



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

*ΤΟΜΕΑΣ ΙΙ: ΑΝΑΛΥΣΗΣ, ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ & ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ & ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ*

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ & ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ

ΤΙΤΛΟΣ

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΚΧΥΛΙΣΜΑΤΩΝ ΣΤΕΒΙΑΣ
– Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ**

Διπλωματική Εργασία

Κωνσταντίνος Γ. Γκαντέλας

ΕΠΙΒΛΕΨΗ

ΚΡΟΚΙΔΑ Μ.

Καθηγήτρια ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2021

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στην σημερινή εποχή, όπου παρατηρείται συνεχώς αυξανόμενη ανάγκη για κατανάλωση τροφίμων, λόγω του ολοένα και μεγαλύτερου ανθρώπινου πληθυσμού, είναι επιτακτική η ανάγκη να βρεθούν λύσεις που θα προσφέρουν βιώσιμες και φιλικές προς το περιβάλλον μεθόδους παραγωγής των απαραίτητων τροφών. Είναι επίσης γνωστό το ότι η ζάχαρη ως η πλέον διαδεδομένη γλυκαντική ουσία, προκαλεί ή επιδεινώνει προβλήματα υγείας. Οπότε πρέπει να μελετηθούν υγιεινές εναλλακτικές, των οποίων όμως η μαζική παραγωγή, δεν θα προκαλεί μεγαλύτερα προβλήματα από αυτά που λύνει, μέσω τις επιδείνωσης των περιβαλλοντικών προβλημάτων.

Η στέβια αποτελεί ένα γηγενές φυτό της Παραγουάης, που από την αρχαιότητα κιόλας χρησιμοποιούνταν για τις θεραπευτικές του ιδιότητες, χρησιμοποιώντας τα φύλλα του σε αφεψήματα με γλυκιά γεύση. Η μετέπειτα ανακάλυψη του από τον δυτικό κόσμο και η ανάλυση του, επέτρεψαν την απομόνωση των ουσιών που προσδίδουν στα φύλλα την χαρακτηριστική τους γεύση, καθώς και αυτών που έχουν τις ευεργετικές ιδιότητες για τον ανθρώπινο οργανισμό. Τα τελευταία χρόνια ιδιαίτερα, η χρήση της στέβιας ως γλυκαντικής ουσίας, αντί της συμβατικής ζάχαρης, έχει εξαπλωθεί σε πολλά προϊόντα. Ως εκ τούτου πρέπει να μελετηθεί η διαδικασία παραγωγής του προϊόντος στέβιας και να αξιολογηθεί το περιβαλλοντικό της αποτύπωμα.

Η γεωργία ακριβείας αποτελεί μία εναλλακτική μέθοδο καλλιέργειας, που βασίζεται στις διαφορετικές ανάγκες για εισροές που παρουσιάζονται σε κάποιο αγροτεμάχιο. Η γεωργία ακριβείας επομένως, έρχεται να αντικαταστήσει την συμβατική μορφή καλλιέργειας που ακολουθεί μία ομοιόμορφη αντιμετώπιση στις ανάγκες του αγροκτήματος. Η παραλλακτικότητα που παρουσιάζει το αγροτεμάχιο και η οποία εντοπίζεται από διάφορες μετρήσεις που γίνονται σε αυτό, οδηγεί σε πιο αποτελεσματική χρήση των εισροών, που συχνά οδηγεί σε μείωση τους, άρα σε μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος της διαδικασίας και μείωση των εξόδων του καλλιεργητή. Παρόλο που η μέθοδος της γεωργίας καλλιέργειας υπάρχει για δεκαετίες, η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών και η υιοθέτηση τους στην διαδικασία της καλλιέργειας, δημιουργεί νέες προοπτικές.

Η διαδικασία της αξιολόγησης κύκλου ζωής, δεν είναι μία καινούρια έννοια. Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας όμως έχει καταστήσει δυνατό την σημαντική διευκόλυνση στην εκπόνηση της. Συγκεκριμένα, στην αξιολόγηση κύκλου ζωής, συλλέγονται δεδομένα για κάθε κομμάτι της παραγωγικής διαδικασίας, επεξεργάζονται καταλλήλως και ανάλογα με την μέθοδο περιβαλλοντικών επιπτώσεων που έχει επιλέξει ο ερευνητής, δίνονται τα δυνητικά περιβαλλοντικά αποτυπώματα για κάθε τομέα ενδιαφέροντος και για κάθε διεργασία της παραγωγικής διαδικασίας.

Η εν λόγω διπλωματική εργασία, μελετά το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της παραγωγικής διαδικασίας της στέβιας, ως προϊόν μεγάλου εμπορικού ενδιαφέροντος, μέσω της μεθόδου αξιολόγησης κύκλου ζωής. Επιπλέον, μελετάται το πως αυτό το περιβαλλοντικό αποτύπωμα μπορεί να επηρεαστεί από την εφαρμογή των μεθόδων καλλιέργειας της γεωργίας ακριβείας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός τς παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν ο υπολογισμός του περιβαλλοντικού αποτυπώματος που αποδίδεται στο περιβάλλον από την παραγωγή ενός κιλού εκχυλίσματος στέβιας. Επίσης, μελετάται η επίδραση που έχει η εφαρμογή της γεωργίας ακριβείας, αντικαθιστώντας την συμβατική μέθοδο γεωργίας, στο αποτύπωμα αυτό .

Είναι κοινός τόπος ότι η ζάχαρη έχει κυρίαρχη θέση στην καθημερινότητα της πλειονότητας του ανθρώπινου πληθυσμού. Οι κίνδυνοι όμως που εγκυμονούν από την εκτεταμένη χρήση της, είναι μεγάλοι και πολύπλευροι. Για τον λόγο αυτό απαιτείται η μελέτη εναλλακτικών επιλογών που θα προσφέρουν πολλαπλά οφέλη και όχι μειονεκτήματα στον άνθρωπο. Σε αυτό το κομμάτι βρίσκει εφαρμογή η μελέτη αυτή, καθώς εξετάζει το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της παραγωγής του εκχυλίσματος της στέβιας, ώστε να ενθαρρύνει την μελλοντική εντατικοποίηση της παραγωγής του.

Για την μελέτη του περιβαλλοντικού αποτυπώματος, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος ανάλυσης κύκλου ζωής του προϊόντος μέσω του λογισμικού GaBi. Τα δεδομένα που χρειάστηκαν συλλέχθηκαν είτε μέσω ερωτηματολογίων, άμεσα από την εταιρεία που αναλαμβάνει την παραγωγή του προϊόντος στέβιας, είτε από έγκυρα βιβλιογραφικά δεδομένα σχετικά με τις διεργασίες που περιλαμβάνει η παραγωγική διαδικασία.

Για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων, δημιουργήθηκαν στο λογισμικό, διαγράμματα ροής που προσομοιάζουν την παραγωγική διαδικασία και εισήχθησαν σε αυτά τα δεδομένα που συλλέχθηκαν. Επιπλέον, δημιουργήθηκαν τρία διαφορετικά σενάρια, με μεταβαλλόμενες εισροές, με βάση τις αρχές της γεωργίας ακριβείας, ώστε να μελετηθεί και να αξιολογηθεί η συνεισφορά της στο περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Αυτά τα σενάρια συγκρίνονται τόσο μεταξύ τους, όσο και με την συμβατική καλλιέργεια, στις κατηγορίες επιπτώσεων που μελετά η επιλεγμένη μεθοδολογία ReCiPe 2016.

Έπειτα από την μελέτη των αποτελεσμάτων, φάνηκε ότι αρκετά μεγάλο μέρος της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης οφείλεται στην μεταφορά των αποξηραμένων φύλλων στην εγκατάσταση που επιτελείται η εκχύλιση, ενώ σημαντική συνεισφορά έχει ακόμη η χρήση αιθανόλης κατά την εκχύλιση. Όσον αφορά την γεωργία ακριβείας, φαίνεται ότι οι σταδιακά μειούμενες ροές, οδηγούν και σε σταδιακά μειούμενους ρύπους στις περισσότερες κατηγορίες που μελετώνται. Υπάρχουν βέβαια και εξαιρέσεις όπου το συνολικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα καθορίζεται κυρίως από τις κοινές διεργασίες των σεναρίων και άρα δεν επηρεάζεται ιδιαίτερα από τις μεταβαλλόμενες εισροές.

ABSTRACT

The goal of this thesis was to calculate the environmental footprint that is attributed to the environment by the production of 1 kg of stevia extract. Furthermore, replacement of the conventional agriculture method by precision agriculture and how this would affect the environmental footprint, is studied.

It is well known that sugar has a dominant place in the everyday life of the majority of the human population. Nonetheless, the extensive use of it may cause severe and multilateral health hazard. As a result, research should be conducted on alternative products, that would benefit human health and not endanger it. That is what this thesis is trying to achieve by assessing the environmental impact of the stevia extract, to encourage the adoption of an alternative sweetening product.

The life cycle assessment used to study the environmental footprint of the product was GaBi software. The data needed was collected directly from the company that is producing the stevia extract, via questionnaires or by using validated literature sources about the processes included in the production process.

The data collected was then used to construct flow diagrams in the software environment. After establishing the relations between the flows and filling up every process with the appropriate data, the software was able to calculate the results. Moreover, three different scenarios were created, based on precision agriculture principles, in order to study and assess how variable rates in the agricultural procedure can affect the production process total environmental impact. Additionally, these scenarios and their impacts are also compared to one another and also to the conventional agricultural procedure, in the impact categories that the life cycle impact assessment methodology ReCiPe 2016 uses.

After studying the results that were presented by GaBi, one can tell that the effect on the environmental impact that the transportation of the dried stevia leaves, to the facility where their infusion is done, is a large one. In addition, ethanol used during the infusion process also has a large impact on the environmental footprint. Regarding the precision agriculture, it seems that steadily reducing inputs to the field, lead to steadily reducing emissions in most of the impact categories that are being studied. There are also exceptions to that, because environmental footprint of some particular categories is determined by the processes that the different scenarios have in common and it is not affected by the variable input rates.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	iii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	v
ABSTRACT.....	vii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	ix
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	xiii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ	xvii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	xix
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	xxi
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Αντικείμενο και Στόχοι.....	1
1.2 Τοποθέτηση της διπλωματικής εργασίας – Μεθοδολογική προσέγγιση	1
1.3 Επιμέρους στόχοι – Αναμενόμενη συνεισφορά.....	1
1.4 Διάρθρωση.....	2
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Θεωρητικό Υπόβαθρο	3
2.1 Στέβια.....	3
2.1.1 Εισαγωγή.....	3
2.1.2 Χημεία και Ποιότητα.....	3
2.1.3 Οφέλη	7
2.1.4 Καλλιέργεια.....	10
2.1.5 Επεξεργασία.....	12
2.2 Γεωργία Ακριβείας.....	19
2.2.1 Εισαγωγή.....	19
2.2.2 Χαρτογράφηση εδαφικών ιδιοτήτων	20
2.2.3 Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (GIS).....	20
2.2.4 Ζώνες Διαχείρισης	21
2.2.5 Εφαρμογή εισροών με μεταβλητές δόσεις	21
2.2.6 Σύγχρονες τεχνικές	21
2.2.7 Αποτελέσματα σε καλλιέργειες.....	22
2.3 Αξιολόγηση Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ)	23
2.3.1 Ορισμός Στόχου και Πεδίου Εφαρμογής (Scope of the study)	27
2.3.2 Συλλογή Δεδομένων (Inventory)	28

2.3.3 Εκτίμηση Επιπτώσεων	30
2.3.4 Ερμηνεία	34
2.3.5 Έκθεση και ανακοίνωση των αποτελεσμάτων	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	37
3.1 Επιλογή Λογισμικού Πακέτου AKZ	37
3.2 Ορισμός Στόχου και Πεδίου Εφαρμογής (Goal and Scope of the study)	37
3.2.1 Ορισμός Συστήματος (Product System)	37
3.2.2 Λειτουργική Μονάδα (Functional Unit).....	38
3.2.3 Όρια (Boundaries).....	38
3.2.4 Διαδικασίες	38
3.2.5 Κατανομή πόρων	39
3.2.6 Απαιτήσεις ποιότητας προϊόντων	39
3.3 Συλλογή δεδομένων	39
3.3.1 Μεθοδολογία Συλλογής Δεδομένων.....	39
3.3.2 Δεδομένα Διεργασιών	40
3.4 AKZ Εξεταζόμενα Συστήματα.....	43
3.4.1 Υποσυστήματα.....	44
3.5 Αποτελέσματα AKZ	51
3.5.1 Αποτελέσματα Παραγωγής Στέβια-Κύριες Διεργασίες.....	51
3.5.2 Αποτελέσματα Παραγωγής Στέβιας-Αναλυτικές διεργασίες.....	62
3.5.3 Αποτελέσματα για την καλλιέργεια και σύγκριση τους με τα σενάρια της γεωργίας ακριβείας	72
3.6 Ερμηνεία Αποτελεσμάτων.....	83
3.6.1 Ερμηνεία αποτελεσμάτων παραγωγής στέβιας-Κύριες διεργασίες.....	83
3.6.2 Ερμηνεία αποτελεσμάτων παραγωγής στέβιας -Αναλυτικές διεργασίες	85
3.6.3 Σύγκριση Μεθόδων Καλλιέργειας.....	88
ΚΕΦΑΛΑΙΟ4: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ – ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	91
4.1 Συμπεράσματα-Παρατηρήσεις.....	91
4.1.1 Συμπεράσματα-Παρατηρήσεις για κύριες διεργασίες	91
4.1.2 Συμπεράσματα-Παρατηρήσεις για αναλυτικές διεργασίες.....	91
4.1.3 Συμπεράσματα-Παρατηρήσεις για σύγκριση των μεθόδων καλλιέργειας	91
4.2 Μελλοντικές Προτάσεις.....	92
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	95

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1. Κατηγορία Επίπτωσης Κλιματικής Αλλαγής, χωρίς τον Βιογενή Άνθρακα-Κύριες Διεργασίες.....	52
Διάγραμμα 2. Κατηγορία Επίπτωσης Κλιματικής Αλλαγής, με τον βιογενή άνθρακα- Κύριες Διεργασίες.....	52
Διάγραμμα 3. Κατηγορία Επίπτωσης Σχηματισμού Λεπτών Σωματιδίων- Κύριες Διεργασίες ...	53
Διάγραμμα 4. Κατηγορία Επίπτωσης Εξάντλησης Ορυκτών Πόρων- Κύριες Διεργασίες.....	53
Διάγραμμα 5. Κατηγορία Επίπτωσης Κατανάλωσης Φρέσκου Νερού- Κύριες Διεργασίες	54
Διάγραμμα 6. Κατηγορία Επίπτωσης Οικοτοξικότητας Φρέσκου Νερού- Κύριες Διεργασίες.....	54
Διάγραμμα 7. Κατηγορία Επίπτωσης Ευτροφισμού Φρέσκου Νερού- Κύριες Διεργασίες.....	55
Διάγραμμα 8. Κατηγορία Επίπτωσης Ανθρώπινης Τοξικότητας, Καρκινογενούς- Κύριες Διεργασίες.....	55
Διάγραμμα 9. Κατηγορία Επίπτωσης Ανθρώπινης Τοξικότητας, μη Καρκινογενούς- Κύριες Διεργασίες.....	56
Διάγραμμα 10. Κατηγορία Επίπτωσης Ιονίζουσας Ακτινοβολίας- Κύριες Διεργασίες.....	56
Διάγραμμα 11. Κατηγορία Επίπτωσης Χρήσης Γης- Κύριες Διεργασίες.....	57
Διάγραμμα 12. Κατηγορία Επίπτωσης Θαλάσσιας Οικοτοξικότητας- Κύριες Διεργασίες	57
Διάγραμμα 13. Κατηγορία Επίπτωσης Θαλάσσιου Ευτροφισμού- Κύριες Διεργασίες.....	58
Διάγραμμα 14. Κατηγορία Επίπτωσης Εξάντλησης Μεταλλευμάτων- Κύριες Διεργασίες	58
Διάγραμμα 15. Κατηγορία Επίπτωσης Σχηματισμού Φωτοχημικού Όζοντος, για Οικοσυστήματα- Κύριες Διεργασίες.....	59
Διάγραμμα 16. Κατηγορία Επίπτωσης Σχηματισμού Φωτοχημικού Όζοντος, για την Ανθρώπινη Υγεία- Κύριες Διεργασίες.....	59
Διάγραμμα 17. Κατηγορία Επίπτωσης Εξάντλησης του Στρατοσφαιρικού Όζοντος- Κύριες Διεργασίες.....	60
Διάγραμμα 18. Κατηγορία Επίπτωσης Χερσαίας Οξύνισης- Κύριες Διεργασίες	60
Διάγραμμα 19. Κατηγορία Επίπτωσης Χερσαίας Οικοτοξικότητας-Κύριες Διεργασίες	61
Διάγραμμα 20. Ποσοστιαία Συνεισφορά των Διεργασιών στην Εκάστοτε Κατηγορία – Παραγωγή Στέβια Επίπεδο Ανάλυσης 2.....	61
Διάγραμμα 21. Κατηγορία Επίπτωσης Κλιματικής Αλλαγής, χωρίς τον Βιογενή Άνθρακα – Αναλυτικές Διεργασίες	62
Διάγραμμα 22. Κατηγορία Επίπτωσης Κλιματικής Αλλαγής, με τον Βιογενή Άνθρακα – Αναλυτικές Διεργασίες	63
Διάγραμμα 23. Κατηγορία Επίπτωσης Σχηματισμού Λεπτών Σωματιδίων – Αναλυτικές Διεργασίες.....	63
Διάγραμμα 24. Κατηγορία Επίπτωσης Εξάντλησης Ορυκτών Πόρων– Αναλυτικές Διεργασίες .	64
Διάγραμμα 25. Κατηγορία Επίπτωσης Κατανάλωσης Φρέσκου Νερού– Αναλυτικές Διεργασίες	64
Διάγραμμα 26. Κατηγορία Επίπτωσης Οικοτοξικότητας Φρέσκου Νερού– Αναλυτικές Διεργασίες	65
Διάγραμμα 27. Κατηγορία Επίπτωσης Ευτροφισμού Φρέσκου Νερού– Αναλυτικές Διεργασίες	65

Διάγραμμα 28. Κατηγορία Επίπτωσης Ανθρώπινης Τοξικότητας, Καρκινογενούς– Αναλυτικές Διεργασίες.....	66
Διάγραμμα 29. Κατηγορία Επίπτωσης Ανθρώπινης Τοξικότητας, μη Καρκινογενούς– Αναλυτικές Διεργασίες.....	66
Διάγραμμα 30. Κατηγορία Επίπτωσης Ιονίζουσας Ακτινοβολίας– Αναλυτικές Διεργασίες.....	67
Διάγραμμα 31. Κατηγορία Επίπτωσης Χρήσης Γης– Αναλυτικές Διεργασίες.....	67
Διάγραμμα 32. Κατηγορία Επίπτωσης Θαλάσσιας Οικοτοξικότητας– Αναλυτικές Διεργασίες ..	68
Διάγραμμα 33. Κατηγορία Επίπτωσης Θαλάσσιου Ευτροφισμού– Αναλυτικές Διεργασίες.....	68
Διάγραμμα 34. Κατηγορία Επίπτωσης Εξάντλησης Μεταλλευμάτων– Αναλυτικές Διεργασίες .	69
Διάγραμμα 35. Κατηγορία Επίπτωσης Σχηματισμού Φωτοχημικού Όζοντος, για Οικοσυστήματα – Αναλυτικές Διεργασίες	69
Διάγραμμα 36. Κατηγορία Επίπτωσης Σχηματισμού Φωτοχημικού Όζοντος, για Ανθρώπινη Υγεία– Αναλυτικές Διεργασίες.....	70
Διάγραμμα 37. Κατηγορία Επίπτωσης Εξάντλησης Στρατοσφαιρικού Όζοντος– Αναλυτικές Διεργασίες.....	70
Διάγραμμα 38. Κατηγορία Επίπτωσης Χερσαίας Οξύνισης– Αναλυτικές Διεργασίες.....	71
Διάγραμμα 39. Κατηγορία Επίπτωσης Χερσαίας Οικοτοξικότητας– Αναλυτικές Διεργασίες.....	71
Διάγραμμα 40. Κατηγορία Επίπτωσης Κλιματικής Αλλαγής, χωρίς τον Βιογενή Άνθρακα – Σύγκριση Μεθόδων Καλλιέργειας.....	72
Διάγραμμα 41. Κατηγορία Επίπτωσης Κλιματικής Αλλαγής, με τον Βιογενή Άνθρακα – Σύγκριση Μεθόδων Καλλιέργειας.....	73
Διάγραμμα 42. Κατηγορία Επίπτωσης Σχηματισμού Λεπτών Σωματιδίων – Σύγκριση Μεθόδων Καλλιέργειας.....	73
Διάγραμμα 43. Κατηγορία Επίπτωσης Εξάντλησης Ορυκτών Πόρων – Σύγκριση Μεθόδων Καλλιέργειας.....	74
Διάγραμμα 44. Κατηγορία Επίπτωσης Κατανάλωσης Φρέσκου Νερού– Σύγκριση Μεθόδων Καλλιέργειας.....	74
Διάγραμμα 45. Κατηγορία Επίπτωσης Οικοτοξικότητας Φρέσκου Νερού– Σύγκριση Μεθόδων Καλλιέργειας.....	75
Διάγραμμα 46. Κατηγορία Επίπτωσης Ευτροφισμού Φρέσκου Νερού– Σύγκριση Μεθόδων Καλλιέργειας.....	75
Διάγραμμα 47. Κατηγορία Επίπτωσης Ανθρώπινης Τοξικότητας, Καρκινογενούς– Σύγκριση Μεθόδων Καλλιέργειας.....	76
Διάγραμμα 48. Κατηγορία Επίπτωσης Ανθρώπινης Τοξικότητας, μη Καρκινογενούς– Σύγκριση Μεθόδων Καλλιέργειας.....	76
Διάγραμμα 49. Κατηγορία Επίπτωσης Ιονίζουσας Ακτινοβολίας– Σύγκριση Μεθόδων Καλλιέργειας.....	77
Διάγραμμα 50. Κατηγορία Επίπτωσης Χρήσης Γης– Σύγκριση Μεθόδων Καλλιέργειας	77
Διάγραμμα 51. Κατηγορία Επίπτωσης Θαλάσσιας Οικοτοξικότητας– Σύγκριση Μεθόδων Καλλιέργειας.....	78
Διάγραμμα 52. Κατηγορία Επίπτωσης Θαλάσσιου Ευτροφισμού– Σύγκριση Μεθόδων Καλλιέργειας.....	78
Διάγραμμα 53. Κατηγορία Επίπτωσης Εξάντλησης Μεταλλευμάτων– Σύγκριση Μεθόδων Καλλιέργειας.....	79

Διάγραμμα 54. Κατηγορία Επίπτωσης Σχηματισμού Φωτοχημικού Όζοντος, για Οικουστήματα– Σύγκριση Μεθόδων Καλλιέργειας	79
Διάγραμμα 55. Κατηγορία Επίπτωσης Σχηματισμού Φωτοχημικού Όζοντος, για Ανθρώπινη Υγεία– Σύγκριση Μεθόδων Καλλιέργειας	80
Διάγραμμα 56. Κατηγορία Επίπτωσης Εξάντλησης Στρατοσφαιρικού Όζοντος– Σύγκριση Μεθόδων Καλλιέργειας.....	80
Διάγραμμα 57. Κατηγορία Επίπτωσης Χερσαίας Οξύνισης– Σύγκριση Μεθόδων Καλλιέργειας	81
Διάγραμμα 58. Κατηγορία Επίπτωσης Χερσαίας Οικοτοξικότητας– Σύγκριση Μεθόδων Καλλιέργειας.....	81

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Φυσικοχημικά Χαρακτηριστικά Στεβιόλης.....	4
Πίνακας 2. Φυσικοχημικά Χαρακτηριστικά Στεβιοσίδης	5
Πίνακας 3. Επίδραση Γεωργίας Ακριβείας σε Διάφορες Καλλιέργειες.....	22
Πίνακας 4. Midpoint Impact Categories	33
Πίνακας 5. Endpoint Impact Categories	34
Πίνακας 7. Προέλευση δεδομένων των διεργασιών	40
Πίνακας 8. Στοιχεία ανά Στρέμμα.....	41
Πίνακας 9. Παραγωγή 1kg τελικού προϊόντος	42
Πίνακας 10. Εύρεση της Ποσοστιαίας Συγκέντρωσης σε Άζωτο.....	46
Πίνακας 11. Σύγκριση των φύλλων στέβιας σε θρεπτικά, με κόμποστ	47
Πίνακας 12. Σενάριο 1 Γεωργίας Ακριβείας	49
Πίνακας 13. Σενάριο 2 Γεωργίας Ακριβείας	50
Πίνακας 14. Σενάριο 3 Γεωργίας Ακριβείας	51
Πίνακας 15. Αποτελέσματα Επιπτώσεων Κατηγοριών Τελικού Σημείου για Παραγωγή Στέβια	62
Πίνακας 16. Παρουσίαση Αριθμητικών Αποτελεσμάτων για τις Διάφορες Μεθόδους Καλλιέργειας (στις Διεργασίες που Διαφέρουν).....	82
Πίνακας 17. Αποτελέσματα Επιπτώσεων Κατηγοριών Τελικού Σημείου για Συμβατική Καλλιέργεια.....	82
Πίνακας 18. Αποτελέσματα Επιπτώσεων Κατηγοριών Τελικού Σημείου για Σενάριο 1 Γεωργίας Ακριβείας	82
Πίνακας 19. Αποτελέσματα Επιπτώσεων Κατηγοριών Τελικού Σημείου για Σενάριο 2 Γεωργίας Ακριβείας	82
Πίνακας 20. Αποτελέσματα Επιπτώσεων Κατηγοριών Τελικού Σημείου για Σενάριο 3 Γεωργίας Ακριβείας	82

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1. Διάγραμμα Ροής Επεξεργασίας Φύλλων Στέβιας	13
Σχήμα 2. Μεθοδολογία Εκτίμησης Επιπτώσεων ΑΚΖ.....	33
Σχήμα 3. Διάγραμμα Ροής Παραγωγής Στέβιας.....	44
Σχήμα 4. Διάγραμμα Ροής Καλλιέργειας Στέβιας.....	44
Σχήμα 5. Διάγραμμα Ροής Διεργασιών μετά την Συγκομιδή	45
Σχήμα 6. Διάγραμμα Ροής Εκχύλισης.....	46

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Μοριακή Δομή Στεβιόλης	4
Εικόνα 2. Μοριακή Δομή Στεβιοσίδης.....	5
Εικόνα 3. Μοριακή Δομή Ρεμπαουδιοσίδης Α.....	6
Εικόνα 4. Μοριακή Δομή Ρεμπαουδιοσίδης Β.....	6
Εικόνα 5. Μοριακή Δομή Ρεμπαουδιοσίδης C.....	7
Εικόνα 6. Περιγραφή Μεθοδολογίας ΑΚΖ.....	24
Εικόνα 7. Κύριες Φάσεις ΑΚΖ.....	25
Εικόνα 8. Χάρτες παραγωγής οπωρώνα μηλιάς για τρία χρόνια.....	48
Εικόνα 9. Χάρτες εφαρμογής φωσφορούχου και καλιούχου λιπανσης σε οπωρώνα ελιάς.....	49

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Αντικείμενο και Στόχοι

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η μελέτη της παραγωγής εκχυλίσματος στέβιας, η περιβαλλοντολογική αξιολόγηση του συνόλου των διεργασιών με κύριο στόχο να μελετηθεί πως μπορεί να επηρεαστεί η διαδικασία από την εφαρμογή της γεωργίας ακριβείας.

Η μεγάλη σημασία και το επιστημονικό ενδιαφέρον έγκειται στην ανάγκη για υιοθέτηση βιώσιμων και φιλικών προς το περιβάλλον μεθόδων παραγωγής διαφόρων προϊόντων. Η στέβια αποτελεί μία εξαιρετική εναλλακτική γλυκαντική ουσία, που θα αποκτήσει κυρίαρχο ρόλο στο μέλλον, άρα η μελέτη του περιβαλλοντικού αποτυπώματος παραγωγής της και της πιθανής μείωσης του από την αξιοποίηση της γεωργίας ακριβείας κρίνεται **καίριας σημασίας**.

1.2 Τοποθέτηση της διπλωματικής εργασίας - Μεθοδολογική προσέγγιση

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν να υπολογιστεί το **περιβαλλοντικό αποτύπωμα** που αποδίδεται στο περιβάλλον κατά την παραγωγή 1 κγεκχυλίσματος στέβιας και ο τρόπος με τον οποίο αυτό μεταβάλλεται αν στην θέση της συμβατικής καλλιέργειας, εφαρμοστεί η **γεωργία ακριβείας**.

