

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ vs. ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΜΠΕΛΟΥΡΓΙΑΣ ΜΕ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ

Δημήτρης Γαϊτάνης¹ και Μαρία Π. Παπαδοπούλου^{1,2}

¹ Σχολή Θετικών Επιστημών, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάροδος Αριστοτέλους 18, Πάτρα 26223, Email: gaitan55@yahoo.gr

² Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Ηρώων Πολυτεχνείου 9, Ζωγράφου 15780, Email: mpapadop@mail.ntua.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας είναι να εξεταστεί η χρήση της Ανάλυση Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ) ως μεθοδολογίας για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων οι οποίες προκαλούνται από μια γεωργική εκμετάλλευση αμπελοκαλλιέργειας, συμβατικής και βιολογικής γεωργίας, από το στάδιο εγκατάστασης έως την έναρξη της 1^{ης} συγκομιδής. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης ανέδειξαν τα πλεονεκτήματα της βιολογικής καλλιέργειας ως προς τα περιβαλλοντικά ζητήματα. Η σύγκριση περιβαλλοντικών επιπτώσεων των επιμέρους εισροών τόσο μεταξύ φυτικών ειδών και ποικιλιών όσο και μεταξύ μεθόδων καλλιέργειας αποτελεί τη βάση για καλύτερο σχεδιασμό της αγροτικής παραγωγής με το μεγαλύτερο περιβαλλοντικό όφελος.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Ανάλυση Κύκλου Ζωής, συμβατική και βιολογική αμπελουργία, περιβαλλοντική επιβάρυνση.

ENVIRONMENTAL IMPACTS ASSESSMENT OF CONVENTIONAL vs. ORGANIC VITICULTURE USING LIFE CYCLE ASSESSMENT

Dimitris Gaitanis¹ and Maria P. Papadopoulou^{1,2}

¹ School of Sciences, Hellenic Open University, 18 Parodos Aristotelous, Patra 26223 GR, Email: gaitan55@yahoo.gr

² School of Rural & Surveying Engineering, National Technical University of Athens, 9 Iroon Polytechniou, Zografou Campus, 15780 GR, Email: mpapadop@mail.ntua.gr

ABSTRACT

The aim of this work is to examine the use of Life Cycle Assessment (LCA) as a reliable methodology to assess the environmental impacts caused by conventional and organic viticulture farming from cradle to the 1st harvest. The results of the analysis revealed the advantages of organic farming regarding to environmental issues. The analysis of various environmental impacts at different cultivation stages, both between plant species and varieties as between different cultivation methods is important in order to optimize the benefits for the environment.

KEYWORDS: Life Cycle Analysis, conventional and organic farming, environmental burden.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σήμερα η αγροτική δραστηριότητα με την πληθώρα των διαθέσιμων γεωργικών πρακτικών και τη χρήση μηχανημάτων που εφαρμόζονται στη γεωργία συμβάλλει σημαντικά στην αλλοίωση των πόρων και στην επιβάρυνση του φυσικού περιβάλλοντος. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η παρουσίαση μιας μεθοδολογικής προσέγγισης για την ποσοτική εκτίμηση των επιπτώσεων από γεωργικές εκμεταλλεύσεις αμπελοκαλλιέργειας στο περιβάλλον. Η εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων γίνεται με χρήση της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (AKZ) η οποία αποτελεί ένα σημαντικό μεθοδολογικό εργαλείο περιβαλλοντικής διαχείρισης προϊόντων, υπηρεσιών και διαδικασιών. Σε αντίθεση με άλλες μεθόδους εκτίμησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων, η AKZ εξετάζει το σύνολο του κύκλου ζωής ενός προϊόντος, μιας υπηρεσίας ή μιας δραστηριότητας και επιτυγχάνει την εκτίμηση των επιπτώσεων σε όλα τα στάδιά της (ICOMIA, 2014). Στην παρούσα εργασία γίνεται εφαρμογή της AKZ με τη χρήση του ελεύθερου λογισμικού OpenLCA με στόχο να διερευνηθούν, να αξιολογηθούν και να συγκριθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις αμπελοκαλλιέργειας συμβατικής και βιολογικής γεωργίας, από το στάδιο της εγκατάστασης των φυτών έως αυτό της έναρξης της 1^{ης} συγκομιδής.

2. Η AKZ ΩΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

Η AKZ έχει χρησιμοποιηθεί ευρύτατα για την εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων στη γεωργία κυρίως με στόχο τη συγκριτική ανάλυση μεταξύ συμβατικής, βιολογικής ή/και άλλων μεθόδων καλλιέργειας. Η μέχρι σήμερα εμπειρία από την εφαρμογή της AKZ σε διάφορα είδη καλλιέργειας, εκτός από την αμπελουργία, αποδεικνύει ότι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις ανά καλλιεργούμενη έκταση είναι συνήθως μικρότερες στη βιολογική γεωργία, παρόλο που μερικές φορές και για ορισμένες κατηγορίες επιπτώσεων καταλήγουν να είναι υψηλότερες σε σχέση με την ποσότητα των παραγόμενων προϊόντων (Meier et al., 2014). Οι κατηγορίες που εξετάζονται είναι περιορισμένες και συνήθως αφορούν στις ροές αζώτου που επηρεάζουν την οξύτητα των εδαφών, τον ευτροφισμό, την αύξηση της θερμοκρασίας και τη βιοποικιλότητα (Meier et al., 2014). Σε σχέση με την ολοκληρωμένη καλλιέργεια, η βιολογική καλλιέργεια έχει παρόμοιες ή/και μικρότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, (Nemecek et al., 2011). Οι Hokazono and Hayashi (2012) εφάρμοσαν την AKZ σε τρία διαφορετικά συστήματα καλλιέργειας ρυζιού -συμβατικό, ολοκληρωμένο και βιολογικό για 5 έτη και εξέτασαν 4 κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων (μεταβολή κλίματος, οξύτητα εδαφών, ευτροφισμός, χρήση συμβατικών πηγών ενέργειας). Τα αποτελέσματά τους έδειξαν ότι σε όλες τις κατηγορίες επιπτώσεων παρατηρούνται μεγάλες διακυμάνσεις στις τιμές της βιολογικής καλλιέργειας οι οποίες στην συνέχεια απομειώνονται με το χρόνο. Η χρήση μηχανημάτων σε όλες τις γεωργικές εργασίες αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα κατά τον υπολογισμό επιπτώσεων από αέριες εκπομπές (Vanlinden et al., 2014). Επιπρόσθετα, η κυκλοφορία ανθρώπων και μηχανημάτων μέσα σε μια γεωργική εκμετάλλευση σχετίζεται άμεσα με τη συμπίεση του εδάφους (Gasso et al., 2014).

