεις και παρεχόμενες δυνατότητες από την μηχανική καλλιέργεια του εδάφους.....σελ 50
1.33 Ερημοποίηση. .....σελ 52

Κεφάλαιο 2: Μοντέλα πρόβλεψης.

2 Εισαγωγή.....σελ 59
2.1 Μέθοδοι πρόγνωσης-πρόβλεψης.....σελ 59
2.2 Μοντελοποίηση ποσοτικών μεθόδων.....σελ 60
2.3 Μοντέλα χρονοσειρών.....σελ 60
2.4 Χαρακτηριστικά των χρονοσειρών.....σελ 61
2.5 Μέθοδος εργασίας.....σελ 62
2.6 Στασιμότητα στις χρονοσειρές (Stationarity in timeserries).....σελ 62
2.7 Συναρτήσεις Αυτοσυσχέτισης (Autocorrelation function A.C.F).&
Μερικής Αυτοσυσχέτισης (Partial Autoocorrelation Function P.A.C.F.)
χρονοσειρών.....σελ 63
2.8 Απλή γραμμική παλινδρόμηση (Simple Linear Regression).....σελ 65
2.9 Τυχαίος περίπατος (Random walk).....σελ 66
2.10 Μοντέλα οικογένειας ARIMA.....σελ 67
2.11 Σφάλματα πρόβλεψης.....σελ 72

Κεφάλαιο 3: Αριθμητικά αποτελέσματα.

3 Εισαγωγή.....σελ 75
3.1 Μονάδες μέτρησης μεγεθών.....σελ 79
3.2 Συνιστώσες Συστήματος -Ανάλυση.....σελ 80

Κεφάλαιο 4: Ενεργειακό ισοζύγιο βασικών αγροτικών προϊόντων της Ελλάδας.

4.Εισαγωγή.....σελ 162
4.1 Ενεργειακή μελέτη.....σελ 165
4.2 Υπολογισμός Θερμιδικής απόδοσης από την καλλιέργεια της ελιάς.....σελ 166
4.3 Υπολογισμός Θερμιδικής απόδοσης από την καλλιέργεια του μαρουλιού.....σελ 173
4.4 Υπολογισμός Θερμιδικής απόδοσης από την καλλιέργεια της αμπέλου.....σελ 177

Βιβλιογραφία .....σελ 182

Πρόλογος

Ο σκοπός της προαναφερθείσας διπλωματικής εργασίας είναι να καταγράψει την εικόνα που παρουσίασε ο τομέας της Ελληνικής γεωργίας μέσω των βασικών συνιστωσών αυτής την παρελθούσα δεκαετία. Επιπλέον βασιζόμενοι στα στοιχεία που έχουν συλλεχτεί σε βάθος δέκα ετών να πραγματοποιηθεί πρόβλεψη σε ορίζοντα είκοσι ετών για κάθε μια από τις συνιστώσες του γενικότερου συστήματος. Το σύστημα της Ελληνικής γεωργίας μπορεί να περιγράφει μέσω των συνιστωσών από τις οποίες αποτελείται δηλαδή από τις εισόδους και τις εξόδους του συστήματος. Οι είσοδοι του συστήματος αποτελούνται από όλα αυτά τα μεγέθη που εισρέουν στο σύστημα ώστε αυτό να καταστεί λειτουργικό και να παράγει γεωργικά προϊόντα.
Οι βασικές συνιστώσες για τις εισόδους είναι:
-*το νερό*
Το χρησιμοποιούμενο νερό για την άρδευση των καλλιεργειών (επιφανειακά και υπόγεια ύδατα), μετρούμενα σε εκατομμύρια κυβικά μέτρα ανά έτος.
- *η ενέργεια*
Περιλαμβάνει την ενέργεια (πχ ηλεκτρική ενέργεια, ενέργεια από την κατανάλωση προϊόντων πετρελαίου) που απαιτείται για να πραγματοποιηθούν οι αναγκαίες δραστηριότητες στις καλλιέργειες (άροση, λίπανση, ψεκασμοί, συγκομιδή καρπού) με μηχανικά μέσα, μετρούμενα σε χιλιάδες τόνους ισοδύναμου πετρελαίου.
- *τα λιπάσματα* (πχ αζωτούχα, φωσφορικά, καλίου) που χρησιμοποιούνται για να παρέχουν τις απαιτούμενες θρεπτικές ουσίες στο έδαφος των καλλιεργειών, μετρούμενα σε μετρικούς τόνους θρεπτικών συστατικών.
-*τα φυτοφάρμακα* (ζιζανιοκτόνα, μυκητοκτόνα) που χρησιμοποιούνται για να παρέχουν την απαιτούμενη προστασία στις καλλιέργειες από βλαβερούς μικροοργανισμούς και μετρώνται σε τόνους ενεργών συστατικών .

Οι βασικές έξοδοι του συστήματος είναι όλες εκείνες οι εκροές, δηλαδή οι συνέπειες που επιβαρύνουν το οικοσύστημα και προκύπτουν από την εντατικοποίηση των καλλιεργειών καθώς και την μη ορθολογική διαχείριση των διαθέσιμων πόρων των οικοσυστημάτων.
Οι έξοδοι είναι:
- *τα αέρια του θερμοκηπίου* που προέρχονται από τον τομέα της γεωργίας μετρούμενα σε εκατομμύρια τόνος ισοδύναμων εκπομπών CO_2
- *ο ευτροφισμός* από τα λιπάσματα στα υδατικά οικοσυστήματα
- *η ερημοποίηση* των εδαφών με χρήση δεικτών επικινδυνότητας

Το παραπάνω σύστημα και οι συνιστώσες που το αποτελούν μπορούν να αναλυθούν και να μελετηθούν από τις αντίστοιχες χρονοσειρές των ιστορικών δεδομένων που τις περιγράφουν. Πάνω στα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί εφαρμόζονται μέθοδοι και μοντέλα για την μορφοποίηση και προσαρμογή των δεδομένων έτσι ώστε αυτά να καταστούν κατάλληλα για την πρόγνωση και να επιτευχθεί η απαιτούμενη εγκυρότητα στην πρόβλεψη του εκάστοτε μελετώμενου μεγέθους.

Αναφορικά με τις μεθόδους πρόγνωσης κατά κύριο λόγο στην παρούσα διπλωματική εργασία χρησιμοποιήθηκαν οι μέθοδοι βραχυπρόθεσμης πρόβλεψης όπως αυτές της ευρύτερης οικογένειας A.R.I.M.A. των Box&Jenkins, του τυχαίου περιπάτου (Random walk), της εκθετικής εξομάλυνσης καθώς και της γραμμικής παλινδρόμησης. Οι μέθοδοι αυτοί επιλέχθηκαν γιατί περιγράφουν με τον καλύτερο τρόπο τα δεδομένα που αφορούν τη διαχρονική εξέλιξη μεγεθών που συναντούμε στο μελετώμενο σύστημα όπως αυτά των λιπασμάτων, του νερού, της ενεργείας, των φυτοφαρμάκων και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Τέλος πραγματοποιείται η μελέτη και ο υπολογισμός της θερμιδικής απόδοσης ορισμένων βασικών καλλιεργούμενων ειδών στον ελλαδικό χώρο.

Η θερμιδική απόδοση που προκύπτει από τον γενικό τύπο:
θερμιδική απόδοση = (θερμίδες παραγωγής / θερμίδες τροφής)
-Οι θερμίδες παραγωγής περιλαμβάνουν την ενέργεια που προσφέρεται σε μια καλλιέργεια μέσω των λιπασμάτων που εφαρμόζονται σε αυτή, από τα χρησιμοποιούμενα μηχανήματα, την ενέργεια για άντληση του απαιτούμενου νερού και άλλα.
-Οι θερμίδες τροφής περιλαμβάνουν την ενέργεια που αποδίδει η κάθε τροφή στον οργανισμό όταν αυτή καταναλώνεται.

Τα αποτελέσματα της διπλωματικής εργασίας μπορούν να συνοψιστούν στο γεγονός ότι η Ελληνική γεωργία χρειάζεται να κινηθεί ακόμα περισσότερο προς την κατεύθυνση της βιολογικής γεωργίας και τις τεχνικές που αυτή περιλαμβάνει . Επιπρόσθετα απαιτείται να ενταθούν οι προσπάθειες για την βέλτιστη διαχείριση των διαθέσιμων πόρων και ιδιαίτερα αυτών που απειλούνται άμεσα όπως αυτός του νερού. Η Ελληνική γεωργία χρειάζεται να αντιμετωπιστεί ως ένα ενιαίο σύστημα και με τον τρόπο αυτό να εφαρμοστούν σε ακόμα μεγαλύτερο βαθμό οι κανόνες ορθολογικής διαχείρισης τόσο των φυσικών πόρων όσο και των χρησιμοποιούμενων υλικών που εντάσσονται στο πλαίσιο των Ευρωπαϊκών Κοινών Αγροτικών Πολιτικών (Κ.Α.Π.). Ακόμα χρειάζεται να ενταθούν οι προσπάθειες για τον κατά το δυνατό περιορισμό των χρησιμοποιούμενων χημικών σκευασμάτων (χημικά λιπάσματα και φυτοφάρμακα) και να προχωρήσει η αντικατάσταση αυτών από αντίστοιχα οργανικά ή φυσικά υλικά ώστε να υποβοηθηθεί και ο φυσικός τρόπος ανακύκλωσης αυτών με τους ρυθμούς των οικοσυστημάτων. Ακόμα είναι αναγκαίο να υπάρξει μέριμνα για την προσαρμογή και την διαφοροποίηση των καλλιεργούμενων ειδών στις νέες περιβαλλοντικές συνθήκες που διαμορφώνονται.

1.Οικολογικό αποτύπωμα της γεωργίας.

Εισαγωγή

Η γεωργία αποτελούσε και συνεχίζει να αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς και δυναμικά αναπτυσσόμενους τομείς της Ελληνικής οικονομίας. Ταυτόχρονα αποτέλεσε και ακόμα αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της κοινωνικής και πολιτιστικής κληρονομίας της χώρας.

Στην παρούσα εργασία θα γίνει προσπάθεια να μελετηθεί το σύστημα Ελληνική γεωργία καθώς και οι συνιστώσες από τις οποίες αποτελείται σε μια ανάλυση που περιορίζεται χρονικά στα γεγονότα που την επηρέασαν την τελευταία πιο πρόσφατη δεκαετία (1999,2000-2009,2010) και θα γίνει βραχυπρόθεσμη πρόγνωση των μελετώμενων μεγεθών και συνιστωσών που το αποτελούν για τα επόμενα είκοσι χρόνια.

Όταν μιλάμε για την γεωργία, είτε στον Ελλαδικό χώρο είτε παγκόσμια, αυτή διαθέτει κοινά χαρακτηριστικά και κοινές πρακτικές καλλιέργειας οι οποίες σαφώς μεταβάλλονται ανάλογα με τον χώρο, τις κλιματολογικές και υδρολογικές συνθήκες και έχει ως συνέπεια το έδαφος και τα καλλιεργούμενα είδη που ευδοκιμούν σε κάθε περιοχή να διαφέρουν.

Κατά τον εικοστό αιώνα με την παρατηρούμενη ραγδαία παγκοσμία αύξηση του πληθυσμού έγινε μεγάλη προσπάθεια ώστε να υπάρξει η αντίστοιχη ανταπόκριση από τον γεωργικό τομέα για να καλυφθούν οι τεράστιες ανάγκες σε τροφή που αναπόφευκτα δημιουργήθηκαν λόγο της έκρηξης του παγκόσμιου πληθυσμού. Στην προσπάθεια αυτή βασικό και κυρίαρχο ρόλο έπαιξε η επιστήμη της χημείας και της βιοχημείας. Αυτές με την παρασκευή λιπασμάτων, θρεπτικών αλλά και φυτοπροστατευτικών προϊόντων, φυτοφαρμάκων διαφόρων μορφών και ειδών όπως ζιζανιοκτόνα, εντομοκτόνα και μυκητοκτόνα έγινε προσπάθεια για την προστασία και περαιτέρω ανάπτυξη και απόδοση των καλλιεργούμενων ειδών. Με την εφαρμογή της επιστήμης στον τομέα της γεωργίας έγινε έτσι εφικτή η αύξηση της παραγωγής των παραγόμενων προϊόντων καθώς επίσης βελτιώθηκε σημαντικά η ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων. Βέβαια το γεγονός αυτό μετά από χρόνια έδειξε ότι οι συνέπειες από την αλόγιστη χρήση χημικών ουσιών με σκοπό την βελτίωση της παραγωγής όχι μόνο δεν επέφεραν το προσδοκώμενο αποτέλεσμα αλλά αντίθετα σε πολλές περιπτώσεις έδρασαν βλαπτικά συνολικά τόσο για την παραγωγή και τα καλλιεργούμενα ειδή. Επιπλέον είχε τρομακτικές συνέπειες στο ευρύτερο περιβάλλον που επηρεάζεται από τον γεωργικό τομέα όπως το έδαφος και το νερό με επιπτώσεις αντίστοιχα όπως η ερημοποίηση και ο ευτροφισμός. Για το σκοπό αυτό τα τελευταία χρόνια γίνεται μεγάλη προσπάθεια για την ανάπτυξη βιολογικών λιπασμάτων φιλικών κατά το δυνατό προς το περιβάλλον αλλά και εναλλακτικοί τρόποι λίπανσης και φυτοπροστασίας τέτοιοι ώστε να μην καθίστανται βλαπτικοί ούτε προς την καλλιέργεια και το περιβάλλον αλλά και την προέκταση αυτών τους καταναλωτές.

Προφίλ της χώρας - επικέντρωση πληροφοριών στον αγροτικό τομέα.

Παρακάτω παρατίθενται βασικές πληροφορίες και μεγέθη που σχετίζονται άμεσα και έμμεσα με την Ελληνική γεωργία με έτη αναφοράς που συμπίπτουν με την κατάσταση που παρουσίαζε η Ελληνική γεωργία κατά την περίοδο έναρξης της μελέτης που θα πραγματοποιηθεί.

Γεωγραφία.

Έκταση : 131.957 τετραγωνικά χιλιόμετρα
εκ των οποίων:
-Πεδινή : 28,7%
-Ημιορεινή : 29%
-Ορεινή : 42,3%

Κλιματική μεταβολή.

Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (2000).

Σύνολο εκπομπών σε εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου CO2 : 133.9
εκ των οποίων:
-CO_2 : 80.4 %
-CH_4 : 8.1%
-N_2O : 8.2%
-HFC,PFC : 3.3%

Συνεισφορά του γεωργικού τομέα στα αέρια του θερμοκηπίου(2000).

Αγροτικός τομέας :7,6%

Ατμοσφαιρική ρύπανση.

Εκπομπές οξειδίων του αζώτου -NOx(2000).

Σύνολο εκπομπών (χιλιάδες τόνοι) : 317,3

Εκπομπές διοξειδίου του θείου -SO2(2000)

Σύνολο εκπομπών (χιλιάδες τόνοι) : 482,6

Εκπομπές μη μεθανιούχων πτητικών οργανικών ενώσεων -NMVOCs(2000).

Σύνολο εκπομπών(χιλιάδες τόνοι) : 323,4

Υδατικοί πόροι.

Αποθέματα και κατανάλωση νερού.

Ετήσια κατανάλωση νερού(σε δισεκατομμύρια κυβικά μετρά)1997.

Επιφανειακά αποθέματα : 58,5%
Υπόγεια αποθέματα : 41,5%

Τομεακή ανάλυση ζήτησης νερού(1997).

Γεωργία : 86%

Ποιότητα επιφανειακών υδάτων (2001).

Περιεκτικότητα σε νιτρικές ενώσεις <25 mg/l : 98.8%
Περιεκτικότητα σε φωσφορικές ενώσεις <0,125 mg/l : 71.4%
Περιεκτικότητα COD<20mg/l : 81.15%

Γεωργία

Γεωργικές εκτάσεις και εκμεταλλεύσεις (1999).

Χρησιμοποιούμενη γεωργική γη (σε χιλιάδες στρέμματα)	:	35.753
Αρδευθείσα έκταση(σε χιλιάδες στρέμματα)	:	11.721
Βιολογικές καλλιέργειες (σε χιλιάδες στρέμματα) (2001)	:	390

Χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων.

Ειδική κατανάλωση λιπασμάτων(σε χιλιάδες τόνοι ανά στρέμμα)	:	3
Ειδική κατανάλωση φυτοφαρμάκων(σε gr ενεργών συστατικών ανά στρέμμα)	:	275

Συμβολή βιομηχανικού τομέα στις αέριες εκπομπές (2000).

Διοξείδιο του άνθρακα (CO2)	:	17%
Οξείδια του αζώτου (NO x)	:	12,4%
Διοξείδια του θειου (SO2)	:	16%
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	:	3,5%
Μη μεθανιούχες πτητικές οργανικές ενώσεις (NMVOCs)	:	4,2%

Πηγή :Περιβαλλοντικά Σήματα, Σχέδιο έκθεσης δεικτών αειφόρας Ελλάδα 2003.

1.2 Γενικά χαρακτηριστικά του Ελληνικού χώρου.

Γεωγραφική θέση.

Η Ελλάδα αποτελεί προέκταση της Βαλκανικής χερσονήσου καταλαμβάνοντας το νοτιότερο άκρο ενώ ταυτόχρονα αποτελεί τμήμα της Ευρωπαϊκής ανατολικής Μεσόγειου.

Κλίμα

Το κλίμα της Ελλάδας χαρακτηρίζεται γενικά ως μεσογειακό με εαρινοφθινοπορινές βροχοπτώσεις ήπιο χειμώνα ζεστό καλοκαίρι και μια περισσότερο η λιγότερο ξηρή περίοδο. Μέσα στο γενικό αυτό κλίμα διαμορφώνονται επί μέρους κλίματα τα οποία διατηρούν αλλά περισσότερο και αλλά λιγότερο ή και καθόλου το μεσογειακό χαρακτήρα επηρεάζοντας σημαντικά την εμφάνιση της βλάστησης.

Χλωρίδια

Στην Ελλάδα απαντούν τρεις βασικές χλωριδικές μονάδες:

- η μεσογειακή
- η ευρωπαϊκή (Ευρασιατική)
-η ιρανοκασπική (ποντιακή)

Η μεσογειακή χλωρίδα εμφανίζεται σε μια ευρύτερη ή στενότερη λωρίδα κατά μήκος των ακτών και στα νησιά. Η μεσοευρωπαική χλωρίδα κυριαρχεί σε ορεινές περιοχές της κεντρικής και βόρειας χώρας και χάνεται σταδιακά όπως προχωράμε προς το νότο. Στοιχεία ιρανοκασπικής χλωρίδας συναντώνται στη Θράκη και τα νησιά του Βόρειου Αιγαίου.Ιδιαίτερα στην Κρήτη παρατηρούνται ορισμένα στοιχειά της βορειοαφρικανικης χλωρίδας. Η παραπάνω συνύπαρξη διαφόρων χλωριδικών περιοχών λόγο της γεωγραφικής θέσης της χώρας μας εξασφαλίζει στην Ελλάδα μια από τις πλουσιότερες χλωρίδες της Ευρώπης (αναλογικά την έκταση της) με πάνω από 6000 ειδή φυτων,263 εκ των οποίων θωρούνται ως σπάνια και απειλούμενα *συμφώνα με το δημοσιευμένο Κόκκινο Βιβλίο σπανίων και απειλουμένων φυτών* .

1.3 Δομικά χαρακτηριστικά του Ελληνικού αγροτικού τομέα

Οι σημαντικότερες καλλιέργειες
Η κλιματική ποικιλία και το πολύμορφο ανάγλυφο της Ελληνικής γης δίνουν την δυνατότητα να καλλιεργηθούν διάφορα ειδή από τα οποία σημαντικότερα είναι:
-τα δημητριακά
-ο καπνός
-το βαμβάκι
-το ρύζι
και τα ζαχαρότευτλα
από τις δενδρώδεις καλλιέργειες
-τα εσπεριδοειδή
-τα οπορωφόρα
-η ελιά
επιπλέον καλλιεργούνται αμπέλια, λαχανικά και αλλά.
Σε γενικές γραμμές ο βαθμός εντατικής εκμετάλλευσης του Ελληνικού αγροτικού τομέα είναι σχετικά περιορισμένος και χαρακτηρίζεται από μικρά και διασκορπισμένα αγροτεμάχια και αυτό λόγο του ιδιόμορφου γεωγραφικού ανάγλυφου που παρουσιάζει η χωρά.

1.4 Συμμετοχή του αγροτικού τομέα στην οικονομία.

Ο αγροτικός τομέας ανέκαθεν αποτελούσε δομικό στοιχείο της ελληνικής κοινωνίας και συστατικό παράγοντα της οικονομίας και ανάπτυξης σε εθνικό και περιφερειακό επίπεδο. Η ένταξη της Ελλάδας στη Ευρωπαϊκή Ένωση 1981 επηρέασε σημαντικά την εξέλιξη της ελληνικής γεωργίας. Σήμερα η γεωργία διέπεται πλήρως από τους κανόνες της Κοινής Αγροτικής Πολιτικής (Κ.Α.Π.) οι οποίοι μορφοποιούν και ελέγχουν όλο το πλαίσιο λειτουργίας και δραστηριότητας του αγροτικού τομέα.

Η ποσοστιαία συμμετοχή του γεωργικού προϊόντος στην δημιουργία του Α.Ε.Π. της χώρας παρουσιάζει τα τελευταία χρόνια συνεχή πτωτική τάση, ενδεικτικά αναφέρεται ότι το έτος 1995 η ελληνική γεωργία αποτελεί το 10% επί του συνολικού Α.Ε.Π. ενώ το 2004 μετά από κατακόρυφη πτώση έφτασε στο 4,3% επί του συνολικού Α.Ε.Π. της χώρας και το 2006 σταθεροποιητικές τάσεις το έφεραν στο 3,3% επί του συνολικού Α.Ε.Π.

Χαρακτηριστικά ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει την συνεισφορά του αγροτικού τομέα στην ακαθάριστη προστιθέμενη αξία των Ευρωπαϊκών χώρων.

	1995	2000	2002	2003	2004	2005
(σε %)						
E.E.-25	**2,8**	**2,3**	**2,2**	**2,1**	**2,1**	**1,9**
E.E.-15	**2,7**	**2,2**	**2,1**	**2**	**2**	**1,8**
Βέλγιο	1,5	1,5	1,4	1,1	1,1	1,1
Τσεχία	5	3,9	3,3	3,1	3,3	2,9
Δανία	3,5	2,6	2,2	2	1,9	1,5
Γερμανία	1,3	1,3	1,1	1,1	1,2	1
Εσθονία	8	4,9	4,2	3,7	3,8	3,7
Ελλάδα	9,9	7,3	7	6,7	5,7	5,2
Ισπανία	4,5	4,4	4	4	3,8	3,3
Γαλλία	:	2,8	2,7	2,5	2,5	2,2
Ιρλανδία	7	3,4	2,6	2,5	2,5	:
Ιταλία	3,3	2,8	2,6	2,5	2,5	2,3
Κύπρος	5,1	3,6	3,7	3,4	3	2,9
Λετονία	9,1	4,6	4,6	4,1	4,4	4,1
Λιθουανία	11,4	7,9	7	6,4	5,8	5,7
Λουξεμβούργο	1	0,7	0,6	0,6	0,5	0,4
Ουγγαρία	6,7	5,4	4,7	4,3	4,8	4,3
Μάλτα	:	2,3	2,5	2,5	2,5	2,5
Ολλανδία	3,5	2,6	2,3	2,3	2,2	2,2
Αυστρία	2,7	2,1	2	1,9	1,9	1,6
Πολωνία	8	5	4,5	4,4	5,1	4,8
Πορτογαλία	5,7	3,8	3,3	3,4	3,3	2,8
Σλοβενία	4,2	3,2	3,2	2,6	2,7	2,5
Σλοβακία	5,9	4,5	5,1	4,5	4,5	4,3
Φιλανδία	4,3	3,5	3,3	3,2	3,1	2,9
Σουηδία	2,7	1,9	1,8	1,8	1,8	1,2
Hv. Βασίλειο	1,8	1	0,9	1	0,9	0,9

Συνεισφορά του αγροτικού τομέα στην συνολική ακαθάριστη προστιθέμενη αξία

Σημείωση: Στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης των 25 χωρών μελών το αντίστοιχο ποσοστό κυμαίνεται κατά μέσο ορό στο 2% κατά την διάρκεια της παραπάνω περιόδου.

Το παραπάνω συμπέρασμα εύγλωττα παρουσιάζεται από τον παρακάτω πινάκα όπου φαίνεται η πτώση της παράγωγης στα βασικά αγροτικά προϊόντα της χώρας μας υπολογίζοντας την διάφορα μεταξύ των ετών 2000 κα 2006.

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ (σε χιλιάδες τόνους)

Προϊόν	**Έτος 2000**	**Έτος 2006**	**Διαφορά**
Ρύζι	169.000	174.000	***+5.000***
Στάρι μαλακό	408.000	251.000	***-157.000***
Στάρι σκληρό	1.450.000	1.219.000	***-231.000***
Καλαμπόκι	1.850.000	1.710.000	***-140.000***
Καπνός	125.000	25.000	***-95.000***
Βαμβάκι	1.235.000	850.000	***-385.000***
Ντομάτα βιομ.	1.149.000	800.000	***-349.000***
Ζαχαρότευτλα	3.146.000	1.600.000	***-1.546.000***
Ελαιόλαδο	430.000	370.000	***-60.000***
Λεμόνια	139.000	37.000	***-102.000***
Πορτοκάλια	903.000	880.000	***-23.000***
Μήλα	309.000	263.000	***-43.000***
Ροδάκινα	1.020.000	700.000	***-320.000***

Παραγωγή κυριότερων αγροτικών προϊόντων της Ελληνικής γης.

Παρατηρούμε σε γενικές γραμμές ότι υπάρχει σημαντική πτώση στην παραγωγή των βασικότερων αγροτικών προϊόντων που καλλιεργούνται στην χώρα μας όπως χαρακτηριστικά υπογραμμίζεται και από τον παραπάνω πίνακα.

Οι αιτίες που οδήγησαν στην ραγδαία πτώση της αγροτικής παραγωγής μπορούν να συνοψιστούν ως ακόλουθα:

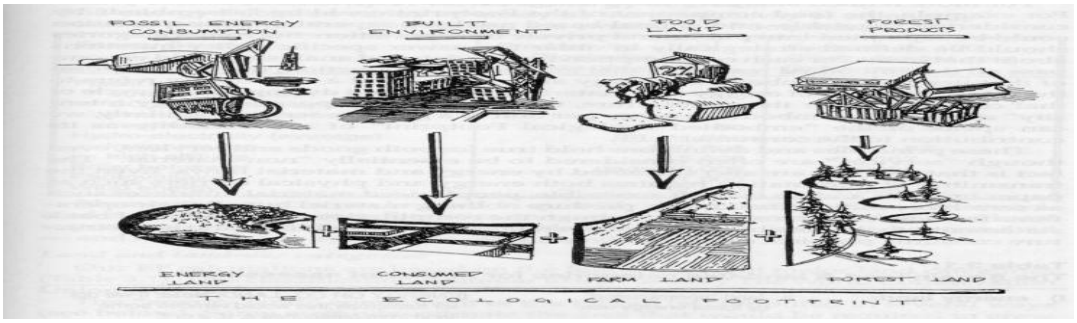
-Η έλλειψη "καθαρών" εθνικών πολιτικών στον αγροτικό τομέα τα τελευταία 15 έτη με αποτέλεσμα την άναρχη εγκατάλειψη της υπαίθρου και η "βίαιη" αστικοποίηση του πληθυσμού της.
-Η έλλειψη μακροπρόθεσμου σχεδιασμού από το κεντρικό κράτος σε συνεργασία με τις αντίστοιχες Ευρωπαϊκές επιτροπές αναφορικά με την κατεύθυνση που έπρεπε να έχει η αγροτική παραγωγή στην χώρα μας καθώς και ο πλημμελής έλεγχος στην εφαρμογή των εθνικών και κοινοτικών αποφάσεων στον αγροτικό τομέα.
-Το καθεστώς των Ευρωπαϊκών επιδοτήσεων που στην χώρα μας διαστρεβλώθηκε εντελώς και δεν χρησιμοποιήθηκε με σκοπό την ανάταξη του αγροτικού τομέα. Έτσι στάθηκε αδύνατος ο εκσυγχρονισμός, η εξυγίανση, η αναδιάρθρωση, και αναβάθμιση τόσο των καλλιεργούμενων παραγόμενων προϊόντων αλλά και της υποστηρικτικής βιομηχανικής υποδομής τυποποίησης και των δικτύων εμπορίας των παραγόμενων προϊόντων.
-Η αποτυχία σύνδεσης της αγροτικής παραγωγής με το τουριστικό και κυριότερα με το πολιτιστικό προϊόν της χώρας. Εμφανής υπήρξε η έλλειψη μακρόπνοων και εναλλακτικών πολιτικών με σκοπό την διασύνδεση του αγροτικού τομέα με τους άλλους αναδυόμενους τομείς της Ελληνικής περιφέρειας όπως ο τουρισμός και την δημιουργία ενός ενιαίου αλληλοϋποστηριζόμενου συστήματος με οικονομικά οφέλη για τον αγροτικό κόσμο και την Ελληνική περιφέρεια εν γένη.
-Η αποτυχία των αγροτικών συνεταιρισμών να σταθούν στο ύψος των περιστάσεων και των προκλήσεων που παγκόσμια διαμορφώνονταν ώστε να μετατρέψουν, τα κατά γενική ομολογία ποιοτικά Ελληνικά προϊόντα, σε αντίστοιχα ανταγωνιστικά εμπορικά γεωργικά προϊόντα που θα διαχέονταν στην Ευρωπαϊκή και παγκόσμια αγορά.
-Η κωλυσιεργία εισαγωγής και ένταξης της Ελληνικής συμβατικής γεωργίας σε καθεστώς βιολογικής γεωργίας με αποτέλεσμα να χαθεί πολύτιμος χρόνος καθώς και να εκχωρηθεί κομμάτι της αγοράς που κατείχαν τα Ελληνικά προϊόντα σε ανταγωνιστικές χώρες κατά την μετάβαση αυτή.
-Η ελλιπής εκπαίδευση και κατάρτιση του αγροτικού πληθυσμού που είχε σαν αποτέλεσμα οι παραγωγοί να μην μπορούν να παρακολουθήσουν τις συνεχώς μεταβαλλόμενες εξελίξεις και τις νέες πρακτικές στον αγροτικό τομέα διεθνώς.



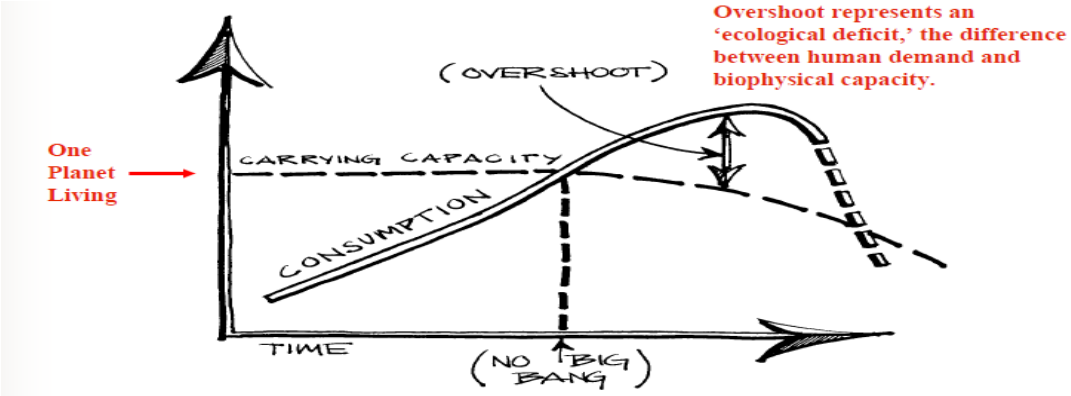
1.5 Οικολογικό αποτύπωμα (ecological footprint).

Η έννοια του οικολογικού αποτυπώματος εισήχθη πρώτη φορά από τους William Rees και Mathis Wackernagel (University of British Columbia) για να δείξουν τον αντίκτυπο των συνεπειών της αστικοποίησης πάνω στους καταναλισκόμενους και πεπερασμένους πόρους του πλανήτη.

Ορισμός: Με τον όρο "οικολογικό αποτύπωμα" (ecological footprint), εννοούμε ένα τρόπο έκφρασης του βαθμού με τον οποίο τα ανθρώπινα είδη καταναλώνουν τους πόρους της Γης, μετρούμενα σε εκτάρια παραγωγικής γης.

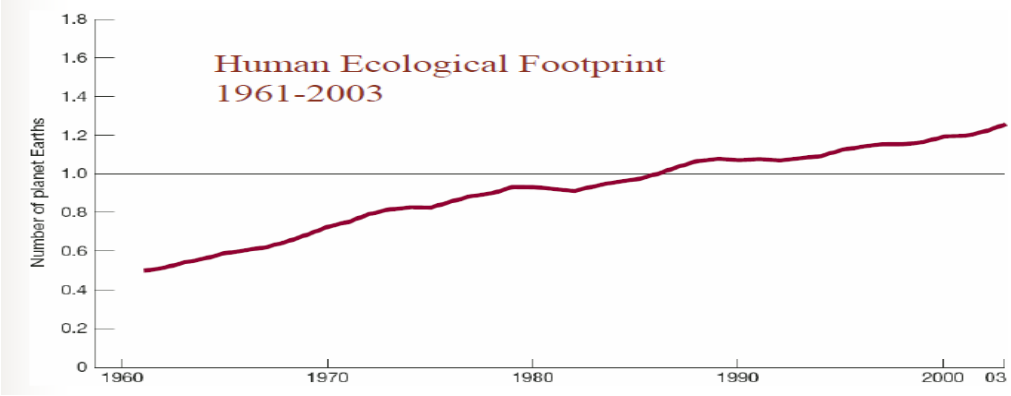


Η έννοια του οικολογικού αποτυπώματος αναφέρεται στην έκταση παραγωγικής γης, του πόσιμου νερού αλλά και του θαλασσινού, που είναι απαραίτητα για την κάλυψη των καθημερινών αναγκών σε ενεργεία, νερό συνυπολογίζοντας τις εκπομπές ρύπων καθώς και την έκταση που απαιτείσαι για την απόθεση απορριμμάτων.



Κάθε φορά που ο ανθρώπινος πληθυσμός της γης αυξάνεται πέρα από την ικανότητα του πλανήτη να διατηρήσει την ζωή με τις αναγκαίες ποσότητες εδαφών, νερού, τροφής και άλλων διαθέσιμων πεπερασμένων πόρων τότε η εκμετάλλευση αυτών αυξάνεται σε τέτοιο βαθμό ώστε το περιβάλλον υποβαθμίζεται και μειώνεται η μελλοντική ικανότητα διατήρησης της ζωής.

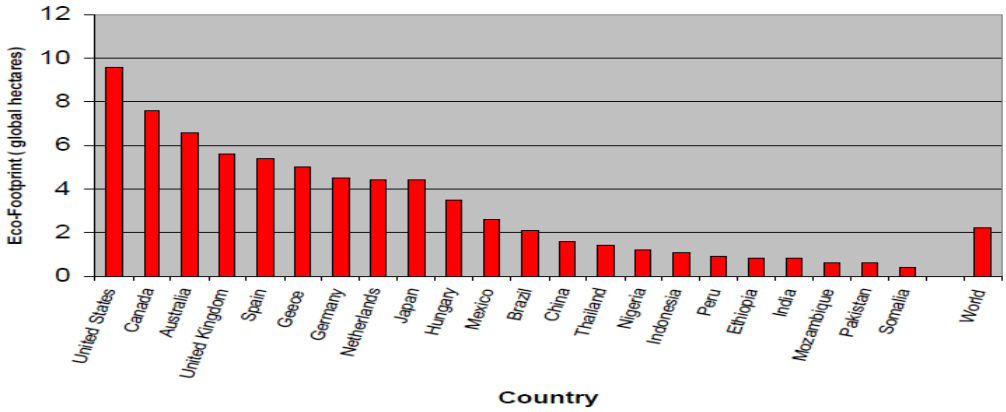
Όπως παρατηρούμε και στο παραπάνω σχήμα η υπέρβαση που παρατηρείται δημιουργεί ένα οικολογικό έλλειμμα μεταξύ της ανθρώπινης ζήτησης-κατανάλωσης πόρων και της βιοφυσικής ικανότητας του πλανήτη να παρέχει τους απαιτούμενους αυτούς πόρους.



Το ανθρωπογενές οικολογικό αποτύπωμα 1961-2003

Όπως φαίνεται και από το παραπάνω γράφημα παρατηρείται μια συνεχή αύξηση του ανθρώπινου οικολογικού αποτυπώματος μετά το 1961 και μέχρι σήμερα. Στο διάστημα αυτό ο δυτικός κόσμος κυρίως γνώρισε μεγάλη ευμάρεια με την αύξηση των εισοδημάτων άρα και του βιοτικού επιπέδου του με αποτέλεσμα οι πόροι της γης να μην επαρκούν για την κάλυψη των συνολικών αυτών τεχνητών αναγκών. Την έννοια του οικολογικού αποτυπώματος μπορούμε να την καταλάβουμε καλύτερα αν μεταφορικά φέρουμε στο μυαλό μας την εικόνα του πλανήτη καθώς και κάθε πόρου πάνω σε αυτόν, με μια τεράστια ανθρώπινη πατούσα να τον πιέζει .

Αναφερόμενοι στο οικολογικό αποτύπωμα της Ελληνικής γεωργίας αυτό περιλαμβάνει τα αντίστοιχα αποτυπώματα όπως το "ενεργειακό αποτύπωμα " που αφορά τις διαδικασίες για παράγωγη προϊόντων κυρίως των διαφόρων ειδών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων που σχετίζονται με τον γεωργικό τομέα καθώς επίσης και το "υδατικό αποτύπωμα" που αφορά την κατανάλωση νερού το οποίο χρησιμοποιείται σε παραγωγικές δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα κυρίως στον τομέα της Ελληνικής γεωργίας ο οποίος είναι και ο μεγαλύτερος καταναλωτής γλυκού και υφάλμυρου νερού στην Ελλάδα. Αναφορικά με την κατάσταση στην Ελλάδα παρατίθενται τα παρακάτω στοιχεία που αφορούν το οικολογικό αποτύπωμα της χώρας μας και πως τα αριθμητικά αυτά στοιχεία αντανακλούν τον τρόπο ζωής μας σήμερα.



Το οικολογικό αποτύπωμα ορισμένων κρατών με έτος αναφοράς 2003 (Πηγή: Έκθεση WWF 2006)

Σε παγκόσμιο επίπεδο το μέσο οικολογικό αποτύπωμα είναι σήμερα στα 2,2 εκτάρια γης κατά κεφαλήν ενώ θα έπρεπε να μην υπερβαίνει τα 1,8 εκτάρια ώστε αυτό να παραμείνει εντός των ορίων της βιολογικής ικανότητας της γης.
Σε παγκόσμιο επίπεδο τα ανθρώπινα όντα χρησιμοποιούν 25% περισσότερο από την ετήσια παραγωγική ικανότητα της γης. Δηλαδή η Γη χρειάζεται ένα χρόνο και τρείς μήνες για να παράγει ότι χρησιμοποιεί ο άνθρωπος σε ένα μόνο έτος. Στην παραπάνω αναπαράσταση η χώρα μας αναλογικά με το μέγεθος της καταλαμβάνει μια από τις πρώτες θέσεις στην παγκόσμια κατάταξη με το οικολογικό αποτύπωμα της να είναι αρκετά πάνω από το μέσο παγκόσμιο όρο που διαμορφώνεται.

Η Ελλάδα έχει το 11ο μεγαλύτερο κατά κεφαλήν αποτύπωμα στον κόσμο ανάμεσα σε 148 χώρες και το 4ο μεγαλύτερο στην Ευρωπαϊκή Ένωση ενώ οι Έλληνες καταναλώνουν 181% πάνω από το όριο βιωσιμότητας. Ο μέσος Έλληνας χρειάζεται 59 στρέμματα βιολογικά παραγωγικής έκτασης, και αυτό οφείλεται κυρίως στο μεγάλο "ενεργειακό αποτύπωμα", τις συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες μας σε ενεργεία σε ποσοστό 2,4% ετησίως για την περίοδο (1990-2004) όμως χρειάζεται να σημειώσουμε ότι αυτό σχετίζεται με την αλματώδη ανάπτυξη που γνώρισε η χώρα στην εν λόγο περίοδο. Στην Ελλάδα παρατηρείται το 2ο μεγαλύτερο κατά κεφαλήν αποτύπωμα κατανάλωσης νερού, δηλαδή το "υδατικό αποτύπωμα", στον κόσμο γεγονός συνδυαζόμενο με το σχετικά άνυδρο τοπίο της Ελληνικής χερσονήσου είναι πολύ ανησυχητικό για τον συγκεκριμένο κρίσιμο πόρο. Η μέση ετήσια κατανάλωση ανέρχεται στα 2.389 κυβικά μέτρα ανά κάτοικο και αποδίδεται στο γεγονός από την μια της αυξημένης χρήσης νερού στον γεωργικό τομέα (της τάξης του 87%) καθώς και τις απώλειες του απαρχαιωμένου υδρευτικού δικτύου της χώρας αλλά και την συνολική κακοδιαχείριση του υδατικού πλούτου της χώρας. Συγκρινόμενοι με την ΕΕ - 27 την περίοδο 1961-2005 παρουσιάσαμε την μεγαλύτερη αύξηση στο κατά κεφαλήν αποτύπωμα με αύξηση κατά 158%.

Πηγή :Έκθεση WWF "Ζωντανός πλανήτης 2008"

Χαρακτηριστικά:

	Οικολογικό Αποτύπωμα	
	Στρέμματα	Πλανήτες
Μ. Όρος Ρεθύμνου (2011)	41,0	2,3
Μ. Όρος Ελλάδας (2005)*	54	3
Παγκόσμιος Μ. Όρος (2007)*	27	1,5
Παγκόσμια μέση ικανότητα (βιοϊκανότητα) (2010)*	18	1

Το οικολογικό αποτύπωμα κάτοικων του νομού Ρέθυμνου.

Όπως βλέπουμε και παραπάνω το οικολογικό αποτύπωμα κάθε ενός κατοίκου του νομού Ρεθύμνης αντιστοιχεί σε 41 στρέμματα με τον Ελληνικό μέσο όρο να ανέρχεται σε 54 ενώ ο παγκόσμιος αντίστοιχος μέσος όρος είναι 27. Τα παραπάνω σε αντιπαραβολή με την μέση ικανότητα παροχής 18 στρεμμάτων για τον καθένα από εμάς δείχνει πόσο επιβαρύνουμε τον πλανήτη με την υπερκατανάλωση των πόρων που χρησιμοποιούμε καθημερινά για την κάλυψη των πολλές φορές τεχνητών αναγκών μας. Τα παραπάνω μεγέθη καταδεικνύουν με γλαφυρό τρόπο τον τρόπο ζωής στην Ελλάδα που έχει ξεπεράσει κατά πολύ το οικολογικό μας όριο και αυτό οφείλεται κυρίως στην στρεβλή νοοτροπία μας, που αντιμετωπίζουμε το φυσικό περιβάλλον ως ανεξάντλητη πηγή πόρων.

Το υδατικό αποτύπωμα



Ανάλυση βασικών εννοιών

Η έννοια του υδατικού αποτυπώματος είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με αυτή του εικονικού νερού. Το εικονικό νερό είναι ο όγκος νερού που απαιτείται για την παραγωγή ενός αγαθού προϊόντων η υπηρεσίας όπως εισήχθη από τον καθηγητή J.Allan. Χαρακτηρίζεται δε εικονικό καθώς δεν υπάρχει στο τελικό προϊόν μετά την παραγωγή του. Ενδεικτικά η παραγωγή 1kg σιταριού "κοστίζει" 1.300 L, 1 kg τομάτας 180 L ενώ η παραγωγή ενός βαμβακερού t-shirt "κοστίζει" 2.700 L και ενός μπλουτζίν 10.850 L.

Για τον υπολογισμό του υδατικού αποτυπώματος είναι απαραίτητη η γνώση του όγκου του γλυκού νερού που χρησιμοποιείται για την παράγωγη του. Βασική μονάδα για τον υπολογισμό είναι το υδατικό αποτύπωμα μιας διαδικασίας ή του σταδίου της παραγωγικής αλυσίδας του. Για τον τελικό υπολογισμό του υδατικού αποτυπώματος ενός προϊόντος αθροίζουμε τα υδατικά αποτυπώματα όλων των σταδίων της παραγωγικής αλυσίδας χωρίς επικαλύψεις καταναλώσεων.

Το υδατικό αποτύπωμα έχει 3 κύριες συνιστώσες

-Την μπλε (αφορά τα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα)
-Την πράσινη (αφορά το βρόχινο νερό που αποθηκευτικέ στο έδαφος ως υγρασία)
-Την γκρι (αφορά την προκαλούμενη ρύπανση από τα παραγόμενα λύματα)

Το υδατικό αποτύπωμα ενός προϊόντος είναι ο όγκος του νερού που χρησιμοποιείται για να παράγει το προϊόν μετρούμενο καθ όλη την διάρκεια της εφοδιαστικής αλυσίδας. Αποτελεί έναν πολυδιάστατο δείκτη ο οποίος δείχνει την κατανάλωση νερού ανά πηγή και ανά τύπο μόλυνσης (Hoekstra et al., 2011).

Υδατικό αποτύπωμα καλλιεργούμενης βιομηχανικής ντομάτας στην Ελλάδα.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα στοιχεία για τον υπολογισμό της βιομηχανικής ντομάτας στην Ελλάδα για το 2008.

Χαρακτηριστικό	**Τιμή**
Καλλιεργούμενη έκταση τομάτας	25.000Ηα
Ετήσια παραγωγή τομάτας	1.338.600 tn/έτος
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση μπλε νερού	112,2 mio m^3/tn
Υπολογιζόμενη χρήση ολικού αζώτου ως λίπασμα	2.570 tn/έτος
Υπολογιζόμενη ποσότητα ολικού αζώτου που εισέρχεται στο έδαφος	275tn/έτος
Υπολογιζόμενος όγκος γκρι νερού που απαιτείται για την αραίωση του αζώτου στην επιτρεπτή συγκέντρωση των 10mg/L	27.5 mio m^3/έτος
Υπολογιζόμενο μπλε υδατικό αποτύπωμα	84 m^3/έτος
Υπολογιζόμενο πράσινο υδατικό αποτύπωμα	35 m^3/έτος
Υπολογιζόμενο γκρι υδατικό αποτύπωμα	20,6 m^3/έτος
Υπολογιζόμενο υδατικό αποτύπωμα	139,6 m^3/έτος
Ποσοστό συνεισφοράς μπλε υδατικού αποτυπώματος	60%
Ποσοστό συνεισφοράς πράσινου υδατικού αποτυπώματος	25%
Ποσοστό συνεισφοράς γκρι υδατικού αποτυπώματος	15%

Προσεγγιστική εκτίμηση του υδατικού αποτυπώματος της βιομηχανικής ντομάτας στην Ελλάδα.

Οι παραδοχές που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσεγγιστικό υπολογισμό είναι :

-Η μέση κατανάλωση αρδευτικού νερού (μπλε νερό) είναι ίσο με 450 m^3/στρέμμα
-Η χρήση του ολικού αζώτου ως λίπασμα είναι ίση με 110 kg/εκτάριο
-Το ποσοστό του ολικού αζώτου που διηθείται στο έδαφος είναι ίσο με 10%
-Η μέγιστη ανεκτή συγκέντρωση ολικού αζώτου είναι ίση με 10 mg/L
-Η τιμή του πράσινου υδατικού αποτυπώματος θα υπολογίζεται από την μέση τιμή του υδατικού αποτυπώματος στην Ιταλία που είναι ίσο με 35 m^3/τόνο
Επιπλέον το υδατικό αποτύπωμα της βιομηχανικής ντομάτας στην Ελλάδα εκτιμάται σε 140 m^3/τόνο τομάτας.

Το ανθρακικό αποτύπωμα.



Το ανθρακικό αποτύπωμα υπολογίζει το σύνολο των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που προκαλούνται έμμεσα ή άμεσα από ένα άτομο, οργανισμό η προϊόν. Μετράται σε τόνους ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα (t CO_2 eq) ώστε τα διαφορετικά αέρια του θερμοκηπίου να καταστούν συγκρίσιμα μεταξύ τους και έτσι να μπορεί να γίνει ο υπολογισμός .

Το ανθρακικό αποτύπωμα περιλαμβάνει τα έξι αέρια του Πρωτοκόλλου του Κιότο: Διοξείδιο του άνθρακα, Μεθάνιο, Μονοξείδιο του αζώτου, Υδροφθοράνθρακες, Υπερφθοράνθρακες και Εξαφθοριούχο θείο.

Αναφορικά με το αποτύπωμα άνθρακα ή το ενεργειακό αποτύπωμα παρατίθενται παρακάτω οι τυπικές τιμές αυτού για διάφορα καλλιεργούμενα είδη.

Είδος	**Kg CO_2 eq/Kg**
Μήλα	0,5
Φράουλες	0,8
Πράσινα φασόλια	1,4
Μπρόκολο	1,9
Πατάτες	0,64
Ντομάτες	2-5

(Πηγές διάφορες)

1.6 Βιολογική γεωργία

Ορισμός: βιολογική γεωργία

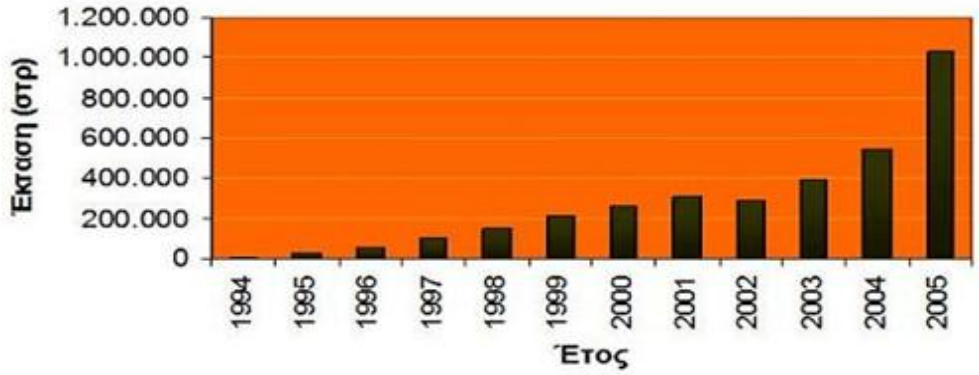
Η βιολογική γεωργία είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα παραγωγής και διαχείρισης αγροτικών προϊόντων που προστατεύει το περιβάλλον σε όλα τα στάδια διαχείρισης του οικοσυστήματος προασπίζοντας την υγεία των καταναλωτών. Κύριο χαρακτηριστικό της βιολογικής γεωργίας είναι η απουσία χημικών λιπασμάτων ζιζανιοκτόνων, φυτοφαρμάκων, ορμονών και άλλων εξίσου επικίνδυνων ουσιών σε όλα τα στάδια της παραγωγής. Επίσης τα βιολογικά προϊόντα δεν περιέχουν συντηρητικά, πρόσθετα και άλλες χημικές ουσίες στη σύνθεση τους. Οι πρακτικές βιολογικής καλλιέργειας είναι τέτοιες ώστε να προστατεύεται το περιβάλλον προφυλάσσοντας με τον τρόπο αυτό την βιοποικιλότητα του οικοσυστήματος. Γενικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι με τις πρακτικές που εφαρμόζονται στην βιολογική γεωργία έχουν σκοπό την επίτευξη ενός ισορροπημένου συστήματος και σε αντίθεση με την συμβατική γεωργία, η βιολογική σέβεται και προστατεύει το έδαφος την ατμόσφαιρα και τα αποθέματα νερού. Οι βιολογικοί καλλιεργητές έτσι χρησιμοποιούν μόνο φυσικά λιπάσματα και ενισχύουν την γονιμότητα του εδάφους με διαδοχική εναλλαγή των καλλιεργούμενων ειδών και επιτρέπουν την φυσική ωρίμανση των καρπών χωρίς την χρήση ορμονών η άλλων τεχνητών μεθόδων. Σημαντικό είναι να ειπωθεί ότι η βιολογική γεωργία διαφέρει από την οργανική γεωργία και την βιοδυναμική γεωργία τα οποία αποτελούν παρόμοια ρεύματα σκέψης που αφορούν την μη χημική γεωργία.

1.7 Βασικοί στόχοι της βιολογικής γεωργίας

Οι κυριότεροι στόχοι της βιολογικής γεωργίας είναι οι παρακάτω:

- να παράγει τροφή υψηλής θρεπτικής αξίας σε επαρκή ποσότητα.
-να αλληλεπιδράσει με εποικοδομητικό και ζωτικό τρόπο με όλα τα φυσικά συστήματα και κύκλους
-να διατηρήσει και να αυξήσει μακροπρόθεσμα την γονιμότητα του εδάφους
-να χρησιμοποιήσει ανανεώσιμες πήγες σε γεωργικά συστήματα οργανωμένα σε τοπικό επίπεδο.
-να εργαστεί με υλικά και ουσίες που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν ή να ανακυκλωθούν σε ένα αγρόκτημα ή οπουδήποτε αλλού.
-να περιορίσει όλες τις μορφές ρύπανσης που προέρχονται από τη γεωργική πρακτική
-να διατηρήσει την γενετική ποικιλομορφία των γεωργικών οικοσυστημάτων προστατεύοντας τα φυτά
-να προσφέρει στους παραγωγούς διαβίωση τέτοια ώστε να καλύπτονται οι βασικές ανάγκες τους και να τους παρέχει επαρκές εισόδημα και ικανοποίηση από την εργασία τους σε ένα ασφαλές εργασιακό περιβάλλον *(Πηγή : FAO 1999)*

Η σταδιακή εισχώρηση της βιολογικής γεωργίας στην Ελλάδα φαίνεται και από το παρακάτω γράφημα ένταξης στρεμμάτων μη βιολογικά καλλιεργήσιμης γης σε καθεστώς βιολογικής γεωργίας από το 1994 έως το 2004.

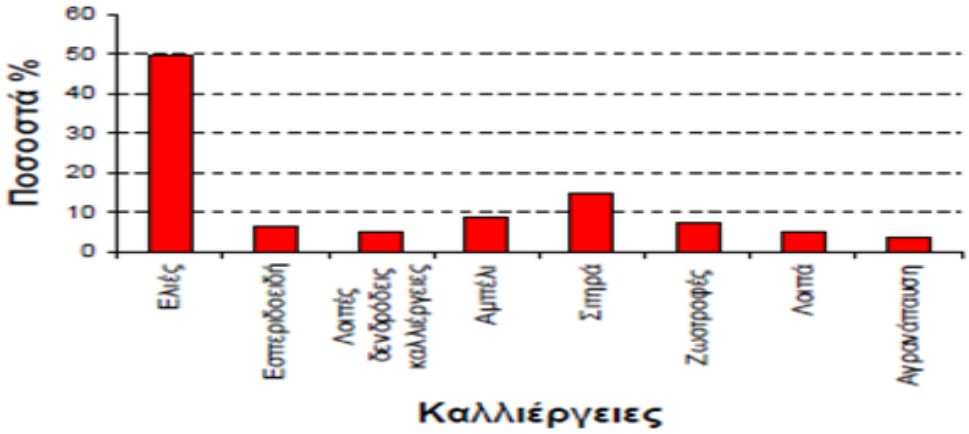


Συνολικά βιολογικά καλλιεργούμενη έκταση στην Ελλάδα ανά έτος.

Οι κυριότερες βιολογικές καλλιέργειες στην Ελλάδα και τα αντίστοιχα ποσοστά αυτών είναι:

-ελιά 47,5%
-σιτηρά 23%
-αμπέλι 6,1%
-εσπεριδοειδή 3,8%

όπως φαίνεται και στο παρακάτω γράφημα:



Ποσοστά βιολογικής παραγωγής ανά είδος.

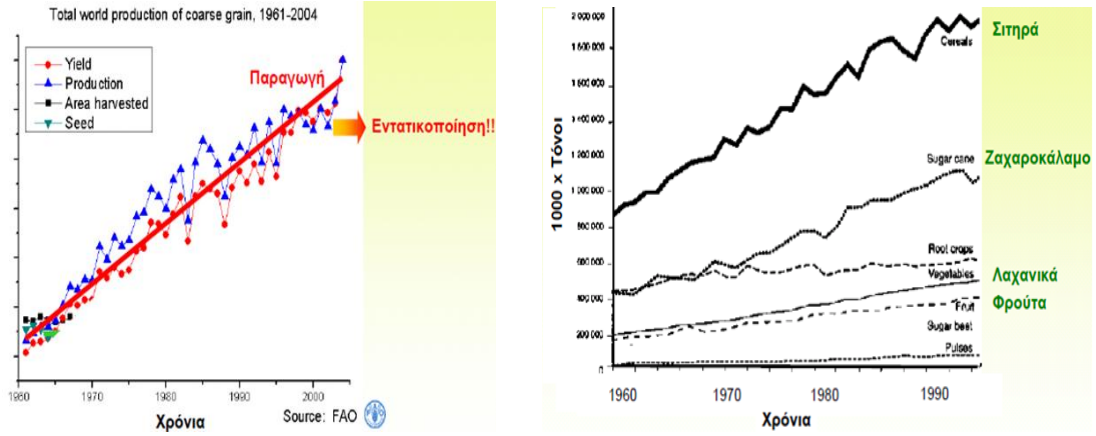
Πηγή: Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων, Δ/νση Βιολογικής Γεωργίας

1.8 Ο ρόλος της γεωργίας σε παγκόσμιο και Ελληνικό επίπεδο.

Η παραγωγή διατροφικών ειδών υψηλής ενεργειακής άξιας για την κάλυψη βασικών αναγκών διατροφής τόσο για τον άνθρωπο όσο και των ζώων αποτελεί σήμερα τον πρώτο στόχο της γεωργικής παράγωγης σε παγκόσμιο επίπεδο. Η κάλυψη εξειδικευμένων διατροφικών αναγκών της σύγχρονης εποχής αποτελεί δευτερεύουσας σημασίας παράγοντα αν και σε τοπικό επίπεδο μπορεί να έχει μεγάλη σπουδαιότητα. Συμπερασματικά οι μεγαλύτερες καλλιέργειες είναι αυτές που διαμορφώνουν το αγροτικό τοπίο σε κάθε περιοχή και συμμετέχουν στην εμφάνιση των βασικότερων περιβαλλοντικών προβλημάτων καθώς σε αυτά εφαρμόζονται χημικές τεχνικές με σκοπό την εντατικοποίηση της παράγωγης .

Η σημαντικότερη καλλιέργεια παγκόσμια είναι αυτή των σιτηρών που καταλαμβάνει έκταση 50% των συνολικά καλλιεργούμενων εκτάσεων παγκόσμια.
Τα βασικά σιτηρά είναι τρία:
-το σιτάρι
-το ρύζι
-το καλαμπόκι
τα οποία καλύπτουν τις ενεργειακές ανάγκες του παγκόσμιου πληθυσμού τα οποία χρησιμοποιούνται ως καρπός είτε μετά από ειδική επεξεργασία ως διατροφικά ειδή. Το σιτάρι καταλαμβάνει τη μεγαλύτερη έκταση στον κόσμο με 15% των παγκοσμίως καλλιεργούμενων εκτάσεων και ακολουθεί το ρύζι που αποτελεί βασική τροφή για περίπου 2 δισεκατομμύρια ανθρώπων ενώ το καλαμπόκι χρησιμοποιείται κυρίως για την διατροφή των ζώων.

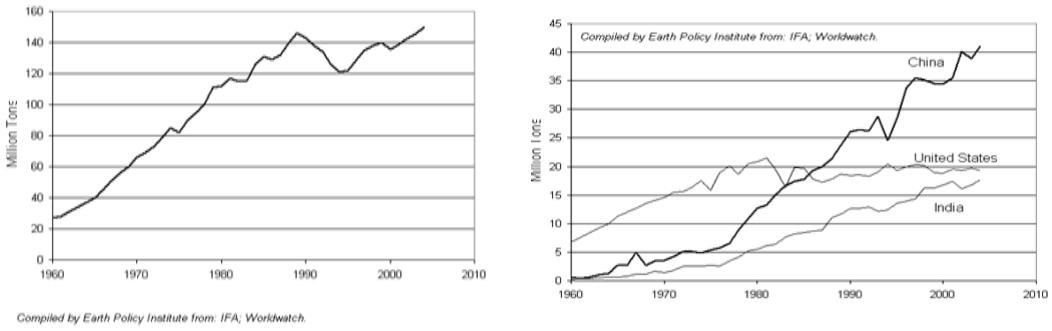
Χαρακτηριστικά στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζεται η αυξητική τάση του ευρύτερα καλλιεργουμένου φυτού παγκόσμια (σιτάρι) αλλά και άλλων βασικών ειδών απαραιτήτων για την διατροφή του ανθρώπου. Ειδικότερα στο δεύτερο σχήμα είναι έκδηλη η αυξητική τάση ως αποτέλεσμα της εντατικοποίησης που έχει επέλθει τόσο μέσω των νέων τεχνικών αλλά και των χρησιμοποιούμενων αγροχημικών προϊόντων που αυξάνουν διαρκώς την αγροτική παράγωγη σιταριού.



Παγκόσμια γεωργική παραγωγή βασικών βρωσίμων προϊόντων και τελική παγκόσμια παραγωγή σιτηρών περίοδος 1961-2004(FAO)

Η παραπάνω παγκόσμια αυξητική τάση στην παραγωγή των βασικών προϊόντων διατροφής οφείλεται κατά κύριο λόγο στην αλματώδη ανάπτυξη της βιομηχανίας παράγωγης λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων. Αυτή οδήγησε σταδιακά στην βελτίωση της απόδοσης των καλλιεργειών σε συνδυασμό με την έκρηξη της τεχνολογίας και των μηχανικών μέσων που αναπτύχτηκαν και εφαρμόστηκαν σταδιακά στον αγροτικό τομέα δίνοντας έτσι την δυνατότητα να αυξηθεί η παραγωγή και να μειωθεί παράλληλα το κόστος παράγωγης και διάθεσης των προϊόντων.

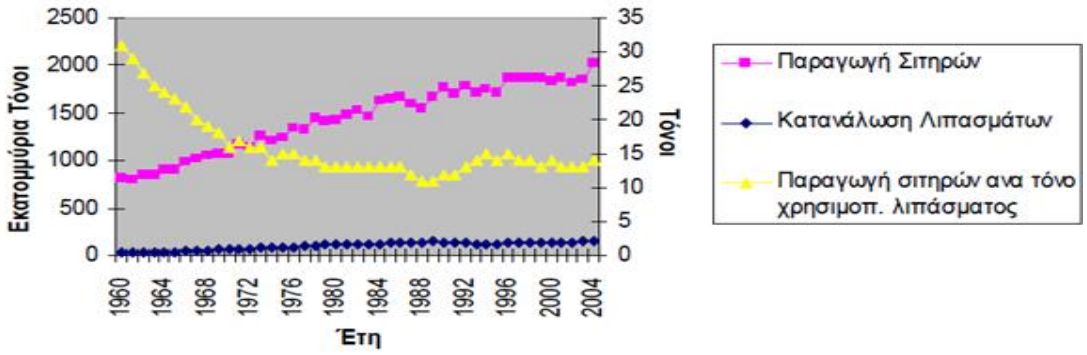
Έτσι με την ευρεία χρήση λιπασμάτων έγινε εφικτή η απογείωση της αγροτικής παραγωγής σε παγκόσμιο επίπεδο όπως φαίνεται και από το παρακάτω γράφημα που περιγράφει την εξέλιξη της χρήσης λιπασμάτων τον τελευταίο μισό αιώνα όπου και κορυφώθηκε η χρήση αυτών σε συνδυασμό με την ευρεία εφαρμογή των νεοεισαχθεισών τεχνολογιών στον αγροτικό τομέα σε παγκόσμιο επίπεδο.