Η μεθοδολογική προσέγγιση που υιοθετήθηκε ήταν αποτέλεσμα ενδελεχούς βιβλιογραφικής ανασκόπησης. Συγκεκριμένα, μέσω βιβλιογραφικών δεδομένων, ερωτηματολογίων που απαντήθηκαν από εξειδικευμένους συνεργάτες και βάσεων δεδομένων, συλλέχθηκαν οι απαραίτητες πληροφορίες για τις διεργασίες της παραγωγής. Τα δεδομένα στην συνέχεια αναλύθηκαν με χρήση του λογισμικού GaBiTS με σκοπό την αξιολόγησης κύκλου ζωής και ελήφθησαν τα αποτελέσματα.

1.3 Επιμέρους στόχοι – Αναμενόμενη συνεισφορά

Οι **επιμέρους στόχοι** της παρούσας εργασίας συνοψίζονται στα εξής:

- Ο υπολογισμός του περιβαλλοντικού αποτυπώματος της παραγωγής εκχυλίσματος στέβιας.
- Η μελέτη του περιβαλλοντικού αποτυπώματος διαφορετικών σεναρίων γεωργίας ακριβείας σε σχέση με την συμβατική μέθοδο καλλιέργειας.
- Η λήψη συμπερασμάτων σχετικά με το πως μπορεί να μειωθεί το αποτύπωμα της παραγωγικής διαδικασίας και της συνεισφοράς που μπορεί να έχει η γεωργία ακριβείας στην μείωση αυτή.

Καθώς όλοι οι προαναφερθέντες στόχοι ολοκληρώθηκαν με επιτυχία στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, η **αναμενόμενη συνεισφορά** της θα μπορούσε να εντοπιστεί στην

ταυτοποίηση των διεργασιών που έχουν το μεγαλύτερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα στην παραγωγική διαδικασία και στην αναφορά προτάσεων προς την αντικατάστασή τους με άλλες διεργασίες φιλικότερες προς το περιβάλλον ή την βελτίωσή τους. Επίσης, τα αποτελέσματα της εργασίας που αφορούν στην γεωργία ακριβείας, μπορούν να κινητοποιήσουν την εντατικοποίηση της εφαρμογής των μεθόδων της σε διάφορες καλλιέργειες, προς μείωση των εισερχόμενων ρευμάτων στα αγροτεμάχια, κάτι που θα προσφέρει τόσο περιβαλλοντικό όσο και οικονομικό όφελος.

1.4 Διάρθρωση

Στο πρώτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται αρχικά το αντικείμενο και οι στόχοι της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Ακολούθως, αναφέρεται η μεθοδολογική προσέγγιση που ακολουθήθηκε, οι επιμέρους στόχοι και η αναμενόμενη συνεισφορά της διπλωματικής εργασίας. Τέλος, παρουσιάζεται η διάρθρωσή της.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, αναφέρονται εισαγωγικά και θεωρητικά στοιχεία που αφορούν στο φυτό στέβια και τις διεργασίες στις οποίες υπόκειται ώστε να παραχθεί το προϊόν. Επίσης, αναφέρονται η μεθοδολογία της γεωργίας ακριβείας και της ανάλυσης κύκλου ζωής και γίνεται μία περιγραφή των στόχων τους.

Στο τρίτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται τα βήματα που ακολουθήθηκαν ώστε να κατασκευαστεί η διαδικασία της παραγωγής και να μπορέσει να μελετηθεί στο λογισμικό AKZ. Εν συνεχεία, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και αναλύονται.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, αναλύονται τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από την παρούσα έρευνα και προτείνονται λύσεις προς βελτίωση της διαδικασίας παραγωγής.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, τέλος παρουσιάζεται η βιβλιογραφία η οποία αξιοποιήθηκε για να δημιουργηθεί η εργασία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Θεωρητικό Υπόβαθρο

2.1 Στέβια

2.1.1 Εισαγωγή

Το φυτό *Stevia rebaudiana Bertoni* είναι ένας διακλαδισμένος θάμνος της οικογένειας των αστεροειδών, γηγενές στην περιοχή Αμαμπάι της βορειοανατολικής Παραγουάης. Ταξινομήθηκε ως φυτό από τον Moises Santiago Bertoni το 1899, εξού και η ονομασία του. Ο γλυκαντικός παράγοντας απομονώθηκε για πρώτη φορά το 1909, ενώ το 1931 επιτεύχθηκε η παραγωγή στεβιοσίδης από το εκχύλισμα και μόλις το 1952 καθιερώθηκε η χημική δομή της στεβιοσίδης ως ένας διτερπενικός γλυκοζίτης. Επίσης η στεβιοσίδη, ένας από τους γλυκοζίτες του φυτού, έχει περίπου 300 φορές την γλυκαντική ισχύ της κοινής ζάχαρης και μπορεί να επωφεληθούν άτομα που πάσχουν από διάφορες ασθένειες που συνδέονται με αυτήν.

Έρευνες έχουν δείξει ότι το φυτό στέβια χρησιμοποιείται από τα αρχαία χρόνια ως συστατικό θεραπευτικών αφεψημάτων ή αλοιφών. Παρ' όλο που είναι σπάνιο στις περιοχές που αποτελούν το φυσικό του περιβάλλον, τα πολλαπλά οφέλη που προσφέρει έχουν οδηγήσει στην καλλιέργεια του και σε άλλα μέρη του κόσμου όπως η Ασία και η Ευρώπη. Πρωτοπόρος σε αυτόν τον τομέα υπήρξε η Ιαπωνία που έγινε η πρώτη χώρα στην Ασία που ενέκρινε την χρήση του εκχυλίσματος στέβιας ως γλυκαντικής ουσίας σε τρόφιμα και φάρμακα. Τέλος, τοξικολογικές έρευνες έδειξαν ότι η στεβιοσίδη δεν έχει μεταλλαξιογόνα ή καρκινογενή δράση [\[1\]](#).

2.1.2 Χημεία και Ποιότητα

Η γλυκύτητα της στέβιας αποδίδεται στην παρουσία διτερπενικών γλυκοσιδίων, τα οποία είναι ευδιάλυτα στο νερό και 300 φορές γλυκύτερα από το ζαχαροκάλαμο. Στα φύλλα της στέβιας συσσωρεύεται ένα μείγμα τουλάχιστον 8 διαφορετικών γλυκοσιδίων που προέρχονται από το τετρακυκλικό διτερπένιο στεβιόλη. Τα φύλλα περιέχουν στεβιοσίδη, ρεμπαουδιοσίδη Α, Β, C, D και Ε, ντουλκοσίδη Α και στεβιολμπιοσίδη Α. Το χημικό δυναμικό αυτών των γλυκοσιδίων, αν ληφθεί ως βάση (δηλαδή 1) η σακχαρόζη, είναι αντίστοιχα 250 – 300, 350 – 450, 300 – 350, 50 – 120, 200 – 300, 250 – 300, 50 – 120 και 100 – 125. Η στεβιοσίδη είναι μία άμορφη σκόνη με παρουσία στα φύλλα και στον ιστό του στελέχους. Η γλυκύτητα στα φύλλα είναι περίπου διπλάσια από ότι στα άνθη.

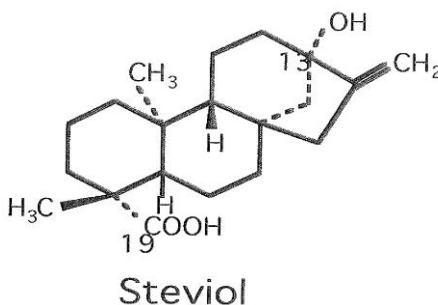
Οι γλυκαντικές ουσίες που προέρχονται από την στέβια ονομάζονται γλυκοζίδια της στεβιόλης, με τα κυρίαρχα γλυκοζίδια να είναι η Στεβιοσίδη και η Ρεμπαουδιοσίδη Α. Οι δύο αυτές ουσίες διαφέρουν τόσο στα γευστικά τους χαρακτηριστικά, καθώς η Ρεμπαουδιοσίδη είναι γλυκύτερη της στεβιοσίδης και περιέχει λιγότερες ταννίνες, φλαβονοειδή και αιθέρια έλαια που αφήνουν μία πικρή επίγευση, όσο και στα δομικά τους χαρακτηριστικά. Συγκεκριμένα η ρεμπαουδιοσίδη περιέχει μία επιπλέον ομάδα γλυκόζης, γεγονός που τις προσδίδει μεγαλύτερη διαλυτότητα στο νερό σε σχέση με την στεβιοσίδη, η οποία με την σειρά της είναι πιο διαλυτή στην αιθανόλη. Έπειτα από έρευνες διαπιστώθηκε ότι και οι δύο ουσίες παρουσιάζουν μία σχετικά καλή σταθερότητα σε θερμοκρασίες περί των 100°C και για μία κλίμακα pH 3 – 9 και 4 – 8 για την στεβιοσίδη και την ρεμπαουδιοσίδη αντίστοιχα. Όσο αυξάνεται η θερμοκρασία το εύρος pH για το οποίο οι ουσίες είναι σταθερές, στενεύει [\[2,3\]](#).

2.1.2.1 Στεβιόλη

Η στεβιόλη είναι ένα τετρακυκλικόδιτερπένιο με σκελετό ent – καουρενίου και αποτελεί το άγλυκο τμήμα των γλυκοζιτών που βρίσκονται στα φύλλα της στέβιας. Η συστηματική της ονομασία είναι (4α)-13-υδροξυ-καουρ-16-εν-19-οϊκό οξύ και αναφέρεται γενικά ως αγλυκόνη. Οι διάφοροι γλυκοζίτες της στεβιόλης δημιουργούνται με αντικατάσταση του υδρογόνου του κάτω καρβοξυλίου (θέση R1) με γλυκόζη, σχηματίζοντας έναν εστέρα και του υδρογόνου του υδροξυλίου (θέση R2) με συνδυασμούς μορίων, κυρίως γλυκόζης αλλά ακόμα και ραμνόζης και ξυλόζης[1, 4, 5].

Πίνακας 1. Φυσικοχημικά Χαρακτηριστικά Στεβιόλης

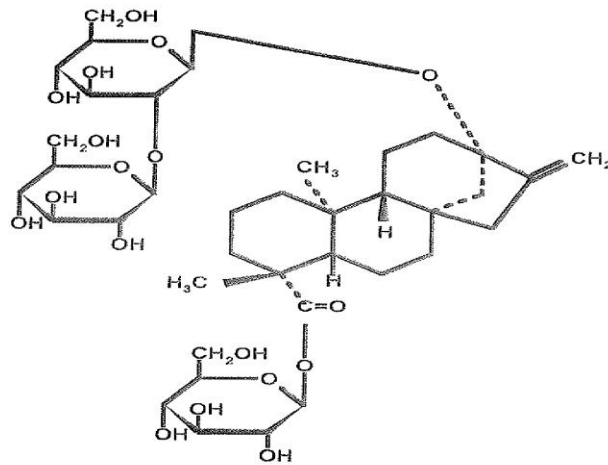
Στεβιόλη	
Εμφάνιση	Λευκοί βελονοειδείςκρύσταλλοι
Μοριακός Τύπος	C ₂₀ H ₃₀ O ₃
Σχετικήμοριακήμάζα	318.45
ΣημείοΤήξης	215° C
[α] _D ²⁵	-94,7°



Εικόνα 1. Μοριακή Δομή Στεβιόλης

2.1.2.2 Στεβιοσίδη

Η στεβιοσίδη αποτελεί τον κυριότερο γλυκοζίτη της στέβιας με την αναλογία της σε ξηρά φύλλα κατά βάρος να είναι στο 5 – 10 %. Έχει μοριακό τύπο C₃₈H₆₀O₁₈ και γλυκαιμικό δείκτη κοντά στο 300. Είναι ένας διτερπενοειδής γλυκοζίτης με μία αγλυκόνη και 3 μόρια γλυκόζης[4].



Stevioside

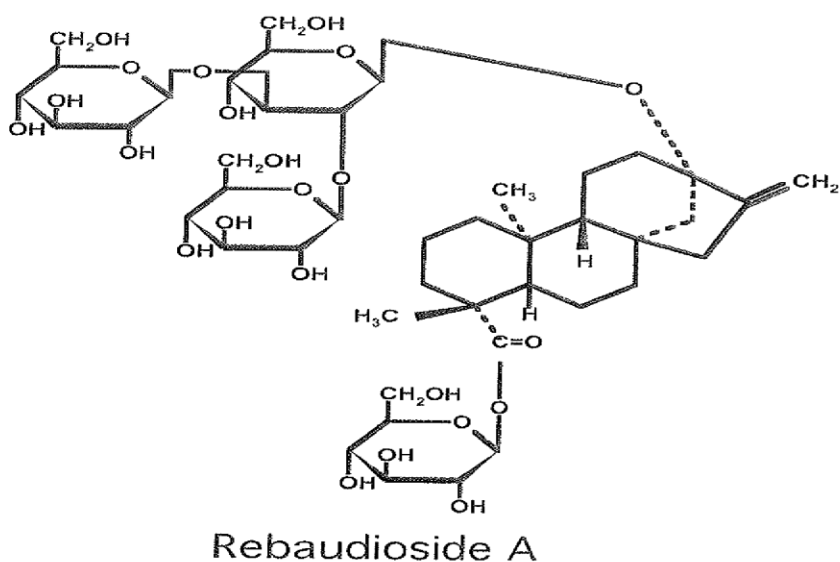
Εικόνα 2. Μοριακή Δομή Στεβιοσίδης

Πίνακας 2. Φυσικοχημικά Χαρακτηριστικά Στεβιοσίδης

Στεβιοσίδη	
Εμφάνιση	Υγροσκοπικοί κρύσταλλοι
Μοριακός Τύπος	$C_{38} H_{60} O_{18}$
Σχετικήμοριακήμάζα	804,88
ΣημείοΤήξης	198°C
$[\alpha]_D^{25}$	-39,3 °

2.1.2.3 Ρεμπαουδιοσίδη Α

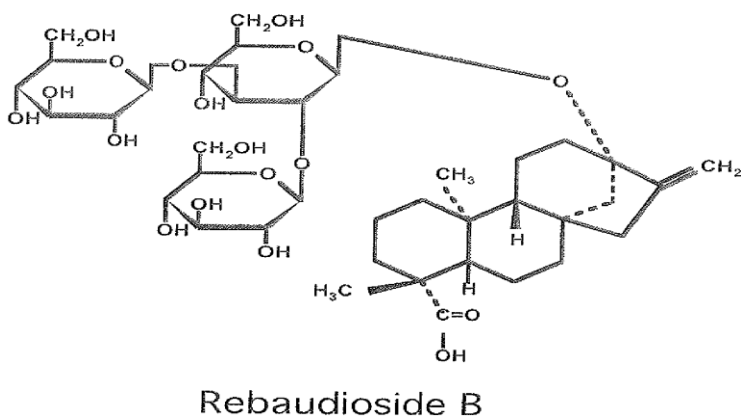
Είναι ο δεύτερος σε αναλογία γλυκοζίτης της στεβιόλης και αυτός με τον μεγαλύτερο γλυκαιμικό δείκτη της τάξης του 450. Έχει το χαρακτηριστικό του ότι δεν αφήνει την πικρή επίγευση της στεβιοσίδης, ενώ η κατά βάρος αναλογία του σε ξηρά φύλλα είναι 2 – 4 % [\[4\]](#).



Εικόνα 3. Μοριακή Δομή Ρεμπαουδιοσίδης Α

2.1.2.4 Ρεμπαουδιοσίδη Β

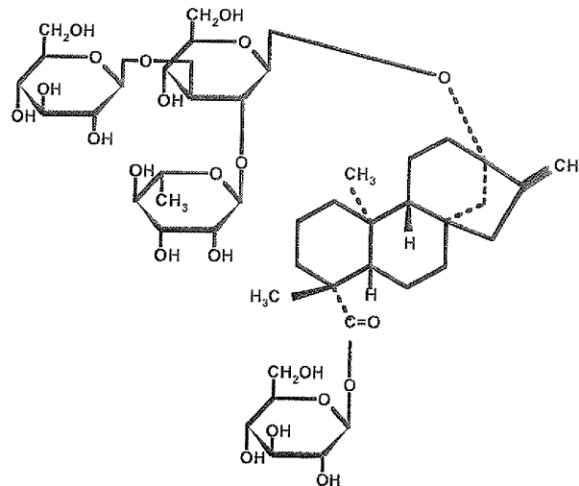
Αποτελεί δευτερεύον συστατικό στα εκχυλίσματα των φύλλων και θεωρείται ότι σχηματίζεται κατά την υδρόλυση της Ρεμπαουδιοσίδης Α ή D[4].



Εικόνα 4. Μοριακή Δομή Ρεμπαουδιοσίδης Β

2.1.2.5 Ρεμπαουδιοσίδη C

Αποτελεί τον τρίτο σε περιεκτικότητα γλυκοζίτη στο φυτό στέβια με αναλογία κατά βάρος στα ξηρά φύλλα της τάξης 1 – 2 % [4].



Rebaudioside C

Εικόνα 5. Μοριακή Δομή Ρεμπαουδιοσίδης C

2.1.3 Οφέλη

2.1.3.1 Αντιοξειδωτική δράση

Οι ενεργές ρίζες προωθούν αντιδράσεις που σχετίζονται με τον εκφυλισμό των ανθρώπινων κυττάρων με παθολογικές επιπτώσεις, όπως η πρόωρη γήρανση, η εμφάνιση καρκίνου, η πρόκληση στεφανιαίας νόσου και της νόσου του Αλτσχάϊμερ. Οι οργανισμοί για να αποφύγουν ζημιές στα βιολογικά τους μόρια, ιδιαίτερα στο DNA, που μπορούν να προκαλέσουν τις προαναφερθείσες ασθένειες, είναι εξοπλισμένοι με ένα καλά οργανωμένο αντιοξειδωτικό σύστημα που βασίζεται τόσο σε ενζυματικά όσο και σε μη ενζυματικά συστατικά.

Τα φυτά αποτελούν εξαιρετική πηγή προϊόντων που ποικίλουν σε μεγάλο βαθμό τόσο στην δομή, όσο και στις βιολογικές ιδιότητες. Μέσα στα χρόνια πολλά από αυτά έχουν χρησιμοποιηθεί με μεγάλη αποτελεσματικότητα στην ιατρική επιστήμη. Η στέβια αποτελεί ένα φυτό πλούσιο σε ουσίες τέτοιου είδους, καθώς περιέχει флаβονοειδή, αλκαλοειδή, υδατοδιαλυτές χλωροφύλλες και ξανθοφύλλες που η λήψη τους συντελεί στην βελτίωση της άμυνας του οργανισμού απέναντι στην ανεξέλεγκτη οξειδωση στα κύτταρα [6,7].

2.1.3.2 Αντιβακτηριακή και αντιμυκητιακή δράση

Η στέβια αποτελεί ένα φυτό που χρησιμοποιείται παραδοσιακά για την θεραπεία πληγών και ουλών αλλά και στην πρόληψη ασθενειών όπως του κρυολογήματος και της γρίπης. Αυτό παρακίνησε ερευνητές να διεξάγουν πειράματα στα οποία εκχυλίσματα στέβιας σε διαφορετικούς διαλύτες δοκιμάζονταν και η αντιμικροβιακή τους δράση αξιολογούνταν. Η πλειονότητα των δειγμάτων που μελετήθηκε έδειξε να έχει ανασταλτική δράση στους μύκητες που εφαρμόστηκε, ενώ την μεγαλύτερη αντιμικροβιακή δράση φάνηκε να κατέχουν τα δείγματα των διαλυτών που έχουν την μεγαλύτερη διαλυτική ικανότητα όσον αφορά στα εκχυλίσματα της στέβιας. Ανάμεσα στις ουσίες που περιέχονται στην στέβια και είναι κατά

πάσα πιθανότητα υπεύθυνες για αυτά τα αποτελέσματα, είναι τα τερπένια, τα φλαβονοειδή, οι ταννίνες και τα αιθέρια έλαια του φυτού [7,8].

2.1.3.3 Αντιδιαβητική δράση

Τον τελευταίο αιώνα, ραγδαία είναι η αύξηση της παρουσίας μη μεταδιδόμενων ασθενειών στην ανθρώπινη κοινότητα. Μία από αυτές είναι ο διαβήτης που αποτελεί διαταραχή που γίνεται αντιληπτή από τα αυξημένα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα. Ο διαβήτης χωρίζεται σε δύο υποκατηγορίες, τον διαβήτη τύπου I, που προκαλείται από την αδυναμία του οργανισμού να παράξει αρκετή ινσουλίνη στο πάγκρεας για την αντιμετώπιση και τον μεταβολισμό της γλυκόζης και ως εκ τούτου η ανεπαρκής παραγωγή ινσουλίνης καταστρέφει την αυτοάνοση απόκριση προκαλώντας διάσπαση των β – κυττάρων.

Η δεύτερη κατηγορία ονομάζεται διαβήτης τύπου II και σχετίζεται κυρίως με την αντίσταση στην ινσουλίνη. Οι ερευνητές εικάζουν ότι αυτός ο τύπος διαβήτη οφείλεται σε βλάβη της οδού σηματοδότησης της ινσουλίνης, παρόλο που τα ακριβή αίτια της παθογένεσης της ασθένειας δεν έχουν βρεθεί. Η αντίσταση στην ινσουλίνη φαίνεται να είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την μειωμένη απόκριση των οργανισμών στα φυσιολογικά επίπεδα ινσουλίνης, ενώ παράλληλα η αντίσταση στην ινσουλίνη υποκινεί και την αφύσικη βιολογική αντίδραση του ανθρώπινου σώματος στα φυσιολογικά επίπεδα ινσουλίνης. Αυτός ο τύπος διαβήτη θεωρείται ασθένεια του αναπτυγμένου κόσμου, διότι έχει βρεθεί θετική συσχέτιση μεταξύ της αντοχής στην ινσουλίνη και της ανθυγιεινής διατροφής σε συνδυασμό την έλλειψη σωματικής άσκησης.

Η στέβια αποτελεί φυτό πλούσιο σε αντιοξειδωτικά συστατικά. Ανάμεσα σε αυτά είναι και φαινολικές ενώσεις, οι οποίες αρκετοί ερευνητές θεωρούν ότι είναι υπεύθυνες για την αντι – υπεργλυκεμική δράση του φυτού. Αυτές οι θεωρίες συνηγορούν με πειράματα που διεξήχθησαν σε πειραματόζωα με διαβήτη τύπου I, στα οποία η χορήγηση φαινολικών ενώσεων εμπόδισε την ανάπτυξη επιπλοκών σχετιζόμενων με την ασθένεια. Ο κύριος Κατηγορία Επίπτωσης που χρησιμοποιούν οι ερευνητές για να αξιολογήσουν την αποτελεσματικότητα ενός αντι – υπεργλυκεμικού παράγοντα, είναι τα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα. Πειραματικά αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι η χορήγηση στεβιοσίδης σε ασθενείς με υπεργλυκεμία, προκάλεσε μείωση των επιπέδων γλυκόζης άμεσα, ενώ παρόμοια αποτελέσματα επέδειξε και η χορήγηση στεβιοσίδης σε ασθενείς με διαβήτη τύπου II. Σημαντικό είναι επίσης να επισημανθεί, ότι οι ασθενείς στους οποίους χορηγήθηκαν τα γεύματα με την στεβιοσίδη, δεν χρειάστηκε να καταναλώσουν μεγαλύτερη ποσότητα τροφής σε σχέση με αυτούς που τους χορηγήθηκαν τρόφιμα με σουκρόζη (η συνηθισμένη ζάχαρη) [7, 9-11].

2.1.3.4 Δράση κατά της υπέρτασης

Η υπέρταση αποτελεί έναν σημαντικό συντελεστή επικινδυνότητας όσον αφορά στην θνησιμότητα από καρδιαγγειακά νοσήματα. Σε πολλές χώρες τα περιστατικά αυτής της φύσεως έχουν μειωθεί, καθώς έχουν βελτιωθεί οι μέθοδοι εντοπισμού και θεραπείας της υπέρτασης. Παρ' όλα αυτά η διατήρηση της πίεσης του αίματος των ασθενών στα επιθυμητά επίπεδα παραμένει αναποτελεσματική και αρκετά σημαντικό ρόλο σε αυτό παίζει η δυσπιστία

του κόσμου απέναντι στα υποτασικά φάρμακα και οι αρνητικές επιπτώσεις που προκαλούν τα συμβατικά αντι – υπερτασικά φάρμακα στην ποιότητα ζωής των ασθενών.

Γι' αυτόν το λόγο κρίνεται αναγκαίο να βρεθεί μία φυσική εναλλακτική η οποία θα χαίρει μεγαλύτερης αποδοχής από τους ασθενείς. Στην προσπάθεια τους αυτή, ερευνητές διεξήγαγαν κλινικές δοκιμές σε δύο ομάδες ανθρώπων, στους οποίους χορηγήθηκε μία σταθερή ημερήσια δόση στεβιοσίδης και ένα εικονικό φάρμακο αντίστοιχα για ένα έτος. Τα αποτελέσματα έδειξαν μείωση της πίεσης στους ασθενείς που έλαβαν τις ταμπλέτες στεβιοσίδης, σε παρόμοια επίπεδα δράσης με συμβατικά αντι – υπερτασικά φάρμακα. Επιπλέον, δεν υπήρχαν παρενέργειες στην ποιότητα ζωής των ασθενών[7, 10-12].

2.1.3.5 Αντιμετώπιση της παχυσαρκίας

Η παχυσαρκία αποτελεί την πιο συνηθισμένη διατροφική διαταραχή. Αποτελεί μία κατάσταση κατά την οποία συσσωρεύεται υπερβολική ποσότητα λίπους στο σώμα. Γίνεται λόγος για παχυσαρκία όταν το σωματικό βάρος ξεπερνά κατά ποσοστό μεγαλύτερο του 20 % το ιδανικό βάρος. Τα τελευταία χρόνια το ποσοστό του ανθρώπινου πληθυσμού που πάσχει από αυτήν την διαταραχή έχει αυξηθεί και σε αυτό συμβάλλει το κοινωνικό περιβάλλον που προάγει την έλλειψη σωματικής άσκησης και τις ανθυγιεινές διατροφικές επιλογές. Η παχυσαρκία αποτελεί πρόδρομο ποικίλων ασθενειών όπως της υπέρτασης, του διαβήτη και ορισμένων μορφών καρκίνου. Η αυξημένη κατανάλωση ποτών και τροφίμων που χρησιμοποιούν τα συμβατικά γλυκαντικά μέσα, μπορούν να οδηγήσουν σε μεταβολικές διαταραχές όπως η παχυσαρκία.

Απεναντίας, η στέβια περιέχει διτερπενικούς γλυκοζίτες μηδενικής θερμιδικής αξίας, καθώς δεν μεταβολίζονται προς παραγωγή ενέργειας, ενώ την ίδια στιγμή έχουν γλυκαντική ισχύ 300 φορές μεγαλύτερη από την σουκρόζη. Η εναλλακτική της χρήσης των εκχυλισμάτων στέβιας ως γλυκαντικές ουσίες, προσφέρει μία αξιόπιστη λύση στον έλεγχο του σωματικού βάρους, περιορίζοντας την ημερήσια θερμιδική πρόσληψη[7, 10, 13].

2.1.3.6 Αντιμετώπιση της τερηδόνας

Η τερηδόνα είναι η επικρατέστερη χρόνια ασθένεια για τους ανθρώπους σε παγκόσμιο επίπεδο και αποτελεί κίνδυνο για αυτούς σε όλη την διάρκεια της ζωής τους. Αποτελεί μία στοματική μόλυνση, κατά την οποία μικροοργανισμοί που ζουν φυσιολογικά στην στοματική κοιλότητα προκαλούν ζύμωση των υδρογονανθράκων που προσλαμβάνονται μέσω της τροφής. Οι υδατάνθρακες διασπώνται από τους μικροοργανισμούς και παράγουν οργανικά οξέα τα οποία προκαλούν την σταδιακή απομετάλλωση της ανόργανης και την διάβρωση της οργανικής δομής του δοντιού. Η τακτική κατανάλωση γλυκαντικών ουσιών που παρέχουν ενέργεια μέσω υδατανθρακικών ενώσεων, προκαλεί την δημιουργία κοιλοτήτων που θα ευνοήσουν την ανάπτυξη επιβλαβών βακτηρίων, συντελώντας στον σχηματισμό πλάκας και ουλίτιδας.

Έχει δημιουργηθεί η ανάγκη για αντικατάσταση της σουκρόζης με μία γλυκαντική ουσία που δεν θα είναι επιβλαβής για τον ανθρώπινο οργανισμό. Η στέβια αποτελεί μία εναλλακτική μηδενικής θερμιδικής αξίας που ταυτόχρονα διαθέτει βακτηριοστατικά και βακτηριοκτόνα χαρακτηριστικά, εξαλείφοντας τους παράγοντες που προκαλούν την φθορά των δοντιών. Τα εκχυλίσματα στέβιας και οι κύριοι μεταβολίτες της δεν προκαλούν την δημιουργία τερηδόνας, ενώ ταυτόχρονα αναστέλλουν την συσσώρευση οργανισμών που προκαλούν τερηδόνα μέσω

της παροχής σε αυτούς γλυκάνης. Επιπλέον, πειράματα έδειξαν ότι ο οργανισμός *Streptococcus mutans* που αποτελεί τον κύριο παράγοντα πρόκλησης τερηδόνας βιώνει καταστολή της ανάπτυξης του και εκκρίνει λιγότερα οξέα όταν αναπτύσσεται σε περιβάλλον με στεβιοσίδη σε σχέση με ανάπτυξη σε περιβάλλον με σουκρόζη, γλυκόζη ή φρουκτόζη [7, 10, 13].