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Η AKZ αναπτύσσεται σύμφωνα με τις απαιτήσεις των διεθνών προτύπων ISO 14040 και 14044. Κατά το πρότυπο ISO 14040, η AKZ είναι μια μέθοδος συλλογής και εκτίμησης των εισροών και των εκροών καθώς και των δυνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων ενός συστήματος καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του (ISO 14040, 2006). Η μελέτη περιλαμβάνει:

- α) τα στάδια του κύκλου ζωής για τα οποία γίνεται η εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων,

- β) τη λειτουργική μονάδα του υπό μελέτη συστήματος που χρησιμοποιείται ως μονάδα αναφοράς (στην προκειμένη περίπτωση ορίστηκε το 1 στρέμμα),
- γ) τις κατηγορίες των περιβαλλοντικών επιπτώσεων,
- δ) την εκτίμηση των επιπτώσεων και την ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

Στο στάδιο της απογραφής των δεδομένων LCI (Life Cycle Inventory) γίνεται καταγραφή των εισροών και των εκροών στο υπό μελέτη σύστημα, δηλαδή ότι καταναλώνεται και ότι εκπέμπεται ή εκρέει από αυτό προς το περιβάλλον. Υπολογίζονται οι ποσότητες των εισροών και των εκροών και στη συνέχεια ανάγονται σε ποσότητες που αντιστοιχούν σε μια λειτουργική μονάδα. Ο υπολογισμός γίνεται για κάθε μια από τις διεργασίες του συστήματος ξεχωριστά. Ακολουθεί το στάδιο της εκτίμησης των επιπτώσεων του κύκλου ζωής LCIA (Life Cycle Impact Assessment) όπου γίνεται ποιοτική και ποσοτική εκτίμηση (χαρακτηρισμός) των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και της σημαντικότητας αυτών για κάθε περιβαλλοντική πλευρά. Στο στάδιο αυτό ανήκουν και η κανονικοποίηση, η ομαδοποίηση και η στάθμιση, που στο διεθνές πρότυπο ISO 14040 αναφέρονται ως προαιρετικές ενέργειες. Με την κανονικοποίηση επιτυγχάνεται η σύγκριση των αποτελεσμάτων με ένα προκαθορισμένο επίπεδο αναφοράς. Κατά την ομαδοποίηση, οι διάφορες κατηγορίες των εξεταζόμενων επιπτώσεων ομαδοποιούνται σε ευρύτερες κατηγορίες επιπτώσεων με κοινά χαρακτηριστικά. Κατά τη στάθμιση, αποδίδεται ένας συντελεστής βαρύτητας για κάθε επίπτωση προκειμένου να ιεραρχηθούν ως προς τη σημασία τους.

Η AKZ για το υπό μελέτη σύστημα έγινε με τη χρήση του ελεύθερου λογισμικού OpenLCA (έκδοση 1.4.1), το οποίο διαθέτει σήμερα μια από τις μεγαλύτερες βάσεις δεδομένων η οποία εμπλουτίζεται διαρκώς (<http://www.openlca.org/openlca>). Το λογισμικό διαθέτει πεδία με βάσεις δεδομένων, καταγραφής και επεξεργασίας δεδομένων. Προκειμένου να γίνει η εκτίμηση των επιπτώσεων θα πρέπει να επιλεγεί η κατάλληλη μέθοδος εκτίμησης αυτών. Ορισμένες εξ' αυτών περιλαμβάνουν μια λίστα κατηγοριών επιπτώσεων ενώ άλλες τις ομαδοποιούν σε τρεις κύριες κατηγορίες επιπτώσεων: α) στα οικοσυστήματα, β) στην ανθρώπινη υγεία και γ) στους πόρους. Από τις πιο πλήρεις είναι η μέθοδος εκτίμησης ReCiPeMidpoint που χρησιμοποιεί και τους δύο τρόπους ταξινόμησης των κατηγοριών επιπτώσεων. Υπάρχουν τρεις παραλλαγές της μεθόδου ReCiPeMidpoint που διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τα αρχέτυπα διαχείρισης της αβεβαιότητας των δεδομένων. Στην παρούσα εργασία εφαρμόστηκε το αρχέτυπο Hierarchist (H) με το οποίο είναι δυνατή η εκτίμηση των επιπτώσεων για μεγάλο χρονικό διάστημα (Goedkoop et al., 2013) (Πίνακας 1).

Πίνακας 1: Οι κατηγορίες επιπτώσεων με βάση τη μέθοδο ReCiPeMidpoint (H) και οι αντίστοιχες ισοδύναμες μονάδες (Goedkoop et al., 2013)

Κατηγορίες επιπτώσεων	Μονάδες αναφοράς
Κλιματική αλλαγή	kg CO ₂ eq
Οικο-τοξικότητα γλυκών υδάτων	kg 1,4-DB eq
Ευτροφισμός γλυκών υδάτων	kg P eq
Ανθρώπινη τοξικότητα	kg 1,4-DB eq
Θαλάσσια οικο-τοξικότητα	kg 1,4-DB eq
Θαλάσσιος ευτροφισμός	kg N eq
Εξάντληση μετάλλων	kg Fe eq
Αιωρούμενα σωματίδια	kg PM ₁₀ eq
Σχηματισμός φωτοχημικής οξείδωσης	kg NMVOC
Χερσαία οξύτητα	kg SO ₂ eq
Χερσαία οικο-τοξικότητα	kg 1,4-DB eq
Εξάντληση υδάτων	m ³

Οι "μονάδες αναφοράς" αποτελούν τις ισοδύναμες μονάδες στις οποίες μετατρέπονται όλα τα στοιχεία που ανήκουν στην ίδια κατηγορία επιπτώσεων. Επιπρόσθετα το λογισμικό έχει τη δυνατότητα της απευθείας σύγκρισης μεταξύ συστημάτων ή/και μεταξύ διαφορετικών περιπτώσεων ενός συστήματος.

4. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΑΚΖ ΣΤΗΝ ΑΜΠΕΛΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ

Στην παρούσα εργασία εφαρμόστηκε η ΑΚΖ για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων αμπελοκαλλιέργειων για την παραγωγή οίνου. Η εκτίμηση αφορά χρονική περίοδο τριών ετών, από την στιγμή της προετοιμασίας της γεωργικής έκτασης για την εγκατάσταση της καλλιέργειας έως και την πρώτη συγκομιδή. Εξετάστηκαν τέσσερις συνδυασμοί αμπελοκαλλιέργειας: α) η θεωρητική συμβατική (ΘΣ), β) η θεωρητική βιολογική (ΘΒ), γ) η μελέτη περίπτωσης συμβατικής (ΠΣ) και δ) η μελέτη περίπτωσης βιολογικής καλλιέργειας (ΠΒ).