Παγκόσμια χρήση των λιπασμάτων και χρήση λιπασμάτων σε Κίνα, Ινδία και Ηνωμένες Πολιτείες (1960-2004)(FAO)

Επιπλέον παρόμοιο συμπέρασμα μπορεί να εξαχθεί αν παρατηρήσουμε την διαχρονική χρήση λιπασμάτων τα τελευταία 50 χρόνια σε χώρες όπου υπάρχει εκτεταμένη και εντατικοποιημένη αγροτική παράγωγη όπως Ινδία, Κινά, Ηνωμένες Πολιτείες (ισχυρά και σταθερά εξαγωγικές δυνάμεις στον αγροτικό τομέα) οι οποίες αποτελούν βασικούς τροφοδότες της παγκόσμιας αγοράς σιτηρών αλλά και εν γένη γεωργικών προϊόντων .

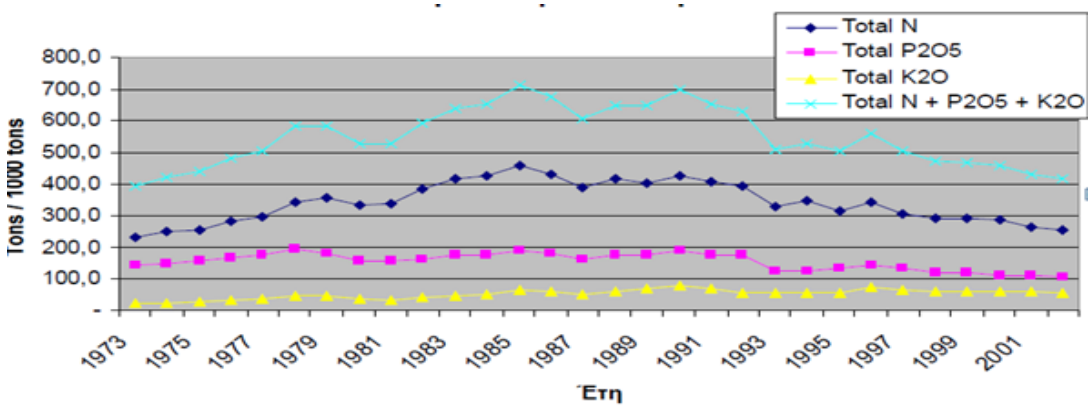
Επιπλέον:



Παγκόσμια παραγωγή σιτηρών και χρήση λιπασμάτων (1960-2004) (FAO).

Επιπρόσθετα στο παραπάνω γράφημα μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι με την εισαγωγή των χημικών λιπασμάτων από την δεκαετία του 60 και μετέπειτα παρατηρείται μια παγκοσμία ραγδαία αύξηση στην παραγωγή σιτηρών ως αποτέλεσμα χρήσης χημικών λιπασμάτων και των νέων τεχνολογιών και πρακτικών που άρχισαν να χρησιμοποιούνται στον γεωργικό τομέα.

Την ίδια συμπεριφορά μπορούμε να παρατηρήσουμε και στον Ελληνικό αγροτικό τομέα ως συνέπεια της επακόλουθης εισαγωγής χημικών λιπασμάτων νέων τεχνολογιών και πρακτικών καθώς η χώρα από νωρίς λόγο του ισχυρά αγροτικού προσανατολισμού της οικονομίας από την δεκαετία του 60 μέχρι σήμερα ακλούθησε κατά βήμα τις παγκόσμιες εξελίξεις στον αγροτικό τομέα. Λόγο της μορφολογίας των εδαφών και των συστατικών που περιέχουν τα ελληνικά εδάφη, στον Ελληνικό αγροτικό τομέα η χρήση λιπασμάτων κυριαρχείται από λιπάσματα αζώτου, φωσφόρου και καλίου καθώς και προσμίξεις αυτών με άλλα θρεπτικά συστατικά. Ως αποτέλεσμα η εξέλιξη των βασικών λιπασμάτων στον Ελληνικό αγροτικό τομέα είναι η παρακάτω:



Κατανάλωση λιπασμάτων στην Ελλάδα.(1973-2001).

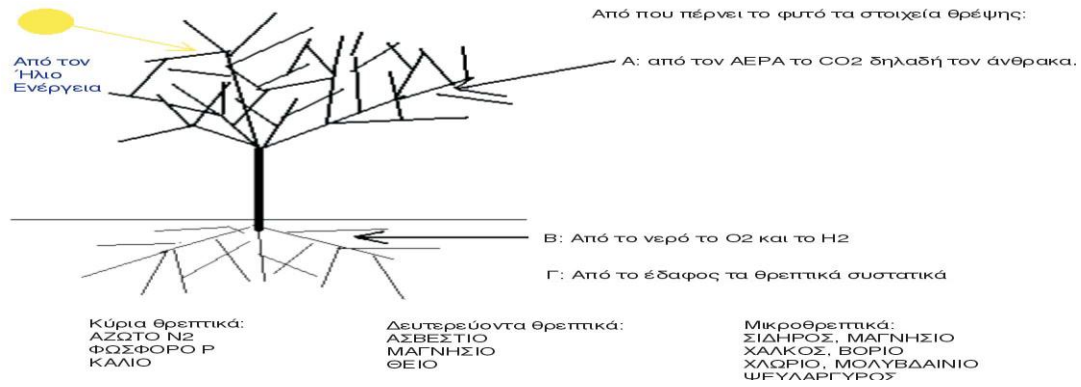
Στο παραπάνω γράφημα παρουσιάζεται η χρήση των βασικότερων τύπων λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται στον Ελληνικό αγροτικό τομέα. Παρατηρούμε μια σχετική σταθερότητα με περιστασιακές αναταράξεις αναφορικά με την ποσότητα των χρησιμοποιούμενων λιμασμάτων κυρίως του αζώτου. Τα τελευταία χρόνια και οι τρεις τύποι λιπασμάτων παρουσιάζουν μια συνδυασμένη πτωτική τάση. Αυτό δείχνει τόσο την στροφή προς την βιολογική γεωργία αλλά επιπλέον την εμπέδωση της χρήσης ορθών πρακτικών λίπανσης στην γεωργία από τους αγρότες.

1.9 Διαδικασία της φωτοσύνθεσης.

Όλοι εξαρτόμαστε από τα φυτά για την τροφή μας και τα φυτά εξαρτώνται από τα θρεπτικά στοιχεία του εδάφους για την ανάπτυξη τους.

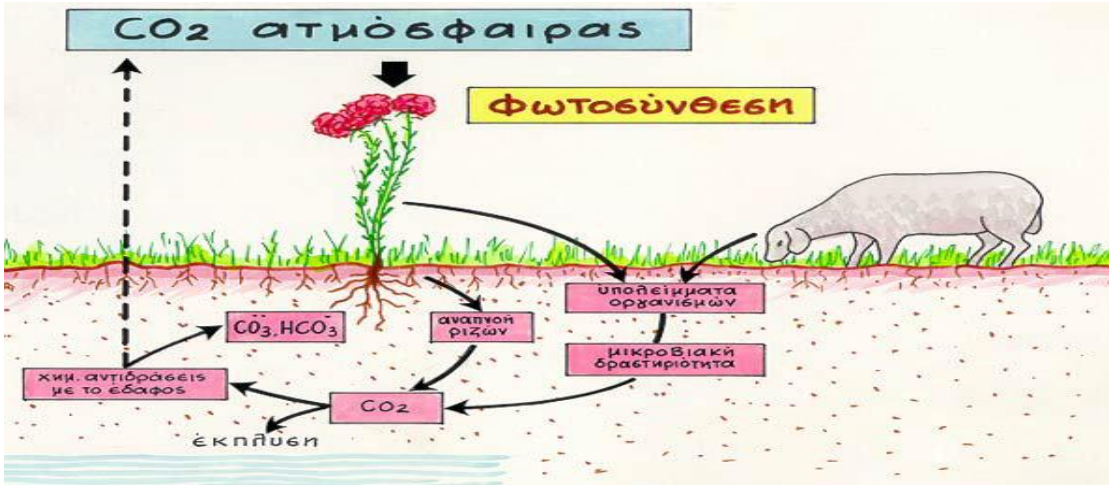
Τα φυτά δεσμεύουν τον αέρα το διοξείδιο του άνθρακα C_{O_2} από το έδαφος και από το νερό, το οξυγόνο O_2 και το υδρογόνο H_2 καθώς και τα θρεπτικά στοιχεία που είναι απαραίτητα για την θρέψη.

Τα φυτά έχουν την ικανότητα να φωτοσυνθέτουν, να προσλαμβάνουν από το περιβάλλον ανόργανα στοιχεία, διοξείδιο του άνθρακα και νερό και με τον τρόπο αυτό παράγουν υδατάνθρακες δηλαδή σάκχαρα με την βοήθεια του ηλιακού φωτός. Η διαδικασία αυτή παράγει και απελευθερώνει στην ατμόσφαιρα οξυγόνο χρήσιμο για την ζωή όλων των ζώντων οργανισμών του πλανήτη.



Διαδικασία της φωτοσύνθεσης.

Το στοιχείο άζωτο Ν βοηθά στην ανάπτυξη του υπέργειου μέρους του φυτού τα φύλλα και τους βλαστούς ενώ ο φώσφορος Ρ αναπτύσσει το υπόγειο μέρος ριζικό σύστημα και τέλος το κάλιο Κ βοηθά στην καρποφορία των φυτών.



1.10 Λιπάσματα

Η ανακάλυψη του Carl Bosch 1899 για την τεχνική παραγωγή αμμωνίας από υδρογόνο και άζωτο από το άζωτο στην ατμόσφαιρα με την μέθοδο της κατάλυσης σε υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις και η τελική βιομηχανική παραγωγή αυτής το 1913 οδήγησε στην ταχύτατη ανάπτυξη της βιομηχανίας αζωτούχων λιπασμάτων. Η κατανάλωση αζωτούχων λιπασμάτων 20 πλασιαστηκε μέχρι το 1960 στους 20 μεγατόνους και ξεπέρασε τους 100 μεγατόνους μέχρι το 2000.

Τις τελευταίες δεκαετίες χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερα φυτά που δεσμεύουν το άζωτο στις ρίζες τους ωστόσο τα αζωτούχα λιπάσματα παραμένουν οι βασικοί παροχείς της πρωτεϊνούχας τροφής.

Περιγραφή λιπάσματα.
Με τη συστηματική και συνεχή καλλιέργεια του εδάφους επέρχεται η εξάντληση του σε θρεπτικά συστατικά. Η ανάγκη αναπλήρωσης των συστατικών αυτών έφερε στην ζωή μας τα λιπάσματα.

Ορισμός: Εδαφοβελτιωτικά.
Εδαφοβελτιωτικά ονομάζονται τα υλικά που εφαρμόζονται στο έδαφος με σκοπό την διόρθωση των κακών φυσικών συνθηκών ή χημικών ιδιοτήτων του αυξάνοντας την παραγωγικότητα αυτών, χωρίς όμως να ενισχύουν την γονιμότητα των εδαφών.

Ορισμός: Λίπασμα.
Λίπασμα είναι ουσίες οι οποίες τροφοδοτούν τα φυτά με ένα η περισσότερα θρεπτικά συστατικά στοιχεία και βελτιώνουν την γονιμότητα του εδάφους. Τα λιπάσματα αποτελούν μίγματα χημικών ουσιών που χορηγούνται στα φυτά για να τραφούν καλυτέρα και να μας δώσουν μεγαλύτερη παράγωγη.



Η αποθήκευση, μεταφορά και διάθεση λιπασμάτων γίνεται με συσκευασίες, όπου αναγράφονται υποχρεωτικά πάνω σε αυτά ο τύπος του λιπάσματος και όλα τα στοιχειά και οι περιεκτικότητες αυτών στο προσφερόμενο προϊόν.

1.11 Σχεδίαση της λίπανσης-ορθολογική λίπανση εδαφών.

Η σχεδίαση της λίπανσης πρέπει να ξεκινά και να βασίζεται στην αξιολόγηση των αναγκών των καλλιεργειών σε θρεπτικά συστατικά. Τα φυτά εμφανίζουν διαφορετικές ανάγκες σε θρεπτικά στοιχειά στις διάφορες φάσεις του βιολογικού τους κύκλου. Άρα για κάθε καλλιέργεια ο αριθμός καθώς και τα επίπεδα λίπανσης πρέπει να γίνονται ανάλογα με τις ανάγκες των καλλιεργούμενων ειδών. Επιπρόσθετα η λίπανση που θα εφαρμοστεί πρέπει να λαμβάνει υπ όψη τις κατά τόπους κλιματικές συνθήκες καθώς και την χημική ανάλυση του εδάφους αφού φαινόμενα όπως η δέσμευση και απορρόφηση θρεπτικών καθορίζονται από τις ιδιότητες των εδαφών και του κλίματος.

Όσο αφορά το φυτό πρέπει επιπλέον να λαμβάνονται υπ όψιν οι εποχικές ανάγκες αυτού καθώς και η ιδιομορφία του. Ανάλογα για το έδαφος σημαντικοί παράμετροι της εφαρμοζόμενης λίπανσης είναι η χημική ανάλυση αυτού, η δέσμευση θρεπτικών, η έκπλυση θρεπτικών, η αεριοποίηση του αζώτου Ν και η αποδόμηση της οργανικής ουσίας. Αναφορικά με το κλίμα οι παράγοντες που χρειάζεται να ληφθούν κυρίως υπ όψιν είναι η θερμοκρασία και η βροχοπτώσεις.

Μια καλλιέργεια προσλαμβάνει ορισμένες ποσότητες θρεπτικών στοιχείων με ένα μέρος αυτών να απομακρύνονται από το περιβάλλον του εδάφους με τις συγκομιδές. Απώλειες επίσης έχουμε κατά την έκπληση με την επακόλουθη διάβρωση του εδάφους. Επομένως οι καλλιέργειες αξιοποιούν ένα μέρος από την εφαρμοζόμενη λίπανση και ο βέλτιστος βαθμός αξιοποίησης της εφαρμοζόμενης λίπανσης εξαρτάται από τον βέλτιστο λιπαντικό χειρισμό.

1.12 Μέθοδοι λίπανσης

Στην συμβατική γεωργία η ενσωμάτωση αμμωνιακών λιπασμάτων διασφαλίζει την καλή διανομή στο ριζόστρωμα και περιορίζει τον κίνδυνο απωλειών από αεριοποίηση και την επιφανειακή απορροή. Κατά την περίοδο του χειμώνα ιδιαίτερα αναγκαίες είναι οι ενσωματώσεις λιπασμάτων γιατί συνήθως ακλουθεί περίοδος βροχοπτώσεων ενώ κατά την άνοιξη εκτελούμε επιφανειακές εφαρμογές με πιο διαλυτές μορφές λιπασμάτων πιο εύληπτες από το έδαφος και το φυτό. Όταν είναι αναγκαία η λίπανση σε μεγάλες εφ' άπαξ λιπάνσεις, όπως αναφέρονται, για την αποφυγή εκτεταμένων απωλειών ή την πρόκληση τοξικών φαινομένων(άλατα) επιλέγεται η κλασμάτωση των δόσεων και δίνεται προτεραιότητα στις αζωτούχες και καλιούχες εφαρμογές.

Στις εφαρμογές με στοιχεία αζώτου και καλίου καταρχήν γίνεται η βελτίωση-διόρθωση των χαμηλών επιπέδων των στοιχείων αυτών και έπειτα πραγματοποιείται εφαρμογή δόσεων συντήρησης των επιθυμητών επιπέδων ανάλογα με τις συνθήκες απωλειών και απορρόφησης που καθορίζει το εδαφολογικό περιβάλλον.

Ειδικά για καλλιέργειες ευαίσθητες στα άλατα που περιέχονται στα λιπάσματα αν απατούνται ισχυρές δόσεις τότε επιλέγεται η εφαρμογή συμπυκνωμένων λιπασμάτων οπότε και προστίθενται συνολικά μικρότερες ποσότητες λιπάσματος.

1.13 Τεχνικές λίπανσης.

Οι τεχνικές λίπανσης διαφοροποιούνται με βάση την μορφή των λιπασμάτων σε υγρά και στερεά.
Η εφαρμογή του λιπάσματος στο έδαφος μπορεί να γίνει με διαφόρους τρόπους .
-Πεταχτά όπου εφαρμόζεται πριν την άροση και καθολικά στην επιφάνεια του εδάφους σε μεγάλες δόσεις και ακλουθεί η ενσωμάτωση του λιπάσματος με την διαδικασία της άροση
-Κατά γραμμές όπου γίνεται μονόπλευρη ή αμφίπλευρη λίπανση στις γραμμές σποράς με έμφαση στην κατάλληλη ρύθμιση και τοποθέτηση του λιπασματοδιανομέα
-Λίπανση κατά την σπορά με ιδιαίτερη προσοχή στην ποσότητα του λιπάσματος καθώς ενδέχεται να βλάψει τα νερά φυτά
-Επιφανειακή λίπανση η οποία γίνεται κατά την φάση εξέλιξης της καλλιέργειας ανάλογα με τις ανάγκες αυτής σε θρεπτικά συστατικά
-Υδρολίπανση όπου γίνεται συνδυασμένη εφαρμογή λίπανσης και άρδευσης ανάλογα με τις ανάγκες της καλλιέργειας.

Σημαντική συνεισφορά κατά την άροση και εφαρμογή της λίπανσης με απώτερο σκοπό τη βέλτιστη και το δυνατό ελεγχόμενη ποσότητα αυτής στο έδαφος καθώς επίσης και την εξοικονόμηση ενεργείας και καυσίμων έχει παίξει η εκτεταμένη χρήση αγροτικών μηχανημάτων νέα γενιάς. Αυτά είναι εφοδιασμένα με εξειδικευμένα μηχανήματα που πραγματοποιούν on line καταγραφή των δεδομένων και αυτοματοποιημένο έλεγχο των διαδικασιών καθώς και με συστήματα παρακολούθησης κίνησης μέσω δορυφόρου (GPS Global Positioning Systems).







Οι νέες τεχνικές και τεχνολογίες στην υπηρεσία του καλλιεργητή με απώτερο σκοπό την ποσοτική και ποιοτική αύξηση της απόδοσης των καλλιεργειών.

1.14 Κατάταξη των λιπασμάτων.

Τα λιπάσματα κατατάσσονται στις εξής κατηγορίες:

Ανόργανα στερεά λιπάσματα με κυρία θρεπτικά συστατικά:
- Απλά, με ένα θρεπτικό συστατικό (N, P, K).
- Σύνθετα με περισσότερα θρεπτικά συστατικά (N,P,K - N,P -P,K, N,K).

Ανόργανα υγρά : Απλά και σύνθετα

-Με δευτερεύοντα συστατικά:

Ασβεστίου (Ca), Νατρίου(Na), Θείου(S), Μαγνησίου(Mg)

-Με μικροστοιχεία :

Βορίου (B), Κοβαλτίου (Co), Χαλκού(Cu), Σιδήρου(Fe), Μαγγανίου(Mn),Μολυβδαινίου(Mo),Ψευδαργύρου(Zn)

- Οργανικά (οργανοχημικά ή οργανοανόργανα και χουμικά).

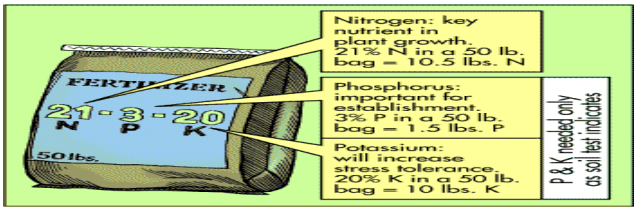
Πηγή :Αλεξόπουλος Δ, Διαλέξεις. -Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη 2000.

1.15 Λίπανση των καλλιεργειών

Τα λιπάσματα διακρίνονται με βάση τη σύσταση τους, την προέλευση τους και την παραγωγή τους και έτσι διακρίνουμε αυτά σε:
-ανόργανα και οργανικά λιπάσματα
-απλά (περιέχουν ένα θρεπτικό στοιχείο)
-μικτά και σύνθετα λιπάσματα
-πυκνά ή αραιά λιπάσματα

Τα πιο διαδεδομένα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται ευρέως είναι αυτά του αζώτου τα φωσφορικά και τα λιπάσματα καλίου.
Ένα λίπασμα μπορεί να περιγραφεί από τον τύπο του και αναφέρεται στην περιεκτικότητα αυτού σε άζωτο N% σε φώσφορο P(P_2O_5 %) και σε κάλιο K (K_2O %.)





Βασικό χαρακτηριστικό των λιπασμάτων αποτελεί το ποσοστό των ουσιών σε N,P,K.

1.16 Αζωτούχα λίπανση σε καλλιέργειες.

Τα αζωτούχα λιπάσματα ανήκουν στην κατηγορία των οργανικών λιπασμάτων και προέρχονται από υποπροϊόντα επεξεργασμένων ζωικών ή φυτικών προϊόντων προερχόμενα από βιομηχανίες κρέατος ψαριών και κονσερβοποιίας. Αποτελούν προϊόντα βραδείας δράσεως και χρησιμοποιούνται ως αζωτούχα προϊόντα σε βασικές λιπάνσεις.

Τα αζωτούχα λιπάσματα που περιέχουν μόνο άζωτο μπορούμε να τα διακρίνουμε σε:

-Ουρία	**(46-0-0)**	$N H_2 - CO - N H_2$
-Θειική αμμωνία	**(21-0-0)**	$(N H_4)_2 S O_4$
-Νιτρική αμμωνία	**(33,5-0-0)**	$N H_4 N O_3$
-Ασβεστούχα νιτρική	**(26-0-0)**	$Ca(N O_3)_2$

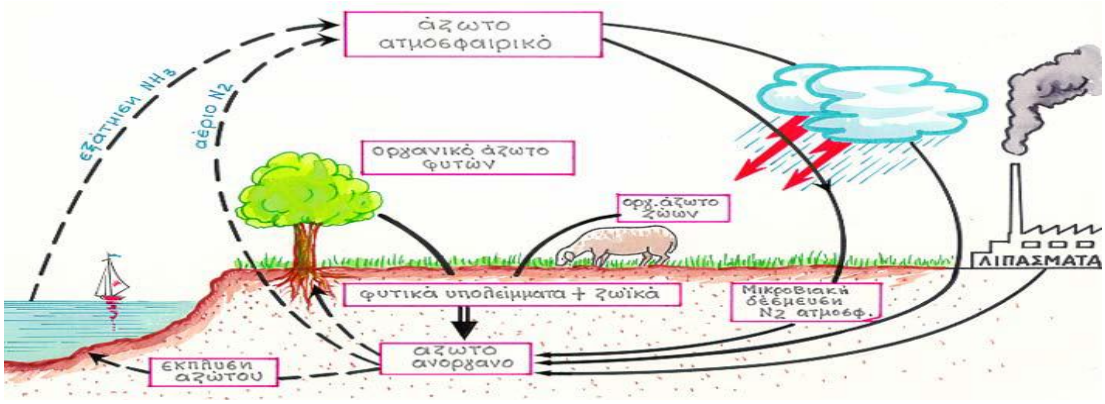




Απλά αζωτούχα λιπάσματα σε στερεά και υγρή μορφή.

Άζωτο: Ν

Το άζωτο είναι το στοιχείο που συναντάται σε κάθε κυτταρική σύσταση. και στην φύση καταλαμβάνει τα 4/5 της ατμόσφαιρας. Τα φυτά ως αυτότροφοι οργανισμοί έχουν την ιδιότητα να μετατρέπουν το ανόργανο άζωτο (νιτρικό και αμμωνιακό) σε οργανικό (αμινοξέα και πρωτεΐνες).
Υπό φυσικές συνθήκες η πηγή εφοδιασμού των εδαφών σε άζωτο Ν είναι η περιεχόμενη σε αυτά οργανική ουσία. Η αποδόμηση της οργανικής ύλης του εδάφους απελευθερώνει το αμμωνιακό άζωτο και τα φυτά μέσω των ριζών τους απορροφούν το άζωτο υπό νιτρική ή αμμωνιακή μορφή.



Ο εφοδιασμός του εδάφους σε άζωτο υπό φυσικές συνθήκες(κύκλος του αζώτου).

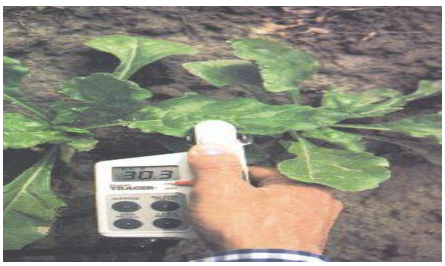
Η έκπλυση του νιτρικού αζώτου ειδικότερα αποτελεί σοβαρό μέσο απώλειας αυτού και ρύπανσης του περιβάλλοντος.
Μια άλλη μορφή απώλειας του αζώτου είναι μέσω της δράσης απονιτροποιητικών βακτηρίων που αναπτύσσονται σε αναερόβιες συνθήκες όπου τα βακτήρια μετατρέπουν τα νιτρικά σε νιτρώδη και έπειτα σε αέριες μορφές αζώτου που διαφεύγουν στην ατμόσφαιρα.
Επιπλέον η κατάσταση του εδάφους (ξήρανση- ποσοστό ερημοποίησης) και κακής στράγγισης ευνοούν τις απώλειες αυτές.
Αλκαλικά - ασβεστούχα εδάφη ευνοούν την αεριοποίηση της αμμωνιακής μορφής του αζώτου. Το ατμοσφαιρικό άζωτο N_2 δεσμεύεται από μικροοργανισμούς - βακτήρια αερόβια και μη που υπάρχουν στα ψυχανθή . Οι ανάγκες των φυτών σε άζωτο ποικίλουν και σε γενικές γραμμές θα μπορούσαμε να πούμε ότι κυμαίνονται μεταξύ του 2% έως 5% του ξηρού βάρους των φυτών. Τα φυτά μετατρέπουν το ανόργανο άζωτο μέσω των ριζών τους σε οργανικό άζωτο .
Στα φυτά το νιτρικό άζωτο μετατρέπεται σε οργανικό άζωτο των φυτικών ιστών.

<u>Αζωτούχα λίπανση.</u>

Το άζωτο αποτελεί τον πρωταρχικό παράγοντα για την αύξηση της απόδοσης των φυτών. Οι περισσότερες καλλιέργειες έχουν ανάγκη ενίσχυσης της περιεκτικότητας των εδαφών σε άζωτο Ν. Ωστόσο η εμπειρία δείχνει ότι η υπερβολική περιεκτικότητα αζώτου έχει αποτέλεσμα την μείωση της απόδοσης.
Το κατά πόσο θα καταστεί αποτελεσματική η λίπανση με άζωτο καθορίζεται από τις κλιματικές συνθήκες και ειδικότερα τις βροχοπτώσεις που ακολουθούν τις λιπαντικές εφαρμογές. Επίσης η κλασματοποίηση των δόσεων πρέπει να παρακολουθεί χρονικά τις αιχμές των απαιτήσεων των καλλιεργειών. Η δέσμευση του αζώτου Ν από την μικροχλωρίδα λειτουργεί θετικά στην εξοικονόμηση λιπάσματος γιατί προστατεύει από το φαινόμενο της έκπλυσης.



<u>Έλλειψη αζώτου, χαρακτηριστικό τα πιο πράσινα φύλλα στο κέντρο ενώ περιφερειακά ξεθωριάζουν και έχουν πιο κίτρινο χρώμα.</u>



<u>Έλεγχος στο χρώμα του φύλλου.</u>

1.17 Φωσφορικά λιπάσματα στις καλλιέργειες.

Τα Φωσφορούχα λιπάσματα που περιέχουν μόνο φώσφορο διακρίνονται σε:

Απλά (0-20-0)
Υπερφωσφορικά (0-48-0)

Τα φωσφορικά λιπάσματα χαρακτηρίζονται από την περιεκτικότητα τους σε P_2O_5 και από την διαλυτότητα τους.

Ως πρώτες ύλες των φωσφορικών λιπασμάτων είναι τα ορυκτά των φυσικών φωσφοριτών με μεγάλη περιεκτικότητα σε Ρ. Αυτά μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν σε λειοτριμένη ακατέργαστη μορφή και ως φυσικά λιπάσματα.

Φώσφορος : Ρ

Το φωσφορικό οξύ αποτελεί βασικό υλικό και βρίσκεται σε κάθε είδους φυτικό ιστό. Ο φώσφορος Ρ υπεισέρχεται στο μεταβολισμό των κυττάρων και ευνοεί :

-την αύξηση της ανάπτυξης του φυτού
-την αύξηση της ριζικής μάζας
-την αντοχή του φυτού σε νόσους
-την γονιμοποίηση και καρποφορία
-την ποιότητα των φυτικών προϊόντων

Γενικά τα εδάφη στο σύνολο τους είναι ιδιαίτερα φτωχά σε φώσφορο και έτσι η απορρόφηση των φωσφορικών λιπασμάτων από τα φυτά γίνεται ταχύτατα.

Οι αφομοιώσιμες μορφές φωσφόρου Ρ είναι οι εξής δύο : $H_2PO_4^-$ και HPO_4^-.

Τα φωσφορικά ιόντα που συγκρατούνται επίσης από τα κολλοειδή του εδάφους είναι και αυτά αφομοιώσιμα για τα φυτά. Τέλος ο άμεσα αφομοιώσιμος φώσφορος Ρ του εδάφους βρίσκεται σε πολύ μικρή ποσότητα (1% επί του ολικού) και για το λόγο αυτό ο φώσφορος υπόκειται σε εκπλυση σε πολύ μικρές ποσότητες οπότε δεν υπάρχουν μεγάλες απώλειες όπως με την περίπτωση νιτρικών μορφών όπως αναφέρθηκε παραπάνω.







Φωσφορικά λιπάσματα σε στερεά και υγρή μορφή.

Φωσφορική λίπανση

Με την φωσφορική λίπανση αποσκοπούμε στην αναπλήρωση των εξαγωγών που υφίσταται το μικροπεριβάλλον του φυτού από τις εξαγωγές λόγω των συγκομιδών.

Η φωσφορική λίπανση μπορεί να διακριθεί σε:
- λίπανση διόρθωσης
-λίπανση συντήρηση.

Με τη λίπανση διόρθωσης εδάφη πτωχά σε φώσφορο εμπλουτίζονται με αφομοιώσιμο φώσφορο ενώ με την λίπανση συντήρησης η προηγούμενη διόρθωση συντηρείται με εφαρμογές αναπλήρωσης των απωλειών δέσμευσης που αφαιρούνται από τις συγκομιδές.
Η εφαρμογή του φωσφόρου P γίνεται κατά την διάρκεια των υπολοίπων βασικών λιπάνσεων και συνδυάζεται με την βασική κατεργασία του εδάφους. Οι χημικές μορφές των φωσφορικών λιπασμάτων που θα εφαρμοστεί τελικά καθορίζονται από τις χημικές ιδιότητες του εδάφους όπως το pH .



Τυπικό γνώρισμα έλλειψης φωσφόρου σε αρχικό στάδιο.

1.18 Καλιούχα λιπάσματα στις καλλιέργειες.

Καλιούχα λιπάσματα που περιέχουν μόνο κάλιο είναι:
-Θειικό κάλιο (0-0-50) K_2SO_4

Το κάλιο :Κ
Το κάλιο Κ ρυθμίζει τις ζωτικές λειτουργίες των οργανισμών. Μπορεί να βρεθεί σε σημαντικά ποσοστά στην ξερή ουσία των φυτικών ιστών, στους κονδύλους και τα μανιτάρια(σε ποσοστό 7%).
Το κάλιο αποτελεί ένα ιδιαίτερα ευκίνητο στοιχείο μέσα στα φυτά και ο ρόλος του είναι πολλαπλός:
-ενεργοποιεί την διαδικασία της φωτοσύνθεσης
-συμβάλλει στη παραγωγή πρωτεϊνών
- ρυθμίζει την ένταση της διαπνοής και εξάτμισης

Τα φυτά απορροφούν το κάλιο στην ιονική του μορφή (K^+).
Το κάλιο στο έδαφος συναντάται :
-στο εδαφικό διάλυμα και είναι αφομοιώσιμο
-συγκρατείται σε αφομοιώσιμη μορφή από τα κολλοειδή του εδάφους
-συγκρατείται στο εσωτερικό των φυλλιδίων της αργίλου ωστόσο δεν αποτελεί αφομοιώσιμη μορφή.

Τα άλατα του Καλίου (Κ) αποτελούν τις άμεσα αφομοιώσιμες μορφές ενώ οι μη αφομοιώσιμες μορφές αποτελούν το 90-98% του εδαφικού καλίου.
Η εφαρμογή του καλίου εξαρτάται από τα επίπεδα του αφομοιώσιμου καλίου Κ στο έδαφος καθώς και τις ανάγκες της καλλιέργειας σε κάλιο Κ.
Επιπλέον το κάλιο υπόκειται σε σχετική έκπλυση αρκετά μεγαλύτερη από αυτή του φωσφόρου P όμως μικρότερη από αυτή των νιτρικών N.
Η έκπλυση ευνοείται κυρίως στα χονδρόκοκκα εδάφη ενώ αντίθετα στα λεπτόκοκκα εδάφη ευνοείται η δέσμευση του.
Μορφές που τυχόν μπορεί να λάβει η απώλεια καλίου είναι :
- μέσω της διάβρωσης
- μέσω της στράγγισης

ενώ αντίθετα η αποσάθρωση του εδάφους ευνοεί στην παραγωγή αφομοιώσιμων ποσοστών καλίου.

Οι εφαρμογές λίπανσης καλίου συνδυάζονται συνήθως με εφαρμογές φωσφόρου P όπως αναφέρθηκε παραπάνω κυρίως κατά την διάρκεια των βασικών λιπάνσεων.

Τέλος συνίσταται η κλασμάτωση των δόσεων λιπασμάτων καλίου κυρίως όταν πρόκειται για μεγάλες ποσότητες με αποτέλεσμα κάποιες από τις εφαρμογές να εκτελούνται επιφανειακά χωρίς ενσωμάτωση στο έδαφος μέσο της διαδικασίας της άρδευσης.



Τυπικό σύμπτωμα έλλειψης καλίου στα περιφερειακά φύλλα.

1.19 Άλλα δευτερεύοντα λιπάσματα.

Λιπάσματα Θείου: S.

Το θείο S μετέχει στην σύνθεση πολλών πρωτεϊνών και οι ανάγκες των φυτών σε άζωτο N και θείο S χρονικά συμπίπτουν.

Φυτά τα οποία παρουσιάζουν αυξημένες απαιτήσεις σε θείο (από τα ευρέως καλλιεργούμενα) είναι η σόγια, το λάχανο, το κρεμμύδι, το σκόρδο και το πράσο.

Λιπάσματα Μαγνησίου :Mg

Το Μαγνήσιο αποτελεί απαραίτητο στοιχείο για τα φυτά καθώς αποτελεί βασικό συστατικό της χλωροφύλλης

Άμεσα αφομοιώσιμη μορφή Μαγνησίου για τα φυτά αποτελεί η υδατοδιαλυτή μορφή του στοιχείου.

Λιπάσματα Σίδηρου: Fe

Ο σίδηρος συμμετέχει και αυτός στην σύνθεση της χλωροφύλλης όμως τα εδάφη περιέχουν μεγάλες ποσότητες σιδήρου και άρα η λίπανση με το στοιχείο αυτό αποτελεί βοηθητική διαδικασία και όπου υπάρχει ανάγκη.

Λιπάσματα Μαγγανίου: Mn

Το Μαγγάνιο συμμετέχει όπως και ο σίδηρος στη σύνθεση της χλωροφύλλης.

Τροφοπενίες μαγγανίου παρατηρούνται σε φυτά όπως η ροδακινιά και η μηλιά.

Λιπάσματα Ψευδαργύρου: Zn

Η έλλειψη του στοιχείου αυτού στα φυτά εκδηλώνεται με χλωρωτικά φαινόμενα και μείωση της ανάπτυξης τους.

Λιπάσματα Χαλκού: Cu

Ο Χαλκός αποτελεί το στοιχείο εκείνο που ενεργοποιεί τη δράση διαφόρων ενζύμων και παίζει πρωταγωνιστικό ρόλο στο μεταβολισμό των πρωτεϊνών και τη σύνθεση της χλωροφύλλης. Τροφοπενίες χαλκού παρατηρούνται συνήθως σε φυτά όπως τα καρότα, τα τεύτλα, το τριφύλλι, τα καλαμπόκι η βρώμη και τα οπωροκηπευτικά.

Λιπάσματα Βορίου: Bo

Το βόριο υπεισέρχεται στην λειτουργία της αναπνοής, της γονιμότητας, της απορρόφησης του νερού και στη σύνθεση της κυτταρικής μεμβράνης

Μικτά και σύνθετα λιπάσματα

Η ανάγκη κατά την εκτέλεση των λιπάνσεων με λιγότερες εφαρμογές να προσθέσουμε το δυνατό περισσότερα στοιχεία οδήγησαν στην ανάπτυξη σύνθετων λιπασμάτων. Τα σύνθετα αυτά λιπάσματα περιέχουν περισσότερα από ένα θρεπτικά συστατικά και δύναται να γίνουν μεγάλου εύρους συνδυασμοί και να διαμορφωθεί έτσι μια ποικιλία τύπων λιπασμάτων που υπάρχουν διαθέσιμα στην αγορά.

Σύνθετα λιπάσματα που περιέχουν περισσότερα από ένα στοιχεία είναι:

-Φωσφορική αμμωνία (16-20-0) $(NH_4)_3PO_4$

-Νιτρικό Κάλιο (13-0-46) KNO_3

-Δεκαπεντάρι (15-15-15)

- Σύνθετο (11-15-15)

Διαφυλλικά λιπάσματα

Τα διαφυλλικά λιπάσματα χρησιμοποιούνται όταν πρόκειται να αντιμετωπιστεί ένα έκτακτο πρόβλημα στη θρέψη των φυτών ή όταν η από το έδαφος λίπανση καθίσταται αναποτελεσματική.

Βάση της ανάπτυξης των λιπασμάτων αυτών ήταν η διαπίστωση ότι τα φύλλα και οι βλαστοί είναι σε θέση να απορροφήσουν θρεπτικά στοιχεία ακόμα και σε ανόργανη οργανική μορφή (Grow,1979) και η απορρόφηση είναι πιο αποτελεσματική όσο πιο νεαρής ηλικίας είναι το φύλλωμα.

Με αυτό τον τύπο λιπασμάτων αντιμετωπίζονται κυρίως οι περισσότερες τροφοπενίες.

Η κινητικότητα των θρεπτικών στοιχείων.

Τα θρεπτικά στοιχεία των φυτών μετακινούνται στα διάφορα όργανα του φυτού ανάλογα με τις ανάγκες και τις προτεραιότητες του.

Το άζωτο, ο φώσφορος και το κάλιο είναι θρεπτικά στοιχεία που χαρακτηρίζονται από μεγάλη κινητικότητα. Αντίθετα τα στοιχεία θείο, ο χαλκός, ο ψευδάργυρος, το μαγγάνιο, ο σίδηρος χαρακτηρίζονται από ενδιάμεση κινητικότητα.

1.20 Λίπανση και αλατότητα του εδάφους.

Οι δραστικές και μακροχρόνιες λιπάνσεις προκαλούν αλατότητα στο έδαφος.

Αυτό μπορεί και αποφεύγεται εν μέρη μέσω της καλύτερης κατανομής της λίπανσης σε μικρότερες δόσεις.



Αποτέλεσμα ρύπανσης του εδάφους από το φαινόμενο της αλατότητας

1.21 Οργανικά λιπάσματα στη βιολογική γεωργία.

Τα οργανικά λιπάσματα αποτελούν μη χημικά λιπάσματα και εκμεταλλεύονται το γεγονός ότι το έδαφος αποτελεί από μόνο του ένα ζωντανό οργανισμό όπου υπάρχει η πανίδα και η χλωρίδα. Αποτελεί κοινό τόπο ότι ένα ¨καλό έδαφος ¨ χρειάζεται να περιέχει αυξημένη περιεκτικότητα σε γαιοσκώληκες.
Οι μικροοργανισμοι που υπάρχουν στο έδαφος όπως μύκητες και βακτήρια ζουν σε μεγάλους πληθυσμούς και κοντά στην επιφάνεια του εδάφους. Ωστόσο δίπλα στους ωφέλιμους οργανισμούς (αμμωνιοποιητές, νιτροποιητικοί που δεσμεύουν το άζωτο) ζουν και οι βλαβεροί τόσο για το έδαφος όσο και για τα φυτά. Έτσι οι συνθήκες του εδάφους καθορίζουν ποιοι μικροοργανισμοί θα επικρατήσουν τελικά και αν αυτοί θα δράσουν βλαπτικά ή ευεργετικά για το έδαφος και τα φυτά. Η παρουσία οργανικής ύλης στο έδαφος δρα ευνοϊκά στην ανάπτυξη των μικροοργανισμών καθώς εξασφαλίζει θρεπτικά συστατικά για την συντήρηση τους.

Η εφαρμογή οργανικών υλικών αποκτά ιδιαίτερη σημασία στις μέρες μας καθώς αποτελεί μέθοδο λίπανσης φιλική προς το περιβάλλον και αποτελεί μέρος της φυσικής ανακύκλωσης που διενεργεί η ίδια η φύση χωρίς να διαταράσσονται οι κύκλοι και οι ρυθμοί της φύσης με εξωτερικές παρεμβάσεις από χημικά λιπάσματα. Επιπρόσθετα το παραγόμενο προϊόν είναι απαλλαγμένο από χημικές ουσίες που αποδεδειγμένα υπάρχουν και μεταφέροντα από το έδαφος στο φυτό και από αυτό στον καρπό και την τροφική αλυσίδα που ακλουθεί. Έτσι η λίπανση με μεθόδους φιλικές προς το περιβάλλον αποκτά όλο και μεγαλύτερη σπουδαιότητα.

Η οργανική λίπανση δεν πρέπει να συγχέεται με την βιολογική γεωργία καθώς αποτελεί απλά το βασικό βήμα για την εφαρμογή της βιολογικής γεωργίας. Άρα η εφαρμογή οργανικών υλικών δεν αρκεί για να ισχυριστούμε ότι εξασφαλίζουμε το περιβάλλον και ότι παράγουμε βιολογικά προϊόντα.

Στην πράξη τα οργανικά λιπάσματα αποτελούνται από οστεάλευρα, αιματάλευρα και υποπροϊόντα ελαιουργείων. Στην αγορά διατίθενται οργανικά προϊόντα εμπλουτισμένα με ανόργανα λιπάσματα τα όποια περιέχουν μακροθρεπτικά και μικροθρεπτικά στοιχεία .

Η σύσταση των οργανικών υλικών και η ταχύτητα αποδόμησης τους στο έδαφος αποτελεί βασικό κριτήριο αξιολόγησης για το αν είναι κατάλληλο ένα οργανικό λίπασμα για την εφαρμογή του στο έδαφος ως εδαφοβελτιωτικό.

Η σημασία της επίδρασης της οργανικής λίπανσης στις φυσικές ιδιότητες του εδάφους είναι μεγάλη καθώς η οργανική υλη καθιστά τα συμπαγή εδάφη πιο χαλαρά ενώ τα χωρίς δομή εδάφη τα καθιστά περισσότερο συνεκτικά.



Οργανικά λιπάσματα.

1.22 Η κοπριά

Ότι προέρχεται από τα ζώα ή τα φυτά μπορεί να αποτελέσει σημαντικό παράγοντα θρέψης για τα φυτά.

Η κοπριά περιέχει θρεπτικά στοιχεία όπως άζωτο -φώσφορο- κάλιο και ασβέστιο καθώς και ενσωματωμένα ιχνοστοιχεία και επιπρόσθετα προσφέρει στο έδαφος μικροοργανισμούς και οργανική ουσία.

Οι ποσότητες στοιχείων που περιέχει η κοπριά εξαρτάται από το ζώο που την παράγει και από την τροφή που έχει καταναλώσει.

Η οργανική ουσία που περιέχει η κοπριά κάνει τα στοιχεία που βρίσκονται στο έδαφος πιο προσιτά στο φυτό αποδεσμεύοντας αυτά από τις δυσδιάλυτες ενώσεις που ενδεχόμενα είχαν σχηματιστεί. Ειδικά σε καλλιέργειες που γεωγραφικά βρίσκονται σε κτηνοτροφικές περιοχές όπου η πρώτη ύλη υπάρχει άφθονη είναι επιβεβλημένη η χρήση οργανικών λιπασμάτων αντί των αντίστοιχων χημικών βοηθώντας έτσι στο φυσικό κύκλο της φύσης και χωρίς να γίνεται επιβάρυνση με χημικά πρόσθετα.





Λίπανση με κοπριά χρησιμοποιώντας μηχανικά μέσα.

1.23 Η χλωρή λίπανση

Η χλωρή λίπανση είναι μια άλλη πηγή οργανικής λίπανσης που επιφέρει ανάλογα αποτελέσματα με την κοπριά.

Η προσθήκη υδατανθράκων εύκολα αποδομήσιμων οργανικών υλικών στο έδαφος έχει ως συνέπεια την δέσμευση του αφομοιώσιμου αζώτου Ν από τους μικροοργανισμούς του εδάφους.

Κατά την χλωρή λίπανση οι φυτικοί ιστοί όπως φύλα βλαστοί ρίζες χόρτα και ζιζάνια ενσωματώνονται στο έδαφος και από την μια το εμπλουτίζουν με θρεπτικά στοιχεία ενώ παράλληλα αυξάνουν την περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία επιτυγχάνοντας βελτιώσεις παρόμοιες με την κοπριά.

1.24 Η τύρφη

Γενικά η τύρφη άρχισε να σχηματίζεται την τελευταία περίοδο των παγετώνων και εξορύσσεται κάτω από τα 30-50 cm εδάφους και τα αποθέματα αυτής έχουν κολλοειδή μορφή. Η τέφρα και τα θρεπτικά συστατικά από τα οποία αποτελείται αποτελούν δευτερεύουσας σημασίας διαδικασία λίπανσης καθώς δεν είναι αφομοιώσιμα, ωστόσο αποτελεί την βάση παραγωγής χουμικών λιπασμάτων έπειτα από επεξεργασία και ανάμιξη με ανόργανα χημικά λιπάσματα. Η τύρφη αποτελεί προϊόν αποσύνθεσης της βλάστησης των ελών, βρυοτόπων και άλλων οργανισμών. Χαρακτηρίζεται από μεγάλη ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων και για το λόγο αυτό συγκρατεί θρεπτικά συστατικά και χρησιμοποιείται κυρίως στις υδροπονικές καλλιέργειες.

Η τύρφη χρησιμοποιείται επιπλέον ως βελτιωτικό εδαφών και διακρίνονται σε δύο κατηγορίες :

-την ξανθή τύρφη

-την μαύρη τύρφη

Η ξανθή τύρφη έχει υποστεί μικρή αποσύνθεση δεν φέρει παθογόνα βακτήρια και στην αρχική της κατάσταση δεν περιέχει θρεπτικά συστατικά ωστόσο επιτυγχάνει καλή στήριξη των ριζών.

Η μαύρη τύρφη έχει πιο σκούρο χρώμα και είναι μεγαλύτερης ηλικίας από την ξανθιά. Γενικά περιέχει πολλά ανόργανα άλατα και έχει την ιδιότητα να συγκρατεί υγρασία , τετραπλάσια του βάρους της, όταν αυτή εφαρμοστεί στο έδαφος.



Μαύρη αποξηραμένη τύρφη σε πειραματικό σκεύος.

1.25 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (Greenhouse Gas emissions GHG) γεωργικής προέλευσης.

Η άνοδος της μέσης ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας από τα μέσα του 20ου αιώνα οφείλεται στην αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου (GHG) ανθρωπογενούς προέλευσης *(Διακρατική Επιτροπή Κλιματικής Αλλαγής,2007).*



Φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Η γεωργία αποτελεί και αυτή πηγή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Η μεγάλη διαφορά μεταξύ της γεωργίας και των άλλων δραστηριοτήτων του ανθρώπου που παράγουν επιβαρυντικά αέρια είναι ότι η γεωργία έχει την ικανότητα να δεσμεύει και εξουδετερώνει τα αέρια του θερμοκηπίου. Αυτό επιτυγχάνεται με την υιοθέτηση των κανόνων ορθής γεωργικής πρακτικής.

Στόχος των κανόνων αυτών είναι ο περιορισμός των εκπομπών(GHG) που οφείλονται στον γεωργικό τομέα κατά το ήμισυ μέχρι το 2030.

	Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (σε εκ. τόνους CO_{2eq})				Μείωση ή αύξηση εκπομπών σε σύγκριση με το έτος βάσης 1990		Μείωση εκπομπών σε σύγκριση με το 2005	
	1990	2005	2020	2050	2020	2050	2020	2050
Παροχή ενέργειας	43	58	48	3	10%	-93%	-18%	-95%
Βιομηχανία	23	28	19	13	-15%	-41%	-30%	-52%
Κτίρια	6	12	9	0,4	59%	-93%	-25%	-96%
Γεωργία	17	15	13	12	-21%	-30%	-10%	-20%
Μεταφορές	16	23	16	7	1%	-55%	-32%	-70%
Απόβλητα	5	3	2	1	-59%	-82%	-34%	-71%
Σύνολο (χωρίς την αλλαγή χρήσεων γης και τη δασοπονία)	109	139	107	36	-2%	-67%	-23%	-74%

Στόχος η μείωση των αερίων του θερμοκηπίου ανά τομέα.

Όπως μπορούμε να διαπιστώσουμε εύκολα και από τον παραπάνω πίνακα ειδικά για τον τομέα της γεωργίας παρατηρείται μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα η οποία δύναται να ενταθεί τα επόμενα χρόνια.

Τα αέρια του θερμοκηπίου παράγονται στα γεωργικά οικοσυστήματα ως αποτέλεσμα φυσικών μικροβιολογικών διαδικασιών και χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση.
Τα κυριότερα αέρια του θερμοκηπίου γεωργικής προέλευσης είναι:

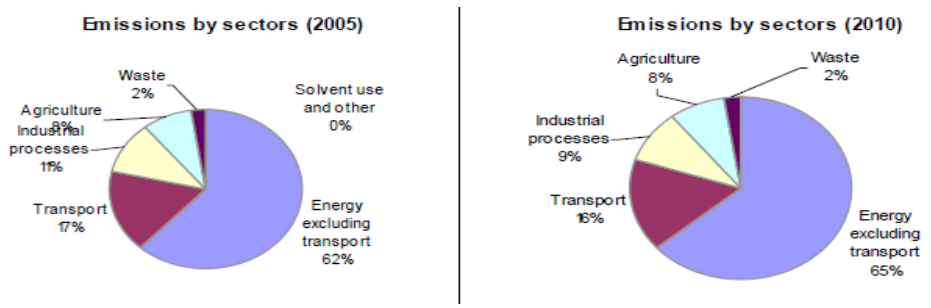
-Διοξείδιο του άνθρακα : CO_2

-Νιτρώδες οξείδιο : N_2O

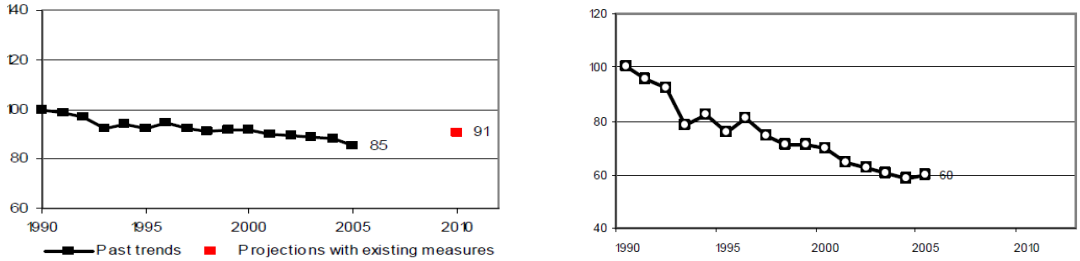
-Μεθάνιο : CH_4

Το διοξείδιο του άνθρακα παράγεται σε μεγάλες ποσότητες με την αναπνοή των πράσινων φυτών αλλά πολύ περισσότερο δεσμεύεται με την διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Επίσης μεγάλο μέρος της προκύπτουσας βιομάζας του φυτού εναποτίθεται στο έδαφος υπό τη μορφή οργανικού άνθρακα. Τα εδάφη αυτά αποτελούν μια τεραστία ¨αποθήκη¨ άνθρακα (κυρίως τα φυσικά οικοσυστήματα).

Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε στο παρακάτω γράφημα η γεωργία σε σχέση με τους άλλους τομείς δραστηριότητας στην χώρα μας έχει αρκετά χαμηλές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.



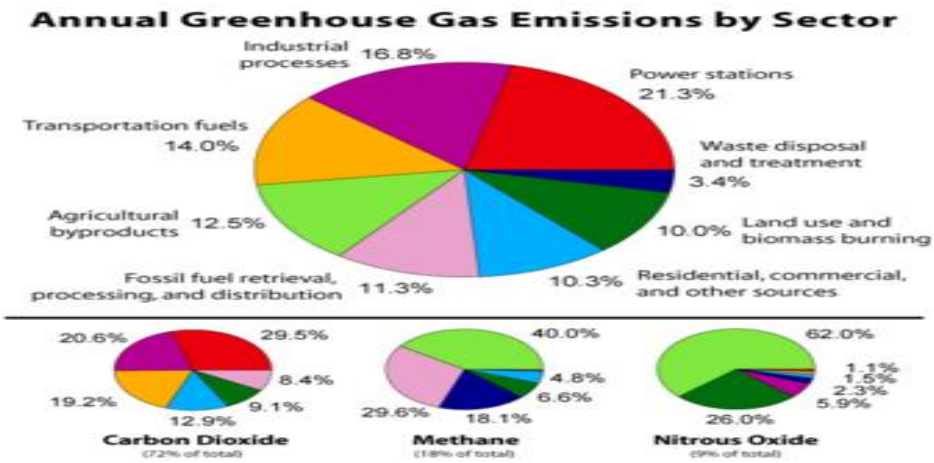
Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά τομέα για την Ελλάδα τιμές 2005 και 2010.



Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (GHG και) εκπομπές αερίων NO_2 από συνθετικά λιπάσματα και κοπριά.από την ελληνική γεωργία (2007).

Όπως εύκολα μπορούμε να δούμε από τα παραπάνω γραφήματα παρατηρείται μια σταθερά μειούμενη πτώση στα αέρια του θερμοκηπίου που αφορούν τον τομέα της γεωργίας στην Ελλάδα. Επιπλέον σημαντική μείωση παρατηρείται στις εκπομπές που οφείλονται στην χρήση λιμασμάτων και κοπριάς και αυτό οφείλεται τόσο στην ορθολογική παραγωγή και χρήση λιμασμάτων καθώς επίσης και την υιοθέτηση βιολογικών πρακτικών ολοένα πιο φιλικών προς το περιβάλλον.

Στο παρακάτω γράφημα μπορούμε να παρατηρήσουμε τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά τομέα με την γεωργία να καταλαμβάνει το 12,5% καθώς επίσης και τη συνεισφορά των βασικών αερίων που σχετίζονται με την παραγωγή και χρήση λιπασμάτων .



Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά τομέα ανά έτος.

Ένας ακόμα ενδιαφέρον πινάκας είναι και ο παρακάτω όπου περιγράφει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου GHG καθώς και την επί τοις εκατό προσφορά αυτών που σχετίζονται με διαδικασίες παραγωγής μεταφοράς, διασποράς και χρήσης λιπασμάτων και γεωργικών μηχανημάτων.

Πηγές εκπομπών GHG	Tg CO_2-eq (*)	% ολικών ατμοσφαιρικών εκπομπών GHG
Ολικές ετήσιες εκπομπές GHG (2005)	50.000,00	100%
Παραγωγή N, P,K λιπασμάτων	464,80	0,93
Μεταφορά & διασπορά λιπασμάτων στο χωράφι	37,2	0,07
Χρήση (εφαρμογή) λιπασμάτων	738,1	1,48
Νιτρώδες οξείδιο (N_2O) –έκλυση από το έδαφος	604,6	1,21
Έκλυση CO_2 από προσθήκη ουρίας	105,6	0,21
Έκλυση CO_2 από δισσανθρακικό αμμώνιο	17,9	0,04
Γεωργικά μηχανήματα	10,0	0,02
Ολικές εκπομπές GHG σχετιζόμενες με τον κύκλο ζωής των λιπασμάτων	1240,1	2,48%

Όπου Tg-eq να ισούται με 1 εκατομμύριο τόνοι ισοδύναμα διοξειδίου του άνθρακα.

Εκπομπές νιτρώδους οξειδίου.

Η παγκόσμια κατανάλωση αζώτου (9 εκατομμύρια τόνοι,2006) προκαλεί εκπομπές νιτρώδους οξειδίου N_2O που ανέρχονται σε 605 ισοδύναμα εκατομμυρίων τόνων διοξειδίου του άνθρακα C_{O_2} .Για να έχουμε μια τάξη μεγέθους η παραπάνω ποσότητα αποτελεί περίπου το 1/3 των συνολικών εκπομπών N_2O από τα εδάφη, με τα υπόλοιπα 2/3 των εκπομπών αυτών να οφείλονται σε φυσικές μικροβιολογικές διαδικασίες του εδάφους άσχετες με την οργανική λίπανση.

Με την υιοθέτηση της "Άριστης διαχείρισης " των λιπασμάτων δύναται να βελτιωθεί το ισοζύγιο αερίων του θερμοκηπίου που αφορά την γεωργία.
(Διακρατική Επιτροπή Κλιματικής αλλαγής, 2007)

Αυτό επιτυγχάνεται με την:
-Βελτίωση της αποτελεσματικότητας των λιπάνσεων
-Την αύξηση των εισροών του CO_2 από την ατμόσφαιρα προς το έδαφος .
-Την υποκατάσταση και αποφυγή προϊόντων που είναι υπεύθυνα για εκπομπές GHG .
- Βελτίωση αποτελεσματικότητας των λιπάνσεων.

Η βελτίωση της αποτελεσματικότητας των λιπάνσεων μπορεί να μετρηθεί με βάση το βαθμό θρεπτικής αποτελεσματικότητας που ισοδυναμεί με ανάκτηση(παραλαβή) του θρεπτικού στοιχείου.

Για την επίτευξη υψηλού βαθμού θρεπτικής αποτελεσματικότητας απαιτείται η επαρκής και ισόρροπη διαθεσιμότητα και των 13 εδαφικών θρεπτικών στοιχείων. Σημαντικό μέτρο αποτελεί επίσης ο βαθμός ανάκτησης του αζώτου. Όσο μικρότερος είναι ο βαθμός ανάκλησης του αζώτου τόσο μεγαλύτερες είναι και οι απώλειες υπό μορφή N_2O . Η εμπειρία δείχνει ότι το ποσοστό ανάκτησης του προστιθέμενου αζώτου των λιπασμάτων ανέρχεται κατά μέσον όρο στο 40-50% του προστιθέμενου αζώτου.

Είναι χαρακτηριστικό ότι στο σύνολο των αναπτυγμένων χωρών μεταξύ 1990 και 2005 υπήρξε μείωση κατά 12% των εκπομπών του θερμοκηπίου που οφείλονται στην γεωργία και αυτό οφείλεται στην υιοθέτηση ορθών γεωργικών πρακτικών.

Στον αντίποδα σε χώρες του τρίτου κόσμο όπως η Κίνα παρατηρήθηκε αντίστοιχη αύξησης κατά 12% στα αέρια του θερμοκηπίου προερχόμενα από την γεωργία. (*UNFCCC,2008*).

- *Ενίσχυση εισροών του* CO_2 *από την ατμόσφαιρα προς το έδαφος.*

Η ορθή διαχείριση ανόργανων λιπασμάτων συμβάλλει στην αύξηση του φωτοσυνθετικού προϊόντος και της ροής CO_2 από την ατμόσφαιρα προς το έδαφος.



Διαδικασία εισροής του CO_2 *από την ατμόσφαιρα προς το έδαφος.*

-Την υποκατάσταση και αποφυγή προϊόντων που είναι υπεύθυνα για εκπομπές GHG .

Η αποφυγή και αποκατάσταση εκπομπών του θερμοκηπίου GHG μπορεί να γίνει είτε με την αύξηση της παραγωγικότητας των ήδη καλλιεργούμενων εδαφών με συνέπεια την αποτροπή μετατροπής παρθένων εδαφών σε καλλιεργήσιμες είτε με χρήση γεωργικών προϊόντων και υποπροϊόντων ως πηγών βιοενέργειας με αποτέλεσμα την υποκατάσταση των ορυκτών καυσίμων με βιομάζα. Ο Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών παρατηρεί ότι "μια αποτελεσματική στρατηγική για τον περιορισμό των εκπομπών είναι η εντατικοποίηση της γεωργίας με την παραγωγή περισσότερων προϊόντων απ τα εδάφη που ήδη καλλιεργούνται. Κατά την εφαρμογή του σεναρίου αυτού η συνολική κατανάλωση γεωργικών εισροών όπως των λιπασμάτων θα αυξηθεί ωστόσο με την εφαρμογή ων κανόνων ορθής γεωργικής διαχείρισης θα καταστεί με τον τρόπο αυτό ο περιορισμός των εκπομπών GHG ανά μονάδα παραγόμενου προϊόντος. Με την εφαρμογή του σεναρίου αυτού προβλέπει την ικανοποίηση των αυξανόμενων διατροφικών αναγκών της ανθρωπότητας με μικρότερες συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Προϋπόθεση για την υλοποίηση της προαναφερθείσας προτεινόμενης στρατηγικής είναι η ορθολογική αύξηση της κατανάλωσης λιπασμάτων κύρια στις υπό ανάπτυξη περιοχές του πλανήτη όπου υπάρχει και πληθυσμιακή έκρηξη.

1.26 Η χρήση των λιπασμάτων ως λύση για το πρόβλημα της παγκόσμιας διατροφής.

Έχει επισημανθεί απ τον παγκόσμιο οργανισμό τροφίμων ότι η παγκόσμια ζήτηση τροφίμων και άρα λιπασμάτων για την παραγωγή αυτών θα έχει αυξηθεί κατά 50 έως 80% μέχρι το 2050. Γνωρίζοντας ότι μεγάλο μέρος της ανθρωπότητας διατρέφεται σήμερα από τροφές που οφείλουν την ύπαρξη τους στα λιπάσματα κυρίως αζώτου, η μη χρησιμοποίηση τέτοιων λιπασμάτων θα οδηγούσε το 48% δηλαδή το ήμισυ της ανθρωπότητας σε λιμοκτονία (*Erisman,2008*).
Έτσι το πρόβλημα που καλούμαστε να λύσουμε είναι ο τρόπος ώστε να παράγουμε περισσότερη τροφή για τον πληθυσμό χωρίς ταυτόχρονα να προβούμε στην εκχέρσωση δασών καθώς με τον τρόπο αυτό θα προκαλούνταν σημαντική αύξηση των εκπομπών GHG και η ήδη εύθραυστη ισορροπία μεταξύ δασών και γεωργικά καλλιεργήσιμων εκτάσεων θα διαταρασσόταν περαιτέρω με δυσάρεστες αλλά και άγνωστες συνέπειες τόσο για το ανθρώπινο είδος αλλά και τον πλανήτη και την ζωή πάνω σε αυτόν συνολικότερα. Η χρήση λιπασμάτων για την παραγωγή το δυνατό περισσότερης τροφής μπορεί να αποτελέσει ένα τρόπο αποτροπής εκτενέστερης επιβάρυνσης της ατμόσφαιρας με αέρια του θερμοκηπίου όσο οξύμωρο και αν αυτό φαντάζει με την πρώτη ματιά. Προς παράδειγμα παρατίθενται οι προβλεπόμενες εξελίξεις στον τομέα παράγωγης δημητριακών(αναπόσπαστο διατροφικό σκέλος κάθε διαιτολογίου) σε σχέση με την αναμενόμενη πληθυσμιακή έκρηξη καθώς και την αντίστοιχη αύξηση στη χρήση λιπασμάτων και γεωργικών εκτάσεων μεταξύ 1995 και 2030 (*FAO, 2003*)

Συνολική παραγωγή δημητριακών	**+50%**
Πληθυσμός της Γης	**+40%**
Χρήση λιπασμάτων	**+37%**
Καλλιεργούμενες (αροτραίες) εκτάσεις	**+7%**

Προβλεπόμενη κίνηση μεγεθών που επηρεάζουν άμεσα τις παγκόσμια εφαρμοζόμενες πολιτικές στον γεωργικό τομέα.