2.1.3.7 Αντικαρκινική δράση

Ο καρκίνος μπορεί να θεωρηθεί μία κυτταρική ασθένεια, καθώς η ανάπτυξη του προκαλείται από την ζημιά του DNA στα κύτταρα και την συσσώρευση πολλών κυττάρων με την ίδια δυσλειτουργία.

Η στέβια και οι μεταβολίτες της έχουν ερευνηθεί εκτενώς όσον αφορά στην τοξικότητα τους τόσο μακροπρόθεσμα όσο και βραχυπρόθεσμα. Σε καμία από τις δύο έρευνες που έχουν διενεργηθεί δεν βρέθηκαν τοξικές, γενοτοξικές και καρκινογενείς παρενέργειες για την κατανάλωση του φυτού από θηλαστικά.

Επιπλέον, τα εκχυλίσματα στέβιας περιέχουν την ουσία *labdanesclareol*, μία διτερπενική ένωση με δράση κατά της δημιουργίας όγκων και κυτταροτοξικές ιδιότητες. Επίσης, έρευνες έδειξαν ότι τα πολυφαινολικά συστατικά του φυτού δρουν κατασταλτικά στην δημιουργία και στην ανάπτυξη όγκων. Σημαντική συνεισφορά έχουν και η στεβιοσίδη, η στεβιόλη, η ισοστεβιόλη και οι μεταβολίτες τους καθώς αναφέρεται σε έρευνες ότι εμποδίζουν την ανάπτυξη όγκων, παρακωλύοντας την αρχική εγκατάσταση αντιγόνων από τον *ιό Epstein – Barr*. Η ισοστεβιόλη που αποτελεί το προϊόν υδρόλυσης της στεβιοσίδης, έχει αποδειχθεί επίσης ότι παρεμποδίζει την αντιγραφή του DNA και την ανάπτυξη καρκινικών κυττάρων *in vitro*.

Όσον αφορά στην πιθανή αρνητική επίδραση της στέβιας στην εμφάνιση μεταλλάξεων, έχουν πραγματοποιηθεί πειράματα *in vitro* για την ρεμπαουδιοσίδη A, την στεβιόλη και την στεβιοσόδη. Η στεβιόλη και η ρεμπαουδιοσίδη A δεν προκάλεσαν καμία μετάλλαξη σε καλλιέργεια ανθρώπινων λεμφοκυττάρων, η στεβιοσίδη όμως σε αυξημένες συγκεντρώσεις παρουσίασε άμεση συσχέτιση με ορισμένες μεταλλάξεις. Ακόμα κι αυτό όμως το αποτέλεσμα δεν είναι καθοριστικό, καθώς άλλες έρευνες δεν έχουν φτάσει στο συμπέρασμα ότι η στεβιοσίδη μπορεί να έχει μεταλλαξιγόνο χαρακτήρα [7, 10, 13].

2.1.4 Καλλιέργεια

2.1.4.1 Περιβαλλοντική Ποικιλότητα

Το μεγάλο ενδιαφέρον που παρουσιάζει η στέβια έγκειται στο ότι μπορεί να καλλιεργηθεί σε πολλές διαφορετικές περιοχές ανά την υφήλιο, παρόλο που αρχικά ευδοκίμησε σε περιοχές μεγάλου υψομέτρου στην βορειοανατολική Παραγουάη. Η στέβια καλλιεργείται ως πολυετές φυτό σε υποτροπικές περιοχές και ως ετήσιο σε περιοχές υψηλού γεωγραφικού πλάτους. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η απόδοση των καλλιεργειών εξαρτάται από τον γενετικό χαρακτήρα του φυτού και την φαινοτυπική του έκφραση, χαρακτηριστικά τα οποία εξαρτώνται από κλιματικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες. Όπως και στα περισσότερα φυτά η ανάπτυξη και η άνθηση της στέβιας, εξαρτώνται από την ακτινοβολία, την διάρκεια της ημέρας, την θερμοκρασία, την υγρασία του εδάφους και τον άνεμο, όπου η καλλιέργεια είναι

εκτεθειμένη . Έρευνες έδειξαν ότι οι σημαντικότερες παράμετροι για την στέβια ήταν η θερμοκρασία και η διάρκεια και η ένταση της φωτοπεριόδου, καθώς αυτές επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την ποιότητα και την ποσότητα της παραγωγής, όπως έγινε προφανές από την σύγκριση συγκομιδής την καλοκαιρινή περίοδο με συγκομιδή που λήφθηκε την χειμερινή περίοδο, η οποία υστερούσε αισθητά . Το ιδανικό κλίμα για την ανάπτυξη της στέβια βρέθηκε να είναι το ημι-υγρό, υποτροπικό, με θερμοκρασιακό εύρος - 6°C έως 43°C και μέση θερμοκρασία τους 23°C[2].

2.1.4.2 Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία έχει διαπιστωθεί ότι επηρεάζει πολλές παραμέτρους της καλλιέργειας, όπως η διαθεσιμότητα θρεπτικών συστατικών στο έδαφος, η βλάστηση, η χειμερινή επιβίωση, η φωτοσύνθεση και η αναπνοή του φυτού. Το βέλτιστο θερμοκρασιακό εύρος για την ανάπτυξη της στέβιας είναι οι 15 – 30°C, ενώ η κρίσιμη θερμοκρασία ανοχής είναι -3°C. Ένας άλλος σημαντικός θερμοκρασιακός παράγοντας είναι η διαφορά μεταξύ ημερήσιας και νυχτερινής θερμοκρασίας, με την μέγιστη ανάπτυξη και απόδοση σε στεβιοσίδη να παρατηρείται σε θερμοκρασία 25 / 20° C για ημέρα / νύχτα αντίστοιχα. Γενικότερα, για επιθυμητή ανάπτυξη, η θερμοκρασία δεν πρέπει να υπερβαίνει τους 40°C και να μην είναι μικρότερη των 10°C[2].

2.1.4.3 Φωτεινή Ακτινοβολία

Η στέβια ευδοκίμει σε ζεστό, υγρό και ηλιόλουστο περιβάλλον. Στο φυσικό της περιβάλλον, επειδή αναπτύσσεται παράλληλα με ψηλό γρασίδι που την καλύπτει και δημιουργεί ένα σκιερό περιβάλλον ανάπτυξης, η παραγωγή είναι ελάχιστη. Επιπλέον, δεδομένα που να συνηγορούν ότι η σκιά μειώνει την ανάπτυξη της στέβια ελήφθησαν από έρευνες, όπου μία μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας της τάξης του 60 % οδήγησε σε μείωση της παραγωγής βιομάζας, του αριθμού των φυτών που άνθισαν και του ρυθμού της άνθισης. Για να μπορέσουν να διατηρηθούν τα φυτά στο στάδιο πριν την άνθηση για περισσότερο καιρό και να ληφθεί επομένως η μέγιστη μάζα φύλλων, η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας πρέπει να διατηρηθεί στα $0,089 \text{ cal} \times \text{cm}^{-2}$ [2].

2.1.4.4 Πυκνότητα Καλλιέργειας / Αραίωση

Η πυκνότητα της καλλιέργειας είναι μία παράμετρος που αποφασίζεται με βάση την υπέργεια εξάπλωση της καλλιέργειας ώστε να μην επεμβαίνει το κάθε φυτό στην ανάπτυξη των γειτονικών του. Σημαντικό είναι να ληφθεί υπόψη και η έκταση που λαμβάνουν οι ρίζες του φυτού, το οποίο εξαρτάται και σε μεγάλο βαθμό από το περιβάλλον ανάπτυξης του. Αρχικές δοκιμές έδειξαν ότι υψηλότερη ανάπτυξη και απόδοση παρατηρείται όταν υιοθετείται χαμηλή πυκνότητα καλλιέργειας ($60 \times 20 \text{ cm}$, απόσταση μεταξύ σειρών \times απόσταση μεταξύ φυτών της ίδιας σειράς), ενώ υψηλότερη απόδοση σε ξηρά φύλλα παρατηρείται σε πυκνότερη καλλιέργεια ($60 \times 10 \text{ cm}$). Μετέπειτα έρευνες έδωσαν αντικρουόμενα αποτελέσματα, υποδεικνύοντας ότι το ύψος του φυτού, ο αριθμός των κλαδιών και ο αριθμός των κόμβων του φυτού είναι ανεπηρέαστοι από την πυκνότητα της καλλιέργειας, με $50 - 70 \times 10 - 30 \text{ cm}$, ενώ η απόδοση σε ξηρά φύλλα μειώνεται με αύξηση της πυκνότητας . Σύμφωνα με αυτό, έχει προταθεί ο πληθυσμός των φυτών να είναι 80.000 – 100.000 φυτά ανά εκτάριο γης[2].

2.1.4.5 Μακροστοιχεία

Αποτελέσματα ερευνών από την Ιαπωνία, έδειξαν ότι για την μέγιστη συγκομιδή ξηρής μάζας, η στέβια είχε στοιχειακό περιεχόμενο 1,4 % σε άζωτο (N), 0,3 % σε φώσφορο (P) και 2,4 % σε κάλιο (K). Είναι κοινός τόπος ότι η εφαρμογή θρεπτικών συστατικών είναι καλύτερη από την μη χρήση λιπαντικού μέσου και έχει επίσης αποδειχθεί πειραματικά, καθώς αποδίδει σε καλύτερο ρυθμό ανάπτυξης και απόδοση ξηρών φύλλων. Η θέση αυτή ενισχύεται από έρευνες στην Κορέα, όπου η απόδοση σε φύλλα, αυξήθηκε με μία μετριοπαθή εφαρμογή λιπασμάτων με βάση το άζωτο, τον φώσφορο και το κάλιο.

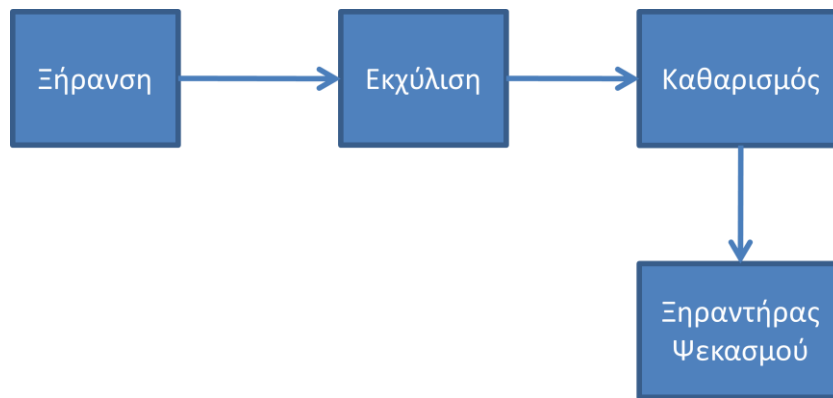
Αν γινόταν προσπάθεια για καθορισμό των θρεπτικών απαιτήσεων της καλλιέργειας, αυτή θα ενδείκνυε την ανάγκη για λίπανση είτε με οργανικά είτε με ανόργανα συστατικά . Έπειτα από μία τέτοια προσπάθεια, ερευνητές στην Βραζιλία κατέληξαν ότι λίγο πριν ή κατά την διάρκεια της περιόδου της άνθησης και για την παραγωγή ενός τόνου ξηρών φύλλων, απαιτούνται σε κιλά: άζωτο – 64,6, φώσφορος – 7,6, κάλιο – 56,1, ασβέστιο – 15,8, μαγνήσιο – 3,6 και θείο – 3,6[2].

2.1.4.6 Απαιτήσεις νερού

Η γνώση των αναγκών της καλλιέργειας σε νερό σε κάθε στάδιο της εξυπηρετεί στην μεγαλύτερη απόδοση της καθώς και στην σωφρονέστερη χρήση αυτού του πόρου. Το φυσικό περιβάλλον της στέβιας είναι εδάφη που έχουν υψηλά επίπεδα υπόγειων υδάτων ή μονίμως ενυδατωμένο έδαφος. Η καλλιέργεια της δεν απαιτεί συχνή άρδευση αν και είναι ευαίσθητη στην πίεση υγρασίας που δημιουργείται όταν τα κύτταρα του φυτού είναι περισσότερο αφυδατωμένα από το φυσιολογικό. Για βελτιστοποίηση στην καλλιέργεια η άρδευση κρίνεται απαραίτητη και μάλιστα με νερό καλής ποιότητας, διότι η στέβια είναι ένα φυτό με μικρή ανοχή σε διακυμάνσεις pH. Η βέλτιστη ανάπτυξη του φυτού επιτυγχάνεται σε έδαφος με ποσοστό υγρασίας μεταξύ 43.0 – 47.6 % και με ημερήσια απαίτηση σε νερό για κάθε φυτό τα 2.33 mm[2].

2.1.5 Επεξεργασία

Τα φύλλα μετά την καλλιέργεια, ακολουθούν μία συγκεκριμένη διαδικασία επεξεργασίας, ώστε να παραχθεί το τελικό προϊόν. Αρχικά τα φύλλα πρέπει να υποστούν ξήρανση σύντομα μετά την συγκομιδή, ειδάλλως χάνονται πολύτιμες θρεπτικές ουσίες. Εν συνεχεία, τα αποξηραμένα φύλλα εκχυλίζονται με μία από τις διαθέσιμες μεθόδους. Το εκχύλισμα που παράγεται, πρέπει να καθαριστεί ώστε να απομονωθούν οι επιθυμητοί γλυκοζίτες. Για τον λόγο αυτό το εκχύλισμα επεξεργάζεται πρώτα με κροκιδωτικά μέσα, έπειτα με διάφορες ρητίνες ή μεμβράνες και καταλήγει σε ξηραντήρα ψεκασμού, όπου απομακρύνεται και η εναπομείνουσα ρευστή φάση, ώστε το προϊόν να πληροί τα κριτήρια ποιότητας που απαιτούνται.



Σχήμα 1. Διάγραμμα Ροής Επεξεργασίας Φύλλων Στέβιας

2.1.5.1 Ξήρανση

Ξήρανση με ηλιακή ακτινοβολία

Για την ξήρανση των φύλλων της στέβιας, τα φύλλα μπορούν να απλωθούν σε μία πλαστική επιφάνεια στο έδαφος, η πλαστική επιφάνεια με την σειρά της (κατά προτίμηση μαύρη για μεγαλύτερη απορρόφηση ακτινοβολίας) θερμαίνεται και βοηθά στην απελευθέρωση της υγρασίας από τα φυτά. Αυτή η μέθοδος ίσως να μην παρέχει ομοιόμορφη απομάκρυνση του νερού από τα φύλλα, καθώς τα φύλλα δεν είναι ελεύθερα από κάθε πλευρά. Για τον λόγο αυτό μπορεί να δημιουργηθεί κάποια κατασκευή που θα τοποθετεί το στρώμα των φύλλων σε κάποιο ύψος και με την χρήση ενός διάτρητου υλικού στο κάτω μέρος, θα επιτυγχάνεται η ξήρανση μέσω αέρα τόσο από το πάνω όσο και από το κάτω μέρος, πραγματοποιώντας μία γρηγορότερη και πιο ομοιόμορφη ξήρανση. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ορισμένες παραλλαγές που αφορούν στην χρήση εξαναγκασμένου ρεύματος αέρα προς ξήρανση των φύλλων και σκιάστρων που δεν επιτρέπουν την ανάπτυξη πολύ υψηλών θερμοκρασιών στα φύλλα κατά την ξήρανση, κάτι που προκαλεί την ποιοτική αλλοίωσή τους [14].

Επιπλέον, για την ξήρανση μπορεί να χρησιμοποιηθεί μία κατασκευή τύπου θερμοκηπίου, όταν η ποσότητα των φύλλων στέβιας που πρέπει να ξηραθεί είναι μεγάλη. Πιο συγκεκριμένα για την κατασκευή του θερμοκηπίου, ημι-κυλινδρικής οροφής, χρησιμοποιείται διάφανο στρώμα πολυαιθυλενίου, το οποίο επιτρέπει στην ηλιακή ακτινοβολία να το διαπερνάει, δεν επιτρέπει όμως στην υπέρυθρη ακτινοβολία που εκπέμπουν τα σώματα που θερμαίνονται από την ηλιακή ακτινοβολία. Ως αποτέλεσμα παγιδεύει την ηλιακή ακτινοβολία και επιτυγχάνεται η αύξηση της θερμοκρασίας εντός του θερμοκηπίου. Επίσης, συνηθίζεται το έδαφος να αποτελείται από μία μαύρη επιφάνεια για καλύτερη απορρόφηση, ενώ μπορούν να τοποθετηθούν και γυάλινες επιφάνειες για καλύτερη μόνωση και λιγότερες απώλειες. Για την είσοδο φρέσκου αέρα υπάρχουν είσοδοι στις δύο πλευρές του θερμοκηπίου, ενώ παρέχονται και καμινάδες στην κορυφή για την απομάκρυνση του θερμού και υγρού αέρα. Αυτή η μέθοδος προσφέρει φύλλα στέβιας με πιο ομοιόμορφη ξήρανση, πιο καθαρά καθώς μολύνονται λιγότερο από σκόνη και αν συνδυαστούν με κάποια κατασκευή που θα επέτρεπε την ξήρανση των φύλλων σε ράφια πολλών επιπέδων, μειώνονται και οι ανάγκες σε χώρο [15].

Βιομηχανική ξήρανση

Μία ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος, είναι η ξήρανση με μικροκύματα. Τα μικροκύματα αποτελούν ένα είδος ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με μήκος κύματος ανάμεσα στην

υπέρυθρη ακτινοβολία και τα ραδιοκύματα. Τα μικροκύματα εκμεταλλεύονται την ασύμμετρη κατανομή ηλεκτρονίων στα ηλεκτρικά ουδέτερα μόρια και την διπολική ροπή που δημιουργείται. Η χρησιμότητα των μικροκυμάτων έγκειται στο ότι δημιουργούν ένα ταχέως παλλόμενο ηλεκτρικό πεδίο, το οποίο συνεχώς αλλάζει τον προσανατολισμό των μορίων. Το αποτέλεσμα αυτής της συνεχούς κίνησης είναι η δημιουργία μίας δόνησης που παράγει θερμότητα. Στην περίπτωση των φύλλων στέβιας, τα φύλλα τοποθετούνται πάνω σε μία μεταφορική ταινία, η οποία περνάει μέσα από έναν φούρνο μικροκυμάτων, οπότε και τα φύλλα της στέβιας εκτίθενται στην ακτινοβολία, η θερμοκρασία τους αυξάνεται λόγω των δονήσεων στα μόρια του νερού και το νερό απομακρύνεται από φυσητήρες. Ο ρυθμός τροφοδοσίας στα φύλλα, ο ρυθμός με τον οποίο κινείται η ζώνη και η ενέργεια που παρέχεται από τα μικροκύματα είναι συνήθως αυτοματοποιημένα[15].

2.1.5.2 Εκχύλιση

Συμβατικές Μέθοδοι

Η πιο διαδεδομένη μέθοδος για την εκχύλιση των γλυκοζιτών στεβιόλης από τα φύλλα του φυτού στέβια είναι η χρήση θερμού νερού ως μέσου εκχύλισης. Τα ξερά φύλλα στέβιας κονιορτοποιούνται και αναμειγνύονται με θερμό αποσταγμένο νερό. Στην συνέχεια το υδατικό εκχύλισμα υπόκειται σε φυγοκέντρηση, όπου και πραγματοποιείται ένας αρχικός διαχωρισμός μεταξύ της υδατικής φάσης και των διαλυμένων σωματιδίων[16-18].

Επίσης διαδεδομένη είναι και η εκχύλιση με την χρήση κρύου νερού για την αποφυγή εκχύλισης από τα φύλλα και ακαθαρσιών που συμπαρασύρονται από το θερμό νερό. Στην μέθοδο αυτή το υδατικό εκχύλισμα αναδεύεται και στην συνέχεια χρησιμοποιούνται κόσκινα μικρής διατομής για την συγκράτηση των γλυκαντικών ουσιών[16-18].

Στην βιομηχανία, παρόλο που η ψυχρή εκχύλιση θα εξασφάλιζε λιγότερα μετέπειτα στάδια καθαρισμού, δεν προτιμάται επειδή είναι χρονοβόρα. Αντιθέτως προτιμάται το θερμό νερό και πρωτοταγείς ή δευτεροταγείς αλκοόλες. Μερικές φορές χρησιμοποιούνται ακόμα και ασυνήθιστοι διαλύτες όπως το διοξάνιο. Γενικά οι γλυκοζίτες στεβιόλης είναι διαλυτά σε πολικούς διαλύτες, ιδιότητα που χρησιμοποιείται συχνά σε στάδια προ κατεργασίας για την απομάκρυνση των λιπών και των κηρών από τα φύλλα του φυτού. Η προκατεργασία αυτή συχνά περιλαμβάνει οργανικούς μη πολικούς διαλύτες όπως το χλωροφόρμιο, το αιθυλενοχλωρίδιο ή το εξάνιο[15].

Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται από τις διάφορες εταιρείες συχνά διαφέρει. Ο πιο συνηθισμένος όμως αποτελείται από μία ανοιχτή, οριζόντια, ημικυλινδρική δεξαμενή με αναδευτήρα. Σε αυτή την περίπτωση, τα φύλλα εισέρχονται στην δεξαμενή, μαζί με θερμό νερό, όπου και καταβυθίζονται ώστε να εξασφαλιστεί η πλήρης διαβροχή τους. Έπειτα, αρχίζει η διαδικασία της ανάδευσης. Μετά από συγκεκριμένο χρονικό διάστημα το εκχύλισμα στραγγίζεται από την δεξαμενή και τα φύλλα απομακρύνονται ανοίγοντας την πόρτα παγίδας στο κάτω μέρος της δεξαμενής. Στην συνέχεια επιχειρείται η απομάκρυνση του εκχυλίσματος που έχει απορροφηθεί από τα φύλλα είτε με την χρήση φυγοκέντρησης είτε με την συμπίεση τους με πρέσα. Στο επόμενο στάδιο, τα δύο εκχυλίσματα ενώνονται ενώ τα κατεργασμένα φύλλα μετά την φυγοκέντρηση διατίθενται ως στερεό απόβλητο[15].

Εξαιτίας του μεγάλου όγκου που καταλαμβάνουν τα φύλλα της στέβιας, απαιτείται τεράστιος όγκος νερού για την πλήρη διαβροχή τους και την αποτελεσματική εκχύλιση των γλυκαντικών

ουσιών. Ακολούθως, απαιτούνται μεγάλες δαπάνες, ενεργειακές και οικονομικές, για την θέρμανση αυτού του όγκου νερού και την μετέπειτα αποθήκευση και επεξεργασία του εκχυλίσματος. Γι'αυτό αναζητούνται συνεχώς τεχνικές βελτιστοποίησης της διαδικασίας[15].

Μη συμβατικές μέθοδοι εκχύλισης

Οι συμβατικές μέθοδοι εκχύλισης, όπως η χρήση θερμού νερού ή πολικών οργανικών διαλυτών συχνά οδηγούν σε ανεπιθύμητες συνέπειες, όπως η υποβάθμιση και αλλοίωση των πολύτιμων συστατικών του φυτού. Για την αποφυγή της επιδείνωσης της ποιότητας του προϊόντος, αναπτύσσονται μη συμβατικές μέθοδοι εκχύλισης, που μειώνουν τον χρόνο κατεργασίας, την απαραίτητη θερμοκρασία και την κατανάλωση διαλυτών. Ανάμεσα στις μη συμβατικές μεθόδους, ξεχωρίζουν η εκχύλιση με μικροκύματα, η χρήση υπερήχων, η αξιοποίηση ηλεκτρικών παλμών, η εκχύλιση με υποκρίσιμα και υπερκρίσιμα ρευστά και η εκχύλιση με πεπιεσμένο υγρό.

Εκχύλιση υποβοηθούμενη από υπερήχους (UAE)

Η εκχύλιση με την μέθοδο των υπερήχων ((UAE)/ 20 kHz) διευκολύνει την εκχύλιση οργανικών και ανόργανων συστατικών από στερεές μήτρες χρησιμοποιώντας υγρούς διαλύτες. Η μέθοδος βασίζεται στην παραγωγή ηχητικών κυμάτων που δημιουργούν φυσαλίδες σπηλαίωσης κοντά στον ιστό του δείγματος, και των οποίων η αποσύνθεση προκαλεί διάρρηξη στα κυτταρικά τοιχώματα και κατ' επέκταση την απελευθέρωση των συστατικών του κυττάρου. Τα πιο συνηθισμένα συστήματα για την εφαρμογή υπερήχων είναι αυτό του λουτρού και αυτό του καθετήρα, αν και αυτό του καθετήρα παρουσιάζει δυσκολίες στην αναπαραγωγιμότητα και την επαναληψιμότητα του επειδή βρίσκεται διαρκώς σε επαφή με το δείγμα[16, 18-21].

Μία πρόσφατη επισκόπηση μερικών νέων τεχνολογιών για την εκχύλιση συστατικών από φυτική βάση έφτασε στο συμπέρασμα ότι η εκχύλιση με την υποβοήθηση υπερήχων είναι μία πολλά υποσχόμενη τεχνική με ποικίλα πλεονεκτήματα. Συγκεκριμένα, μπορεί να εφαρμοστεί με μικρούς όγκους διαλύτη, σε ατμοσφαιρική πίεση, σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και με πολύ μικρό χρόνο εκχύλισης συγκριτικά με συμβατικές μεθόδους. Επιπλέον, αποτελεί μία μέθοδο που παρέχει ασφάλεια για τους χειριστές της και έχει χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης. Συγκριτικά με τις συμβατικές μεθόδους, αποτελεί μία από τις απλούστερες, φθηνότερες μεθόδους εκχύλισης, ενώ την ίδια στιγμή μπορεί να λειτουργήσει εξαιρετικά γρήγορα με μεγάλο εύρος διαλυτών, κάτι που δίνει την δυνατότητα αξιοποίησης και σε προετοιμασίες μεγάλης κλίμακας για χρήση στην βιομηχανία [16, 18-21].

Παρά όλα αυτά έχει αναφερθεί από μελέτες που έχουν ασχοληθεί με το αντίκτυπο των υπερήχων σε ηλιέλαιο, ότι μπορεί να προκληθεί υποβάθμιση κάποιων συστατικών. Συγκεκριμένα, η αξιολόγηση αυτών των ευρημάτων, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι υπερήχοι μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά, προϊόντα με υψηλή περιεκτικότητα σε λιπίδια [20, 21].

Εκχύλιση υποβοηθούμενη από μικροκύματα (MAE)

Τα μικροκύματα αποτελούν μη ιονίζουσα ακτινοβολία με συχνότητες μεταξύ των 300 MHz και 300 GHz. Σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους εκχύλισης, η χρήση μικροκυμάτων προσφέρει μειωμένη χρήση οργανικών διαλυτών, μειωμένο χρόνο εκχύλισης (συνήθως λιγότερο από 30 λεπτά) και αυξημένη απόδοση εκχύλισης. Οι διαλύτες που θερμαίνονται μέσω των μικροκυμάτων διαπερνούν εύκολα τα κυτταρικά τοιχώματα των φυτικών κυττάρων και εξάγουν

τα συστατικά τους. Η μέθοδος αυτή βρίσκει εφαρμογές σε πολλούς φυτικούς οργανισμούς, επειδή προκαλεί ελάχιστη υποβάθμιση των στοχευμένων συστατικών και μεγάλη εκλεκτικότητα. Ιδιαίτερη μνεία γίνεται στην υπάρχουσα βιβλιογραφία σχετικά με το κατά πόσο είναι εφικτό να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος σε βιομηχανική κλίμακα, ως μία πράσινη μέθοδος εκχύλισης προϊόντων υψηλής προστιθέμενης αξίας από φυτικές μήτρες και βιομηχανικά παραπροϊόντα. Ήδη έχουν εφαρμοστεί διεργασίες εκχύλισης υποβοηθούμενης από μικροκύματα, χωρίς την χρήση διαλύτη, στην εκχύλιση αιθέριων ελαίων από αρωματικά βότανα και στον διαχωρισμό πτητικών και μη πτητικών οργανικών συστατικών από φύλλα του φυτού μπόλντο[16, 18-21].