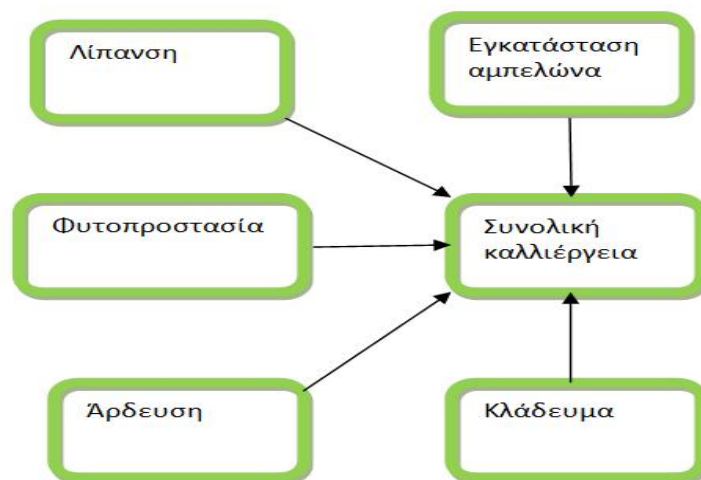
Η επιστημονική και τεχνολογική έρευνα στον αγροτικό τομέα εξελίσσεται διαρκώς. Σήμερα υπάρχει στη διάθεση των αγροτών μια πληθώρα γεωργικών εφοδίων που επιτρέπουν τη βελτίωση των πρακτικών άρδευσης και λίπανσης με σκοπό την καλύτερη απόδοση και ποιότητα του τελικού προϊόντος. Η επιλογή των παραγόντων για την εκτίμηση των θεωρητικών τιμών έγινε με βάση την ακολουθούμενη πρακτική ώστε να είναι δυνατή η σύγκριση των αποτελεσμάτων. Η επιλογή των γεωργικών εκμεταλλεύσεων έγινε με βάση α) την ποικιλία (Αγιωργήτικο για την παραγωγή οίνου), β) τον τρόπο καλλιέργειας (αποστάσεις φύτευσης 2,30 m x 1,25 m συνολικά 340 φυτά ανά στρέμμα) και γ) την εδαφική σύσταση (εδάφη με παρόμοιες φυσικοχημικές ιδιότητες, μέση σύσταση εδάφους και ουδέτερο pH). Η καταγραφή των δεδομένων της ανάλυσης βασίστηκε σε βιβλιογραφικές πηγές όσο και στη πρακτική που ακολουθήθηκε από τους παραγωγούς. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τις μετακινήσεις από και προς το χωράφι δεν λήφθηκαν υπόψη προκειμένου να επιτευχθεί καλύτερη σύγκριση των μεθόδων καλλιέργειας που είναι και το ζητούμενο. Επίσης, δεν λήφθηκε υπόψη η διάβρωση του εδάφους, οι τιμές της οποίας εξαρτώνται από κλιματολογικούς ή άλλους αστάθμητους παράγοντες και ο προσδιορισμός των θεωρητικών τιμών τους δεν ήταν εφικτός.

Στο ελεύθερο λογισμικό open LCA εισάγονται τα δεδομένα για κάθε μια από τις τέσσερις περιπτώσεις του υπό μελέτη συστήματος ξεχωριστά για τις οποίες επιλέγονται, κοινές διεργασίες προκειμένου να είναι εφικτή η σύγκριση των αποτελεσμάτων. Ως διεργασία ορίζεται ένα σύνολο αλληλένδετων ή αλληλεπιδρώντων δραστηριοτήτων που μετασχηματίζει εισροές σε εκροές (ΕΛΟΤ, 2006). Η υπο-διεργασία συνίσταται από μία ή περισσότερες καλλιεργητικές πρακτικές. Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι διεργασίες του συστήματος «Αμπελοκαλλιέργεια» και οι αντίστοιχες υπο-διεργασίες που λαμβάνουν χώρα (ροών).

Πίνακας 2: Διεργασίες που λαμβάνουν χώρα κατά την ανάπτυξη του συστήματος «Αμπελοκαλλιέργεια»

Διεργασίες	Υπο-διεργασίες
Εγκατάσταση αμπελώνα	Βαθύ όργωμα, ελαφρύ όργωμα, δισκοσβάρνισμα, τοποθέτηση μέσων στήριξης και διαμόρφωση θέσεων φύτευσης
Λίπανση	Λίπανση
Φυτοπροστασία	Φυτοπροστασία και ζιζανιοκτονία
Άρδευση	Άρδευση
Κλάδευμα	Κορυφολόγημα

Ορισμένες από τις υπο-διεργασίες του Πίνακα 2 επαναλαμβάνονται στο διάστημα των τριών ετών που εξετάζεται, από τη φύτευση έως την πρώτη συγκομιδή. Στο Σχήμα 1 παρουσιάζονται οι διεργασίες του συστήματος κατά τη διαδικασία της ΑΚΖ και η μεταξύ τους αλληλοσυσχέτιση. Για κάθε διεργασία καταγράφονται οι εισροές και οι εκροές, γίνεται ποσοτική εκτίμηση αυτών καθώς και η αντιστοίχισή τους σε προεπιλεγμένες κατηγορίες επιπτώσεων. Οι εκροές κατηγοριοποιούνται σε: υπολείμματα φυτοφαρμάκων, υπολείμματα λιπασμάτων, εκπομπές καυσαερίων, κατανάλωση νερού, κατανάλωση μετάλλων (σιδήρου και ψευδαργύρου από τη στήριξη των αμπελιών). Επίσης στην παρούσα ανάλυση εκτιμήθηκαν οι επιπτώσεις από τη συμπίεση του εδάφους εξαιτίας της χρήσης γεωργικών μηχανημάτων (π.χ. ελκυστήρων) η οποία έχει αποδειχθεί ότι έχει σημαντικές επιπτώσεις στη δομή του εδάφους και στον αερισμό του, στη συγκράτηση και διήθηση του εδαφικού νερού (Brady and Weil, 2002) και η οποία δεν συμπεριλαμβάνεται σε υφιστάμενη κατηγορία επιπτώσεων με βάση το λογισμικό.



Σχήμα 1: Συσχέτιση διεργασιών της αμπελοκαλλιέργειας ως σύστημα προϊόντος κατά την ΑΚΖ

Το πεδίο εφαρμογής της ΑΚΖ είναι κοινό για όλες τις περιπτώσεις που μελετήθηκαν ενώ τα υπόλοιπα στάδια, από την απογραφή των δεδομένων του κύκλου ζωής και μετά, εξετάζονται κατά περίπτωση. Κατά τα πρώτα παραγωγικά έτη το αμπέλι εμφανίζει χαμηλή παραγωγή για το λόγο αυτό ως λειτουργική μονάδα λαμβάνεται το 1 στρέμμα και όχι το 1 kgf σταφύλια. Αυτό το μέτρο σύγκρισης κρίνεται καταλληλότερο μιας και η εργασία που απαιτείται για τις καλλιεργητικές φροντίδες ανά στρέμμα κρίνεται ως σταθερότερος παράγοντας από την παραγωγικότητα ανά στρέμμα, η οποία έρχεται σε δεύτερη προτεραιότητα σε ότι αφορά στο στάδιο της εγκατάστασης της δραστηριότητας που εξετάζεται. Τα όρια του υπό μελέτη συστήματος για τις ανάγκες της ΑΚΖ είναι οι διεργασίες και υποδιεργασίες της αμπελοκαλλιέργειας (Πίνακας 2).

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα αποτελέσματα εξάγονται για κάθε μια από τις περιπτώσεις που μελετήθηκαν (ΘΣ, ΠΣ, ΘΒ και ΠΒ) ανά διεργασία του υπό μελέτη συστήματος ξεχωριστά αλλά και για το σύνολο των διεργασιών. Αρχικά γίνεται απογραφή δεδομένων όπου οι πρωταρχικές εισροές και εκροές κατηγοριοποιούνται στις προεπιλεγμένες κατηγορίες επιπτώσεων και ακολουθεί το στάδιο της εκτίμησης των επιπτώσεων κατά τη φάση του χαρακτηρισμού. Ενδεικτικά παρατίθενται τα στάδια και οι υπολογισμοί για την περίπτωση της Θεωρητικής Συμβατικής καλλιέργειας (ΘΣ) από την προετοιμασία για φύτευση έως την έναρξη της πρώτης