Παρατηρούμε ότι σε ενδεχόμενη αύξηση του παγκοσμίου πληθυσμού κατά 40% και με αντίστοιχη αύξηση της παράγωγης δημητριακών σε 50% για την κάλυψη των αναγκών που θα δημιουργηθούν θα απαιτηθεί η αύξηση κατά 37% της τρέχουσας χρήσης λιπασμάτων και μια αύξηση των καλλιεργούμενων αροτρέων εκτάσεων σε βάρος των φυσικών κατά 7%.Έτσι οι βιομηχανίες λιπασμάτων ευθύνονται για την παραγωγή αερίων του θερμοκηπίου κυρίως λόγο των παρακάτω παραγωγικών διαδικασιών που επιτελούν:
-Διαδικασία παραγωγής αμμωνίας για αμμωνιακά λιπάσματα
-Διαδικασία παραγωγής νιτρικού οξέως για νιτρικά λιπάσματα
-Διαδικασία παραγωγής φωσφορικού οξέως για φωσφορικά λιπάσματα

Αποτελεί γεγονός ότι με την εφαρμογή των νέων τεχνολογιών έχει περιορίσει δραστικά τις εκπομπές CO_2 και N_2O κατά την παραγωγή αμμωνίας και νιτρικού οξέως. Επιπλέον αναφορικά με την διαδικασία παραγωγής φωσφορικών λιπασμάτων αυτή τείνει να καταστεί ουδέτερη επειδή κατά την σύνθεση του θειικού οξέως παράγεται ενέργεια. Τέλος η εξόρυξη και ο εμπλουτισμός καλιούχων ορυκτών θεωρείται ότι δεν συμμετέχει στην παράγωγη αερίων του θερμοκηπίου GHG.





Εργοστάσια παραγωγής λιμασμάτων μια ακόμα πηγή "αναγκαίων" ρύπων για το περιβάλλον.

1.27 Λίπανση και η μόλυνση των υδροφορέων.

Το νερό.

Το νερό και τα υδάτινα οικοσυστήματα στον πλανήτη αποτελούν την σημαντικότερη πηγή ζωντανών οργανισμών και παίζουν ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο για την βιοποικιλότητα την διατήρηση των ευαίσθητων οικοσυστημάτων και βιογεωλογικών κύκλων. Το νερό σε όλες τις δυνατές μορφές που μπορεί να πάρει (υγρό- στερεό- αέρια μορφή) υπολογίζεται ότι είναι περίπου $14000*10^{21}$ Kg εκ των οποίων το 98% βρίσκεται στην θήλασα ενώ το υπόλοιπο σε μορφές χιονιού και πάγου. Η ποσότητα των γλυκών νερών ποτάμια λίμνες υγρότοποι υπολογίζεται σε $2.5*10^{18}$ Kg ενώ σε μορφή υδρατμών στην ατμόσφαιρα $1.7*10^{16}$ Kg. Τέλος τα υγρά αποθέματα που έχουν εγκλωβιστεί σε στεγανά υπόγεια διαμερίσματα του εδάφους υπολογίζονται σε $250.000*10^{17}$ Kg.

Όπως λέγεται το νερό χαρακτηρίζεται σήμερα ως φυσικός πόρος με ΑΞΙΑ χωρίς αξία.

Ποιότητα νερού και υδρολογικός κύκλος.

Καθώς το νερό κινείται διάμεσου της επιφάνειας της γης προς τι υδάτινες μάζες και την ατμόσφαιρα και πάλι προς τα πίσω για να κλείσει ο κύκλος του νερού, η ποιότητα του συνεχώς μεταβάλλεται. Με την εξάτμιση μόρια του νερού ανέρχονται στην ατμόσφαιρα ως ατμοί εγκαταλείποντας στη γη όλες τις διαλυτές ουσίες σε αυτό. Η ατμόσφαιρα με τη σειρά της απορροφά τα άλατα, αέρια και στερεά σωματίδια που αιωρούνται. Μέρος της βροχής θα πέσει και θα κινηθεί πάνω στην επιφάνεια παρασύροντας σωματίδια και διαλύοντας διάφορες ουσίες. Έτσι τα επιφανειακά νερά περιέχουν εκτός από διαλυμένες ουσίες και αιωρήματα ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του εδάφους από τα οποία περνά(άργιλος, ιλύς, άμμος).Με την ροή παράλληλα τα μεγάλα σωματίδια υποδομούνται σε μικρότερα.

Ειδικά για τα υπόγεια νερά έχουν μεγαλύτερη επίδραση στο έδαφος. Η επίδραση αυτή είναι χημική, φυσική από ορυκτά και αέρια τα οποία διαλύονται σε αυτά. Τα υπόγεια ύδατα κινούνται αργά σε σύγκριση με τα επιφανειακά και παραμένουν χρονικά σε μεγαλύτερη επαφή με το έδαφος και για τον λόγο αυτό είναι πιο πλούσια και έχουν καλυτέρα ποιοτικά χαρακτηριστικά από τα επιφανειακά . Για την κατανόηση της σημαντικότητας και της αξίας του νερού καθώς και του ρόλου που διαδραματίζει είναι το γεγονός ότι το θαλασσινό νερό καλύπτει το 71% της επιφάνειας του πλανήτη ενώ τα εσωτερικά γλυκά νερά δεν ξεπερνούν το 2% της καλυπτόμενης επιφάνειας. Ένα από τα κυριότερα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των νερών είναι η οξύτητα και η αλκαλικότητα (pH) λόγο της διάλυσης αλάτων, διαφόρων οξέων και βάσεων και συμπλόκων μετάλλων και μεταλλοειδών. Στην συμπλοκοποίηση λαμβάνουν μέρος και οργανικές ουσίες με πολύπλοκη δομή όπως χουμικά οξέα φουλβικά οξέα. Τα νερά αλληλεπιδρών με την ατμόσφαιρα και τα εδάφη. Ανάλογα με την αλατότητα των νερών τα θρεπτικά υλικά και την θερμοκρασία τα υδάτινα οικοσυστήματα χαρακτηρίζονται από μεταβολές και φυσικοχημικές αλλαγές. Η ρύπανση των υδατικών συστημάτων είναι αποτέλεσμα της αύξησης του πληθυσμού και την αλματώδη ανάπτυξη της βιομηχανίας καθώς και της εντατικής γεωργίας. Έτσι η μόλυνση των υδάτων από τοξικούς παράγοντες ήταν αναπόφευκτη. Οι κυριότερες μορφές ρύπανσης των υδάτινων συστημάτων από τον τομέα της γεωργίας έχουν να κάνουν με την αλόγιστη, ανορθολογική και χωρίς κανόνες χρήση των φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων, και της νιτρορύπανσης.

1.28 Ρύπανση Υδατικών συστημάτων από αζωτούχα και φωσφορικά λιπάσματα.

Τα αμμωνιακά και νιτρικά άλατα είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών και δημιουργούνται μέσα στην αλυσίδα αντιδράσεων στον κύκλο του αζώτου. Τα νιτρικά άλατα όπως έχει και παραπάνω αναφερθεί αποτελούν μαζί με τα αμμωνιακά άλατα τα κυριότερα είδη αζωτούχων λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται στη γεωργία. Η χρήση αζωτούχων λιπασμάτων από την απαρχή της βιομηχανικής παραγωγής και χρησιμοποίησης τους 1913 έφτασε να 20πλασιστει μέχρι το 1960 σε 20 μεγατόνους και το 2000 ξεπέρασε τους 100 μεγατόνους.
Η χρήση νιτρικών και αμμωνιακών συστημάτων επιφέρει σημαντικά προβλήματα ρύπανσης των νερών που επηρεάζουν τα υδρόβια ζώα τα οικοσυστήματα και την υγεία του ανθρώπου. Από έρευνες που έχουν γίνει τα νιτρικά που συγκεντρώνονται στο στομάχι μετατρέπονται σε νιτρώδη τα οποία όταν αντιδράσουν με δευτεροταγείς αμινέα δηλαδή προϊόντα διάσπασης κρέατος ή πρωτεϊνών παράγουν N-νιτροδοαμίνες οι οποίες είναι γνώστες καρκινογόνες ουσίες.
Ο ευτροφισμός είναι μια ακόμα αρνητική συνέπεια της αυξημένης ρύπανσης των νερών από αζωτούχα και φωσφορικά λιπάσματα και απορρυπαντικά. Ο ευτροφισμός σε λίμνες, ποτάμια και γενικότερα στα υδάτινα οικοσυστήματα είναι αποτέλεσμα αύξησης των νιτρικών φωσφορικών αλλά και άλλων θρεπτικών υλικών που αυξάνουν υπέρμετρα την παράγωγη οργανικής ύλης με αποτέλεσμα αυτά να καταναλώνουν το διατιθέμενο οξυγόνο του νερού εκτοπίζοντας έτσι άλλους οργανισμούς.

1.29 Ρύπανση υδάτινων συστημάτων από τα φυτοφάρμακα.

Τα φυτοφάρμακα είναι κατηγορία περιβαλλοντικών ρύπων που βρίσκονται σε υψηλές συγκεντρώσεις στα νερά πολλών ποταμών λιμναίων και παράκτιων περιοχών και είναι αποτέλεσμα έκπλυσης υπολειμμάτων από τις γεωργικές εκμεταλλεύσεις.

Ορισμός φυτοφάρμακα
Φυτοφάρμακα ονομάζονται μια σειρά από φάρμακα, χημικές ουσίες που παρασκευάζονται με σκοπό την αποτελεσματική καταπολέμηση των εχθρών των φυτών. Αποτελούν δυνατά δηλητήρια και είναι προϊόντα υψηλής τεχνολογίας που δρουν σκοτώνοντας τους φυτικούς οργασμούς που βλάπτουν τις καλλιέργειες.

Είδη φυτοφαρμάκων
Τα φυτοφάρμακα χωρίζονται σε τρείς κατηγορίες:
-***Ζιζανιοκτόνα*** : καταστρέφουν τα αγριόχορτα που αναπτύσσονται στις καλλιέργειες και "πνίγουν τα φυτά".
-***Εντομοκτόνα*** : καταστρέφουν τα έντομα που κατατρώνε τα διάφορα μέρη του φυτού.
-Παρασιτοκτόνα ή Μυκητοκτόνα : που καταστρέφουν τα ζωικά ή φυτικά παράσιτα που ζουν στα φυτά και τρέφονται εις βάρος τους.

Χρησιμότητα των φυτοφαρμάκων.

Η χρησιμότητα των φυτοφαρμάκων στη σύγχρονη γεωργία με τις σημερινές συνθήκες και τις κατάλληλες προϋποθέσεις και πρακτικές είναι αναγκαία για την στήριξη της αγροτικής παραγωγής.

Τα φυτοφάρμακα όταν χρησιμοποιούνται στην σωστή αναλογία συμβάλλουν στη αύξηση της αγροτικής παραγωγής και στη βελτίωση της ποιότητας των αγροτικών προϊόντων αφού καταστρέφουν βλαβερούς μικροοργανισμούς που εμποδίζουν την ανάπτυξη των φυτών ή τους μικροοργανισμούς που μολύνουν τα προϊόντα και καταστρέφουν την παραγωγή.

Επιπλέον τα φυτοφάρμακα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επιβράδυνση ή την επιτάχυνση της αγροτικής παραγωγής ανάλογα με τις ανάγκες του παραγωγού ώστε να μπορέσει να προλάβει τις καιρικές συνθήκες .

Κατηγορία	2000	2001	2002
Ζιζανιοκτόνα	2305	2370	2131
Μυκητοκτόνα	2474	3125	3072
Εντομοκτόνα	2362	3098	2529
Λοιπά	1442	1380	793
Σύνολο	8583	9973	8525

Χρήση φυτοφαρμάκων στη χώρα μας κατά κατηγορία τα έτη 2000-2002 εκφρασμένη σε τόνους.

Οι κυριότερες κατηγορίες που απαντώνται ως ρύποι στα νερά είναι τα οργανοχλωριομένα φυτοφάρμακα, τα οργανοφωσφορικά, τα καρβαμιδικά και πυρεθροειδή. Επίσης σημαντικές ποσότητες συναντούμε στα υπόγεια ύδατα που σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται μέσω γεωτρήσεων για την υδροδότηση. Τα τελευταία 50 χρόνια υπήρξε αλματώδης ανάπτυξη των φυτοφαρμάκων που χρησιμοποιούνται στον γεωργικό τομέα. Οι κυριότεροι καταναλωτές είναι οι καλλιέργειες σιτηρών ρυζιού, αραβόσιτου, βάμβακα, σόγιας και καπνού καταναλώνοντας το 50% των αγροτικών φυτοφαρμάκων. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία φυτοφαρμάκων για τις διάφορες χρήσεις όπως εντομοκτόνα, ζιζανιοκτόνα μυκητοκτόνα καλύπτοντας τους διαφορετικούς τρόπους με τους οποίους είναι δυνατόν να υπάρξει προσβολή του φυτού και της καλλιέργειας εν γένη.

Παρά την αποδεδειγμένη ρύπανση του περιβάλλοντος και των τροφίμων από τα φυτοφάρμακα δεν έχει καταστεί δυνατή η αντικατάσταση ή περιορισμός αυτών καθώς διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στην προστασία των φυτών και την αύξηση της αγροτικής παραγωγής

Η πρόοδος στον τομέα των φυτοφαρμάκων με την χρήση νέων τεχνολογιών έχει να κάνει με την δημιουργία τριών τάσεων με σκοπό :
-την τμηματική αντικατάσταση και απαγόρευση των πιο τοξικών και μη βιοδιασπώμενων από τα φυτοφάρμακα αυτά
-την εισαγωγή νέων βιοδιασπώμενων φυτοφαρμάκων χαμηλότερης τοξικότητας
- την διαμόρφωση τεχνικών ολικής διαχείρισης παρασίτων και ζιζανίων με ανάμικτες τεχνικές όπως την αγρανάπαυση και τα δολοματικά εντομοκτόνα που αποτελούν την απάντηση στα άκρως επικίνδυνα φυτοφάρμακα με την χρήση βιολογικών πρακτικών (IPM Intergraded Pesticide Management).

Τα εντομοκτόνα στην βιολογική γεωργία.

Όπως έχει αναφερθεί ξανά στην εν λόγο εργασία τα εντομοκτόνα και η χρήση αυτών αποτελούν "αναγκαίο κακό" καθώς ο ρόλος τους είναι ιδιαίτερα κρίσιμος και η πλήρης αντικατάσταση προϊόντων για την αντιμετώπιση των επιβλαβών εντομών που πλήττουν ανεπανόρθωτα τις καλλιέργειες είναι μη εφικτή. Τα εντομοκτόνα νέας γενιάς είναι σκευάσματα που η δραστική τους ουσία είναι φυτικής ή σε μεγάλο ποσοστό φυσικής προέλευσης και μη τοξικά όπως άλατα λιπαρών οξέων, ο βάκιλος Θουριγγίας, παραφινέλαια, ορυκτέλαια κτλ. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η μείωση της τοξικότητας των φυτοφαρμάκων παλαιότερης γενιάς και έτσι καθίστανται περισσότερο φιλικά για τις καλλιέργειες, το έδαφος τους υδροφόρες τον άνθρωπο, τα ζώα και το ευρύτερο περιβάλλον εν γένη.

Τα εντομοκτόνα νέας γενιάς μπορούν να καλύψουν σχεδόν όλο το φάσμα των εχθρών που απειλούν τις καλλιέργειες όπως και τα παραδοσιακά. Τα κυριότερα εμπορικά σκευάσματα που κυκλοφορούν στην αγορά είναι:

ROTENA (ροτενόνη) / OIKOS (αζαντιραχτίνη) / NEEMAZAL (αζαντιραχτίνη)/ ACARIDOIL(άλατα λιπαρών οξέων) / DUXON (άλατα λιπαρών οξέων) / SAVONA (άλατα λιπαρών οξέων) / AGREE (βάκιλος Θουριγγίας) / BACTOSPEINE (βάκιλος Θουριγγίας) / BACTECIN (βάκιλος Θουριγγίας) / BATHURIN (βάκιλος Θουριγγίας) / BACTOIL (βάκιλος Θουριγγίας) / BMP123 (βάκιλος Θουριγγίας) / DIPEL (βάκιλος Θουριγγίας) / FORAY (βάκιλος Θουριγγίας) / XENTARI (βάκιλος Θουριγγίας) / NATURALIS (bauveria basiana),

Πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι μπορεί τα φυτοφάρμακα νέας γενιάς να είναι σαφώς πιο φιλικά προς το περιβάλλον και τις καλλιέργειες, μειώνοντας έτσι τα επίπεδα τοξικών ουσιών που εισέρχονται στα οικοσυστήματα μέσα από την διαδικασίες εντατικής καλλιέργειας ωστόσο προσοχή πρέπει να δίνεται ώστε να αποφεύγονται φαινόμενα υπερκατανάλωσης και αλόγιστης σπατάλης αώτων καθώς δεν είναι εντελώς αθώα και ακίνδυνα. Απλώς μειώνουν σημαντικά τα τοξικά και επικίνδυνα συστατικά που εναποτίθενται στα οικοσυστήματα. Ένα ακόμα πλεονέκτημα των εν λόγο εντομοκτόνων είναι ότι οι δραστικές ουσίες έχουν μικρή διάρκεια ζωής και δράσης περίπου 10 ημερών και μπορούν να εξαλειφτούν με το νερό εύκολα.

Εναλλακτικά και σε καλλιέργειες μεγάλου μεγέθους υπάρχουν τεχνικές πλήρους φυσικής καταπολέμησης των εντόμων όπως η απελευθέρωση ωφέλιμων εντόμων που δρουν ανταγωνιστικά-κυρίαρχα ως προς τα επιβλαβή-εχθρούς των καλλιεργειών καθώς και η χρήση ειδικών παγίδων που εγκλωβίζουν τα έντομα. Η αρχή λειτουργιάς αυτών είναι η χρήση κάποιου ελκυστικού τροφικού ή φερορμονικού το οποίο λειτούργει ως μαγνήτης και "τραβάει" τα έντομα παγιδεύοντας τα εντός ή πάνω στην παγίδα με αποτέλεσμα τελικά τον θάνατο τους. Στην αγορά κυκλοφορούν αρκετοί τύποι για μεγάλο φάσμα εχθρών.

Γενικότερα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και άλλες τεχνικές που δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον όπως παγίδες κόλλας ή παγίδες φερορμονών όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα ωστόσο πρέπει να σημειωθεί ότι από μόνες τους δε αρκούν αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν βοηθητικά για τον περιορισμό των επικίνδυνων φυτοπροστατευτικών προϊόντων είτε συμβατικών είτε βιολογικών.



Παγίδα φερομόνης σε ελιά για τον έλεγχο των πληθυσμών του πυρηνοτρήτη



Παγίδα κόλλας σε ελιά για τον έλεγχο του πληθυσμού του δάκου

Τα μυκητοκτόνα

Στα μυκητοκτόνα συγκαταλέγονται ο χαλκός και το θειάφι και είναι τα δυο βασικά μυκητοκτόνα που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε σε διάφορες ασθένειες που πιθανόν παρουσιαστούν στα φυτά. Κυκλοφορούν αρκετά σκευάσματα στην αγορά, προσοχή ωστόσο πρέπει να δοθεί ειδικά για τα μυκητοκτόνα χαλκού καθώς η εκτός ορίων χρήση του μπορεί να εξαφανίσει τελείως την ζωή από το έδαφος.

1.30 Ρύπανση των υδάτινων συστημάτων από ενδοκρινικούς διαταράκτες.

Η ρύπανση του εδάφους και των υδάτινων συστημάτων από τα φυτοφάρμακα έχει ως συνέπεια την διείσδυση και διασπορά μέσω της τροφικής αλυσίδας των ενεργών συστατικών αυτών. Τα ενεργά συστατικά των φυτοφαρμάκων έχουν ανιχνευτεί σε ιστούς και όργανα ζωών και φυτών και ευθύνονται για εκτεταμένες βλάβες στο πρωτεϊνικό υπόστρωμα των ενζύμων και στο DNA καθώς τα φυτοφάρμακα αναστέλλουν τις ενζυμικές λειτουργίες . Επιπρόσθετα οι χημικές αυτές ουσίες παρουσιάζουν οιστρογόνο δράση. Τέτοιες ουσίες οι οποίες περιέχονται στα φυτοφάρμακα είναι το chlordecone, το o,p-DDT, τα χλωριωμένα διφαινύλια PCBs που δρουν μέσω οιστρογονικών υποδοχεων, οι διοξίνες(dioxins) και τα Endosulfan που δρουν ως αντί-οιστρογόνα. Άλλα φυτοφάρμακα που προκαλούν οιστρογονικές διαταραχές με τις ουσίες που περιέχουν είναι τα Atrazine, Diurion, Simazine, Endrin και Bisphenol A ουσίες των οποίων παρατηρήθηκαν στα ουρά των ανθρώπων. Στην ανθρωπινή υγεία οι μεγαλύτερες ποσότητες ουσιών με οιστρογόνο δράση εισέρχονται στον οργανισμό μέσω της διατροφής.

1.31 Ρύπανση του εδάφους από τα φυτοφάρμακα.

Ορισμός :Ρύπανση του εδάφους.

Με τον όρο ρύπανση του εδάφους εννοούμε την οποιαδήποτε ανεπιθύμητη αλλαγή στα φυσικά, χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά του εδάφους η οποία είναι ή μπορεί υπό προϋποθέσεις να γίνει ζημιογόνος για τον άνθρωπο και τους υπόλοιπους φυτικούς και ζωντανούς οργανισμούς. Η ρύπανση του εδάφους αναφέρεται κύρια στις αγροτικές περιοχές και τα εδάφη της υπαίθρου. Αυτή δημιουργείται από την χρήση σύγχρονων γεωργικών τεχνικών όπως η χρήση χημικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων. Τα χημικά λιπάσματα περιέχουν ίχνη από τοξικά μέταλλα και μεταλλοειδή τα οποία παραμένουν στο έδαφος και συσσωρεύονται στους επιφανειακούς και υπόγειους ορίζοντες, ιδιαίτερα στις περιοχές κοντά στις ρίζες. Τα εδάφη εκτός των άλλων είναι εκτεθειμένα σε όλους τους δυνατούς ρύπους, γεωργικούς και μη, που δημιουργούνται από τον άνθρωπο και την φύση. Οι ρύποι αυτοί και με τις βροχοπτώσεις διέρχονται από το έδαφος και καταλήγουν στην υδατόσφαιρα και μέσω των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων οδηγούνται στις θάλασσες.

Επιπτώσεις της γεωργίας στο έδαφος.

Το έδαφος αποτελεί ένα δυναμικό ζωντανό σύστημα στο οποίο λαμβάνουν χώρα σημαντικές βιογεωχημικές διεργασίες. Όμως η πορεία σχηματισμού του εδάφους είναι τόσο βραδεία ώστε να θεωρείται ως μη ανανεώσιμος φυσικός πόρος. Η εντατικοποίηση της γεωργίας οδήγησε τους καλλιεργητές στην υπερβάλλουσα χρήση των μέσων παραγωγής όπως γεωργικά μηχανήματα και την κατασπατάληση φυσικών πόρων όπως άρδευση καθώς και στην εκτεταμένη χρήση αγροχημικών .

Τα βασικότερα προβλήματα από την υποβάθμιση του εδάφους είναι η συμπίεση και η καταστροφή της δομής του, η μείωση της γονιμότητας η αύξηση της αλατότητας και η οξίνιση. Επιπρόσθετα η ρύπανση με λιπάσματα και φυτοφάρμακα και η διάβρωση από αυτά.



Διάβρωση του εδάφους λόγο οξίνισης.

1.32 Επιπτώσεις και παρεχόμενες δυνατότητες από την μηχανική καλλιέργεια του εδάφους.

Τα γεωργικά μηχανήματα και η χρησιμοποίησή τους από τους αγρότες έχουν φέρει πραγματική επανάσταση στο χώρο της γεωργίας Για να εφαρμοστεί μια σωστή ανώτερη και σύμφωνη με την τεχνολογική εξέλιξη γεωργική πολιτική, θα πρέπει και οι αγρότες να έχουν τον αντίστοιχο επιστημονικό εξοπλισμό. Αυτό φυσικά δεν μπορεί να γίνει από τη μια μέρα στην άλλη, για πολλούς λόγους. Το μορφωτικό επίπεδο των αγροτών μας δεν είναι και πολύ ανεβασμένο. Οι νέες γενιές, όμως, των αγροτών πρέπει να αποκτούν συνέχεια όλο και περισσότερες γνώσεις. Γι' αυτό, η σωστή και υπεύθυνη επαγγελματική εκπαίδευση των αγροτών, έχει πολύ μεγάλη σημασία. Οι νέοι αγρότες, πρέπει να είναι σε θέση να αφομοιώνουν τη νέα τεχνολογία, να χειρίζονται εύκολα τα γεωργικά μηχανήματα και να γνωρίζουν τη χρήση των διαφόρων φυτοφαρμάκων, ζιζανιοκτόνων, γιατί και πολλά είναι και επικίνδυνα. Η δημιουργία, η ίδρυση σχετικών σχολών θα βοηθήσει αφάνταστα τους αγρότες μας. Με την μηχανική κατεργασία του εδάφους από τους καλλιεργητές επιδιώκετε η βελτίωση της δομής του όμως πολλές φορές και υπό λανθασμένες τεχνικές καταλήγουν στην υποβάθμιση του.

Η εισαγωγή βαρέων και μεγάλων εξειδικευμένων μηχανημάτων χρησιμοποιούμενα κυρίως για την άροση έχει ως αποτέλεσμα την καταστροφή του εδάφους λόγο της συντελούμενης συμπίεσης του. Με την χρήση των μηχανημάτων αυτών σχηματίζεται στο υπέδαφος ένα αδιαπέραστο στρώμα εδάφους και αυτό έχει ως συνέπεια τον ελλειπή αερισμό του, την μείωση της υδατοπερατότητας και διηθητικότητας του καθώς επίσης και την βλάβη του ενεργού ριζοστρώματος των καλλιεργούμενων φυτών. Επιπρόσθετα η συνεχής κατεργασία του εδάφους επιφέρει την οξείδωση της οργανικής ουσίας με άμεση συνέπεια την υποβάθμιση και τον περιορισμό των παραγωγικών δυνατοτήτων αυτού.

Οι παραπάνω ανθρωπογενείς μεταβολές εκτός από την επίδραση που έχουν στην απόδοση των καλλιεργειών εντείνουν περισσότερο την διάβρωση του. Προβλήματα παρατηρούνται και από την χρήση των γεωργικών ελκυστήρων που η αδυναμία τους να ακολουθήσουν την πορεία της άροσης αυξάνει την διάβρωση και δημιουργούνται οι συνθήκες για την ταχεία απομάκρυνση του επιφανειακού εδάφους. Ωστόσο περά από τα μειονεκτήματα και τις βλάβες που επιφέρει η αλόγιστη χρήση των μηχανημάτων τα πλεονεκτήματα που παρέχει η εκμηχάνιση και η εισαγωγή των νέων τεχνολογιών στο πλευρό των καλλιεργητών σε συνδυασμό με την καλή εκπαίδευση και την τεχνική κατάρτιση αυτών είναι ασύγκριτα. Χαρακτηριστικότερο όλων είναι η μεγάλη μείωση του κόστους στο σύνολο των διενεργούμενων δραστηριοτήτων από την άροση και την ισοπέδωση μέχρι την συγκομιδή καθώς και η ελαχιστοποίηση του χρόνου των εργασιών με την ταυτόχρονη αύξηση των αποδόσεων.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό παράδειγμα την εισαγωγής νέων τεχνολογιών στον αγροτικό τομέα με εκπληκτικά αποτελέσματα είναι και αυτό στα μηχανήματα ισοπέδωσης και άροσης. Τα μηχανήματα ισοπέδωσης είναι αυτοκινούμενα ή παρελκόμενα από γεωργικούς ελκυστήρες και μετατρέπονται σε ημιφερόμενα κατά την διάρκεια των αγροτικών εργασιών. Τα σύγχρονα ισοπεδωτικά μηχανήματα είναι εξοπλισμένα με κατάλληλες ηλεκτρονικές διατάξεις και έχουν την δυνατότητα να εργάζονται με μεγάλη ακρίβεια. Η ανάγκη χρησιμοποίησης των μηχανημάτων αυτών είναι αποτέλεσμα του συνεχούς αυξανόμενου όγκου των εργασιών εντός καθορισμένου χρονικού ορίου καθώς υπάρχει ανάγκη να ισοπεδωθούν μεγάλες εκτάσεις σε μικρό χρονικό διάστημα..Επιπρόσθετη ανάγκη είναι οι εργασίες αυτές να γίνονται με το δυνατό μικρότερο κόστος. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η εφαρμογή ισοπέδωσης με χρήση laser για επίτευξη ισοπέδωσης ακριβείας και τυγχάνει ευρείας εφαρμογής πλέον στον Ελληνικό αγροτικό τομέα.(καλλιέργεια ρυζιού, βιομηχανικής ντομάτας).



Αρχική φαση της ισοπέδωσης κατα μηκος Χ και κατα πλατος Υ της επιφανειας.



Περιμετρική ισοπέδωση η τελική φάση της ισοπέδωσης.

Ένα παράδειγμα της χρήσης νέων τεχνολογιών με εφαρμογή στην διαδικασία της ισοπέδωσης είναι και το παραπάνω όπου με χρήση GPS και laser είναι δυνατό να μετρώνται και να προσαρμόζονται κάθε φορά μεγέθη όπως η απαιτουμένη ακρίβεια των κινήσεων μέσα στο χωράφι η καταγραφή της θέσης, της στιγμιαίας και μέσης ταχύτητας του αγροτικού μηχανήματος και η καταγραφή της ήδη καληφθείσας διαδρομής .

Επιπρόσθετα δίνονται άμεσες μετρήσεις που αφορούν μηχανολογικά μέρη των μηχανημάτων όπως η ακριβής θερμοκρασία η κατανάλωση βενζίνης, λαδιών και έτσι μπορεί να επιτευχτεί η συνολικά βέλτιστη δομή της εργασίας της ισοπέδωσης ή της άροσης στον ελάχιστο χρόνο με μείωση του κόστους εργασίας.

Με την χρήση των μηχανημάτων επιτυγχάνονται:
-καλυτέρα ποσοστά φυτρωτικότητας του σπόρου (ομοιόμορφη σπορά και ομοιογενής ωρίμανση των καρπών)
-καλύτερος έλεγχος ζιζανίων και αποτελεσματικότερη εφαρμογή λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων
-αύξηση της καλλιεργήσιμης γης λόγο μείωσης των αναχωμάτων κατά 3-5%.
-μεγαλύτερη παραγωγή με αύξηση κατά 40% σε σχέση με μη ισοπέδωση ακριβείας
-καλύτερη κατανομή ύδατος, αποστράγγισης, και θρεπτικών στα εδάφη
-εξοικονόμηση νερού και μείωση του κόστους παράγωγης κατά 6-15% με ταυτόχρονη αύξηση της αρδευτικής απόδοσης μέχρι και 50%
-μείωση των εργατικών χεριών

Αντίστοιχα μηχανήματα για πληθώρα αγροτικών εφαρμογών όπως της κοπής, ανάδευσης και της δραματοποίησης έχουν αναπτυχτεί. Οι παραπάνω ανθρωπογενείς μεταβολές εκτός από την επίδραση που έχουν στην απόδοση των καλλιεργειών εντείνουν περισσότερο την διάβρωση του. Προβλήματα παρατηρούνται και από την χρήση των γεωργικών ελκυστήρων που η αδυναμία τους να ακολουθήσουν την πορεία της άροσης αυξάνει την διάβρωση και δημιουργούνται οι συνθήκες για την ταχεία απομάκρυνση του επιφανειακού εδάφους.

1.33 Ερημοποίηση

Ορισμός: Ερημοποίηση.

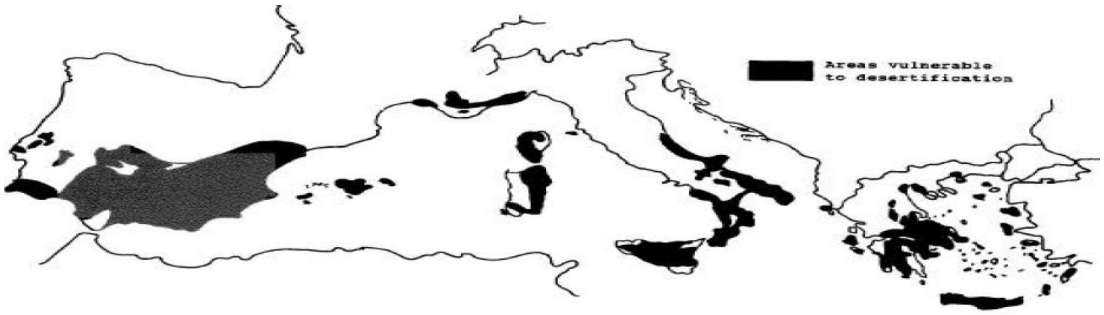
Ερημοποίηση ορίζεται ως γεγονός η μετατροπή της γης από κάποιο δεδομένο παραγωγικό επίπεδο σε συνθήκες που θυμίζουν έρημο.

Επιπλέον

Ο μετασχηματισμός άγονών και ημι αγόνων περιοχών σε ερήμους από την ανθρώπινη εκμετάλλευση που συχνά επιταχύνεται από περιοδική ξηρασία, μια διεργασία συντηρούμενης υποβάθμισης της γης (εδάφους και βλαστήσεως) προς άγονες, ημι-άγονες και ξηρές περιοχές που προκαλείται τουλάχιστον εν μέρει από τον άνθρωπο. Η εξέλιξη αυτή επιφέρει μείωση του παραγωγικού δυναμικού σε τέτοιο βαθμό που δεν μπορεί εύκολα να αναστραφεί ούτε να αναμορφωθεί χωρίς σημαντική επένδυση. Η ερημοποίηση αντιμετωπίζεται ως ένας παράγοντας βλάβης του περιβάλλοντος εξίσου σημαντικός με το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η καταστροφή που προκαλεί αποτελεί μη αναστρέψιμο γεγονός που την διαφοροποιεί από το φαινόμενο της ξηρασίας Η ερημοποίηση απειλεί σήμερα, σε παγκόσμια κλίμακα, ευρύτατα γεωγραφικά συστήματα όπου το έδαφος έχει φτάσει σε τελικό στάδιο υποβάθμισης και αδυνατεί να παρέχει στους έμβια οργανισμούς τον απαραίτητο ζωτικό χώρο, το απαραίτητο νερό και θρεπτικά συστατικά που χρειάζονται.

Χαρακτηρίζεται δε ως " έρπουσα καταστροφή" αφού δεν αναγνωρίζεται παρά μόνο όταν η εξαλλοίωση προχωρήσει σε βάθος και επιφέρει την υποβάθμιση της γονιμότητας και της παραγωγικότητας του εδάφους. Η ερημοποίηση ως διαδικασία χαρακτηρίζεται από σταδιακές αλλαγές στην βιολογική παραγωγικότητα και αποτελεί διεργασία συντηρούμενης υποβάθμισης της γης και μείωσης της βιοποικιλότητας.

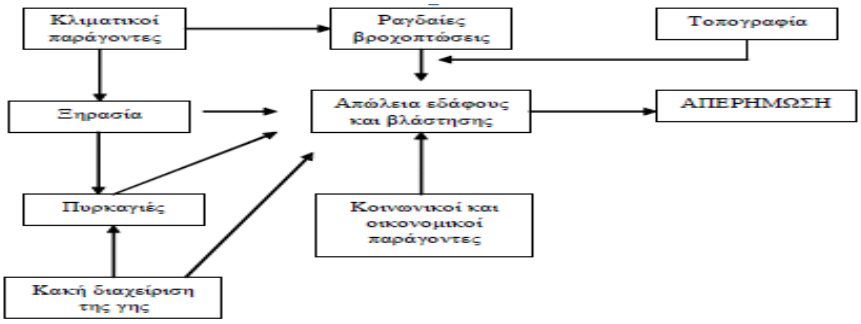
Το φαινόμενο μπορεί να επεκτείνει τα ερημικά περιθώρια ή να εντατικοποιήσει τις ερημικές συνθήκες σε ξηρές περιοχές.



Περιοχές ευαίσθητες στην ερημοποίηση στην νότια Ευρώπη όπου φαίνετε η έκταση του φαινόμενου στην Ελλάδα σε σχέση με τις υπόλοιπες ευρωπαϊκές μεσογειακές χώρες.

Επιπρόσθετα δεν θα πρέπει να παραλείψουμε ότι η ερημοποίηση είναι μια διαδικασία αυτό-επιταχυνόμενη και είναι ιδιαίτερα δύσκολη και κοστοβόρα η έστω μερική επανόρθωση του προβλήματος που καθιστά απαγορευτική κάθε σκέψη για επέμβαση και αναστροφή της ήδη συντελεσθείσας κατάστασης όπου αυτή έχει επέλθει. Για τον λόγο αυτό μεγάλη σημασία χρειάζεται να δοθεί στην πρόληψη και το δυνατό επιβράδυνση της περαιτέρω εξάπλωσης του φαινομένου αυτού. Το φυσικό αυτό φαινόμενο απειλεί ιδιαίτερα την χώρα μας και γενικότερα την λεκάνη της μεσογείου. Το φαινόμενο της ερημοποίησης υποβαθμίζει την ποιότητα των εδαφών μετατρέποντας αυτές σε άγονες εκτάσεις. Η ερημοποίηση αποτελεί στην ουσία το τελικό στάδιο καταστροφής του εδάφους αφού απομακρύνει σταδιακά κάθε μορφή βλάστησης και αφαιρει την δυνατότητα του εδάφους να κατακρατεί το νερό και άρα αφαιρει την ικανότητα του να συντηρήσει οποιασδήποτε μορφής ζωής.

Οι κυριότεροι παράγοντες που συντελούν στην σταδιακή ερημοποίηση των εδαφών είναι μεταξύ άλλων:
-Η ανθρώπινη παρέμβαση στο περιβάλλον :αυτή περιλαμβάνει την υπερεκμετάλλευση των φυσικών πόρων, την εντατικοποίηση των καλλιεργειών, τις ακατάλληλες τεχνικές χρήσης γης, την υπερβόσκηση καθώς και την αποδάσωση.
-Η επίδραση του κλίματος στην επιφάνεια της γής : αυτή σχετίζεται με την μείωση των βροχοπτώσεων , τις υψηλότερες θερμοκρασίες με ακολουθούμενες μεγάλες περιόδους ξηρασίας, καθώς και τις μεγάλες ταχύτητες του ανέμου.



Βασικές ανθρωπογενείς και μη αιτίες της ερημοποίησης.

Το πρόβλημα της ερημοποίησης των εδαφών ίσως δεν είναι εύκολα αντιληπτό καθώς η ερημοποίηση δρα με πολύ αργούς ρυθμούς. Τέτοια μορφή ρύπανσης όπως και πολλές από τις προηγούμενες που περιγράφηκαν παραπάνω δεν είναι εύκολα αντιληπτές και όπως λένε οι Αμερικάνοι όταν ένα φαινόμενο όταν δεν αποκαλύπτεται άμεσα μπροστά στα μάτια μας δεν απασχολεί και το μυαλό μας με χαρακτηριστική την έκφραση: "Out of sight,out of mind". Ωστόσο με μεθόδους τηλεπισκόπησης και καταγραφής του φαινομένου μέσω δορυφορικών εικόνων δημιουργήθηκαν χάρτες βλάστησης όπου μπορεί εύκολα κάνεις να παρατηρήσει την εξέλιξη, την μεταβολή και την επίδραση της ερημοποίησης στα άλλοτε γόνιμα εδάφη.



Έδαφος επηρεασμένο από το φαινόμενο της ερημοποίησης.

Χαρακτηριστικά των περιοχών όπου ευνοείται η ερημοποίηση των εδαφών είναι ο αυξημένος αριθμός των παρατηρούμενων περιόδων καύσωνα με παράλληλη αύξηση στον αριθμό και την διάρκεια καιρικών φαινομένων όπως παρατεταμένες βροχοπτώσεις που οδηγούν σε πλημμύρες καθώς και τις συχνές εναλλαγές περιόδων ψύχους με καύσωνες. Η ερημοποίηση εμφανίζεται σε όλες τις Ηπείρους εκτός από την Ανταρκτική και επηρεάζει την ζωή εκατομμυρίων ανθρώπων ιδίως αυτών που διαβιούν σε ξερές και άνυδρες περιοχές του πλανήτη. Το φαινόμενο της ερημοποίησης αφορά και την Ευρώπη με περιοχές της μεσογειακής λεκάνης να αντιμετωπίζουν σπουδαίο πρόβλημα και χώρες όπως η Ελλάδα, η Ιταλία, η Ισπανία και η Πορτογαλία να απειλούνται άμεσα. Η ερημοποίηση σήμερα επηρεάζει άμεσα 3,6 δισεκατομμύρια εκτάρια γης που καθίστανται ακατάλληλα προς καλλιέργεια με αυξανόμενο ρυθμό της τάξης των 12 εκατομμυρίων εκταρίων γης κάθε χρόνο. Το ποσό αυτό για να γίνει αντιληπτό αποτελεί το 1/4 της συνολικής επιφάνειας της ξηράς. Η έλλειψη νερού ειδικά σε χώρες σαν την Ελλάδα αποτελεί κυρίαρχο περιβαλλοντικό πρόβλημα και συνδέεται άμεσα με τις αλλαγές στις χρήσεις γης.

Στην Ελλάδα υπολογίστηκε πρόσφατα ότι από το 20% που ήταν πριν από μερικά χρόνια ο αγροτικός πληθυσμός, έπεσε στο 12% λόγο σοβαρής υποβάθμισης της γεωργικής γης και τον οδήγησε σε εσωτερική τουλάχιστον μετανάστευση.

Το πρόβλημα της ερημοποίησης στη Ελλάδα.

Η ερημοποίηση των Ελληνικών γαιών δεν είναι ένα άγνωστο φαινόμενο. Αποτελεί διαδικασία συνεχώς εξελισσόμενη επί τρεις χιλιετίες και αφορά την εξάντληση της παραγωγικότητας των εδαφών και των διαθέσιμων υδατικών αποθεμάτων.

Η υποβάθμιση αυτή συμβαίνει κυρίως στη ζώνη εξάπλωσης της ελιάς ενός ευρέως καλλιεργούμενου φυτού στον Ελλαδικό χώρο, και έχει επεκταθεί σε περισσότερο του 20% της συνολικής της έκτασης της χώρας. Οι απειλούμενες από ερημοποίηση περιοχές ανέρχονται στο 30% της συνολικής έκτασης της χώρας ενώ το 49% βρίσκεται σε στάδιο πιθανής ερημοποίησης.

Μεγαλύτερο πρόβλημα παρουσιάζουν περιοχές όπως η Κρήτη, η Λέσβος, η Ανατολική Στερεά, η Πελοπόννησος και αρκετά σημεία της Θεσσαλίας και της Θράκης. Την ερημοποίηση ευνοούν οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην Ευρωπαϊκή Μεσόγειο ωστόσο επιταχύνεται ραγδαία λόγο της αλόγιστης ανθρώπινης επέμβασης με την υπερεκμετάλλευση εδαφικών και υδατικών και φυσικών πόρων κυρίως λόγο της βιομηχανοποίησης των αγροτικών εκμεταλλεύσεων.

Παράγοντες Ερημοποίησης στην Ελλάδα.

Οι παράγοντες που επιδρούν στο φαινόμενο της ερημοποίησης στην χωρά μας είναι κυρίως:
-Οι ημιερηματικές κλιματικές συνθήκες που επηρεάζουν το 54% της χώρας.
-Τα φτωχά πετρώδη και αβαθή εδάφη με μεγάλο δείκτη διαβρωσιμότητας.
-Η μη ομαλή τοπογραφία και οι μεγάλες κλίσεις του εδάφους.
-Η έντονη υποβάθμιση και καταστροφή της βλάστησης από την υπερεκμετάλλευση των εδαφών αλλά και των συχνών πυρκαγιών.
-Η έλλειψη ορθολογικής εκμετάλλευσης των υδατικών πόρων
-Η συγκέντρωση της οικονομικής δραστηριότητας του πληθυσμού στις πεδινές και παραθαλάσσιες περιοχές.

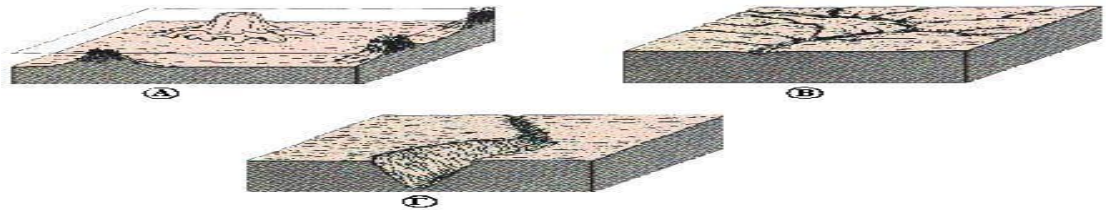
Διαδικασίες Ερημοποίησης στην Ελλάδα.

Οι διαδικασίες που οδηγούν μια ήδη ευαίσθητη περιοχή σε περαιτέρω υποβάθμιση λόγο του φαινομένου της ερημοποίησης διακρίνεται σε τρεις κατηγορίες:

Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τον περιορισμό του ριζοστρώματος και υπεύθυνη για την διαδικασία αυτή είναι η διάβρωση του εδάφους με αργούς ρυθμούς ωστόσο η επέμβαση του ανθρώπου με την εκτεταμένη καλλιεργητική επέμβαση και την εκρίζωση της υφιστάμενης φυτοκάλυψης την επιταχύνει με καταστροφικούς ρυθμούς.

Η δεύτερη κατηγορία διαδικασιών είναι αυτές που συντελούν στην μείωση του διαθέσιμου νερού. Αυτές είναι η μείωση των βροχοπτώσεων, η εξάντληση των αποθεμάτων υπόγειων υδάτων και ο περιορισμός της υδατοχωρικότητας των εδαφών.

Η τρίτη κατηγορία διαδικασιών είναι αυτές που οδηγούν στην χημική υποβάθμιση του εδάφους. Τέτοιες είναι η αλάτωση - αλκαλίωση, η χημική ρύπανση κυρίως με τοξικές ουσίες και η οξίνιση του εδάφους. Σοβαρότερη είναι η απειλή της χημικής υποβάθμισης του εδάφους και ερημοποίησης στη χώρας μας προερχόμενη από την δευτερογενή αλάτωση που προκαλείται από την μη ορθολογική άρδευση.

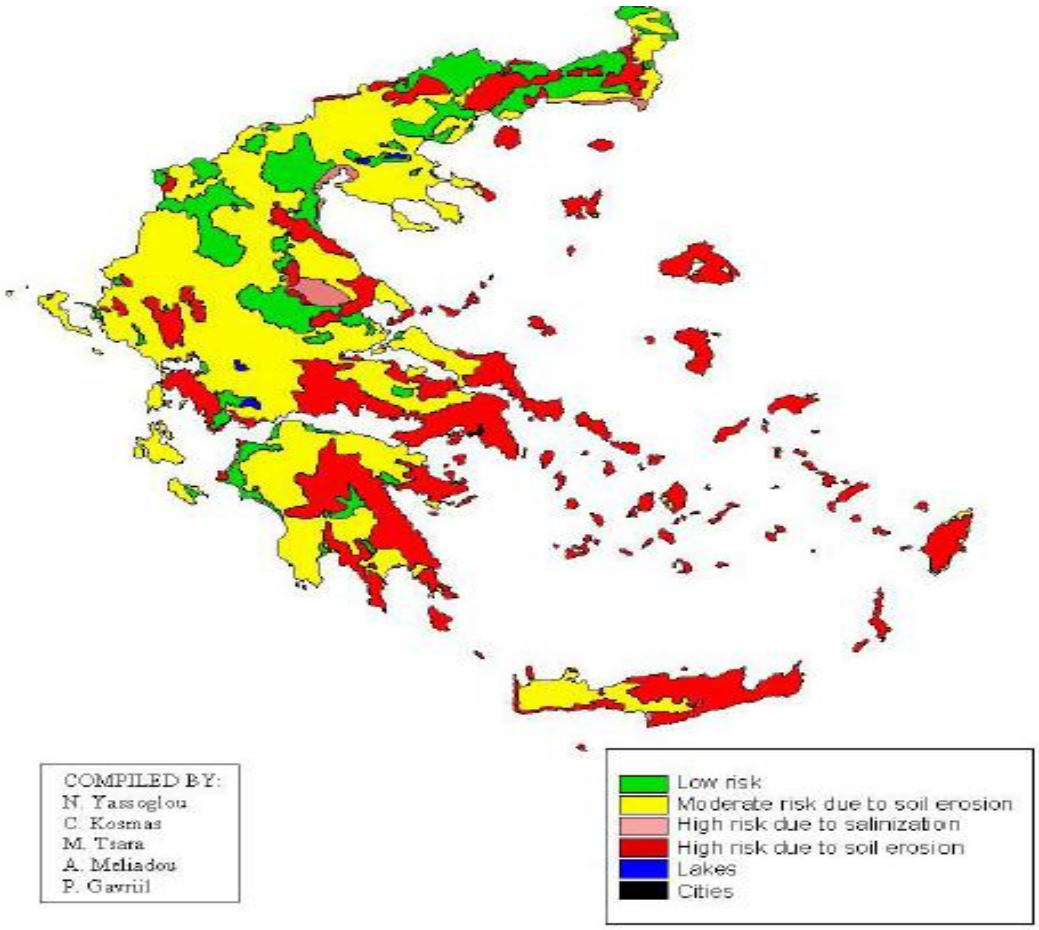


Στάδια διάβρωσης του εδάφους από το νερό.

Δείκτες ερημοποίησης.

Οι δείκτες αυτοί είναι μια παράμετρος ή μια τιμή που προσδιορίζεται από τα δεδομένα και παρέχει ποσοτικές πληροφορίες που βοηθούν στην εξήγηση της διαχρονικής μεταβολής του φαινομένου της ερημοποίησης.

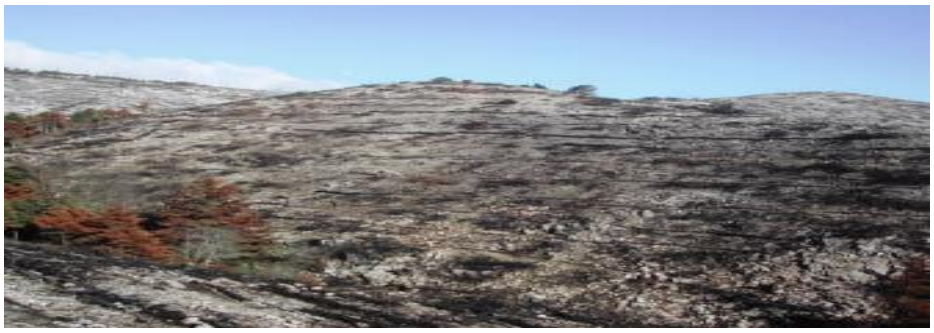
Οι δείκτες ερημοποίησης χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν το φαινόμενο. Οι δείκτες αυτοί υποδεικνύουν ότι ίσως να υπάρχει πρόβλημα από το φαινόμενο της ερημοποίησης αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι σίγουρα θα υπάρξει τέτοιο πρόβλημα. Χρησιμοποιούνται ώστε να μας ειδοποιήσουν για τον ενδεχόμενο κίνδυνο ερημοποίησης και για να μας πληροφορήσει για το στάδιο της ερημοποίησης που βρίσκετε το μελετώμενο έδαφος.



Στον παραπάνω χάρτη μπορούμε να παρατηρήσουμε τις περιοχές που ίσως αντιμετωπίσουν πρόβλημα ερημοποίησης στον Ελλαδικό χώρο.

Στον παραπάνω χάρτη μπορούμε να παρατηρήσουμε το φαινόμενο της ερημοποίησης όπως έχει διαμορφωθεί σήμερα στην χώρα μας όπου βλέπουμε ότι αρκετές περιοχές είναι υπό υψηλό κίνδυνο κυρίως αυτές του ανατολικού Αιγαίου και της Στερεάς καθώς και μεγάλο κομμάτι της Πελοποννήσου και Κρήτης. Σε μέτριο κίνδυνο βρίσκονται περιοχές της δυτικής και Βόρειας Ελλάδος. Μπορούμε λοιπόν να πούμε ότι συνολικά η χώρα βρίσκεται εκτεθειμένη σε μεγάλο βαθμό στο φαινόμενο της ερημοποίησης στο σύνολο της.

Πηγή :Ερημοποίηση στην Μεσογειακή Ευρώπη Γιασσόγλου.Ν & Κοσμάς.Κ



Παράδειγμα περιοχής που χαρακτηρίζεται ως κρίσιμη για ερημοποίηση μετά από πυρκαγιά.



Περιοχή υψηλού κινδύνου ερημοποίησης



Περιοχή χωρίς κίνδυνο ερημοποίησης.

2. Μοντέλα πρόβλεψης.

Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα δοθεί το θεωρητικό-μαθηματικό υπόβαθρο των χρησιμοποιούμενων μεθόδων.

Απαρχή και βάση για την μελέτη συστημάτων όπως αυτό είναι η όσο το δυνατόν πληρέστερη γνώση των ιστορικών δεδομένων αλλά και των συνθηκών μέσα στις οποίες το σύστημα διαχρονικά εξελισσόταν και τα χαρακτηριστικά αυτού μεταβάλλονταν.

Μια τέτοια αξιόπιστη περιγραφή-αναπαράσταση μπορεί να δοθεί μέσα από την παράθεση ***χρονοσειρών*** που καταδεικνύουν κι αναπαριστούν τις διαχρονικές μεταβολές που υπέστησαν οι βασικές συνιστώσες του συστήματος, οπότε και το σύστημα εν γένη, ως συνέπεια μεταβολών που συνέβησαν στο ευρύτερο περιβάλλον όπου και εντάσσεται το υπό μελέτη σύστημα.

Προς παράδειγμα, η ελληνική γεωργία ως σύστημα τοποθετείται εκ φύσεως στον Ελλαδικό χώρο οπότε επηρεάζεται έντονα από τις καιρικές και κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στην Ελληνική χερσόνησο. Μια έντονη μεταβολή των κλιματικών συνθηκών έχει άμεση συνέπεια σε παραμέτρους του συστήματος όπως το νερό και η θερμοκρασία που επικρατεί, ίσως οι σημαντικότεροι παράγοντες για το υπό μελέτη σύστημα .Η αλλαγή αυτή με την σειρά της επιφέρει άλλες στις συνιστώσες του συστήματος όπως την απορρόφηση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων που με την σειρά τους έχουν αντίκτυπο στην ποιότητα και ποσότητα του τελικού παραγόμενου προϊόντος.

2.1 Μέθοδοι πρόγνωσης-πρόβλεψης

Οι μέθοδοι πρόβλεψης χρησιμοποιούνται για την παραγωγή αξιόπιστων εκτιμήσεων, για την πρόβλεψη της συμπεριφοράς των επί μέρους εκτιμώμενων μεταβλητών σε ένα σαφώς καθορισμένο χρονικό ορίζοντα που στο μελετώμενο σύστημα είναι τα είκοσι (20) έτη.

Γενικά οι μέθοδοι πρόβλεψης χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες :

-τις ποσοτικές μεθόδους

- τις ποιοτικές μεθόδους.

Κυρίαρχο ρόλο και χώρο καταλαμβάνουν οι ποσοτικές μέθοδοι με τις οποίες και θα ασχοληθούμε.

Ο σπουδαιότερος λόγος που οδηγεί στην ανάλυση μιας χρονοσειράς είναι η πρόβλεψη της μελλοντικής εξέλιξης αυτής.

2.2 Μοντελοποίηση ποσοτικών μεθόδων

Το μοντέλο που θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή προβλέψεων χρειάζεται να είναι μια διαδικασία απλή, κατανοητή αλλά ταυτόχρονα αξιόπιστη και βασικό χαρακτηριστικό αυτής είναι ότι πρέπει να δίνει μια, όσο το δυνατό, "καλύτερη" προσέγγιση του χρησιμοποιούμενου μηχανισμού. Ανάλογα με την μορφή που έχουν τα πρωτογενή στοιχεία που συλλέγονται εφαρμόζεται και το "κατάλληλο" μοντέλο που ταιριάζει -αναπαριστά καλύτερα - το μετρούμενο κάθε φορά μέγεθος ανάλογα με την περίσταση.

2.3 Μοντέλα χρονοσειρών

Η ύπαρξη ιστορικών δεδομένων για ένα μέγεθος αποτελεί την απαρχή για την εφαρμογή ενός μοντέλου ποσοτικής πρόβλεψης με την προϋπόθεση τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί αναφέρονται σε προηγούμενες σταθερές περιόδους.

Επειδή δεν είναι γνωστή εκ των προτέρων η συμπεριφορά των μελετώμενων μεγεθών μια δοκιμασμένη πρακτική είναι να γίνεται η υπόθεση ότι η μεταβολή των τιμών του μελετώμενου μεγέθους πιθανότατα θα ακολουθεί ένα συγκεκριμένο λανθάνον πρότυπο το οποίο επαναλαμβάνεται στον χρόνο που όμως για τον λόγο αυτό παραμένει σε γενικές γραμμές σταθερό. Το εν λόγο πρότυπο μετά από την αναγνώριση του θα βοηθήσει στη πραγματοποίηση των προβλέψεων καθώς και στην μετέπειτα μελλοντική του χρονική προέκταση για την διενέργεια της πρόβλεψης, πάντα σε ένα σαφώς καθορισμένο ορίζοντα. Συνήθεις μέθοδοι περιγραφής μοντέλων ποσοτικών χρονοσειρών είναι:
-η αποσύνθεση (decomposition)
-η εξομάλυνση (smoothing)
-οι αυτοπαλινδρομικές μέθοδοι κινητού μέσου όρου (Autoregressive Moving Average)
όπου η μόνη τους διαφορά έγκειται στην μορφή του συναρτησιακού τύπου που περιγράφει το σύστημα.

Τα μοντέλα των χρονοσειρών ωστόσο παρουσιάζουν το *μειονέκτημα* ότι αδυνατούν να συσχετίσουν το υπό πρόβλεψη μέγεθος με τους παράγοντες που επηρεάζουν την τιμή αυτού αφού παρέχει πληροφορία για το τι πρόκειται να συμβεί χωρίς όμως να υποδεικνύει το μηχανισμό κατανόησης δηλαδή δεν εξηγεί το γιατί ένα γεγονός θα συμβεί. Ωστόσο τα μοντέλα αυτά είναι πολύ χρήσιμα αφού αυτό που μας ενδιαφέρει στις προβλέψεις είναι τι θα συμβεί στο μέλλον (και άρα να λάβουμε τα κατάλληλα διορθωτικά μετρά) και όχι για ποιο λόγο αυτό θα συμβεί. Στο μελετώμενο σύστημα που αφορά την Ελληνική γεωργία λαμβάνονται δεδομένα σε βάθος δέκα (10) ετών, με τα ιστορικά δεδομένα για κάθε μεταβλητή να έχουν ληφθεί σε χρονικά ίση απόσταση μεταξύ των διενεργούμενων δειγματοληψιών, ενός (1)έτους.

2.4 Χαρακτηριστικά των χρονοσειρών

Το γενικό χαρακτηριστικό των χρονοσειρών είναι το γεγονός ότι οι διαδοχικές παρατηρήσεις από τις οποίες αποτελείται συνήθως δεν είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους λέμε δηλαδή ότι αυτοσυσχετίζονται.

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση των χρονοσειρών ασχολούνται κύρια με την διαδικασία της αποσύνθεσης της διακύμανσης της χρονοσειράς στα τέσσερα συστατικά από τα οποία αποτελείται δηλαδή:

-την τάση (trend)

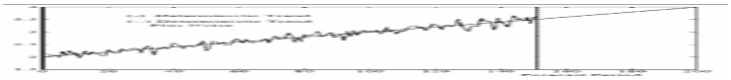
-την κυκλικότητα (cycle)

-την εποχικότητα (seasonality)

- τις μη κανονικές διακυμάνσεις

Τα πρώτα τρία αποτελούν και το λεγόμενο μοτίβο (pattern) του μοντέλου.

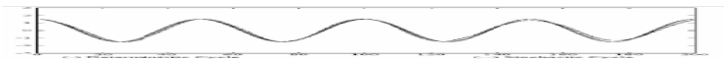
Τάση



Η τιμή της μεταβλητής τείνει να αυξηθεί ή να ελαττωθεί για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Η τάση ορίζεται ως μια βραχυπρόθεσμη μεταβολή του μέσου επιπέδου των τιμών μιας χρονοσειράς.

Κυκλικότητα

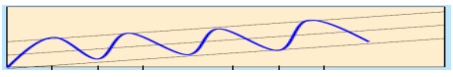


Η κυκλικότητα είναι μια κυματοειδής γενικά μεταβολή.

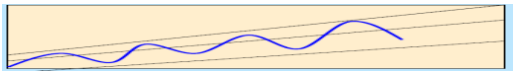
Η κυκλική κίνηση δεν ακολουθεί κάποιο κανονικό μοντέλο αλλά κινείται απρόβλεπτα και για το λόγο αυτό στην πράξη οι κυκλικές αυξομειώσεις είναι δύσκολο να αντιμετωπιστούν.

Εποχικότητα

Η εποχικότητα ορίζεται ως μια περιοδική διακύμανση με σταθερό και μικρότερο μήκος του ενός έτους.



Παράδειγμα αυξανόμενης τάσης με σταθερά ποσά εποχικότητας



Παράδειγμα αυξανόμενης εποχικής διακύμανσης καθώς η τάση αυξάνεται

2.5 Μέθοδος εργασίας

Παρατίθεται η μέθοδος που θα ακολουθηθεί για την περιγραφή και πρόγνωση των μελετώμενων μεγεθών.Όπως έχει παρατηρηθεί και παραπάνω μια χρονοσειρά μπορεί να αναλυθεί στις τρείς συνιστώσες ως:

$$Y_t = \mu_t + S_t + X_t \qquad (2.51)$$

όπου :

μ_t :η τάση ως συνάρτηση του χρόνου.

S_t :περιοδική ή εποχική συνάρτηση της περιόδου *d* με τις τιμές της S_t να επαναλαμβάνονται κάθε *d* χρονικές στιγμές.

x_t :η χρονοσειρά των υπολοίπων που μπορεί να είναι κάποια στάσιμη χρονοσειρά με συσχετίσεις.

2.6 Στασιμότητα στις χρονοσειρές (Stationarity in timeserries).

Κατά την μελέτη των χρονοσειρών η ιδιότητα της στασιμότητας είναι πολύ σημαντική. Χρειάζεται δε κάθε φορά να διερευνούμε για την ύπαρξη της ή μη και να διασφαλίζουμε με περαιτέρω επεξεργασία των παρατηρήσεων στην χρονοσειρά την ύπαρξη στασιμότητας.