Παρ' όλες τις ενθαρρυντικές αναφορές που αφορούν την πιθανή εκβιομηχάνιση της μεθόδου και ακόμα περισσότερο την αντιμικροβιακή δράση των μικροκυμάτων για παστερίωση και αποστείρωση, η διεργασία αυτή αντιμετωπίζει πλειάδα εμποδίων που περιορίζουν τις εφαρμογές της. Το σημαντικότερο ίσως εμπόδιο, είναι το υψηλό κόστος του εξοπλισμού για παραγωγή μικροκυμάτων σε βιομηχανική κλίμακα[21].

Εκχύλιση υποβοηθούμενη από ηλεκτρικούς παλμούς

Τα τελευταία χρόνια, η χρήση τεχνολογιών ηλεκτρικών παλμών, ιδιαίτερα παλμικών ηλεκτρικών πεδίων (PEF) και ηλεκτρικών εκκενώσεων υψηλής τάσης (HVED), ενδείκνυνται ως ένα πιθανό εργαλείο για την ανάκτηση πολύτιμων συστατικών από φυτική ύλη, προσφέροντας μία πράσινη και βιώσιμη εναλλακτική [19-21].

Η μέθοδος των παλμικών ηλεκτρικών πεδίων, αποτελείται από μία ηλεκτρική κατεργασία μικρής χρονικής διάρκειας (από μερικά nsec έως μερικά msec) με παλμούς εύρους από 100 – 300 V/cm έως 20 – 80 kV/cm. Υπό την επίδραση του πεδίου η βιολογική μεμβράνη διατρύπεται ηλεκτρικά και χάνει προσωρινά ή μονιμά την ημι – διαπερατότητα της. Ήδη αρκετές βιομηχανίες τροφίμων έχουν αποκτήσει εξοπλισμό για επεξεργασία τροφίμων με παλμικά ηλεκτρικά πεδία. Το μειονέκτημα που παρουσιάζει η τεχνική αυτή είναι οι υψηλές δαπάνες που απαιτούνται για την κλιμάκωση της [19-21].

Από την άλλη, οι ηλεκτρικές εκκενώσεις υψηλής τάσης, βασίζονται τόσο σε χημικές αντιδράσεις όσο και σε φυσικές διεργασίες. Όταν η εκκένωση παράγεται απευθείας μέσα στο νερό, διοχετεύει ενέργεια άμεσα σε ένα υδατικό διάλυμα μέσω ενός καναλιού πλάσματος που σχηματίζεται από μία εκκένωση υψηλής τάσης/ υψηλού ρεύματος, μεταξύ δύο βυθισμένων ηλεκτροδίων. Αυτή η μέθοδος, παρόλο που είναι πιο αποτελεσματική στην διάσπαση των κυττάρων απ' ότι αυτή των ηλεκτρικών πεδίων, έχει υψηλό κόστος επένδυσης, ενώ την ίδια στιγμή παράγει και ελεύθερες ρίζες στο μέσο καταβύθισης, κάτι το οποίο μειώνει την συνολική αντιοξειδωτική δράση του εκχυλίσματος. Η αξιολόγηση των επιδόσεων των βιομηχανικών εφαρμογών της μεθόδου δεν έχει πραγματοποιηθεί ακόμα και ως εκ τούτου απαιτείται περαιτέρω έρευνα [19-21].

2.1.5.3 Καθαρισμός

Αρχική διαδικασία

Στην φάση αυτή έχει ληφθεί το αρχικό εκχύλισμα, το οποίο περιέχει και ουσίες εκτός των γλυκοζιτών που χρειάζεται να απομακρυνθούν. Η διαδικασία του αρχικού καθαρισμού συμβαίνει είτε με κροκίδωση είτε με ηλεκτροσυσσωμάτωση. Για καθαρισμό μέσω κροκίδωσης,

στο εκχύλισμα προστίθενται κροκιδωτικά μέσα όπως υδροξείδιο του ασβεστίου (CaOH), υδροξείδιο του αλουμινίου (Al(OH)₃), στυπτηρία, ανθρακικό ασβέστιο (CaCO₃) και χλωρίδιο του τρισθενούς σιδήρου (FeCl₃). Αυτά τα κροκιδωτικά προκαλούν την καθίζηση των κολλοειδών και ρητινοειδών πολυσακχαριτών, πρωτεϊνών και των φυτικών χρωστικών ουσιών [\[15, 22\]](#).

Στην μέθοδο της ηλεκτροσυσσωμάτωσης, ηλεκτρόδια αλουμινίου βυθίζονται στο εκχύλισμα και συνδέονται με πηγή χαμηλής τάσης και ρεύματος υψηλής έντασης. Η ροή ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από το εκχύλισμα συσσωματώνει τις ρητίνες, τα κολλοειδή και τις χρωστικές και καθαρίζει το εκχύλισμα [\[15\]](#).

Μετά από αυτό το στάδιο, οι ακαθαρσίες απομονώνονται από το εκχύλισμα με την χρήση φίλτρων.

Απομόνωση γλυκοζιτών

Το διαυγασμένο πλέον εκχύλισμα διέρχεται μέσα από μία στήλη πληρωμένη με μακροπορώδη συνθετική ρητίνη μικρής πολικότητας, σε κόκκους. Αρχικά η ρητίνη εκπλένεται με απιονισμένο νερό για να απομακρυνθούν τυχόν προσμίξεις. Η ρητίνη είναι κατάλληλη ώστε να απορροφήσει τους γλυκοζίτες στεβιόλης από το εκχύλισμα και να τους διατηρήσει, ενώ το εναπομείναν εκχύλισμα εξέρχεται από την στήλη [\[15\]](#).

Στην συνέχεια οι απορροφημένοι γλυκοζίτες της στεβιόλης εκπλένονται από την στήλη ρητίνης με αλκοόλη, συνήθως αιθανόλη. Η αλκοόλη εισέρχεται στην στήλη σε καθαρή μορφή και εξέρχεται με διαλυμένους σε αυτήν τους γλυκοζίτες καθώς και φυτικές χρωστικές που έχουν παραμείνει και άλατα, ως ακαθαρσίες που πρέπει να απομακρυνθούν [\[15\]](#).

Έπειτα το εκχύλισμα αλκοόλης υπόκειται σε κατεργασία με ενεργό άνθρακα για την αφαίρεση της πλειονότητας των φυτικών χρωστικών και μετέπειτα διέρχεται από φίλτρα για την απομάκρυνση του ενεργού άνθρακα. Η κατεργασία στην οποία υποβάλλεται το διάλυμα, είναι το πέρασμα από στήλες ιοντοεναλλαγής. Το διάλυμα αρχικά έρχεται σε επαφή με στήλη πληρωμένη με ισχυρά κατιοντική ρητίνη και στην συνέχεια διέρχεται από δεύτερη στήλη με ελαφρώς ανιοντική ρητίνη. Η διάταξη αυτή των στηλών έχει ως στόχο την απογύμνωση του διαλύματος τόσο από τα άλατα όσο και από φυτικές χρωστικές. Το αποτέλεσμα είναι ένα διάλυμα αλκοόλης πολύ υψηλής καθαρότητας σε γλυκοζίτες στεβιόλης [\[15\]](#).

Σε μία εναλλακτική μέθοδο το διαυγασμένο νερό αναμειγνύεται με έναν οργανικό διαλύτη που είναι μη αναμίξιμος με το νερό και αναδεύεται έντονα. Οι γλυκοζίτες της στεβιόλης έχουν μία μεγαλύτερη έλξη προς τον διαλύτη και μεταπηδούν με την σειρά τους από το υδατικό εκχύλισμα, στην φάση του διαλύτη [\[15\]](#).

Μετά την ανάμιξη, το διάλυμα αφήνεται να ισορροπήσει, όπου και γίνονται ορατές και διαχωρίζονται οι δύο φάσεις του. Το υδατικό στρώμα στην συνέχεια αφαιρείται και κατευθύνεται προς την μονάδα διαχείρισης αποβλήτων, ενώ το στρώμα του διαλύτη κατεργάζεται με ενεργό άνθρακα ώστε να αποχρωματιστεί και στην συνέχεια περνάει μέσα από μία σειρά φίλτρων προς απομάκρυνση του ενεργού άνθρακα [\[15\]](#).

Χρήση μεμβρανών

Σε αυτό το στάδιο πρέπει να επισημανθεί ότι οι μέχρι τώρα διεργασίες καθαρισμού με ρητίνες ιοντοεναλλαγής, κροκιδωτικά μέσα, οργανικούς διαλύτες, δεν συνάδουν με την «φυσική» εικόνα που προωθεί η χρήση της στέβιας ως εναλλακτική γλυκαντική ουσία. Παρόλο που έχει

αποδειχθεί πειραματικά ότι οι γλυκοζίτες που βρίσκονται αρχικά στο φυτό, εμφανίζονται αναλλοίωτοι και στο τελικό συμπυκνωμένο προϊόν, χώρες της Ευρωπαϊκής ένωσης έχουν απαγορεύσει σε προϊόντα που χρησιμοποιούν ως γλυκαντική ουσία τη στέβια, να χαρακτηρίζονται ως προϊόντα με φυσικά γλυκαντικά. Στην προσπάθεια να διατηρηθεί πράσινος ο χαρακτήρας των διεργασιών στις οποίες υποβάλλεται η στέβια για την επεξεργασία της, έχουν γίνει έρευνες για χρήση μεμβρανών που θα λειτουργούν ως φίλτρα για την παρακράτηση των επιθυμητών συστατικών[23-25].

Μικροδιήθηση

Η μικροδιήθηση αποτελεί την μέθοδο που διαθέτει τους πόρους με την μεγαλύτερη διάμετρο στις μεμβράνες της. Οι πόροι της μικροδιήθησης ανήκουν συνήθως στο εύρος 0.1 – 10 μm, ενώ συχνά η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται ως αρχικό στάδιο για την απομάκρυνση μεγαλύτερων σε μέγεθος ενώσεων όταν πρόκειται να ακολουθήσει νανοδιήθηση ή υπερδιήθηση. Οι πιέσεις που εξασκούνται είναι της τάξης των 0.1 – 3 bar, ενώ οι μεμβράνες είναι κυρίως συμμετρικές, κατασκευασμένες από πολυμερές ή κεραμικό υλικό. Με αυτή την μέθοδο απομακρύνονται ενώσεις μεγάλου μοριακού βάρους όπως βακτήρια, λιπίδια, ζύμες και μύκητες, ενώ χρησιμοποιείται κυρίως για την επεξεργασία νερού, ποτών, φαρμακευτικών σκευασμάτων και λυμάτων[23-25].

Υπερδιήθηση

Σε αυτήν την περίπτωση οι πόροι των μεμβρανών ποικίλουν μεταξύ 0.01 και 0.05 μm αν και ο χαρακτηρισμός αυτού του είδους των μεμβρανών δεν γίνεται με το μέγεθος των πόρων παρά με το μοριακό βάρος των ουσιών που μπορούν να συγκρατήσουν. Με την υπερδιήθηση συγκρατούνται κολλοειδείς ουσίες 20,000 – 200,000 Da και στερεά με διάμετρο > 0.5 μm. Οι μεμβράνες που χρησιμοποιούνται είναι ασύμμετρες, από πολυμερές ή κεραμικό υλικό και οι πιέσεις λειτουργίας κυμαίνονται μεταξύ 0.5 – 10 bar. Χρησιμοποιείται κυρίως για διαύγαση διαλυμάτων, συγκράτηση κολλοειδών και ανάκτηση ενώσεων μεγάλου μοριακού βάρους[23-25].

Νανοδιήθηση

Η νανοδιήθηση αποτελεί μία διεργασία κατά την οποία χρησιμοποιούνται ασύμμετρες πολυμερές ή σύνθετες μεμβράνες σε πιέσεις που ανήκουν στο εύρος 2 – 40 bar. Οι συγκεκριμένες μεμβράνες έχουν την ικανότητα να συγκρατήσουν στερεά διαμέτρου > 0.001 μm και διαλυμένες ουσίες 200 – 20,000 Da. Ουσίες με μοριακά βάρη 150 – 1000 g/mol συνήθως συγκρατούνται αλλά πρέπει να ληφθεί επίσης υπ' όψιν ότι στην περίπτωση της νανοδιήθησης πολύ σημαντικό ρόλο εκτός του μοριακού βάρους, έχουν το μοριακό σχήμα, η υδροφοβικότητα και το φορτίο των ουσιών.

Για την περίπτωση της στέβιας η νανοδιήθηση είναι ικανή να συγκρατήσει τις γλυκαντικές ενώσεις και να δημιουργήσει ένα υπερσυμπυκνωμένο διάλυμα κάποιας αλκοόλης ή νερού, ανάλογα με τα βήματα που έχουν επιλεγεί. Πρέπει να ληφθεί επίσης υπ' όψιν ότι ο διαλύτης που χρησιμοποιείται, η θερμοκρασία και η σύσταση επηρεάζουν την τελική απόφαση για επιλογή της μεμβράνης. Η καλύτερη επιλογή είναι, πριν το στάδιο των μεμβρανών να έχουν απομακρυνθεί φυτικές χρωστικές, πρωτεΐνες και άλατα επειδή η συσσώρευση τους στην επιφάνεια της μεμβράνης είναι ικανή να δημιουργήσει ωσμωτική πίεση που εμποδίζει την

ομαλή διέλευση των διαλυμένων ουσιών και καθυστερεί την διαδικασία ή ακόμα παράγει προϊόν μειωμένης ποιότητας[23-25].

2.1.5.4 Ξήρανση Εκχύλισματος

Το εμπορεύσιμο προϊόν της στέβιας έχει κάποια κριτήρια που πρέπει να τηρηθούν και αφορούν την καθαρότητα του σε γλυκοζίτες στεβιόλης. Για τον λόγο αυτό το εκχύλισμα πρέπει να ξηραθεί είτε είναι εκχύλισμα αλκοόλης είτε νερού. Το εκχύλισμα μπορεί να υποστεί και προκατεργασία με μεμβράνες.

Ξηραντήρας Ψεκασμού

Η λειτουργία του ξηραντήρα ψεκασμού βασίζεται στον ψεκασμό ενός υγρού ή ενός αραιού διαλύματος σε ρεύμα θερμού αερίου με την μορφή ομίχλης από μικροσκοπικές σταγόνες. Το υγρό εξατμίζεται πολύ γρήγορα, αφήνοντας τα σωματίδια ξηρού στερεού προς διαχωρισμό από το ρεύμα θερμού αέρα. Η ροή του αερίου με το υγρό μπορούν να είναι ομόρροπες, αντίρροπες ή και τα δύο[26].

Για τον σχηματισμό των σταγονιδίων, χρησιμοποιούνται ακροφύσια ψεκασμού ή περιστρεφόμενοι με υψηλή ταχύτητα δίσκοι ψεκασμού μέσα σε κυλινδρικό θάλαμο. Είναι σημαντικό να διασφαλιστεί ότι οι σταγόνες δεν χτυπούν σε στερεές επιφάνειες, κολλώντας σε αυτές πριν λάβει χώρα η ξήρανση τους. Για τον λόγο αυτό οι θάλαμοι που χρησιμοποιούνται είναι ευρύχωροι, ενώ από το κάτω μέρος τους απομακρύνονται τα ξηρά στερεά σωματίδια με κοχλιωτό μεταφορέα. Τα αέρια θα εισέλθουν στην συνέχεια σε μονάδα κυκλώνου, ώστε να ανακτηθεί κάθε σωματίδιο που έχει παρασυρθεί. Τα σωματίδια που δημιουργούνται με αυτή την μέθοδο, είναι συνήθως ελαφρά και αρκετά πορώδη[26].

2.2 Γεωργία Ακριβείας

2.2.1 Εισαγωγή

Η εκμηχάνιση της γεωργίας και η αύξηση των γεωργικών εκτάσεων οδήγησαν τους γεωργούς στην υιοθέτηση μίας ενιαίας αντιμετώπισης των καλλιεργειών, βασισμένη στην ομοιόμορφη παροχή εισροών στο χωράφι. Αυτές οι εισροές υπολογίζονται με βάση δειγματοληψίες από τυχαία σημεία του χωραφίου και λαμβάνοντας τον μέσο όρο των αναγκών. Συχνά η ομοιόμορφη αντιμετώπιση όμως δεν αντικατοπτρίζει τις πραγματικές ανάγκες σε εισροές, είτε μικρότερες είτε μεγαλύτερες, προκαλώντας ζημία στην απόδοση και την ποιότητα της καλλιέργειας.

Η ανάπτυξη της τεχνολογίας οδήγησε στην δημιουργία τεχνικών που μπορούν να εφαρμοστούν σε μία καλλιέργεια. Συγκεκριμένα, η βελτίωση των συστημάτων GPS (GlobalPositioningSystem) και των διαφόρων αισθητήρων που προσαρμόζονται στον υπάρχοντα τεχνολογικό εξοπλισμό, δίνουν την δυνατότητα να χαρτογραφηθεί η παραγωγή. Τα στοιχεία που συλλέγονται χρησιμοποιούνται για την παραγωγή χαρτών με την χρήση λογισμικού GIS (GeographicalInformationSystem). Το σύστημα αυτό μπορεί να επεξεργαστεί τα δεδομένα και να διαχωρίσει το αγροτεμάχιο σε ζώνες διαχείρισης, σε ζώνες δηλαδή με κοινά χαρακτηριστικά.

Οι ζώνες διαχείρισης επιτρέπουν την εφαρμογή της γεωργίας καλλιέργειας καθώς χρησιμοποιούνται μεταβαλλόμενες δόσεις ρευμάτων εισροής. Το αποτέλεσμα αυτού είναι τα

ρεύματα εισροής, όπως το λίπασμα, το νερό άρδευσης, τα χημικών και οι σπόροι να είναι στοχευμένα ώστε να μεγιστοποιούνται τα οφέλη[27].

2.2.2 Χαρτογράφηση εδαφικών ιδιοτήτων

2.2.2.1 Γενικά

Το σύστημα GPS και η βελτίωση της ακρίβειας του, έδωσαν την δυνατότητα στον καλλιεργητή με την χρήση ενός αισθητήρα – δέκτη να μπορεί είτε ο ίδιος είτε τοποθετώντας τον αισθητήρα – δέκτη σε κάποιο μηχάνημα, να διατρέχει το αγροτεμάχιο και με την βοήθεια κάποιου ηλεκτρονικού συστήματος να δημιουργεί χάρτες που το οριοθετούν και να το διαχωρίζουν σε τμήματα διαφορετικών αναγκών, έπειτα από ορισμένες δειγματοληψίες[27].

2.2.2.2 Επίδραση στην καλλιέργεια

Τα φυτά για την ανάπτυξη τους χρειάζονται τα κύρια στοιχεία (άζωτο, φώσφορος, κάλιο), τα δευτερεύοντα στοιχεία (ασβέστιο, μαγνήσιο) και τα ιχνοστοιχεία (χαλκός, σίδηρος, μαγγάνιο κ.α.).

Το άζωτο αποτελεί ίσως το πιο σημαντικό θρεπτικό στοιχείο για τα φυτά, ενώ εξίσου σημαντικό είναι και το χρονικό σημείο στο οποίο χορηγείται, καθώς αν δεν απορροφηθεί μπορεί να προκαλέσει ζημιά στο περιβάλλον. Ο φώσφορος δεν έχει τις ίδιες δυσκολίες καθώς προσδένεται ισχυρά στο έδαφος, μία διάβρωση όμως του εδάφους μπορεί να προκαλέσει την απώλεια του. Το έδαφος πρέπει να ελεγχθεί επίσης και για την συγκέντρωση των δευτερευόντων στοιχείων και των ιχνοστοιχείων, αλλά και για την οξύτητα του η οποία μπορεί επίσης να προκαλέσει προβλήματα στην καλλιέργεια[27].

2.2.2.3 Δειγματοληψία εδάφους

Η δειγματοληψία γίνεται είτε με τον διαχωρισμό του αγροτεμαχίου σε κελιά και λήψη δειγμάτων από το εσωτερικό τους, αναλύοντας έπειτα τον μέσο όρο αυτών των μετρήσεων από κάθε κελί, είτε χωρίζοντας το αγροτεμάχιο σε περιοχές με κοινά χαρακτηριστικά, κυρίως εδαφολογικά. Τα δείγματα λαμβάνονται ξανά και αναλύεται ο μέσος όρος των μετρήσεων από κάθε περιοχή, με την διαφορά από την πρώτη μέθοδο να έγκειται στο ότι η απόσταση μεταξύ των περιοχών δεν είναι καθορισμένη[27].

2.2.3 Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (GIS)

Το πλήθος των πληροφοριών που συλλέγονται με τους διάφορους μηχανισμούς είναι πολύ μεγάλο σε μέγεθος και απαιτείται κάποιο λογισμικό για την επεξεργασία τους. Το λογισμικό αυτό καταγράφει τις πληροφορίες που δέχεται ενώ ταυτόχρονα τις συνδυάζει και με το γεωγραφικό στίγμα που λαμβάνει από το GPS. Κάτι τέτοιο επιτρέπει την δημιουργία ενός συστήματος συντεταγμένων εντός του αγροτεμαχίου και την δημιουργία χαρτών, εντός των οποίων ορίζονται σημεία που χαρακτηρίζονται από τις διάφορες παρατηρήσεις και μετρήσεις του χειριστή (ηλεκτρική αγωγιμότητα, πλήθος παθογόνων, μορφολογία και σύσταση εδάφους κ.α.). Για να μπορέσουν να ερμηνευτούν τα επιθυμητά δεδομένα οι χάρτες που δημιουργούνται μπορούν να έχουν διάφορα επίπεδα (οριοθέτηση, παραγωγή, δειγματοληψία κ.α.) και να μην περιλαμβάνονται όλες οι πληροφορίες σε έναν μοναδικό χάρτη[27].

2.2.4 Ζώνες Διαχείρισης

Το σημαντικότερο ίσως σημείο της γεωργίας ακριβείας και αυτό που την διαφοροποιεί από την συμβατική καλλιέργεια είναι η αντιμετώπιση κάθε τμήματος του αγροτεμαχίου με διαφορετικό τρόπο με βάση την παραλλακτικότητα που παρουσιάζει. Για τον λόγο αυτό είναι απαραίτητο να οριοθετηθούν ζώνες διαχείρισης, περιοχές δηλαδή με κοινά χαρακτηριστικά, οι οποίες θα λαμβάνουν ίδιες εισροές. Για τον ορισμό των ζωνών αξιοποιούνται οι μετρήσεις που έχουν συλλεχθεί και τα δεδομένα που προσφέρουν οι χάρτες που έχουν δημιουργηθεί, έχοντας πάντα κατά νου ότι οι ζώνες πρέπει να είναι σταθερές στον χρόνο, να οριοθετούνται εύκολα, να συσχετίζονται με την παραγωγή και να μην έχουν κοστοβόρα δημιουργία. Πρέπει επίσης να ληφθεί υπ' όψιν και ο βαθμός στον οποίο μπορεί ο παραγωγός να προσαρμόσει τις εισροές[27].

2.2.5 Εφαρμογή εισροών με μεταβλητές δόσεις

Οι ζώνες διαχείρισης οριοθετούν περιοχές στις οποίες θα εφαρμοστούν τα ίδια ρεύματα εισροής. Η προσαρμογή των ρευμάτων ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε περιοχής του αγροτεμαχίου ονομάζεται εφαρμογή εισροών με μεταβλητές δόσεις. Η διαδικασία αυτή μπορεί να συμβεί με δύο μεθόδους.

Κατά την πρώτη μέθοδο η μηχανή η οποία είναι υπεύθυνη για την εφαρμογή των εισροών κινείται στον αγρό και χρησιμοποιεί τις πληροφορίες που περιλαμβάνονται σε κάποιον χάρτη. Για την πραγματοποίηση αυτής της μεθόδου χρειάζεται η θέση της μηχανής να είναι γνωστή καθ' όλη την διάρκεια της διαδικασίας και να συσχετίζεται με τα σημεία του χάρτη.

Στην δεύτερη μέθοδο, αισθητήρες εφαρμόζονται στο μηχάνημα που διανέμει τις εισροές στον αγρό. Οι αισθητήρες λαμβάνουν πληροφορίες σχετικές με την μορφολογία του εδάφους και άλλα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας, καθώς το μηχάνημα κινείται και τα επεξεργάζεται σε πραγματικό χρόνο. Έπειτα, υπολογίζει την απαραίτητη ποσότητα που πρέπει να έχει η δόση και την μεταβάλλει κατάλληλα, ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες του εδάφους στο συγκεκριμένο σημείο. Παρ' όλο που η μέθοδος αυτή δεν απαιτεί σύστημα GPS, η χρήση του μπορεί να συνδυαστεί στην δημιουργία χαρτών που θα αναπαριστούν τα σημεία από τα οποία λαμβάνονται οι πληροφορίες μέσω των αισθητήρων[27].

2.2.6 Σύγχρονες τεχνικές

Η εξέλιξη της τεχνολογίας και η συνεχώς αυξανόμενη ανάγκη για εξοικονόμηση πόρων και αύξηση της παραγωγικότητας, όπου αυτό καθίσταται δυνατό, έχει οδηγήσει σε αυξημένες επενδύσεις στον χώρο της γεωργίας. Μία από τις αλλαγές που έφερε αυτή η κατάσταση, είναι η εισαγωγή μη επανδρωμένων σκαφών (Unmanned Aerial Vehicles-UAV) στον τομέα της γεωργίας.

Τα συστήματα μη επανδρωμένων σκαφών αποτελούνται από

- Τα ίδια τα σκάφη.
- Έναν σταθμό ελέγχου στο έδαφος (Ground Control System-GCS), ο οποίος είναι σε θέση να επικοινωνεί με το σκάφος και να ανταλλάσσει πληροφορίες μαζί του. Μπορεί να ελέγχει το σκάφος άμεσα ή έμμεσα επικοινωνώντας με το σύστημα ελέγχου του

σκάφους. Επίσης διαθέτει λογισμικό που επεξεργάζεται τα δεδομένα που λαμβάνει από το σκάφος.

- Έναν σταθμό ελέγχου του σκάφους (UAVCS), που είναι υπεύθυνος για την απρόσκοπτη πτήση του σκάφους και για την σωστή λειτουργία του συστήματος αυτόματου πιλότου. Συνήθως περιέχει αισθητήρες για την λήψη πληροφοριών που σχετίζονται με την πτήση, ενώ είναι σε θέση να επικοινωνήσει σε πραγματικό χρόνο με τον σταθμό ελέγχου στο έδαφος.
- Αισθητήρες για συλλογή δεδομένων, οι οποίοι είναι κατά κύριο λόγο κάμερες που καταγράφουν τις πληροφορίες που χρειάζονται.

Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι αν ο σκοπός της χρήσης του σκάφους δεν είναι η συλλογή δεδομένων, αλλά κάτι διαφορετικό όπως ο ψεκασμός, προσαρτάται σε αυτό ο απαραίτητος εξοπλισμός[28].

Η χρήση των μη επανδρωμένων σκαφών, μπορεί να μας δώσει πληροφορίες για την διαχείριση και χαρτογράφηση των ζιζανίων και την παρακολούθηση της ανάπτυξης των φυτών και του όγκου της συγκομιδής. Μπορεί επίσης να βοηθήσει με τον εντοπισμό ασθενειών στα φυτά και την διαχείριση της άρδευσης και του ραντίσματος[28].

Επιπλέον, τα συστήματα που έχουν αναπτυχθεί τελευταία επιτρέπουν την χρήση ενός δικτύου ασύρματων αισθητήρων (Wireless sensor network). Οι αισθητήρες πλέον δεν προσαρμόζονται σε οχήματα που μετακινούνται μέσα στο αγροτεμάχιο, ούτε τοποθετούνται σε χώρους στο αγροτεμάχιο και συνδέονται μεταξύ τους με καλώδια. Η χρήση του διαδικτύου, έδωσε την δυνατότητα στους αισθητήρες να επικοινωνούν με ένα υπολογιστικό σύστημα, το οποίο ενημερώνεται για τις μετρήσεις που καταγράφουν οι αισθητήρες, τις επεξεργάζεται και αν η τιμή που λάβουν για κάποια κατηγορία είναι χαμηλότερη ενός ορίου, προτρέπουν τον χειριστή να προβεί στην κατάλληλη ενέργεια[29].

2.2.7 Αποτελέσματα σε καλλιέργειες

Για την καλύτερη κατανόηση της επιρροής που μπορεί να έχει η γεωργία ακριβείας στις εισροές μίας καλλιέργειας, παρακάτω παρατίθενται δεδομένα από καλλιέργειες που βρέθηκαν στην βιβλιογραφία. Τα δεδομένα αναφέρονται σε μειώσεις που σχετίζονται με το σύνολο των πηγών λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται, τον όγκο του νερού για άρδευση και τις ζιζανιοκτόνες ουσίες που χρησιμοποιούνται.