συγκομιδής του αμπελώνα. Υπολογίζονται οι ποσότητες καλίου, φωσφόρου και αζώτου όπως προκύπτουν από τις θεωρητικά απαιτούμενες ποσότητες καλιούχων φωσφορικών και αζωτούχων λιπασμάτων αντίστοιχα. Για αρδευόμενες καλλιέργειες απαιτούνται περίπου 15 μονάδες N/στρ ετησίως δηλαδή 45 μονάδες στην τριετία δηλαδή 45 kgr, 5 μονάδες P₂O₅/στρ ετησίως ή 15 μονάδες ανά τριετία και 8 μονάδες K₂O/στρ ετησίως ή 24 μονάδες ανά τριετία (Θεριός, 1991; Κούσουλας, 2002). Ο υπολογισμός των ποσοτήτων P και K δίνεται από τις σχέσεις (Θεριός, 1991):

$$\bullet \text{ kgrP} = \text{kgrP}_2\text{O}_5 \cdot 0,43 = 6,5 \text{ kgr} \quad (1)$$

$$\bullet \text{ kgrK} = \text{kgrK}_2\text{O} \cdot 0,83 = 20 \text{ kgr} \quad (2)$$

Τα αμμωνιακά απελευθερώνονται αργά, ενώ τα νιτρικά είναι άμεσα διαθέσιμα και υπόκεινται εύκολα σε διήθηση προς τα βαθύτερα στρώματα του εδάφους ενώ υπολογίζονται και οι εκπομπές υπό τη μορφή αέριας αμμωνίας. Οι απώλειες αζώτου με έκπλυση από την εφαρμογή αζωτούχων λιπασμάτων υπό μορφή νιτρικών ιόντων κυμαίνονται από 40% έως και 50% (Brady and Weil, 2002). Σε 1 γραμμομόριο νιτρικών (62 gr) περιέχονται 14 gr αζώτου. Από τα φωσφορικά λιπάσματα μόνο 15-30% χρησιμοποιείται από τα φυτά, ενώ το υπόλοιπο δεσμεύεται από μικροοργανισμούς του εδάφους και καταγράφεται ως απώλεια (Θεριός, 1991).

Στον Πίνακα 3 αναλύονται ενδεικτικοί συνδυασμοί φυτοπροστατευτικών σκευασμάτων. Δίνονται οι συνολικές ποσότητες δραστικής ουσίας και σκευάσματος ανά στρέμμα που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την αποτελεσματική προστασία της αμπέλου από εχθρούς και ασθένειες στην τριετία (Αγροτικές Εκδόσεις, 1990; Παπαδοπούλου – Μουρκίδου, 1990, 1991). Συγκεκριμένα, για την αντιμετώπιση του περονόσπορου προτείνονται συνήθως 3 ψεκασμοί ανά έτος με θειικό χαλκό ή βορδιγάλειο πολτό και ένας με συνθετικό μυκητοκτόνο (Maneb) ενώ για το ωίδιο 3 ψεκασμοί ανά έτος με συνθετικά μυκητοκτόνα (Dinocap) ή με θειάφι (Θανασουλόπουλος, 1990). Για την ευδεμίδα συνήθως γίνονται 2 ψεκασμοί κατά το τρίτο έτος όπου υπάρχει παραγωγή (Κούσουλας, 2002). Ειδικότερα, ο βορδιγάλειος πολτός περιέχει ως δραστική ουσία 1% θειικό χαλκό (Θανασουλόπουλος, 1990). Ένα γραμμομόριο θειικού δισθενούς χαλκού (77gr) περιέχει 29 gr χαλκού οπότε η ποσότητα χαλκού στο βορδιγάλειο πολτού υπολογίζεται ως:

$$\bullet \text{ Χαλκός} = (\text{ποσότητα βορδιγάλειου πολτού}) \cdot 0,029/0,077 \text{ kgr} \quad (3)$$

Πίνακας 3: Συνδυασμοί φυτοπροστατευτικών προϊόντων

Μέσο φυτοπροστασίας (σκεύασμα)	Ποσότητα δραστικής ουσίας στην τριετία (kgr/στρ)	Ποσότητα σκευάσματος στην τριετία (kgr/στρ)
Βορδιγάλειος πολτός	0,678	1,8
Maneb	0,3	0,3
Dinocap	0,225	0,225
Cypermethrin	0,01	0,01

Η ποσότητα του αρδευτικού νερού θα πρέπει να είναι τόση ώστε η εδαφική υγρασία να εκτείνεται σε όλο το βάθος του ριζοστρώματος και η άρδευση θα πρέπει να επαναλαμβάνεται όταν εξαντλείται το 70% του διαθέσιμου εδαφικού νερού (μέγιστο επιτρεπόμενο ποσοστό εξάντλησης εδαφικού νερού) για αποφυγή συμπτωμάτων μάρανσης. Η ωφέλιμη υδατοχωρητικότητα ενός μέσης σύστασης εδάφους είναι περίπου 10%, το βάθος του ριζοστρώματος 1,5 m και οι απώλειες εξάτμισης 16,6%. Η συνιστώμενη δόση άρδευσης (D) της αμπελοκαλλιέργειας ανά στρέμμα υπολογίζεται ως (Καρακατσούλης, 1994):

- $D = (\text{ωφέλιμη υδατοχωρητικότητα}) \cdot (\text{βάθος ριζοστρώματος}) \cdot (\text{εμβαδόν στρέμματος}) \cdot (\text{μέγιστο επιτρεπόμενο ποσοστό εξάντλησης εδαφικού νερού})$ (4)

Για τον υπολογισμό των ετήσιων αναγκών σε αρδευτικό νερό θα πρέπει να συνυπολογιστεί το νερό που προστίθεται λόγω των ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων το οποίο κυμαίνεται από έτος σε έτος. Στην πράξη η άρδευση επαναλαμβάνεται ανά 15 περίπου ημέρες για δε τα οиноποιήσιμα αμπέλια η περίοδος άρδευσης ξεκινάει στα μέσα Μαΐου και ολοκληρώνεται στο τέλος Ιουλίου, περίπου 6 αρδεύσεις (Κούσουλας, 2002). Για τη στήριξη των φυτών αμπέλου χρησιμοποιείται γαλβανισμένο σύρμα που αποτελείται από 99,5% σίδηρο και 0,5% ψευδάργυρο κατά βάρος ενώ 1 m σύρματος πάχους 3 mm ζυγίζει 55,5 gr (<http://www.georgantas.gr/proionta/sirmata/galvanize/koino-malako.html>). Υπάρχουν 5 σειρές σύρμα ανά γραμμή καλλιέργειας (μία μονή και δύο διπλές) διαμέτρου 3 mm και οι αποστάσεις φύτευσης μεταξύ των γραμμών είναι 2,30 m. Τα συνολικά βάρη του σύρματος, του σιδήρου και του ψευδαργύρου ανά στρέμμα προκύπτουν από τις ακόλουθες σχέσεις:

- Συνολικό βάρος σύρματος ανά στρέμμα = (αριθμός σειρών σύρματος ανά γραμμή) · (εμβαδό στρέμματος) · 0,0555 / (απόσταση μεταξύ γραμμών) (5)

- Συνολικό βάρος σιδήρου ανά στρέμμα = (συνολικό βάρος σύρματος ανά στρέμμα) · 0,995 (6)

- Συνολικό βάρος ψευδαργύρου ανά στρέμμα = (συνολικό βάρος σύρματος ανά στρέμμα) · 0,005 (7)

Κατά τη λειτουργία του γεωργικού ελκυστήρα καταναλώνεται πετρέλαιο ως καύσιμη ύλη κίνησης και έλξης ανά γεωργική εργασία (Πίνακας 4). Ισχύει ότι 1 lt πετρελαίου ντίζελ αντιστοιχεί σε περίπου 0,85 kgr, οπότε η συνολική κατανάλωση πετρελαίου για κάθε διεργασία προκύπτει ως (http://www.answers.com/Q/1_kg_diesel_oil_is_how_many_litres):