Ο μετασχηματισμός μιας μη στάσιμης σε στάσιμη διαδικασία είναι δυνατό να επιτευχθεί εφαρμόζοντας για παράδειγμα την συνάρτηση του φυσικού λογάριθμου ln(f) στις παρατηρήσεις που αποτελούν την χρονοσειρά μας και αν αυτό δεν έχει πάντα το επιθυμητό αποτέλεσμα ή απαιτεί υψηλό υπολογιστικό κόστος τότε να καταφεύγουμε στην μέθοδο των διαφορών d εφαρμόζοντας την συνήθως μια, ή το πολύ δύο φορές μέχρι να επιτευχθεί η απαιτούμενη στασιμότητα στην μελετώμενη χρονοσειρά.

Συμπερασματικά μια χρονοσειρά θα χαρακτηρίζεται ασθενώς ή κατά συνδιακύμανση στάσιμη όταν:

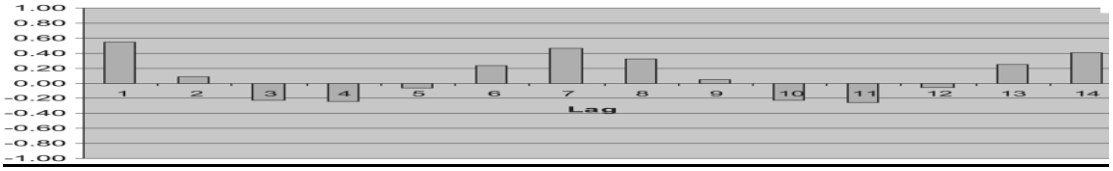
-Η πρώτη ροπή είναι σταθερή δηλαδή $E(x_t)=\mu$ (2.61)

-Η δεύτερη ροπή δεν είναι άπειρη δηλαδή $E(x_t^2) \neq \infty$ (2.62)

-Η διακύμανση είναι σταθερή $Var(x_t) = Cov(x_t, x_t)=\gamma_0$. (2.63)

-Η συνάρτηση της αυτοσυνδιακύμανσης $Cov(x_t, x_{t+k})=\gamma_k$. εξαρτάται μόνο από την απόσταση-την χρονική υστέρηση . (2.64)

2.7 Συναρτήσεις Αυτοσυσχέτισης (Autocorrelation function A.C.F.) και Μερικής Αυτοσυσχέτισης (Partial Autoocorrelation Function P.A.C.F.) χρονοσειρών.



Αυτοσυσχέτιση

Η αυτοσυσχέτιση περιγράφεται από το συντελεστή συσχετισμού μεταξύ δυο τιμών της ίδιας μεταβλητής Y_t κατά τις περιόδους X_i και X_{i-k}.

Η αυτοσυσχέτιση χρησιμοποιείται ως στατιστική ελέγχου για τον έλεγχο ανεξαρτησίας δηλαδή για την μηδενική υπόθεση ότι η χρονοσειρά είναι λευκός θόρυβος. Αν η χρονοσειρά είναι λευκός θόρυβος η αυτοσυσχέτιση μηδενίζεται για κάθε υστέρηση $k \neq 0$

Η συνάρτηση αυτοσυσχέτισης μιας στάσιμης στοχαστικής διαδικασίας είναι ίση με :

$$r_k = \frac{\sum_{t=k+1}^{n}\left(Y_t-\bar{Y}\right)\left(Y_{t-k}-\bar{Y}\right)}{\sum_{t=1}^{n}\left(Y_t-\bar{Y}\right)^2} = \frac{Cov\left(Y_t,Y_{t-k}\right)}{\sqrt{V\left(Y_t\right)}\sqrt{V\left(Y_{t+k}\right)}} = \frac{\gamma_k}{\gamma_0} \qquad (2.71)$$

Σε στάσιμες διαδικασίες ο συντελεστής συσχέτισης εξαρτάται μόνο από την χρονική υστέρηση k των μεταβολών και όχι από τον χρόνο t.

Ο δειγματικός συντελεστής αυτοσυσχέτισης (Autocorrelation function ACF) απεικονίζεται από ένα διάγραμμα εξαιρετικά σημαντικό για την αρχική ανάλυση από το οποίο είναι δυνατό να αντληθούν πολύ χρήσιμες πληροφορίες για την φύση της μελετώμενης στοχαστικής διαδικασίας από την οποία προκύπτει .

Ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης εκφράζει την ισχύ της συσχέτισης μεταξύ διαδοχικών μεγεθών της χρονοσειράς .Αν δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση τότε η χρονοσειρά διαθέτει την ιδιότητα της τυχαιότητας.

Η αυτοσυσχέτιση λαμβάνει τιμές στο διάστημα [-1,1] με τιμές κοντά στα άκρα να φανερώνουν ισχυρό συσχετισμό και τιμές κοντά στο 0 να δηλώνουν ανεξαρτησία.

Μερική αυτοσυσχέτιση

Η μερική αυτοσυσχέτιση είναι στην ουσία η αυτοσυσχέτιση μεταξύ Y_t και Y_{t-k} αφαιρώντας την επίδραση των ενδιάμεσων τιμών 1,2,3...k-1 όπου r η συνάρτηση αυτοσυσχέτισης.

Ο συντελεστής μερικής συσχέτισης εκφράζει την γραμμική συσχέτιση που υπάρχει μεταξύ των τυχαίων μεταβλητών Y_t και Y_{t-k} αφού πρώτα έχουν απαλείφει η επίδραση των $Y_{t-1}, Y_{t-2}...Y_{t-k+1}$ που γραμμικά παρεμβάλλονται μεταξύ των Y_t και Y_{t-k}.

$$\Phi_{kk} = \frac{r_k - \sum_{j=1}^{k-1} \Phi_{k-1,j} r_{k-1}}{1 - \sum_{j=1}^{k-1} \Phi_{k-1,j} r_j} \qquad (2.72)$$

Η μερική αυτοσυσχέτιση λαμβάνει τιμές μεταξύ [-1,1] με τιμές κοντά στα άκρα να φανερώνουν ισχυρό συσχετισμό.

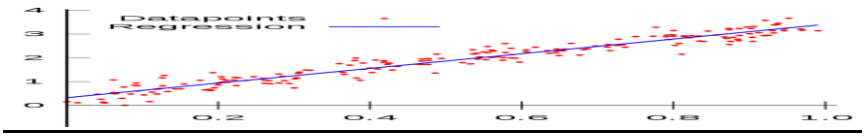
Η δειγματική συνάρτηση μερικής αυτοσυσχέτισης (Partial Autocorrelation Function-PACF) προκύπτει από την παλινδρόμηση της Y_t στις $Y_{t-1}, Y_{t-2}....Y_{t-k}$.

Η συνάρτηση μερικής αυτοσυσχέτισης εκτιμά τη συσχέτιση που τυχόν υπάρχει μεταξύ μιας τιμής της χρονοσειράς με την τιμή που αυτή έχει σε μια ή περισσότερες θέσεις μετατόπισης (lag) όπως και η απλή αυτοσυσχέτιση αφαιρώντας όμως την αυτοσυσχέτιση που προκαλείται από μικρότερες μετατοπίσεις.

Η μερική αυτοσυσχέτιση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να κρίνει την τάξη του αυτοπαλίνδρομου μοντέλου που απαιτείται για να προσαρμοστούν τα δεδομένα και μέσο αυτής να διασφαλιστεί η απαραίτητη ιδιότητα της στασιμότητας των μελετώμενων χρονοσειρών.

Μπορεί να ειπωθεί σε γενικές γραμμές ότι τα διαγράμματα ACF και PACF αποτελούν τα κύρια εργαλεία που βοηθούν τον ερευνητή στην αναζήτηση και επιλογή κατ αρχήν του καταλληλότερου υποδείγματος-μοντέλου που θα εφαρμόσει αρχικά στα δεδομένα που μελετά.

2.8 Απλή γραμμική παλινδρόμηση (Simple Linear Regression)



Η γραμμική παλινδρόμηση αποτελεί μια αιτιοκρατική μέθοδο πρόβλεψης και αναλύει την σχέση ανάμεσα σε μια εξαρτημένη και μια ανεξάρτητη μεταβλητή.

Σκοπός της γραμμικής σχέσης είναι να "ανακαλύψει" το βαθμό γραμμικής εξάρτησης ανάμεσα στις δύο μεταβλητές δηλαδή να δείξει κατά πόσο οι δύο μεταβλητές συμμεταβάλονται.

Συνήθως η μια μεταβλητή αποτελεί την αιτία και η άλλη το αποτέλεσμα ή και οι δύο μαζί μεταβάλλονται συγχρόνως ως αποτέλεσμα μιας τρίτης μεταβλητής που αποτελεί την αιτία.

Η συσχέτιση όμως δείχνει μόνο τον βαθμό εξάρτησης και τίποτα περισσότερο. Σε περίπτωση ύπαρξης παραπάνω από μια ανεξάρτητες μεταβλητές τότε τις ονομάζουμε πολλαπλές συσχετίσεις.

Το απλό παλινδρομικό μοντέλο εκφράζει τη σχέση ανάμεσα στην μεταβλητή X (ανεξάρτητη μεταβλητή-πιθανές αιτίες) και την Y (εξαρτημένη μεταβλητή-πιθανά αποτελέσματα) με την μορφή ευθείας γραμμής η οποία προσαρμόζεται καλύτερα στα δεδομένα.

Οι τιμές των ανεξάρτητων μεταβλητών χρησιμοποιούνται για να προβλεφτούν οι τιμές των εξαρτημένων.

Το μαθηματικό γραμμικό παλινδρομικό μοντέλο είναι της μορφής:

$$Y=\beta_0+\beta_1 X + e \qquad (2.81)$$

όπου e είναι το τυχαίο σφάλμα με e την διαφορά $Y - (\beta_0+\beta_1 X)$ της εκτιμώμενης-θεωρητικής τιμης απο την πραγατικη που καλειται έτσι σφάλμα του μοντέλου.

2.9 Τυχαίος περίπατος (Random walk)



Στο σχήμα φαίνεται ένα παράδειγμα μιας σειράς όπου παρουσιάζονται τυχαίες διακυμάνσεις γύρω από ένα αργά μεταβαλλόμενο μέσο.

Η θεωρία της τυχαίας πορείας (Random Walk Theory) περιγράφει την εξέλιξη ενός φαινομένου με δεδομένο ότι οι τιμές του επέρχονται τυχαία και απρόβλεπτα.Το όνομα τυχαίος περίπατος έχει σχέση με το γεγονός ότι η τιμή p για το έτος t είναι ίση με την τιμή p_{t-1} αν σε αυτή προσθέσουμε κάθε φορά το λευκού θόρυβο e_t .

Θα έχουμε δηλαδή για μια χρονοσειρά $p_1,...p_t..$ ότι:

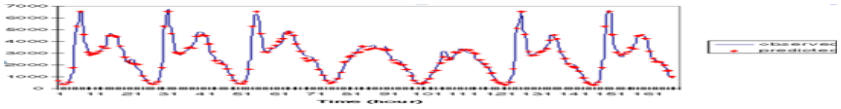
$$p_t = p_{t-1} + e_t. \qquad (2.91)$$

Στην ιδιαίτερη περίπτωση που υπάρχει και σταθερός όρος τότε έχουμε την διαδικασία τυχαίος περίπατος με περιπλάνηση (Random Walk with drift) και περιγράφεται από την:

$$X_t = a + X_{t-1} + e_t \qquad (2.92)$$

με την ποσότητα e_t να παριστάνει βήματα προς τα εμπρός ή προς τα πίσω για την χρονική περίοδο t και άρα η παρατήρηση x_t θα αναπαριστά τη θέση ενός περιπατητή κατά τη χρονική στιγμή t και η απόφαση για την κατεύθυνση που θα κινηθεί κατά τη διάρκεια της επόμενης περιόδου δεν εξαρτάται από το που βρίσκεται στην παρούσα περίοδο και α ο σταθερός όρος.

2.10 Μοντέλα οικογένειας ARIMA.



Μοντέλα κινητού μέσου όρου

Τα ολοκληρωμένα αυτοπαλινδρομικά μοντέλα κινητών μέσων όρων (Auto Regressive Integrated Moving Average -ARIMA) είναι στοχαστικά μοντέλα με τα οποία προσπαθούμε να περιγράψουμε την διαχρονική εξέλιξη κάποιου φυσικού μεγέθους.

Τα μοντέλα ARIMA είναι μια οικογένεια αλγεβρικών μοντέλων απ' όπου μπορούμε να διαλέξουμε το καλύτερο ανάλογα με τη δεδομένη υπό μελέτη χρονοσειρά. Στα μοντέλα ARIMA οι προβλέψεις που αυτά δίνουν βασίζονται αποκλειστικά σε παρελθούσες τιμές καθώς και στα πρότυπα συμπεριφοράς της εξεταζόμενης χρονοσειράς. Τα μοντέλα ARIMA είναι ιδανικά για βραχυπρόθεσμες προβλέψεις καθώς δίνουν μεγαλύτερη έμφαση στις παρατηρήσεις του πρόσφατου παρελθόντος από ότι σε αυτές του μακρινού.

Χρήση των μοντέλων ARIMA

Αναγκαιότητα ελέγχων στασιμότητας κατά την εφαρμογή της μεθόδου ARIMA.

Τα μοντέλα ARIMA εφαρμόζονται αποκλειστικά σε διακριτές χρονοσειρές με παρατηρήσεις που έχουν ληφθεί σε ισαπέχουσα χρονικά διαστήματα. Ένα ακόμα χαρακτηριστικό της μεθόδου είναι ότι αυτή εφαρμόζεται αποκλειστικά και μόνο σε στάσιμες χρονοσειρές (stationary).Στην περίπτωση που η προς μελέτη χρονοσειρά δεν είναι στάσιμη τότε το μοντέλο εφαρμόζει τη μέθοδο διαφορών d τάξεως της μη στάσιμης στοχαστικής ανελίξεως (συνήθως αρκεί d =1ή 2).

Μεθοδολογία

Υπόδειγμα ARIMA(p,d,q).

Έστω ότι έχουμε το ακόλουθο μοντέλο παλινδρόμησης :

$$\Upsilon = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \ldots + b_p X_p + e \qquad (2.101)$$

Όπου

-Y αποτελεί την μεταβλητή πρόβλεψης

-X_1 .....X_p τις μεταβλητές της εξίσωσης οριζόμενες ως:

$$X_1 = \Upsilon_{t-1}, X_2 = \Upsilon_{t-2}, \ldots, X_p = \Upsilon_{t-p}. \qquad (2.102)$$

-b_1 ..... b_p γραμμικοί τελεστές και e το σφάλμα πρόβλεψης.

Με βάση τον ορισμό των X η παραπάνω εξίσωση μετασχηματίζεται σε :

$$\Upsilon = b_0 + b_1 \Upsilon_{t-1} + b_2 \Upsilon_{t-2} + \ldots + b_p \Upsilon_{t-p} + e_t \qquad (2.103)$$

η οποία και αυτή αποτελεί εξισωση παλινδρόμησης με την ιδιότητα οι συντελεστές X_t στο δεξιό μέλος να εξαρτώνται απο το εκάστοτε βήμα t από την πρόβλεψη Y_t στο αριστερό μέλος.Η δεύτερη εξίσωση που προέκυψε μετά τον μετασχηματισμό ονομάζεται εξίσωση αυτοπαλινδρόμησης AR(p).

Ένα άλλο μοντέλο χρονοσειράς το οποίο χρησιμοποιεί τις τιμές των προηγούμενων σφαλμάτων e_t ως μεταβλητές της εξίσωσης έχει την ακόλουθη μορφή:

$$\Upsilon_t = b_0 + b_1 e_{t-1} + b_2 e_{t-2} + \ldots + b_p e_{t-q} + e_t \qquad (2.104)$$

όπου στην εν λόγο περίπτωση υπάρχει εξάρτηση μεταξύ διαδοχικών όρων του σφάλματος (το μοντέλο καθορίζεται από την κινητή μέση τιμή των ορών σφάλματος της χρονίσεις e_t) όποτε για αυτό το λόγο η εξίσωση ονομάζεται εξίσωση κινητού μέσου MA(q).

Τα αυτοπαλίνδρομα μοντέλα (AR) (autoregressive) συνδέονται με τα μοντέλα κινητού μέσου (moving average) MA και δημιουργούν το μεικτό (mixed) υπόδειγμα-μοντέλο ARMA το οποίο δεν είναι τίποτα άλλο παρά ο συνδυασμός μιας αυτοπαλινδρόμης συνιστώσας και μιας άλλης κινητού μέσου όρου.

Το νέο μοντέλο που προκύπτει μετά την επίδραση των διαφορών d τάξης θα είναι το μοντέλο ARIMA το επονομαζόμενο αυτοανάδρομο ενσωματωμένο κινητού μέσου μοντέλο.

Τα υποδείγματα -μοντέλα τύπου ARIMA ποικίλουν.

Ένα τέτοιο γενικό υπόδειγμα έχει την μορφή:

AR(p) :όπου p η τάξη της αυτοπαλίνδρομης συνιστώσας

I(d) : όπου d ο βαθμός των διαφορών και

MA(q) : όπου q η τάξη της συνιστώσας του κινητού μέσου.

<u>Διαδικασία μοντελοποίησης στην μέθοδο ARIMA</u>

Η προσαρμογή των μοντέλων ARIMA σε κάποια δεδομένα απαιτεί τα παρακάτω βήματα.

Αρχικά γίνεται η υπόθεση ότι οι παρατηρήσεις της χρονοσειράς προέρχονται από μια διαδικασία ARIMA. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει όλες τις πιθανές παρατηρήσεις μιας μεταβλητής καθώς και μια αλγεβρική πρόταση τον γενετήσιο μηχανισμό ο οποίος περιγράφει τον τρόπο συσχέτισης των πιθανών παρατηρήσεων.

Ο γενετήσιος μηχανισμός αποτελεί το ανάλογο της προηγούμενα αναφερθείσας λανθάνουσας διαδικασίας. Ανακαλύπτοντας την διαδικασία αυτή μπορούμε ευκολότερα να προβλέψουμε τις τιμές της σειράς αυτής με κάποια ακρίβεια υποθέτοντας πάντα ότι ο ίδιος μηχανισμός θα συνεχίσει να παράγει και τις μελλοντικές παρατηρήσεις.

Στόχος της ανάλυσης είναι η εύρεση μια κατά το δυνατόν "καλής" αναπαράστασης του μηχανισμού που παρήγαγε μια δεδομένη πραγματοποίηση.

Μια τέτοια αναπαράσταση είναι το ζητούμενο μοντέλο. Η εύρεση του μοντέλου αυτού βασίζεται σε μια διαδικασία τριών σταδίων την διαδικασία μοντελοποίησης η οποία μπορεί σε γενικές γραμμές να επεκταθεί και στην μοντελοποίηση και των άλλων μεθόδων πρόβλεψης.

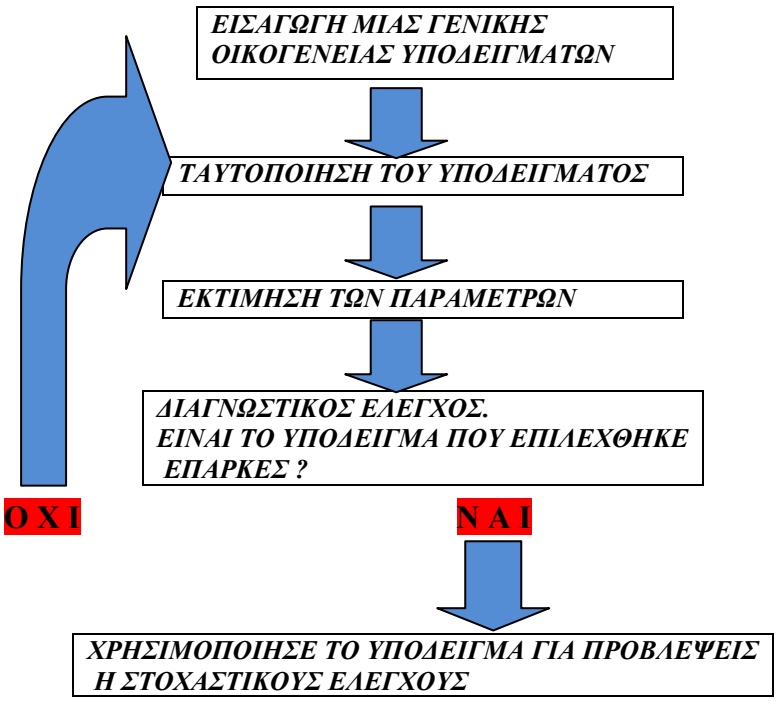
Η διαδικασία περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια :

-Αναγνώριση του μοντέλου

-Εκτίμηση του μοντέλου

-Διαγνωστικό έλεγχο του μοντέλου

Η μεθοδολογία ανάλυσης των χρονολογικών σειρών που αναπτύχθηκε από τους Box&Jenkins πάνω στις ιδέες του Wold (1938) περιγράφεται από το παρακάτω γενικό διάγραμμα:



Η μεθοδολογία ανάλυσης των χρονολογικών σειρών που αναπτύχθηκε από τους Box&Jenkins.

Ακολουθεί η μεθοδολογία των Box&Jenkins αναλυτικά:

Βήμα 1ο : Ταυτοποίηση

Συμβολίζοντας με x_t τις Ν παρατηρήσεις που έχουν ληφθεί σε ισαπέχουσες χρονικές στιγμές t=1,2,.....N ο Wold (1938) έδειξε ότι κάθε στοχαστική χρονοσειρά X_t μπορεί να εξομαλυνθεί από την οικογένεια των υποδειγμάτων ARMA(p,q) όπου :

$$X_t = \varphi_1 X_{t-1} + \varphi_2 X_{t-2} + \ldots + \varphi_p X_{t-p} + u_t - \theta_1 u_{t-1} - \theta_2 u_{t-2} \ldots - \theta_q u_{t-q} \qquad (2.105)$$

που ονομάζεται υπόδειγμα ARMA(p,q) όπου :

$\Phi=(\phi_1,\phi_2,\phi_3,.....\phi_p)$ και $\Theta=(\theta_1,\theta_2,\theta_3,...\theta_q)$ είναι τα διανύσματα παραμέτρων και
$V= (u_t,u_{t-1},.....u_{t-q})$ το διάστημα ομοσκεδαστικών τυχαίων μεταβλητών με :

-μέση τιμή μηδέν **$E(u_t)=0$**

- ασυσχέτιστα ανά δύο

$$\textbf{Cov}\,(u_t, u_s) = \begin{cases} \sigma_u^{\,2} & \text{, αν } s = t \\ 0 & \text{, αν } s \neq 0 \end{cases}$$

Με τον όρο τυποποίηση (identification) εννοούμε την εύρεση των φυσικών αριθμών p,q υποθέτοντας ότι η σειρά είναι απαλλαγμένη από εποχικές διακυμάνσεις.Τα p,q υπολογίζονται από τις δύο στατιστικές συναρτήσεις την συνάρτηση αυτοσυσχέτισης και την συνάρτηση μερικής αυτοσυσχέτισης με γνώμονα ώστε τα p,q να είναι όσο το δυνατόν μικρότερα χωρίς όμως να βλάπτεται η επάρκεια του υποδείγματος για την εξομάλυνση μιας χρονοσειράς.

Αν q=0, δηλαδή το διάνυσμα Θ των παραμέτρων είναι το μηδενικό η οικογένεια ARMA παίρνει την μορφή:

$$X_t = \varphi_1 X_{t-1} + \varphi_2 X_{t-2} + \ldots + \varphi_p X_{t-p} + u_t \qquad (2.106)$$

που ονομάζεται διαδικασία αυτοπαλινδρομήσεως τάξεως p ή υπόδειγμα AR(p).

Αν p=0 τότε η (1) παίρνει την μορφή :

$$X_t = u_t - \theta_1 u_{t-1} - \ldots - \theta_q u_{t-q} \qquad (2.107)$$

που ονομάζεται διαδικασία κινητού μέσου τάξεως q ή υπόδειγμα MA(q).

Με βάση τις πληροφορίες του διαθέσιμου δείγματος γίνεται η εξειδίκευση του υποδείγματος ARIMA (p,d,q) όπου στην ουσία καθορίζονται οι κατάλληλες τιμές των p,d,q .

Ακολουθεί ο έλεγχος στασιμότητας:
Αν η σειρά δεν είναι στάσιμη τότε καθορίζεται ο αριθμός των απαιτούμενων διαφορών d ώστε η σειρά να καταστεί στάσιμη.

Ο έλεγχος στασιμότητας μπορεί να επιτευχτεί με δύο δυνατούς τρόπους:

1ος τρόπος

Με βάση την συμπεριφορά της δειγματικής συνάρτησης αυτοσυσχέτισης (ACF) και μερικής αυτοσυσχέτισης (PACF).
-Αν οι δύο αυτές συνάρτησες συγκλίνουν ταχύτατα προς το μηδέν τότε αυτό αποτελεί μια πρώτη ένδειξη ότι η σειρά είναι στάσιμη.
-Αν ωστόσο οι δύο αυτές συναρτήσεις φθίνουν με πολύ αργό ρυθμό τότε είναι πολύ πιθανό η σειρά να μην είναι στάσιμη.

2ος τρόπος

Έλεγχος μοναδιαίας ρίζας (Dickey Fuller test)

Αρκετές φορές τα συμπεράσματα από τις συναρτήσεις αυτοσυσχέτισης δεν είναι ιδιαίτερα ξεκάθαρα οπότε προσφεύγουμε σε πιο τεκμηριωμένες μεθόδους.
Μια τέτοια μέθοδος ελέγχου σχετικά αξιόπιστη ειδικά για μοναδιαίες ρίζες είναι και τα test Dickey Fuller (DF-test).

Αφού η επίτευξη στασιμότητας έχει καταστεί δυνατή τότε προσδιορίζουμε την τάξη του υποδείγματος ARIMA.

Οι τιμές των p και q προσδιορίζονται βάσει δειγματικών απλών και μερικών αυτοσυσχετίσεων.

Ο έλεγχος των αυτοσυσχετίσεων πραγματοποιείται με τη στατιστική συνάρτηση:

$$Q_{LB} = n(n+2)\sum_{k=1}^{m}(n-k)^{-1} r_k \qquad (2.108)$$

με την οποία ελέγχεται η σημαντικότητα των συντελεστών αυτοσυσχετίσεως και με τον τρόπο αυτό γίνεται στατιστικός έλεγχος της μηδενικής υπόθεσης :

H_0: η συνάρτηση αυτοσυσχετισης είναι μηδέν ($H_0: r_1=r_2=...=r_m=0$.) την περίπτωση που υπάρχει μια στατιστικά σημαντική αυτοσυσχέτιση τότε η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται.

Βήμα 2ο: Εκτίμηση των παραμέτρων p της διαδικασίας ARMA(p,q)

Αφού έχουν αποφασισθεί οι ακέραιοι p,q το αμέσως επόμενο βήμα είναι να εκτιμηθούν οι παράμετροι $\phi_1,\phi_2,\phi_3,....\phi_p$ και $\theta_1,\theta_2,\theta_3,.....\theta_q$ βάσει των πειραματικών δεδομένων.

Στην περίπτωση που η διαδικασία είναι μόνο AR τότε οι συντελεστές εκτιμώνται με την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων.

Αν όμως η διαδικασία περιέχει και όρους κινητού μέσου MA (q) τότε οι συντελεστές εκτιμώνται με μη γραμμικές μεθόδους συνηθέστερη είναι αυτή της μέγιστης πιθανοφάνειας (maximum likelihood).

Βήμα 3ο : Διαγνωστικός έλεγχος

Μετά την ταυτοποίηση και εκτίμηση των παραμέτρων του υποδείγματος ο ερευνητής θα πρέπει να προχωρήσει στον έλεγχο επάρκειας του υποδείγματος (diagnostic checking). Δηλαδή να εξακριβώσει κατά πόσο το υπόδειγμα περιγράφει ικανοποιητικά τα εμπειρικά δεδομένα για τα οποία έχει επιλεγεί.

Πηγή: Παπαδήμας, Ο. (1978). Σύγχρονοι μέθοδοι αναλύσεως χρονολογικών σειρών.

2.11 Σφάλματα πρόβλεψης

Για την επιλογή του καταλληλότερου μοντέλου που θα χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη το σημαντικότερο στοιχειό που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι τα σφάλματα της πρόβλεψης.

Οι προβλέψεις πάντα εμπεριέχουν κάποιο σφάλμα.

Τα σφάλματα μπορούν να διακριθούν σε

-συστηματικά

-τυχαία

Τα συστηματικά σφάλματα οφείλονται σε συστηματικά λάθη του μοντέλου και άρα η πρόβλεψη είναι είτε πάντα μεγαλύτερη ή πάντα μικρότερη από την πραγματική. Τα λάθη αυτά οφείλονται στην παράβλεψη ή την μη ακριβή εκτίμηση του υποδείγματος.

Τα τυχαία λάθη είναι αποτέλεσμα μη προβλέψιμων παραγόντων που προκαλούν απόκλιση της πρόβλεψης από την πραγματική τιμή.

Το σφάλμα πρόβλεψης $\mathbf{e}_k$ είναι η απλή διαφορά ανάμεσα στην πραγματική τιμή μιας μεταβλητής και στην προσαρμοσμένη από κάποιο αλγόριθμο τιμή προσέγγισης $\mathbf{w}_k$.

Στην στατιστική τα λάθη αυτά αποκαλούνται κατάλοιπα και είναι αποδεκτά μέσα σε κάποια όρια εμπιστοσύνης.

Είναι λοιπόν:

$$e_k = y_k - w_k \tag{2.111}$$

Για την μέτρηση των σφαλμάτων πρόβλεψης χρησιμοποιούνται διάφορα μέτρα όπως η μέση απόλυτη απόκλιση, το μέσο τετραγωνικό σφάλμα κοκ.

Αν τα μέτρα είναι μικρά τότε η προβλεπόμενη τιμή βρίσκεται κοντά στην πραγματική.

Τα μέτρα διαφέρουν στον τρόπο που δίνουν βαρύτητα στα σφάλματα.

Για παράδειγμα στο μέσο τετραγωνικό σφάλμα μεγάλα σφάλματα έχουν μεγαλύτερη βαρύτητα στο μέσο τετραγωνικό σφάλμα γιατί υψώνονται στο τετράγωνο.

Μέσο Απόλυτο Σφάλμα (Mean Absolute Error-MAE)

Το Μέσο Απόλυτο Σφάλμα είναι ίσο με την απόλυτη διαφορά της προβλεπόμενης από την πραγματική τιμή και δίνει την εικόνα της μέσης απόκλισης των προβλεπόμενων από τα πραγματικά δεδομένα.

Μέση απόλυτη απόκλιση (Mean Absolute Deviation-MAD)

Η μέση απόλυτη απόκλιση για ένα σύνολο δεδομένων είναι η μέση τιμή της απόλυτης τιμής του σφάλματος πρόβλεψης .

$$MAD = \frac{\sum_{k=1}^{n} |e_k|}{n} \tag{2.112}$$

όπου n το πλήθος των παραδειγμάτων στο σύνολο L.

Μέσο Απόλυτο Σφάλμα (Mean Absolute Error-MAE)

Το Μέσο Απόλυτο Σφάλμα είναι ίσο τον μέσο όρο των απόλυτων σφαλμάτων

$$e_i = f_i - y_i$$

όπου f_i είναι η προβλέψιμη και y_i η πραγματική τιμή.

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} |f_i - y_i| = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} |e_i| \tag{2.113}$$

Μέσο απόλυτο εκατοστιαίο σφάλμα (Mean Absolute Percentage Error-MAPE)

Το μέσο απόλυτο εκατοστιαίο σφάλμα για ένα σύνολο δεδομένων L είναι η μέση τιμή του απόλυτου εκατοστιαίου σφάλματος πρόβλεψης σε όλα τα παραδείγματα του συνόλου L

$$MAPE = \frac{\sum_{k=1}^{n} \left| pe_k \right|}{n} \tag{2.114}$$

και είναι ίσο με την απόλυτη διαφορά της προβλεπόμενης τιμής από την πραγματική δια της πραγματικής τιμής και δίνει την εικόνα της ποσοστιαίας απόκλισης των προβλέψεων από τα πραγματικά δεδομένα.

Μέσο τετραγωνισμένο σφάλμα (Mean Squared Error -MSE)

Το μέσο τετραγωνισμένο σφάλμα είναι η μέση τιμή του τετραγώνου του σφάλματος πρόβλεψης σε όλα τα παραδείγματα του συνόλου L

$$MSE = \frac{\sum_{k=1}^{n} \left| e_k^{\,2} \right|}{n} \tag{2.115}$$

Μέσο τετραγωνικό σφάλμα (Root Mean Squared Error-RMSE)

Το μέσο τετραγωνικό σφάλμα είναι η ρίζα του αντίστοιχου μέσου τετραγωνισμένου σφάλματος MSE

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^{n} \left| e_k^{\,2} \right|}{n}} \tag{2.116}$$

3.Αριθμητικά αποτελέσματα.

Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό πραγματοποιείται τόσο η ανάλυση όσο και η πρόγνωση των βασικότερων συνιστωσών του συστήματος. Το σύστημα της Ελληνικής γεωργίας που μελετάται αποτελείται από τις βασικές συνιστώσες εισόδου και εξόδου.

Οι συνιστώσες που αποτελούν τις εισόδους του μελετώμενου συστήματος είναι :

Το νερό.

Με εξειδίκευση χρονοσειρών που αφορούν την Ελληνική γεωργία:

-Αντλούμενο νερό για την γεωργία.

-Αρδευόμενη έκταση.

-Χρήση νερού προερχόμενο από την γεωργία για σκοπούς άρδευσης.

Λιπάσματα

Με εξειδίκευση χρονοσειρών που αφορούν την Ελληνική γεωργία:

- Ποσότητα εμπορικών λιπασμάτων αζώτου καταναλισκόμενα στην γεωργία**.**

- Ποσότητα εμπορικών λιπασμάτων φωσφόρου καταναλισκόμενα στην γεωργία.

- Ποσότητα εμπορικών λιπασμάτων καλίου καταναλισκόμενα στην γεωργία.

Φυτοφάρμακα

Με εξειδίκευση χρονοσειρών που αφορούν την Ελληνική γεωργία:

- Ζιζανιοκτόνα.

- Μυκητοκτόνα.

Ενέργεια

Με εξειδίκευση χρονοσειρών που αφορούν την Ελληνική γεωργία:

- Κατανάλωση προϊόντων πετρελαίου στην γεωργία.

- Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην γεωργία.

ενώ αναφορικά με τις εξόδους του συστήματος αυτές ειναι:

Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου GreenHouseGas emissions.

- Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από την γεωργία.

Επιπλέον αναφορικά με τις εξόδους του συστήματος θα μπορούσαμε να προσθέσουμε αυτές των:

- ευτροφισμού των υδάτινων οικοσυστημάτων

και

- της ερημοποίησης των εδαφών

Ωστόσο επειδή δεν ήταν δυνατή η άντληση των αντίστοιχων ιστορικών χρονοσειρών που περιγράφουν τα μεγέθη αυτά, παρατίθενται στο κεφάλαιο 1 οι δείκτες που μετρούν τα επίπεδα καθώς και την επικινδυνότητα των μεγεθών αυτών.

Η ανάλυση και πρόγνωση του μελετώμενου συστήματος με βάση τις παραπάνω συνιστώσες καθίσταται εφικτή μέσω της ανάλυσης των αντίστοιχων χρονοσειρών, που περιγράφουν την διαχρονική πορεία των μεγεθών αυτών.

Κατά την συλλογή των στοιχείων έγινε προσπάθεια να ληφθούν υπ όψη το δυνατό περισσότερα δεδομένα από κάθε μέγεθος ξεχωριστά με ιστορικό βάθος τουλάχιστον τα δέκα (10) έτη. Σε μερικές περιπτώσεις αυτό δεν ήταν εφικτό καθώς τα ιστορικά δεόμενα μεγεθών όπως αυτό των φυτοφαρμάκων καλύπτουν μια ιστορική περίοδο βάθους 6 ετών. Όμως επειδή μεγέθη όπως τα φυτοφάρμακα αποτελούν βασική συνιστώσα του μελετώμενου συστήματος πραγματοποιήθηκε ανάλυση και πρόγνωση ακόμα και αν τα δεδομένα δεν έφταναν σε βάθος δέκα (10) ετών.

Από την άλλη μεριά σε άλλα μεγέθη όπως αυτό την ενέργειας τα διαθέσιμα δεδομένα καλύπτουν διάστημα έντεκα (11) ετών. Σε γενικές γραμμές και επειδή τα ιστορικά δεδομένα και το βάθος στο οποίο αυτά εκτείνονται αποτελούν βασική προϋπόθεση για μια έγκυρη πρόβλεψη, έγινε προσπάθεια να ληφθούν υπ όψη όσο το δυνατό περισσότερα ιστορικά δεδομένα ήταν διαθέσιμα κοντά στο εύρος των δέκα (10) ετών στο οποίο και μελετάται το σύστημα.

Η πρόγνωση που πραγματοποιείται έχει ορίζοντα τα είκοσι (20) έτη.

Για την ανάλυση και πρόβλεψη χρησιμοποιήθηκε ως εργαλείο το λειτουργικό σύστημα Statgraphics Centurion.

Όσο αναφορά την ανάλυση των χρονοσειρών για όλα τα μεγέθη πριν την πρόγνωση χρησιμοποιήθηκε, όπου ήταν απαραίτητο, η μέθοδος των διαφορών (differencing d) για την επίτευξη της απαραίτητης στασιμότητας αυτών. Ακόμα έγιναν επιπρόσθετοι στατιστικοί έλεγχοι και έλεγχοι υποθέσεων που ήταν διαθέσιμοι από το χρησιμοποιούμενο λογισμικό ώστε να διασφαλιστεί αν το εφαρμοζόμενο μοντέλο είναι το καταλληλότερο για τα δεδομένα κάθε φορά.

Για κάθε πρόγνωση που πραγματοποιήθηκε τέθηκαν σε μεταξύ τους "ανταγωνισμό" μια ποικιλία μοντέλων πρόγνωσης που ήταν διαθέσιμες στο λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε. Από αυτές γινόταν κάθε φορά η επιλογή της καταλληλότερης, αυτής δηλαδή που περιέγραφε καλύτερα το κάθε μέγεθος. Κριτήριο επιλογής αποτελεί η ελαχιστοποίηση των σφαλμάτων που ήταν διαθέσιμα από το λειτουργικό σύστημα.

Τα μοντέλα που συγκρίθηκαν είναι τα ακόλουθα:

-ARIMA

-Random Walk και Random walk with drift

-Quadratic trend

-Linear trend

-Mean

-S curve

-Exponential trend

-Moving Average

-Simple exponential Smoothing

-Brown's Linear Exponential Smoothing

-Holt's Linear Exponential Smoothing

-Quadratic Exponential Smoothing

-Winter's Exponential Smoothing

Μερικά από αυτά έχουν αναλυθεί διεξοδικά στο κεφάλαιο 1, ενώ κυριαρχεί η μελέτη με μοντέλα από την οικογένεια ARIMA(p,d,q) καθώς επίσης το μοντέλο Random walk (with drift) καθώς και της γραμμικής τάσης linear trend.

Παράλληλα συγκρίθηκαν και τα διάφορα κριτήρια σφάλματος. Η επιλογή του μοντέλου που θα χρησιμοποιηθεί γίνεται από την ελαχιστοποίηση των σφαλμάτων.

Τα κριτήρια σφάλματος, που χρησιμοποιήθηκαν για την επιλογή του καταλληλότερο κάθε φορά μοντέλου, που τέθηκαν σε ανταγωνισμό είναι τα ακόλουθα:

-Akaike Information Criterion (AIC)

-Hannan-Quinn Criterion (HQC)

-Schwarz Bayesian Information Criterion (SBIC)

-Mean Squared Error (MSE)

-Mean Absolute Error (MAE)

-Root Mean Squared Error (RMSE)

-Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Κυρίως χρησιμοποιήθηκαν τα κριτήρια MAE, RMSE και MAPE.

Ανάλυση για κάποια από αυτά έχει γίνει στο προηγούμενο κεφάλαιο.

3.1 Μονάδες μέτρησης μεγεθών.

Κατά την ανάλυση και την πρόβλεψη των μεγεθών που θα ακολουθήσει σημαντικό ρόλο παίζουν οι μονάδες με βάση τις οποίες μετρώνται αυτά.

Οι μονάδες μέτρησης για τα μελετώμενα μεγέθη είναι οι ακόλουθες:

-Για τα μεγέθη που αφορούν την ενέργεια.

Η μονάδα μέτρησης στην περίπτωση αυτή είναι οι χιλιάδες τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου (1000toe - ακρώνυμα tone of oil equivalent).

Προσεγγιστικά 1 toe ισοδυναμεί με :

-10^6 kcal ή 42 GJ σε μονάδες θερμότητας.

- 12 MWh ηλεκτρικής ενέργειας.

-Για μεγέθη που αφορούν τη μέτρηση των εκπομπών αερίων.

Η μονάδα μέτρησης στην περίπτωση αυτή είναι τα εκατομμύρια τόνοι ισοδύναμων εκπομπών CO_2 (million tones CO_2 equivalent).

-Για μεγέθη που αφορούν τη μέτρηση της κατανάλωσης και χρήσης προϊόντων φυτοπροστασίας και φυτοφαρμάκων.

Η μονάδα μέτρησης στην περίπτωση αυτή είναι οι τόνοι ενεργών συστατικών (ton of active ingredient).

-Για μεγέθη που αφορούν την μέτρηση της κατανάλωσης και χρήσης λιπασμάτων

Η μονάδα μέτρησης στην περίπτωση αυτή είναι οι μετρικοί τόνοι θρεπτικών συστατικών (metric tons of plant nutrient)

Είναι 1 μετρικός τόνος ισούται με 1000kg

-Για τα μεγέθη που αφορούν τη μέτρηση υγρών.

Η μονάδα μέτρησης στην περίπτωση αυτή είναι τα εκατομμύρια κυβικά μέτρα (mio m^3)

-Για μεγέθη που αφορούν την μέτρηση της έκτασης.

Η μονάδα μέτρησης στην περίπτωση αυτή είναι τα εκτάρια γης ha (hectares).

Για να έχουμε το μέτρο σύγκρισης 1 εκτάριο γης είναι ίσο με 2.471 στρέμματα γης και το 1 στρέμμα ισούται με 1000 m^2.

3.2 Συνιστώσες Συστήματος -Ανάλυση

Παρακάτω παρατίθεται η ανάλυση γα κάθε ένα από τα μεγέθη του συστήματος.

Συνιστώσα συστήματος: Νερό (είσοδος)

1)Αντλούμενο νερό για την γεωργία.

Μονάδα μέτρησης: mio m^3 (εκατομμύρια κυβικά μέτρα ανά έτος).

Γράφημα/αναπαράσταση δεδομένων:



Αντλούμενο νερό για την γεωργία.

Περιγραφή γραφήματος.

Για το παραπάνω μέγεθος έχουμε διαθέσιμες 8 παρατηρήσεις εκκινώντας από το έτος 1997 μέχρι και το έτος 2007

(δεν διαθέτουμε ωστόσο δεδομένα για τα έτη 1997,1998,1999).

Από την παραπάνω αναπαράσταση παρατηρούμε ότι με σημείο εκκίνησης το έτος 2000 η ποσότητα αντλούμενου νερού για την γεωργία από τα 9.067 εκατομμύρια κυβικά μέτρα ακολουθεί πτωτική πορεία και το έτος 2002 φτάνει στην κατώτερη τιμή των 8.419 εκατομμυρίων κυβικών μέτρων. Ακολουθεί ανοδική πορεία μέχρι το 2005 και τα 8.699 εκατομμύρια κυβικά μέτρα. Έπειτα μια σταθερή καθοδική πορεία μέχρι το 2006 στο επίπεδο των 8.455 εκατομμυρίων κυβικών μέτρων εκεί όπου φαίνεται να σταθεροποιείται η κατανάλωση για το μέγεθος αντλούμενο νερό για την γεωργία.

Για την επίτευξη στασιμότητας στα δεδομένα χρειάστηκε να εφαρμοστεί η μέθοδος των διαφορών τάξεως d=1.

Το επιλεχθέν μοντέλο είναι το ARIMA (0,1,2) with constant ή αλλιώς IMA(1,2) with constant.

Το μοντέλο αυτό υποθέτει ότι η καλύτερη πρόβλεψη για το μέλλον θα δίνεται από ένα παραμετρικό μοντέλο της οικογένειας ARIMA όπου οι πιο πρόσφατες τιμές των δεδομένων σχετίζονται με τις προηγούμενες τιμές καθώς και τον προηγούμενο θόρυβο σύμφωνα με την διαδικασία που έχει αναφερθεί στο κεφάλαιο 2.

Όπως έχει ειπωθεί η επιλογή του καταλληλότερου μοντέλου που περιγράφει με τον καλύτερο τρόπο τα ιστορικά δεδομένα προσδιορίζεται από την ελαχιστοποίηση των βασικών κριτήριων σφαλμάτων. Για την επιλογή του μοντέλου με βάση τον ανταγωνισμό στα κριτήρια σφάλματος έχουμε τον παρακάτω συγκριτικό πίνακα όπου φαίνεται ότι οι ελάχιστες τιμές των σφαλμάτων RMSE, MAE,MAPE προκύπτουν για το επιλεχθέν μοντέλο ARIMA(0,1,2) with constant μοντέλο (A).

Models
(A) ARIMA(0,1,2) with constant
(B) Constant mean = 8649,14
(C) S-curve trend = exp(-6,63117 + 31447,0 /t)
(D) Simple moving average of 3 terms
(E) Simple exponential smoothing with alpha = 0,999

Ανταγωνιζόμενα μοντέλα.

Estimation Period

Model	*RMSE*	*MAE*	*MAPE*
(A)	124,691	74,2361	0,862306
(B)	240,118	189,997	2,17885
(C)	184,414	126,431	1,46081
(D)	174,253	151,733	1,77644
(E)	231,061	146,661	1,72038

Κοιτάζοντας τις τιμές των σφαλμάτων παρατηρούμε ότι το μοντέλο που επιλέχτηκε, το ARIMA(0,1,2) with constant, παρουσιάζει τα μικρότερα κριτήρια σφάλματος RMSE, MAE,MAPE.

Για τον καθορισμό αν το μοντέλο είναι κατάλληλο για τα δεδομένα έγιναν 5 έλεγχοι πάνω στα κατάλοιπα. Η σήμανση OK δείχνει ότι το επιλεχθέν μοντέλο περνά με επιτυχία τους ελέγχους κα άρα είναι μάλλον κατάλληλο για τα δεδομένα.

Model	*RMSE*	*RUNS*	*RUNM*	*AUTO*	*MEAN*	*VAR*
(A)	124,691	OK	OK			
(B)	240,118	OK	OK	OK	OK	***
(C)	184,414	OK	OK	OK	OK	***
(D)	174,253	OK	OK	OK	*	OK
(E)	231,061	OK	OK	OK	OK	***

Έλεγχοι στα κατάλοιπα.

Παρατηρούμε ότι το μοντέλο που επιλέχθηκε περνάει μόνο τα δύο πρώτα test με επιτυχία παρόλα αυτά προτιμάται από τα υπόλοιπα καθώς αυτό παρουσιάζει το μικρότερο κριτήριο σφάλματος αυτό της ρίζας του μέσου τετραγωνικού σφάλματος, αρκετά μικρότερο από την επόμενη τιμή 174,253. Επιπρόσθετα τα άλλα ανταγωνιστικά μοντέλα εκτός των μεγαλύτερων τιμών στο κριτήριο σφάλματος που παρουσιάζουν, αποτυγχάνουν να περάσουν κάποια από τα test VAR και MEAN σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% στο οποίο μελετώνται τα χαρακτηριστικά του συστήματος.

Οι παρακάτω πίνακες δείχνουν τις προβλεπόμενες τιμές για το μέγεθος αντλούμενο νερό, τόσο κατά την περίοδο προσαρμογής του μοντέλου όπου τα πραγματικά δεδομένα είναι διαθέσιμα και παρουσιάζονται οι προσαρμοζόμενες τιμές που προέκυψαν από το εφαρμοζόμενο μοντέλο μαζί με τα κατάλοιπα, όσο και οι προβλεπόμενες τιμές του μεγέθους για μελλοντικό ορίζοντα των 20 ετών με διάστημα εμπιστοσύνης 95% .

Forecast Table for ANTLOUMENO NERO
Model: ARIMA(0,1,2) with constant

Period	*Data*	*Forecast*	*Residual*
2000,0	9067,1		
2001,0	8940,9	8812,66	128,245
2002,0	8419,8	8598,09	-178,292
2003,0	8532,1	8544,1	-12,002
2004,0	8620,6	8637,83	-17,2344
2005,0	8699,4	8606,09	93,3096
2006,0	8455,3	8519,4	-64,1004
2007,0	8457,9	8431,43	26,4701

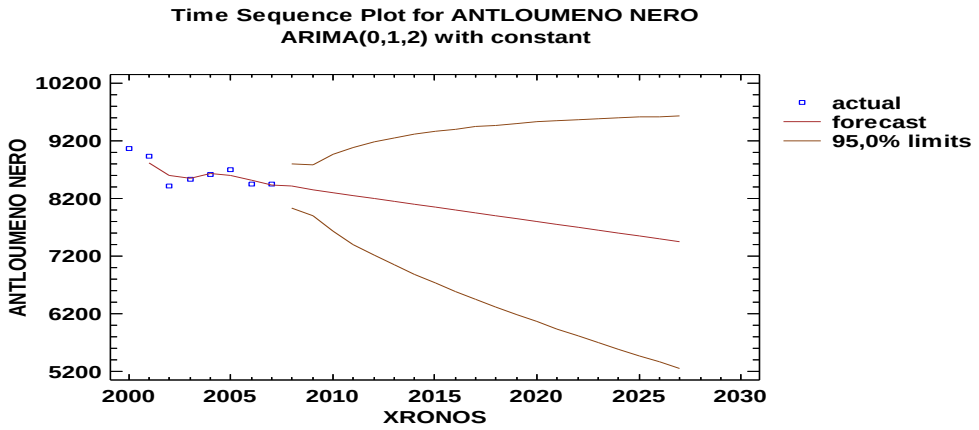
Προσαρμογή του μοντέλου στα πραγματικά δεδομένα που είναι διαθέσιμα.

Period	Forecast	Lower 95,0% Limit	Upper 95,0% Limit
2008,0	8416,55	8028,73	8804,37
2009,0	8345,94	7906,37	8785,51
2010,0	8295,74	7625,42	8966,06
2011,0	8245,54	7405,64	9085,45
2012,0	8195,35	7214,76	9175,93
2013,0	8145,15	7041,67	9248,63
2014,0	8094,95	6880,96	9308,94
2015,0	8044,75	6729,5	9360,0
2016,0	7994,56	6585,3	9403,81
2017,0	7944,36	6446,99	9441,73
2018,0	7894,16	6313,59	9474,74
2019,0	7843,96	6184,35	9503,58
2020,0	7793,77	6058,7	9528,83
2021,0	7743,57	5936,21	9550,93
2022,0	7693,37	5816,5	9570,25
2023,0	7643,17	5699,27	9587,08
2024,0	7592,98	5584,28	9601,68
2025,0	7542,78	5471,31	9614,25
2026,0	7492,58	5360,19	9624,98
2027,0	7442,38	5250,76	9634,01

Για τιμές πέρα από τις πραγματικές, παρουσιάζονται οι προβλέψεις που πραγματοποιήθηκαν σε ορίζοντα 20 ετών με διάστημα εμπιστοσύνης 95%.

Τα όρια του διαστήματος εμπιστοσύνης (άνω και κάτω) δείχνουν που οι πραγματικές τιμές των δεδομένων, σε ένα μελλοντικό ορίζοντα 20 ετών, είναι πιθανό να βρίσκονται με βαθμό εμπιστοσύνης 95% υποθέτοντας πάντα ότι το επιλεχθέν μοντέλο από την οικογένεια ARIMA που εφαρμόστηκε είναι το καταλληλότερο για τα δεδομένα.

Έτσι έχουμε την παρακάτω διαχρονική γραφική απεικόνιση
:



Προσαρμογή του μοντέλου ARIMA(0,1,2) with constant στην διαχρονική εξέλιξη των δεδομένων.

Το παραπάνω γράφημα απεικονίζει την διαχρονική προσαρμογή του μοντέλου ARIMA(0,1,2) with constant πάνω στα πραγματικά διαθέσιμα ιστορικά δεδομένα. Παρατηρούμε ότι η προσαρμογή του μοντέλου που επιλέχθηκε είναι τέτοια ώστε να ακολουθεί το δυνατό καλύτερα τη διαχρονική εξέλιξη των παρατηρήσεων και μπορούμε να πούμε ότι αυτή είναι αρκετά καλή καθώς από τις 8 διαθέσιμες ιστορικά παρατηρήσεις η προσαρμογή επιτυγχάνεται σε καλά επίπεδα και με μικρές αποκλίσεις για 6 από τις 8 παρατηρήσεις.

Όπως έχει λεχθεί και στο κεφάλαιο 2 ένα σημαντικό εργαλείο για την ανάλυση των χρονοσειρών αποτελούν τα γραφήματα της αυτοσυσχέτισης και μερικής αυτοσυσχέτισης ACF και PACF αντίστοιχα.

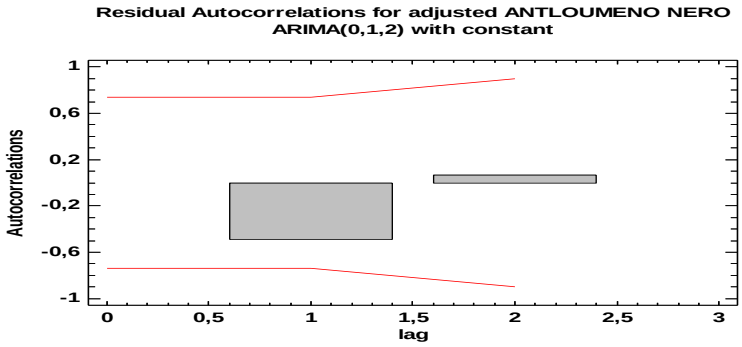
Γενικά, κατά την τυχαία υστέρηση k, ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης μετρά την συσχέτιση μεταξύ των καταλοίπων (σφάλματα) την χρονική στιγμή t και t-k. Παρακάτω φαίνονται τα όρια για διάστημα εμπιστοσύνης 95% γύρω από το μηδέν. Αν τα όρια εμπιστοσύνης σε μια συγκεκριμένη υστέρηση δεν περιέχουν τον εκτιμώμενο συντελεστή, τότε υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση σε αυτή την υστέρηση με επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Διαφορετικά αν τα όρια περικλείουν τον εκτιμώμενο συντελεστή τότε δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση και άρα μπορεί να θεωρηθεί ότι η χρονοσειρά διαθέτει την ιδιότητα της τυχαιότητας.

Estimated Autocorrelations for residuals
Data variable: ANTLOUMENO NERO
Model: ARIMA(0,1,2) with constant

			Lower 95,0%	*Upper 95,0%*
Lag	*Autocorrelation*	*Stnd. Error*	*Prob. Limit*	*Prob. Limit*
1	-0,489709	0,377964	-0,740798	0,740798
2	0,0673234	0,459756	-0,901107	0,901107

Τιμές αυτοσυσχέτισης, σφάλματα και όρια εμπιστοσύνης για τις παρατηρούμενες υστερήσεις.

Για το δεδομένο μέγεθος το γράφημα της αυτοσυσχέτισης είναι το ακόλουθο:



Γράφημα αυτοσυσχέτισης για το αντλούμενο νερό.

Σε αυτό παρατηρούμε ότι η αυτοσυσχέτιση συγκλίνει γρήγορα προς την περιοχή γύρω από το μηδέν και ταυτόχρονα τα όρια διευρύνονται πράγμα που μας διασφαλίζει την τυχαιότητα στα δεδομένα και άρα τα δεδομένα είναι κατάλληλα για την διενέργεια της πρόβλεψης με το μοντέλο που επιλέχθηκε.

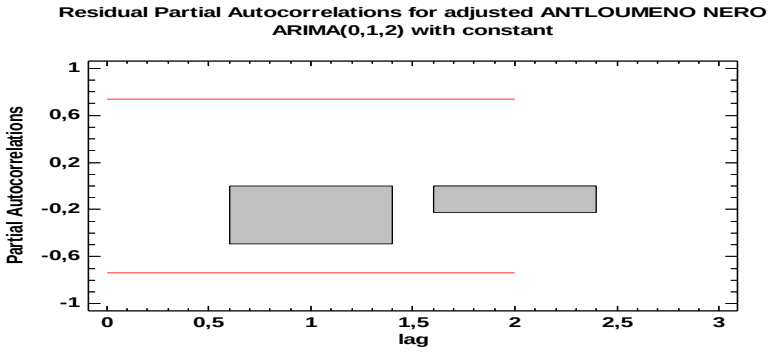
Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τις μερικές αυτοσυσχετίσεις μεταξύ των καταλοίπων (σφάλματα) στις διάφορες υστερήσεις lags. Ο συντελεστής μερικής αυτοσυσχέτισης στην τυχαία υστέρηση k μετρά τη συσχέτιση μεταξύ των καταλοίπων τη χρονική στιγμή t και t+k έχοντας λάβει υπ όψη τις συσχετίσεις σε όλες τις μικρότερες χρονικές υστερήσεις. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να κρίνει την τάξη του αυτοπαλίνδρομου μοντέλου που απαιτείται για να προσαρμοστούν τα δεδομένα και μέσω αυτής να διασφαλίσει την απαραίτητη ιδιότητα της στασιμότητας (stationarity)της χρονοσειράς. Επιπλέον φαίνονται τα όρια με επίπεδο εμπιστοσύνης 95% γύρω απ το μηδέν.

Estimated Partial Autocorrelations for residuals
Data variable: ANTLOUMENO NERO
Model: ARIMA(0,1,2) with constant

	Partial		*Lower 95,0%*	*Upper 95,0%*
Lag	*Autocorrelation*	*Stnd. Error*	*Prob. Limit*	*Prob. Limit*
1	-0,489709	0,377964	-0,740798	0,740798
2	-0,226908	0,377964	-0,740798	0,740798

Τιμές μερικής αυτοσυσχέτισης, σφάλματα και όρια εμπιστοσύνης για τις παρατηρούμενες υστερήσεις.

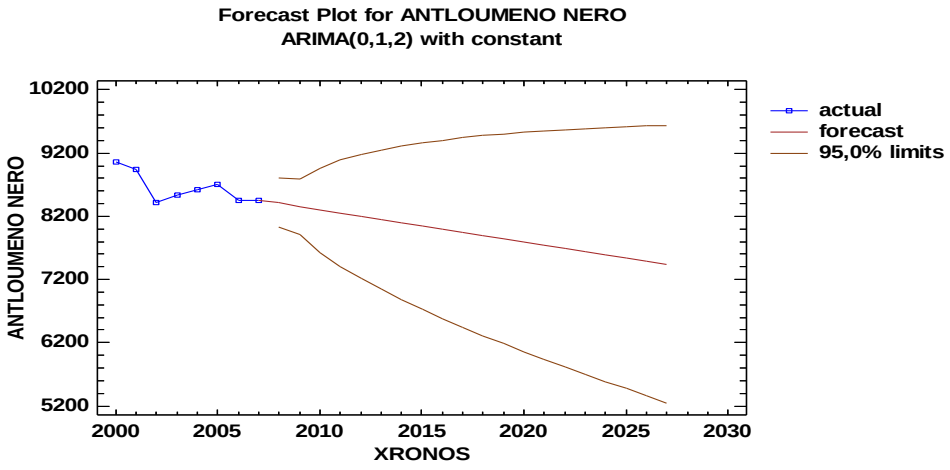
με το αντίστοιχο γράφημα της μερικής αυτοσυσχέτισης για το μελετώμενο μέγεθος να είναι το ακόλουθο:



Γράφημα μερικής αυτοσυσχέτισης για το αντλούμενο νερό.

Στο γράφημα παρατηρούμε ότι οι συντελεστές μερικής αυτοσυσχέτισης μειώνονται με γρήγορο ρυθμό και πλησιάζοντας την περιοχή κοντά στο μηδέν και ως συνέπεια μπορούμε να πούμε ότι το μοντέλο της οικογένειας ARIMA που επιλέχτηκε καθώς και η τάξη αυτού είναι εκείνα που περιγράφουν τα ιστορικά δεδομένα με τον καλύτερο δυνατό τρόπο και επίσης διασφαλίζεται η απαραίτητη ιδιότητα της στασιμότητας αυτών.

Το γράφημα της πρόγνωσης με βάση τα ιστορικά δεδομένα έχει ως ακολούθως:



Γράφημα πρόγνωσης για το μέγεθος αντλούμενο νερό.

Παρατηρούμε από το γράφημα ότι το μοντέλο ARIMA(0,1,2) with constant που χρησιμοποιήθηκε για την πρόγνωση δείχνει ότι σε μελλοντικό ορίζοντα είκοσι (20) ετών από την τελευταία παρατηρούμενη τιμή θα υπάρχει μια σταθερή πτωτική πορεία και από το σημερινό επίπεδο και τα 8.457,9 εκατομμύρια κυβικά μέτρα το 2007 σταδιακά θα βαίνει μειούμενο ώσπου αυτό φτάσει στα 5.250,65 εκατομμύρια κυβικά μέτρα το 2027 .

Επιπλέον δίνονται και τα όρια εμπιστοσύνης σε ποσοστό 95%, όπου μπορούμε να παρατηρήσουμε την χαρακτηριστική μορφή των ορίων αυτών για το μοντέλο ARIMA που χρησιμοποιήθηκε. Αρχικά παρατηρούμε ότι τα όρια (πάνω και κάτω) παρουσιάζουν καμπύλη μορφή και είναι πολύ κοντά στην γραμμής πρόβλεψης κατά την αρχική περίοδο αυτής ενώ προϊόντος του χρόνου τα όρια αυτά απομακρύνονται από την γραμμή πρόβλεψης και διευρύνονται. Αυτό συμβαίνει καθώς τα μοντέλα ARIMA, όπως έχει ειπωθεί και παραπάνω, κατά την περιγραφή των μεθόδων στο κεφάλαιο 2, έχουν πολύ καλή και ιδιαίτερα αξιόπιστη βραχυπρόθεσμη προβλεπτική ικανότητα ενώ με την πάροδο του χρόνου η δυναμική τους μειώνεται χωρίς όμως το γεγονός αυτό να καθιστά την μέθοδο αναξιόπιστη.

Η μείωση αυτή για το μέγεθος αντλούμενο νερό για την γεωργία μπορεί να εξηγηθεί καθώς τα αποθέματα των υδάτινων πόρων ήδη επαπειλούνται και σε ορίζοντα είκοσι (20) ετών θα αρχίσουν να εξαντλούνται λόγο κατάχρησης του και άρα χρειάζεται να χρησιμοποιείται αναγκαστικά όλο και πιο λελογισμένα και από την γεωργία. Σε αυτό το γεγονός έρχεται να συμβάλει και η υιοθέτηση των κανόνων ορθής γεωργικής πρακτικής που επιβάλλουν τον έλεγχο στην κατασπατάληση των υδατίνων πόρων που ούτος ή άλλως είναι περιορισμένοι στην χώρα μας.

2)Χρήση νερού προερχόμενου από την γεωργία για σκοπούς άρδευσης

Μονάδα μέτρησης: mio m^3 (εκατομμύρια κυβικά μέτρα ανά έτος).

Γράφημα/αναπαράσταση δεδομένων:



Χρήση νερού προερχόμενο από την γεωργία για σκοπούς άρδευσης

Περιγραφή μεγέθους: Η χρήση του νερού προερχόμενο από την γεωργία για σκοπούς άρδευσης αφορά ποσότητες νερού που προέρχονται από συναφείς με την γεωργία τομείς όπως κτηνοτροφία ή μονάδες παράγωγης και μεταποίησης γεωργικών προϊόντων καθώς και όμβριων υδάτων βιολογικά επεξεργασμένων όλα πλούσια σε θρεπτικά όπου έπειτα από ειδική επεξεργασία και την απαραίτητη απολύμανση διοχετεύεται πάλι προς αυτές με αποκλειστικό σκοπό την άρδευση. Αποτελεί συμπληρωματική πηγή στο συμβατικό νερό άρδευσης.