Πίνακας 3. Επίδραση Γεωργίας Ακριβείας σε Διάφορες Καλλιέργειες

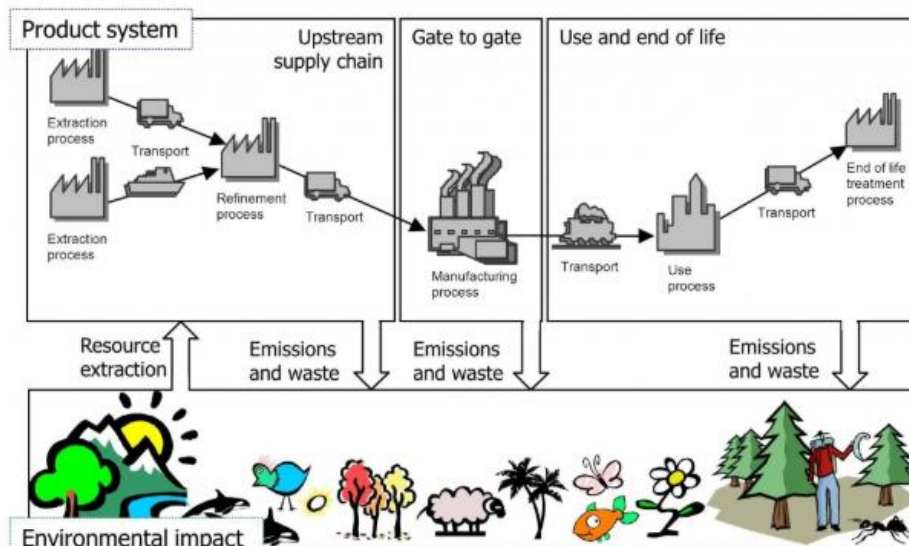
Γεωργία Ακριβείας		Λίπανση	Άρδευση	Ζιζανιοκτόνα
Βιβλιογραφία[27]				
Βαμβάκι Καρδίτσα		35%	18%	62%
Μήλα Αγιά				
	1ος χρόνος	32,40%	ΔΑ	ΔΑ
	2ος χρόνος	56,60%	ΔΑ	ΔΑ

Αχλάδια Τύρναβος						
	1ος χρόνος	56%			ΔΑ	ΔΑ
	2ος χρόνος	50%			ΔΑ	ΔΑ
Καρπούζια		ΔΑ			10%	ΔΑ
Μηλιά		38%			ΔΑ	ΔΑ
Βιβλιογραφία[30]						
Καλαμπόκι			Μείωση άζωτο εκπλένεται 4,2% - 36,3%	στο που	ΔΑ	ΔΑ
Σακχαροκάλαμο		ΔΑ			ΔΑ	54%
Καλαμπόκι		ΔΑ			ΔΑ	42%
Δημητριακά		ΔΑ			ΔΑ	47% - 80%
Κριθάρι		ΔΑ			ΔΑ	66% - 75%
Δημητριακά		ΔΑ			ΔΑ	40% - 60%
Βιβλιογραφία[31]						
Ποιμενικήγεωργία		ΔΑ		κτήμα 1	21,80%	ΔΑ
		ΔΑ		κτήμα 2	26,30%	ΔΑ
Βιβλιογραφία[32]		ΔΑ			0% - 26%	ΔΑ

2.3 Αξιολόγηση Κύκλου Ζωής (AKZ)

Η αξιολόγηση κύκλου ζωής (AKZ – LCA, Life Cycle Assessment) ακολουθεί ένα προϊόν ή μία διεργασία και μελετά όλα τα στάδια που τα αφορούν, από το σημείο που εξάγονται οι πόροι που χρησιμοποιούνται από το περιβάλλον, στο στάδιο της παραγωγής και τέλος στη διαχείριση των παραγόμενων αποβλήτων. Στην AKZ τα εισερχόμενα ρεύματα από τη φύση και οι διάφορες εκπομπές προς αυτήν ποσοτικοποιούνται, ενώ η όλη διαδικασία περιγράφεται με τρόπο που καθιστά εφικτό να κατανοηθούν το πως παρόμοιες έρευνες πραγματοποιούνται και ερμηνεύονται.

Οι περιβαλλοντολογικές ανησυχίες που προκύπτουν και αφορούν στη μακροχρόνια κατανάλωση ορισμένων πόρων, στην ανθρώπινη υγεία ή και στο ίδιο το περιβάλλον, νοηματοδοτούν την έρευνα της AKZ όσο δύσκολη κι αν φαντάζει η συλλογή και η αξιολόγηση όλων των δεδομένων που χρειάζονται.



Εικόνα 6. Περιγραφή Μεθοδολογίας ΑΚΖ

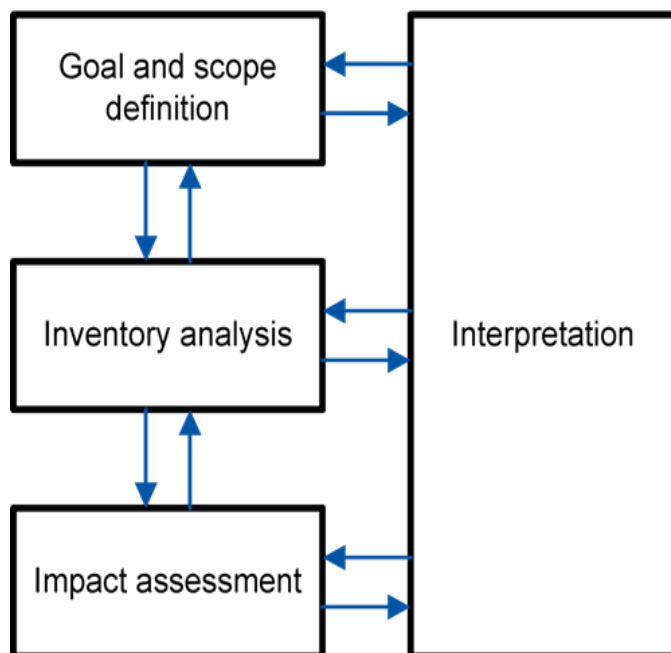
Η ΑΚΖ μπορεί να αξιοποιηθεί ως ένα εργαλείο στηβιωσιμότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας ώστε:

- να ληφθεί μία σφαιρική εικόνα των συνολικών επιπτώσεων, να ταυτοποιηθούν τα σημαντικά σημεία και οι περιοχές όπου μπορούν να εφαρμοστούν βελτιώσεις στον κύκλο ζωής των προϊόντων ή των διεργασιών,
- να υπολογιστούν τα περιβαλλοντικά αποτυπώματα των προϊόντων, είτε σε κάποιο στάδιο είτε καθ' όλη την διάρκεια του κύκλου ζωής,
- να προσφέρει στοιχεία για λήψη αποφάσεων που αφορούν στα σημεία στα οποία θα πρέπει να επικεντρωθούν οι προσπάθειες και οι επενδύσεις ώστε να βελτιστοποιηθούν οι διεργασίες.

Για να μπορούν να δίνονται έγκυρα αποτελέσματα, θεσπίστηκε μία σειρά πρότυπων μεθοδολογιών για την διεξαγωγή της ΑΚΖ, η σειρά τυποποίησης ISO 14040. Εν προκειμένω, για την ΑΚΖ της στέβιας εφαρμόζεται το ISO 14040 & 14044. Η ΑΚΖ είναι η τεχνική με την οποία αξιολογείται οι περιβαλλοντικές πτυχές και το περιβαλλοντικό αποτύπωμα που σχετίζεται με ένα προϊόν μέσω:

- της συλλογής δεδομένων για τις σχετικές εισροές και εκροές του συστήματος του προϊόντος,
- της εκτίμησης των πιθανών περιβαλλοντικών αποτυπωμάτων που σχετίζονται με τις ανωτέρω εισροές και εκροές, και
- την ερμηνεία των αποτελεσμάτων, των φάσεων της ανάλυσης των δεδομένων και της αξιολόγησης του περιβαλλοντικού αποτυπώματος με γνώμονα τους στόχους της έρευνας.

Με βάση αυτά τα πρότυπα η ΑΚΖ συνίσταται από τα ακόλουθα 4 στάδια:



Εικόνα 7. Κύριες Φάσεις ΑΚΖ

Ορισμός στόχου και πεδίου εφαρμογής:

Καθορισμός του στόχου και πεδίου εφαρμογής της μελέτης ΑΚΖ του συστήματος που θα μελετηθεί. Σε αυτό το στάδιο επιλέγεται ποιες διεργασίες θα είναι στο προς μελέτη σύστημα.

Συλλογή&Ανάλυση δεδομένων:

Σύνταξη μίας λίστας εισερχόμενων και εξερχόμενων ρευμάτων του συστήματος, όπως η χρήση πόρων, οι εκπομπές σε αέρα, ύδατα και έδαφος και η παραγωγή απορριμμάτων. Κάτι τέτοιο περιλαμβάνει την συλλογή δεδομένων από κάθε διεργασία που περιλαμβάνεται στην μελέτη και στην άθροιση της επιμέρους συνεισφοράς της κάθε διεργασίας στο συνολικό αποτύπωμα του συστήματος.

Εκτίμηση επιπτώσεων:

Εκτιμάται το εν

δυνάμει περιβαλλοντολογικό αποτύπωμα

που προκαλείται από τα εισερχόμενα και εξερχόμενα ρεύματα του συστήματος. Αυτό το στάδιο αφορά και την κατηγοριοποίηση κάθε πιθανής εκπομπής στα προβλήματα που μπορεί να προκαλέσει, όπως παραδείγματος χάρη μία συγκεκριμένη αέρια εκπομπή μπορεί να οδηγήσει στην θέρμανση του πλανήτη ή σε όξινηση.

Ερμηνεία: Ερμηνεία των αποτελεσμάτων της μελέτης και παρουσίαση προτάσεων για την αντιμετώπιση ενδεχόμενων προβλημάτων.

Για την κάλυψη κάθε ανάγκης που προκύπτει από την ΑΚΖ και την αποφυγή πολύπλοκων και χρονοβόρων υπολογισμών, έχουν αναπτυχθεί εμπορικά πακέτα λογισμικών που καλύπτουν την κάθε φάση μίας ΑΚΖ. Μερικά από αυτά τα εργαλεία έχουν αναπτυχθεί για συγκεκριμένους τομείς της βιομηχανίας (π.χ. κατασκευές, διαχείριση αποβλήτων, γεωργία, ενέργεια, ανακύκλωση κλπ.) ενώ άλλα παρουσιάζουν μία καθολικότητα στις εφαρμογές τους. Λογισμικά όπως τα Gabi, OpenLCA, SimaPro και Umberto αποτελούν τα πλέον διαδεδομένα λογισμικά και τα αποτελέσματά τους είναι ευρέως αποδεκτά από την επιστημονική κοινότητα ως φερέγγυα. Η μελέτη της εν λόγω διπλωματικής, LCA στην παραγωγή γλυκαντικής σκόνης στέβιας και πως το περιβαλλοντικό αποτύπωμα επηρεάζεται από την εφαρμογή της Γεωργίας Ακριβείας, εκπονείται με την βοήθεια του λογισμικού GabiTS, με χρήση αξιόπιστων βάσεων δεδομένων (Energy, Inorganic Intermediates, Organic Intermediates, Ecoinvent Integrated, Precious Metals κ.α.) και της μεθόδου εκτίμησης επιπτώσεων ReCiPe 2016[33].

2.3.1 Ορισμός Στόχου και Πεδίου Εφαρμογής (Scope of the study)

Το πρώτο στάδιο της ΑΚΖ είναι ο καθορισμός του στόχου και του πεδίου εφαρμογής της μελέτης. Αυτό το στάδιο θα πρέπει να οριστεί αποτελεσματικά καθώς είναι αυτό που θα καθορίσει τις επιλογές στα μετέπειτα στάδια της έρευνας. Επίσης είναι αρκετά πιθανό καθώς η έρευνα εξελίσσεται και νέα δεδομένα προκύπτουν, ο στόχος και το πεδίο εφαρμογής να χρειαστεί να αναθεωρηθούν.

Σύμφωνα με το πρότυπο ISO 14040 ο στόχος πρέπει να ορίζει :

- Την προτιθέμενη εφαρμογή της έρευνας και τον λόγο για τον οποίο διεξάγεται, το οποίο θα μπορούσε να αιτιολογηθεί παραδείγματος χάριν δηλώνοντας ότι στόχος είναι να βρεθούν τα πιο σημαντικά σημεία σε μία γραμμή παραγωγής, που συνεισφέρουν δηλαδή περισσότερο σε περιβαλλοντολογικές επιπτώσεις και ποιες είναι αυτές,
- Το κοινό στο οποίο απευθύνονται τα αποτελέσματα της έρευνας, είτε αυτό θα μπορούσε να είναι μία εσωτερική έρευνα μίας εταιρείας για την ανάπτυξη ενός προϊόντος είτε για την πληροφόρηση των πελατών και των καταναλωτών,
- Το αν τα αποτελέσματα της έρευνας σκοπεύεται να χρησιμοποιηθούν για να βασιστούν πάνω τους συγκριτικοί ισχυρισμοί που θα αποκαλυφθούν στο κοινό. Στην περίπτωση που τα αποτελέσματα χρησιμοποιηθούν για να συγκριθούν οι περιβαλλοντολογικές επιδόσεις προϊόντων με παρόμοιες λειτουργίες πρέπει να τηρηθούν ορισμένοι κανόνες και απαιτήσεις ώστε να είναι έγκυρη η ΑΚΖ[33].

2.3.1.1 Ορισμός Συστήματος (Product system)

Το σύστημα αποτελεί μία θεμελιώδη έννοια της ΑΚΖ και ουσιαστικά μοντελοποιεί την Αξιολόγηση Κύκλου Ζωής, περιλαμβάνοντας όλες τις διεργασίες που χρειάζεται να εφαρμοστούν ώστε να διενεργηθεί η προς μελέτη λειτουργία. Πρακτικά περιλαμβάνει όλες τις διεργασίες, ανάκτηση πόρων, κατασκευή προϊόντος, μεταφορά, διεργασίες διαχείρισης αποβλήτων κ.α. και πως αυτές συνδέονται μεταξύ τους. Προς διευκόλυνση του ενδιαφερόμενου, το σύστημα συχνά παίρνει την μορφή ενός διαγράμματος ροής, όπου παρουσιάζονται όλες οι διεργασίες και οι μεταξύ τους συσχετίσεις[33].

2.3.1.2 Λειτουργική Μονάδα (Functional unit)

Η λειτουργική μονάδα αποτελεί τον τρόπο έκφρασης της λειτουργίας που περιγράφει το σύστημα. Αυτό συμβαίνει καθώς η λειτουργική μονάδα ποσοτικοποιεί ουσιαστικά την λειτουργία, παρέχοντας μία βάση ώστε να καταστεί εφικτή η σύγκριση μεταξύ των εισροών και των εκροών του συστήματος, καθώς και μία κοινή βάση για την σύγκριση δύο ανεξάρτητων συστημάτων[33].

2.3.1.3 Όρια (Boundaries)

Τα όρια του συστήματος καθορίζουν ποιες διεργασίες που περιλαμβάνονται στο σύστημα, όπως και ποιες εισροές και ποιες εκροές, θα συμπεριληφθούν στην μελέτη. Τα όρια του συστήματος επομένως, καθορίζονται από τον στόχο της έρευνας και την εφαρμογή για την οποία προορίζονται τα αποτελέσματα. Σε αυτό το στάδιο επιλέγονται άρα οι λεγόμενες

αποκοπές, τα κομμάτια του συστήματος που θα αφαιρεθούν από την μελέτη ώστε το πεδίο έρευνας να επικεντρωθεί στα κομμάτια ενδιαφέροντος[33].

2.3.1.4 Στοιχειώδης Ροές (Elementary Flows)

Στοιχειώδης ονομάζονται οι ροές οι οποίες αφορούν μία μεμονωμένη διεργασία ή το σύστημα και προέρχονται ή καταλήγουν στο περιβάλλον. Παραδείγματα στοιχειωδών ρευμάτων σε μία ΑΚΖ μπορεί να είναι η εξαγωγή υλικών ή ενέργειας από το περιβάλλον και οι εισαγωγή τους στο σύστημα ή οι εκπομπές που παράγονται μέσω των διάφορων διεργασιών και καταλήγουν στην ατμόσφαιρα, στην γη ή στα ύδατα[33].

2.3.1.5 Κατανομή Πόρων (Allocation)

Συστήματα τα οποία έχουν περισσότερα του ενός προϊόντα θα πρέπει να υποστούν μία διεργασία κατά την οποία τα υλικά και η ενέργεια που υπολογίζονται για τις διεργασίες ως σύνολο καθώς και οι περιβαλλοντολογικές εκπομπές, διαχωρίζονται και κατανέμονται σε κάθε προϊόν που παράγεται[33].

2.3.1.6 Απαιτήσεις Ποιότητας Δεδομένων (Data Quality Requirements)

Η χρησιμότητα και η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων μίας ΑΚΖ εξαρτάται από την ποιότητα των δεδομένων που χρησιμοποιούνται. Σύμφωνα με το πρότυπο ISO 14044 πρέπει να καλυφθούν και να περιγραφούν ορισμένες συνθήκες όταν καθορίζεται το πεδίο έρευνας:

- Χρονική κάλυψη, καθώς πρέπει να αποφασιστεί σε ποια χρονική περίοδο θα αναφέρονται τα δεδομένα,
- Γεωγραφική κάλυψη, δηλαδή σε ποια περιοχή θα πρέπει να αναφέρονται τα δεδομένα, δεδομένου ότι σε έναν κύκλο ζωής ενός προϊόντος, πολλά από τα υλικά που χρησιμοποιούνται παρασκευάζονται σε διαφορετικά σημεία του πλανήτη,
- Τεχνολογική κάλυψη, δηλαδή για τις διεργασίες που περιλαμβάνονται, τι τεχνολογικό επίπεδο χρησιμοποιείται για να παραχθούν τα υλικά και τα προϊόντα. Αν για παράδειγμα ένα υλικό παράγεται με διαφορετικές μεθόδους, ποια θα επιλεγεί για να εισαχθεί στην μελέτη,
- Ακρίβεια, πληρότητα και αντιπροσωπευτικότητα,
- Συνέπεια και αναπαραγωγισιμότητα των μεθόδων που χρησιμοποιεί η μέθοδος,
- Επιλογή των πηγών από τις οποίες προέρχονται τα δεδομένα,
- Διαχείριση αβεβαιοτήτων που μπορεί να εντοπιστούν στις πληροφορίες και κενών στα δεδομένα[33].

2.3.2 Συλλογή Δεδομένων (Inventory)

Το στάδιο της απογραφής κύκλου ζωής μίας ΑΚΖ περιλαμβάνει δύο μέρη :

- Την συλλογή δεδομένων για κάθε διεργασία που περιλαμβάνεται στο ορισμένο σύστημα που έχει καθοριστεί στην φάση του στόχου και πεδίου εφαρμογής. Το στάδιο αυτό περιλαμβάνει επίσης την επικύρωση των συλλεγμένων δεδομένων, ώστε να εξασφαλιστεί ότι τηρούνται οι προϋποθέσεις που αφορούν την ποιότητα των δεδομένων.

- Το άθροισμα των συνεισφορών των επιμέρους διεργασιών ώστε να υπολογιστεί το τελικό αποτέλεσμα για το σύστημα. Το αποτέλεσμα υπολογίζεται σε εισερχόμενα και εξερχόμενα ρεύματα από το ορισμένο σύστημα[33].

2.3.2.1 Συλλογή και Επικύρωση δεδομένων (Collection and Validation of Data)

Τα δεδομένα που συλλέγονται για την ΑΚΖ έχουν τον πιο σημαντικό ρόλο για την τελική χρησιμότητα της έρευνας καθώς επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την ακρίβεια της. Συχνά αποτελεί και το πιο χρονοβόρο στάδιο της έρευνας. Ως εκ τούτου η συλλογή των δεδομένων οφείλει να γίνει με προσεκτικό σχεδιασμό και σύμφωνα με τις ποιοτικές προϋποθέσεις που ορίζονται στην φάση του ορισμού στόχου και πεδίου εφαρμογής.

Η συλλογή δεδομένων σύμφωνα με το ISO 14044 έχει τα εξής στάδια :

- Προετοιμασία συλλογής δεδομένων
- Συλλογή δεδομένων
- Επικύρωση των συλλεγμένων δεδομένων
- Κατανομή των διεργασιών [33].

Προετοιμασία συλλογής δεδομένων (Data Collection Preparation)

Αρχικά, χρησιμοποιείται το διάγραμμα ροής του συστήματος που έχει ήδη οριστεί ώστε να ταυτοποιηθούν οι διεργασίες που περιλαμβάνονται και να ληφθούν τα δεδομένα για καθεμία από αυτές. Στην συνέχεια αποφασίζεται ποιες πηγές δεδομένων θα επιλεγθούν για την συλλογή. Οι πηγές χωρίζονται σε συγκεκριμένες διεργασίες παραγωγής, εσωτερικές βάσεις δεδομένων και αναφορές, πρότυπα και εκτιμήσεις και εξωτερικές βάσεις δεδομένων και βιβλιογραφία. Στην προετοιμασία συλλογής δεδομένων επιλέγεται επίσης για ποιες διεργασίες τα δεδομένα θα προκύψουν από ποια πηγή[33].

Συλλογή δεδομένων (Data Collection)

Για κάθε διεργασία του συστήματος απαιτούνται δεδομένα που αφορούν τα εισερχόμενα ρεύματα πόρων και ενέργειας και τα εξερχόμενα ρεύματα αέριων εκπομπών, αποβλήτων, παραγόμενων προϊόντων και παραπροϊόντων και ρευμάτων προς τον υδροφόρο ορίζοντα και το έδαφος[33].

Επικύρωση δεδομένων (Data Validation)

Είναι πολύ σημαντικό να επικυρώνεται η ποιότητα των δεδομένων που συλλέγονται. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι ελέγχου των δεδομένων όπως η πραγματοποίηση ισοζυγίων μάζας και ενέργειας, από τα οποία εξάγονται πληροφορίες που μας δείχνουν αν έχει παραληφθεί κάποιο εισερχόμενο ή εξερχόμενο ρεύμα και αν συμφωνούν τα δεδομένα με τους νόμους διατήρησης τους. Επιπλέον, μπορούν να γίνουν συγκρίσεις μεταξύ δεδομένων παρόμοιων διεργασιών ώστε να αξιολογηθεί η εγκυρότητα των δεδομένων[33].

Διαδικασία κατανομής (Allocation Procedure)

Όταν το σύστημα παράγει περισσότερα του ενός προϊόντα είναι αναγκαίο να γίνει κατανομή των εισερχόμενων και εξερχόμενων ρευμάτων στο εκάστοτε προϊόν. Το ISO 14040 επιβάλλει τα ακόλουθα βήματα όσον αφορά στην κατανομή:

- όπου είναι εφικτό, η κατανομή να αποφεύγεται, αυξάνοντας παραδείγματος χάριν το πόσο λεπτομερές είναι το σύστημα,

- όπου δεν μπορεί να αποφευχθεί η κατανομή, τα εισερχόμενα και εξερχόμενα ρεύματα να διαχωρίζονται στις επιμέρους λειτουργίες ή προϊόντα με τρόπο που υποδεικνύει τις υποκείμενες μεταξύ τους σχέσεις,
- αν ότι προαναφέρθηκε δεν είναι εφικτό, η κατανομή να γίνει με βάση τις υπάρχουσες σχέσεις, όπως είναι η οικονομική αξία των προϊόντων[33].

2.3.2.2 Το άθροισμα στο αποτέλεσμα του αποθέματος (Aggregation into the inventory result)

Η σύνταξη του αποτελέσματος με βάση το ISO 14044 έχει τα εξής βήματα:

- Συσχετισμό των δεδομένων με διεργασίες και την λειτουργική μονάδα.
- Συσσωμάτωση των πληροφοριών.
- Εξευγενισμό των ορίων του συστήματος, αν είναι αναγκαίο.

Συσχετισμός των δεδομένων με διεργασίες και την λειτουργική μονάδα (Relating data to unit process and functional unit)

Σε αυτό το στάδιο καθορίζεται το ρεύμα αναφοράς για κάθε διεργασία και συνδέονται με αυτό όλα τα ρεύματα εισόδου και εξόδου που αφορούν στη συγκεκριμένη διεργασία σύμφωνα με τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί. Επιπλέον, γίνεται κανονικοποίηση των δεδομένων που έχουν συλλεχθεί με βάση την επιλεγμένη λειτουργική μονάδα[33].

Συσσωμάτωση των πληροφοριών (Data aggregation)

Τα κανονικοποιημένα δεδομένα που προκύπτουν από τα ρεύματα εισόδου και εξόδου για όλες τις συμπεριλαμβανόμενες διεργασίες κατηγοριοποιούνται και συσσωρεύονται, δίνοντας το ολικό περιβαλλοντολογικό αποτύπωμα. Παραδείγματος χάριν οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από κάθε διεργασία, αθροίζονται και λαμβάνονται οι συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα του συστήματος[33].

Εξευγενισμός των ορίων του συστήματος (Refining system boundaries)

Αφού ληφθούν τα αποτελέσματα, πραγματοποιείται ένας έλεγχος ευαισθησίας, ώστε να αξιολογηθούν τα αποτελέσματα και οι πληροφορίες που εισήχθησαν στο σύστημα. Μπορεί με αυτόν τον τρόπο να παρατηρηθεί ποια στάδια του κύκλου ζωής είναι πιο επιζήμια, αν οι πληροφορίες που υπάρχουν γι' αυτά είναι αρκετές και να γίνει αναθεώρηση των ορίων του συστήματος αν είναι αναγκαίο και επανάληψη της ΑΚΖ[33].

2.3.3 Εκτίμηση Επιπτώσεων

Η αξιολόγηση των επιπτώσεων της ΑΚΖ στοχεύει στην εκτίμηση του περιβαλλοντικού αντίκτυπου που έχει το σύστημα. Η εκτίμηση των επιπτώσεων πραγματοποιείται με βάση τα αποτελέσματα της απογραφής και περιλαμβάνει την εκτίμηση των περιβαλλοντολογικών συνεπειών που έχουν οι εισροές και οι εκροές του συστήματος.

Ακολουθώντας τις οδηγίες του ISO 14040 η εκτίμηση επιπτώσεων διαχωρίζεται σε υποχρεωτικά και προαιρετικά στοιχεία :

✓ Υποχρεωτικά στοιχεία

- Γίνεται επιλογή των κατηγοριών των επιπτώσεων που θα συμπεριληφθούν, των δεικτών των κατηγοριών και των μοντέλων χαρακτηρισμού, δηλαδή ουσιαστικά του τρόπου με τον οποίο ποσοτικοποιείται το αποτύπωμα.

- Κατηγοριοποίηση, κατά την οποία τα αποτελέσματα της συλλογής δεδομένων αντιστοιχούνται στις ανάλογες κατηγορίες επιπτώσεων
- Πραγματοποιείται χαρακτηρισμός και υπολογισμός των αποτελεσμάτων των δεικτών της κάθε κατηγορίας, μεταφράζοντας ουσιαστικά τα αποτελέσματα της συλλογής δεδομένων σε αποτελέσματα που αναλογούν σε κάθε κατηγορία επιπτώσεων.
- ✓ Προαιρετικά στοιχεία
 - Κανονικοποίηση, συγκρίνοντας το μέγεθος των αποτελεσμάτων των δεικτών κάθε κατηγορίας με δεδομένα αναφοράς, συχνά από την παραγωγή παρεμφερούς προϊόντος.
 - Ομαδοποίηση των κατηγοριών επιπτώσεων με γνώμονα κοινά στοιχεία ώστε να διευκολυνθεί η ερμηνεία των αποτελεσμάτων.
 - Στάθμιση των επιμέρους αποτελεσμάτων των δεικτών για διαφορετικές κατηγορίες επιπτώσεων σε μία κοινή μονάδα, χρησιμοποιώντας παράγοντες που αφορούν την αξία της κάθε επιλογής.
 - Ανάλυση της ποιότητας των δεδομένων, μέσω της αξιολόγησης των αποτελεσμάτων και της ταυτοποίησης των κυρίως παραγόντων που οδήγησαν σε αυτά.

Πρακτικά η εκτίμηση των επιπτώσεων της AKZ πραγματοποιείται κατά κύριο λόγο με έτοιμες μεθόδους εκτίμησης επιπτώσεων, όπου οι περισσότερες επιλογές, όπως η επιλογή των κατηγοριών επιπτώσεων ή οι δείκτες των κατηγοριών, υπονοούνται. Ανάμεσα στις διαθέσιμες μεθόδους που είναι διαθέσιμες, μερικές περιλαμβάνουν μόνο τα υποχρεωτικά στοιχεία ενώ άλλες μπορεί να περιλαμβάνουν και το προαιρετικό στοιχείο της στάθμισης.