- Συνολική κατανάλωση πετρελαίου (kgr) = 0,85 · (κατανάλωση πετρελαίου κατά την εργασία) · (αριθμός επαναλήψεων της εργασίας) (8)

Πίνακας 4. Κατανάλωση πετρελαίου κίνησης ανά γεωργική εργασία ελκυστήρα (Τζιβανόπουλος, 1993; FARMACON, 2015)

Γεωργική εργασία ελκυστήρα	Κατανάλωση πετρελαίου lt/στρέμμα
Βαθύ όργωμα	2,5
Ελαφρύ όργωμα	0,8
Δισκοσβάρνισμα	0,7
Φρεζάρισμα	0,4
Λειτουργία αρίδας	2
Εφαρμογή λίπανσης	0,2
Διανομή κοπριάς	0,7
Σπορά φυτών	0,5
Ψεκασμός	0,15
Κορυφολόγημα	0,4

Με βάση τη συνολική κατανάλωση πετρελαίου υπολογίζονται οι αέριες εκπομπές καυσαερίων λαμβάνοντας υπόψη ότι από την καύση 1 kgr πετρελαίου κίνησης εκπέμπονται 3,142 kgr CO₂, 0,006 kgr SO₂, 0,000572 kgr CO, 0,002384 kgr NO_x, 0,000191 kgr HC και 0,000286 kgr αιωρούμενων σωματιδίων (>2,5 μm και <10 μm) (Αραβαντινός κ.ά., 1999). Τα

συνολικά αποτελέσματα απογραφής και κατηγοροποίησης των επιπτώσεων για την περίπτωση της ΘΣ τα οποία αφορούν σε περίοδο μελέτης 3-ετών από την προετοιμασία για φύτευση έως την έναρξη της πρώτης συγκομιδής του αμπελώνα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στους Πίνακες 5 και 6 αντίστοιχα.

Πίνακας 5. Συνολικά αποτελέσματα απογραφής - ΘΣ (Inventory results)

Εισροές				
Ροή	Κατηγορία	Υπο-κατηγορία	Μονάδα	Ποσό
Κάλιο	Ροές προϊόντος		kg	20.00000
Φώσφορος	Ροές προϊόντος		kg	6.50000
Αζωτο	Ροές προϊόντος		kg	45.00000
Cypermethrin	Ροές προϊόντος		kg	0.01000
Dinocap	Ροές προϊόντος		kg	0.22500
Βορδιγάλειος πολτός	Ροές προϊόντος		kg	1.80000
Πετρέλαιο	Ροές προϊόντος		kg	13.13250
Νερό άρδευσης	Ροές προϊόντος		m ³	1890.00000
Maneb	Ροές προϊόντος		kg	0.30000
Σύρμα γαλβανισμένο	Ροές προϊόντος		kg	120.65700
Εκροές				
Χαλκός (+II)	έδαφος	γεωργικό	kg	0.67800
Cypermethrin	αέρας	ακαθόριστο	kg	0.01000
Οξείδια αζώτου	αέρας	ακαθόριστο	kg	0.03131
Διοξείδιο θείου	αέρας	ακαθόριστο	kg	0.07880
Maneb	νερό	ακαθόριστο	kg	0.30000
Σίδηρος	πόρος	στο έδαφος	kg	120.05400
Νιτρικά	έδαφος	γεωργικό	kg	79.71400
Διοξείδιο άνθρακα	αέρας	ακαθόριστο	kg	41.26232
Μονοξείδιο άνθρακα	αέρας	ακαθόριστο	kg	0.00751
Υδρογονάνθρακες, ακαθόριστο	αέρας	ακαθόριστο	kg	0.00251
Αιωρ. σωματίδια, > 2.5 um και < 10um	αέρας	ακαθόριστο	kg	0.00376
Νερό, ακαθόριστο φυσικής προέλευσης	πόρος	ακαθόριστο	m ³	313.74000
DINOCAP	έδαφος	γεωργικό	kg	0.22500
Ψευδάργυρος	πόρος	στο έδαφος	kg	0.60300
Φώσφορος	έδαφος	γεωργικό	kg	4.55000

Στο στάδιο του χαρακτηρισμού γίνεται η ποσοτικοποίηση της συμβολής των εισροών και εκροών των διεργασιών στις διάφορες κατηγορίες επιπτώσεων. Η τιμή κάθε κατηγορίας επιπτώσεων υπολογίζεται σε ισοδύναμες μονάδες ενός χαρακτηριστικού για την κατηγορία είδους εισροής και εκροής. Στον Πίνακα 7 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα της εκτίμησης επιπτώσεων μετά το στάδιο χαρακτηρισμού, για τις περιπτώσεις ΘΣ, ΘΒ, ΠΣ και ΠΒ αντίστοιχα, ανά κατηγορία επιπτώσεων για το σύνολο των εισροών και εκροών που αντιστοιχούν σε κάθε κατηγορία. Τα αποτελέσματα αυτά συγκρίνονται μεταξύ τους για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τη συμβολή κάθε μορφής καλλιέργειας στις διαφορετικές κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων με βάση την επιλεχθείσα λειτουργική μονάδα (referenceunit) ώστε να είναι δυνατή η σύγκριση των αποτελεσμάτων.

Πίνακας 6.Κατηγοριοποίηση - ΘΣ

Κατηγορίες επιπτώσεων	Πρωταρχικές ροές										
	Διοξείδιο άνθρακα	Οξείδια αζώτου	Διοξείδιο θείου	Σωματίδια	Σίδηρος	Ψευδάργυρος	Φόσφορος	Maneb	Dinocap	Cypermethrin	Νερό
Κλιματική Αλλαγή	v										
Οικο-τοξικότητα γλυκών υδάτων										v	
Ευτροφισμός γλυκών υδάτων							v				
Ανθρώπινη τοξικότητα								v	v	v	
Θαλάσσια οικο-τοξικότητα										v	
Θαλάσσιος ευτροφισμός		v									
Εξάντληση μετάλλων					v	v					
Αιρούμενα σωματίδια		v	v	v							
Σχηματισμός φωτοχημικής οξείδωσης		v	v								
Χερσαία οξύτητα		v	v								
Χερσαία οικο-τοξικότητα										v	
Εξάντληση υδάτων											v

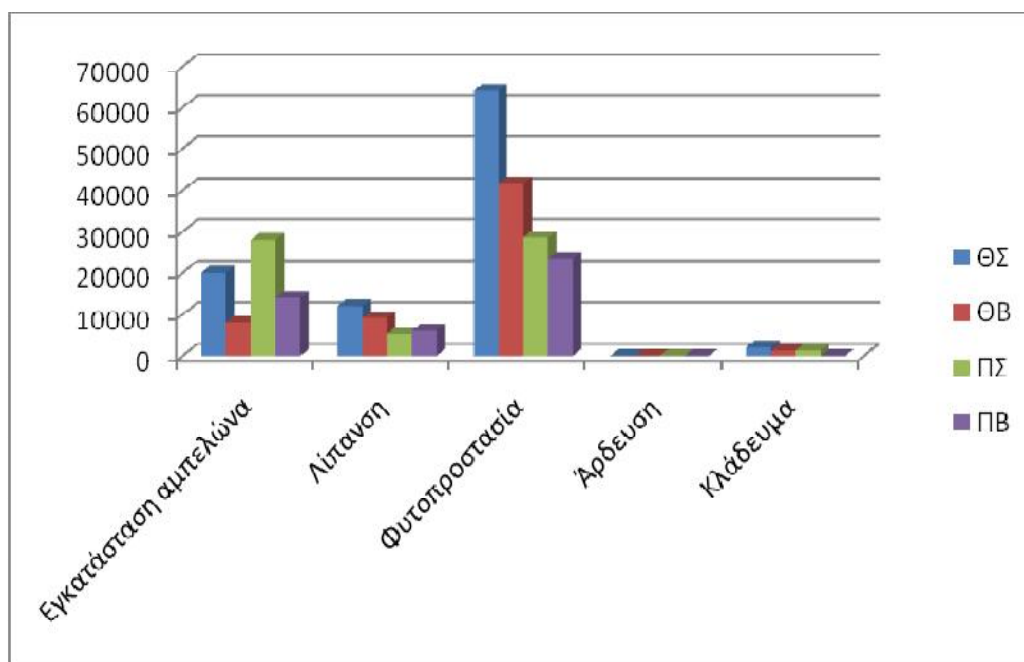
Πίνακας 7. Αποτελέσματα εκτίμησης επιπτώσεων AKZ (LCIAResults)