Περιγραφή αναπαράστασης

Για το παραπάνω μέγεθος έχουμε διαθέσιμες 9 παρατηρήσεις εκκινώντας από το έτος 1997 μέχρι και το έτος 2007 .(δεν είναι διαθέσιμα δεδομένα από τα έτη 1998 και 1999)

Οι παραλειπόμενες τιμές των δεδομένων εκτιμήθηκαν από το χρησιμοποιούμενο λογισμικό χρησιμοποιώντας τις γειτονικές τιμές δεδομένων.

Από την παραπάνω αναπαράσταση παρατηρούμε ότι με σημείο εκκίνησης το έτος 2000 η ποσότητα του χρησιμοποιούμενου νερού προερχόμενο από την γεωργία ανέρχεται στα 4.580,7 εκατομμύρια κυβικά μέτρα ακολουθεί πτωτική πορεία και το έτος 2002 φτάνει στα 4.337,1 εκατομμύρια κυβικά μέτρα. Έπειτα ακολουθεί συνεχή ανοδική πορεία μέχρι το 2005 και τα 4.587,7 εκατομμύρια κυβικά μέτρα όπου λαμβάνει και την μεγίστη τιμή του. Έπειτα με καθοδική πορεία κινείται μέχρι το 2006 στο επίπεδο των 4.275,5 εκατομμυρίων κυβικών μέτρων ενώ τέλος καταλήγει το 2007 κινούμενο ανοδικά στα 4.406,9 εκατομμύρια κυβικά μέτρα.

Για την επίτευξη στασιμότητας στα δεδομένα χρειάστηκε να εφαρμοστεί η μέθοδος των διαφορών τάξεως d=2.

Το επιλεχθέν μοντέλο είναι το ARIMA (2,2,1) .

Το μοντέλο αυτό υποθέτει ότι η καλύτερη πρόβλεψη για το μέλλον δίνεται από ένα παραμετρικό μοντέλο τύπου ARIMA όπου οι πιο πρόσφατες τιμές των δεδομένων σχετίζονται με τις προηγούμενες τιμές καθώς και τον προηγούμενο θόρυβο όπως έχει περιγραφεί στο κεφάλαιο 2.

Όσο αφορά την επιλογή του μοντέλου με βάση τον ανταγωνισμό στα κριτήρια σφάλματος έχουμε τον παρακάτω συγκριτικό πίνακα όπου φαίνεται ότι οι ελάχιστες τιμές των σφαλμάτων RMSE, MAE,MAPE προκύπτουν για το επιλεχθέν μοντέλο ARIMA(2,2,1) μοντέλο (A).

Παρατίθενται οι τιμές για τα βασικά σφάλματα:

Estimation Period

Model	*RMSE*	*MAE*	*MAPE*
(A)	116.705	85.3226	1.93274
(B)	174.78	131.271	3.04507
(C)	202.447	132.36	3.01932
(D)	178.601	136.003	3.04814
(E)	176.717	124.614	2.91039

Κοιτάζοντας τα στατιστικά των σφαλμάτων παρατηρούμε ότι το μοντέλο που επιλέχτηκε, το ARIMA(2,2,1), παρουσιάζει τα μικρότερα RMSE, MAE,MAPE.

Για τον καθορισμό αν το μοντέλο είναι κατάλληλο για τα δεδομένα έγιναν 5 έλεγχοι πάνω στα κατάλοιπα. Η σήμανση OK δείχνει ότι το επιλεχθέν μοντέλο περνά με επιτυχία τους ελέγχους και άρα είναι κατάλληλο για τα δεδομένα.

Model	*RMSE*	*RUNS*	*RUNM*	*AUTO*	*MEAN*	*VAR*
(A)	116.705	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	174.78	OK	OK	OK	OK	OK
(C)	202.447	OK	OK	OK	OK	OK
(D)	178.601	OK	OK	OK		
(E)	176.717	OK	OK	OK	OK	OK

Έλεγχοι στα κατάλοιπα.

Οι παρακάτω πίνακες δείχνουν τις προβλεπόμενες τιμές για το μέγεθος "χρήση νερού για σκοπούς άρδευσης από την γεωργία", τόσο κατά την περίοδο προσαρμογής του μοντέλου όπου τα πραγματικά δεδομένα είναι διαθέσιμα και παρουσιάζονται οι προσαρμοζόμενες τιμές από το μοντέλο μαζί με τα κατάλοιπα (σφάλματα),όσο και οι προβλεπόμενες τιμές του μεγέθους για μελλοντικό ορίζοντα των είκοσι (20) ετών με διάστημα εμπιστοσύνης 95% .

Forecast Table for XRHSH NEROU GIA SKOPOUS ADREFSIS
Model: ARIMA(2,2,1)
* = estimated

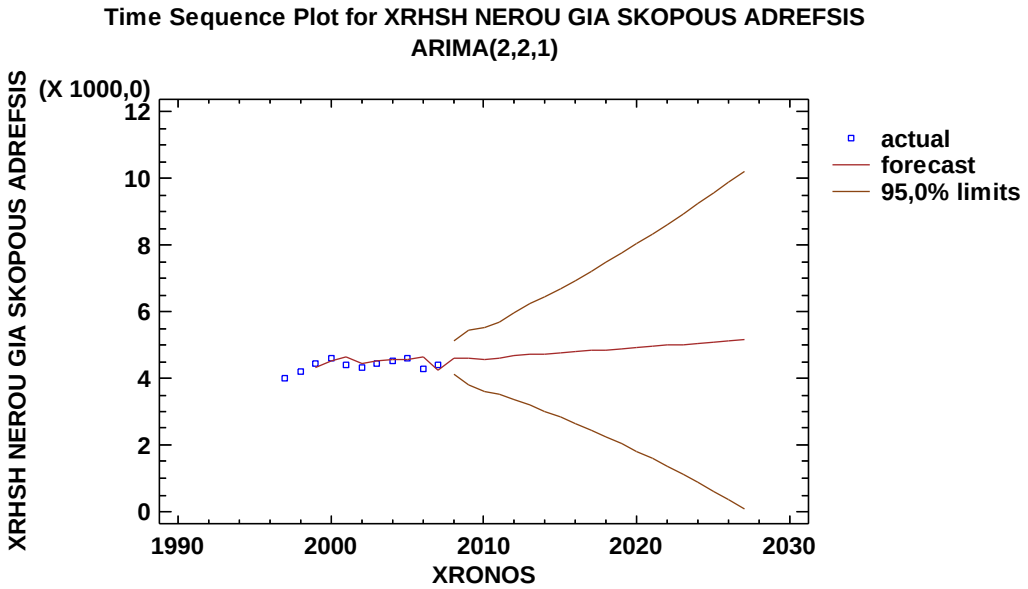
Period	*Data*	*Forecast*	*Residual*
1997,0	4000,0		
1998,0*	4193,57		
1999,0*	4448,46	4339,56	108,904
2000,0	4580,7	4520,98	59,7179
2001,0	4406,3	4626,42	-220,125
2002,0	4337,1	4448,25	-111,155
2003,0	4445,5	4513,18	-67,6815
2004,0	4520,7	4570,41	-49,705
2005,0	4587,7	4548,28	39,417
2006,0	4275,5	4638,17	-362,67
2007,0	4406,9	4235,04	171,862

Προσαρμογή του μοντέλου στα πραγματικά δεδομένα που είναι διαθέσιμα.

		Lower 95,0%	Upper 95,0%
Period	Forecast	Limit	Limit
2008,0	4612,54	4102,13	5122,95
2009,0	4609,48	3789,05	5429,91
2010,0	4556,13	3594,35	5517,91
2011,0	4599,91	3504,16	5695,66
2012,0	4674,67	3379,34	5970,01
2013,0	4704,77	3188,75	6220,78
2014,0	4716,82	2997,54	6436,09
2015,0	4749,15	2825,74	6672,56
2016,0	4791,59	2645,85	6937,34
2017,0	4824,95	2445,23	7204,68
2018,0	4852,82	2236,13	7469,5
2019,0	4884,67	2025,98	7743,36
2020,0	4919,46	1809,94	8028,97
2021,0	4952,52	1584,27	8320,77
2022,0	4984,05	1351,17	8616,93
2023,0	5016,31	1112,87	8919,75
2024,0	5049,35	868,698	9230,0
2025,0	5082,1	617,754	9546,44
2026,0	5114,45	360,452	9868,44
2027,0	5146,91	97,4459	10196,4

Για τιμές πέρα από τις πραγματικές, παρουσιάζονται οι προβλέψεις που πραγματοποιήθηκαν σε ορίζοντα 20 ετών με διάστημα εμπιστοσύνης 95%.

Η διαχρονική γραφική απεικόνιση είναι η παρακάτω :



Διαχρονική συμπεριφορά και προσαρμογή του επιλεχθέντος μοντέλου.

Το παραπάνω γράφημα απεικονίζει την διαχρονική προσαρμογή του μοντέλου ARIMA(2,2,1) πάνω στα πραγματικά διαθέσιμα ιστορικά δεδομένα όπου παρατηρούμε ότι η προσαρμογή του μοντέλου που επιλέχθηκε είναι τέτοια ώστε να ακολουθεί το δυνατό καλύτερα τη διαχρονική εξέλιξη των παρατηρήσεων.
Η προσαρμογή του μοντέλου προσπαθεί να ακολουθεί την διασπορά στα δεδομένα και παρατηρούμε ότι είναι αρκετά καλή καθώς από τις 9 διαθέσιμες ιστορικά παρατηρήσεις αυτή επιτυγχάνεται σε πολύ καλά επίπεδα και με μικρές αποκλίσεις για 7 από αυτές.

Σημείωση: Επειδή εφαρμόστηκε διαφόριση με d=2 από τις 11 συνολικά παρατηρήσεις που είχαμε διαθέσιμες οι δύο πρώτες χρησιμοποιήθηκαν για την προσαρμογή του μοντέλου στα δεδομένα.

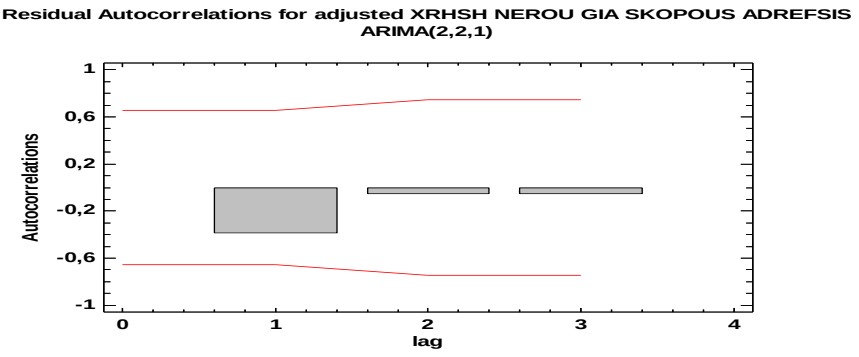
Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε τις εκτιμώμενες αυτοσυσχετίσεις μεταξύ των καταλοίπων στις διάφορες υστερήσεις, όπου φαίνονται τα όρια για διάστημα εμπιστοσύνης 95% γύρω από το μηδέν.

Estimated Autocorrelations for residuals
Data variable: XRHSH NEROU GIA SKOPOUS ADREFSIS
Model: ARIMA(2,2,1)

			Lower 95,0%	*Upper 95,0%*
Lag	*Autocorrelation*	*Stnd. Error*	*Prob. Limit*	*Prob. Limit*
1	-0,383212	0,333333	-0,653323	0,653323
2	-0,0544712	0,379137	-0,743096	0,743096
3	-0,0507625	0,380006	-0,744799	0,744799

Τιμές αυτοσυσχέτισης, σφάλματα και όρια εμπιστοσύνης για τις παρατηρούμενες υστερήσεις.

Για το δεδομένο μέγεθος το γράφημα της αυτοσυσχέτισης είναι το ακόλουθο:



Διάγραμμα αυτοσυσχέτισης για το μέγεθος χρήση νερού για σκοπούς άρδευσης .

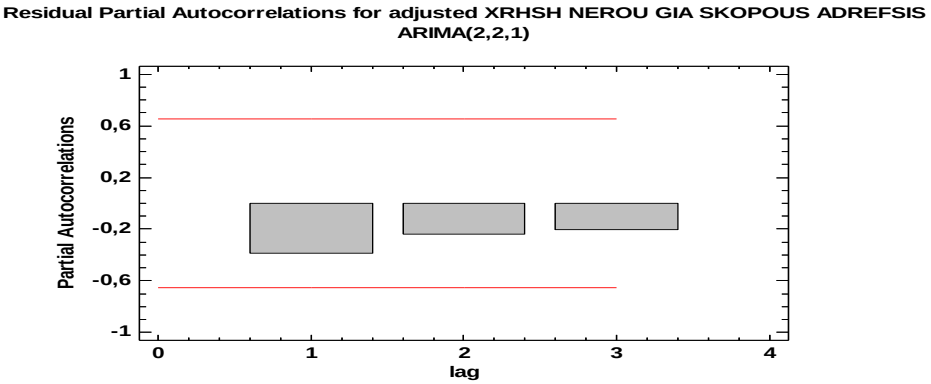
Παρατηρούμε ότι αν τα όρια δεν περιέχουν τον εκτιμώμενο συντελεστή τότε υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση με επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Αν αντίθετα τα όρια περικλείουν τον εκτιμώμενο συντελεστή τότε δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση και άρα μπορεί να θεωρηθεί ότι η χρονοσειρά διαθέτει την ιδιότητα της τυχαιότητας. Επιπλέον το γεγονός ότι τα όρια αποκλίνουν μετά την πρώτη υστέρηση καθώς και ότι η αυτοσυσχέτηση συγκλίνει πολύ γρήγορα προς την περιοχή γύρω από το μηδέν ενδυναμώνουν τον παραπάνω ισχυρισμό.

Estimated Partial Autocorrelations for residuals
Data variable: XRHSH NEROU GIA SKOPOUS ADREFSIS
Model: ARIMA(2,2,1)

	Partial		*Lower 95,0%*	*Upper 95,0%*
Lag	*Autocorrelation*	*Stnd. Error*	*Prob. Limit*	*Prob. Limit*
1	-0,383212	0,333333	-0,653323	0,653323
2	-0,235976	0,333333	-0,653323	0,653323
3	-0,207278	0,333333	-0,653323	0,653323

Τιμές μερικής αυτοσυσχέτισης, σφάλματα και όρια εμπιστοσύνης για τις παρατηρούμενες υστερήσεις.

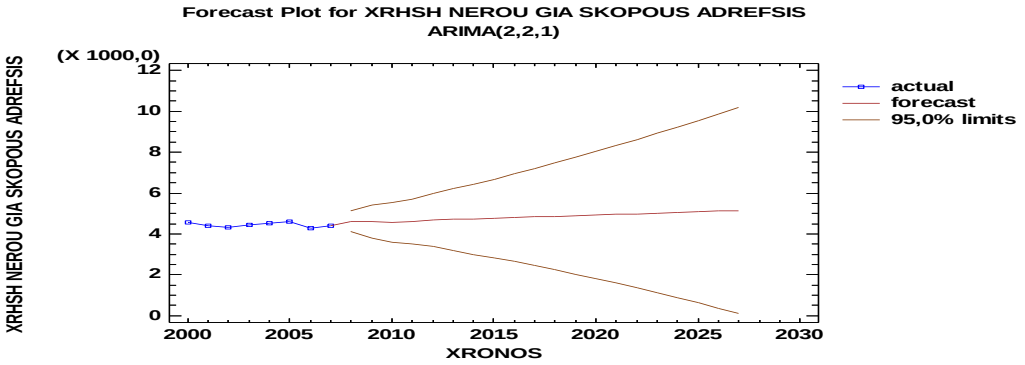
Το αντίστοιχο γράφημα της μερικής αυτοσυσχέτισης για το μελετώμενο μέγεθος να είναι το ακόλουθο:



Διάγραμμα μερικής αυτοσυσχέτισης για το μέγεθος χρήση νερού για σκοπούς άρδευσης

Στο γράφημα παρατηρούμε ότι οι συντελεστές μερικής αυτοσυσχέτισης μειώνονται με γρήγορο ρυθμό και πλησιάζουν την περιοχή κοντά στο μηδέν και ως συνέπεια μπορούμε να πούμε το μοντέλο ARIMA που επιλέχτηκε καθώς και η τάξη αυτού είναι αυτά που περιγράφουν τα ιστορικά δεδομένα με τον καλύτερο δυνατό τρόπο και διασφαλίζουν την απαραίτητη ιδιότητα της στασιμότητας (stationarity) αυτών.

Το γράφημα της πρόγνωσης με βάση τα ιστορικά δεδομένα έχει ως ακολούθως:



Γράφημα πρόγνωσης για το μέγεθος χρήση νερού για σκοπούς άρδευσης.

Παρατηρούμε από το γράφημα ότι το μοντέλο ARIMA(2,2,1) που χρησιμοποιήθηκε για την πρόγνωση δείχνει ότι σε μελλοντικό ορίζοντα είκοσι (20) ετών από την τελευταία παρατηρούμενη τιμή θα υπάρχει μια ασθενής αλλά σταθερά ανοδική πορεία και από το σημερινό επίπεδο και τα 4.406,9 εκατομμύρια κυβικά μέτρα το 2007 αργά θα αυξηθεί ώσπου αυτό φτάσει στα 5.146,9 εκατομμύρια κυβικά μέτρα το 2027. Παρατηρούμε ότι η αύξηση αυτή μπορεί να χαρακτηριστεί αναιμική και ότι σε γενικές γραμμές το χρησιμοποιούμενο νερό για σκοπούς άρδευσης που προέρχεται από την γεωργία στα επόμενα είκοσι (20) έτη θα έχει σταθερή συμπεριφορά λίγο πάνω από τα σημερινά παρατηρούμενα επίπεδα.

Τα όρια εμπιστοσύνης σε ποσοστό 95%, έχουν την χαρακτηριστική μορφή των μοντέλων ARIMA που χρησιμοποιήθηκε. Αρχικά τα όρια (πάνω και κάτω) βρίσκονται κοντά στην γραμμής πρόβλεψης ενώ με την πάροδο του χρόνου τα όρια απομακρύνονται από την γραμμή πρόβλεψης και διευρύνονται. Τα μοντέλα ARIMA έχουν πολύ καλή και ιδιαίτερα αξιόπιστη βραχυπρόθεσμη προβλεπτική ικανότητα στην αρχή της προβλεπτικής περιόδου ενώ όσο ο χρόνος περνά η δυναμική αυτής μειώνεται χωρίς όμως αυτό να καθιστά την μέθοδο αναξιόπιστη.

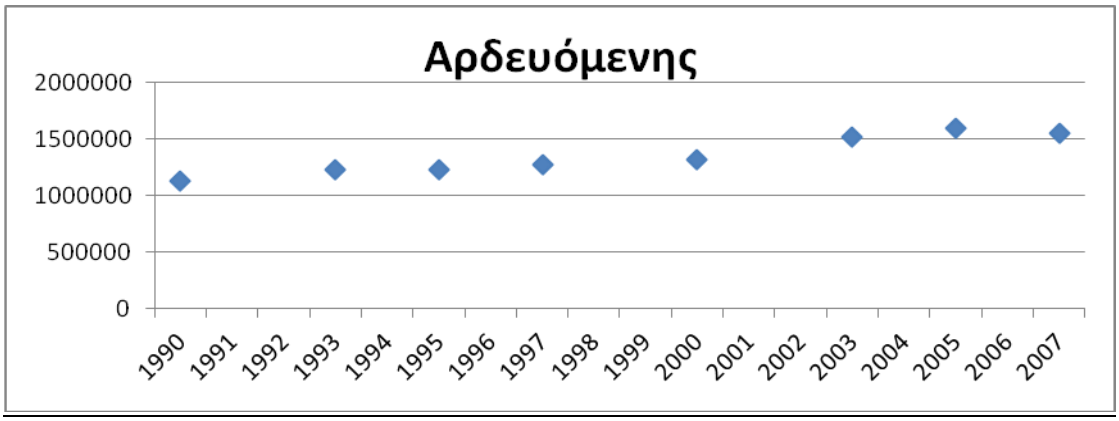
Η σταθερότητα που παρατηρείται στο συγκεκριμένο μέγεθος μπορεί να εξηγηθεί καθώς, το νερό προερχόμενο από την γεωργία για σκοπούς άρδευσης αποτελεί ένα κλειστό σύστημα. Ουσιαστικά είναι ανακυκλωμένο νερό το όποιο έπειτα από διαδοχικές διεργασίες απολύμανσης που έχει υποστεί διοχετεύεται εμπλουτισμένο με φυσικά θρεπτικά στοιχεία ξανά προς τις καλλιέργειες. Έτσι η ποσότητα του χρησιμοποιούμενου νερού προερχόμενο από την γεωργία θα παραμένει σταθερή σε γενικά επίπεδα.

Τέλος η βραχεία αύξηση που παρουσιάζεται μελλοντικά μπορεί να ερμηνευτεί από τις ολοένα προστιθέμενες πηγές που με την πάροδο του χρόνου και της τεχνολογίας συνδέονται με τέτοιου είδους συστήματα ανακύκλωσης.

3)Αρδευόμενης έκτασης

Μονάδα μέτρησης: ha (εκτάρια).(1 ha =2.471 στρέμματα)

Γράφημα/αναπαράσταση δεδομένων:



Αρδευομένης έκτασης.

Περιγραφή μελετώμενου μεγέθους: *Αρδευόμενης είναι η μέγιστη έκταση που θα μπορούσε να αρδευτεί κατά το έτος αναφοράς χρησιμοποιώντας τον εξοπλισμό και την ποσότητα του νερού που είναι κανονικά διαθέσιμη για εκμετάλλευση.*

Περιγραφή γραφήματος.

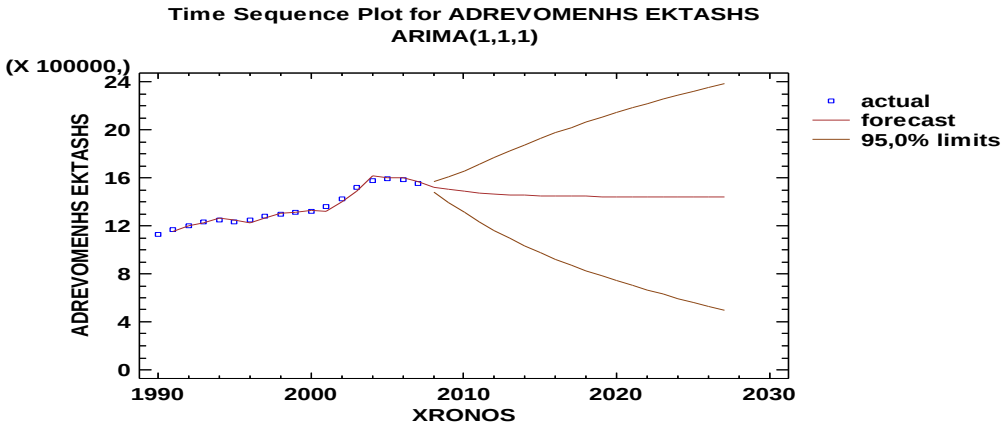
Για το παραπάνω μέγεθος έχουμε διαθέσιμες 8 παρατηρήσεις εκκινώντας από το έτος 1990 μέχρι και το έτος 2007.

(δεν διαθέτουμε ωστόσο δεδομένα για τα έτη:

1991,1992,1994,1996,1998,1999,2001,2002,2004,2006).

Οι παραλειπόμενες τιμές των δεδομένων εκτιμήθηκαν από το χρησιμοποιούμενο λογισμικό χρησιμοποιώντας τις γειτονικές τιμές δεδομένων.

Έτσι με το χρησιμοποιούμενο λογισμικό παράγουμε το γράφημα της διαχρονικής συμπεριφοράς του μεγέθους αρδευόμενης έκτασης ως ακολούθως:



Διαχρονική εξέλιξη και προσαρμογή του μοντέλου πάνω στα δεδομένα.

Από την παραπάνω αναπαράσταση παρατηρούμε ότι με σημείο εκκίνησης το έτος 1990 η αρδευόμενη έκταση είναι 1.130.570 εκτάρια ενώ ακολουθεί αυξητική πορεία και το έτος 1997 φτάνει στην τιμή των 1.276.740 εκταρίων. Ακολουθώντας ανοδική πορεία το 2005 λαμβάνει την μέγιστη τιμή της τα 1.593.780 εκτάρια. Τέλος το 2007 ακλουθώντας καθοδική πορεία δείχνει να σταθεροποιείται στο επίπεδο των 1.555.310 εκταρίων.

Για την επίτευξη στασιμότητας στα δεδομένα χρειάστηκε να εφαρμοστεί η μέθοδος των διαφορών τάξεως d=1.

Το επιλεχθέν μοντέλο είναι το ARIMA (1,1,1).

Το μοντέλο αυτό υποθέτει ότι η καλύτερη πρόβλεψη για το μέλλον θα δίνεται από ένα παραμετρικό μοντέλο τύπου ARIMA όπου οι πιο πρόσφατες τιμές των δεδομένων σχετίζονται με τις προηγούμενες τιμές καθώς και τον προηγούμενο θόρυβο.

Τα ανταγωνιζόμενα μοντέλα είναι:

Models
(A) ARIMA(1,1,1)
(B) Constant mean = 1.34913E6
(C) S-curve trend = exp(54.9553 + -81631.0 /t)
(D) Simple moving average of 3 terms
(E) Simple exponential smoothing with alpha = 0.9999
Math adjustment:

Ανταγωνιζόμενα μοντέλα.

Με τις τιμές των κριτηρίων σφάλματος να είναι:

Estimation Period

Model	*RMSE*	*MAE*	*MAPE*
(A)	19994.9	15205.9	1.09308
(B)	154954.	130426.	9.58137
(C)	41965.6	34508.8	2.48874
(D)	71329.2	56858.7	3.9833
(E)	38537.9	29000.6	2.10144

Κοιτάζοντας τα στατιστικά των σφαλμάτων παρατηρούμε ότι το μοντέλο που επιλέχτηκε, το ARIMA(1,1,1), παρουσιάζει τα μικρότερα RMSE, MAE,MAPE.

Για τον καθορισμό αν το μοντέλο είναι κατάλληλο για τα δεδομένα έγιναν 5 έλεγχοι πάνω στα κατάλοιπα. Η σήμανση OK δείχνει ότι το επιλεχθέν μοντέλο περνά με επιτυχία τους ελέγχους και άρα είναι κατάλληλο για τα δεδομένα

Model	*RMSE*	*RUNS*	*RUNM*	*AUTO*	*MEAN*	*VAR*
(A)	19994.9	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	154954.	***	***	***	***	*
(C)	41965.6	**	**	**	OK	*
(D)	71329.2	**	OK	OK	OK	OK
(E)	38537.9	**	OK	OK	OK	*

Οι ελάχιστες τιμές των κριτηρίων σφαλμάτων RMSE, MAE,MAPE προκύπτουν για το επιλεχθέν μοντέλο ARIMA(1,1,1).

Οι παρακάτω πίνακες δείχνουν τις προβλεπόμενες τιμές για το μέγεθος αρδευόμενης έκτασης, τόσο κατά την περίοδο προσαρμογής του μοντέλου όπου τα πραγματικά δεδομένα είναι διαθέσιμα και παρουσιάζονται οι προσαρμοζόμενες τιμές από το μοντέλο μαζί με τα κατάλοιπα (σφάλματα), όσο και οι προβλεπόμενες τιμές του μεγέθους για μελλοντικό ορίζοντα των είκοσι (20) ετών με διάστημα εμπιστοσύνης 95% .

Forecast Table for ADREVOMENHS EKTASHS
Model: ARIMA(1,1,1)
* = estimated

Period	*Data*	*Forecast*	*Residual*
1990,0	1,13057E6		
1991,0*	1,16484E6	1,15295E6	11886,0
1992,0*	1,19911E6	1,19626E6	2852,16
1993,0	1,23338E6	1,22546E6	7921,22
1994,0*	1,24544E6	1,26257E6	-17129,8
1995,0	1,2353E6	1,24454E6	-9243,05
1996,0*	1,24573E6	1,22279E6	22943,8
1997,0	1,27674E6	1,26614E6	10599,8
1998,0*	1,29967E6	1,30508E6	-5409,75
1999,0*	1,31452E6	1,31319E6	1329,37
2000,0	1,3213E6	1,326E6	-4696,29
2001,0*	1,35807E6	1,32356E6	34513,2
2002,0*	1,42484E6	1,40399E6	20845,8
2003,0	1,5216E6	1,48475E6	36848,8
2004,0*	1,57791E6	1,61215E6	-34240,2
2005,0	1,59378E6	1,59937E6	-5588,67
2006,0*	1,58625E6	1,6021E6	-15856,5
2007,0	1,55531E6	1,57191E6	-16596,7

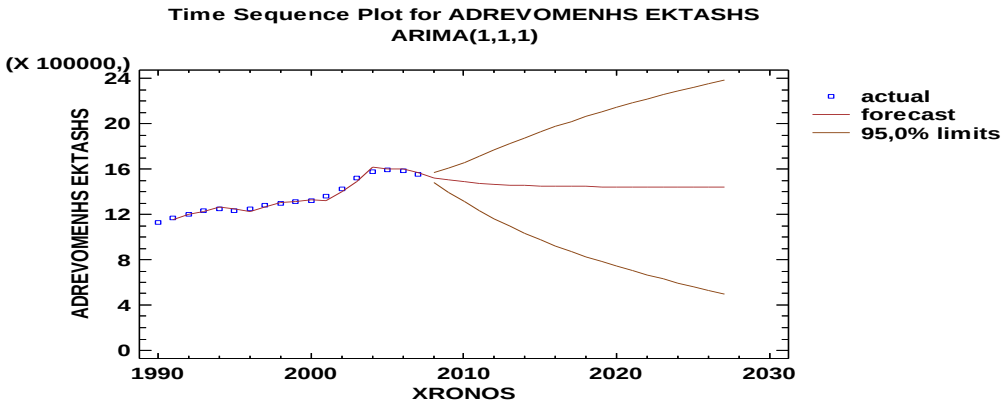
Προσαρμογή του μοντέλου στα πραγματικά δεδομένα που είναι διαθέσιμα.

		Lower 95,0%	*Upper 95,0%*
Period	*Forecast*	*Limit*	*Limit*
2008,0	1,52366E6	1,48102E6	1,56629E6
2009,0	1,5008E6	1,39452E6	1,60707E6
2010,0	1,48429E6	1,31102E6	1,65757E6
2011,0	1,47237E6	1,23283E6	1,71191E6
2012,0	1,46376E6	1,16049E6	1,76703E6
2013,0	1,45754E6	1,09378E6	1,82131E6
2014,0	1,45305E6	1,03221E6	1,8739E6
2015,0	1,44981E6	975222,	1,9244E6
2016,0	1,44747E6	922252,	1,97269E6
2017,0	1,44578E6	872795,	2,01877E6
2018,0	1,44456E6	826404,	2,06271E6
2019,0	1,44368E6	782691,	2,10466E6
2020,0	1,44304E6	741324,	2,14476E6
2021,0	1,44258E6	702020,	2,18314E6
2022,0	1,44225E6	664541,	2,21996E6
2023,0	1,44201E6	628681,	2,25534E6
2024,0	1,44184E6	594267,	2,2894E6
2025,0	1,44171E6	561150,	2,32227E6
2026,0	1,44162E6	529204,	2,35404E6
2027,0	1,44155E6	498319,	2,38479E6

Για τιμές πέρα από τις πραγματικές, παρουσιάζονται οι προβλέψεις που πραγματοποιήθηκαν σε ορίζοντα 20 ετών με διάστημα εμπιστοσύνης 95%.

Τα όρια του διαστήματος εμπιστοσύνης (άνω και κάτω) δείχνουν που οι πραγματικές τιμές των δεδομένων, σε ένα μελλοντικό ορίζοντα είκοσι (20) ετών, είναι πιθανό να βρίσκονται με βαθμό εμπιστοσύνης 95% υποθέτοντας πάντα ότι το επιλεχθέν μοντέλο της οικογένειας ARIMA που εφαρμόστηκε είναι το καταλληλότερο για να περιγράψει τα δεδομένα.

Έτσι έχουμε την παρακάτω διαχρονική γραφική απεικόνιση :



Διαχρονική απεικόνιση και προσαρμογή του μοντέλου στα ιστορικά δεδομένα.

Το παραπάνω γράφημα απεικονίζει την διαχρονική προσαρμογή του μοντέλου ARIMA(1,1,1) πάνω στα πραγματικά διαθέσιμα ιστορικά δεδομένα .

Παρατηρούμε ότι η προσαρμογή είναι βέλτιστη καθώς επιτυγχάνεται σε άριστα επίπεδα σε όλες τις ιστορικές παρατηρήσεις. Βέβαια το παραπάνω αποτέλεσμα οφείλεται τόσο το γεγονός ότι έχουμε αρκετά ιστορικά δεδομένα στη διάθεση μας (18 παρατηρήσεις) καθώς επίσης ότι χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό για να παράγει τις 10 ενδιάμεσες τιμές που δεν ήταν διαθέσιμες, από τις συνολικά 18. Το παραπάνω γεγονός συμβάλλει σημαντικά τόσο στην άριστη προσαρμογή του μοντέλου πάνω στα δεδομένα και έχει θετικές συνέπειες στην εγκυρότητα της πρόβλεψης.

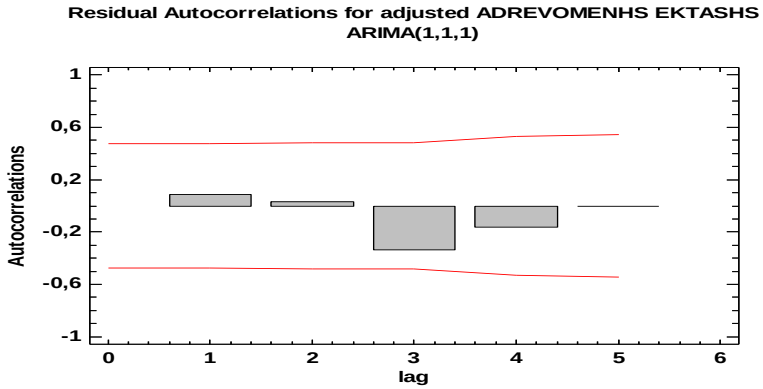
Στο παρακάτω γράφημα βλέπουμε τις εκτιμώμενες αυτοσυσχετίσεις μεταξύ των καταλοίπων στις διάφορες υστερήσεις. Επιπρόσθετα φαίνονται τα όρια για διάστημα εμπιστοσύνης 95% γύρω από το μηδέν. Αν τα όρια εμπιστοσύνης σε μια συγκεκριμένη υστέρηση δεν περιέχουν τον εκτιμώμενο συντελεστή, τότε υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση σε αυτή την υστέρηση με επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Διαφορετικά αν τα όρια περικλείουν τον εκτιμώμενο συντελεστή τότε δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση και άρα μπορεί να θεωρηθεί ότι η χρονοσειρά διαθέτει την ιδιότητα της τυχαιότητας.

Estimated Autocorrelations for residuals
Data variable: ADREVOMENHS EKTASHS
Model: ARIMA(1,1,1)

			Lower 95,0%	Upper 95,0%
Lag	*Autocorrelation*	*Stnd. Error*	*Prob. Limit*	*Prob. Limit*
1	0,0899407	0,242536	-0,475362	0,475362
2	0,0303633	0,24449	-0,479192	0,479192
3	-0,338865	0,244711	-0,479626	0,479626
4	-0,159865	0,270911	-0,530978	0,530978
5	-0,00686555	0,276405	-0,541745	0,541745

Τιμές αυτοσυσχέτισης, σφάλματα και όρια εμπιστοσύνης για τις παρατηρούμενες υστερήσεις

Για το δεδομένο μέγεθος το γράφημα της αυτοσυσχέτισης είναι το ακόλουθο:



Γράφημα αυτοσυσχέτισης για το μέγεθος αρδευόμενης έκτασης.

Σε αυτό παρατηρούμε ότι η αυτοσυσχέτιση αρχικά είναι αρκετά κοντά στο μηδέν (για τους πρώτους δύο συντελεστές) ενώ κατά την τρίτη υστέρηση παρατηρείται αύξηση προς τα αρνητικά (εντός των ορίων) ωστόσο έπειτα παρατηρείται μείωση με γρήγορο ρυθμό αρκετά κοντά στην περιοχή του μηδέν. Επιπλέον παρατηρούμε ότι τα όρια μετά την πρώτη υστέρηση διευρύνονται με το γεγονός αυτό να διασφαλίζει την τυχαιότητα στα δεδομένα .

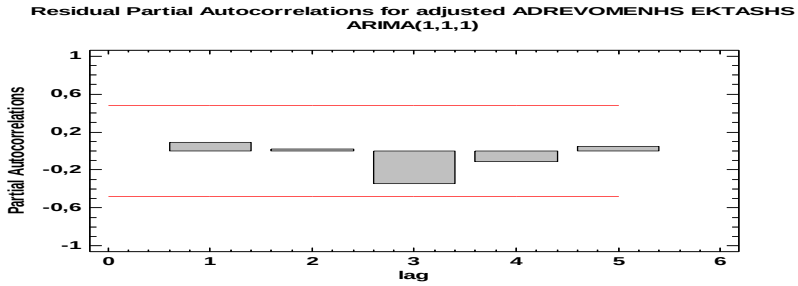
Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τις μερικές αυτοσυσχετίσεις μεταξύ των καταλοίπων στις διάφορες υστερήσεις. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να κρίνει την τάξη του αυτοπαλίνδρομου μοντέλου που απαιτείται για να προσαρμοστούν τα δεδομένα.

Estimated Partial Autocorrelations for residuals
Data variable: ADREVOMENHS EKTASHS
Model: ARIMA(1,1,1)

	Partial		*Lower 95,0%*	*Upper 95,0%*
Lag	*Autocorrelation*	*Stnd. Error*	*Prob. Limit*	*Prob. Limit*
1	0,0899407	0,242536	-0,475362	0,475362
2	0,0224556	0,242536	-0,475362	0,475362
3	-0,34653	0,242536	-0,475362	0,475362
4	-0,112195	0,242536	-0,475362	0,475362
5	0,0492827	0,242536	-0,475362	0,475362

Τιμές μερικής αυτοσυσχέτισης, σφάλματα και όρια εμπιστοσύνης για τις παρατηρούμενες υστερήσεις

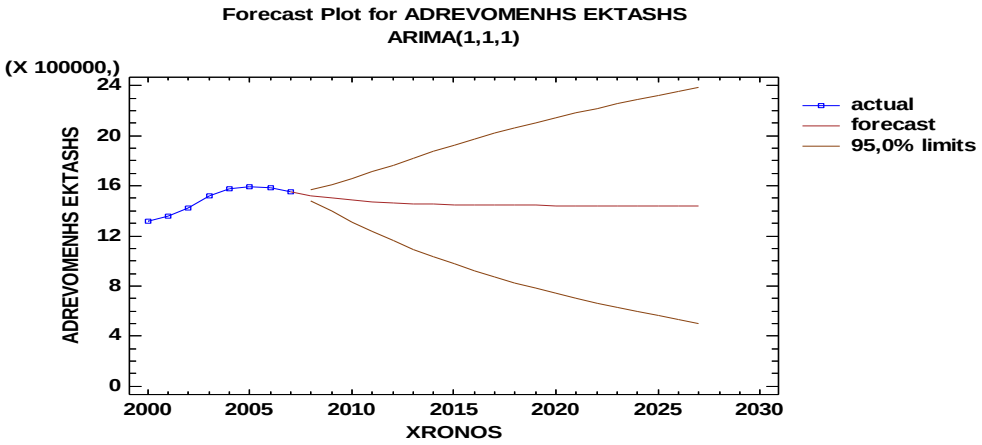
Το γράφημα της μερικής αυτοσυσχέτισης για το μελετώμενο μέγεθος είναι το ακόλουθο:



Γράφημα μερικής αυτοσυσχέτισης για το μέγεθος αρδευόμενης έκτασης.

Στο γράφημα παρατηρούμε ότι οι συντελεστές μερικής αυτοσυσχέτισης έχουν παρόμοια συμπεριφορά με τους συντελεστές αυτοσυσχέτισης. Παρατηρούμε ότι οι συντελεστές μερικής αυτοσυσχέτισης μειώνονται με γρήγορο ρυθμό γύρω απ την περιοχή του μηδενός(με εξαίρεση στην 3 υστέρηση) και ως συνέπεια μπορούμε να πούμε το μοντέλο ARIMA που επιλέχτηκε καθώς και η τάξη αυτού είναι αυτά που περιγράφουν τα ιστορικά δεδομένα με τον καλύτερο δυνατό τρόπο και διασφαλίζουν την απαραίτητη ιδιότητα της στασιμότητας (stationarity) αυτών.

Το γράφημα της πρόγνωσης με βάση τα ιστορικά δεδομένα έχει ως ακολούθως:



Γράφημα πρόγνωσης για το μέγεθος αρδευόμενης έκτασης.

Παρατηρούμε από το γράφημα ότι το μοντέλο ARIMA(1,1,1) που χρησιμοποιήθηκε για την πρόγνωση δείχνει ότι σε μελλοντικό ορίζοντα είκοσι (20) ετών από την τελευταία παρατηρούμενη τιμή θα υπάρχει μια μικρή μείωση μέχρι το έτος 2014, ενώ από το 2014 μέχρι και το τέλος της περιόδου πρόγνωσης η αρδευόμενη έκταση παραμένει σχεδόν σταθερή στο επίπεδο των 144.304 εκτάριων το 2020 και καταλήγει στα 144.155 εκτάρια το 2027 .

Επιπλέον όσο αναφορά τα όρια εμπιστοσύνης σε ποσοστό 95%, εκτός από την χαρακτηριστική μορφή των ορίων για το μοντέλο ARIMA που χρησιμοποιήθηκε, μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι για το συγκεκριμένο μέγεθος λόγο του βάθους των ιστορικών δεδομένων αλλά και της άριστης προσαρμογής του μοντέλου παρατηρούμε ότι στην αρχή της περιόδου πρόβλεψης τα όρια εμπιστοσύνης είναι ιδιαίτερα κοντά στην γραμμή πρόβλεψης (αρκετά πιο κοντά από τις παραπάνω περιπτώσεις μελέτης).

Σταδιακά αυτά διευρύνονται, όπως άλλωστε συμβαίνει και στα προηγούμενα μοντέλα ARIMA που χρησιμοποιήθηκαν, με την διάφορα ότι για το εν λόγο μέγεθος δεν είναι τόσο χαλαρά και δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερη καμπύλωση.

Η σταθερότητα που παρατηρείται κατά την πρόβλεψη στο μέγεθος "αρδευόμενη έκταση" μπορεί να εξηγηθεί από τον ορισμό που δόθηκε για το μέγεθος αρδευόμενη έκταση. Η αρδευόμενη έκταση εξαρτάται κυρίως από δύο παράγοντες:

-τον χρησιμοποιούμενο εξοπλισμό

-την ποσότητα του διαθέσιμου νερού.

Η ποσότητα του διαθέσιμου νερού ανά έτος αναφοράς σίγουρα υπόκειται σε διακυμάνσεις, όχι όμως τόσο μεγάλες ώστε να επηρεάζει άμεσα και σε μεγάλο βαθμό το μέγεθος της αρδευόμενης έκτασης.

Το τυχόν δημιουργούμενο αυτό κενό έρχεται να καλύψει ο χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός. Αυτός σε γενικές γραμμές είναι σταθερός αλλά σε πολλές περιπτώσεις μπορεί να είναι και κινητός και άρα μπορεί να αξιοποιηθεί για να καλύψει διαφορετικές εκτάσεις κατά την διάρκεια του έτους.

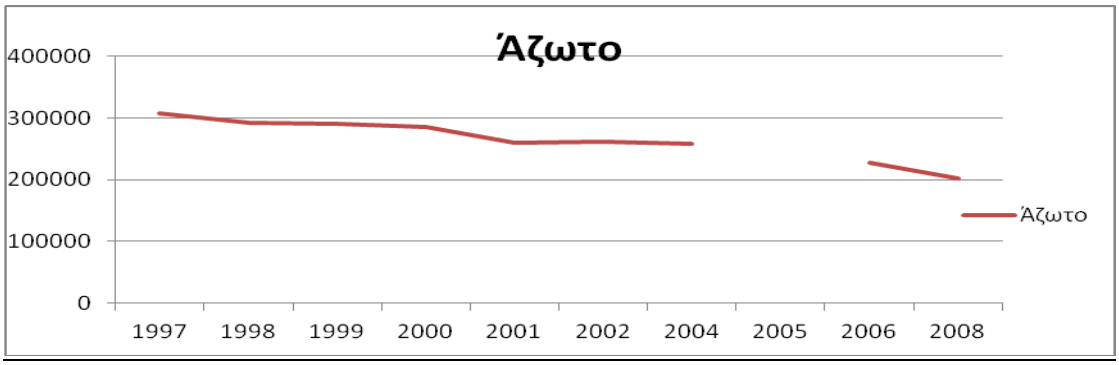
Έτσι το μέγεθος αρδευόμενη έκταση παρατηρούμε ότι παρουσιάζει μια γενικά σταθερή συμπεριφορά με την πάροδο του χρόνου καθώς η κάλυψη εκτάσεων από κινητό εξοπλισμό με την εισροή και νέων τεχνολογιών στον τομέα της γεωργίας ολοένα να αυξάνει.

Συνιστώσα συστήματος: Λιπάσματα (είσοδος)

4)Ποσότητα εμπορικών λιπασμάτων καταναλισκόμενα στην γεωργία: ***Άζωτο.***

Μονάδα μέτρησης: μετρικοί τόνοι θρεπτικών συστατικών (metric tons of plant nutrient).

Γράφημα/αναπαράσταση δεδομένων:



Άζωτο.

Περιγραφή γραφήματος.

Για το παραπάνω μέγεθος έχουμε διαθέσιμες 9 παρατηρήσεις εκκινώντας από το έτος 1997 μέχρι και το έτος 2008.
(δεν διαθέτουμε ωστόσο δεδομένα για το έτος 2005)
Οι παραλειπόμενη τιμή εκτιμήθηκε από το χρησιμοποιούμενο λογισμικό χρησιμοποιώντας τις γειτονικές τιμές δεδομένων.
Από την παραπάνω αναπαράσταση παρατηρούμε ότι με σημείο εκκίνησης το έτος 1997 η ποσότητα καταναλισκόμενου λιπάσματος αζώτου από τους 307.000 μετρικούς τόνους θρεπτικών συστατικών ακολουθεί σταθερά πτωτική πορεία και το έτος 2000 φτάνει στην τιμή των 285.000 μετρικών τόνων θρεπτικών συστατικών.
Ακολουθεί καθοδική πορεία μέχρι το 2002 και τους 261.090 μετρικούς τόνους θρεπτικών συστατικών.

Τέλος η καθοδική πορεία συνεχίζεται με σχετικά μεγαλύτερη ένταση από προηγούμενα μέχρι το 2008 στο επίπεδο των 201.549 μετρικών τόνων θρεπτικών συστατικών.

Το επιλεχθέν μοντέλο είναι η γραμμική τάση (Linear trend) με τύπο:

Linear trend =314512-5139.53 t

Το μοντέλο αυτό υποθέτει ότι η καλύτερη πρόβλεψη για το μέλλον θα δίνεται από μια ευθεία γραμμή προσαρμοζόμενη κατάλληλα πάνω στα ιστορικά δεδομένα.

Σε ότι αφορά την επιλογή του μοντέλου με βάση τα κριτήρια σφάλματος έχουμε τον παρακάτω πίνακα με τις ελάχιστες τιμές των σφαλμάτων RMSE, MAE,MAPE .

Model Comparison
Data variable: AZWTO
Number of observations = 10

Models
(A) Linear trend = 314512, + -5139,53 t

Estimation Period

Model	*RMSE*	*MAE*	*MAPE*
(A)	8868,99	6607,11	2,66191

*Σημείωση :*Επειδή στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο Auto forecasting αλλά το users forecasting δεν εμφανίζεται ο ανταγωνισμός του επιλεχθέντος μοντέλου με τα υπόλοιπα πιθανά μοντέλα.

Για τον καθορισμό αν το μοντέλο είναι κατάλληλο για τα δεδομένα έγιναν 5 έλεγχοι πάνω στα κατάλοιπα. Η σήμανση OK δείχνει ότι το επιλεχθέν μοντέλο περνά με επιτυχία τους ελέγχους κα άρα είναι μάλλον κατάλληλο για τα δεδομένα.

Model	*RMSE*	*RUNS*	*RUNM*	*AUTO*	*MEAN*	*VAR*
(A)	8868,99	OK	OK	OK	OK	OK

Το μοντέλο κρίνεται μάλλον κατάλληλο για τα δεδομένα.

Οι παρακάτω πίνακες δείχνουν τις προβλεπόμενες τιμές για το μέγεθος Άζωτο, τόσο κατά την περίοδο προσαρμογής του μοντέλου όπου τα πραγματικά δεδομένα είναι διαθέσιμα και παρουσιάζονται οι προσαρμοζόμενες τιμές από το μοντέλο μαζί με τα κατάλοιπα, όσο και οι προβλεπόμενες τιμές του μεγέθους για μελλοντικό ορίζοντα των είκοσι (20) ετών με διάστημα εμπιστοσύνης 95% .

Forecast Table for AZWTO
Model: Linear trend = 314512, + -5139,53 t
* = estimated

Period	*Data*	*Forecast*	*Residual*
1997,0	307000,	309373,	-2372,82
1998,0	292000,	299094,	-7093,77
1999,0	291000,	288815,	2185,28
2000,0	285000,	278536,	6464,34
2001,0	260000,	268257,	-8256,61
2002,0	261090,	257978,	3112,44
2004,0	258625,	247699,	10926,5
2005,0*	247149,	237419,	9729,38
2006,0	227758,	227140,	617,604
2008,0	201549,	216861,	-15312,3

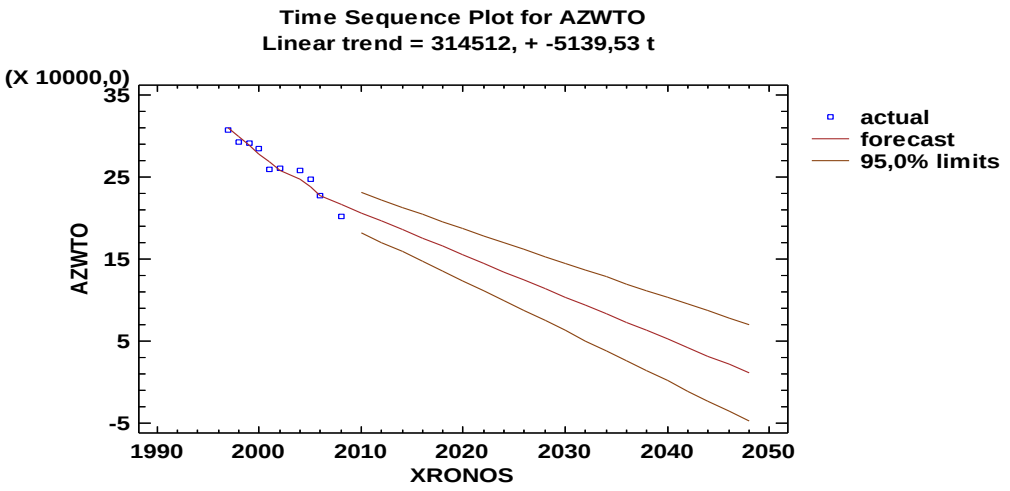
Προσαρμογή του μοντέλου στα πραγματικά δεδομένα που είναι διαθέσιμα.

		Lower 95,0%	*Upper 95,0%*
Period	*Forecast*	*Limit*	*Limit*
2010,0	206582,	181814,	231351,
2012,0	196303,	170335,	222271,
2014,0	186024,	158724,	213324,
2016,0	175745,	146997,	204493,
2018,0	165466,	135173,	195759,
2020,0	155187,	123264,	187110,
2022,0	144908,	111283,	178533,
2024,0	134629,	99240,8	170017,
2026,0	124350,	87145,8	161554,
2028,0	114071,	75005,5	153136,

Για τιμές πέρα από τις πραγματικές, παρουσιάζονται οι προβλέψεις που πραγματοποιήθηκαν σε ορίζοντα 20 ετών με διάστημα εμπιστοσύνης 95%.

Τα όρια του διαστήματος εμπιστοσύνης (άνω και κάτω) δείχνουν που οι πραγματικές τιμές των δεδομένων, σε ένα μελλοντικό ορίζοντα τα 20 ετών, είναι πιθανό να βρίσκονται με βαθμό εμπιστοσύνης 95% υποθέτοντας πάντα ότι το επιλεχθέν μοντέλο που εφαρμόστηκε είναι το καταλληλότερο για τα δεδομένα.

Έτσι έχουμε την παρακάτω διαχρονική γραφική απεικόνιση :



Διαχρονική απεικόνιση και προσαρμογή του μοντέλου στα ιστορικά δεδομένα.

Το παραπάνω γράφημα απεικονίζει την διαχρονική προσαρμογή του μοντέλου Linear trend=314512-5139.53 t πάνω στα πραγματικά διαθέσιμα ιστορικά δεδομένα όπου παρατηρούμε ότι αυτή είναι αρκετά καλή καθώς από τις 10 διαθέσιμες ιστορικά παρατηρήσεις η προσαρμογή επιτυγχάνεται σε πολύ καλά επίπεδα και με μικρές αποκλίσεις για 8 από τις 10 παρατηρήσεις καθώς η ευθεία παρεμβάλλεται ικανοποιητικά ανάμεσα στα διασκορπισμένα ιστορικά δεδομένα.

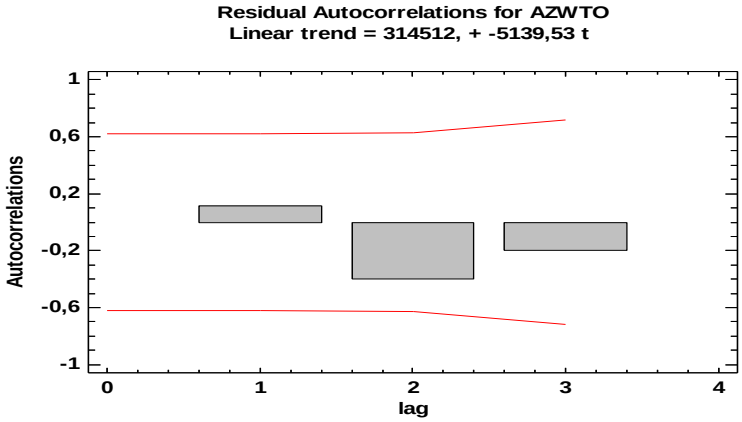
Παρακάτω βλέπουμε τις εκτιμώμενες αυτοσυσχετίσεις μεταξύ των καταλοίπων στις διάφορες υστερήσεις. Γενικά στην τυχαία υστέρηση k ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης μετρά την συσχέτιση μεταξύ των καταλοίπων την χρονική στιγμή t και t-k. Επιπρόσθετα φαίνονται τα όρια για διάστημα εμπιστοσύνης 95% γύρω από το μηδέν. Αν τα όρια εμπιστοσύνης σε μια συγκεκριμένη υστέρηση δεν περιέχουν τον εκτιμώμενο συντελεστή, τότε υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση σε αυτή την υστέρηση με επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Διαφορετικά αν τα όρια περικλείουν τον εκτιμώμενο συντελεστή τότε δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση και άρα μπορεί να θεωρηθεί ότι η χρονοσειρά διαθέτει την ιδιότητα της τυχαιότητας.

Estimated Autocorrelations for residuals
Data variable: AZWTO
Model: Linear trend = 314512, + -5139,53 t

			Lower 95,0%	Upper 95,0%
Lag	*Autocorrelation*	*Stnd. Error*	*Prob. Limit*	*Prob. Limit*
1	0,116409	0,316228	-0,619796	0,619796
2	-0,39908	0,320484	-0,628139	0,628139
3	-0,198728	0,366829	-0,718972	0,718972

Εκτιμώμενες αυτοσυσχετίσεις μεταξύ των καταλοίπων στις διάφορες υστερήσεις.

Για το δεδομένο μέγεθος το γράφημα της αυτοσυσχέτισης είναι το ακόλουθο:



Γράφημα αυτοσυσχέτισης για το μέγεθος άζωτο.

Σε αυτό παρατηρούμε ότι η αυτοσυσχέτηση για την 1η υστέρηση είναι θετική και βρίσκεται κοντά στην περιοχή του μηδενός, συνεχίζοντας στην 2η υστέρηση ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης γίνεται αρνητικός όμως παρατηρούμε ότι στην αμέσως επόμενη συγκλίνει γρήγορα προς την περιοχή γύρω από το μηδέν.

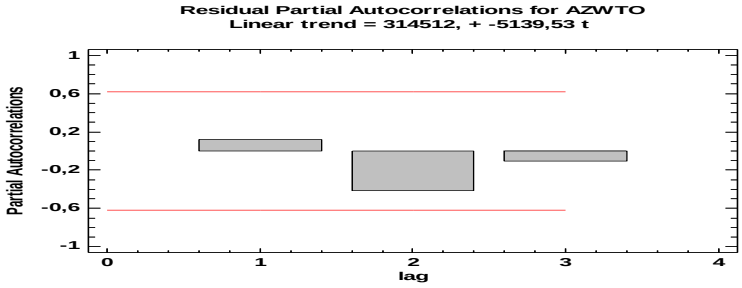
Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τις μερικές αυτοσυσχετίσεις μεταξύ των καταλοίπων στις διάφορες υστερήσεις. Ο συντελεστής μερικής αυτοοσυσχέτισης στην υστέρηση k μετρά τη συσχέτιση μεταξύ των καταλοίπων τη χρονική στιγμή t και t+k έχοντας λάβει υπ όψη τις συσχετίσεις σε όλες τις μικρότερες χρονικές υστερήσεις. Επιπλέον φαίνονται τα όρια με επίπεδο εμπιστοσύνης 95% γύρω απ το μηδέν.

Estimated Partial Autocorrelations for residuals
Data variable: AZWTO
Model: Linear trend = 314512, + -5139,53 t

	Partial		*Lower 95,0%*	*Upper 95,0%*
Lag	*Autocorrelation*	*Stnd. Error*	*Prob. Limit*	*Prob. Limit*
1	0,116409	0,316228	-0,619796	0,619796
2	-0,4183	0,316228	-0,619796	0,619796
3	-0,103391	0,316228	-0,619796	0,619796

Τιμές μερικής αυτοσυσχέτισης, σφάλματα και όρια εμπιστοσύνης για τις παρατηρούμενες υστερήσεις.

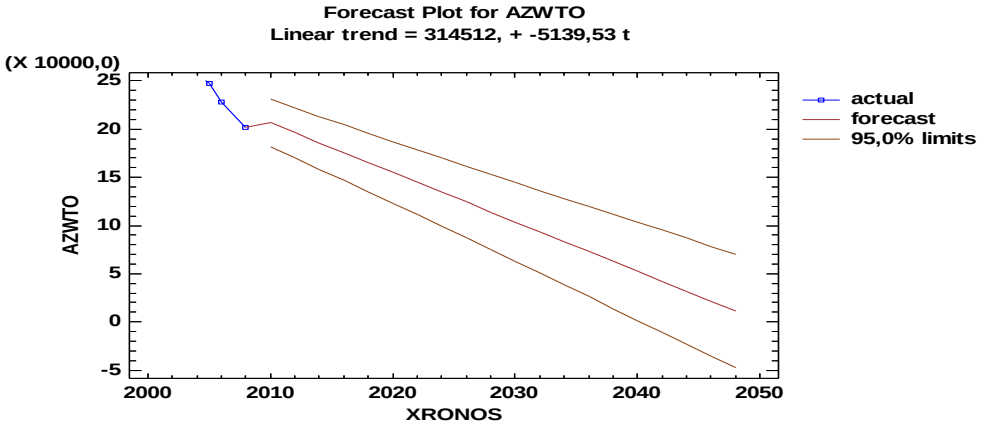
με το αντίστοιχο γράφημα της μερικής αυτοσυσχέτισης για το μελετώμενο μέγεθος να είναι το ακόλουθο:



Γράφημα μερικής αυτοσυσχέτισης για το μέγεθος άζωτο.

Στο γράφημα παρατηρούμε ότι ο συντελεστής μερικής αυτοσυσχέτισης παρουσιάζει συμπεριφορά παρόμοια με το γράφημα της αυτοσυσχέτισης. Παρατηρούμε ότι αρχικά ο συντελεστής μερικής αυτοσυσχέτισης είναι θετικός και κοντά στην περιοχή του μηδενός, έπειτα αυτός κινείται προς το αρνητικό επίπεδο ενώ πολύ γρήγορα και στην αμέσως επόμενη υστέρηση ο συντελεστής μερικής αυτοσυσχέτισης πλησιάζει στην περιοχή κοντά στο μηδέν πράγμα που σημαίνει ότι το μοντέλο που επιλέχτηκε περιγράφει τα ιστορικά δεδομένα με τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

Το γράφημα της πρόγνωσης με βάση τα ιστορικά δεδομένα έχει ως ακολούθως:



Γράφημα πρόβλεψης για το μέγεθος άζωτο.

Παρατηρούμε από το γράφημα ότι το μοντέλο Linear trend=314512-5139.53 t που χρησιμοποιήθηκε για την πρόγνωση δείχνει ότι σε μελλοντικό ορίζοντα 20 ετών από την τελευταία παρατηρούμενη τιμή θα υπάρχει μια σταθερή πτωτική πορεία στην κατανάλωση των λιπασμάτων Αζώτου. Από το επίπεδο των 216.861 μετρικών τόνων θρεπτικών συστατικών το 2008 με γραμμική πτώση φτάνει στο επίπεδο των 165.466 μετρικούς τόνους θρεπτικών συστατικών το 2018 ενώ η πτωτική τάση συνεχίζεται και καταλήγει το 2028 στους 114.071 μετρικούς τόνους θρεπτικών συστατικών.

Επιπλέον δίνονται και τα όρια εμπιστοσύνης σε ποσοστό 95%, όπου μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι για την χρησιμοποιούμενη μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης τα όρια (πάνω και κάτω) κινούνται ιδιαίτερα κοντά και σχεδόν παράλληλα με την προέκταση της γραμμής πρόγνωσης. Μπορούμε έτσι να συμπεράνουμε που οι πραγματικές τιμές των δεδομένων είναι αρκετά πιθανό να βρίσκονται με βαθμό εμπιστοσύνης 95%. Τέλος θα παρατηρήσουμε ότι με την πάροδο του χρόνου πρόβλεψης τα όρια τείνουν να έχουν μια ανεπαίσθητη απόκλιση που όμως δεν αξιολογείται.

Η παραπάνω περιγραφείσα συμπεριφορά και η μείωση στην χρήση λιπασμάτων Αζώτου τα επόμενα χρόνια μπορεί να εξηγηθεί.