Συνήθως υπάρχουν δύο κατευθύνσεις για να κινηθεί κανείς στην εκτίμηση των επιπτώσεων, αυτή του μεσαίου σημείου, που προσανατολίζεται σε προβλήματα, και αυτή του τελικού σημείου που προσανατολίζεται σε ζημιές. Η προσέγγιση του μεσαίου σημείου βασίζεται κυρίως σε διεθνώς επιστημονικά αποδεκτές προσεγγίσεις, όπου τα ρεύματα ταξινομούνται στις διαφορετικές κατηγορίες στις οποίες συνεισφέρουν. Η κατηγοριοποίηση αυτή ευελπιστεί να απλοποιήσει την αξιολόγηση της πληθώρας των ρευμάτων, καθώς το ενδιαφέρον συγκεντρώνεται σε ορισμένες πλέον περιβαλλοντολογικές περιοχές οι οποίες έχουν ενδιαφέρον στην έρευνα. Στην προσέγγιση τελικού σημείου, η κατηγοριοποίηση πηγαινει ένα βήμα παραπέρα, ταξινομώντας συνήθως με βάση την ανθρώπινη υγεία, την υγεία του οικοσυστήματος ή την ζημιά στους πόρους[33].

2.3.3.1 Επιλογή μεθοδολογίας

Οι διαθέσιμες μέθοδοι της εκτίμησης των επιπτώσεων έχουν προκαθορισμένες επιλογές στους δείκτες κατηγοριών, στις κατηγορίες αντικτύπων και στον χαρακτηρισμό προτύπων. Γι' αυτό τον λόγο αξιολογούνται εκ των προτέρων οι μέθοδοι για να εξασφαλιστεί ότι οι επιλογές που περιέχουν ικανοποιούν τα κριτήρια που έχουν οριστεί.

Όσον αφορά στις κατηγορίες αντικτύπων, αυτές μπορεί να είναι η υπερθέρμανση του πλανήτη, η μείωση του όζοντος, η οξίνιση ή ο ευτροφισμός και υπάρχουν ορισμένες οδηγίες στο πρότυπο ISO 14044 που αφορούν το ποιες θα επιλεχθούν στην εκάστοτε έρευνα :

- Οι κατηγορίες που επιλέγονται πρέπει να διέπονται από κάποια **πληρότητα**, δηλαδή να καλύπτεται όσο το δυνατόν μεγαλύτερο τμήμα του ενδιαφέροντος που αφορά στην έρευνα.

- Οι κατηγορίες θα πρέπει να είναι **ανεξάρτητες** μεταξύ τους για την αποφυγή επικαλύψεων.
- Πρέπει να έχουν **πρακτικό χαρακτήρα**, να μην εξετάζονται πολλές κατηγορίες διαφορετικού χαρακτήρα.
- Οι κατηγορίες πρέπει να είναι **εφικτό να ολοκληρωθούν**, δηλαδή η πιθανότητα σύνδεσης μεταξύ των παραμέτρων των αποτελεσμάτων ώστε να επιλεγθούν κατηγορίες αντικτύπων και μέθοδοι χαρακτηρισμού.
- Πρέπει να υπάρχει **περιβαλλοντολογική συσχέτιση** μεταξύ των δεικτών που επιλέγονται με τις κατηγορίες αντικτύπου.
- Οι μέθοδοι χαρακτηρισμού πρέπει να βασίζονται σε **επιστημονική μέθοδο**[\[33\]](#).

Διαθέσιμες μεθοδολογίες

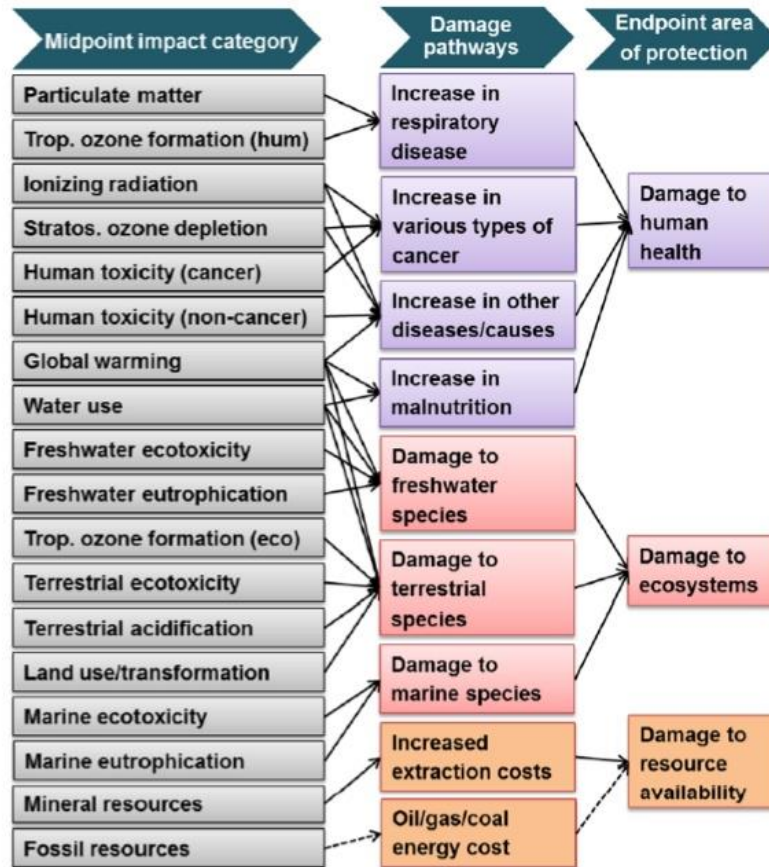
Υπάρχουν πολλές διαθέσιμες μεθοδολογίες επιπτώσεων στην αξιολόγηση του κύκλου ζωής (Life Cycle Impact Assessment-LCIA). Μία από αυτές είναι η TRACI 2.0, που χρησιμοποιείται ως εργαλείο για την μείωση και την αξιολόγηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος από διάφορα χημικά και είναι μία μέθοδος μέσου σημείου. Η μέθοδος αυτή επιτρέπει την ποσοτικοποίηση παραγόντων που συνεισφέρουν στην εξάντληση του όζοντος, την θέρμανση του πλανήτη, την οξίνιση, τον ευτροφισμό, τον σχηματισμό τροποσφαιρικού όζοντος και σε κατηγορίες σχετικές με την ανθρώπινη υγεία καρκινογενής ή μη. Επίσης, διαθέτει κατηγορίες για την οικοτοξικότητα και την εξάντληση των ορυκτών πόρων[\[34\]](#).

Άλλες μέθοδοι μέσου σημείου που χρησιμοποιούνται είναι η EDIP97 και η CML2001. Οι κατηγορίες στις οποίες επικεντρώνονται και οι δύο μέθοδοι είναι η κλιματική αλλαγή, η εξάντληση του στρατοσφαιρικού όζοντος, ο σχηματισμός φωτοχημικού όζοντος, η οξίνιση, ο ευτροφισμός, η τοξικότητα προς τον άνθρωπο και η χερσαία και υδάτινη οικοτοξικότητα[\[35\]](#).

Φυσικά, υπάρχουν και μέθοδοι που συνεχίζουν την ανάλυση πέρα από τα μεσαία σημεία, στα τελικά σημεία. Τα τελικά σημεία είναι τρία και αποτελούν κατηγορίες που καλύπτουν την ανθρώπινη υγεία, την φύση και τους διάφορους πόρους. Ανάμεσα στις μεθόδους που διαθέτουν προσέγγιση τελικού σημείου είναι η Stepwise2006, η Eco-Indicator99 και η ReCiPe[\[36, 37\]](#).

Η **μεθοδολογία** εκτίμησης επιπτώσεων που επιλέχθηκε να ακολουθηθεί είναι το ReCiPe 2016 (H)^{1*} με 18 μεσαία σημεία, 3 τελικά σημεία. Ο λόγος είναι ότι η συγκεκριμένη μέθοδος διαθέτει προσέγγιση τόσο για τα μεσαία όσο και για τα τελικά σημεία. Ιδιαίτερα για τα μεσαία σημεία, η προσέγγιση της συγκεκριμένης έκδοσης καλύπτει πολλές διαφορετικές κατηγορίες, αρκετά ικανοποιητικά.

¹The Hierarchist (H) perspective is based on scientific consensus with regard to the time frame and plausibility of impact mechanisms



Σχήμα 2. Μεθοδολογία Εκτίμησης Επιπτώσεων AKZ

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται οι κατηγορίες των προσεγγίσεων μεσαίου και τελικού σημείου μαζί με τις σχετικές μονάδες.

Πίνακας 4. Midpoint Impact Categories

Midpoint Impact Category	Unit	Midpoint Impact Category	Unit
Climate change, default, excl biogenic carbon	[kg CO2 eq.]	Land use	[Annual crop eq.·γ]
Climate change, incl biogenic carbon	[kg CO2 eq.]	Marine ecotoxicity	[kg 1,4-DB eq.]
Fine Particulate Matter Formation	[kg PM2.5 eq.]	Marine Eutrophication	[kg N eq.]
Fossil depletion	[kg oil eq.]	Metal depletion	[kg Cu eq.]
Freshwater Consumption	[m3]	Photochemical Ozone Formation, Ecosystems	[kg NOx eq.]
Freshwater ecotoxicity	[kg 1,4 DB eq.]	Photochemical Ozone Formation, Human Health	[kg NOx eq.]
Freshwater Eutrophication	[kg P eq.]	Stratospheric Ozone Depletion	[kg CFC-11 eq.]
Human toxicity, cancer	[kg 1,4-DB eq.]	Terrestrial Acidification	[kg SO2 eq.]

Human toxicity, non-cancer	[kg 1,4-DB eq.]	Terrestrial Ecotoxicity	[kg 1,4-DB eq.]
Ionizing Radiation	[Bq C-60 eq. to air]		

Πίνακας 5. Endpoint Impact Categories

Endpoint Impact Category	Unit
Damage to Human Health	[DALY]
Damage to Ecosystems	[species.yr]
Damage to Resource Availability	[\$]

2.3.4 Ερμηνεία

Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων είναι μία σημαντική δραστηριότητα της AKZ, που αποσκοπεί στην λήψη προτάσεων που θα ικανοποιήσουν τα ζητούμενα που έχουν οριστεί από τον στόχο και το πεδίο της έρευνας. Τα αποτελέσματα της απογραφής και της εκτίμησης των περιβαλλοντολογικών επιπτώσεων συνδυάζονται ώστε να παραχθεί μία αμερόληπτη μελέτη.

Το στάδιο της ερμηνείας έχει τρία κυρίως στοιχεία σύμφωνα με το πρότυπο ISO 14040 :

- την ταυτοποίηση των σοβαρών ζητημάτων με βάση τα αποτελέσματα της φάσης της απογραφής και της φάσης της εκτίμησης των περιβαλλοντολογικών επιπτώσεων
- την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, μέσω των ελέγχων ολοκλήρωσης, ευαισθησίας και συνοχής. Υπ' όψιν μπορεί να ληφθούν επίσης έλεγχοι αβεβαιότητας και ποιότητας δεδομένων.
- τα συμπεράσματα, οι περιορισμοί και οι προτάσεις.

Στην πράξη, τα αποτελέσματα από διαφορετικά στάδια της μελέτης εξετάζονται ξεχωριστά :

- ✓ Απογραφή
 - Δεδομένα που περιλαμβάνονται στις διεργασίες.
 - Όρια του συστήματος, αποφάσεις που αφορούν τον αν θα περιλαμβάνονται ή όχι ορισμένες διεργασίες και οι συνέπειες που ενυπάρχουν με την αποκοπή τους.
 - Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την απογραφή, όπως το ποια σημεία της παραγωγής έχουν μεγάλη συνεισφορά στο τελικό αποτέλεσμα και οι περιοχές στις οποίες μπορούν να εντοπιστούν περιθώρια βελτίωσης.
- ✓ Εκτίμηση επιπτώσεων
 - Ταξινόμηση και χαρακτηρισμός, π.χ. ποια ρεύματα και ποια κομμάτια του συστήματος έχουν μεγάλη συνεισφορά στο αποτέλεσμα της εκτίμησης των επιπτώσεων για το συγκεκριμένο είδος αντικτύπου που εξετάζεται.
 - Στο κομμάτι που αφορά στη στάθμιση εξετάζεται ποια κατηγορία αντικτύπου έχει μεγάλη συνεισφορά στο σταθμισμένο αποτέλεσμα και ποια ρεύματα και διεργασίες συνεισφέρουν σε αυτές τις κατηγορίες.

Ως εκ τούτου, σημαντικά θέματα για τα αποτελέσματα κάθε ενδιαμέσου σταδίου ταυτοποιούνται. Με την σειρά τους πραγματοποιούνται αξιολογήσεις που αφορούν την ολοκλήρωση, την ευαισθησία και την συνοχή για κάθε αποτέλεσμα ξεχωριστά και

μετάσυγκεντρώνονται οι επιμέρους αξιολογήσεις για την συγκρότηση μίας ολικής αξιολόγησης για την μελέτη.

2.3.5 Έκθεση και ανακοίνωση των αποτελεσμάτων

Η ανακοίνωση των αποτελεσμάτων μίας ΑΚΖ πρέπει να είναι αποτελεσματική και να γίνεται κατανοητή από το κοινό για το οποίο προορίζεται και να περιλαμβάνει τις προτάσεις που δημιουργήθηκαν με βάση τα αποτελέσματα. Επίσης, πρέπει να παρουσιαστούν λεπτομερώς και όποιοι περιορισμοί ή υποθέσεις μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά το αποτέλεσμα.

Η έκθεση της ΑΚΖ θα πρέπει να διέπεται από διαφάνεια όσον αφορά στον τρόπο εκτέλεσης της μελέτης, στα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν, στις υποθέσεις που πραγματοποιήθηκαν, στην ανάλυση και στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων καθώς και στις προτάσεις προς βελτίωση που γίνονται. Ο τρόπος με τον οποίο δημιουργείται η έκθεση, θα πρέπει να επιτρέπει στον ενδιαφερόμενο να πραγματοποιήσει αξιολόγηση της κάθε φάσης της ΑΚΖ ξεχωριστά.

Σύμφωνα με το πρότυπο ISO 14044 η έκθεση θα πρέπει:

- να έχει ένα συγκεκριμένο τύπο και μορφή που ορίζονται στο πεδίο εφαρμογής της έρευνας,
- να έχει τα αποτελέσματα, τα δεδομένα, τις μεθόδους, τις υποθέσεις και τους περιορισμούς καλώς ορισμένα και παρουσιασμένα ενδελεχώς,
- ο τρόπος αναφοράς να επιτρέπει στα αποτελέσματα και στην ερμηνεία τους να χρησιμοποιούνται κατά τρόπο που συνάδει με τους στόχους της έρευνας.

Επιπλέον, το πρότυπο ISO 14044 περιέχει συγκεκριμένες απαιτήσεις που πρέπει να πληρούνται όταν τα αποτελέσματα πρόκειται να ανακοινωθούν σε τρίτους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Επιλογή Λογισμικού Πακέτου AKZ

Για την διεξαγωγή μελετών AKZ έχει δημιουργηθεί πληθώρα λογισμικών πακέτων που αποτελούνται από βάσεις δεδομένων και εργαλεία αξιολόγησης και εκτίμησης επιπτώσεων των επιμέρους ρευμάτων και διεργασιών. Είναι πασιφανές ότι τα λογισμικά αυτά καθιστούν το έργο του ερευνητή σαφώς πιο εύκολο από την συμβατική AKZ, ενώ μπορούν να προσφέρουν και μεγάλη εξειδίκευση σε συγκεκριμένους βιομηχανικούς κλάδους. Παράλληλα, υπάρχουν πακέτα που μπορούν να αντιμετωπίσουν όλες τις ανάγκες που προκύπτουν σε μία AKZ, όπως το SimaPro, το OpenLCA και τέλος το GaBi το οποίο θα χρησιμοποιηθεί στην εν λόγω εργασία.

Το GaBi προσφέρει στον ενδιαφερόμενο την δυνατότητα να μοντελοποιήσει κάθε στοιχείο της AKZ για κάποιο σύστημα, δίνοντας την ευκαιρία για λήψη αποφάσεων που καθορίζονται από την πιο έγκυρη πληροφόρηση. Επίσης διαθέτει βάσεις δεδομένων που ανανεώνονται συνεχώς, είναι οι μεγαλύτερες σε όγκο δεδομένων όσον αφορά τέτοιου είδους λογισμικά, περιέχουν πληροφορίες που αποκτούνται με βάση τα πρότυπα ISO 14044, 14064 και 14025 και περιέχουν λεπτομέρειες για το κόστος, την ενέργεια και το περιβαλλοντολογικό αποτύπωμα που συνδέονται με κάποια συγκεκριμένη διεργασία. Είναι επίσης σημαντικό να αναφερθεί ότι οι τεχνικές που χρησιμοποιεί εμπίπτουν στις οδηγίες των ISO 14040 & 14044.

3.2 Ορισμός Στόχου και Πεδίου Εφαρμογής (Goal and Scope of the study)

Στην συγκεκριμένη AKZ ο στόχος είναι

- η αξιολόγηση της γραμμής παραγωγής γλυκαντικής σκόνης από το εκχύλισμα του φυτού στέβιας με χρήση της συμβατικής καλλιέργειας
- η αξιολόγηση και η σύγκριση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος της ίδιας γραμμής παραγωγής που παράγει γλυκαντική σκόνη από το φυτό στέβια με χρήση της γεωργίας ακριβείας
- Για τον ορισμό του πεδίου εφαρμογής της AKZ, χρειάζεται να καθοριστούν οι παρακάτω κατηγορίες :

3.2.1 Ορισμός Συστήματος (Product System)

Το σύστημα περιλαμβάνει τις διεργασίες που σχετίζονται με την δημιουργία της τελικής σκόνης του φυτού στέβιας και περιλαμβάνει τα στάδια καλλιέργειας το φυτού, με όλα τα εισερχόμενα και εξερχόμενα ρεύματα που αυτή εμπλέκει. Περιλαμβάνονται επίσης η μετέπειτα επεξεργασία των προϊόντων της καλλιέργειας, η μεταφορά τους και η διαδικασία της εκχύλισης και επεξεργασίας του εκχυλίσματος ώστε να παραχθεί η σκόνη. Στα παραπάνω εισέρχεται και η διαχείριση παραγόμενων αποβλήτων.

Στο δεύτερο σύστημα, οι διεργασίες παραμένουν οι ίδιες αλλά παρουσιάζεται μεταβολή στα εισερχόμενα ρεύματα στο χωράφι, προς βελτιστοποίηση της καλλιέργειας όπως ορίζει η γεωργία ακριβείας.

3.2.2 Λειτουργική Μονάδα (Functional Unit)

Ως λειτουργική μονάδα βάσει της οποίας υπολογίστηκαν όλα τα αποτελέσματα και οι εκάστοτε εισροές και εκροές της κάθε επιμέρους διεργασίας, ορίστηκε το **1 kg τελικού παραγόμενου προϊόντος εκχύλισματος στέβιας**.

3.2.3 Όρια (Boundaries)

3.2.3.1 Όρια Συστήματος (System Boundaries)

Σε αυτό το στάδιο ορίζονται οι διεργασίες που περιλαμβάνονται στο σύστημα. Μία πλήρης AKZ θα έπρεπε να είναι cradletograde, δηλαδή να περιλαμβάνει το περιβαλλοντολογικό αντίκτυπο που προκαλείται από την εξόρυξη των πρώτων υλών έως την τελική απόθεση του προϊόντος. Λόγω έλλειψης πληροφοριών η εν λόγω έρευνα περιορίζεται στον τύπο cradletogate, δηλαδή περιλαμβάνει τις διεργασίες από την καλλιέργεια του φυτού στέβιας, μέχρι την παραγωγή του τελικού προϊόντος σκόνης και δεν εμπλέκεται με την συσκευασία του και την μετέπειτα κατανάλωση και εναπόθεση του.

3.2.3.2 Γεωγραφικά και χρονικά όρια

Για να είναι η έρευνα έγκυρη και σύμφωνη με τα πρότυπα του ISO, πρέπει να οριστεί ο τόπος και ο χρόνος μέσα στους οποίους διεξάγονται οι διεργασίες του συστήματος. Για το τοπικό πλαίσιο, επιλέγονται διεργασίες που αναπαριστούν την πραγματικότητα εντός ΕΕ καθώς οι άμεσα ενδιαφερόμενοι κινούνται εντός αυτής.

Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται στην έρευνα είναι καλό να είναι όσο το δυνατόν πιο πρόσφατα ανανεωμένα ώστε να αντικατοπτρίζουν καλύτερα την σημερινή πραγματικότητα. Γι' αυτό συνιστάται τα δεδομένα να έχουν ληφθεί από διεργασίες που πραγματοποιήθηκαν εντός της περασμένης διετίας.

3.2.4 Διαδικασίες

Σε αυτό το στάδιο πρέπει να ανφερθούν οι διεργασίες που έχει αποφασιστεί να περιληφθούν στο σύστημα. Συγκεκριμένα παρατηρούνται τα εξής στάδια

- Το στάδιο της καλλιέργειας, όπου εντοπίζονται οι διεργασίες της λίπανσης, της άρδευσης, του ραντίσματος και του σκαλίσματος
- Το στάδιο της επεξεργασίας μετά την καλλιέργεια που περιλαμβάνει την μεταφορά στον τόπο επεξεργασίας, την ξήρανση των φυτών και την αποφύλλωση τους και την καύση της εναπομείνουσας βιομάζας
- Το στάδιο της εκχύλισης, το οποίο αφορούν η μεταφορά των φυτών στον χώρο της εκχύλισης και η ίδια η εκχύλιση

3.2.5 Κατανομή πόρων

Στο στάδιο αυτό συνδέονται οι πόροι που χρησιμοποιούνται και το αντίκτυπο τους με το κάθε προϊόν που παράγεται, με βάση τις σχέσεις μεταξύ των προϊόντων. Η ΑΚΖ υπολογίζει τις συνολικές επιπτώσεις για ' αυτό και η ανάγκη για κατανομή. Στην συγκεκριμένη έρευνα, θεωρείται ότι δεν υφίσταται παραγωγή παραπροϊόντων και άρα οι ολικές επιπτώσεις αποδίδονται στην παραγωγή του επεξεργασμένου εκχυλίσματος στέβιας.

3.2.6 Απαιτήσεις ποιότητας προϊόντων

Η έρευνα έχει ως σκοπό να υπολογίσει το πιθανό περιβαλλοντολογικό αποτύπωμα που μπορεί να προκαλέσει η παραγωγή ενός γλυκαντικού προϊόντος με βάση το φυτό στέβια και το πως αυτό μπορεί να βελτιστοποιηθεί από την εφαρμογή της γεωργίας ακριβείας ως μέθοδο καλλιέργειας του φυτού. Τα δεδομένα τόσο για την συμβατική καλλιέργεια όσο και για την γεωργία ακριβείας συλλέχθηκαν από την εταιρεία LaMiaStevia και έχουν εμπιστευτικό χαρακτήρα, ενώ τα δεδομένα για την εκχύλιση από συνεργαζόμενη εταιρεία που εδρεύει στο Κλερμόν Φεράν της Γαλλίας. Τα δεδομένα δεν είναι παρωχημένα ενώ και οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται, είναι σύγχρονες.

3.3 Συλλογή δεδομένων

Αφού τελειώσει το στάδιο του ορισμού του στόχου και του πεδίου εφαρμογής, ακολουθεί το ίσως σημαντικότερο στάδιο της έρευνας που είναι η συλλογή δεδομένων. Σε αυτό το στάδιο, θα συλλεχθούν όλα τα δεδομένα σχετικά με τις διαδικασίες που μελετούνται, η εγκυρότητα και η ακρίβεια των οποίων θα καθορίσουν με την σειρά τους και τις αντίστοιχες των αποτελεσμάτων. Ως εκ τούτου η απογραφή όλων των ειρών και εκροών που συνδέονται με το σύστημα καθώς και με κάθε διεργασία ξεχωριστά, πρέπει να διεξαχθεί διεξοδικά και αποτελεσματικά.

Γι ' αυτό τον λόγο για την διεξαγωγή της ΑΚΖ χρησιμοποιείται ένα αξιόπιστο λογισμικό όπως το GaBi. Εκτός των έγκυρων και ενημερωμένων βάσεων δεδομένων που διαθέτει, έχει επίσης έναν αρκετά εύχρηστο τρόπο απεικόνισης των δεδομένων που συλλέγει ο ερευνητής και εισάγει σε αυτό. Η συνολική έρευνα μελετάται ως ένα σχέδιο με τα όρια που έχουν οριστεί, το οποίο αποτελείται από επιμέρους διαδικασίες, ροές ή άλλα μικρότερα σχέδια. Οι διαδικασίες δημιουργούνται είτε από τον χρήστη είτε επιλέγονται από τις βάσεις δεδομένων του GaBi, βάσει της κρίσης του χρήστη για το πόσο καλά αναπαριστούν τα δεδομένα της συγκεκριμένης έρευνας. Οι ροές είναι τα εισερχόμενα και εξερχόμενα ρεύματα από κάθε διεργασία που μπορούν να συνδέουν τις διεργασίες μεταξύ τους ή να εισέρχονται και να εξέρχονται από το σύστημα. Το σύνολο των ροών αποτελεί το αποθετήριο της ΑΚΖ.

3.3.1 Μεθοδολογία Συλλογής Δεδομένων

Για την αποτελεσματική συλλογή των δεδομένων κρίνεται σκόπιμο να υπάρξουν ορισμένα βήματα που πρέπει να τηρηθούν. Το άτομο που διεξάγει την ΑΚΖ πρέπει να φροντίσει να ενημερωθεί εκ των προτέρων για τα είδη των διαδικασιών που

εφαρμόζονται, ώστε να είναι σε θέση να ζητήσει τα δεδομένα που θα χρειαστεί από τον φορέα με τον οποίο θα συνεργαστεί. Επίσης, πρέπει να βρεθεί ένας τρόπος χειρισμού των πληροφοριών σε περίπτωση που αυτές είναι εμπιστευτικού περιεχομένου. Οι πληροφορίες που συλλέγονται πρέπει να περιγράφονται όσο το δυνατόν αναλυτικότερα, ώστε να διαμορφωθούν αναλόγως και τα εισερχόμενα και εξερχόμενα ρεύματα.

Στο στάδιο του υπολογισμού, τα δεδομένα κανονικοποιούνται και τα εισερχόμενα και εξερχόμενα ρεύματα συνδέονται με την παραγωγή κάποιου προϊόντος. Έπειτα οι διεργασίες συνδέονται μεταξύ τους σε ένα διάγραμμα ροής, δημιουργώντας σχέσεις μεταξύ τους με βάση ισοζύγια μάζας και ενέργειας και έχοντας ως σημείο αναφοράς την λειτουργική μονάδα που έχει οριστεί. Υπολογίζονται επιπλέον τα ρεύματα που βρίσκονται εκτός από τα όρια του συστήματος και δίνονται τα τελικά αποτελέσματα των περιβαλλοντολογικών επιπτώσεων.

Το GaBi επιτρέπει την δημιουργία διαγραμμάτων ροής που περιλαμβάνουν τις απαιτούμενες διεργασίες, χρησιμοποιώντας πληροφορίες από τις βάσεις δεδομένων του, ενώ τα απαραίτητα δεδομένα για τα εισερχόμενα και εξερχόμενα ρεύματα σε αυτές τις διεργασίες συλλέχθηκαν από την LaMiaStevia A.E. και τους συνεργάτες της με την μορφή ερωτηματολογίων.

Για τις διεργασίες που αποτελούν το σύστημα προτεραιότητα αποτέλεσε τα στοιχεία τους να έχουν ευρωπαϊκό προσανατολισμό και όπου αυτό δεν ήταν εφικτό, να έχουν προέλευση από Γερμανία, Γαλλία, Ελλάδα ή από διεθνώς αποδεκτούς φορείς.

3.3.2 Δεδομένα Διεργασιών

Πίνακας 7. Προέλευση δεδομένων των διεργασιών

Διεργασίες	Πηγή
Λίπανση	Βάση δεδομένων GABI ts, συνεργάτες (LaMiastevia)
Απορρόφηση άνθρακα	Βάση δεδομένων GABI ts, βιβλιογραφία [38, 39]
Καλλιέργεια	Βάση δεδομένων GABI ts, βιβλιογραφία [40-48], συνεργάτες (LaMiaStevia)
Χρήση τρακτέρ	Βάση δεδομένων GABI ts, συνεργάτες (LaMiastevia)
Μεταφορά με φορτηγό	Βάση δεδομένων GABI ts, συνεργάτες (LaMiastevia)
Εισροές στις διεργασίες μετά την συγκομιδή	Βάση δεδομένων GABI ts, συνεργάτες (LaMiastevia)
Διεργασίες μετά την συγκομιδή	Βάση δεδομένων GABI ts, βιβλιογραφία [15], συνεργάτες (LaMiaStevia)
Αποφύλλωση	Βάση δεδομένων GABI ts, βιβλιογραφία [15], συνεργάτες (LaMiaStevia)
Καύση ξερού υπολείμματος στο χωράφι	Βάση δεδομένων GABI ts
Εισροές στην εκχύλιση	Βάση δεδομένων GABI ts, συνεργάτες (LaMiastevia)
Εκχύλιση	Βάση δεδομένων GABI ts, βιβλιογραφία [15], συνεργάτες (LaMiaStevia)

Διαχείριση λύματος	Βάση δεδομένων GABI ts, συνεργάτες (LaMiastevia)
Διαχείριση ξηρού υπολείμματος φύλλων	Βάση δεδομένων GABI ts, βιβλιογραφία [49-54] , συνεργάτες (LaMiaStevia)

3.3.2.1 Καλλιέργεια

Στο στάδιο της καλλιέργειας, φυτεύονται στο αγροτεμάχιο τα φυτά της στέβιας και εισέρχονται σε αυτό τα ρεύματα λίπανσης και άρδευσης.