Κατηγορία Επιπτώσεων	ΘΣ	ΘΒ	ΠΣ	ΠΒ	Μονάδα Αναφοράς
Ανθρώπινη τοξικότητα	3.48383	0.00000	6.42969	0.00000	kg 1,4-DB eq
Εξάντληση υδάτων	313.74000	313.74000	35.55720	53.78400	m ³
Θαλάσσιος ευτροφισμός	0.00122	0.00120	0.00114	0.00102	kg N eq
Χερσαία οικο-τοξικότητα	47.53996	0.00000	94.97753	0.00000	kg 1,4-DB eq
Ευτροφισμός γλυκών υδάτων	4.55000	2.70900	2.85950	2.70900	kg P eq
Οικο-τοξικότητα γλυκών υδάτων	31.58855	0.00000	63.04208	0.00000	kg 1,4-DB eq
Εξάντληση μετάλλων	121.41361	121.41361	145.69144	169.97426	kg Fe eq
Θαλάσσια οικο-τοξικότητα	5.79236	0.00000	11.57967	0.00000	kg 1,4-DB eq
Σχηματισμός φωτοχ.οξείδ/σης	0.03804	0.03730	0.03558	0.03188	kgNMVOC
Αιρούμενασωματ ίδια (PM)	0.02640	0.02589	0.02469	0.02213	kgPM10 eq
Χερσαία οξύτητα	0.09633	0.09446	0.09009	0.08074	kg SO2 eq
Κλιματική Αλλαγή	41.26232	40.46110	38.59162	34.58556	kg CO2 eq

Η ανάλυση κατέδειξε ότι οι πιο επιβαρυντικές επιπτώσεις για το περιβάλλον είναι κυρίως αυτές που προκαλούνται από τη χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων καθώς σχετίζονται άμεσα με τη γονιμότητα και την τοξικότητα του εδάφους. Τα παραγόμενα προϊόντα μπορεί να έχουν συνήθως καλύτερη όψη, έχουν όμως χαμηλότερη θρεπτική αξία για τον άνθρωπο (Φουκουόκα, 1985).

Η χρήση γεωργικών ελκυστήρων είναι αναπόφευκτη στη συμβατική γεωργία για την εκτέλεση ορισμένων καλλιεργητικών εργασιών, όπως το βαθύ όργωμα, το φρεζάρισμα ή το δισκοσβάρνισμα. Οι ελκυστήρες αυτοί συνήθως χρησιμοποιούνται και για τις υπόλοιπες γεωργικές εργασίες όπως η σπορά και ο ψεκασμός των φυτών. Συνέπεια της χρήσης αυτής, πέρα από τις αυξημένες απαιτήσεις τους σε ενέργεια και τις επιπτώσεις από την εκπομπή καυσαερίων, είναι η συμπίεση του εδάφους με αποτέλεσμα να μειώνεται σημαντικά η διαπερατότητά του, ο αερισμός του και να δημιουργούνται δυσμενείς συνθήκες για την υγιή ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των φυτών. Στο Διάγραμμα 1, παρουσιάζονται τα συγκριτικά αποτελέσματα μεταξύ όλων των υπό μελέτη περιπτώσεων αμπελοκαλλιέργειας που αναλύθηκαν ανά διεργασία και αφορούν σε επιπτώσεις από τη συμπίεση του εδάφους. Όσο μεγαλύτερο είναι το εφαρμοζόμενο βάρος σε kgr τόσο δυσμενέστερες είναι οι επιπτώσεις από τη συμπίεση του εδάφους. Η εκτίμηση της συγκεκριμένης επιβάρυνσης μπορεί να υπολογιστεί ως ακολούθως:

- Επιβάρυνση από συμπίεση εδάφους = (βάρος ελκυστήρα)·(αριθμός διελεύσεων ελκυστήρα) (9)



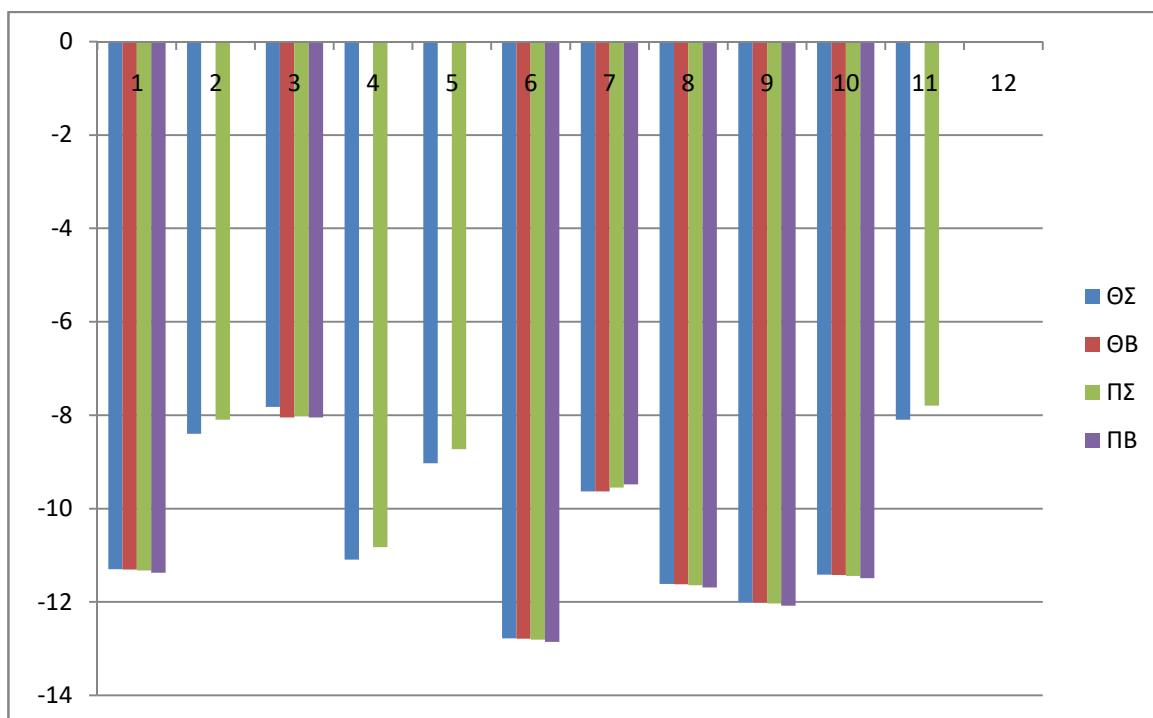
Διάγραμμα 1: Συγκριτικά αποτελέσματα συμπίεσης εδάφους ανά διεργασία (σε kgr).