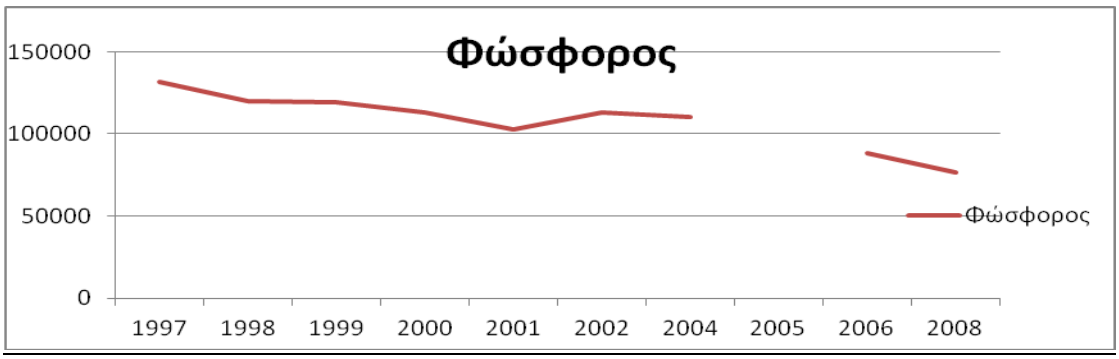
Το Άζωτο όπως έχει ειπωθεί αποτελεί το κύριο θρεπτικό συστατικό για την πλειονότητα των καλλιεργούμενων ειδών τόσο στην Ελληνική γεωργία όσο και την παγκόσμια. Ωστόσο τόσο η βιομηχανική παραγωγή του αλλά και η εφαρμογή των βιομηχανικών λιπασμάτων Αζώτου επιδρούν αρνητικά στο περιβάλλον και το ευρύτερο οικοσύστημα όπως έχει περιγράφει και σε προηγούμενο κεφάλαιο.

Έτσι η γενικότερη στροφή που παρατηρείται και πρόκειται να ενταθεί τα επόμενα χρόνια προς την βιολογική γεωργία με χρήση εναλλακτικών τεχνικών ισόρροπης λίπανσης και η κατά το δυνατό υποκατάσταση των βιομηχανικών λιπασμάτων Αζώτου με αλλά οργανικά ή φυσικά λιπάσματα που περιέχουν συστατικά των βιομηχανικών λιπασμάτων Αζώτου αποτελεί τον βασικότερο παράγοντα της μείωσης που παρατηρείται στην κατανάλωση των βιομηχανικών λιπασμάτων αυτού του τύπου.

5)Ποσότητα εμπορικών λιπασμάτων καταναλισκόμενα στην γεωργία: ***Φώσφορος.***

Μονάδα μέτρησης: μετρικοί τόνοι θρεπτικών συστατικών (metric ton of plant nutrient).

Γράφημα/αναπαράσταση δεδομένων:



Φώσφορος.

Περιγραφή γραφήματος.

Για το παραπάνω μέγεθος έχουμε διαθέσιμες 9 παρατηρήσεις εκκινώντας από το έτος 1997 μέχρι και το έτος 2008 (δεν διαθέτουμε ωστόσο δεδομένα για το έτος 2005).

Η παραλειπόμενη τιμή εκτιμήθηκε από το χρησιμοποιούμενο λογισμικό χρησιμοποιώντας τις γειτονικές τιμές δεδομένων.

Από την παραπάνω αναπαράσταση παρατηρούμε ότι με σημείο εκκίνησης το έτος 1997 η ποσότητα καταναλισκόμενου λιπάσματος Φωσφόρου από τους 132.000 μετρικούς τόνους θρεπτικών συστατικών ακολουθεί πτωτική πορεία και το έτος 2001 φτάνει στην τιμή των 103.000 μετρικών τόνων θρεπτικών συστατικών. Ακολουθεί έπειτα μια βραχυπρόθεσμη ανοδική πορεία μέχρι το 2002 και τους 112.795 μετρικούς τόνους θρεπτικών συστατικών. Ενώ τέλος η καθοδική πορεία συνεχίζεται με σχετικά μεγαλύτερη ένταση από προηγούμενα μέχρι το 2008 στο επίπεδο των 76.285 μετρικών τόνων θρεπτικών συστατικών.

Το επιλεχθέν μοντέλο είναι Random walk with drift με τιμή βήματος -6.190,56.

Το μοντέλο αυτό υποθέτει ότι η καλύτερη πρόβλεψη για το μέλλον θα δίνεται από την τελευταία κάθε φορά διαθέσιμη τιμή δεδομένων αν σε αυτή προσθέσουμε μια σταθερή τάση προς τα πάνω ή κάτω.

Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τα αποτελέσματα από την προσαρμογή των διαφόρων ανταγωνιζόμενων μοντέλων στα δεδομένα.

Model Comparison
Data variable: FWSFOROS
Number of observations = 10

Models
(A) Random walk
(B) Random walk with drift = -6190,56
(C) Constant mean = 107512,
(D) S-curve trend = exp(11,5005 + 0,345532 /t)
(E) Simple moving average of 2 terms
(F) Simple exponential smoothing with alpha = 0,9999
(G) Brown's linear exp. smoothing with alpha = 0,6745
(H) Holt's linear exp. smoothing with alpha = 0,9999 and beta = 0,1078
(I) Brown's quadratic exp. smoothing with alpha = 0,3671

Ανταγωνιζόμενα μοντέλα.

Model	*RMSE*	*MAE*	*MAPE*
(A)	9278,27	8367,22	8,45896
(B)	7330,33	5255,68	5,06061
(C)	16252,0	12415,8	12,5007
(D)	13002,2	9675,95	9,74579
(E)	12198,9	10029,5	10,6442
(F)	9278,57	7530,86	7,61345
(G)	9579,39	7249,38	6,80553
(H)	7809,82	5582,05	5,41365
(I)	9947,75	7921,26	7,4301

Κοιτάζοντας τα στατιστικά των σφαλμάτων παρατηρούμε ότι το μοντέλο που επιλέχτηκε παρουσιάζει τα μικρότερα RMSE, MAE,MAPE.

Το μοντέλο με την ελάχιστη τιμή των κριτηρίων σφάλματος RMSE, MAE,MAPE είναι το μοντέλο Random walk with drift το οποίο και χρησιμοποιήθηκε για την παράγωγη των προβλέψεων.

Για τον καθορισμό αν το μοντέλο είναι κατάλληλο για τα δεδομένα έγιναν 5 έλεγχοι πάνω στα κατάλοιπα. Η σήμανση OK δείχνει ότι το επιλεχθέν μοντέλο περνά με επιτυχία τους ελέγχους και άρα είναι κατάλληλο για τα δεδομένα.

Model	*RMSE*	*RUNS*	*RUNM*	*AUTO*	*MEAN*	*VAR*
(A)	9278,27	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	7330,33	OK	OK	OK	OK	OK
(C)	16252,0	*	OK	OK	*	OK
(D)	13002,2	OK	OK	OK	OK	OK
(E)	12198,9	OK	OK	OK	OK	OK
(F)	9278,57	OK	OK	OK	OK	OK
(G)	9579,39	OK	OK	OK	OK	OK
(H)	7809,82	OK	OK	OK	OK	OK
(I)	9947,75	OK	OK	OK	OK	OK

Έλεγχος στα κατάλοιπα.

Παρατηρούμε ότι για το μοντέλο που επιλέχθηκε Random walk with drift (B) όλοι οι διεξαχθείσες έλεγχοι είναι θετικοί.

Οι παρακάτω πίνακες δείχνουν τις προβλεπόμενες τιμές για το μέγεθος Φώσφορος, τόσο κατά την περίοδο προσαρμογής του μοντέλου όπου τα πραγματικά δεδομένα είναι διαθέσιμα και παρουσιάζονται οι προσαρμοζόμενες τιμές από το μοντέλο μαζί με τα κατάλοιπα, όσο και οι προβλεπόμενες τιμές του μεγέθους για μελλοντικό ορίζοντα των είκοσι (20) ετών με διάστημα εμπιστοσύνης 95% .

Forecast Table for FWSFOROS
Model: Random walk with drift = -6190,56
Trading days adjustment: XRONOS

* = estimated

Period	*Data*	*Forecast*	*Residual*
1997,0	132000,		
1998,0	120000,	125809,	-5809,44
1999,0	119000,	113809,	5190,56
2000,0	113000,	112809,	190,556
2001,0	103000,	106809,	-3809,44
2002,0	112795,	96809,4	15985,6
2004,0	110357,	106604,	3752,56
2005,0*	100709,	104166,	-3457,78
2006,0	87976,0	94518,1	-6542,11
2008,0	76285,0	81785,4	-5500,44

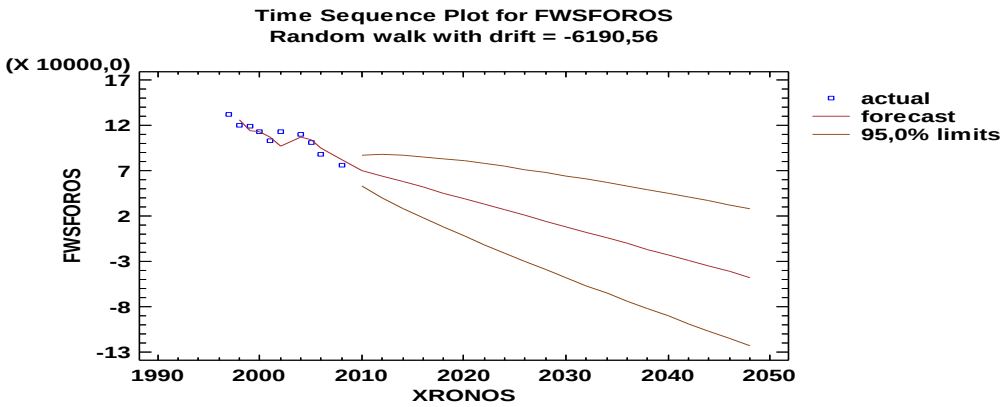
Προσαρμογή του μοντέλου στα πραγματικά δεδομένα που είναι διαθέσιμα.

		Lower 95,0%	*Upper 95,0%*
Period	*Forecast*	*Limit*	*Limit*
2010,0	70094,4	53190,6	86998,3
2012,0	63903,9	39998,3	87809,5
2014,0	57713,3	28435,1	86991,6
2016,0	51522,8	17715,2	85330,4
2018,0	45332,2	7534,16	83130,3
2020,0	39141,7	-2264,04	80547,4
2022,0	32951,1	-11772,2	77674,4
2024,0	26760,6	-21050,6	74571,7
2026,0	20570,0	-30141,4	71281,4
2028,0	14379,4	-39075,1	67834,0

Για τιμές πέρα από τις πραγματικές, παρουσιάζονται οι προβλέψεις που πραγματοποιήθηκαν σε ορίζοντα 20 ετών με διάστημα εμπιστοσύνης 95%.

Τα όρια του διαστήματος εμπιστοσύνης (άνω και κάτω) δείχνουν που οι πραγματικές τιμές των δεδομένων, σε ένα μελλοντικό ορίζοντα είκοσι (20 ετών, είναι πιθανό να βρίσκονται με βαθμό εμπιστοσύνης 95% υποθέτοντας πάντα ότι το επιλεχθέν μοντέλο που εφαρμόστηκε είναι το καταλληλότερο για τα δεδομένα.

Έτσι έχουμε την παρακάτω διαχρονική γραφική απεικόνιση :



Διαχρονική απεικόνιση και προσαρμογή του μοντέλου στα ιστορικά δεδομένα.

Το παραπάνω γράφημα απεικονίζει την διαχρονική προσαρμογή του μοντέλου Random walk with drift πάνω στα πραγματικά διαθέσιμα ιστορικά δεδομένα όπου παρατηρούμε ότι αυτή είναι αρκετά καλή καθώς αυτή ακολουθεί την διασπορά των δεδομένων και από τις 10 διαθέσιμες ιστορικά παρατηρήσεις η προσαρμογή επιτυγχάνεται σε πολύ καλά επίπεδα και με μικρές αποκλίσεις για 8 από τις 10.

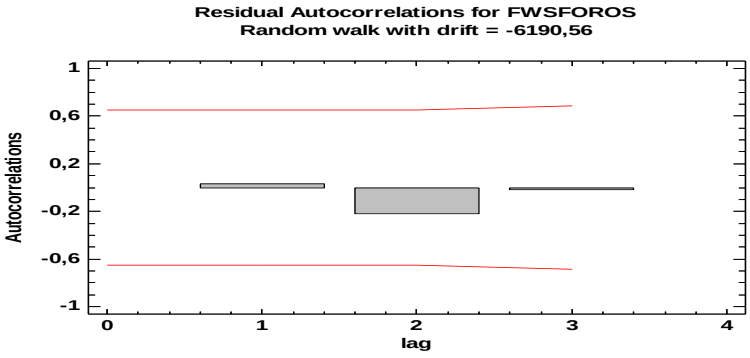
Παρακάτω βλέπουμε τις εκτιμώμενες αυτοσυσχετίσεις μεταξύ των καταλοίπων στις διάφορες υστερήσεις. Στην τυχαία υστέρηση k, ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης μετρά την συσχέτιση μεταξύ των καταλοίπων την χρονική στιγμή t και t-k. Επιπρόσθετα φαίνονται τα όρια για διάστημα εμπιστοσύνης 95% γύρω από το μηδέν. Αν τα όρια εμπιστοσύνης σε μια συγκεκριμένη υστέρηση δεν περιέχουν τον εκτιμώμενο συντελεστή, τότε υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση σε αυτή την υστέρηση με επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Διαφορετικά αν τα όρια περικλείουν τον εκτιμώμενο συντελεστή τότε δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση και άρα μπορεί να θεωρηθεί ότι η χρονοσειρά διαθέτει την ιδιότητα της τυχαιότητας.

Estimated Autocorrelations for residuals
Data variable: FWSFOROS
Model: Random walk with drift = -6190,56
Trading days adjustment: XRONOS

			Lower 95,0%	*Upper 95,0%*
Lag	*Autocorrelation*	*Stnd. Error*	*Prob. Limit*	*Prob. Limit*
1	0,0344982	0,333333	-0,653323	0,653323
2	-0,216191	0,33373	-0,6541	0,6541
3	-0,0144882	0,348944	-0,683919	0,683919

Τιμές αυτοσυσχέτισης, σφάλματα και όρια εμπιστοσύνης για τις παρατηρούμενες υστερήσεις.

Για το δεδομένο μέγεθος το γράφημα της αυτοσυσχτισης είναι το ακόλουθο:



Γράφημα αυτοσυσχέτισης για το μέγεθος φώσφορος.

Σε αυτό παρατηρούμε ότι η αυτοσυσχέτηση για την 1η υστέρηση είναι θετική και βρίσκεται ιδιαίτερα κοντά στην περιοχή του μηδενός, συνεχίζοντας στην 2η υστέρηση ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης γίνεται αρνητικός όμως παρατηρούμε ότι συγκλίνει αρκετά γρήγορα προς την περιοχή γύρω και πολύ κοντά στο μηδέν.

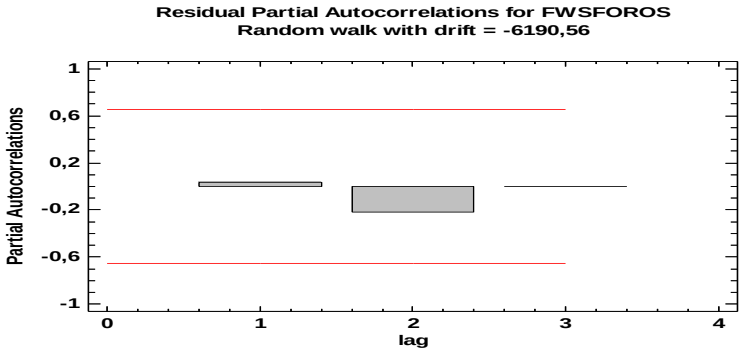
Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τις μερικές αυτοσυσχετίσεις μεταξύ των καταλοίπων στις διάφορες υστερήσεις. Ο συντελεστής μερικής αυτοσυσχέτισης στην τυχαία υστέρηση k μετρά τη συσχέτιση μεταξύ των καταλοίπων τη χρονική στιγμή t και t+k έχοντας λάβει υπ όψη τις συσχετίσεις σε όλες τις μικρότερες χρονικές υστερήσεις.

Estimated Partial Autocorrelations for residuals
Data variable: FWSFOROS
Model: Random walk with drift = -6190,56
Trading days adjustment: XRONOS

	Partial		*Lower 95,0%*	*Upper 95,0%*
Lag	*Autocorrelation*	*Stnd. Error*	*Prob. Limit*	*Prob. Limit*
1	0,0344982	0,333333	-0,653323	0,653323
2	-0,21764	0,333333	-0,653323	0,653323
3	0,00220847	0,333333	-0,653323	0,653323

Τιμές μερικής αυτοσυσχέτισης, σφάλματα και όρια εμπιστοσύνης για τις παρατηρούμενες υστερήσεις.

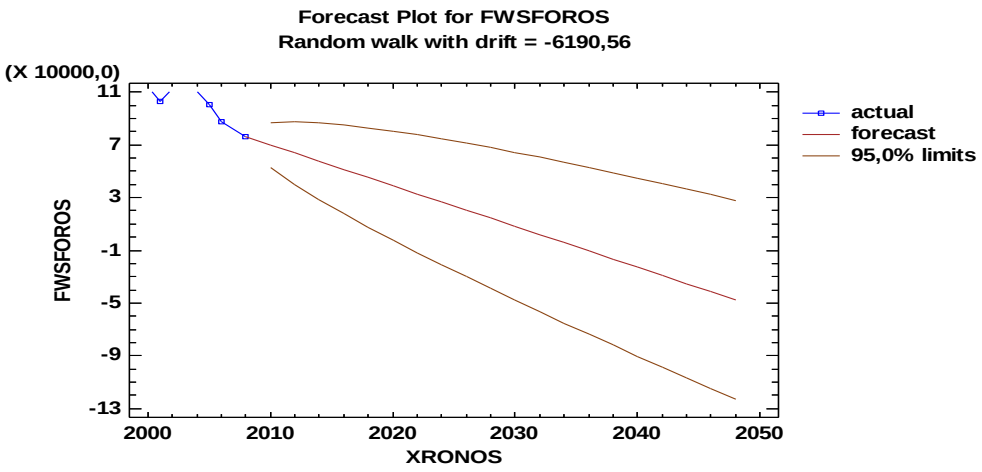
με το αντίστοιχο γράφημα της μερικής αυτοσυσχέτισης για το μελετώμενο μέγεθος να είναι το ακόλουθο:



Γράφημα μερικής αυτοσυσχέτισης για το μέγεθος φώσφορος.

Στο γράφημα παρατηρούμε ότι ο συντελεστής μερικής αυτοσυσχέτισης παρουσιάζει συμπεριφορά παρόμοια με το γράφημα της αυτοσυσχέτισης. Παρατηρούμε ότι αρχικά ο συντελεστής μερικής αυτοσυσχέτισης είναι θετικός και κοντά στην περιοχή του μηδενός, έπειτα αυτός κινείται προς το αρνητικό επίπεδο ενώ πολύ γρήγορα και στην αμέσως επόμενη υστέρηση ο συντελεστής μερικής αυτοσυσχέτισης πλησιάζει στην περιοχή πολύ κοντά στο μηδέν πράγμα που σημαίνει ότι το μοντέλο που επιλέχτηκε περιγράφει τα ιστορικά δεδομένα με τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

Το γράφημα της πρόγνωσης με βάση τα ιστορικά δεδομένα έχει ως ακολούθως:



Γράφημα πρόγνωσης για το μέγεθος φώσφορος.

Παρατηρούμε από το γράφημα ότι το μοντέλο Random walk with drift που χρησιμοποιήθηκε για την πρόγνωση δείχνει ότι σε μελλοντικό ορίζοντα είκοσι (20) ετών από την τελευταία παρατηρούμενη τιμή θα υπάρχει πτωτική πορεία στην κατανάλωση των λιπασμάτων Φωσφόρου. Από το επίπεδο των 81.785,4 μετρικών τόνων θρεπτικών συστατικών το 2008 κινούμενο πτωτικά φτάνει στο επίπεδο των 45.332,2 μετρικών τόνων θρεπτικών συστατικών το 2018 ενώ η πτώση συνεχίζεται και καταλήγει το 2028 στους 14,379,4 μετρικούς τόνους θρεπτικών συστατικών .

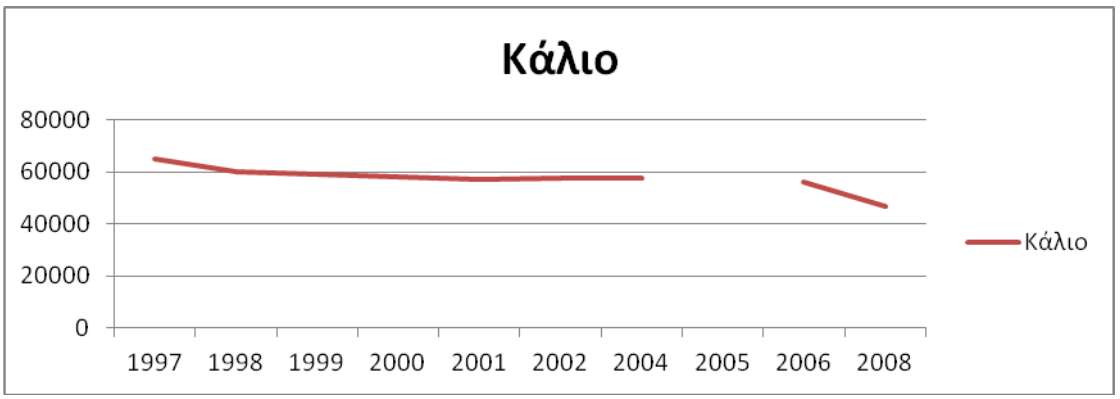
Επιπλέον όσο αναφορά τα όρια εμπιστοσύνης σε ποσοστό 95%, θα παρατηρήσουμε ότι αυτά έχουν μορφή παρόμοια με αυτή των ορίων για τα μοντέλο ARIMA με την διάφορα ότι στην εν λόγο περίπτωση για το μοντέλο Random walk with drift τα όρια δεν εφαρμόζουν τόσο κοντά στην γραμμή πρόβλεψης κατά την αρχή της προβλεπτικής περιόδου και επιπλέον δεν απομακρύνονται τόσο από την προέκταση της γραμμής πρόβλεψης όσο τα αντίστοιχα όρια των μοντέλων ARIMA με την πάροδο του χρόνου. Έτσι στην αρχή της περιόδου πρόβλεψης τα όρια εμπιστοσύνης είναι σχετικά κοντά στην γραμμή πρόβλεψης ενώ σταδιακά αυτά εκτείνονται χωρίς όμως να καμπυλώνουν ιδιαίτερα.

Η παραπάνω περιγραφείσα συμπεριφορά και η μείωση στην χρήση λιπασμάτων Φωσφόρου τα επόμενα χρόνια μπορεί να εξηγηθεί.Ο φώσφορος όπως έχει ειπωθεί αποτελεί ένα από τα βασικά θρεπτικά για πολλές καλλιέργειες. Ωστόσο η βιομηχανική παραγωγή του αλλά και η εφαρμογή των βιομηχανικών λιπασμάτων Φωσφόρου επιβαρύνουν το περιβάλλον και το ευρύτερο οικοσύστημα . Η στροφή προς την βιολογική γεωργία με χρήση εναλλακτικών τεχνικών φωσφορικής λίπανσης και η κατά το δυνατό υποκατάσταση των βιομηχανικών φωσφορικών λιπασμάτων με αλλά φυσικά αποτελεί τον βασικότερο παράγοντα της μείωσης που παρατηρείται.

6)Ποσότητα εμπορικών λιπασμάτων καταναλισκόμενα στην γεωργία: ***Κάλιο.***

Μονάδα μέτρησης: μετρικοί τόνοι θρεπτικών συστατικών (metric ton of plant nutrient).

Γράφημα/αναπαράσταση δεδομένων:



Κάλιο.

Περιγραφή γραφήματος.

Για το παραπάνω μέγεθος έχουμε διαθέσιμες 9 παρατηρήσεις εκκινώντας από το έτος 1997 μέχρι και το έτος 2008 (δεν διαθέτουμε ωστόσο δεδομένα για το έτος 2005). Η παραλειπόμενη τιμή εκτιμήθηκε από το χρησιμοποιούμενο λογισμικό χρησιμοποιώντας τις γειτονικές τιμές δεδομένων.

Από την παραπάνω αναπαράσταση παρατηρούμε ότι με σημείο εκκίνησης το έτος 1997 η ποσότητα καταναλισκόμενου λιπάσματος καλίου από τους 65.000 μετρικούς τόνους θρεπτικών συστατικών ακολουθεί πτωτική πορεία και το έτος 2001 φτάνει στην τιμή των 57.000 μετρικών τόνων θρεπτικών συστατικών. Ενώ τέλος η καθοδική πορεία συνεχίζεται με σχετικά μεγαλύτερη ένταση από προηγούμενα μέχρι το 2008 στο επίπεδο των 46.540 μετρικών τόνων θρεπτικών συστατικών.

Το επιλεχθέν μοντέλο είναι ARIMA (1,0,0) ή αλλιώς AR(1).

Το μοντέλο αυτό υποθέτει ότι η καλύτερη πρόβλεψη για το μέλλον θα δίνεται από ένα παραμετρικό μοντέλο από την οικογένεια ARIMA όπου οι πιο πρόσφατες τιμές των δεδομένων σχετίζονται με τις προηγούμενες τιμές καθώς και τον προηγούμενο θόρυβο.

Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τα αποτελέσματα από την προσαρμογή των διαφόρων ανταγωνιζόμενων μοντέλων στα δεδομένα.

Models
(A) ARIMA(1,0,0)
(B) Constant mean = 57542.3
(C) S-curve trend = exp(10.9187 + 0.18055 /t)
(D) Simple moving average of 3 terms
(E) Simple exponential smoothing with alpha = 0.9999
Math adjustment:

Ανταγωνιζόμενα μοντέλα.

Estimation Period

Model	*RMSE*	*MAE*	*MAPE*
(A)	3429.31	2049.36	3.8487
(B)	4567.36	2579.87	4.76559
(C)	3615.52	2163.4	4.09131
(D)	4416.95	2749.08	5.41698
(E)	3791.59	2189.78	4.17198

Κοιτάζοντας τα στατιστικά των σφαλμάτων παρατηρούμε ότι το μοντέλο που επιλέχτηκε παρουσιάζει τα μικρότερα RMSE, MAE,MAPE.

Οι ελάχιστες τιμές των σφαλμάτων RMSE, MAE,MAPE προκύπτουν για το επιλεχθέν μοντέλο ARIMA(1,0,0) .

Για τον καθορισμό αν το μοντέλο είναι κατάλληλο για τα δεδομένα έγιναν 5 έλεγχοι πάνω στα κατάλοιπα. Η σήμανση OK δείχνει ότι το επιλεχθέν μοντέλο περνά με επιτυχία τους ελέγχους και άρα είναι μάλλον κατάλληλο για τα δεδομένα.

Model	*RMSE*	*RUNS*	*RUNM*	*AUTO*	*MEAN*	*VAR*
(A)	3429.31	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	4567.36	OK	OK	OK	OK	OK
(C)	3615.52	OK	OK	OK	OK	*
(D)	4416.95	OK	OK	OK		
(E)	3791.59	OK	OK	OK	OK	OK

Έλεγχος στα κατάλοιπα.

Οι παρακάτω πίνακες δείχνουν τις προβλεπόμενες τιμές για το λίπασμα καλίου, τόσο κατά την περίοδο προσαρμογής του μοντέλου όπου τα πραγματικά δεδομένα είναι διαθέσιμα και παρουσιάζονται οι προσαρμοζόμενες τιμές από το μοντέλο μαζί με τα κατάλοιπα, όσο και οι προβλεπόμενες τιμές του μεγέθους για μελλοντικό ορίζοντα των είκοσι (20) ετών με διάστημα εμπιστοσύνης 95% .

Period	Data	Forecast	Residual
1997.0	65000.0	62777.9	2222.1
1998.0	60000.0	63879.3	-3879.29
1999.0	59000.0	58965.5	34.5042
2000.0	58000.0	57982.7	17.2625
2001.0	57000.0	57000.0	0.0207565
2002.0	57708.0	56017.2	1690.78
2004.0	57435.0	56713.0	721.986
2005.0*	58445.3	56444.7	2000.61
2006.0	56295.0	57437.6	-1142.63
2008.0	46540.0	55324.4	-8784.38

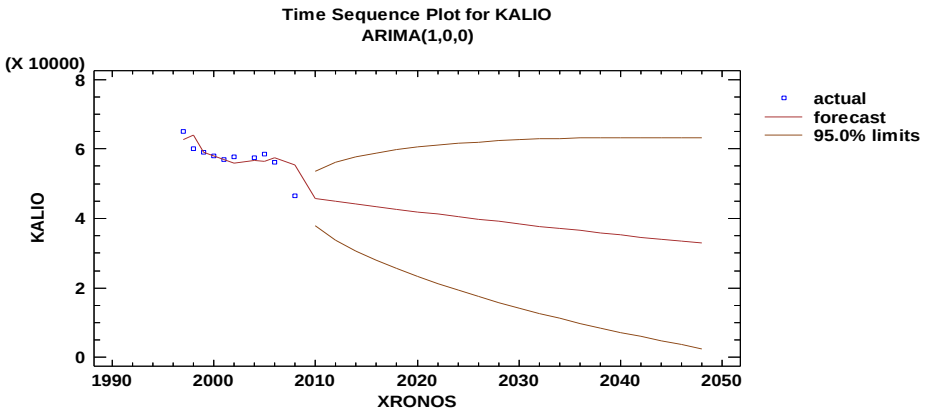
Προσαρμογή του μοντέλου στα πραγματικά δεδομένα που είναι διαθέσιμα.

		Lower 95.0%	Upper 95.0%
Period	Forecast	Limit	Limit
2010.0	45737.6	37807.1	53668.1
2012.0	44949.0	33829.8	56068.1
2014.0	44174.0	30672.1	57675.9
2016.0	43412.3	27953.9	58870.7
2018.0	42663.8	25526.6	59801.1
2020.0	41928.2	23312.7	60543.8
2022.0	41205.3	21265.8	61144.8
2024.0	40494.9	19355.2	61634.5
2026.0	39796.7	17559.3	62034.0
2028.0	39110.5	15862.1	62358.9

Για τιμές πέρα από τις πραγματικές, παρουσιάζονται οι προβλέψεις που πραγματοποιήθηκαν σε ορίζοντα 20 ετών με διάστημα εμπιστοσύνης 95%.

Τα όρια του διαστήματος εμπιστοσύνης (άνω και κάτω) δείχνουν που οι πραγματικές τιμές των δεδομένων, σε ένα μελλοντικό ορίζοντα είκοσι (20) ετών, είναι πιθανό να βρίσκονται με βαθμό εμπιστοσύνης 95% υποθέτοντας πάντα ότι το επιλεχθέν μοντέλο ARIMA που εφαρμόστηκε είναι το καταλληλότερο για τα δεδομένα.

Έτσι έχουμε την παρακάτω διαχρονική γραφική απεικόνιση :



Διαχρονική απεικόνιση και προσαρμογή του μοντέλου στα ιστορικά δεδομένα.

Το παραπάνω γράφημα απεικονίζει την διαχρονική προσαρμογή του μοντέλου ARIMA(1,0,0) πάνω στα πραγματικά διαθέσιμα ιστορικά δεδομένα .Παρατηρούμε ότι η προσαρμογή προσπαθεί να ακολουθεί την διασπορά των δεδομένων και θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι αρκετά καλή για 7 από τις 10 ιστορικές παρατηρήσεις.

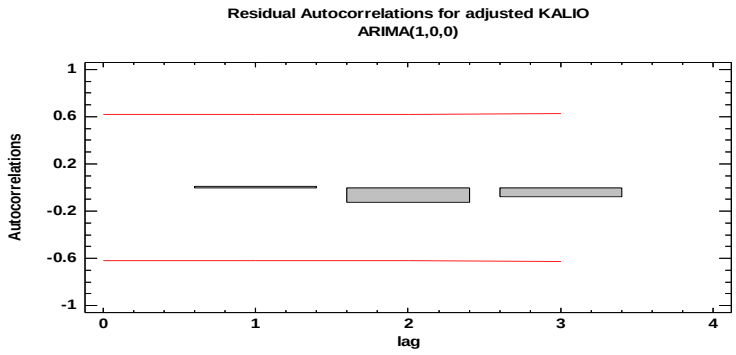
Στο παρακάτω γράφημα βλέπουμε τις εκτιμώμενες αυτοσυσχετίσεις μεταξύ των καταλοίπων στις διάφορες υστερήσεις. Επιπρόσθετα φαίνονται τα όρια για διάστημα εμπιστοσύνης 95% γύρω από το μηδέν. Αν τα όρια εμπιστοσύνης σε μια συγκεκριμένη υστέρηση δεν περιέχουν τον εκτιμώμενο συντελεστή, τότε υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση σε αυτή την υστέρηση με επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Διαφορετικά αν τα όρια περικλείουν τον εκτιμώμενο συντελεστή τότε δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση και άρα μπορεί να θεωρηθεί ότι η χρονοσειρά διαθέτει την ιδιότητα της τυχαιότητας.

Estimated Autocorrelations for residuals
Data variable: KALIO
Model: ARIMA(1,0,0)

			Lower 95.0%	*Upper 95.0%*
Lag	*Autocorrelation*	*Stnd. Error*	*Prob. Limit*	*Prob. Limit*
1	0.00754105	0.316228	-0.619796	0.619796
2	-0.127141	0.316246	-0.619831	0.619831
3	-0.0789442	0.321317	-0.62977	0.62977

Τιμές αυτοσυσχέτισης, σφάλματα και όρια εμπιστοσύνης για τις παρατηρούμενες υστερήσεις.

Για το δεδομένο μέγεθος το γράφημα της αυτοσυσχέτισης είναι το ακόλουθο:



Γράφημα αυτοσυσχέτισης για το μέγεθος κάλιο.

Σε αυτό παρατηρούμε ότι η αυτοσυσχέτηση για τις διάφορες υστερήσεις είναι αρκετά κοντά στην περιοχή του μηδέν. Αυτό το γεγονός διασφαλίζει την τυχαιότητα στα δεδομένα.

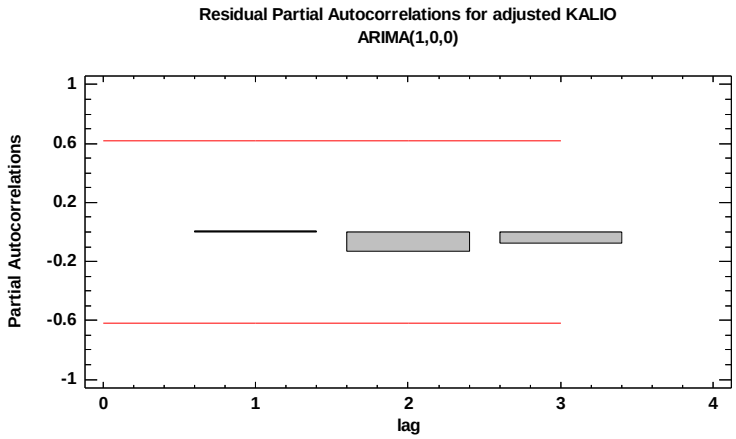
Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τις μερικές αυτοσυσχετίσεις μεταξύ των καταλοίπων στις διάφορες υστερήσεις. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να κρίνει την τάξη του αυτοπαλίνδρομου μοντέλου που απαιτείται για να προσαρμοστούν τα δεδομένα. Επιπλέον φαίνονται τα όρια με επίπεδο εμπιστοσύνης 95% γύρω απ το μηδέν.

Estimated Partial Autocorrelations for residuals
Data variable: KALIO
Model: ARIMA(1,0,0)

	Partial		*Lower 95.0%*	*Upper 95.0%*
Lag	*Autocorrelation*	*Stnd. Error*	*Prob. Limit*	*Prob. Limit*
1	0.00754105	0.316228	-0.619796	0.619796
2	-0.127205	0.316228	-0.619796	0.619796
3	-0.0781736	0.316228	-0.619796	0.619796

Τιμές μερικής αυτοσυσχέτισης, σφάλματα και όρια εμπιστοσύνης για τις παρατηρούμενες υστερήσεις.

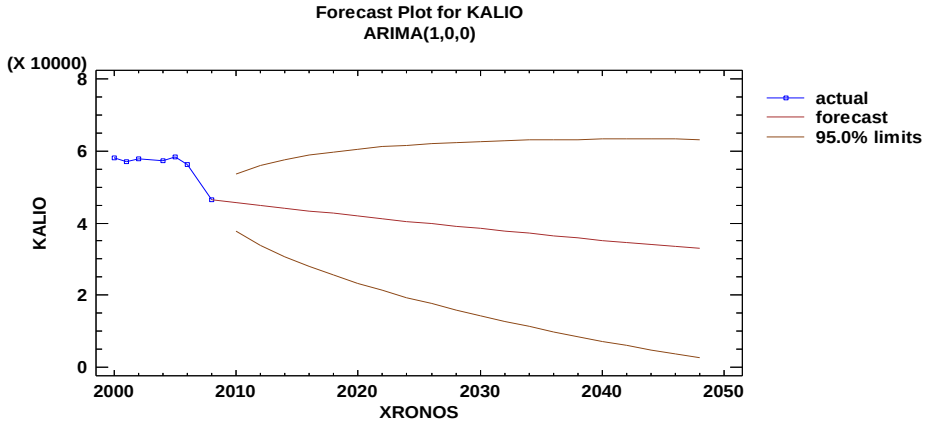
Το αντίστοιχο γράφημα της μερικής αυτοσυσχέτισης για το μελετώμενο μέγεθος είναι το ακόλουθο:



Γράφημα μερικής αυτοσυσχέτισης για το μέγεθος κάλιο.

Στο γράφημα παρατηρούμε ότι οι συντελεστές μερικής αυτοσυσχέτισης έχουν παρόμοια συμπεριφορά με τους συντελεστές αυτοσυσχέτισης. Αυτές βρίσκονται γύρω από την περιοχή του μηδενός. Ως συνέπεια μπορούμε να πούμε ότι το μοντέλο ARIMA που επιλέχτηκε καθώς και η τάξη αυτού είναι αυτά που περιγράφουν τα ιστορικά δεδομένα με τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

Το γράφημα της πρόγνωσης με βάση τα ιστορικά δεδομένα έχει ως ακολούθως:



Γράφημα πρόγνωσης για το μέγεθος Κάλιο.

Παρατηρούμε από το γράφημα ότι το μοντέλο ARIMA(1,0,0) που χρησιμοποιήθηκε για την πρόγνωση δείχνει ότι σε μελλοντικό ορίζοντα είκοσι (20) ετών από την τελευταία παρατηρούμενη τιμή θα υπάρχει πτωτική πορεία και από την τελευταία παρατήρηση και το επίπεδο των 46.540 μετρικών τόνων θρεπτικών συστατικών το 2008 σταδιακά θα βαίνει μειούμενο ώσπου αυτό φτάσει στους 39.110,5 μετρικούς τόνους θρεπτικών συστατικών το 2028 .

Επιπλέον δίνονται και τα όρια εμπιστοσύνης σε ποσοστό 95%, όπου μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι για την μέθοδο ARIMA τα όρια (πάνω και κάτω) κινούνται σχετικά κοντά με την προέκταση της γραμμής πρόγνωσης. Σταδιακά αυτά διευρύνονται, όπως άλλωστε συμβαίνει και στα προηγούμενα μοντέλα ARIMA που χρησιμοποιήθηκαν με τα όρια να καμπυλώνουν. Αυτό συμβαίνει καθώς τα μοντέλα ARIMA όπως έχει ειπωθεί και παραπάνω στο κεφάλαιο 2 έχουν πολύ καλή και ιδιαίτερα αξιόπιστη βραχυπρόθεσμη προβλεπτική ικανότητα ενώ όσο ο χρόνος περνά η δυναμική αυτής μειώνεται χωρίς όμως αυτό να καθιστά την μέθοδο αναξιόπιστη.

Η παραπάνω περιγραφείσα συμπεριφορά και η μείωση στην χρήση λιπασμάτων καλίου τα επόμενα χρόνια μπορεί να εξηγηθεί.

Το Κάλιο όπως έχει ειπωθεί αποτελεί και αυτό με τη σειρά του σημαντικό θρεπτικό συστατικό για τα καλλιεργούμενα είδη. Ωστόσο τόσο η βιομηχανική παραγωγή του αλλά και η εφαρμογή των βιομηχανικών λιπασμάτων Καλίου επιδρούν αρνητικά στο περιβάλλον και το ευρύτερο οικοσύστημα όπως έχει περιγράφει και σε προηγούμενο κεφάλαιο. Έτσι η γενικότερη στροφή που παρατηρείται και πρόκειται να ενταθεί τα επόμενα χρόνια προς την βιολογική γεωργία με χρήση εναλλακτικών τεχνικών ισόρροπης λίπανσης καθώς και η κατά το δυνατό υποκατάσταση των βιομηχανικών λιπασμάτων αποτελεί τον βασικότερο παράγοντα της μείωσης που παρατηρείται στην κατανάλωση των βιομηχανικών λιπασμάτων αυτού του τύπου.

Συνιστώσα συστήματος: Φυτοφάρμακα (είσοδος)

7)Ζινανιοκτόνα

Μονάδα μέτρησης: τόνοι ενεργών συστατικών (ton of active ingredient).

Γράφημα/αναπαράσταση δεδομένων:



Ζιζανιοκτόνα

Περιγραφή γραφήματος.

Για το παραπάνω μέγεθος έχουμε διαθέσιμες 6 παρατηρήσεις εκκινώντας από το έτος 1997 μέχρι και το έτος 2002 και δεν διαθέτουμε δεδομένα πέρα από αυτό το έτος.

Από την παραπάνω αναπαράσταση παρατηρούμε ότι με σημείο εκκίνησης το έτος 1997 η ποσότητα καταναλισκόμενων φυτοφάρμακων από τους 2.116 τόνους ενεργών συστατικών ακολουθεί ανοδική πορεία και το έτος 1998 φτάνει στην μέγιστη τιμή της και τους 2.303 τόνους ενεργών συστατικών. Ακολουθεί καθοδική πορεία και το έτος 2000 παρατηρείται στους 2.331 τόνους ενεργών συστατικών. Τέλος η καθοδική πορεία συνεχίζεται και το έτος 2002 φτάνει στο επίπεδο των 2.668 τόνων ενεργών συστατικών.

Το επιλεχθέν μοντέλο είναι το ARIMA(1,0,1) .

Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τα αποτελέσματα από την προσαρμογή των διαφόρων ανταγωνιζόμενων μοντέλων στα δεδομένα.

Model Comparison
Data variable: ZIZANIOKTONA
Number of observations = 6

Models
(A) ARIMA(1,0,1)
(B) Constant mean = 2397.67
(C) Simple moving average of 3 terms
(D) Simple exponential smoothing with alpha = 0.9999
Math adjustment:

Ανταγωνιζόμενα μοντέλα.

Estimation Period

Model	*RMSE*	*MAE*	*MAPE*
(A)	159.472	92.012	3.67334
(B)	217.183	174.222	7.22886
(C)	240.26	217.667	8.34079
(D)	165.801	106.407	4.42051

Κοιτάζοντας τα στατιστικά των σφαλμάτων παρατηρούμε ότι το μοντέλο που επιλέχτηκε παρουσιάζει τα μικρότερα RMSE, MAE,MAPE.

Το μοντέλο αυτό υποθέτει ότι η καλύτερη πρόβλεψη για το μέλλον θα δίνεται από ένα μοντέλο της οικογένειας ARIMA προσαρμοζόμενη στα ιστορικά δεδομένα.

Για τον καθορισμό αν το μοντέλο είναι κατάλληλο για τα δεδομένα έγιναν 5 έλεγχοι πάνω στα κατάλοιπα. Η σήμανση OK δείχνει ότι το επιλεχθέν μοντέλο περνά με επιτυχία τους ελέγχους και άρα είναι μάλλον κατάλληλο για τα δεδομένα.

Model	*RMSE*	*RUNS*	*RUNM*	*AUTO*	*MEAN*	*VAR*
(A)	159.472	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	217.183	*	OK	OK	OK	OK
(C)	240.26	OK		OK		
(D)	165.801	OK	OK	OK	OK	OK

Έλεγχος στα κατάλοιπα.

Οι παρακάτω πίνακες δείχνουν τις προβλεπόμενες τιμές για το μέγεθος "Ζιζανιοκτόνα", τόσο κατά την περίοδο προσαρμογής του μοντέλου όπου τα πραγματικά δεδομένα είναι διαθέσιμα και παρουσιάζονται οι προσαρμοζόμενες τιμές από το μοντέλο μαζί με τα κατάλοιπα, όσο και οι προβλεπόμενες τιμές του μεγέθους για μελλοντικό ορίζοντα των είκοσι (20) ετών με διάστημα εμπιστοσύνης 95% .

Forecast Table for ZIZANIOKTONA
Model: ARIMA(1,0,1)

Period	*Data*	*Forecast*	*Residual*
1997.0	2116.0	2248.19	-132.185
1998.0	2303.0	2181.77	121.233
1999.0	2318.0	2358.72	-40.7208
2000.0	2331.0	2383.82	-52.8188
2001.0	2650.0	2397.9	252.102
2002.0	2668.0	2707.38	-39.3806

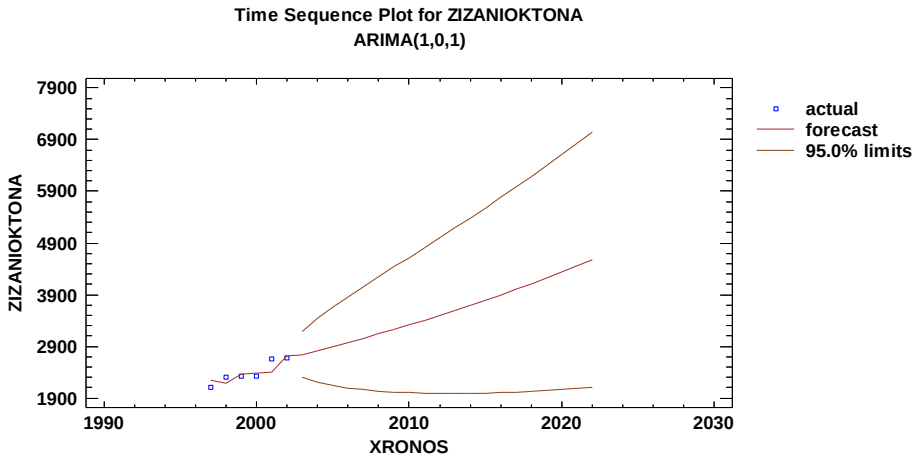
Προσαρμογή του μοντέλου στα πραγματικά δεδομένα που είναι διαθέσιμα.

		Lower 95.0%	*Upper 95.0%*
Period	*Forecast*	*Limit*	*Limit*
2003.0	2743.31	2300.17	3186.45
2004.0	2818.32	2201.71	3434.93
2005.0	2895.39	2137.61	3653.16
2006.0	2974.56	2091.95	3857.16
2007.0	3055.89	2058.33	4053.45
2008.0	3139.45	2033.45	4245.45
2009.0	3225.3	2015.35	4435.25
2010.0	3313.49	2002.73	4624.24
2011.0	3404.09	1994.74	4813.44
2012.0	3497.17	1990.75	5003.6
2013.0	3592.8	1990.28	5195.31
2014.0	3691.04	1992.99	5389.09
2015.0	3791.97	1998.61	5585.33
2016.0	3895.65	2006.9	5784.4
2017.0	4002.18	2017.72	5986.63
2018.0	4111.61	2030.91	6192.31
2019.0	4224.04	2046.36	6401.71
2020.0	4339.54	2064.0	6615.08
2021.0	4458.2	2083.73	6832.66
2022.0	4580.1	2105.52	7054.69

Για τιμές πέρα από τις πραγματικές, παρουσιάζονται οι προβλέψεις που πραγματοποιήθηκαν σε ορίζοντα 20 ετών με διάστημα εμπιστοσύνης 95%.

Τα όρια του διαστήματος εμπιστοσύνης (άνω και κάτω) δείχνουν που οι πραγματικές τιμές των δεδομένων, σε ένα μελλοντικό ορίζοντα είκοσι (20) ετών είναι πιθανό να βρίσκονται με βαθμό εμπιστοσύνης 95% υποθέτοντας πάντα ότι το επιλεχθέν μοντέλο που εφαρμόστηκε είναι το καταλληλότερο για τα δεδομένα.

Έτσι έχουμε την παρακάτω διαχρονική γραφική απεικόνιση :



Διαχρονική απεικόνιση και προσαρμογή του μοντέλου στα ιστορικά δεδομένα.

Το παραπάνω γράφημα απεικονίζει την διαχρονική προσαρμογή του μοντέλου πάνω στα διαθέσιμα δεδομένα όπου παρατηρούμε ότι αυτή ακολουθεί τη διασπορά αυτών και επιπλέον η προσαρμογή είναι αρκετά καλή καθώς σε 4 από τις 6 διαθέσιμες ιστορικά παρατηρήσεις επιτυγχάνεται σε πολύ καλά επίπεδα και με μικρές αποκλίσεις.

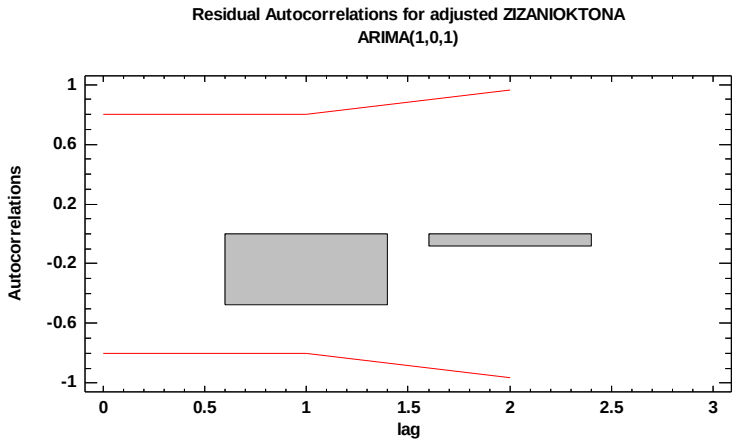
Παρακάτω βλέπουμε τις εκτιμώμενες αυτοσυσχετίσεις μεταξύ των καταλοίπων στις διάφορες υστερήσεις. Γενικά στην τυχαία υστέρηση k ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης μετρά την συσχέτιση μεταξύ των καταλοίπων την χρονική στιγμή t και t-k. Επιπρόσθετα φαίνονται τα όρια για διάστημα εμπιστοσύνης 95% γύρω από το μηδέν. Αν τα όρια εμπιστοσύνης σε μια συγκεκριμένη υστέρηση δεν περιέχουν τον εκτιμώμενο συντελεστή, τότε υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση σε αυτή την υστέρηση με επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Διαφορετικά αν τα όρια περικλείουν τον εκτιμώμενο συντελεστή τότε δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση και άρα μπορεί να θεωρηθεί ότι η χρονοσειρά διαθέτει την ιδιότητα της τυχαιότητας.

Estimated Autocorrelations for residuals
Data variable: ZIZANIOKTONA
Model: ARIMA(1,0,1)

			Lower 95.0%	*Upper 95.0%*
Lag	*Autocorrelation*	*Stnd. Error*	*Prob. Limit*	*Prob. Limit*
1	-0.475354	0.408248	-0.800153	0.800153
2	-0.0818858	0.491922	-0.964151	0.964151

Τιμές αυτοσυσχέτισης, σφάλματα και όρια εμπιστοσύνης για τις παρατηρούμενες υστερήσεις.

Για το δεδομένο μέγεθος το γράφημα της αυτοσυσχτισης είναι το ακόλουθο:



Γράφημα αυτοσυσχέτισης για το μέγεθος ζιζανιοκτόνα..

Σε αυτό παρατηρούμε ότι η αυτοσυσχέτηση για την 1η υστέρηση είναι αρνητική και βρίσκεται σχετικά κοντά στην περιοχή του μηδενός, συνεχίζοντας στην 2η υστέρηση ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης συγκλίνει γρήγορα προς την περιοχή γύρω από το μηδέν πράγμα που μας διασφαλίζει την τυχαιότητα στα δεδομένα.

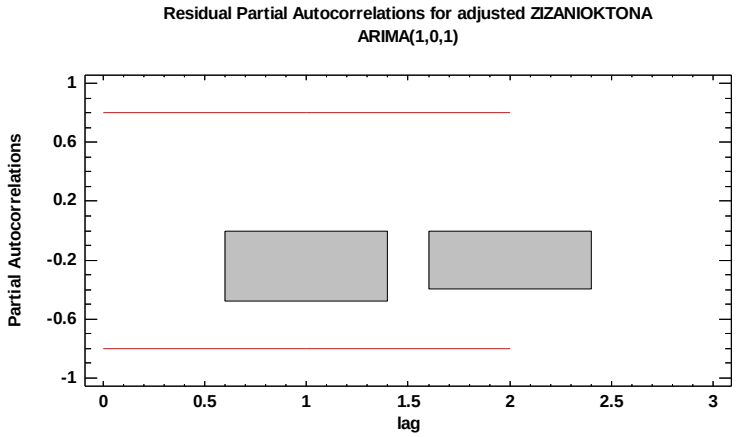
Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τις μερικές αυτοσυσχετίσεις μεταξύ των καταλοίπων στις διάφορες υστερήσεις. Ο συντελεστής μερικής αυτοσυσχέτισης στην υστέρηση k μετρά τη συσχέτιση μεταξύ των καταλοίπων τη χρονική στιγμή t και t+k έχοντας λάβει υπ όψη τις συσχετίσεις σε όλες τις μικρότερες χρονικές υστερήσεις. Επιπλέον φαίνονται τα όρια με επίπεδο εμπιστοσύνης 95% γύρω απ το μηδέν.

Estimated Partial Autocorrelations for residuals
Data variable: ZIZANIOKTONA
Model: ARIMA(1,0,1)

	Partial		*Lower 95.0%*	*Upper 95.0%*
Lag	*Autocorrelation*	*Stnd. Error*	*Prob. Limit*	*Prob. Limit*
1	-0.475354	0.408248	-0.800153	0.800153
2	-0.397716	0.408248	-0.800153	0.800153

Τιμές μερικής αυτοσυσχέτισης, σφάλματα και όρια εμπιστοσύνης για τις παρατηρούμενες υστερήσεις.

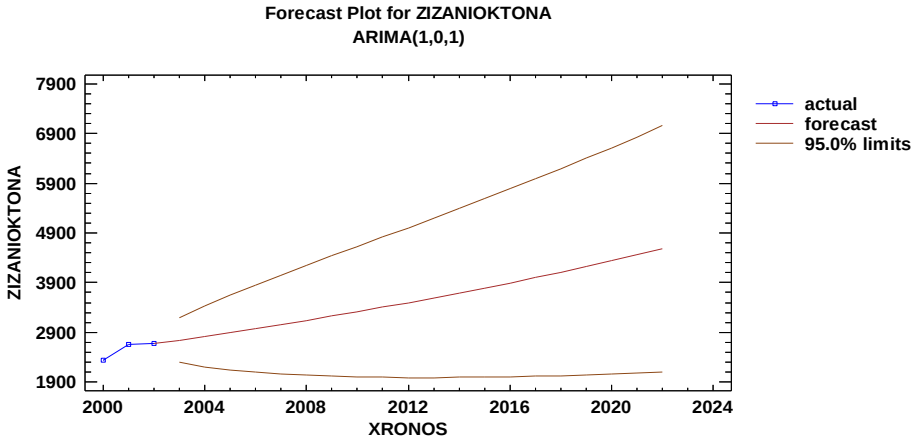
με το αντίστοιχο γράφημα της μερικής αυτοσυσχέτισης για το μελετώμενο μέγεθος να είναι το ακόλουθο:



Γράφημα μερικής αυτοσυσχέτισης για το μέγεθος ζιζανιοκτόνα.

Στο γράφημα παρατηρούμε ότι ο συντελεστής μερικής αυτοσυσχέτισης κινείται με σχετικά αργούς ρυθμούς πλησιάζοντας όμως την περιοχή κοντά στο μηδέν ώστε να διασφαλίζεται η ιδιότητα της στασιμότητας στα δεδομένα δείχνοντας ότι το μοντέλο που επιλέχτηκε μάλλον περιγράφει τα ιστορικά δεδομένα με καλό τρόπο.

Το γράφημα της πρόγνωσης με βάση τα ιστορικά δεδομένα έχει ως ακολούθως:



Γράφημα πρόγνωσης για το μέγεθος ζιζανιοκτόνα.

Παρατηρούμε από το γράφημα ότι το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε για την πρόγνωση δείχνει ότι σε μελλοντικό ορίζοντα είκοσι (20) ετών από την τελευταία παρατηρούμενη τιμή θα υπάρχει μια σταθερή ανοδική πορεία στην κατανάλωση των ζιζανιοκτόνων. Από το επίπεδο των 2.668 τόνων ενεργών συστατικών το 2002 φτάνει στο επίπεδο των 3.497,17 τόνους ενεργών συστατικών το 2012 ενώ η ανοδική πορεία συνεχίζεται και καταλήγει το 2.022 στα 4580,1 τόνων ενεργών συστατικών .

Επιπλέον δίνονται και τα όρια εμπιστοσύνης σε ποσοστό 95%, όπου μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι για την μέθοδο ARIMA τα όρια (πάνω και κάτω) κινούνται σχετικά κοντά με την προέκταση της γραμμής πρόγνωσης. Σταδιακά αυτά διευρύνονται, όπως άλλωστε συμβαίνει και στα προηγούμενα μοντέλα ARIMA που χρησιμοποιήθηκαν. Αυτό συμβαίνει καθώς τα μοντέλα ARIMA όπως έχει ειπωθεί και παραπάνω στο κεφάλαιο 2 έχουν πολύ καλή και ιδιαίτερα αξιόπιστη βραχυπρόθεσμη προβλεπτική ικανότητα ενώ όσο ο χρόνος περνά η δυναμική αυτής μειώνεται χωρίς όμως αυτό να καθιστά την μέθοδο αναξιόπιστη. Επιπλέον μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι για το συγκεκριμένο μέγεθος το άνω όριο δεν καμπυλώνει και είναι πιο ευθύ σε αντίθεση με το κάτω όριο.

Τα ζιζανιοκτόνα αποτελούν, όπως έχει ειπωθεί στο κεφάλαιο 1,ενα από τα κύρια φυτοπροστατευτικό για την γεωργία. Η παρουσία τους είναι κρίσιμης σημασίας και απόλυτα αναγκαία για την φυτοπροστασία στις καλλιέργειες από τα ζιζάνια που πνίγουν τα καλλιεργούμενα είδη και επιπρόσθετα η αντικατάσταση τους από άλλες εναλλακτικές μεθόδους είναι ακόμα ανέφικτη. Έτσι η άνοδος της χρήσης ζιζανιοκτόνων όπως φαίνεται και από το γράφημα της πρόβλεψης τα επόμενα είκοσι (20) χρόνια κρίνεται ως φυσιολογική με τα ως τώρα δεδομένα

8)Μυκητοκτόνα

Μονάδα μέτρησης: τόνοι ενεργών συστατικών (ton of active ingredient).

Γράφημα/αναπαράσταση δεδομένων:



Μυκητοκτόνα

Περιγραφή γραφήματος.

Για το παραπάνω μέγεθος έχουμε διαθέσιμες 6 παρατηρήσεις εκκινώντας από το έτος 1997 μέχρι και το έτος 2002 και δεν διαθέτουμε δεδομένα πέρα από αυτό το έτος.

Από την παραπάνω αναπαράσταση παρατηρούμε ότι με σημείο εκκίνησης το έτος 1997 η ποσότητα καταναλισκόμενων μυκητοκτόνων από τους 3.104 τόνους ενεργών συστατικών ακολουθεί ανοδική πορεία και το έτος 1998 ανέρχεται στους 4.731 τόνους ενεργών συστατικών. Έπειτα ακολουθεί καθοδική πορεία και το 1999 βρίσκεται στους 3.707 τόνους ενεργών συστατικών. Ακολουθεί ανοδική πορεία και το 2001 φτάνει την μέγιστη τιμή που ανέρχεται στους 4.860 τόνους ενεργών συστατικών όπου φαίνεται να σταθεροποιείται στα επίπεδα αυτά ενώ τέλος το έτος 2002 τα μυκητοκτόνα ανέρχονται στο επίπεδο των 4.783 τόνων ενεργών συστατικών.

Το επιλεχθέν μοντέλο είναι η γραμμική τάση (Linear trend) με τύπο:

Linear trend=3335,07+278,6 t

Το μοντέλο αυτό υποθέτει ότι η καλύτερη πρόβλεψη για το μέλλον θα δίνεται από μια ευθεία γραμμή προσαρμοζόμενη στα ιστορικά δεδομένα.

Model Comparison
Data variable: MYKHTOKTONA
Number of observations = 6

Models
(A) Linear trend = 3335,07 + 278,6 t
(B) Constant mean = 4310,17
(C) S-curve trend = exp(8,55284 + -0,483645 /t)
(D) Simple moving average of 3 terms
(E) Simple exponential smoothing with alpha = 0,1662
Math adjustment:

Ανταγωνιζόμενα μοντέλα.

Estimation Period

Model	*RMSE*	*MAE*	*MAPE*
(A)	493,188	283,294	6,82813
(B)	728,762	603,111	15,5079
(C)	569,464	399,067	9,81616
(D)	594,811	562,0	11,8281
(E)	781,177	657,067	16,7023

Model	*RMSE*	*RUNS*	*RUNM*	*AUTO*	*MEAN*	*VAR*
(A)	493,188	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	728,762	OK	OK	OK	OK	*
(C)	569,464	OK	OK	OK	OK	*
(D)	594,811	OK		OK		
(E)	781,177	OK	OK	OK	OK	*

Κοιτάζοντας τα στατιστικά των σφαλμάτων παρατηρούμε ότι το μοντέλο που επιλέχτηκε παρουσιάζει τα μικρότερα RMSE, MAE,MAPE.

Οι παρακάτω πίνακες δείχνουν τις προβλεπόμενες τιμές για το μέγεθος "Μυκητοκτόνα", τόσο κατά την περίοδο προσαρμογής του μοντέλου όπου τα πραγματικά δεδομένα είναι διαθέσιμα και παρουσιάζονται οι προσαρμοζόμενες τιμές από το μοντέλο μαζί με τα κατάλοιπα, όσο και οι προβλεπόμενες τιμές του μεγέθους για μελλοντικό ορίζοντα των είκοσι (20) ετών με διάστημα εμπιστοσύνης 95% .

Forecast Table for MYKHTOKTONA
Model: Linear trend = 3335,07 + 278,6 t

Period	*Data*	*Forecast*	*Residual*
1997,0	3104,0	3613,67	-509,667
1998,0	4731,0	3892,27	838,733
1999,0	3707,0	4170,87	-463,867
2000,0	4676,0	4449,47	226,533
2001,0	4860,0	4728,07	131,933
2002,0	4783,0	5006,67	-223,667

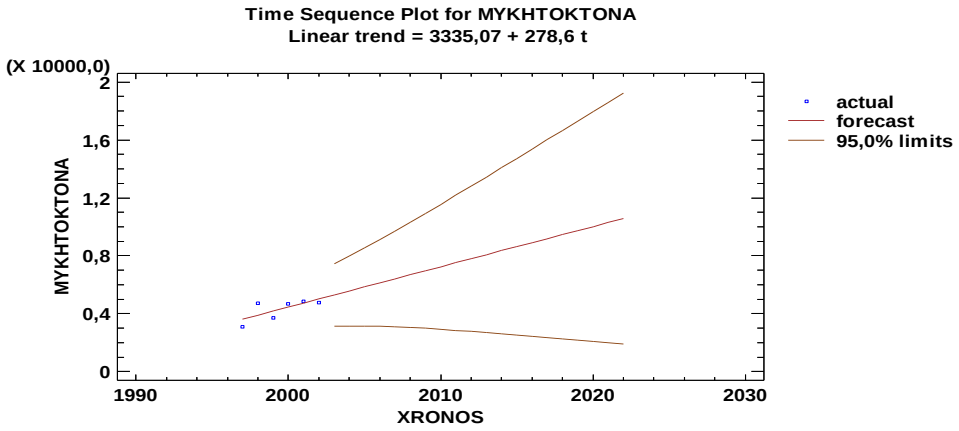
Προσαρμογή του μοντέλου στα πραγματικά δεδομένα που είναι διαθέσιμα.