Πίνακας 8. Στοιχεία ανά στρέμμα

Γενικές πληροφορίες		Συμβατική Καλλιέργεια Στέβιας
Στρέματα		1
Σπόροι/ δεντρίλια/Στέβια		7500-8000 φυτά/στρ
Απόδοσησεφύλλα		350-400 kg/στρ
Νερόάρδευσης	m3	80 m3
Πηγή P	kg	5
Πηγή K	kg	5
Πηγή N	kg	8

3.3.2.2 Διεργασίες στο χωράφι

Ακολουθούν ορισμένες διεργασίες που λαμβάνουν χώρα παράλληλα με την ανάπτυξη των φυτών και είναι το ράντισμα, το σκάλισμα, τα οποία πραγματοποιούνται με την βοήθεια τρακτέρ.

- Στο ράντισμα, χρησιμοποιείται ελκυστήρας 500 ή 1000 λίτρων με ράμπα. Ο χρόνος εφαρμογής του είναι μία ώρα για την κάλυψη των αναγκών 10 στρεμμάτων, ενώ για τον ίδιο αριθμό στρεμμάτων καταναλώνει 3 λίτρα Diesel. Χρησιμοποιείται περίπου 6 φορές τον χρόνο και σε κάθε εφαρμογή χρησιμοποιεί ζιζανιοκτόνο με χαλκό.
- Στο σκάλισμα, χρησιμοποιείται σκαλιστήρι ή φρεζοσκάληστρο, προσαρμοσμένο σε ελκυστήρα. Για εφαρμογή μίας ώρας, σκαλίζονται 10 στρέμματα, ενώ καταναλώνονται 4 λίτρα Diesel ανά εφαρμογή. Η εφαρμογή του σκαλίσματος επιτελείται 15-20 φορές ανά χρόνο.
- Σημειώνεται ότι πραγματοποιείται και ξεχορτάρισμα, το οποίο όμως επειδή διενεργείται χειρονακτικά, δεν εισάγεται στους υπολογισμούς.

3.3.2.3 Διεργασίες μετά την συγκομιδή

Την συγκομιδή των φυτών ακολουθεί η μεταφορά τους στον χώρο όπου πραγματοποιείται η ξήρανση και η αποφύλλωση τους.

- Τα φυτά μεταφέρονται με φορτηγό σε μία απόσταση 50 km, στον χώρο όπου γίνεται η επεξεργασία τους
- Τα φυτά ξηραίνονται με θερμό ρεύμα αέρα. Για την διεργασία της ξήρανσης καταναλώνονται 100 ltυγραέριο και 150 KWhηλεκτρικής ενέργειας. Σε αυτή την διαδικασία απομακρύνεται η υγρασία του φυτού, η οποία είναι το 78% της μάζας του φυτού

- Τα αποξηραμένα πλέον φυτά, οδηγούνται στον αποφυλλωτή, ώστε να διαχωριστούν τα φύλλα από το υπόλοιπο τμήμα του φυτού. Για την λειτουργία του αποφυλλωτή απαιτείται ενέργεια ίση με 0,003 KWh/kg αποξηραμένου φύλλου. Τα φύλλα αποτελούν το 50% της μάζας του φυτού.

3.3.2.4 Εκχύλιση

Για την παραγωγή 1 kgτελικού εκχυλίσματος προϊόντος στέβιας, εισέρχονται και εξέρχονται από το σύστημα κατά την διεργασία της εκχύλισης τα ακόλουθα ρεύματα:

Πίνακας 9. Παραγωγή 1kgτελικού προϊόντος

Εισερχόμενα ρεύματα (καινούρια, όχι από ανακύκλωση)		
	Μονάδες	
Ξερά Φύλλα Στέβιας	Kg	10
Φρέσκο Νερό	m ³	0,1
Αιθανόλη	Kg	3
Άλλος διαλύτης 1	Kg	0
Άλλος διαλύτης 2	Kg	0
Άλλες ουσίες που χρησιμοποιούνται στην εκχύλιση	Kg	0
Συνολική ενέργεια είδους 1	Φυσικό Αέριο, Ντίζελ, Ηλεκτρική Ενέργεια κτλ.	0,75 KWh
Συνολική ενέργεια είδους 2		0
Χλωροφόρμιο	Kg	0
Αιθυλενοχλωρίδιο	Kg	0
Εξάνιο	Kg	0
Άλλος οργανικός, μη πολικός διαλύτης 1	Kg	0
Άλλος οργανικός, μη πολικός διαλύτης 2	Kg	0
Υδροξείδιο του Ασβεστίου	Kg	0,02
Υδροξείδιο του Αλουμινίου	Kg	0
Στυπτηρία	Kg	0

Ανθρακικό Ασβέστιο	Kg	0
Χλωριούχος Σίδηρος	Kg	0
Άλλα κροκιδωτικά 1		0
Άλλα κροκιδωτικά2		0
Άλλα κροκιδωτικά3		0
Κιτρικό Οξύ	Kg	0,02
Άλλα		
Εκροές		
	Μονάδες	
Λύματα	kg	40
Ξηρά απόβλητα	kg	45
Καθαρισμένο Εκχύλισμα Στέβιας (τελικό προϊόν)	kg	1
% Απώλεια διαλυτών (στην ατμόσφαιρα)	kg	10
Διαχείριση αποβλήτων		Τα ξηρά απόβλητα αντικαθιστούν την κοπριά σε αγροτεμάχια
Άλλα προϊόντα 1	kg	
Άλλα προϊόντα 2	kg	
Other products 3	kg	
(προϊόντα όπως κήροι, λίπη, πολυσακχαρίτες, πρωτεΐνες, φυτικές χρωστικές)		Δεν αξιοποιούνται προς το παρόν
Άλλα είδη αποβλήτων 1		
Άλλα είδη αποβλήτων 2		
Άλλα είδη αποβλήτων 3		

3.4 ΑΚΖ Εξεταζόμενα Συστήματα

Η έρευνα που διενεργείται εξετάζει τα ακόλουθα συστήματα :

- Ένα σύστημα που αξιολογεί το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της παραγωγής εκχυλίσματος στέβια, με την χρήση συμβατικών μεθόδων γεωργίας
- Ένα σύστημα που κάνει χρήση των μεθόδων της γεωργίας ακριβείας στην θέση αυτών της συμβατικής καλλιέργειας. Σε αυτό το σύστημα μελετάται η επίδραση της γεωργίας ακριβείας στο περιβαλλοντικό αποτύπωμα της διαδικασίας παραγωγής

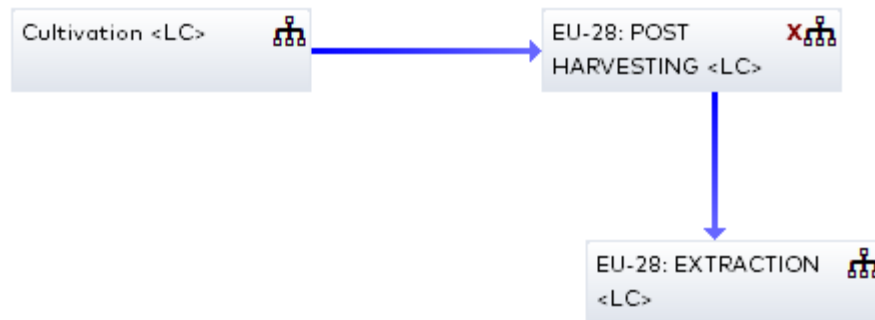
3.4.1 Υποσυστήματα

3.4.1.1 Παραγωγική διαδικασία

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται το διάγραμμα ροής που παρουσιάζει το ολικό σύστημα

STEVIA PRODUCTION (CONVENTIONAL)

Process plan:Reference quantities
The names of the basic processes are shown.

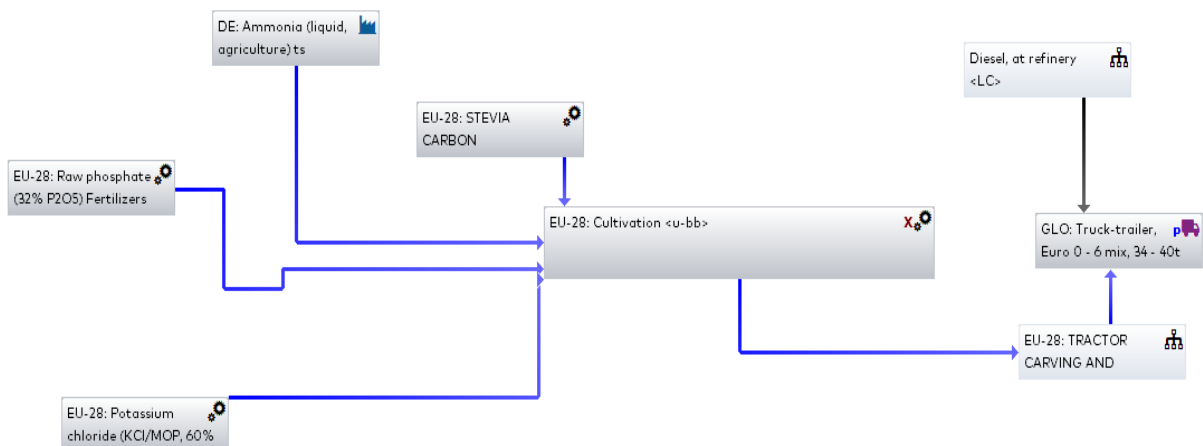


Σχήμα 3. Διάγραμμα Ροής Παραγωγής Στέβιας

3.4.1.2 Καλλιέργεια

Οι διαδικασίες που περιλαμβάνονται στο στάδιο της καλλιέργειας παρουσιάζονται στο ακόλουθο διάγραμμα ροής

Cultivation
Process plan:Reference quantities
The names of the basic processes are shown.



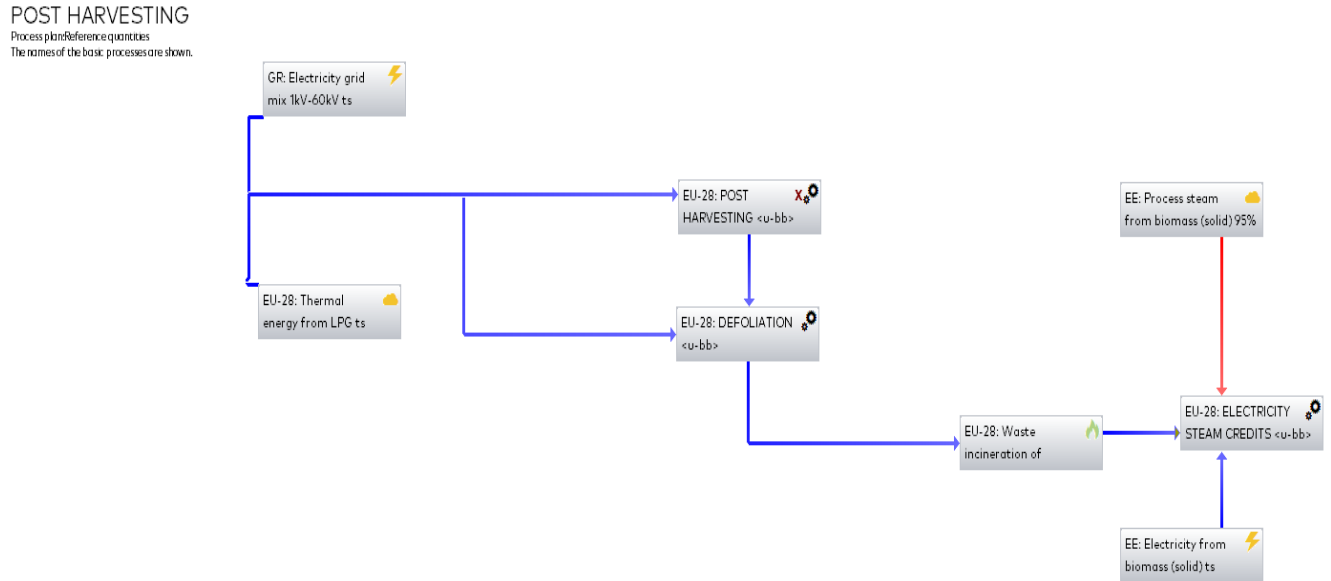
Σχήμα 4. Διάγραμμα Ροής Καλλιέργειας Στέβιας

Στο στάδιο αυτό φαίνεται η διαδικασία της λίπανσης του φυτού καθώς και οι διεργασίες της απορρόφησης διοξειδίου του άνθρακα, του ραντίσματος, του

σκαλίσματος του και της μεταφοράς της συγκομιδής προς τον χώρο επεξεργασίας. Για την απορρόφηση του διοξειδίου του άνθρακα, αποφασίστηκε έχοντας ως γνώμονα τα επιστημονικά άρθρα που μελετήθηκαν, η απορρόφηση σε μάζα διοξειδίου του άνθρακα να ανέρχεται στο 50% της μάζας των ξηρών φύλλων που παράγονται στο σύστημα [38, 39]

3.4.1.3 Επεξεργασία της Συγκομιδής

Στο παρακάτω διάγραμμα ροής εξετάζονται οι διεργασίες που αφορούν την επεξεργασία της συγκομιδής ώστε να είναι έτοιμη για το στάδιο της εκχύλισης.

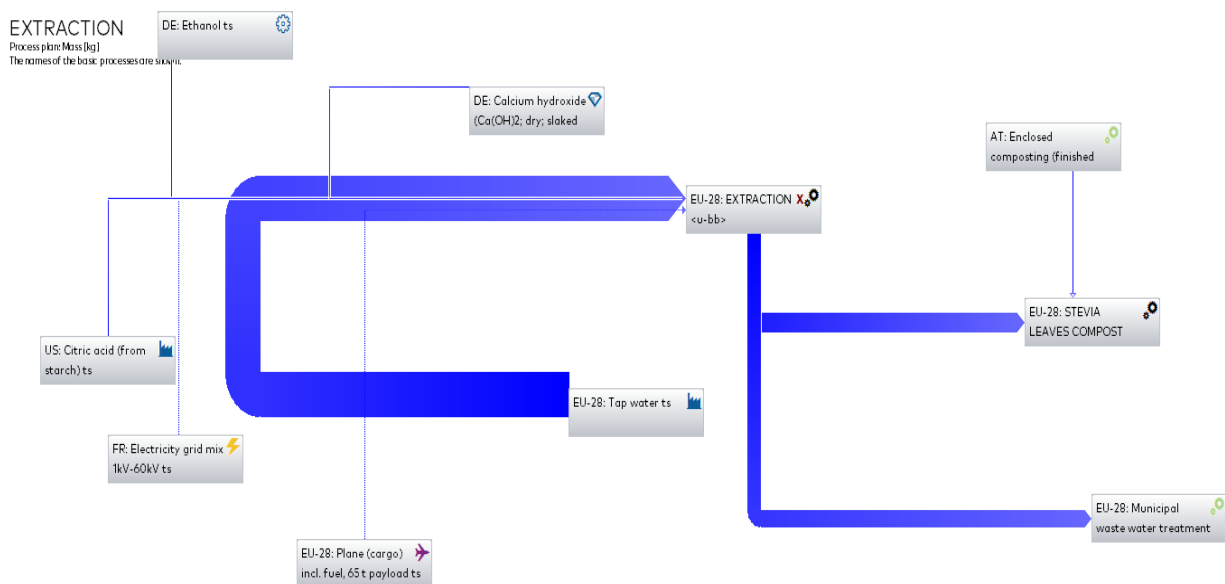


Σχήμα 5. Διάγραμμα Ροής Διεργασιών μετά την Συγκομιδή

Η συγκομιδή πρώτα υπόκειται σε ξήρανση και στην συνέχεια σε αποφύλλωση, όπου τα αξιοποιήσιμα φύλλα διαχωρίζονται από το υπόλοιπο μέρος που θεωρείται ότι είναι βιομάζα που οδηγείται σε καύση. Επειδή η ενέργεια της καύσης δεν αξιοποιείται, πρέπει να αφαιρεθεί το θετικό αποτύπωμα αυτής από την διεργασία.

3.4.1.4 Εκχύλιση

Στο παρακάτω διάγραμμα αποτυπώνεται η διεργασία της εκχύλισης. Έχει γίνει η παραδοχή ότι οποιεσδήποτε διεργασίες σχετίζονται με αυτό το στάδιο θα συμπεριληφθούν σε μία διεργασία ώστε να απλουστευθεί η παρουσίαση του σταδίου.



Σχήμα 6. Διάγραμμα Ροής Εκχύλισης

Το στερεό υπόλειμμα των φύλλων χρησιμοποιείται ως πηγή λιπάσματος. Για τον λόγο αυτό χρειάστηκε να βρεθεί η αναλογία με την οποία το υπόλειμμα μπορεί να αντικαταστήσει ένα ρεύμα κόμποστ, ώστε να ληφθεί το κατάλληλο περιβαλλοντολογικό αποτύπωμα που «εξοικονομείται» από την αξιοποίηση των φύλλων. Για το λόγο αυτό βρέθηκε μία τυπική σύσταση κόμποστ στα στοιχεία ενδιαφέροντος που είναι το άζωτο, ο φώσφορος και το κάλιο. Βρέθηκε επίσης και η σύσταση των φύλλων στα ίδια στοιχεία, ενώ λήφθηκε υπ' όψιν και η απώλεια των πρωτεϊνών των φύλλων, η οποία είναι της τάξης του 70% και συμβαίνει εξαιτίας της εκχύλισης. Επειδή, δεν ήταν δυνατό να βρεθεί η σύσταση στων ξηρών φύλλων στέβιας σε άζωτο, παρά μόνο η σύσταση τους σε πρωτεΐνες, ταυτοποιήθηκαν τα αμινοξέα που εμπεριέχονται στα φύλλα για να υπολογιστεί η σύσταση σε άζωτο [49-54].

Πίνακας 10. Εύρεση της Ποσοστιαίας Συγκέντρωσης σε Άζωτο

Αμινοξέα	MW	Ποσοστό αζώτου	g/ 100g dried leaves	gN /100gdriedleaves	30% των πρωτεϊνών απομένει
Αργινίνη	174	0,08045977	0,45	0,036206897	0,010862069
Λυσίνη	146	0,095890411	0,7	0,067123288	0,020136986
Ιστιδίνη	155	0,090322581	1,13	0,102064516	0,030619355
Φαινυλαλαλίνη	165	0,084848485	0,77	0,065333333	0,0196
Λευκίνη	131	0,106870229	0,98	0,104732824	0,031419847
Μεθειονίνη	149	0,093959732	1,45	0,136241611	0,040872483
Βαλίνη	117	0,11965812	0,64	0,076581197	0,022974359
Θρεονίνη	119	0,117647059	1,13	0,132941176	0,039882353
Ισολυκίνη	131	0,106870229	0,42	0,044885496	0,013465649
Ασπαρτάτη	133	0,105263158	0,37	0,038947368	0,011684211
Σερίνη	105	0,133333333	0,46	0,061333333	0,0184

Γλουταμικό	147	0,095238095	0,43	0,040952381	0,012285714
Προλίνη	115	0,12173913	0,17	0,020695652	0,006208696
Γλυκίνη	75	0,186666667	0,25	0,046666667	0,014
Αλανίνη	89	0,157303371	0,56	0,088089888	0,026426966
Κυστίνη	121	0,115702479	0,4	0,046280992	0,013884298
Τυροσίνη	181	0,077348066	1,08	0,083535912	0,025060773
Σύνολο					0,357783759

Πίνακας 11. Σύγκριση των φύλλων στέβιας σε θρεπτικά, με κόμποστ

	N	P	K
Κομπόστ σεξηρή βάση	1,150%	0,230%	1,800%
Φύλλα στέβια σε ξηρή βάση	0,360%	0,318%	1,780%
Κομπόστ σευγρή βάση	0,740%	0,148%	1,158%
Υπόλειμμα φύλλωνστέβιας	0,080%	0,070%	0,400%

3.4.1.5 Γεωργία Ακριβείας

Για την δημιουργία των σεναρίων που αφορούν στη γεωργία ακριβείας ελήφθησαν βιβλιογραφικά δεδομένα από εφαρμογές της γεωργίας ακριβείας σε άλλες καλλιέργειες. Μέσω των δεδομένων αυτών διαπιστώθηκε το εύρος στο οποίο κινούνται γενικά οι μειώσεις σε εισροές με την εφαρμογή της μεθόδου.

Μέσω αυτών των δεδομένων αποφασίστηκε να μελετηθούν τρία διαφορετικά σενάρια ώστε να αξιολογηθούν τα πλεονεκτήματα της γεωργίας ακριβείας για το περιβάλλον. Τα σενάρια που μελετούνται ακολουθούν μία απαισιόδοξη, μία μετριοπαθή και μία αισιόδοξη προσέγγιση όσον αφορά στη μείωση των εισροών στο αγροτεμάχιο. Η μείωση της λίπανσης αποφασίστηκε να είναι 30% - 60%, η μείωση της άρδευσης 0% - 25 % και η μείωση των ζιζανιοκτόνων 40% - 80 %. Επίσης, λόγω της μείωσης των ποσοτήτων του ζιζανιοκτόνου θεωρείται ότι μειώνεται και η ώρα χρήσης του μηχανήματος που χρησιμοποιείται για το ράντισμά του.

Συγκεκριμένα, για το πρώτο σενάριο θα επιλεγεί η ελάχιστη μείωση εισροών που παρατηρήθηκε στα βιβλιογραφικά σενάρια. Ως εκ τούτου το άζωτο επιλέγεται να μην μειωθεί ως ρεύμα εισροής για την λίπανση του αγροτεμαχίου, αλλά με βάση τα εφαρμοσμένα σενάρια της βιβλιογραφία, να μειωθούν οι χερσαίοι και υδάτινοι ρύποι που προκύπτουν από το άζωτο κατά 4,3%. Οι άλλες δύο πηγές λίπανσης, αυτή του αζώτου και αυτή του φωσφόρου, μειώνονται κατά 30%. Το ζιζανιοκτόνο με ενεργό ουσία τον χαλκό, επιλέγεται να μειωθεί σε αυτό το πρώτο σενάριο σε έναν βαθμό της τάξης του 40%. Στο πρώτο σενάριο θα θεωρηθεί ότι το νερό άρδευσης δεν μειώνεται.

Το δεύτερο σενάριο, αποτελεί το πιο ρεαλιστικό ενδεχόμενο, καθώς οι μειώσεις των εισροών είναι στο μέσο των μειώσεων που παρατηρούνται στα σενάρια της βιβλιογραφίας. Αναλυτικότερα, οι πηγές αζώτου, φωσφόρου και καλίου μειώνονται κατά 45% σε σχέση με την συμβατική καλλιέργεια, ενώ οι εκπομπές αζωτούχων ρύπων

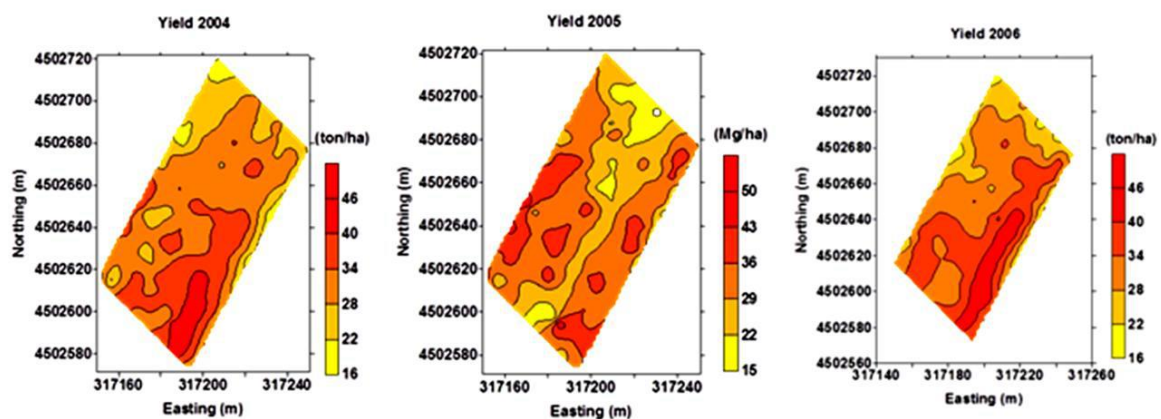
προς το έδαφος και τα ύδατα μειώνονται κατά 13%. Το ζιζανιοκτόνο χαλκού θα υποστεί μία μείωση σε ποσοστό 60% ,ενώ το νερό άρδευσης θα μειωθεί κατά 12,5%.

Για το τρίτο σενάριο, θα ληφθούν οι μεγαλύτερες μειώσεις που καταγράφηκαν στα βιβλιογραφικά σενάρια για κάθε κατηγορία εισροών. Συγκεκριμένα, οι πηγές λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται στο αγροτεμάχιο, δέχονται μείωση της τάξης του 60%, ενώ οι ρύποι αζώτου στα ύδατα και στο έδαφος, μειώνονται κατά 26%. Η πηγή χαλκού που χρησιμοποιείται ως ζιζανιοκτόνο, μειώνεται κατά 80% της αρχικής ποσότητας, ενώ το νερό άρδευσης θα μειωθεί κατά 25%.

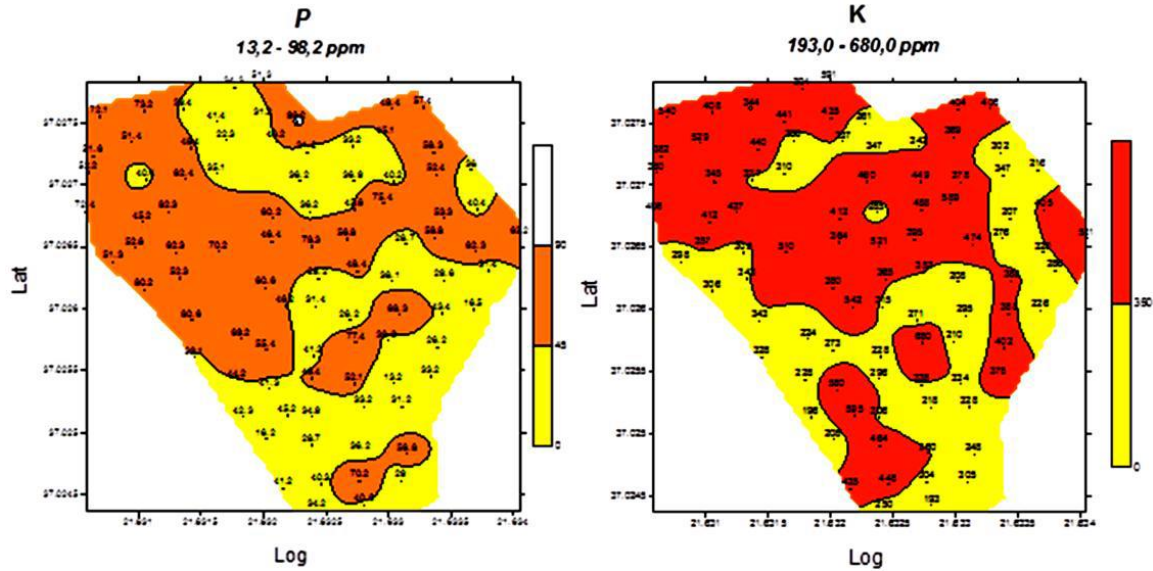
Είναι πολύ σημαντικό σε αυτό το σημείο να αναφερθεί ότι περισσότεροι παράγοντες μπορεί να επηρεάσουν τις επιλογές στις ποσότητες των εισροών. Η μορφολογία και η σύσταση του εδάφους, επηρεάζουν την ποσότητα των εισροών λίπανσης. Επίσης, πρέπει να ληφθεί υπόψη ο συγχρονισμός της λίπανσης με την βροχόπτωση, καθώς έντονη βροχόπτωση μετά την λίπανση, μπορεί να προκαλέσει αυξημένες απώλειες των λιπασμάτων, ιδιαίτερα με την μορφή απορροών. Για το συγκεκριμένο είδος εδάφους, πρέπει να μελετηθεί και σε τι ποσοστό η ποσότητα των λιπασμάτων που απορροφάται από το έδαφος, θα είναι διαθέσιμη σε βάθος χρόνου να αξιοποιηθεί για την θρέψη του φυτού, ώστε να αποφευχθεί η περίσσεια χρήσης των λιπασμάτων.