Στην παρούσα εργασία έγινε κανονικοποίηση για όλες τις υπό μελέτη περιπτώσεις αμπελοκαλλιέργειας, αν και είναι προαιρετική σύμφωνα με το πρότυπο ISO 14040 (Πίνακας 8). Στο στάδιο της κανονικοποίησης δίνεται η δυνατότητα σύγκρισης των αποτελεσμάτων της εκτίμησης επιπτώσεων για συγκεκριμένες κατηγορίες επιπτώσεων με αντίστοιχες εκτιμήσεις για το σύνολο του ευρωπαϊκού πληθυσμού το έτος αναφοράς, που για τη συγκεκριμένη επιλεχθείσα μέθοδο εκτίμησης είναι το έτος 2000. Με τον τρόπο αυτό μπορούν να

εντοπιστούν οι κατηγορίες επιπτώσεων με τη μεγαλύτερη συμβολή σε ευρωπαϊκό επίπεδο σε σχέση με τις αντίστοιχες επιπτώσεις το έτος 2000.

Πίνακας 8. Αποτελέσματα κανονικοποίησης.

	Κατηγορίες επιπτώσεων	ΘΣ	ΘΒ	ΠΣ	ΠΒ
1	Κλιματική Αλλαγή	5,06E-12	4,96E-12	4,74E-12	4,24E-12
2	Οικο-τοξικότητα γλυκών υδάτων	4,00E-09	0.00000	7,98E-09	0.00000
3	Ευτροφισμός γλυκών υδάτων	1,51E-08	9,00E-09	9,50E-09	9,00E-09
4	Ανθρώπινη τοξικότητα	8,08E-12	0.00000	1,49E-11	0.00000
5	Θαλάσσια οικο-τοξικότητα	9,37E-10	0.00000	1,87E-09	0.00000
6	Θαλάσσιος ευτροφισμός	1,66E-13	1,63E-13	1,55E-13	1,39E-13
7	Εξάντληση μετάλλων	2,34E-10	2,34E-10	2,81E-10	3,28E-10
8	Αιρούμενασωματίδια	2,44E-12	2,40E-12	2,29E-12	2,05E-12
9	Σχηματισμός φωτοχημικής οξείδωσης	9,86E-13	9,66E-13	9,22E-13	8,26E-13
10	Χερσαία οξύτητα	3,85E-12	3,78E-12	3,60E-12	3,23E-12
11	Χερσαία οικο-τοξικότητα	7,98E-09	0.00000	1,59E-08	0.00000
12	Εξάντληση υδάτων	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000



Διάγραμμα 2. Συγκριτικά αποτελέσματα κανονικοποίησης μεταξύ όλων των υπό μελέτη περιπτώσεων αμπελοκαλλιέργειας για κάθε κατηγορία επιπτώσεων (σε λογαριθμική κλίμακα, οι αριθμοί 1 έως 12 του οριζόντιου άξονα αντιστοιχούν στις κατηγορίες επιπτώσεων του πίνακα 8)

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης χρησιμοποιούνται για συγκρίσεις προκειμένου να αναδειχθούν οι δυνατότητες καθορισμού περιβαλλοντικών προδιαγραφών, οι διαφορές στις περιβαλλοντικές επιδόσεις μεταξύ της συμβατικής και της βιολογικής αμπελοκαλλιέργειας καθώς και οι διαφορές μεταξύ θεωρητικού επιπέδου και επιπέδου εφαρμογής (Διάγραμμα 2).

Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης είναι φανερό ότι οι βιολογικές καλλιέργειες (ΘΒ και ΠΒ) παρουσιάζουν μηδενική τιμή κανονικοποίησης για τις κατηγορίες επιπτώσεων “οικοτοξικότητα γλυκών υδάτων”, “ανθρώπινη τοξικότητα”, “θαλάσσια οικοτοξικότητα”, “χερσαία οικοτοξικότητα” και “εξάντληση υδάτων”. Οι συμβατικές καλλιέργειες (ΘΣ και ΠΣ) παρουσιάζουν μηδενική τιμή μόνο στην κατηγορία “εξάντληση υδάτων”. Σε κάθε μια από τις υπόλοιπες κατηγορίες επιπτώσεων όλες οι καλλιέργειες παρουσιάζουν παρόμοιες τιμές κανονικοποίησης με υψηλότερες τιμές στην κατηγορία “ευτροφισμό γλυκών υδάτων” και χαμηλότερες στον “θαλάσσιο ευτροφισμό”. Γενικά σε όλες τις κατηγορίες επιπτώσεων οι βιολογικές καλλιέργειες παρουσιάζουν μικρότερες ή οριακά ίσες τιμές με αυτές των συμβατικών.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων κάθε περίπτωσης ξεχωριστά, αλλά και από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων των διαφορετικών περιπτώσεων αμπελοκαλλιέργειας προκύπτει ότι:

- Από τις διεργασίες του υπό μελέτη συστήματος, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της απογραφής των δεδομένων, τη σημαντικότερη επιβάρυνση στο περιβάλλον φαίνεται να έχει η διεργασία της φυτοπροστασίας και ακολουθούν η εγκατάσταση του αμπελώνα, η λίπανση, το κλάδευμα και η άρδευση.
- Από τις τέσσερις περιπτώσεις καλλιέργειας που εξετάστηκαν, σύμφωνα με τα αποτελέσματα χαρακτηρισμού, μεγαλύτερες και σημαντικότερες επιπτώσεις προκαλούνται, τόσο σε θεωρητικό επίπεδο όσο και στην πράξη, από τη συμβατική καλλιέργεια παρά από την αντίστοιχη βιολογική
- Στο βιολογικό αμπελώνα αποφεύγονται τα βαθιά οργώματα και γενικότερα επιδιώκεται η περιορισμένη χρήση του γεωργικού ελκυστήρα με αποτέλεσμα η αντίστοιχη περιβαλλοντική επιβάρυνση από την κατανάλωση ενέργειας, την εκπομπή καυσαερίων και τη συμπίεση του εδάφους να είναι μικρότερη από ότι στο συμβατικό αμπελώνα
- Στον βιολογικό αμπελώνα δεν χρησιμοποιούνται συνθετικά φυτοφάρμακα οπότε οι τιμές της τοξικότητας στον άνθρωπο (“ανθρώπινη τοξικότητα”) και της οικοτοξικότητας είναι μικρότερες από τις αντίστοιχες του συμβατικού αμπελώνα
- Στον βιολογικό αμπελώνα δεν χρησιμοποιούνται ανόργανα λιπάσματα παρά μόνο οργανικά, γεγονός που έχει θετική επίδραση στην ανάπτυξη των ωφέλιμων μικροοργανισμών του εδάφους άρα και στην αύξηση της γονιμότητας του εδάφους, ενώ ταυτόχρονα μειώνεται η επίδραση στο φαινόμενο του ευτροφισμού (Brady & Weil, 2002)
- Τέλος, τουλάχιστον από τις μελέτες περίπτωσης, φαίνεται ότι οι παραγωγοί δεν ακολουθούν πάντοτε πιστά μια συγκεκριμένη μέθοδο καλλιέργειας. Συνήθως στη συμβατική καλλιέργεια όταν υπάρχει η δυνατότητα ένα μέρος της ανόργανης λίπανσης αντικαθίσταται από οργανική και ένα μέρος της φυτοπροστασίας γίνεται με φυσικά φυτοπροστατευτικά σκευάσματα. Αυτά έχουν θετική επίδραση στην περιβαλλοντική επίδραση της εκμετάλλευσης. Από την άλλη, μπορεί ένας παραγωγός βιολογικής καλλιέργειας να προβεί σε ορισμένες ενέργειες που δεν είναι απαγορευτικές για τη μέθοδο καλλιέργειας, αλλά επιβαρύνουν αδικαιολόγητα το περιβάλλον μακροπρόθεσμα (πχ. χρήση ελκυστήρων, βαθύ όργωμα).