		Lower 95,0%	Upper 95,0%
Period	Forecast	Limit	Limit
2003,0	5285,27	3125,09	7445,45
2004,0	5563,87	3153,65	7974,09
2005,0	5842,47	3152,18	8532,75
2006,0	6121,07	3129,11	9113,03
2007,0	6399,67	3090,33	9709,0
2008,0	6678,27	3039,96	10316,6
2009,0	6956,87	2980,87	10932,9
2010,0	7235,47	2915,11	11555,8
2011,0	7514,07	2844,14	12184,0
2012,0	7792,67	2769,07	12816,3
2013,0	8071,27	2690,69	13451,8
2014,0	8349,87	2609,63	14090,1
2015,0	8628,47	2526,35	14730,6
2016,0	8907,07	2441,24	15372,9
2017,0	9185,67	2354,58	16016,8
2018,0	9464,27	2266,61	16661,9
2019,0	9742,87	2177,51	17308,2
2020,0	10021,5	2087,46	17955,5
2021,0	10300,1	1996,57	18603,6
2022,0	10578,7	1904,94	19252,4

Για τιμές πέρα από τις πραγματικές, παρουσιάζονται οι προβλέψεις που πραγματοποιήθηκαν σε ορίζοντα 20 ετών με διάστημα εμπιστοσύνης 95%.

Τα όρια του διαστήματος εμπιστοσύνης (άνω και κάτω) δείχνουν που οι πραγματικές τιμές των δεδομένων, σε ένα μελλοντικό ορίζοντα είκοσι 20 ετών, είναι πιθανό να βρίσκονται με βαθμό εμπιστοσύνης 95% υποθέτοντας πάντα ότι το επιλεχθέν μοντέλο που εφαρμόστηκε είναι το καταλληλότερο για τα δεδομένα.

Έτσι έχουμε την παρακάτω διαχρονική γραφική απεικόνιση :



Διαχρονική απεικόνιση και προσαρμογή του μοντέλου στα ιστορικά δεδομένα.

Το παραπάνω γράφημα απεικονίζει την διαχρονική προσαρμογή του μοντέλου

Linear trend=3335,07+278,6 t

πάνω στα πραγματικά διαθέσιμα ιστορικά δεδομένα όπου παρατηρούμε ότι αυτή είναι σχετικά καλή καθώς η προσαρμογή λαμβάνει υπόψη της τη διασπορά των δεδομένων και προσπαθεί να ακολουθήσει την τάση αυτών κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

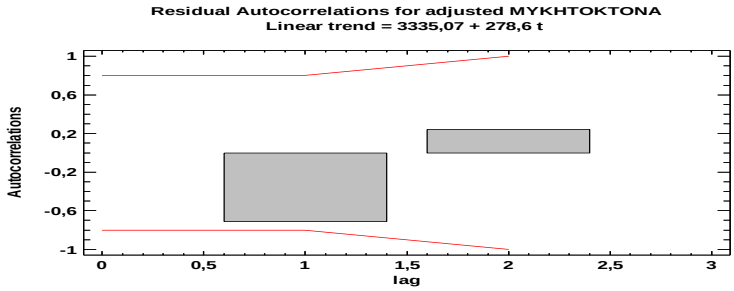
Παρακάτω βλέπουμε τις εκτιμώμενες αυτοσυσχετίσεις μεταξύ των καταλοίπων στις διάφορες υστερήσεις. Γενικά στην υστέρηση k ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης μετρά την συσχέτιση μεταξύ των καταλοίπων την χρονική στιγμή t και t-k. Επιπρόσθετα φαίνονται τα όρια για διάστημα εμπιστοσύνης 95% γύρω από το μηδέν. Αν τα όρια εμπιστοσύνης σε μια συγκεκριμένη υστέρηση δεν περιέχουν τον εκτιμώμενο συντελεστή, τότε υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση σε αυτή την υστέρηση με επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Διαφορετικά αν τα όρια περικλείουν τον εκτιμώμενο συντελεστή τότε δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση και άρα μπορεί να θεωρηθεί ότι η χρονοσειρά διαθέτει την ιδιότητα της τυχαιότητας.

Estimated Autocorrelations for residuals
Data variable: MYKHTOKTONA
Model: Linear trend = 3335,07 + 278,6 t

			Lower 95,0%	*Upper 95,0%*
Lag	*Autocorrelation*	*Stnd. Error*	*Prob. Limit*	*Prob. Limit*
1	-0,710198	0,408248	-0,800153	0,800153
2	0,242493	0,578614	-1,0	1,0

Τιμές αυτοσυσχέτισης, σφάλματα και όρια εμπιστοσύνης για τις παρατηρούμενες υστερήσεις.

Για το δεδομένο μέγεθος το γράφημα της αυτοσυσχέτισης είναι το ακόλουθο:



Γράφημα αυτοσυσχέτισης για το μέγεθος μυκητοκτόνα.

Σε αυτό παρατηρούμε ότι η ενώ αρχικά η συσχέτιση βρίσκεται πολύ μακριά από το μηδέν στην αμέσως επόμενη υστέρηση αυτή συγκλίνει γρήγορα προς την περιοχή γύρω και κοντά στο μηδέν. Επιπλέον τα όρια παρατηρούμε ότι αποκλίνουν και αυτό σημαίνει ότι το διάστημα εμπιστοσύνης διευρύνεται το οποίο διασφαλίζει την τυχαιότητα στα δεδομένα και άρα τα δεδομένα είναι κατάλληλα για την διενέργεια της πρόβλεψης με το μοντέλο που επιλέχθηκε.

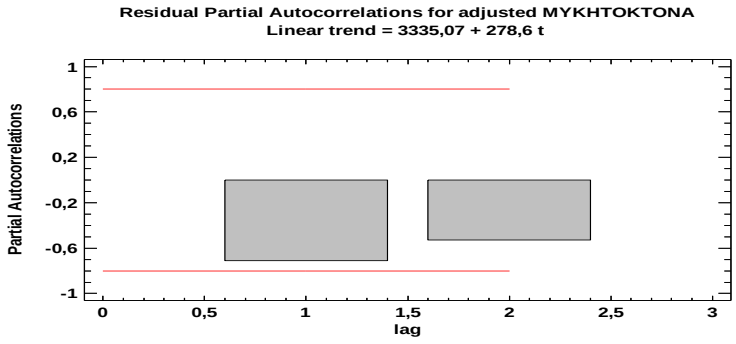
Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τις μερικές αυτοσυσχετίσεις μεταξύ των καταλοίπων στις διάφορες υστερήσεις. Ο συντελεστής μερικής αυτοοσυσχέτισης στην υστέρηση k μετρά τη συσχέτιση μεταξύ των καταλοίπων τη χρονική στιγμή t και t+k έχοντας λάβει υπ όψη τις συσχετίσεις σε όλες τις μικρότερες χρονικές υστερήσεις. Επιπλέον φαίνονται τα όρια με επίπεδο εμπιστοσύνης 95% γύρω απ το 0. Αν τα όρια αυτά σε μια συγκεκριμένη υστέρηση δεν περιέχουν τον εκτιμώμενο συντελεστή τότε υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση σε αυτή την υστέρηση k με επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Estimated Partial Autocorrelations for residuals
Data variable: MYKHTOKTONA
Model: Linear trend = 3335,07 + 278,6 t

	Partial		*Lower 95,0%*	*Upper 95,0%*
Lag	*Autocorrelation*	*Stnd. Error*	*Prob. Limit*	*Prob. Limit*
1	-0,710198	0,408248	-0,800153	0,800153
2	-0,528407	0,408248	-0,800153	0,800153

Τιμές μερικής αυτοσυσχέτισης, σφάλματα και όρια εμπιστοσύνης για τις παρατηρούμενες υστερήσεις.

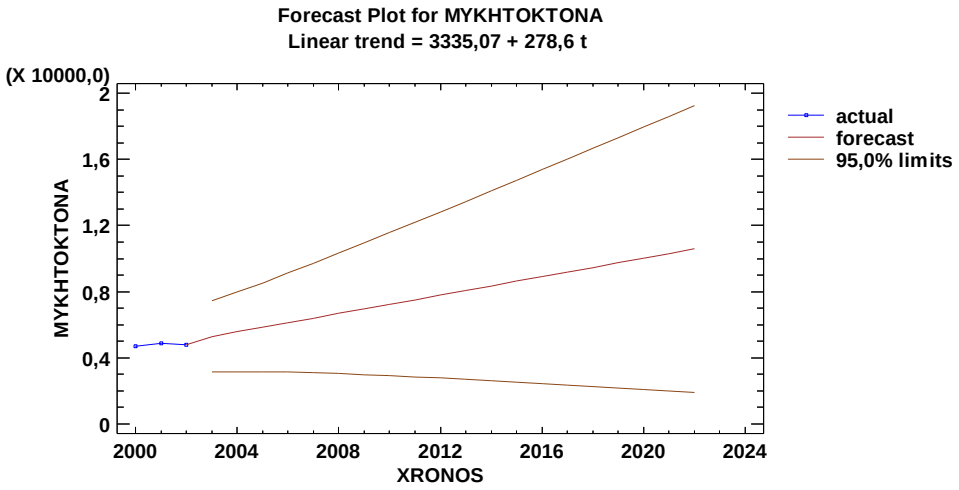
με το αντίστοιχο γράφημα της μερικής αυτοσυσχέτισης για το μελετώμενο μέγεθος να είναι το ακόλουθο:



Γράφημα μερικής αυτοσυσχέτισης για το μέγεθος μυκητοκτόνα.

Στο γράφημα παρατηρούμε ότι ο συντελεστής μερικής αυτοσυσχέτισης μειώνεται κινούμενος προς την περιοχή του μηδενός αλλά με αργό ρυθμό διασφαλίζοντας μάλλον την απαραίτητη ιδιότητα της στασιμότητας (stationarity) των δεδομένων και άρα το μοντέλο που επιλέχτηκε θα λέγαμε ότι μάλλον περιγράφει τα ιστορικά δεδομένα με τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

Το γράφημα της πρόγνωσης με βάση τα ιστορικά δεδομένα έχει ως ακολούθως:



Γράφημα πρόγνωσης για το μέγεθος μυκητοκτόνα.

Παρατηρούμε από το γράφημα ότι το μοντέλο

Linear trend=3335,07+278,6 t

που χρησιμοποιήθηκε για την πρόγνωση δείχνει ότι σε μελλοντικό ορίζοντα είκοσι (20) ετών από την τελευταία παρατηρούμενη τιμή θα υπάρχει μια συνεχής ανοδική πορεία στην χρήση μυκητοκτόνων.

Από το επίπεδο των 5.006,67 μετρικών τόνων θρεπτικών συστατικών το 2002 με συνεχιζόμενη ανοδική πορεία φτάνει στο επίπεδο των 7.792,67 μετρικούς τόνους θρεπτικών συστατικών το 2012 ενώ η ανοδική πορεία συνεχίζεται και καταλήγει το 2022 στα 10.587,87 μετρικών τόνων θρεπτικών συστατικών .

Η παραπάνω πορεία του μελετώμενου μεγέθους δείχνει ότι η χρήση μυκητοκτόνων θα γνωρίσει μια σταθερή συνεχή διαχρονική ανοδική πορεία και με σχετικά γρήγορους ρυθμούς.

Επιπλέον δίνονται και τα όρια εμπιστοσύνης σε ποσοστό 95%, όπου μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι για την ευθεία

Linear trend=3335,07+278,6 t

τα όρια (πάνω και κάτω) κινούνται σχετικά μακριά από την προέκταση της γραμμής πρόγνωσης με το χαρακτηριστικό ότι αυτά αρχικά συγκλίνουν ενώ έπειτα με την πάροδο του χρόνου αποκλίνουν με γρήγορο ρυθμό. Δηλαδή δεν έχουν σταθερή απόσταση από την προέκταση της γραμμής πρόγνωσης όπως σε άλλες περιπτώσεις.

Έτσι δυσκολευόμαστε να βγάλουμε ακριβή συμπεράσματα με μεγάλη ακρίβεια για την μελλοντική συμπεριφορά της κατανάλωσης των μυκητοκτόνων με βαθμό εμπιστοσύνης 95%.

Η παραπάνω παρατηρούμενη συνεχή άνοδος στην χρήση μυκητοκτόνων μπορεί να εξηγηθεί. Με την πάροδο του χρόνου και η συνεχής χρήση μυκητοκτόνων για την προστασία του φυτού από παθογόνα βακτήρια και μικροοργανισμούς είχε σαν αποτέλεσμα τα βακτήρια αυτά ναι μεν να εξουδετερώνονται αλλά ταυτόχρονα γίνονται πιο ανθεκτικά. Έτσι απαιτούνται όλο και περισσότερες εφαρμογές μυκητοκτόνων προϊόντων για την προστασία των καλλιεργειών. Αν και τα μυκητοκτόνα σε ποσότητα είναι λιγότερα από αλλά φυτοφάρμακα όπως ζιζανιοκτόνα ωστόσο επιβαρύνουν τα περιβάλλον και το ευρύτερο οικοσύστημα όταν η χρήση τους γίνεται αλόγιστα.

Συνιστώσα συστήματος: Ενέργεια (είσοδος)

9)Κατανάλωση προϊόντων πετρελαίου στην γεωργία.

Μονάδα μέτρησης: χιλιάδες τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου (1000toe - tone of oil equivalent).

Γράφημα/αναπαράσταση δεδομένων:



Κατανάλωση προϊόντων πετρελαίου στην γεωργία.

***Περιγραφή μεγέθους** : Η τελική κατανάλωση ενέργειας των προϊόντων πετρελαίου(πετρελαίου, βενζίνες αυτοκινήτων, κηροζίνη, λιπαντικά) περιλαμβάνει όλα τα προϊόντα που παραδίδονται στους τελικούς καταναλωτές για όλες τις ενεργειακές χρήσεις.*

Διαδικασία μορφοποίησης δεδομένων.

Τα δεδομένα που περιγράφουν το παραπάνω μέγεθος δίδοντα από την Ευρωπαϊκή Στατιστική Υπηρεσία συνολικά ως "Τελική κατανάλωση των προϊόντων πετρελαίου" και δίδοντα για το σύνολο των δραστηριοτήτων που πραγματοποιούνται την χώρα. Ωστόσο είναι γνωστό ότι η γεωργία ως δραστηριότητα καταναλώνει το 6,5% της παρεχόμενης ενέργειας στο σύνολο της χώρας. Επίσης είναι γνωστό ότι το 82% από αυτό το 6,5% της καταναλισκόμενης ενέργειας αποτελείται από υγρά καύσιμα. Έτσι με την εισαγωγή των παραπάνω ποσοστώσεων στην αρχική χρονοσειρά που περιγράφει το μέγεθος συνολικά ήταν δυνατό να παράγουμε την χρονοσειρά που περιγράφει το ζητούμενο μέγεθος "Κατανάλωση προϊόντων πετρελαίου στη γεωργία"

Το παραπάνω γράφημα και τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην πρόβλεψη προέκυψαν από την παραπάνω διαδικασία.

Περιγραφή αναπαράστασης.

Για το παραπάνω μέγεθος έχουμε διαθέσιμες 12 παρατηρήσεις εκκινώντας από το έτος 1996 μέχρι και το έτος 2007.

Από την παραπάνω αναπαράσταση παρατηρούμε ότι με σημείο εκκίνησης το έτος 1996 η κατανάλωση προϊόντων πετρελαίου στη γεωργία ξεκινά από τους 626,861 τόνους ισοδύναμου πετρελαίου ακολουθεί ανοδική πορεία και το έτος 2003 φτάνει στην τιμή των 762,349 τόνων ισοδύναμου πετρελαίου. Ακολουθεί έπειτα μια βραχυπρόθεσμη καθοδική την επόμενη χρονιά και το 2004 βρίσκεται στους 742,628 τόνους ισοδύναμου πετρελαίου. Ενώ τέλος η ανοδική πορεία συνεχίζεται και το 2007 φτάνει τους 781,751 τόνους ισοδύναμου πετρελαίου.

Το επιλεχθέν μοντέλο είναι Random walk with drift με τιμή 14,0809

Το μοντέλο αυτό υποθέτει ότι η καλύτερη πρόβλεψη για το μέλλον θα δίνεται από την τελευταία κάθε φορά διαθέσιμη τιμή δεδομένων αν σε αυτή προσθέσουμε μια σταθερή τάση προς τα πάνω ή κάτω.

Το μοντέλο με την ελάχιστη τιμή κριτηρίων σφαλμάτων RMSE,MAE,MAPE είναι το μοντέλο Random walk with drift(A) το οποίο και χρησιμοποιήθηκε για την παράγωγη των προβλέψεων.

Estimation Period

Model	*RMSE*	*MAE*	*MAPE*
(A)	13,3756	9,099922	1,27151
(B)	53,9642	45,9624	6,50546
(C)	19,3612	14,8729	2,0527
(D)	31,3347	26,8928	3,64166
(E)	23,2177	17,1534	2,3726

Κοιτάζοντας τα στατιστικά των σφαλμάτων παρατηρούμε ότι το μοντέλο που επιλέχτηκε παρουσιάζει τα μικρότερα RMSE, MAE,MAPE.

Για τον καθορισμό αν το μοντέλο είναι κατάλληλο για τα δεδομένα έγιναν 5 έλεγχοι πάνω στα κατάλοιπα. Η σήμανση OK δείχνει ότι το επιλεχθέν μοντέλο περνά με επιτυχία τους ελέγχους και άρα είναι μάλλον κατάλληλο για τα δεδομένα.

Model	*RMSE*	*RUNS*	*RUNM*	*AUTO*	*MEAN*	*VAR*
(A)	13,3756	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	53,9642	OK	**	*	***	OK
(C)	19,3612	OK	OK	OK	OK	OK
(D)	31,3347	OK	OK	OK		
(E)	23,2177	OK	OK	OK	OK	OK

Έλεγχος στα κατάλοιπα.

Οι παρακάτω πίνακες δείχνουν τις προβλεπόμενες τιμές για το μέγεθος κατανάλωση προϊόντων πετρελαίου στη γεωργία, τόσο κατά την περίοδο προσαρμογής του μοντέλου όπου τα πραγματικά δεδομένα είναι διαθέσιμα και παρουσιάζονται οι προσαρμοζόμενες τιμές από το μοντέλο μαζί με τα κατάλοιπα, όσο και οι προβλεπόμενες τιμές του μεγέθους για τον μελλοντικό ορίζοντα των είκοσι (20) ετών με διάστημα εμπιστοσύνης 95% .

Forecast Table for KAT/SH PRO/NTN PETRELAIOY
Model: Random walk with drift = 14,0809

Period	*Data*	*Forecast*	*Residual*
1996,0	626,861		
1997,0	643,118	640,942	2,17561
1998,0	677,71	657,199	20,5108
1999,0	676,004	691,79	-15,7865
2000,0	673,232	690,085	-16,8525
2001,0	695,139	687,313	7,82541
2002,0	712,834	709,219	3,61471
2003,0	762,35	726,915	35,4348
2004,0	742,629	776,431	-33,8019
2005,0	761,017	756,71	4,30761
2006,0	783,03	775,098	7,93201
2007,0	781,751	797,111	-15,3601

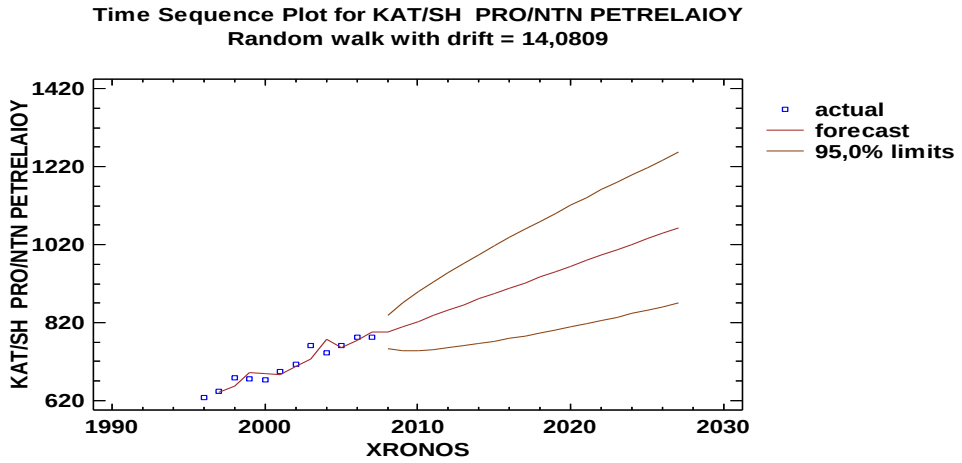
Προσαρμογή του μοντέλου στα πραγματικά δεδομένα που είναι διαθέσιμα.

Period	Forecast	Lower 95,0% Limit	Upper 95,0% Limit
2008,0	795,832	752,693	838,971
2009,0	809,913	748,904	870,921
2010,0	823,994	749,274	898,714
2011,0	838,075	751,796	924,354
2012,0	852,156	755,693	948,618
2013,0	866,236	760,567	971,906
2014,0	880,317	766,181	994,454
2015,0	894,398	772,381	1016,42
2016,0	908,479	779,061	1037,9
2017,0	922,56	786,141	1058,98
2018,0	936,641	793,563	1079,72
2019,0	950,722	801,282	1100,16
2020,0	964,803	809,261	1120,34
2021,0	978,884	817,47	1140,3
2022,0	992,964	825,886	1160,04
2023,0	1007,05	834,487	1179,6
2024,0	1021,13	843,258	1198,99
2025,0	1035,21	852,182	1218,23
2026,0	1049,29	861,247	1237,33
2027,0	1063,37	870,443	1256,29

Για τιμές πέρα από τις πραγματικές, παρουσιάζονται οι προβλέψεις που πραγματοποιήθηκαν σε ορίζοντα 20 ετών με διάστημα εμπιστοσύνης 95%.

Τα όρια του διαστήματος εμπιστοσύνης (άνω και κάτω) δείχνουν που οι πραγματικές τιμές των δεδομένων, σε ένα μελλοντικό ορίζοντα είκοσι (20) ετών, είναι πιθανό να βρίσκονται με βαθμό εμπιστοσύνης 95% υποθέτοντας πάντα ότι το επιλεχθέν μοντέλο που εφαρμόστηκε είναι το καταλληλότερο για τα δεδομένα.

Έτσι έχουμε την παρακάτω διαχρονική γραφική απεικόνιση :



Διαχρονική απεικόνιση και προσαρμογή του μοντέλου στα ιστορικά δεδομένα.

Το παραπάνω γράφημα απεικονίζει την διαχρονική προσαρμογή του μοντέλου Random walk with drift πάνω στα πραγματικά διαθέσιμα ιστορικά δεδομένα. Μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι το μοντέλο που εφαρμόστηκε προσπαθεί και ακολουθεί ικανοποιητικά την διασπορά των δεδομένων και έτσι η προσαρμογή είναι αρκετά καλή καθώς από τις 12 διαθέσιμες ιστορικά παρατηρήσεις αυτή επιτυγχάνεται σε καλά επίπεδα και με σχετικά μικρές αποκλίσεις για 8 από τις 12 παρατηρήσεις.

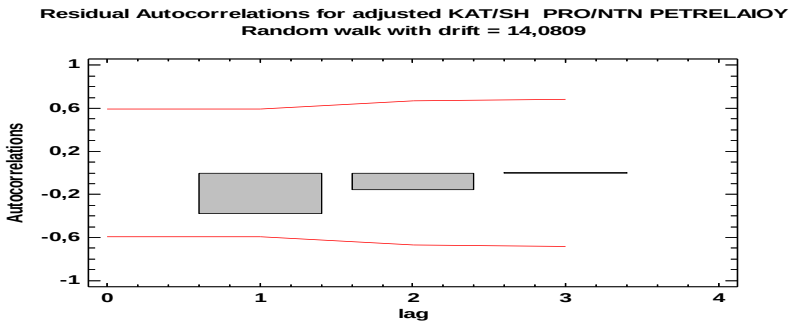
Παρακάτω βλέπουμε τις εκτιμώμενες αυτοσυσχετίσεις μεταξύ των καταλοίπων στις διάφορες υστερήσεις. Στην τυχαία υστέρηση k ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης μετρά την συσχέτιση μεταξύ των καταλοίπων την χρονική στιγμή t και t-k. Επιπρόσθετα φαίνονται τα όρια για διάστημα εμπιστοσύνης 95% γύρω από το μηδέν. Αν τα όρια εμπιστοσύνης σε μια συγκεκριμένη υστέρηση δεν περιέχουν τον εκτιμώμενο συντελεστή, τότε υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση σε αυτή την υστέρηση με επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Διαφορετικά αν τα όρια περικλείουν τον εκτιμώμενο συντελεστή τότε δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση και άρα μπορεί να θεωρηθεί ότι η χρονοσειρά διαθέτει την ιδιότητα της τυχαιότητας.

Estimated Autocorrelations for residuals
Data variable: KAT/SH PRO/NTN PETRELAIOY
Model: Random walk with drift = 14,0809

			Lower 95,0%	Upper 95,0%
Lag	Autocorrelation	Stnd Error	Prob Limit	Prob Limit
1	-0,378725	0,301511	-0,590953	0,590953
2	-0,157659	0,342035	-0,670377	0,670377
3	0,00558594	0,348579	-0,683203	0,683203

Τιμές αυτοσυσχέτισης, σφάλματα και όρια εμπιστοσύνης για τις παρατηρούμενες υστερήσεις.

Για το δεδομένο μέγεθος το γράφημα της αυτοσυσχτισης είναι το ακόλουθο:



Γράφημα αυτοσυσχέτισης για το μέγεθος κατανάλωση προϊόντων πετρελαίου στην γεωργία.

Σε αυτό παρατηρούμε ότι ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης είναι αρνητικός και συγκλίνει αρκετά γρήγορα προς την περιοχή γύρω και κοντά στο μηδέν ενώ ταυτόχρονα τα όρια διευρύνονται μετά την 1η υστέρηση πράγμα που μας διασφαλίζει την τυχαιότητα στα δεδομένα.

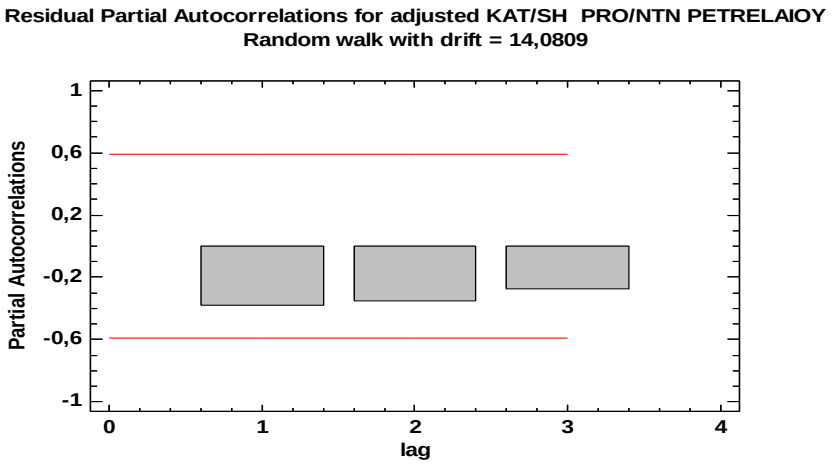
Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τις μερικές αυτοσυσχετίσεις μεταξύ των καταλοίπων στις διάφορες υστερήσεις. Ο συντελεστής μερικής αυτοοσυσχέτισης στην υστέρηση k μετρά τη συσχέτιση μεταξύ των καταλοίπων τη χρονική στιγμή t και t+k έχοντας λάβει υπ όψη τις συσχετίσεις σε όλες τις μικρότερες χρονικές υστερήσεις. Επιπλέον φαίνονται τα όρια με επίπεδο εμπιστοσύνης 95% γύρω απ το μηδέν.

Estimated Partial Autocorrelations for residuals
Data variable: KAT/SH PRO/NTN PETRELAIOY
Model: Random walk with drift = 14,0809

	Partial		*Lower 95,0%*	*Upper 95,0%*
Lag	*Autocorrelation*	*Stnd. Error*	*Prob. Limit*	*Prob. Limit*
1	-0,378725	0,301511	-0,590953	0,590953
2	-0,35151	0,301511	-0,590953	0,590953
3	-0,27738	0,301511	-0,590953	0,590953

Τιμές μερικής αυτοσυσχέτισης, σφάλματα και όρια εμπιστοσύνης για τις παρατηρούμενες υστερήσεις.

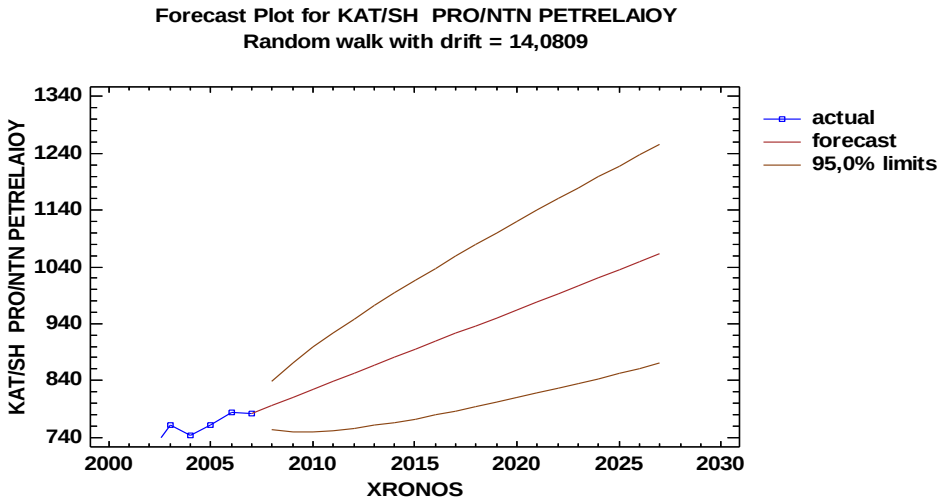
με το αντίστοιχο γράφημα της μερικής αυτοσυσχέτισης για το μελετώμενο μέγεθος να είναι το ακόλουθο:



Γράφημα μερικής αυτοσυσχέτισης για το μέγεθος κατανάλωση προϊόντων πετρελαίου στην γεωργία.

Στο γράφημα παρατηρούμε ότι ο συντελεστής μερικής αυτοσυσχέτισης παρουσιάζει συμπεριφορά παρόμοια με το γράφημα της αυτοσυσχέτισης. Παρατηρούμε ωστόσο ότι η μείωση επέρχεται με αργό ρυθμό κινούμενος όμως προς την περιοχή κοντά στο μηδέν διασφαλίζοντας την απαραίτητη ιδιότητα της στασιμότητας (stationarity) των δεδομένων και άρα το μοντέλο που επιλέχτηκε μάλλον περιγράφει τα ιστορικά δεδομένα με τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

Το γράφημα της πρόγνωσης με βάση τα ιστορικά δεδομένα έχει ως ακολούθως:



Γράφημα πρόγνωσης για το μέγεθος κατανάλωση προϊόντων πετρελαίου στη γεωργία

Παρατηρούμε από το γράφημα ότι το μοντέλο Random walk with drift με τιμή 14,0809 που χρησιμοποιήθηκε για την πρόγνωση δείχνει ότι σε μελλοντικό ορίζοντα 20 ετών από την τελευταία παρατηρούμενη τιμή θα υπάρχει μια γενικά ανοδική πορεία στην κατανάλωση προϊόντων πετρελαίου στην γεωργία. Από το επίπεδο των 797,111 τόνων ισοδύναμου πετρελαίου το 2007 με ανοδική πορεία φτάνει στο επίπεδο των 922,56 τόνων ισοδύναμου πετρελαίου το 2017 ενώ αυτή συνεχίζεται και καταλήγει το 2027 στους 1063,37 τόνους ισοδύναμου πετρελαίου.

Η παραπάνω πορεία του μελετώμενου μεγέθους δείχνει την πολύ σημαντική αύξηση για το μέγεθος κατανάλωση των προϊόντων πετρελαίου στην γεωργία.

Επιπλέον όσο αναφορά τα όρια εμπιστοσύνης σε ποσοστό 95%, θα παρατηρήσουμε ότι αυτά έχουν μορφή παρόμοια με αυτή των ορίων για τα μοντέλο ARIMA με την διάφορα ότι στην εν λόγο περίπτωση για το μοντέλο Random walk with drift τα όρια δεν εφαρμόζουν τόσο κοντά στην γραμμή πρόβλεψης κατά την αρχή της προβλεπτικής περιόδου και επιπλέον δεν απομακρύνονται τόσο από την προέκταση της γραμμής πρόβλεψης όσο τα αντίστοιχα όρια των μοντέλων ARIMA με την πάροδο του χρόνου.

Έτσι στην αρχή της περιόδου πρόβλεψης τα όρια εμπιστοσύνης είναι σχετικά κοντά στην γραμμή πρόβλεψης ενώ σταδιακά αυτά εκτείνονται χωρίς όμως να καμπυλώνουν ιδιαίτερα.

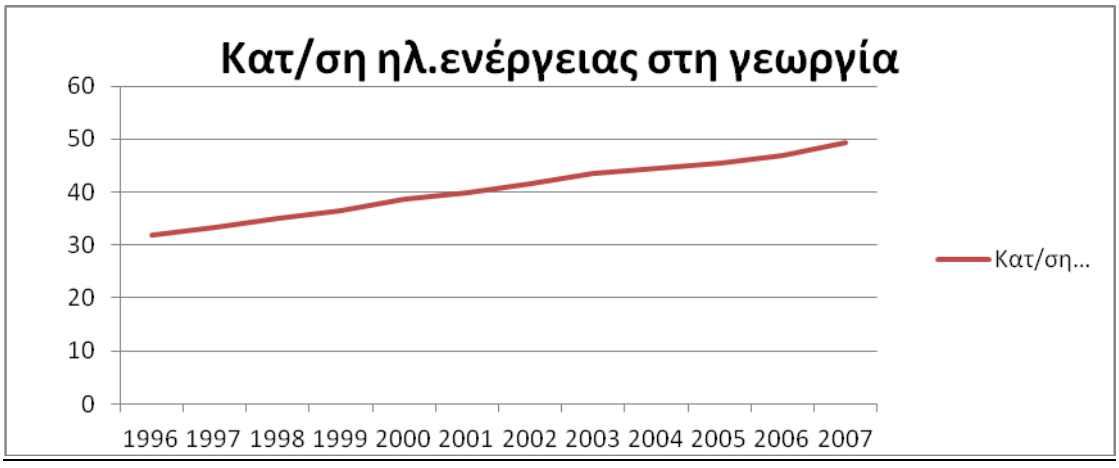
Η παραπάνω περιγραφείσα συμπεριφορά και η ραγδαία αύξηση στην κατανάλωση προϊόντων πετρελαίου τα επόμενα χρόνια μπορεί να εξηγηθεί.

Τα προϊόντα πετρελαίου αποτελούν την κινητήρια δύναμη για όλα τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται στην γεωργία. Όπως έχουμε πει το ποσοστό εκμηχάνισης της γεωργίας είναι υψηλό και θα συνεχίσει να παρουσιάζει ανοδική πορεία στα επόμενα χρόνια, με σκοπό την αύξηση της παράγωγης και την βελτίωση της απόδοση των υφιστάμενων καλλιεργειών. Επιπλέον αν και γίνεται μεγάλη προσπάθεια για την ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης προϊόντων πετρελαίου από τα μηχανήματα ο βαθμός εισροής κάθε είδους μηχανημάτων για πολλές και ποικίλες εργασίες είναι ιδιαίτερα μεγάλος και το γεγονός αυτό από μόνο του μπορεί να καταδείξει τον βασικό λόγο που τα προϊόντα πετρελαίου θα παρουσιάσουν ραγδαία αύξηση της κατανάλωσης για τα επόμενα είκοσι (20) χρόνια.

10)Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην γεωργία.

Μονάδα μέτρησης: χιλιάδες τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου (1000 toe - tone of oil equivalent).

Γράφημα/αναπαράσταση δεδομένων:



Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην γεωργία.

Περιγραφή μεγέθους *: Η τελική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνει την ηλεκτρική ενέργεια που παραδίδεται στον τελικό καταναλωτή(βιομηχανία, μεταφορές γεωργία νοικοκυριά και άλλους τομείς)για όλες τις ενεργειακές χρήσεις και δεν περιλαμβάνει τις απώλειες του δικτύου.*

Διαδικασία μορφοποίησης δεδομένων.

Τα δεδομένα που περιγράφουν το παραπάνω μέγεθος δίδοντα από την Ευρωπαϊκή Στατιστική Υπηρεσία συνολικά ως "Τελική κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας" και δίδονται για το σύνολο των δραστηριοτήτων που πραγματοποιούνται στην χώρα. Ωστόσο είναι γνωστό ότι η γεωργία ως δραστηριότητα καταναλώνει το 6,5% της παρεχόμενης ενέργειας στο σύνολο της χώρας. Επίσης είναι γνωστό ότι το 16% από αυτό το 6,5% της καταναλισκόμενης ενέργειας είναι ηλεκτρική ενέργεια. Έτσι με την εισαγωγή των παραπάνω ποσοστώσεων στην αρχική χρονοσειρά που περιγράφει το μέγεθος συνολικά ήταν δυνατό να παράγουμε την χρονοσειρά που απαιτείτο ώστε να περιγράφει το ζητούμενο μέγεθος "Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στη γεωργία"

Το παραπάνω γράφημα και τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην πρόβλεψη προέκυψαν από την παραπάνω διαδικασία.

Περιγραφή γραφήματος.

Για το παραπάνω μέγεθος έχουμε διαθέσιμες 12 παρατηρήσεις εκκινώντας από το έτος 1996 μέχρι και το έτος 2007.

Από την παραπάνω αναπαράσταση παρατηρούμε ότι με σημείο εκκίνησης το έτος 1996 η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στη γεωργία ξεκινά από τους 31,8032 χιλιάδες τόνους ισοδύναμου πετρελαίου ακολουθεί συνεχή ανοδική πορεία και το έτος 2003 φτάνει στην τιμή των 43,4616 χιλιάδων τόνων ισοδύναμου πετρελαίου. Η ανοδική πορεία συνεχίζεται και το 2007 φτάνει τους 49,3584 χιλιάδες τόνους ισοδύναμου πετρελαίου.

Το επιλεχθέν μοντέλο είναι η γραμμική τάση Linear trend με τύπο:

$$\text{Linear trend} = 30{,}4399 + 1{,}5557\ t$$

Το μοντέλο αυτό υποθέτει ότι η καλύτερη πρόβλεψη για το μέλλον θα δίνεται από την ευθεία γραμμικής παλινδρόμησης προσαρμοζόμενη στα ιστορικά δεδομένα.

Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τα αποτελέσματα από την προσαρμογή των διαφόρων ανταγωνιζόμενων μοντέλων στα δεδομένα.

Model Comparison
Data variable: KATANALWSH HLEKTRIKHS ENERGEIAS
Number of observations = 12

Models
(A) Random walk
(B) Random walk with drift = 1,59593
(C) Constant mean = 40,5522
(D) Linear trend = 30,4399 + 1,55575 t
(E) Exponential trend = exp(3,44069 + 0,0389074 t)
(F) S-curve trend = exp(3,8077 + -0,441253 /t)
(G) Simple moving average of 2 terms
(H) Simple exponential smoothing with alpha = 0,9999
(I) Brown's linear exp. smoothing with alpha = 0,9991
(J) Holt's linear exp. smoothing with alpha = 0,4025 and beta = 0,2149
(K) Brown's quadratic exp. smoothing with alpha = 0,8478
(L) ARIMA(0,2,1)
(M) ARIMA(0,2,2)
(N) ARIMA(2,2,2)
(O) ARIMA(1,2,1)
(P) ARIMA(2,2,1)

Ανταγωνιζόμενα μοντέλα.

Estimation Period

Model	*RMSE*	*MAE*	*MAPE*
(A)	1,64752	1,59593	3,91145
(B)	0,429039	0,354975	0,835674
(C)	5,62003	4,68607	11,9289
(D)	0,363797	0,272291	0,655734
(E)	0,612779	0,493371	1,21492
(F)	3,37558	2,75052	6,88945
(G)	2,53644	2,366	5,69319
(H)	1,64765	1,46307	3,58584
(I)	0,842105	0,665792	1,76012
(J)	0,442918	0,320436	0,742248
(K)	0,904127	0,794202	2,05052
(L)	0,484744	0,384425	0,895458
(M)	0,493606	0,370379	0,846067
(N)	0,508976	0,371919	0,881989
(O)	0,512147	0,37899	0,874266
(P)	0,530585	0,397329	0,927701

Κοιτάζοντας τα στατιστικά των σφαλμάτων παρατηρούμε ότι το μοντέλο που επιλέχτηκε παρουσιάζει τα μικρότερα RMSE, MAE,MAPE.

Το μοντέλο με την ελάχιστη τιμή του κριτηρίου σφάλματος RMSE,MAE,MAPE είναι το μοντέλο Linear trend μοντέλο (D) το οποίο και χρησιμοποιήθηκε για την παράγωγη των προβλέψεων.

Για τον καθορισμό αν το μοντέλο είναι κατάλληλο για τα δεδομένα έγιναν 5 έλεγχοι πάνω στα κατάλοιπα. Η σήμανση OK δείχνει ότι το επιλεχθέν μοντέλο περνά με επιτυχία τους ελέγχους κα άρα είναι μάλλον κατάλληλο για τα δεδομένα.

Model	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	1,64752	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	0,429039	OK	OK	OK	OK	OK
(C)	5,62003	***	**	*	***	OK
(D)	0,363797	OK	OK	OK	OK	OK
(E)	0,612779	OK	*	*	OK	OK
(F)	3,37558	***	*	OK	*	OK
(G)	2,53644	OK	OK	OK	OK	OK
(H)	1,64765	OK	OK	OK	OK	OK
(I)	0,842105	OK	OK	OK	OK	OK
(J)	0,442918	OK	OK	OK	OK	OK
(K)	0,904127	OK	OK	OK	OK	OK
(L)	0,484744	OK	OK	OK	OK	OK
(M)	0,493606	OK	OK	OK	OK	OK
(N)	0,508976	OK	OK	OK	OK	OK
(O)	0,512147	OK	OK	OK	OK	OK
(P)	0,530585	OK	OK	OK	OK	OK

Έλεγχος στα κατάλοιπα.

Οι παρακάτω πίνακες δείχνουν τις προβλεπόμενες τιμές για το μέγεθος κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στη γεωργία, τόσο κατά την περίοδο προσαρμογής του μοντέλου όπου τα πραγματικά δεδομένα είναι διαθέσιμα και παρουσιάζονται οι προσαρμοζόμενες τιμές από το μοντέλο μαζί με τα κατάλοιπα, όσο και οι προβλεπόμενες τιμές του μεγέθους για μελλοντικό ορίζοντα των είκοσι (20) ετών με διάστημα εμπιστοσύνης 95% .

Forecast Table for KATANALWSH HLEKTRIKHS ENERGEIAS
Model: Linear trend = 30,4399 + 1,55575 t

Period	Data	Forecast	Residual
1996,0	31,8032	31,9956	-0,1924
1997,0	33,28	33,5513	-0,271345
1998,0	35,152	35,1071	0,0449091
1999,0	36,556	36,6628	-0,106836
2000,0	38,584	38,2186	0,365418
2001,0	39,8216	39,7743	0,0472727
2002,0	41,6416	41,3301	0,311527
2003,0	43,4616	42,8858	0,575782
2004,0	44,4808	44,4416	0,0392364
2005,0	45,5208	45,9973	-0,476509
2006,0	46,9664	47,5531	-0,586655
2007,0	49,3584	49,1088	0,2496

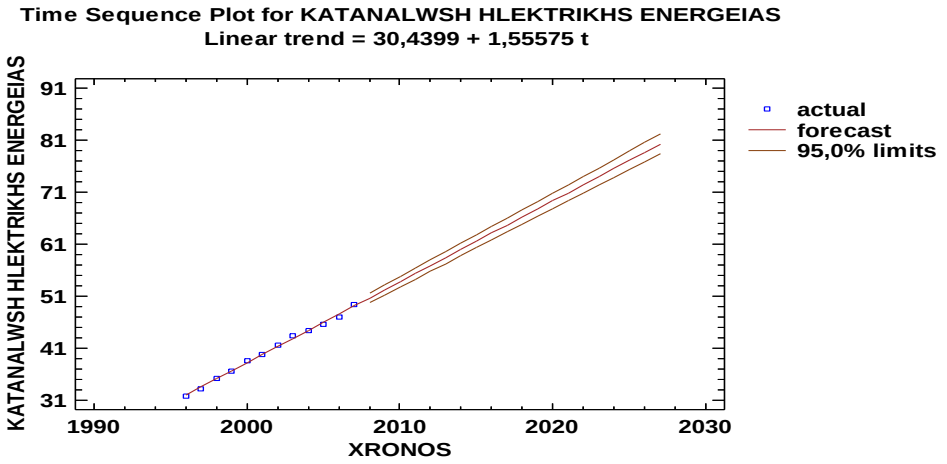
Προσαρμογή του μοντέλου στα πραγματικά δεδομένα που είναι διαθέσιμα.

		Lower 95,0%	*Upper 95,0%*
Period	*Forecast*	*Limit*	*Limit*
2008,0	50,6645	49,7127	51,6164
2009,0	52,2203	51,2353	53,2053
2010,0	53,776	52,7544	54,7977
2011,0	55,3318	54,2704	56,3931
2012,0	56,8875	55,7837	57,9913
2013,0	58,4433	57,2946	59,592
2014,0	59,999	58,8033	61,1947
2015,0	61,5548	60,3101	62,7994
2016,0	63,1105	61,8152	64,4058
2017,0	64,6663	63,3188	66,0137
2018,0	66,222	64,821	67,623
2019,0	67,7777	66,3221	69,2334
2020,0	69,3335	67,8221	70,8449
2021,0	70,8892	69,3211	72,4574
2022,0	72,445	70,8193	74,0706
2023,0	74,0007	72,3168	75,6847
2024,0	75,5565	73,8135	77,2994
2025,0	77,1122	75,3096	78,9148
2026,0	78,668	76,8052	80,5307
2027,0	80,2237	78,3003	82,1471

Για τιμές πέρα από τις πραγματικές, παρουσιάζονται οι προβλέψεις που πραγματοποιήθηκαν σε ορίζοντα 20 ετών με διάστημα εμπιστοσύνης 95%.

Τα όρια του διαστήματος εμπιστοσύνης (άνω και κάτω) δείχνουν που οι πραγματικές τιμές των δεδομένων, σε ένα μελλοντικό ορίζοντα είκοσι (20) ετών, είναι πιθανό να βρίσκονται με βαθμό εμπιστοσύνης 95% υποθέτοντας πάντα ότι το επιλεχθέν μοντέλο που εφαρμόστηκε είναι το καταλληλότερο για τα δεδομένα.

Έτσι έχουμε την παρακάτω διαχρονική γραφική απεικόνιση :



Διαχρονική απεικόνιση και προσαρμογή του μοντέλου στα ιστορικά δεδομένα.

Το παραπάνω γράφημα απεικονίζει την διαχρονική προσαρμογή του μοντέλου Linear trend=30,4399+1,55575 t πάνω στα πραγματικά διαθέσιμα ιστορικά δεδομένα όπου παρατηρούμε ότι αυτή είναι βέλτιστη καθώς σε όλες τις διαθέσιμες ιστορικά παρατηρήσεις η προσαρμογή επιτυγχάνεται σε άριστα επίπεδα και με μικρές αποκλίσεις.

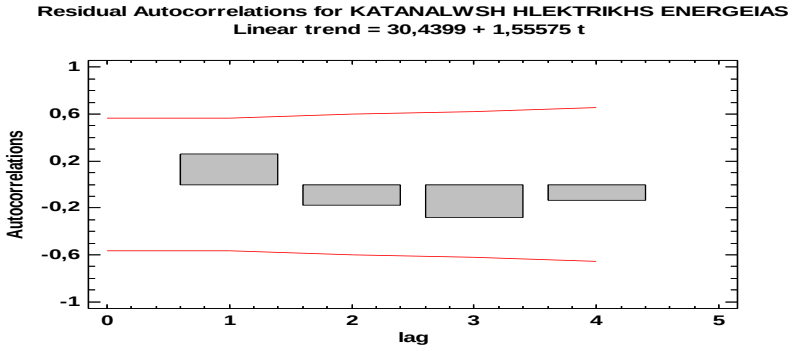
Παρακάτω βλέπουμε τις εκτιμώμενες αυτοσυσχετίσεις μεταξύ των καταλοίπων στις διάφορες υστερήσεις. Στην υστέρηση k ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης μετρά την συσχέτιση μεταξύ των καταλοίπων την χρονική στιγμή t και t-k. Επιπρόσθετα φαίνονται τα όρια για διάστημα εμπιστοσύνης 95% γύρω από το μηδέν. Αν τα όρια εμπιστοσύνης σε μια συγκεκριμένη υστέρηση δεν περιέχουν τον εκτιμώμενο συντελεστή, τότε υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση σε αυτή την υστέρηση με επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Διαφορετικά αν τα όρια περικλείουν τον εκτιμώμενο συντελεστή τότε δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση και άρα μπορεί να θεωρηθεί ότι η χρονοσειρά διαθέτει την ιδιότητα της τυχαιότητας.

Estimated Autocorrelations for residuals
Data variable: KATANALWSH HLEKTRIKHS ENERGEIAS
Model: Linear trend = 30,4399 + 1,55575 t

			Lower 95,0%	*Upper 95,0%*
Lag	*Autocorrelation*	*Stnd. Error*	*Prob. Limit*	*Prob. Limit*
1	0,26035	0,288675	-0,565794	0,565794
2	-0,17479	0,30762	-0,602926	0,602926
3	-0,282543	0,315788	-0,618935	0,618935
4	-0,134411	0,336195	-0,658932	0,658932

Τιμές αυτοσυσχέτισης, σφάλματα και όρια εμπιστοσύνης για τις παρατηρούμενες υστερήσεις.

Για το δεδομένο μέγεθος το γράφημα της αυτοσυσχέτισης είναι το ακόλουθο:



Γράφημα αυτοσυσχέτισης για το μέγεθος κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην γεωργία.

Σε αυτό παρατηρούμε ότι η αυτοσυσχέτηση για την 1η υστέρηση ο συντελεστής είναι θετικός και βρίσκεται σχετικά κοντά στην περιοχή του μηδενός, συνεχίζοντας στην 2η υστέρηση ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης γίνεται αρνητικός και παρατηρούμε ότι βρίσκεται κοντά στην περιοχή του μηδέν, κατά την 3η υστέρηση ο συντελεστής αυξάνει κατά την αρνητικό επίπεδο ωστόσο γρήγορα στην 4η υστέρηση ο συντελεστής επανέρχεται στην περιοχή κοντά στο μηδέν συγκλίνοντας γρήγορα και προς την περιοχή γύρω από το μηδέν και τα όρια εμπιστοσύνης διευρύνονται μετά την 1η υστέρηση πράγμα που μας διασφαλίζει την απαραίτητη ιδιότητα της στασιμότητας (stationarity) αυτών και άρα τα δεδομένα είναι κατάλληλα για την διενέργεια της πρόβλεψης με το μοντέλο που επιλέχθηκε.

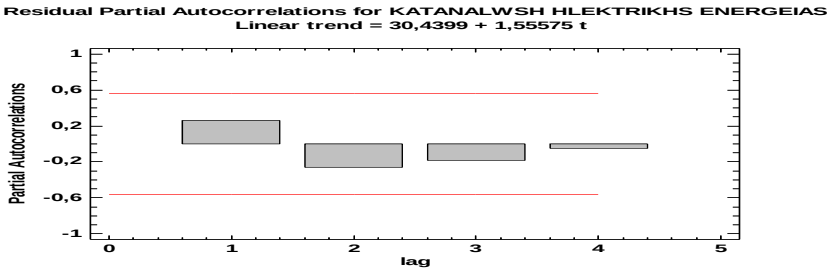
Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τις μερικές αυτοσυσχετίσεις μεταξύ των καταλοίπων στις διάφορες υστερήσεις. Ο συντελεστής μερικής αυτοοσυσχέτισης στην υστέρηση k μετρά τη συσχέτιση μεταξύ των καταλοίπων τη χρονική στιγμή t και t+k έχοντας λάβει υπ όψη τις συσχετίσεις σε όλες τις μικρότερες χρονικές υστερήσεις. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να κρίνει την τάξη του αυτοπαλίνδρομου μοντέλου που απαιτείται για να προσαρμοστούν τα δεδομένα. Επιπλέον φαίνονται τα όρια με επίπεδο εμπιστοσύνης 95% γύρω απ το μηδέν.

Estimated Partial Autocorrelations for residuals
Data variable: KATANALWSH HLEKTRIKHS ENERGEIAS
Model: Linear trend = 30,4399 + 1,55575 t

	Partial		*Lower 95,0%*	*Upper 95,0%*
Lag	*Autocorrelation*	*Stnd. Error*	*Prob. Limit*	*Prob. Limit*
1	0,26035	0,288675	-0,565794	0,565794
2	-0,26021	0,288675	-0,565794	0,565794
3	-0,181164	0,288675	-0,565794	0,565794
4	-0,0511023	0,288675	-0,565794	0,565794

Τιμές μερικής αυτοσυσχέτισης, σφάλματα και όρια εμπιστοσύνης για τις παρατηρούμενες υστερήσεις.

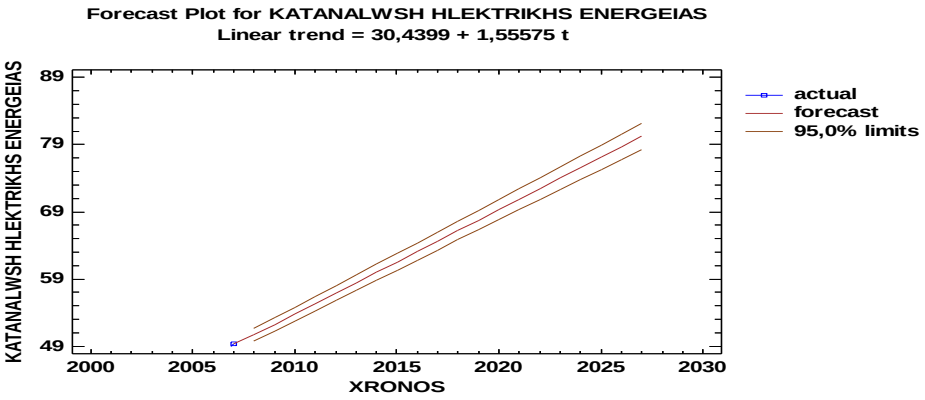
με το αντίστοιχο γράφημα της μερικής αυτοσυσχέτισης για το μελετώμενο μέγεθος να είναι το ακόλουθο:



Γράφημα μερικής αυτοσυσχέτισης για το μέγεθος κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην γεωργία.

Στο γράφημα παρατηρούμε ότι ο συντελεστής μερικής αυτοσυσχέτισης παρουσιάζει συμπεριφορά παρόμοια με το γράφημα της αυτοσυσχέτισης. Παρατηρούμε ότι αρχικά ο συντελεστής μερικής αυτοσυσχέτισης είναι θετικός και σχετικά κοντά στην περιοχή του μηδενός, έπειτα αυτός κινείται προς το αρνητικό επίπεδο ενώ πολύ γρήγορα ο συντελεστής μερικής αυτοσυσχέτισης πλησιάζει στην περιοχή κοντά στο μηδέν πράγμα που σημαίνει ότι το μοντέλο που επιλέχτηκε περιγράφει τα ιστορικά δεδομένα με τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

Το γράφημα της πρόγνωσης με βάση τα ιστορικά δεδομένα έχει ως ακολούθως:



Γράφημα πρόγνωσης για το μέγεθος κατανάλωση προϊόντων πετρελαίου στη γεωργία

Παρατηρούμε από το γράφημα ότι το μοντέλο Linear trend=30,4399+1,55575 t που χρησιμοποιήθηκε για την πρόγνωση δείχνει ότι σε μελλοντικό ορίζοντα 20 ετών από την τελευταία παρατηρούμενη τιμή θα υπάρχει μια σταθερή ανοδική πορεία στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην γεωργία. Από το επίπεδο των 49,1088 τόνων ισοδύναμου πετρελαίου το 2007 με γραμμική αύξηση φτάνει στο επίπεδο των 64,6663 τόνων ισοδύναμου πετρελαίου το 2017 ενώ η αυξητική τάση συνεχίζεται και καταλήγει το 2027 στους 80,2237 τόνους ισοδύναμου πετρελαίου .

Η παραπάνω πορεία του μελετώμενου μεγέθους δείχνει την πολύ σημαντική αύξηση για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στον τομέα της γεωργίας.

Επιπλέον δίνονται και τα όρια εμπιστοσύνης σε ποσοστό 95%, όπου μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι για την μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης τα όρια (πάνω και κάτω) κινούνται αρκετά κοντά και σχεδόν παράλληλα με την προέκταση της γραμμής πρόγνωσης. Μπορούμε έτσι να συμπεράνουμε ότι με μεγάλη ακρίβεια, διαχρονικά, που οι πραγματικές τιμές των δεδομένων είναι αρκετά πιθανό να βρίσκονται με βαθμό εμπιστοσύνης 95%. Τέλος θα παρατηρήσουμε ότι με την πάροδο του χρόνου πρόβλεψης τα όρια τείνουν να έχουν μια ανεπαίσθητη απόκλιση που όμως δεν αξιολογείται.

Η παραπάνω περιγραφείσα συμπεριφορά και η ραγδαία αύξηση στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας τα επόμενα χρόνια μπορεί να εξηγηθεί.

Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας αποτελεί βασική συνιστώσα της ενεργειακής κατανάλωσης για τα μηχανήματα και τις δραστηριότητες που επιτελούνται στον τομέα της γεωργίας. Με δεδομένο ότι το ποσοστό εκμηχάνισης της γεωργίας όπως και παραπάνω αναφέρθηκε και οι συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια είναι ιδιαίτερα υψηλές, και θα συνεχίσουν να είναι με την πάροδο του χρόνου, με σκοπό την βελτίωση της ποιότητας και η ποσότητας των παραγόμενων αγαθών. Άρα είναι φυσιολογικό η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας να ακολουθεί την πορεία του προηγούμενα μελετώμενου μεγέθους "κατανάλωση προϊόντων πετρελαίου στη γεωργία" θα συνεχίσουν να αυξάνονται με την πάροδο του χρόνου, με σκοπό να βελτιωθεί η ποιότητα και η ποσότητα των παραγόμενων αγαθών.

Συνιστώσα συστήματος: Εκπομπές αερίων GHG (έξοδος)

11)Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από την γεωργία.

Μονάδα μέτρησης: million tones CO_2 equivalent (εκατομμύρια τόνοι ισοδύναμων εκπομπών CO_2).

Γράφημα/αναπαράσταση δεδομένων:



Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που αφορούν τη γεωργία.

Περιγραφή μεγέθους: Ο δείκτης αέρια του θερμοκηπίου που αφορά την γεωργία αποτελεί την συγχώνευση των διαφόρων αερίων που εκπέμπονται από την δραστηριότητα της γεωργία όπως (N_2O , CH_4 , CO_2 , SO_2 $NMVOC$) όπου σε κάθε ένα από αυτά απονέμονται τα αντίστοιχα βάρη ανάλογα με την συνεισφορά τους στο φαινόμενο του θερμοκηπίου με τα αποτελέσματα να εκφράζονται σε ισοδύναμα διοξειδίου του άνθρακα(CO_2 equivalents).

Περιγραφή γραφήματος.

Για το παραπάνω μέγεθος έχουμε διαθέσιμες 12 παρατηρήσεις εκκινώντας από το έτος 1996 μέχρι και το έτος 2007.

Από την παραπάνω αναπαράσταση παρατηρούμε ότι με σημείο εκκίνησης το έτος 1996 η ποσότητα αερίων του θερμοκηπίου που εκλύονται στην ατμόσφαιρα από δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα στην γεωργία βρίσκονται στους 12,67 εκατομμύρια τόνους ισοδύναμων εκπομπών CO_2 και ακολουθεί πτωτική πορεία και το έτος 2002 φτάνουν στην τιμή των 12,14 εκατομμύριων τόνων ισοδύναμων εκπομπών CO_2 . Η πτωτική πορεία συνεχίζεται μέχρι το 2007 οπότε και έχουμε διαθέσιμα στοιχεία και τους 11,3 εκατομμύρια τόνους ισοδύναμων εκπομπών CO_2.

Το επιλεχθέν μοντέλο είναι το Random walk with drift =-0.124545

Το μοντέλο αυτό υποθέτει ότι η καλύτερη πρόβλεψη για το μέλλον θα δίνεται από την τελευταία παρατηρούμενη τιμή αν προσθέσουμε ένα βήμα προς τα πάνω η προς τα κάτω.

Όσο αφορά την επιλογή του μοντέλου με βάση τα κριτήρια σφάλματος έχουμε τον παρακάτω συγκριτικό πίνακα όπου φαίνεται ότι οι ελάχιστες τιμές των σφαλμάτων RMSE, MAE,MAPE προκύπτουν για το επιλεχθέν μοντέλο Random walk with drift

Model Comparison
Data variable: EKPOMPES GHG STH GEWRGIA
Number of observations = 12

Models
(A) Random walk with drift = -0.124545
(B) Constant mean = 12.0992
(C) S-curve trend = exp(-17.4291 + 39873.1 /t)
(D) Simple moving average of 3 terms
(E) Simple exponential smoothing with alpha = 0.9999
Math adjustment:

Ανταγωνιζόμενα μοντέλα.

Estimation Period

Model	*RMSE*	*MAE*	*MAPE*
(A)	0.0991326	0.071405	0.596739
(B)	0.441865	0.352639	2.94282
(C)	0.105841	0.0838691	0.698498
(D)	0.276671	0.255926	2.16929
(E)	0.156358	0.115842	0.974943

Κοιτάζοντας τα στατιστικά των σφαλμάτων παρατηρούμε ότι το μοντέλο που επιλέχτηκε, παρουσιάζει τα μικρότερα RMSE, MAE,MAPE.

Για τον καθορισμό αν το μοντέλο είναι κατάλληλο για τα δεδομένα έγιναν 5 έλεγχοι πάνω στα κατάλοιπα. Η σήμανση ΟΚ δείχνει ότι το επιλεχθέν μοντέλο περνά με επιτυχία τους ελέγχους και άρα είναι μάλλον κατάλληλο για τα δεδομένα.

Model	*RMSE*	*RUNS*	*RUNM*	*AUTO*	*MEAN*	*VAR*
(A)	0.0991326	OK	OK	OK	OK	OK
(B)	0.441865	**	**	OK	**	OK
(C)	0.105841	OK	OK	OK	OK	OK
(D)	0.276671	OK	OK	OK		
(E)	0.156358	OK	OK	OK	OK	OK

Οι παρακάτω πίνακες δείχνουν τις προβλεπόμενες τιμές για το μέγεθος εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, τόσο κατά την περίοδο προσαρμογής του μοντέλου όπου τα πραγματικά δεδομένα είναι διαθέσιμα και παρουσιάζονται οι προσαρμοζόμενες τιμές από το μοντέλο μαζί με τα κατάλοιπα, όσο και οι προβλεπόμενες τιμές του μεγέθους για μελλοντικό ορίζοντα των είκοσι (20) ετών με διάστημα εμπιστοσύνης 95% .

Forecast Table for EKPOMPES GHG STH GEWRGIA
Model: Random walk with drift = -0.124545

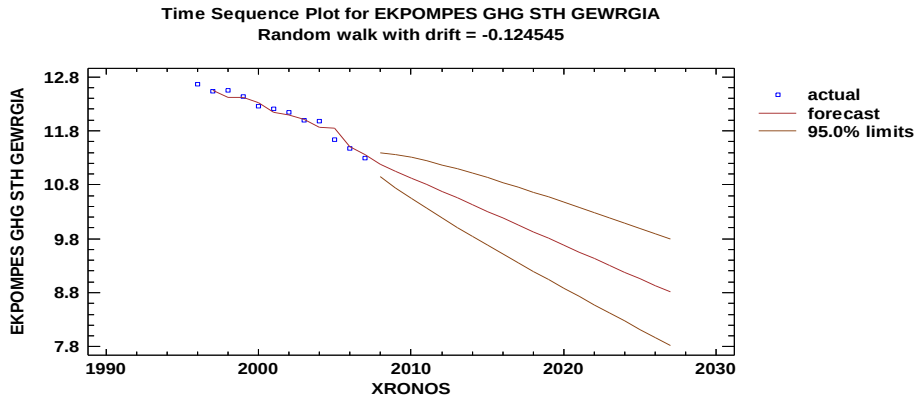
Period	*Data*	*Forecast*	*Residual*
1996.0	12.67		
1997.0	12.54	12.5455	-0.00545455
1998.0	12.55	12.4155	0.134545
1999.0	12.44	12.4255	0.0145455
2000.0	12.26	12.3155	-0.0554545
2001.0	12.21	12.1355	0.0745455
2002.0	12.14	12.0855	0.0545455
2003.0	11.99	12.0155	-0.0254545
2004.0	11.98	11.8655	0.114545
2005.0	11.63	11.8555	-0.225455
2006.0	11.48	11.5055	-0.0254545
2007.0	11.3	11.3555	-0.0554545

Προσαρμογή του μοντέλου στα πραγματικά δεδομένα που είναι διαθέσιμα.

		Lower 95.0%	Upper 95.0%
Period	Forecast	Limit	Limit
2008.0	11.1755	10.9546	11.3963
2009.0	11.0509	10.7385	11.3633
2010.0	10.9264	10.5438	11.3089
2011.0	10.8018	10.3601	11.2436
2012.0	10.6773	10.1834	11.1712
2013.0	10.5527	10.0117	11.0938
2014.0	10.4282	9.84378	11.0126
2015.0	10.3036	9.67889	10.9284
2016.0	10.1791	9.51645	10.8417
2017.0	10.0545	9.35606	10.753
2018.0	9.93	9.19742	10.6626
2019.0	9.80545	9.0403	10.5706
2020.0	9.68091	8.88451	10.4773
2021.0	9.55636	8.7299	10.3828
2022.0	9.43182	8.57635	10.2873
2023.0	9.30727	8.42375	10.1908
2024.0	9.18273	8.27201	10.0934
2025.0	9.05818	8.12106	9.9953
2026.0	8.93364	7.97084	9.89644
2027.0	8.80909	7.82128	9.7969

Για τιμές πέρα από τις πραγματικές, παρουσιάζονται οι προβλέψεις που πραγματοποιήθηκαν σε ορίζοντα 20 ετών με διάστημα εμπιστοσύνης 95%.

Τα όρια του διαστήματος εμπιστοσύνης (άνω και κάτω) δείχνουν που οι πραγματικές τιμές των δεδομένων, σε ένα μελλοντικό ορίζοντα είκοσι (20) ετών, είναι πιθανό να βρίσκονται με βαθμό εμπιστοσύνης 95% υποθέτοντας πάντα ότι το επιλεχθέν μοντέλο Random walk with drift που εφαρμόστηκε είναι το καταλληλότερο για τα δεδομένα. Έτσι έχουμε την παρακάτω διαχρονική γραφική απεικόνιση :



Διαχρονική απεικόνιση και προσαρμογή του μοντέλου στα ιστορικά δεδομένα.

Το παραπάνω γράφημα απεικονίζει την διαχρονική προσαρμογή του μοντέλου πάνω στα πραγματικά διαθέσιμα ιστορικά δεδομένα όπου παρατηρούμε ότι αυτή ακολουθεί την διασπορά αυτών και μπορούμε να πούμε ότι είναι αρκετά καλή καθώς από τις 12 διαθέσιμες ιστορικά παρατηρήσεις η προσαρμογή επιτυγχάνεται σε πολύ καλά επίπεδα και με μικρές αποκλίσεις για 8 από τις 12 παρατηρήσεις.

Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε τις εκτιμώμενες αυτοσυσχετίσεις μεταξύ των καταλοίπων στις διάφορες υστερήσεις. Στην υστέρηση k ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης μετρά την συσχέτιση μεταξύ των καταλοίπων την χρονική στιγμή t και t-k. Επιπρόσθετα φαίνονται τα όρια για διάστημα εμπιστοσύνης 95% γύρω από το μηδέν. Αν τα όρια εμπιστοσύνης σε μια συγκεκριμένη υστέρηση δεν περιέχουν τον εκτιμώμενο συντελεστή, τότε υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση σε αυτή την υστέρηση με επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Διαφορετικά αν τα όρια περικλείουν τον εκτιμώμενο συντελεστή τότε δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση και άρα μπορεί να θεωρηθεί ότι η χρονοσειρά διαθέτει την ιδιότητα της τυχαιότητας.

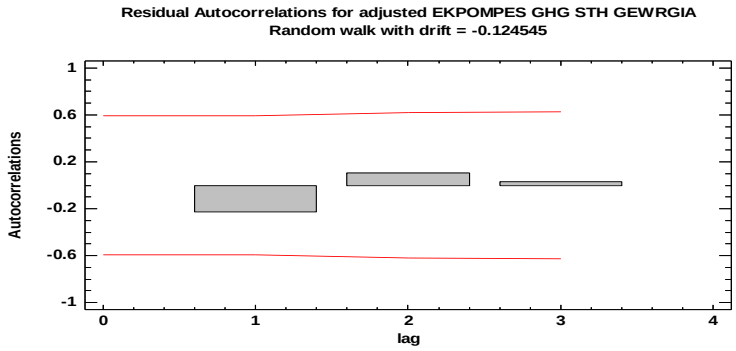
Παρακάτω βλέπουμε τις εκτιμώμενες αυτοσυσχετίσεις μεταξύ των καταλοίπων στις διάφορες υστερήσεις. Στην τυχαία υστέρηση k ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης μετρά την συσχέτιση μεταξύ των καταλοίπων την χρονική στιγμή t και t-k. Επιπρόσθετα φαίνονται τα όρια για διάστημα εμπιστοσύνης 95% γύρω από το μηδέν. Αν τα όρια εμπιστοσύνης σε μια συγκεκριμένη υστέρηση δεν περιέχουν τον εκτιμώμενο συντελεστή, τότε υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση σε αυτή την υστέρηση με επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Διαφορετικά αν τα όρια περικλείουν τον εκτιμώμενο συντελεστή τότε δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση και άρα μπορεί να θεωρηθεί ότι η χρονοσειρά διαθέτει την ιδιότητα της τυχαιότητας.

Estimated Autocorrelations for residuals
Data variable: EKPOMPES GHG STH GEWRGIA
Model: Random walk with drift = -0.124545

			Lower 95.0%	*Upper 95.0%*
Lag	*Autocorrelation*	*Stnd. Error*	*Prob. Limit*	*Prob. Limit*
1	-0.230275	0.301511	-0.590953	0.590953
2	0.103742	0.317097	-0.621499	0.621499
3	0.0312842	0.320167	-0.627518	0.627518

Τιμές αυτοσυσχέτισης, σφάλματα και όρια εμπιστοσύνης για τις παρατηρούμενες υστερήσεις.

Για το δεδομένο μέγεθος το γράφημα της αυτοσυσχέτισης είναι το ακόλουθο:



Γράφημα αυτοσυσχέτισης για το μέγεθος εκπομπές θερμοκηπίου στη γεωργία.

Σε αυτό παρατηρούμε ότι η αυτοοσυσχέτηση συγκλίνει γρήγορα προς την περιοχή γύρω από το μηδέν πράγμα που μας διασφαλίζει την τυχαιότητα στα δεδομένα.

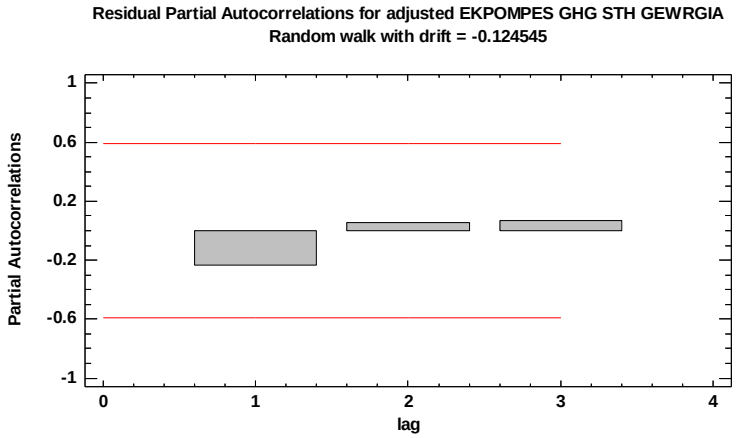
Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τις μερικές αυτοσυσχετίσεις μεταξύ των καταλοίπων στις διάφορες υστερήσεις. Ο συντελεστής μερικής αυτοσυσχέτισης στην υστέρηση k μετρά τη συσχέτιση μεταξύ των καταλοίπων τη χρονική στιγμή t και t+k έχοντας λάβει υπ όψη τις συσχετίσεις σε όλες τις μικρότερες χρονικές υστερήσεις. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να κρίνει την τάξη του αυτοπαλίνδρομου μοντέλου που απαιτείται για να προσαρμοστούν τα δεδομένα. Επιπλέον φαίνονται τα όρια με επίπεδο εμπιστοσύνης 95% γύρω απ το μηδέν.

Estimated Partial Autocorrelations for residuals
Data variable: EKPOMPES GHG STH GEWRGIA
Model: Random walk with drift = -0.124545

	Partial		*Lower 95.0%*	*Upper 95.0%*
Lag	*Autocorrelation*	*Stnd. Error*	*Prob. Limit*	*Prob. Limit*
1	-0.230275	0.301511	-0.590953	0.590953
2	0.0535556	0.301511	-0.590953	0.590953
3	0.0701361	0.301511	-0.590953	0.590953

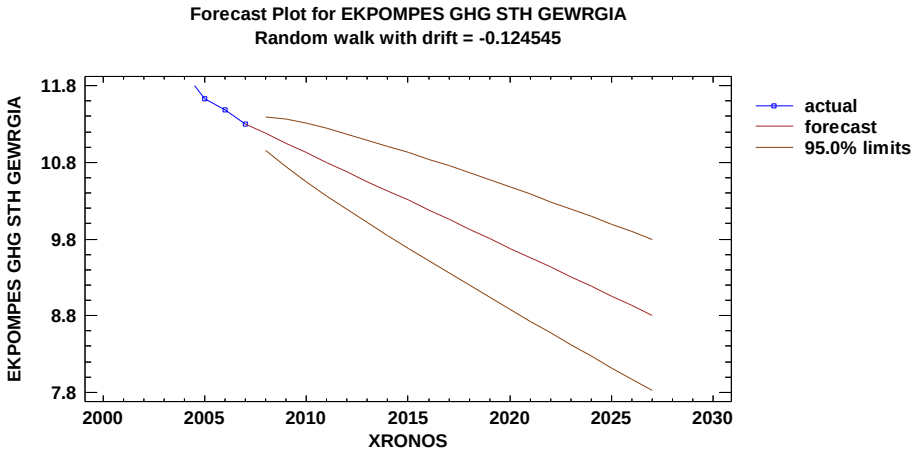
Τιμές μερικής αυτοσυσχέτισης, σφάλματα και όρια εμπιστοσύνης για τις παρατηρούμενες υστερήσεις.

με το αντίστοιχο γράφημα της μερικής αυτοσυσχέτισης για το μελετώμενο μέγεθος να είναι το ακόλουθο:



Στο γράφημα παρατηρούμε ότι οι συντελεστές μερικής αυτοσυσχέτισης πλησιάζουν γρήγορα την περιοχή κοντά στο μηδέν και ως συνέπεια μπορούμε να πούμε το μοντέλο Random walk with drift που επιλέχτηκε καθώς και η τάξη αυτού είναι αυτά που περιγράφουν τα ιστορικά δεδομένα με τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

Το γράφημα της πρόγνωσης με βάση τα ιστορικά δεδομένα έχει ως ακολούθως:



Γράφημα πρόγνωσης για το μέγεθος εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από την γεωργία.

Παρατηρούμε από το γράφημα ότι το μοντέλο Random walk with drift που χρησιμοποιήθηκε για την πρόγνωση δείχνει ότι σε μελλοντικό ορίζοντα είκοσι (20) ετών από την τελευταία παρατηρούμενη τιμή θα υπάρχει μια σταθερή πτωτική πορεία και από το σημερινό επίπεδο και τα 11.3555 εκατομμύρια τόνοι ισοδύναμων εκπομπών CO_2 το 2007 σταδιακά θα βαίνει μειούμενο ώσπου αυτό φτάσει στα 8.80909 εκατομμύρια τόνοι ισοδύναμων εκπομπών CO_2 το 2027 .

Επιπλέον δίνονται και τα όρια εμπιστοσύνης σε ποσοστό 95%, όπου μπορούμε να παρατηρήσουμε την χαρακτηριστική μορφή των ορίων αυτών για το μοντέλο Random walk with drift που χρησιμοποιήθηκε. Αρχικά παρατηρούμε ότι τα όρια (πάνω και κάτω) είναι πολύ κοντά στην γραμμή πρόβλεψης κατά την αρχική περίοδο αυτής, ενώ με την πάροδο του χρόνου τα όρια αυτά κατά μια έννοια αποκλίνουν. Αυτό συμβαίνει καθώς τα μοντέλα Random walk with drift όπως έχει ειπωθεί και παραπάνω στο κεφάλαιο 2 έχουν πολύ καλή και ιδιαίτερα αξιόπιστη βραχυπρόθεσμη προβλεπτική ικανότητα ενώ όσο ο χρόνος περνά η δυναμική αυτής μειώνεται χωρίς όμως αυτό να καθιστά την μέθοδο αναξιόπιστη.

Η μείωση αυτή μπορεί να εξηγηθεί καθώς με την συνεχιζόμενη εγκατάλειψη των παλαιών τεχνικών και μεθόδων λίπανσης και φυτοπροστασίας με την εντεινόμενη στροφή των παραγωγών προς την βιολογική καλλιεργητική πρακτική καθώς και τον εκμοντερνισμό και αντικατάσταση των παλαιών ρυπογόνων μηχανικών μέσων που χρησιμοποιούνται στην γεωργία έγινε εφικτή η συνολική μείωση των ρύπων που αποτελούν τα αέρια του θερμοκηπίου το προερχόμενα από την γεωργία .

4.Ενεργειακό ισοζύγιο βασικών αγροτικών προϊόντων της Ελλάδας

Εισαγωγή

Οι τροφές περιέχουν διαφορές χημικές ενώσεις οι οποίες χαρακτηρίζονται από τα θρεπτικά συστατικά που περιέχουν και είναι απαραίτητα για τη φυσιολογική λειτουργία του οργανισμού. Η θερμαντική ή θερμιδογόνος αξία μιας τροφής, δηλαδή το ποσό της θερμότητας που μπορεί να παράσχει αυτή μέσα σε ένα ζώντα οργανισμό εκφράζεται σε θερμίδες

Ενέργεια.

Με τον όρο ενεργεία στην διατροφή αναφερόμαστε στο ποσό της χημικής ενέργειας που υπάρχει στα διάφορα τρόφιμα.

Στην περίπτωση που το θεωρούμενο σώμα είναι ένας ζωντανός οργανισμός τότε ως ενέργεια ορίζουμε την ικανότητα αυτού να επιτελεί τις δραστηριότητες εκείνες που είναι απαραίτητες για την εκδήλωση ζωής.

Η ενέργεια καθορίζεται είτε μέσω του έργου, που αποτελεί το μηχανικό ισοδύναμο αυτής είτε μέσω της θερμότητας που αποτελεί το θερμικό ισοδύναμο αυτής.
Η θερμότητα και το μηχανικό έργο αποτελούν ισοδύναμες μορφές ενεργείας καθώς το έργο μπορεί να μετατρέπεται σε θερμότητα και το αντίστροφο.

Τα φυτά αποτελούν αποθήκες ενέργειας καθώς με την διαδικασία της φωτοσύνθεσης μετατρέπουν την ηλιακή ενεργεία σε χημική. Τα φυτά μέσω της φωτοσύνθεσης συνθέτουν οργανικές ουσίες δηλαδή υδατάνθρακες λίπη και πρωτεΐνες.

Τα ζώα και ο άνθρωπος προσλαμβάνουν ενεργεία από την τροφή είτε άμεσα καταναλώνοντας απ ευθείας φυσικές τροφές ή έμμεσα δηλαδή τρώγοντας κρέας από αλλά ζώα που είχαν τραφεί με φυτά.

Η θερμίδα.

Η θερμίδα είναι μια μονάδα μέτρησης της ενεργείας .Στους περισσότερους τομείς έχει αντικατασταθεί από τη μονάδα ενέργειας του διεθνούς συστήματος που είναι το joule (S.I.). Η θερμίδα παραμένει σε χρήση ειδικά για την μέτρηση της ενέργειας που προέρχεται από τα τρόφιμα.

Η θερμική μονάδα ενέργειας είναι η θερμίδα (calorie) και πολλαπλάσιο αυτής είναι η χιλιοθερμίδα (kilocalorie).

Ορισμός: Θερμίδα.

Θερμίδα ορίζεται η ποσότητα θερμότητας που απαιτείται για να αυξηθεί η θερμοκρασία 1gr νερού από τους 14,5 στους 15,5 ^{o}**C** και είναι ίση με 4,184 joules.
Η μεγάλη θερμίδα ή χιλιοθερμίδα (kcal) είναι η ενεργεία που απαιτείται για να αυξηθεί η θερμοκρασία ενός χιλιόγραμμου νερού κατά 1 βαθμό κελσίου. Αυτή είναι

ίση με 1000 θερμίδες ή αλλιώς 4184 joule.Επιπλέον στην πράξη χρησιμοποιείται και η τονοθερμίδα που είναι ίση με 1000 kcal. (Πηγή :ElWikipedia)

Μεταβολισμός.

Μεταβολισμός είναι η χημική διεργασία με την οποία ουσίες που βρίσκονται σε τροφές μετατρέπονται σε άλλες ουσίες ή άλλες μορφές ενέργειας που είναι αναγκαίες για την φυσιολογική λειτουργία του οργανισμού.

Η χημική ενέργεια των τροφών μετατρέπεται κυρίως σε:

-ηλεκτρική ενεργεία στον εγκέφαλο

-μηχανική ενεργεία στους μύες για τν παραγωγή μηχανικού έργου

-θερμική ενέργεια για την ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος

Θρεπτική αξία βιολογικά παραγόμενων προϊόντων.

Αποτελεί αδιαμφισβήτητο γεγονός ότι τα βιολογικά προϊόντα έχουν μεγαλύτερη θρεπτική και υγιεινή αξία σε σχέση με τα προϊόντα της εντατικής χημικής καλλιέργειας. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα βιολογικά προϊόντα δεν ραντίζονται με φυτοφάρμακα και άρα ο ανθρώπινος οργανισμός και κάθε άλλος που αποτελεί καταναλωτή αυτών προστατεύεται από επικίνδυνες τοξικές ουσίες. Επιπλέον το γεγονός ότι δεν χρησιμοποιούνται χημικά λιπάσματα και ορμόνες σημαίνει ότι το φυτό δεν βιάζεται να αναπτυχθεί, έτσι αναπτύσσεται φυσιολογικά στην εποχή του και δίνει ένα προϊόν άψιλης θρεπτικής αξίας νόστιμο και υγιεινό.

Θερμιδική απόδοση.

Στο παρόν κεφάλαιο θα γίνει ο υπολογισμός της θερμιδικής απόδοσης κάποιων καλλιεργούμενων ειδών όπως η ελιά το αμπέλι αλλά και το μαρούλι.

Η θερμιδική απόδοση είναι ένας καθαρός αριθμός που ορίζεται από τον λόγο:

$$\text{Θερμιδική απόδοση} = \frac{\text{Θερμίδες Παραγωγής}}{\text{Θερμίδες Τροφής}}$$

Στον αριθμητή βρίσκεται ο όρος Θερμίδες Παραγωγής.

Σε αυτόν περιλαμβάνονται όλοι εκείνοι οι παράγοντες οι οποίοι προστιθέμενοι στο σύστημα προσδίδουν ενέργεια την οποία μετρούμε σε θερμίδες.

Τέτοιοι παράγοντες μπορεί να είναι :

- η ενέργεια που προσδίδεται στην καλλιέργεια από τα διάφορα λιπάσματα που εφαρμόζονται ανά στρέμμα και ανά έτος μετρημένη σε GJoule ή MJoule/στρέμμα και μετατρέπεται σε kcal/στρέμμα για να μπορεί να συγκριθεί με τις θερμίδες τροφής που δίνονται σε kcal.

- η ενέργεια που προσδίδεται από τα αγροτικά μηχανήματα και ελκυστήρες κυρίως αυτή προέρχεται από βενζινοκινητήρες και πετρελαιοκινητήρες για την πραγματοποίηση των εργασιών όπως αυτών που αφορούν την άροση και προετοιμασία του χωραφιού, τους διαφόρους ψεκασμούς και τις λιπάνσεις που πραγματοποιούνται, την συλλογή του καρπού και άλλες συναφείς εργασίες μετρούμενη σε KWh η οποία έπειτα μετατρέπεται σε MJoule/στρέμμα και μετέπειτα σε kcal/στρέμμα για να μπορεί να συγκριθεί με τις θερμίδες τροφής που δίνονται σε kcal.

καθώς επίσης και

-η ενέργεια που απαιτείται για την άρδευση των καλλιεργειών η οποία συνήθως είναι η ηλεκτρική ενέργεια που προσδίδεται για την άντληση των απαιτούμενων ποσοτήτων νερού για την άρδευση των καλλιεργειών και μετράται σε μονάδες ηλεκτρικής ενέργειας KWh η οποία μετατρέπεται σε MJoule/στρέμμα ετησίως και μετέπειτα σε kcal/στρέμμα για να μπορεί να συγκριθεί με τις θερμίδες τροφής που δίνονται σε kcal.

Γενικά 1KWh δίνει 3,6 10^6 Joule ή 3,6 MJoule.

Στον παρονομαστή βρίσκεται ο όρος Θερμίδες Τροφής.

Αυτός περιλαμβάνει την ενέργεια που το καλλιεργούμενο προϊόν προσδίδει στον οργανισμό όταν αυτό καταναλώνεται.

4.1 Ενεργειακή μελέτη

Γενικά κατά την ενεργειακή μελέτη που λαμβάνει χώρα σε καλλιέργειες η εισροή ενέργειας μπορεί να χωριστεί στις άμεσες εισόδους ενέργειας και στις έμμεσες εισόδους ενέργειας.

Άμεσες εισροές ενέργειας στην καλλιέργεια.

Οι άμεσες είσοδοι ενέργειας στην καλλιέργεια περιλαμβάνουν τα χρησιμοποιούμενα καύσιμα για τις διάφορες εργασίες που συντελούνται στην καλλιέργεια .

Επιπλέον άμεση είσοδος ενέργειας είναι και η ενέργεια που καταναλώνεται για την άντληση των αναγκαίων ποσοτήτων νερού για την άρδευση των καλλιεργειών.

Τέλος άμεση είσοδος ενέργειας αποτελεί η χειρονακτική εργασία η οποία ανέρχεται σε ιδιαίτερα μεγάλα ποσά.

Έμμεσες εισροές ενέργειας στην καλλιέργεια.

Η πιο σημαντική έμμεση μορφή ενέργειας είναι τα λιπάσματα που εφαρμόζονται στην καλλιέργεια.

Όπως έχει γραφεί και παραπάνω τα πιο σημαντικά λιπάσματα για τις περισσότερες καλλιέργειες είναι αυτά:

-του αζώτου N που δίνει ενέργεια 8,6 MJoule /kg όταν εφαρμοστεί στο έδαφος της καλλιέργειας.

-Φωσφορικά P_2O_5 που δίνει ενέργεια 9,8 MJoule /kg όταν εφαρμοστεί στο έδαφος της καλλιέργειας

-Καλιούχα K_2O που δίνει ενέργεια 6,4 MJoule /kg όταν εφαρμοστεί στο εδάφους της καλλιέργειας

Πηγή:Milan Djevic & Aleksandra Dimitrijevic . Greenhouse Energy Consumption and Energy Efficiency

4.2 Υπολογισμός Θερμιδικής απόδοσης από την καλλιέργεια της ελιάς.

Για τον υπολογισμό της θερμιδικής απόδοσης για την καλλιέργεια της ελιάς θα κάνουμε κάποιες υποθέσεις πάνω στις οποίες θα βασιστούμε για την περαιτέρω μελέτη .

Υποθέσεις.

Υποθέτουμε ότι:

-Για την παράγωγη της ελιάς απαιτείται χειρωνακτική εργασία 1000 ωρών ανά στρέμμα και η ενέργεια που παρέχεται είναι 750 MJoule/στρέμμα.

-Το 1 στρέμμα ελαιώνα καλύπτεται από 15 ελαιόδεντρα.

-Το 1 ελαιόδεντρο παράγει κατά μέσο όρο 40 kg καρπού ελιάς.

-Η ελιά δίνει καρπό 1 φορά στα 2 χρόνια.

-Το 1 lt βενζίνης δίνει ενέργεια περίπου 9,7 KWh.

Άμεσες εισροές ενέργειας στην καλλιέργεια της ελιάς.

Αναφορικά με την παρεχόμενη ενέργεια προς την καλλιέργεια της ελιάς από τα διάφορα μηχανήματα όπως ελκυστήρες, ελαιοραβδιστικά, αντλίες νερού που εμπλέκονται στις διάφορες γεωργικές εργασίες όπως άροση, λίπανση, ψεκασμοί, συλλογή καρπού, άρδευση έχουμε τα εξής δεδομένα :

-Για την άρδευση του ελαιώνα απαιτούνται 100KWh ηλεκτρικής ενέργειας /στρέμμα.

(Θεωρούμε ότι η έκταση του ελαιώνα βρίσκεται σε οριζόντιο επίπεδο και αυτό δεν παρουσιάζει μεγάλη διαφορά ύψους σε σχέση με την πηγή).

- Η προσφερόμενη ενέργεια από την χειρονακτική εργασία για την καλλιέργεια της ελιάς είναι 750 MJoule /στρέμμα.

-Η κατανάλωση βενζίνης για την εργασία συλλογής του καρπού είναι 21,16 lt./τόνο συλλεγόμενου ελαιοκάρπου.

-Για εργασίες περιποίησης και άλλες συναφείς απαιτούνται 0,18673ltβενζίνης/δέντρο.

-Για τις εργασίες άροσης και ταυτόχρονης λίπανσης, όποτε αυτό είναι αναγκαίο, που πραγματοποιούνται από ελκυστήρες καταναλώνονται 0,07445 lt βενζίνης/kg καρπού.

Έμμεσες εισροές ενέργειας στην καλλιέργεια της ελιάς.

Αναφορικά με την ενέργεια που παρέχεται από την εφαρμογή των λιπάνσεων στην καλλιέργεια της ελιάς έχουμε:

-Για την αζωτούχα λίπανση στην καλλιέργεια της ελιάς απαιτούνται 15 kg N/στρέμμα και προσδίδει ενέργεια 129 MJoule/στρέμμα .

-Για την φωσφορική λίπανση στην ελιά απαιτούνται 20 kg P_2O_5 / στρέμμα και προσδίδει ενέργεια 196 MJoule/στρέμμα..

-Για την καλιούχα λίπανση στην ελιά απαιτούνται 10 kg K_2O / στρέμμα και προσδίδει ενέργεια 64 MJoule/στρέμμα.

Σημείωση.

Οι παραπάνω ποσότητες λίπανσης αναφέρονται σε ώριμα ελαιόδεντρα και για εδάφη που δεν παρουσιάζουν έλλειψη σε κάποια από τα θρεπτικά στοιχεία N,P,K και άρα δεν απαιτείται υπερλίπανση για διόρθωση των επίπεδων θρεπτικών συστατικών των εδαφών.

Α) Προσφερόμενη ενέργεια για την άντληση νερού.

Η ενέργεια που προσδίδεται στο σύστημα με σκοπό την άντληση των απαραίτητων ποσοτήτων νερού για την άρδευση της καλλιέργειας της ελιάς είναι 100KWh /στρέμμα.

Με μετατροπή των100KWh /στρέμμα ετησίως έχουμε ότι είναι :

360 MJoule/στρέμμα ή αλλιώς ***85.985 Kcal/στρέμμα.***

Β)Προσφερόμενη ενέργεια για την συλλογή του ελαιοκάρπου.

Για την συλλογή του καρπού της ελιάς με μηχανικά μέσα (ελαιοραβδιστικά) απαιτούνται 21,16 lt βενζίνης/τόνο συλλεγόμενου ελαιοκάρπου.

Με δεδομένο ότι 1 τόνος καρπού προκύπτει από 50 δέντρα ελιάς με 40 kg παραγωγή έκαστο, άρα έχουμε συνολικά παραγωγή 2000 kg.

Αν συνυπολογίσουμε ότι η ελιά παράγει καρπό 1 φορά ανά 2 χρόνια οπότε 50 δέντρα ελιάς δίνουν 1000 kg καρπού το έτος.

Για να δούμε πόσα στρέμματα απαιτούνται για την παραγωγή 1 τόνου καρπού με χρήση της απλής μεθόδου έχουμε:

1 στρέμμα αποτελείται από 15 δέντρα τότε τα 50 δέντρα (που δίνουν 1 τόνο καρπού) καταλαμβάνουν έκταση 3,3 στρεμμάτων.

οπότε:

(21,16 lt/τόνο ελαιοκάρπου) = (21,16lt/3,3στρεμματα) = 6,4121 lt/στρέμμα ετησίως *για τις εργασίες συλλογής καρπού.*

Με το δεδομένο τώρα ότι 1 lt βενζίνης αποδίδει ενέργεια 9,7 KWh θα έχουμε:

(6,4121 lt βενζίνης/στρέμμα) *(9,7 KWh/lt βενζίνης) = 62,19737 KWh /στρέμμα *για την συλλογή 1 τόνου ελαιοκάρπου*.

Με μετατροπή έχουμε ότι 62,19737KWh δίνουν ενέργεια 223,9105.MJoule/στρέμμα ετησίως ή αλλιώς ***53.480,11 kcal/στρέμμα***.

Γ)Προσφερόμενη ενέργεια για την περιποίηση ελαιόδεντρων και συναφείς εργασίες.

Για την περιποίηση και άλλες συναφείς εργασίες κατά την διάρκεια του έτους απαιτούνται 0,18673 lt βενζίνης/δέντρο.

Όμως 1 στρέμμα αποτελείται από 15 δέντρα ελιάς οπότε:

(15 δέντρα/στρέμμα)*(0,18673lt βενζίνης/δέντρο) = 2,80095 lt βενζίνης/στρέμμα που χρησιμοποιείται για *τις διάφορες εργασίες στης καλλιέργεια της ελιάς.*

Τώρα επειδή 1 lt βενζίνης δίνει ενέργεια 9.7 KWh έχουμε ότι για την εν λόγο περίπτωση ότι:

(2,80095 lt βενζίνης) * (9,7 KWh / lt βενζίνης) = (27.169215 KWh / στρέμμα) = = 97,80917 MJoule/στρέμμα. ή ***αλλιώς 23361,32 kcal/στρέμμα***

Δ)Προσφερόμενη ενέργεια από ελκυστήρες για άροση εδαφών.

Για τις εργασίες της άροσης και ταυτόχρονης λίπανσης όποτε αυτό απαιτείται καθώς και άλλων σχετικών εργασιών που επιτελούνται κυρίως από ελκυστήρες καταναλώνονται 0,07445 lt βενζίνης / kg καρπού.

Όμως όπως έχουμε υποθέσει και παραπάνω:

1 στρέμμα περιλαμβάνει 15 δέντρα ελιάς και κάθε δέντρο ελιάς δίνει 40kg ελαιοκάρπου.

Δηλαδή: (15 δέντρα/στρέμμα) * (40 kg καρπού /δέντρο) =(600 kg καρπού/στρέμμα)

Η ελιά παράγει καρπό 1 φορά ανά 2 χρόνια οπότε έχουμε 300 kg καρπού /στρέμμα ανά έτος.

Άρα 1 στρέμμα δίνει 300 kg καρπού ελιάς ανά έτος οπότε η κατανάλωση μπορεί πλέον να υπολογιστεί ως:

(300 kg καρπού/στρέμμα) * (0,07445lt βενζίνης/kg καρπού) =
= 22,335 lt βενζίνης/στρέμμα ανά έτος για τις εργασίες της άροσης και άλλων σχετικών.

Επειδή 1 lt βενζίνης δίνει 9,7 KWh ενέργεια θα έχουμε:

(22,335lt βενζίνης/στρέμμα ανά έτος) *(9,7 KWh /lt βενζίνης) =216.6495 KWh/στρέμμα.

Και με μετατροπή έχουμε ότι 216,6495 KWh/στρέμμα δίνουν

779,938MJoule/ στρέμμα. ή ***αλλιώς 186.285 kcal/στρέμμα.***

Ε) Προσφερόμενη ενέργεια από αζωτούχα λιπάσματα που εφαρμόζονται στην καλλιέργεια της ελιάς.

-Για την αζωτούχα λίπανση στην ελιά απαιτούνται :

15 kg λιπάσματος Ν/στρέμμα

και προσδίδει ενέργεια 129 MJoule/στρέμμα δηλαδή 30.811 kcal/στρέμμα.

Προσφερόμενη ενέργεια από φωσφορικά λιπάσματα που εφαρμόζονται στην καλλιέργεια της ελιάς.

-Για την φωσφορική λίπανση στην ελιά απαιτούνται :

20 kg λιπάσματος P_2O_5 / στρέμμα

και προσδίδει ενέργεια 196 MJoule/στρέμμα δηλαδή 46.814 kcal/στρέμμα..

Προσφερόμενη ενέργεια από καλιούχα λιπάσματα που εφαρμόζονται στην καλλιέργεια της ελιάς.

-Για την καλιούχα λίπανση στην ελιά απαιτούνται :

10 kg λιπάσματος K_2O / στρέμμα

και προσδίδει ενέργεια 64 MJoule/στρέμμα δηλαδή 15.286 kcal /στρέμμα.

Οι παραπάνω ποσότητες αναφέρονται σε λίπανση συντήρησης και για εδάφη που δεν παρουσιάζουν έλλειψη σε κάποια από τα θρεπτικά στοιχεία Ν,Ρ,Κ και άρα δεν απαιτείται υπερλίπανση για διόρθωση των επίπεδων θρεπτικών συστατικών των εδαφών.

Συνολικά η εισροή ενέργειας στην καλλιέργεια της ελιάς είναι:

ΕΙΣΟΔΟΙ	*ΠΟΣΟΤΗΤΑ*	*ΠΡΟΣΔΙΔΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΕ MJoule/στρέμμα ετησίως*	*ΠΡΟΣΔΙΔΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΕ kcal/στρέμμα ετησίως*
Ενέργεια για άντληση νερού		360	85.985
Ενέργεια για την συλλογή ελαιοκάρπου	6,4121 lt/στρέμμα ετησίως	223,9105	53.480,11
Ενέργεια για περιποίηση και συναφείς εργασίες	2,80095 lt βενζίνης/στρέμμα ετησίως	97,80917	23.361,32
Προσφερόμενη ενέργεια για άροση από ελκυστήρες	22,335 lt βενζίνης/στρέμμα ετησίως	779,938	186.285
Λίπανση αζώτου N	15 kg/στρέμμα	129	30.811
Λίπανση με καλιούχο K_2O	10 kg/στρέμμα	64	15.286
Λίπανση φωσφορικών P_2O_5	20 kg/στρέμμα	196	46.814
Εργασία		750	179.000
ΣΥΝΟΛΟ		2600,7402	442.022,43

Η θρεπτική αξία δηλαδή οι θερμίδες τροφής για την επιτραπέζια ελιά είναι 380 kcal/100 gr.

Επειδή 1 στρέμμα αποτελείται από 15 ελαιόδεντρα και το κάθε ένα παράγει 40 kg ελιάς τα δυο χρόνια θα έχω ότι η παραγωγή ανά στρέμμα θα είναι 300 kg /στρέμμα το έτος.

Έτσι αν 100 gr δίνουν 380 kcal τότε τα 300.000 gr θα δίνουν1.140.000 kcal ενέργειας.

Έτσι συνολικά για τον υπολογισμό της θερμιδικής απόδοσης αυτής θα έχουμε:

θερμίδες παραγωγής για την επιτραπέζια ελιά

Θερμιδική απόδοση επιτραπέζιας ελιάς = ---------- =

θερμίδες τροφής επιτραπέζιας ελιάς

(θερμίδες ηλεκτρικής ενέργειας για άντληση νερού άρδευσης) +

+ (θερμίδες προϊόντων πετρελαίου για εργασίες με μηχανικά μέσα) +

+ (θερμίδες από εφαρμογή λιπασμάτων(N,P,K)) +

+ (θερμίδες από ανθρώπινη εργασία)

= ---------- =

θερμίδες τροφής επιτραπέζιας ελιάς

(85.985 kcal/στρέμμα)+

+{(53.480,11 kcal/στρέμμα)+(23.361,32 kcal/στρέμμα)+(186.285 kcal/στρέμμα)}+

+{(30811 kcal/στρέμμα)+(46814 kcal/στρέμμα)+(15286 kcal /στρέμμα)}+

+(179.000kcal/στρέμμα)

= ---------- =

1.140.000 kcal /στρέμμα

442.022,4 3kcal /στρέμμα

= ---------- =

1.140.000 kcal /στρέμμα

=0,38774

4.3 Υπολογισμός Θερμιδικής απόδοσης από την καλλιέργεια του μαρουλιού

Για την παρακάτω μελέτη χρειάζεται να κάνουμε κάποιες υποθέσεις.

Υποθέσεις.

Αυτές είναι:

Για την παραγωγή του μαρουλιού απαιτείται χειρωνακτική εργασία 1000 ωρών ανά στρέμμα και η ενέργεια που παρέχεται είναι 750 MJoule/στρέμμα .

Η καλλιέργεια του μαρουλιού είναι ιδιαίτερα απαιτητική σε νερό και έτσι απαιτούνται μεγάλες ποσότητες για την άρδευση των καλλιεργειών μαρουλιού.

Η ενέργεια με σκοπό την άντληση των απαραίτητων ποσοτήτων νερού για την άρδευση είναι 400KWh /στρέμμα

Για την λίπανση:

-Απαιτούνται 43 kg λιπάσματος αζώτου N ανά στρέμμα.

-Απαιτούνται 5 kg λιπάσματος φωσφόρου P_2O_5 ανά στρέμμα

-Απαιτούνται 13,25 kg λιπάσματος K_2O ανά στρέμμα

Η παραγωγή ανέρχεται σε 3,5 kg μαρουλιού / m^2 καλλιέργειας άρα η αναγωγή για το 1 στρέμμα δίνει 3500 kg μαρουλιού /στρέμμα.

Α) Προσφερόμενη ενέργεια για την άντληση νερού.

Η ενέργεια που προσδίδεται στην καλλιέργεια με σκοπό την άντληση των απαραίτητων ποσοτήτων νερού για την άρδευση είναι 400KWh /στρέμμα.

Με μετατροπή των 400KWh /στρέμμα έχουμε ότι είναι

1.440 MJoule / στρέμμα ***ή αλλιώς 343.940 kcal /στρέμμα***

(Θεωρούμε ότι η έκταση βρίσκεται σε οριζόντιο επίπεδο και αυτό δεν παρουσιάζει μεγάλη διαφορά ύψους σε σχέση με την πηγή).

Β)Προσφερόμενη ενέργεια από την χειρονακτική εργασία

Η προσφερόμενη ενέργεια από την χειρονακτική εργασία για την καλλιέργεια του μαρουλιού είναι 750 MJoule /στρέμμα ***ή αλλιώς 179.000 kcal/στρέμμα.***

Γ)Προσφερόμενη ενέργεια για την άροση και εργασίες συντήρησης και λίπανσης.

Η προσφερόμενη ενέργεια για την άροση και τις διάφορες εργασίες συντήρησης και λίπανσης της καλλιέργειας με σχετικά μικρά μηχανήματα που εισέρχονται εντός των καλλιεργειών είναι 20 lt /στρέμμα.

Οπότε (20 lt/στρέμμα)*(9,7 KWh/lt)= 194 KWh/στρέμμα = 698,4MJoule/στρέμμα ***ή αλλιώς 166.810 kcal/στρέμμα***.

Ε)Προσφερόμενη ενέργεια από τα εφαρμοζόμενα λιπάσματα.

-Για την λίπανση με αζωτούχα λιπάσματα απαιτούνται :
43 kg λιπάσματος αζώτου N ανά στρέμμα το οποίο δίνει ενέργεια 8,6 MJoule/kg οπότε έχουμε :

(43 kg/στρέμμα)*(8,6 MJoule/kg) = 369,8 MJoule/στρέμμα
ή αλλιώς 88.325 kcal/στρέμμα.

-Για την λίπανση με φωσφορικά λιπάσματα απαιτούνται :
5 kg λιπάσματος φωσφορικών P_2O_5 που δίνουν 9.8MJoule/kg οπότε έχουμε:
(5kg/στρέμμα)*(9.8MJoule/kg) = 49MJoule/στρέμμα
ή αλλιώς 11.703 kcal /στρέμμα

-Για την λίπανση με καλιούχα λιπάσματα απαιτούνται :
13,25 kg λιπάσματος K_2O που δίνουν 6,4 MJoule/kg δηλαδή
(13,25kg/στρέμμα)*(6,4MJoule/kg) = 84,8 MJoule/στρέμμα
ή αλλιώς 20.250 kcal/στρέμμα.

Συνολικά έχουμε τον παρακάτω πίνακα:

ΕΙΣΟΔΟΙ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΠΡΟΣΔΙΔΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΕ MJoule/στρέμμα	ΠΠΡΟΣΔΙΔΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΕ kcal/στρέμμα
Ενέργεια για άντληση νερού	400kwh	1440	343.940
Ενέργεια για άροση και εργασίες συντήρησης και λίπανσης	20lt /στρέμμα	698,4	166.810
Λίπανση αζώτου Ν	43 kg/στρέμμα	369,8	88.325
Λίπανση φωσφορικών P_2O_5	5 kg/στρέμμα	49	11.703
Λίπανση με καλιούχο K_2O	13,25 kg/στρέμμα	84,8	20.250
Εργασία		750	179.134
ΣΥΝΟΛΟ		3.392	810.162

Η θρεπτική αξία δηλαδή οι θερμίδες τροφής για το μαρούλι είναι 9 kcal/100 gr.

Επειδή σε 1 m^2 παράγονται 3,5 kg μαρουλιού τότε σε 1000 m^2 δηλαδή 1 στρέμμα παράγει 3500 kg μαρουλιού.

Έτσι αν 100 gr δίνουν 9 kcal τότε τα 3.500 kg δηλαδή 3.500.000 gr θα δίνουν 315.000 kcal ενέργειας/στρέμμα.

Έτσι συνολικά για τον υπολογισμό της θερμιδικής απόδοσης αυτής θα έχουμε:

θερμίδες παραγωγής για το μαρούλι

Θερμιδική απόδοση μαρουλιού = ---------- =

θερμίδες τροφής μαρουλιού

(θερμίδες προϊόντων πετρελαίου για εργασίες με μηχανικά μέσα) +

+ (θερμίδες ηλεκτρικής ενέργειας για άντληση νερού άρδευσης) +

+ (θερμίδες από εφαρμογή λιπασμάτων(N,P,K)) +

+ (θερμίδες από ανθρώπινη εργασία)

= ---------- =

θερμίδες τροφής μαρουλιού/στρέμμα

(166.810 kcal/στρέμμα) +

+ (343.940 kcal/στρέμμα) +

+{(88.325 kcal/στρέμμα) + (11.703kcal/στρέμμα)+(20.250 kcal/στρέμμα)} +

+ (179.000 kcal/στρέμμα)

= ---------- =

315.000kcal/στρέμμα

810.028 kcal/στρέμμα

= ---------- =

315.000kcal/στρέμμα

= 2,5715

4.4 Υπολογισμός Θερμιδικής απόδοσης από την καλλιέργεια της αμπέλου.

Για τον υπολογισμό της θερμιδικής απόδοσης για την καλλιέργεια της αμπέλου θα κάνουμε κάποιες υποθέσεις πάνω στις οποίες θα βασιστούμε για την περαιτέρω μελέτη .

Υποθέσεις.

Υποθέτουμε ότι:

-Για την παράγωγη του σταφυλιού απαιτείται χειρωνακτική εργασία 1300 ωρών ανά στρέμμα και η ενέργεια που παρέχεται είναι 1000 MJoule/στρέμμα.

-Το 1 στρέμμα αμπελώνα καλύπτεται από 250 ρίζες Αμερικάνικου υποκείμενου.

-Το 1 ρίζα παράγει 10 kg σταφύλι.

-Το 1 lt βενζίνης δίνει ενέργεια περίπου 9,7 KWh.

Άμεσες εισροές ενέργειας στην καλλιέργεια της αμπέλου.

Αναφορικά με την παρεχόμενη ενέργεια προς την καλλιέργεια της αμπέλου από τα διάφορα μηχανήματα όπως ελκυστήρες, μικρά αμαξίδια, αντλίες νερού που εμπλέκονται στις διάφορες γεωργικές εργασίες όπως άροση λίπανση και ψεκασμοί, συλλογή καρπού, άρδευση έχουμε τα εξής δεδομένα :

-Για την άρδευση του αμπελώνα απαιτούνται αυξημένες ποσότητες νερού ιδιαίτερα κατά τους θερινούς μήνες και όταν ο καρπός του σταφυλιού αρχίζει να ωριμάσει και η καλλιέργεια έχει αυξημένες ανάγκες σε νερό και έτσι απαιτούνται 200 KWh ηλεκτρικής ενέργειας /στρέμμα.

(Θεωρούμε ότι η έκταση του αμπελώνα βρίσκεται σε οριζόντιο επίπεδο και δεν υπάρχει μεγάλη διαφορά ύψους σε σχέση με την πηγή άρδευσης).

- Η προσφερόμενη ενέργεια από την χειρονακτική εργασία για την καλλιέργεια της αμπέλου είναι 1000 MJoule /στρέμμα.

(*Λαμβάνουμε εδώ μεγαλύτερη τιμή της παρεχόμενης ενέργειας από την χειρονακτική εργασία γιατί κατά κύριο λόγο η διαδικασία συγκομιδής του καρπού της αμπέλου λόγο λεπτών χειρισμών που απαιτούνται δεν μπορεί να γίνει με μηχανικά μέσα και απατούνται έτσι πλήθος από εργατικά χέρια.)*

-Η κατανάλωση βενζίνης για την εργασία συλλογής του καρπού είναι 0,8 lt./στρέμμα ετησίως. Αυτή κυρίως καταναλώνεται από μικρά αμαξίδια φόρτωσης για την μεταφορά της συγκομιδής από τους διαδρόμους του αμπελώνα προς το σημείο συγκέντρωσης και απομάκρυνσης από την καλλιέργεια.

-Για τις εργασίες άροσης με ταυτόχρονη λίπανση, όποτε αυτό απαιτείται, που πραγματοποιούνται από ελκυστήρες καταναλώνονται 25 lt/στρέμμα.

Έμμεσες εισροές ενέργειας στην καλλιέργεια της αμπέλου.

Αναφορικά με την ενέργεια που παρέχεται από την εφαρμογή των λιπάνσεων στην καλλιέργεια της αμπέλου μπορούμε να πούμε ότι αυτές είναι συγκριτικά χαμηλές σε σχέση με άλλες καλλιέργειες και αυτό γιατί το αργιλώδες έδαφος που απαιτείται για την καλλιέργεια της αμπέλου χαρακτηρίζεται από πληθώρα θρεπτικών οπότε:

-Για την αζωτούχα λίπανση στην άμπελο απαιτούνται :

9 kg λιπάσματος αζώτου N/ στρέμμα

και προσδίδει ενέργεια 77,4 MJoule/στρέμμα.

-Για την φωσφορική λίπανση στην ελιά απαιτούνται :

7 kg λιπάσματος φωσφόρου P_2O_5 / στρέμμα

και προσδίδει ενέργεια 68,6 MJoule/στρέμμα .

-Για την καλιούχα λίπανση στην ελιά απαιτούνται :
5 kg λιπάσματος καλίου / στρέμμα

και προσδίδει ενέργεια 32MJoule/στρέμμα .

Σημείωση.

Οι παραπάνω ποσότητες αναφέρονται σε λίπανση συντήρησης και για εδάφη που δεν παρουσιάζουν έλλειψη σε κάποια από τα θρεπτικά στοιχεία N,P,K και άρα δεν απαιτείται υπερλίπανση για διόρθωση των επίπεδων θρεπτικών συστατικών των εδαφών.

Α) Προσφερόμενη ενέργεια για την άντληση νερού.

Η καλλιέργεια της αμπέλου είναι απαιτητική σε παροχή νερού ιδιαίτερα τους θερινούς μήνες.

Η ενέργεια που προσδίδεται με σκοπό την άντληση των απαραίτητων ποσοτήτων νερού για την άρδευση της καλλιέργειας της αμπέλου είναι 200KWh /στρέμμα.

(Θεωρούμε ότι η έκταση της καλλιέργειας βρίσκεται σε οριζόντιο επίπεδο και αυτό δεν παρουσιάζει μεγάλη διαφορά ύψους σε σχέση με την πηγή)

Με μετατροπή των 200KWh /στρέμμα ετησίως έχουμε ότι είναι :

720 MJoule/στρέμμα ετησίως ή αλλιώς ***171.970 Kcal/στρέμμα.***

Β)Προσφερόμενη ενέργεια για την συλλογή του σταφυλιού.

Για την συλλογή του σταφυλιού απαιτούνται κυρίως εργατικά χέρια και τα μόνα μηχανικά μέσα που παρεμβάλλονται κατά το στάδιο της συλλογής του σταφυλιού είναι τα διαφόρων τύπων μικρά μηχανήματα μεταφοράς των ποσοτήτων σταφυλιών που συλλέγονται από του διαδρόμους της καλλιέργειας προς το χώρο συγκέντρωσης και φόρτωσης έξω από το χωράφι.

Ένα μέσο τέτοιο μηχάνημα καταναλώνει ποσότητα βενζίνης 0,8 lt/στρέμμα.

Τώρα επειδή 1 lt βενζίνης δίνει ενέργεια 9.7 KWh έχουμε ότι για την εν λόγο περίπτωση ότι:

(0,8 lt βενζίνης) * (9,7 KWh / lt βενζίνης) = (7,76 KWh / στρέμμα) =
=27,94 MJoule/στρέμμα. ή ***αλλιώς 6.673,4 kcal/στρέμμα***

Γ)Προσφερόμενη ενέργεια από ελκυστήρες για άροση εδαφών και εργασιών λιπανσης.

Η καλλιέργεια της αμπέλου απαιτεί άροση με ταυτόχρονη λίπανση του αργιλώδους εδάφους για να αναμιγνύονται τα θρεπτικά συστατικά που αυτό περιέχει αλλά και ταυτόχρονα με τις διάφορες λιπάνσεις οι οποίες συνήθως συνδυάζονται με την άροση.

Για τις εργασίες της άροσης καθώς και άλλων σχετικών που επιτελούνται κυρίως από ελκυστήρες καταναλώνονται 25 lt βενζίνης /στρέμμα.

Επειδή 1 lt βενζίνης προσδίδει 9,7 KWh / lt ενέργεια θα έχουμε:

(25 lt βενζίνης/στρέμμα ανά έτος) *(9,7 KWh /lt βενζίνης) =242 KWh/στρέμμα

Και με μετατροπή έχουμε ότι 242 KWh/στρέμμα δίνουν 871,2 MJoule/ στρέμμα.
ή αλλιώς 208.080 kcal/στρέμμα.

Δ)Προσφερόμενη ενέργεια από λιπάσματα που εφαρμόζονται στην καλλιέργεια της αμπέλου.

-Για την αζωτούχα λίπανση στην άμπελο απαιτούνται :

9 kg λιπάσματος αζώτου Ν/ στρέμμα

και προσδίδει ενέργεια 77,4 MJoule/στρέμμα δηλαδή 18.490 kcal/στρέμμα.

-Για την φωσφορική λίπανση στην άμπελο απαιτούνται :

7 kg λιπάσματος φωσφόρου P_2O_5 / στρέμμα

και προσδίδει ενέργεια 68,6 MJoule/στρέμμα δηλαδή 16.380 kcal/στρέμμα. .

-Για την καλιούχα λίπανση στην άμπελο απαιτούνται :

5 kg λιπάσματος καλίου / στρέμμα

και προσδίδει ενέργεια 32MJoule/στρέμμα δηλαδή 7.643 kcal/στρέμμα.

Συνολικά η εισροή ενέργειας στην καλλιέργεια της αμπέλου είναι:

ΕΙΣΟΔΟΙ	*ΠΟΣΟΤΗΤΑ*	*ΠΡΟΣΔΙΔΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΕ MJoule/στρέμμα ετησίως*	*ΠΡΟΣΔΙΔΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΕ kcal/στρέμμα ετησίως*
Ενέργεια για άντληση νερού	200KWh	720	171.970
Ενέργεια για την συλλογή σταφυλιού	0,8 lt/στρέμμα	27,94	6.673,4
Προσφερόμενη ενέργεια για άροση και εργασίες λίπανσης από ελκυστήρες	25 lt βενζίνης /στρέμμα	871,2	208.080
Λίπανση αζώτου Ν	9 kg/στρέμμα	77,4	18.490
Λίπανση με καλιούχο K_2O	7 kg/στρέμμα	32	7.643
Λίπανση φωσφορικών P_2O_5	5 kg/στρέμμα	68,6	16.380
Εργασία		1000	238.846
ΣΥΝΟΛΟ		2.797,14	668.082,4

Η θρεπτική αξία δηλαδή οι θερμίδες τροφής για το επιτραπέζιο σταφύλι είναι 67 kcal/100 gr. Επειδή 1 στρέμμα αποτελείται από 120 ρίζες αμπέλου και το κάθε ένα παράγει 10 kg σταφύλι θα έχω ότι η παραγωγή ανά στρέμμα θα είναι 1200 kg /στρέμμα. Έτσι αν 100 gr δίνουν 67 kcal τότε τα 1.200.000 gr θα δίνουν ενέργεια 804.000 kcal/στρέμμα.

Έτσι συνολικά για τον υπολογισμό της θερμιδικής απόδοσης αυτής θα έχουμε:

$$\text{Θερμιδική απόδοση επιτραπέζιου σταφυλιού} = \frac{\text{θερμίδες παραγωγής για το επιτραπέζιο σταφύλι}}{\text{θερμίδες τροφής επιτραπέζιου σταφυλιού}} =$$

$$= \frac{\begin{array}{l}(\text{θερμίδες ηλεκτρικής ενέργειας για άντληση νερού άρδευσης}) + \\ + (\text{θερμίδες προϊόντων πετρελαίου για εργασίες με μηχανικά μέσα}) + \\ + (\text{θερμίδες από εφαρμογή λιπασμάτων(N,P,K)}) + \\ + (\text{θερμίδες από ανθρώπινη εργασία})\end{array}}{\text{θερμίδες τροφής επιτραπέζιου σταφυλιού}} =$$

$$= \frac{\begin{array}{l}(171.970\text{kcal/στρέμμα}) + \\ + \{(6.673{,}4\ \text{kcal/στρέμμα}) + (208.080\ \text{kcal/στρέμμα})\} + \\ + \{(18490\ \text{kcal/στρέμμα}) + (16380\text{kcal/στρέμμα}) + (7.643\text{kcal/στρέμμα})\} + \\ + (238.846\text{kcal/στρέμμα})\end{array}}{804.000\ \text{kcal/στρέμμα}}$$

$$= \frac{668.082{,}4\text{kcal/στρέμμα}}{804.000\ \text{kcal/στρέμμα}} =$$

$$=0{,}83094$$

**Σημείωση:* *Η μετατροπή των μεγεθών από KWh σε MJoule και από εκεί σε kcal έγινε με χρήση της επιστημονικής υπολογιστικής μηχανής αναζήτησης από την ιστοσελίδα www.wolframalpha.com.*

Βιβλιογραφία

Ελληνική

1.Παπαδήμας, Ο. (1978). Σύγχρονοι μέθοδοι αναλύσεως χρονολογικών σειρών, σελ 519-534, Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Πειραιάς.

2.Yassoglou N.J. and Kosmas C., Desertification in the Mediterranean Europe. A case in Greece., *Agricultural University of Athens, Athens, Greece.*

3.S. Stamatiadis, J. M. Lynch & J. S. Schepers (Eds)., (2004). Remote Sensing

4.for Agriculture and the Environment, GAIA Center & OECD .

5.Εθνικό κέντρο περιβάλλοντος & αειφόρου ανάπτυξης,(2003). Περιβαλλοντικά σήματα, Σχέδιο έκθεσης δεικτών αειφορίας Ελλάδα.

6.Επίσημη επιστημονική έκθεση WWF Ελλάς,(2008). Λύσεις για την κλιματική αλλαγή-όραμα βιωσιμότητας για την Ελλάδα του 2050.

7.Αναλογίδης, Δ.(2010). Γεωργία και κλιματική αλλαγή: Ο ρόλος των λιπασμάτων, Ημερίδα Σ.Π.Ε.Λ Agrotica (Δ.ΕΘ.),Θεσσαλονίκη. Ανασύρθηκε Ιούνιος 2011 από http://www.pasepelip.gr/pdf/analogidis.pdf

Διεθνείς

1.Djevic,M. & Dimitrijevic,A . Greenhouse Energy Consumption and Energy Efficiency, Department for Agricultural Engineering, Belgrade, Serbia.

2.Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M. and Mekonnen, M.M. (2011) The water footprint assessment manual: Setting the global standard, Earthscan, London, UK.

Βιβλιογραφικές αναφορές

Ελληνική

1.Σιδηράς Ν. Κ., (1997). Οργανική Λίπανση και Αμειψισπορές, Αθήνα.

2.Κουϊμτζής Θ, Φυτιάνος Κ, Σαμαρά Κ, (2002). *Ρύπανση του Περιβάλλοντος*, Θεσσαλονίκη, 2002.

3.Daskalaki,P.,Voudourie,K.,(2007). Groundwater quality of porous aquifers in Greece : a synoptic review.

4.Ποιότητα Νερού στο Πλαίσιο της Ευρωπαϊκής και της Εθνικής Νομοθεσίας,(2008). Πρακτικά Συνεδρίου, Ηράκλειο Κρήτης.

5.Βιολογική καλλιέργεια της ελιάς,(1994). 1^{Ο} Πανελλήνιο Συνέδριο Βιολογικής Γεωργίας(ΔΗΩ), Καλαμάτα.

6.Μαμάης Δ., (2009) . Ρύπανση Υδατικών Συστημάτων, Σημειώσεις μαθήματος ΔΠΜΣ ΕΜΠ,Αθήνα.

7.Χουλιάρας, Ν., (2010).Λίπανση των καλλιεργειών και μέθοδοι προσδιορισμού, Εκδόσεις Ίων, Αθήνα.

8.Σαριαννίδης, Ν. & Αμαραντίδης, Ε., (2009). Εισαγωγή στη Στατιστική και στην Ανάλυση Οικονομικών Χρονοσειρών, Εκδόσεις Σαριαννίδης.

9.Βουτηράκης, Μ., Σοβαρές επιπτώσεις από την αλόγιστη χρήση των λιπασμάτων. Ανασύρθηκε Ιούλιος 2011 από http://www.ecocrete.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=1918&Itemid=0

10.Σταθάς, Γ., Επιβλαβή και ωφέλιμα έντομα στο αγρό-οικοσύστημα της ελαιοκαλλιέργειας. Ανασύρθηκε Ιούνιος 2011 από http://www.elia-diktyo.gr/drasthriot2004/eisigisis/eis_%20**statha**%20.doc

11.Ροδιτάκης, Ν., (2003) .Εναλλακτικές λύσεις για την αντιμετώπιση των εντόμων-μια αναγκαιότητα σε πρώτη προτεραιότητα .Ανασύρθηκε Αύγουστος 2011 από http://users.forthnet.gr/her/roditakis/KEKLas2003.htm

12.Χριστόφης, Κ., Περιβαλλοντική Διαχείριση στην Γεωργία & Ανάλυση Κύκλου Ζωής ελαιολάδου. Ανασύρθηκε Απρίλιο 2011 από http://library.tee.gr/digital/m2067/m2067_koroneos.pdf

13.Αλεξιάδης, Κοκκίδης, Σπανέλλης. Τα Βασικά Χαρακτηριστικά του Ελληνικού Πρωτογενούς Τομέα. Ανασύρθηκε Ιούλιο 2011 από http://www.minagric.gr/greek/agro_pol/Spanellis/Characteristics_Alexiadis_Sep2007.pdf

14.Οδηγός εφαρμογής λιπασμάτων F-Gran . Ανασύρθηκε Ιούλιο 2011 από http://www.ledra.gr/products/F-GRAN-gr.pdf

15.Βερτούδος Σύλλας Γεωπόνος Τ.Ε. 10χμ Ηρακλείου-Μαλάδων, Προσωπική επαφή.

<u>Διεθνείς</u>

1.GEP Box, GM Jenkins, (1982). Time Series Analysis, Forecasting and Control part I, II, III

2. GM Jenkins & C M^{c} Leod, (1983). Case studies in time series analysis Volume I

3. Frain, J, (1992). Lecture Notes on Univariate Time Series Analysis and Box Jenkins Forecasting, Economic Analysis Research and Publications.

4.Reagan,K.M., (1984). An Evaluation of ARIMA (Box-Jenkins) Models for Forecasting Wastewater Treatment Process Variables, University of California, Los Angeles.

Διαδίκτυο

1.Computational knowledge engine Wolframalpha, http://www.wolframalpha.com/

2.Πανίσχυρη μηχανή αναζήτησης Google , http://www.google.gr/

3.Wikipedia http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page

4.Eurostat. Βάση δεδομένων Ευρωπαϊκής Ένωσης
http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/

5.FAOStat. Βάση δεδομένων Παγκόσμιου Οργανισμού Τροφίμων
http://faostat.fao.org/site/663/default.aspx

6. EEA. European Environmental Agency http://www.eea.europa.eu/

7.Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων http://www.minagric.gr

8.WFN. Water Footprint Network
http://www.waterfootprint.org/?page=files/home

9.Footprint of Nations http://www.ecologicalfootprint.org/

10.Health Canada.Nutrient Value of Some Common Foods
http://www.hc-sc.gc.ca/index-eng.php

11.The Regional Environmental Center *for Central and Eastern Europe*
http://greenpack.rec.org

12.ΔΗΩ. Οργανισμός Ελέγχου και Πιστοποίησης Βιολογικών Προϊόντων
http://www.dionet.gr/

13.ΕΔΟΕΕ. Εθνική διεπαγγελματική οργάνωση ελαιολάδου και ελιάς
http://www.edoee.gr/

14.Π.Ε.ΕΚ.Π.Ε .Πανελλήνια Ένωση Εκπαιδευτικών Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης
http://www.peekpe.gr/

15.WWF -ΕΛΛΑΣ http://www.wwf.gr/

16.Δίκτυο Μεσόγειος SOS: http://medsos.gr/medsos/

17.Greenpeace - Ελλάδα http://www.greenpeace.org/greece/el/