Η εφαρμογή της μεθόδου AKZ στη μελέτη των επιπτώσεων της αμπελουργίας και στη γεωργία γενικότερα κρίνεται άκρως επωφελής και αναγκαία. Μέσω αυτής μπορεί να γίνει πιο συστηματική και πλήρης η καταγραφή και αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από γεωργικές εκμεταλλεύσεις. Η AKZ αναδεικνύει τις σημαντικότερες κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων και τις επιμέρους ροές κάθε κατηγορίας, τόσο ποιοτικά όσο και

ποσοτικά. Με αυτόν τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα επικέντρωσης των προσπαθειών απομείωσης των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε συγκεκριμένους παράγοντες ώστε να επιτυγχάνεται το βέλτιστο αποτέλεσμα με το μικρότερο κόστος. Επιπρόσθετα, η ΑΚΖ επιτρέπει τη σύγκριση της περιβαλλοντικής επίδοσης τόσο μεταξύ φυτικών ειδών και ποικιλιών όσο και μεταξύ μεθόδων και πρακτικών καλλιέργειας με αποτέλεσμα τον καλύτερο σχεδιασμό της αγροτικής παραγωγής μιας περιοχής με την επιλογή του καταλληλότερου είδους και μεθόδου καλλιέργειας με το μεγαλύτερο δυνατό οικονομικό αλλά και περιβαλλοντικό όφελος.

Μία αρχική εκδοχή αυτής της εργασίας παρουσιάστηκε στο 3^ο Κοινό Συνέδριο (13^ο της ΕΥΕ, 9^ο της ΕΕΔΥΠ και 1^ο του ΕΥΣ) «Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Πόρων στη Νέα Εποχή», Αθήνα, 10-12 Δεκεμβρίου 2015.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική:

- Αγροτικές Εκδόσεις, 1990, Φυτοπροστασία θρέψη: Αφιέρωμα Αμπέλι, Γεωργία και Ανάπτυξη, Τεύχος 4(8)
- Αραβαντινός Α., Βλαστός Θ., Εμμανουήλ Δ., Μαρίνος – Κουρής Δ., Μέμος Κ., Σκίκος Γ., Σμπόνιας Κ., Τσούτσος Θ., 1999, *Εισαγωγή στο Φυσικό και Ανθρωπογενές Περιβάλλον: Τόμος Β1: Το Ανθρωπογενές Περιβάλλον*, ΕΑΠ, Πάτρα
- ΕΛΟΤ – Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης, 2006, *ΕΛΟΤ ENISO 9000: Ελληνικό Πρότυπο ΕΛΟΤ: Συστήματα Διαχείρισης Ποιότητας: Θεμελιώδεις αρχές και λεξιλόγιο*, (2^η έκδοση), ΕΛΟΤ, Αθήνα
- Θανασουλόπουλος, κ., 1990, *Μυκητολογικές Ασθένειες Δένδρων και Αμπέλου: Μαθήματα Ειδικής Φυτοπαθολογίας*, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη
- Θεριός, Ι., 1991, *Σημειώσεις θρέψης φυτού και λιπασμάτων II*, Εκδόσεις: Υπηρεσία Δημοσιευμάτων - Πανεπιστημιακό Τυπογραφείο Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη
- Καρακατσούλης, Π., 1994, *Αρδεύσεις Στραγγίσεις και Προστασία Εδαφών*, Ίδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα
- Κούσουλας, Κ., 2002, *Το Ημερολόγιο του Αμπελουργού, Γεωργική Τεχνολογία/ Εκδοτική Αγροτεχνική και Εμπορική Α.Ε., Αθήνα*
- Παπαδοπούλου – Μουρκίδου, Ε., 1990, *Γεωργικά Φάρμακα: Διδακτικές σημειώσεις: Μέρος I*, Εκδόσεις: Υπηρεσία Δημοσιευμάτων - Πανεπιστημιακό Τυπογραφείο Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη
- Παπαδοπούλου – Μουρκίδου, Ε., 1991, *Γεωργικά Φάρμακα: Διδακτικές σημειώσεις: Μέρος II*, Εκδόσεις: Υπηρεσία Δημοσιευμάτων - Πανεπιστημιακό Τυπογραφείο Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη
- Τζιβανόπουλος, Κ., 1993, *Γεωργικά Μηχανήματα*, Ίδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα
- Φουκουόκα Μ. 1985. Η Φυσική Καλλιέργεια: Η Θεωρία και η Πρακτική της Πράσινης Φιλοσοφίας, Μετάφραση Μανίκης Π., Έκδοση: Υιοί Α. Υφαντή Ο.Ε., Θεσσαλονίκη.

Ξενόγλωσση:

- Brady C. N., Weil R. R. 2002. *The Nature and Properties of Soil*, 13th Edition, Prentice Hall, New Jersey, USA
- Gasso V., Oudshoorn F. W., Sørensen C. A. G., Pedersen H. H. 2014. *An environmental LCA of controlled traffic farming*, Journal of Cleaner Production, 73, 175-182
- Goedkoop M., Heijungs R., Huijbregts M., Schryver A. and Zelm R. 2013, "ReCiPe 2008, A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level", 1rd.

- Hokazono S., Hayashi K. 2012. *Variability in environmental impacts during conversion from conventional to organic farming: a comparison among three rice production systems in Japan*, Journal of cleaner production, 28,101-112
- ISO 14040:2006, 2006. *Environmental Management-LCA-Principles and Framework*, Geneva, Switzerland.
- ISO 14044:2006, 2006. *Environmental Management-LCA-Requirements and guidelines*, Geneva, Switzerland.
- Meier M. S., Stoessel F., Jungbluth N., Juraske R., Schader C., Stolze M. 2014. *Environmental impacts of organic and conventional agricultural products – Are the differences captured by the LCA?*, Journal of Environmental Management, 149, 193-208
- Nemecek T., Dubois D., Huguenin-Elie O., Gaillard G. 2011. *LCA of Swiss farming systems: I Integrated and organic farming*, Agricultural Systems, 104(3), 217-232
- Van Linden V., Herman L. 2014. *A fuel consumption model for off-road use of mobile machinery in agriculture*, Energy, 77, 880-889.

Ηλεκτρονική:

- Answers, http://www.answers.com/Q/1_kg_diesel_oil_is_how_many_litres (Τελευταία Πρόσβαση 6 Ιανουαρίου 2015)
- FARMACON, <http://www.farmacon.gr/articles/equipment/56-trakter> (Τελευταία πρόσβαση 28 Ιανουαρίου 2015)
- ICOMIA (International Council of Marine Industry Associations), <http://www.icomia.com/library/Default.aspx>, (Τελευταία πρόσβαση 30 Νοεμβρίου 2014)
- OpenLCA, <http://www.openlca.org/openlca> (Τελευταία πρόσβαση 3 Φεβρουαρίου 2015).