Ιδιαίτερη μνεία θα πρέπει να γίνει και στον τρόπο με τον οποίο εφαρμόζονται τα ζιζανιοκτόνα ή φυτοπροστατευτικά. Αναλυτικότερα , τα βιβλιογραφικά δεδομένα δείχνουν ότι στην πλειονότητα των εφαρμογών των ζιζανιοκτόνων, τα φυτά δεν πάσχουν από κάποια ασθένεια, με αποτέλεσμα η ουσία να καταλήγει ως ρύπος στο περιβάλλον καθώς μειώνεται η απορρόφηση του από το φυτό. Το ίδιο αποτέλεσμα μπορεί να παρατηρηθεί και από έντονη βροχόπτωση που θα ακολουθήσει την εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου.

Επιπλέον, πρέπει να αναλογισθεί κανείς και την ελάττωση της χρήσης του μηχανολογικού εξοπλισμού στο χωράφι, που προκύπτει από τις μειωμένες εισροές ρευμάτων σε αυτό [\[27, 30, 31, 32, 40-48\]](#).



Εικόνα 8. Χάρτες παραγωγής οπωρώνα μηλιάς για τρία χρόνια



Εικόνα 9. Χάρτες εφαρμογής φωσφορούχου και καλιούχου λιπανσης σε σπυρώνα ελιάς

Πίνακας 12. Σενάριο 1 Γεωργίας Ακριβείας

	Λίπανση	Αέριοι Ρύποι	Υδάτινοι Ρύποι	Χερσαίοι Ρύποι
Σενάριο 1				
N	8 kg	0,143 kg NH ₃ / kg N N ₂ O 0,5% του N NO 2% του N	5% του N ωσνιτρικό μείωση απορροών κατά 4,3% εξαιτίας της γεωργίας ακριβείας	10% του N ωσνιτρικό μείωση επικαθίσεων κατά 4,3% εξαιτίας της γεωργίας ακριβείας
P	3,5 kg	ΔΥ	2% του P	4,8% του P
K	3,5 kg	ΔΥ	3,7% του P	5% του P
	Ζιζανιοκτόνο			
Cu	0,3 kg	ΔΥ	1% σε απορροή	99% σε φυτό και έδαφος, θεωρείται 40% στο έδαφος
Νερό	Άδευση 80 m ³			

Πίνακας 13.Σενάριο 2 Γεωργίας Ακριβείας

	Λίπανση	Αέριοι Ρύποι	Υδάτινοι Ρύποι	Χερσαίοι Ρύποι
Σενάριο 2				
N	4,4 kg	0,143 kg NH ₃ / kg N	5% του N ωσνιτρικό	10% του N ωσνιτρικό
		N ₂ O 0,5% του N	μείωση απορροών κατά 13% εξαιτίας της γεωργίας ακριβείας	μείωση επικαθίσεων κατά 13% εξαιτίας της γεωργίας ακριβείας
		NO 2% του N		
P	2,75 kg	ΔΥ	2% του P	4,8% του P
K	2,75 kg	ΔΥ	3,7% του P	5% του P
	Ζιζανιοκτόνο			
Cu	0,2 kg	ΔΥ	1% σε απορροή	99% σε φυτό και έδαφος, θεωρείται 40% στο έδαφος
	Άδευση			
Νερό	70 m ³			

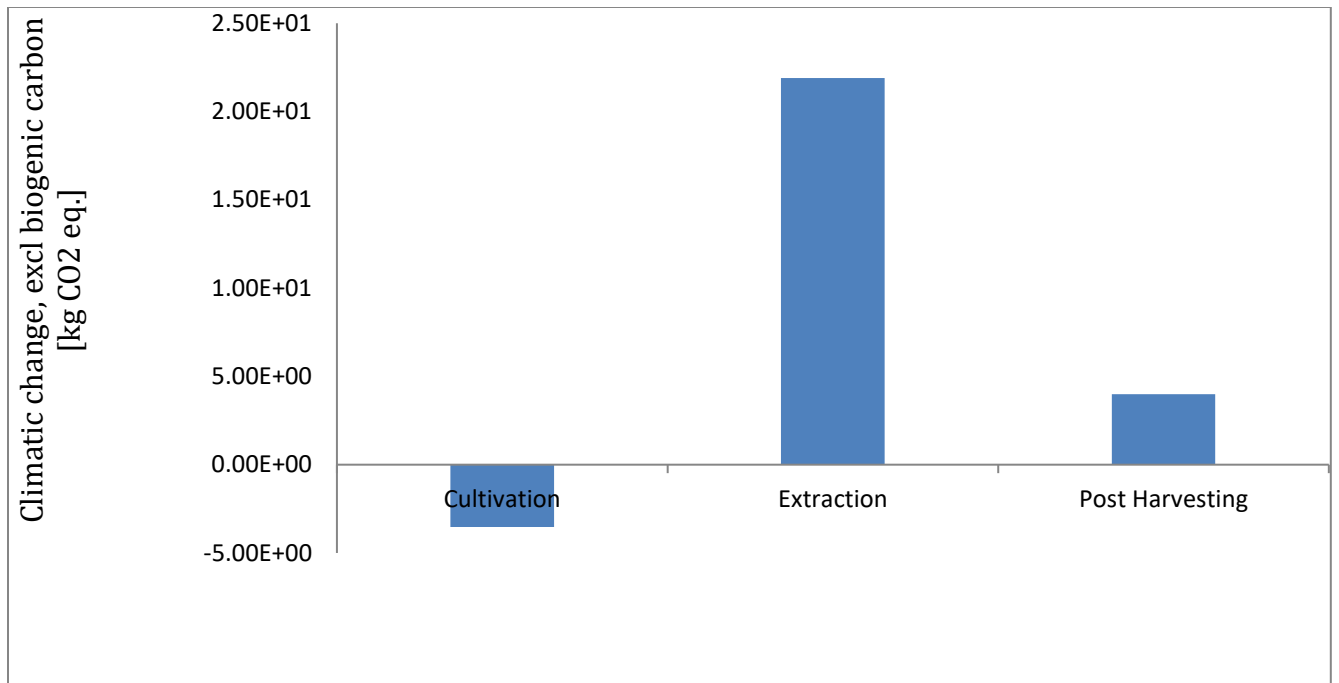
Πίνακας 14. Σενάριο 3 Γεωργίας Ακριβείας

	Λίπανση	Αέριοι Ρύποι	Υδάτινοι Ρύποι	Χερσαίοι Ρύποι
Σενάριο 3				
N	3,2 kg	0,143 kg NH ₃ / kg N	5% του N ωσνιτρικό	10% του N ωσνιτρικό
		N ₂ O 0,5% του N	μείωση απορροών κατά 26% εξαιτίας της γεωργίας ακριβείας	μείωση επικαθίσεων κατά 26% εξαιτίας της γεωργίας ακριβείας
		NO 2% του N		
P	2 kg	ΔΥ	2% του P	4,8% του P
K	2 kg	ΔΥ	3,7% του P	5% του P
	Ζιζανιοκτόνο			
Cu	0,1 kg	ΔΥ	1% σε απορροή	99% σε φυτό και έδαφος, θεωρείται 40% στο έδαφος
	Άδευση			
Νερό	60 m ³			

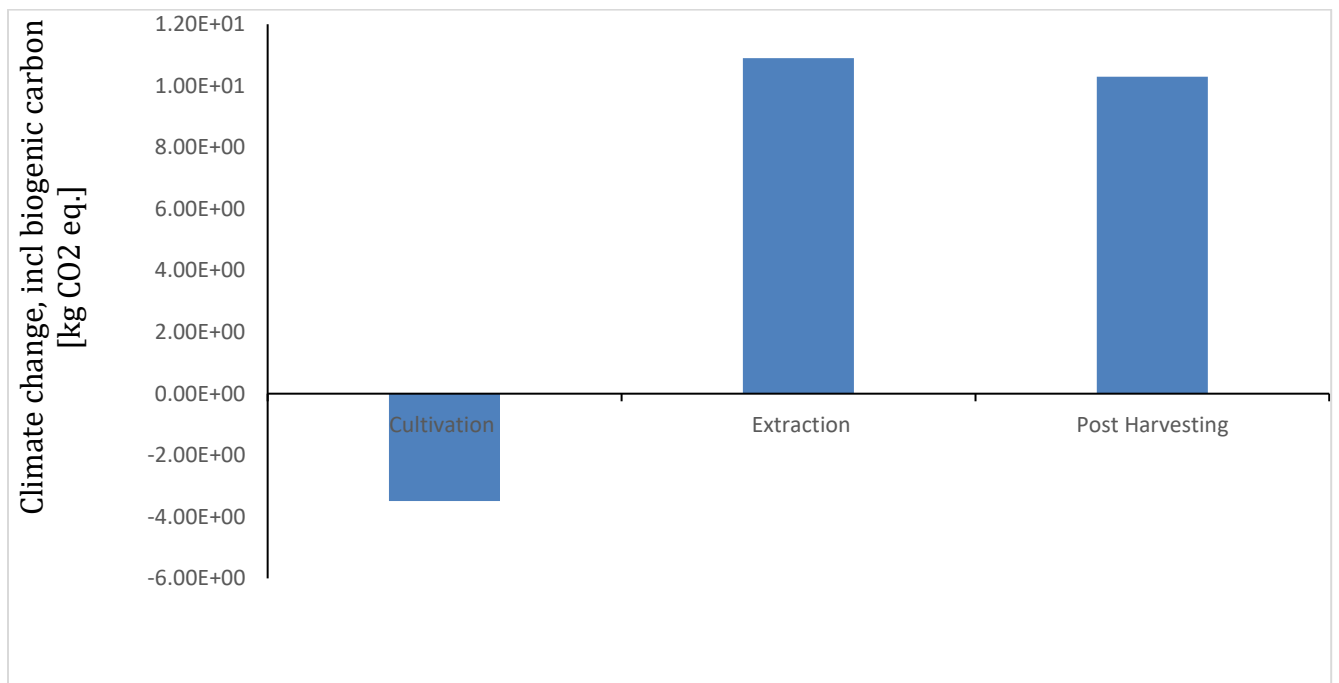
3.5 Αποτελέσματα ΑΚΖ

3.5.1 Αποτελέσματα Παραγωγής Στέβια-Κύριες Διεργασίες

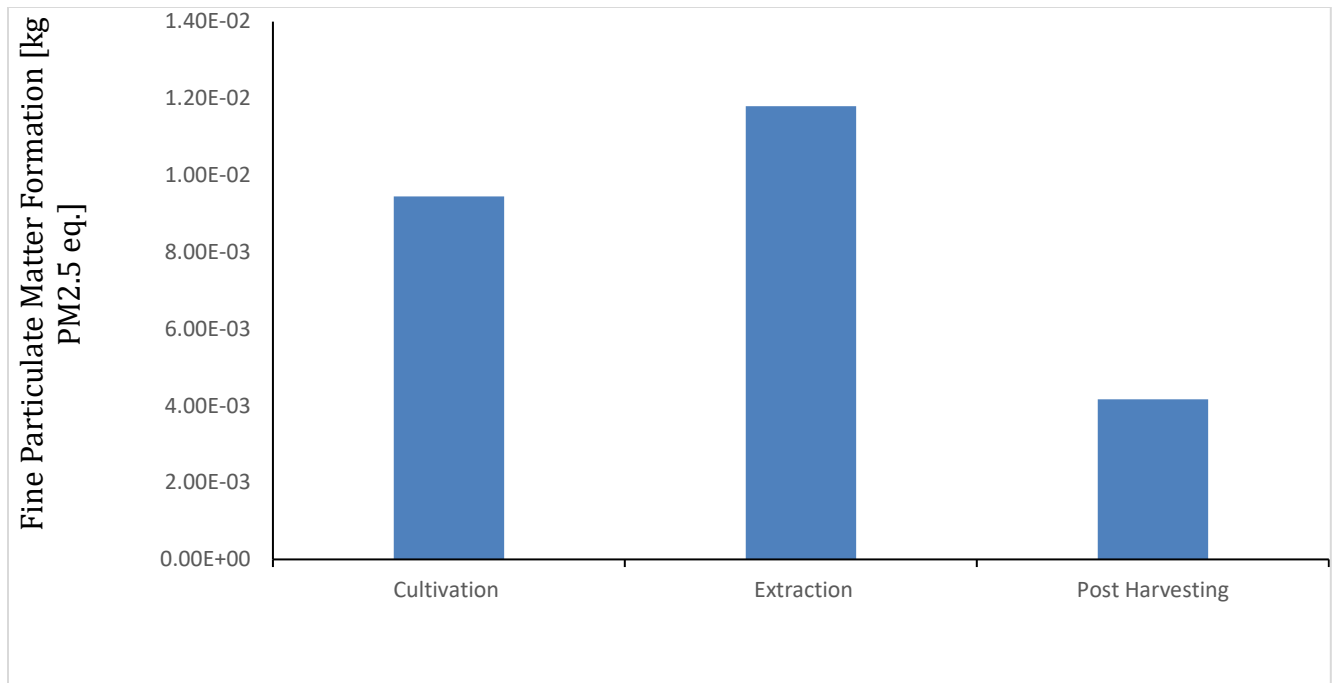
Παρακάτω παρουσιάζονται τα διαγράμματα που αναπαριστούν το περιβαλλοντολογικό αποτύπωμα των διεργασιών που διεκπεραιώνονται προς παραγωγή ενός κιλού του τελικού εκχυλίσματος στέβιας. Τα διαγράμματα αντιστοιχούν στα 18 μεσαία σημεία περιβαλλοντολογικών επιπτώσεων που προκύπτουν ακολουθώντας την μεθοδολογία ReCiPe 2016 (H). Σε αυτό το επίπεδο ανάλυσης εμφανίζονται μόνο τα τρία κύρια στάδια της παραγωγής που είναι η καλλιέργεια, η επεξεργασία μετά την συγκομιδή και η εκχύλιση.



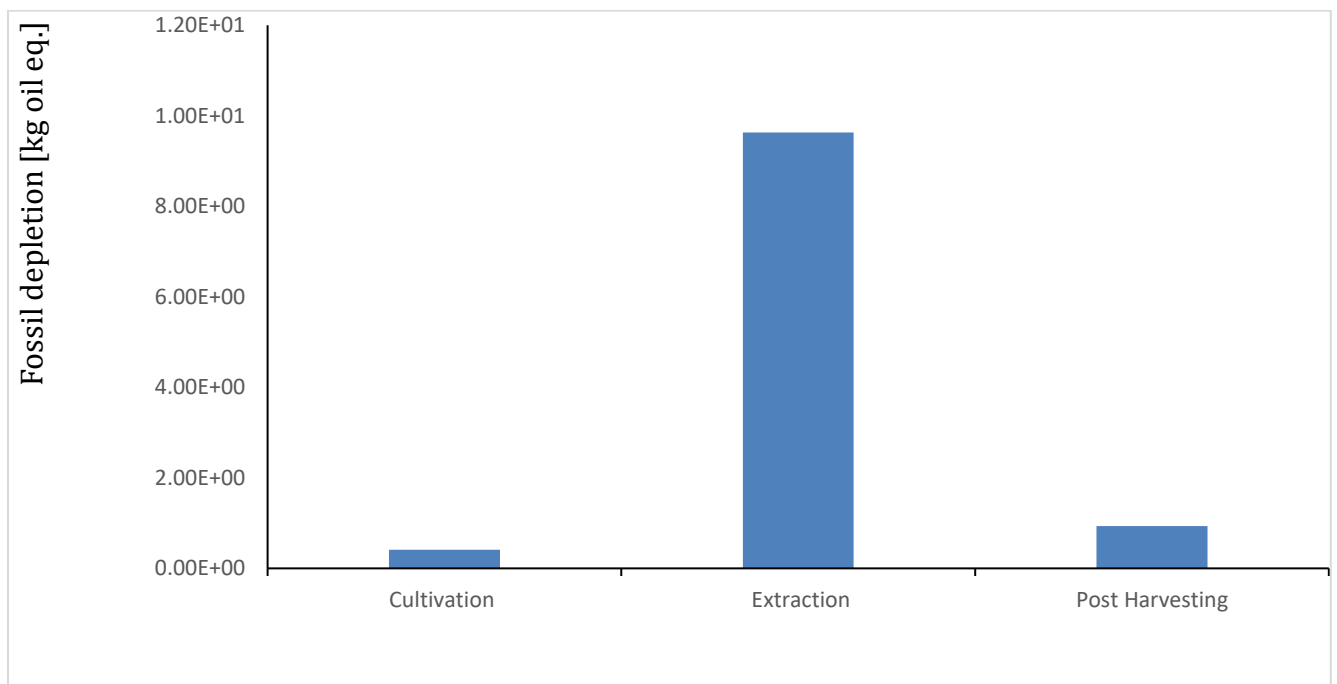
Διάγραμμα 1. Κατηγορία Επίπτωσης Κλιματικής Αλλαγής, χωρίς τον Βιογενή Άνθρακα-Κύριες Διεργασίες



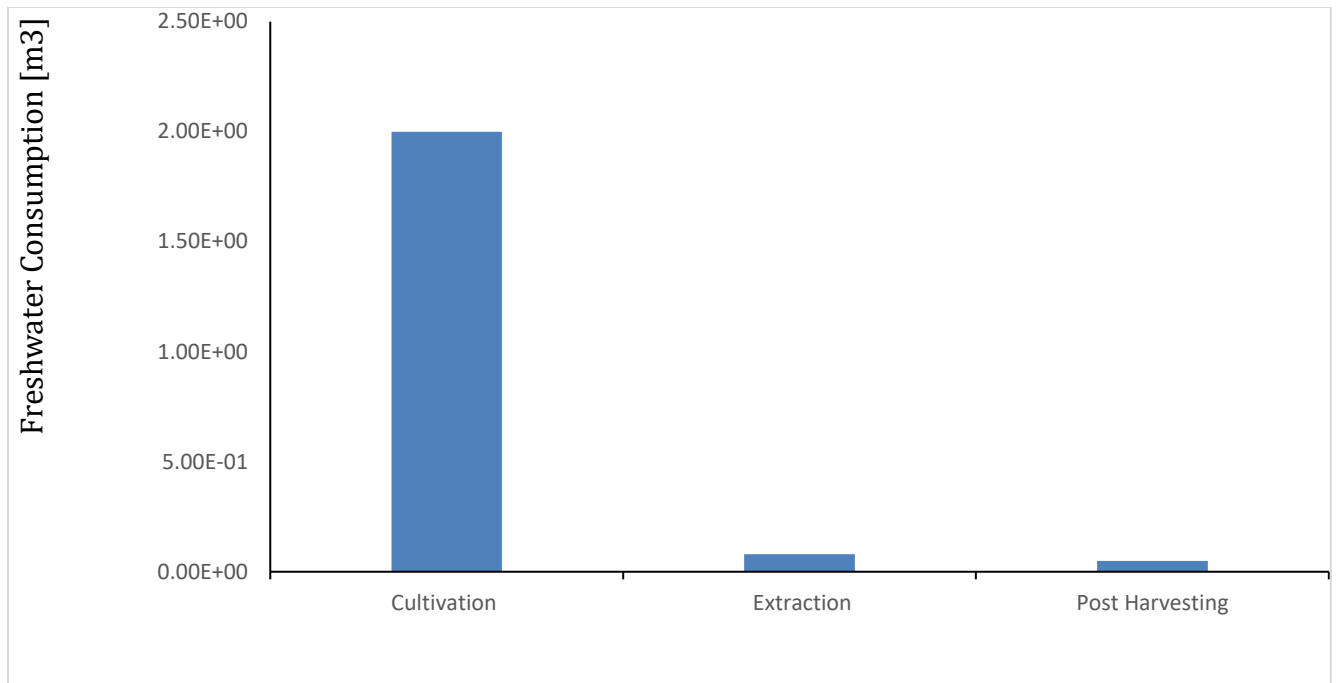
Διάγραμμα 2. Κατηγορία Επίπτωσης Κλιματικής Αλλαγής, με τον βιογενή άνθρακα-Κύριες Διεργασίες



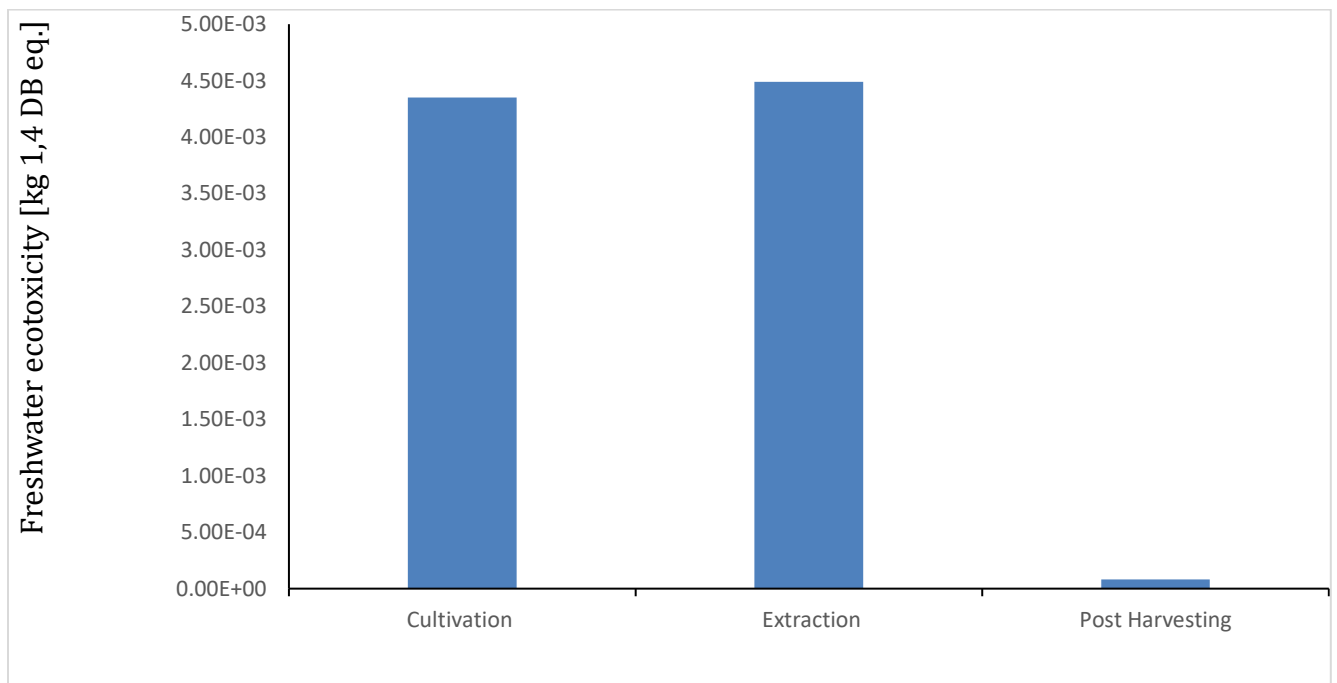
Διάγραμμα 3. Κατηγορία Επίπτωσης Σχηματισμού Λεπτών Σωματιδίων- Κύριες Διεργασίες



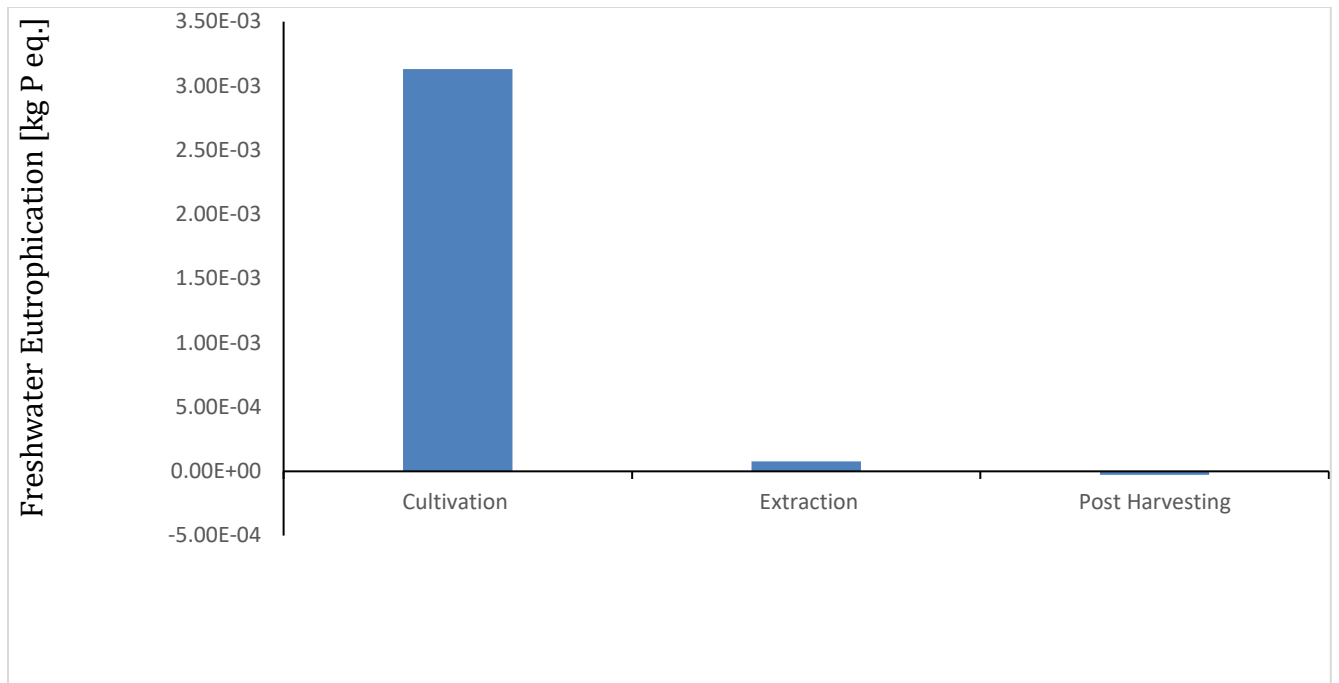
Διάγραμμα 4. Κατηγορία Επίπτωσης Εξάντλησης Ορυκτών Πόρων- Κύριες Διεργασίες



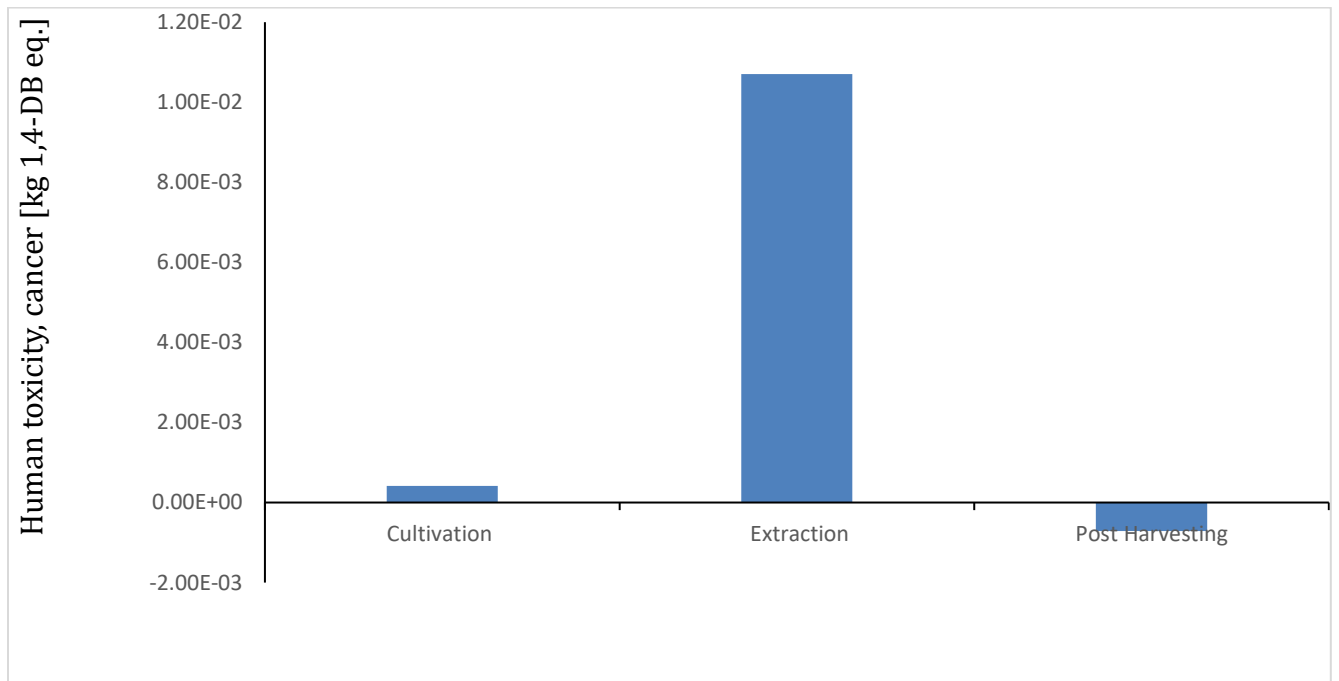
Διάγραμμα 5. Κατηγορία Επίπτωσης Κατανάλωσης Φρέσκου Νερού- Κύριες Διεργασίες



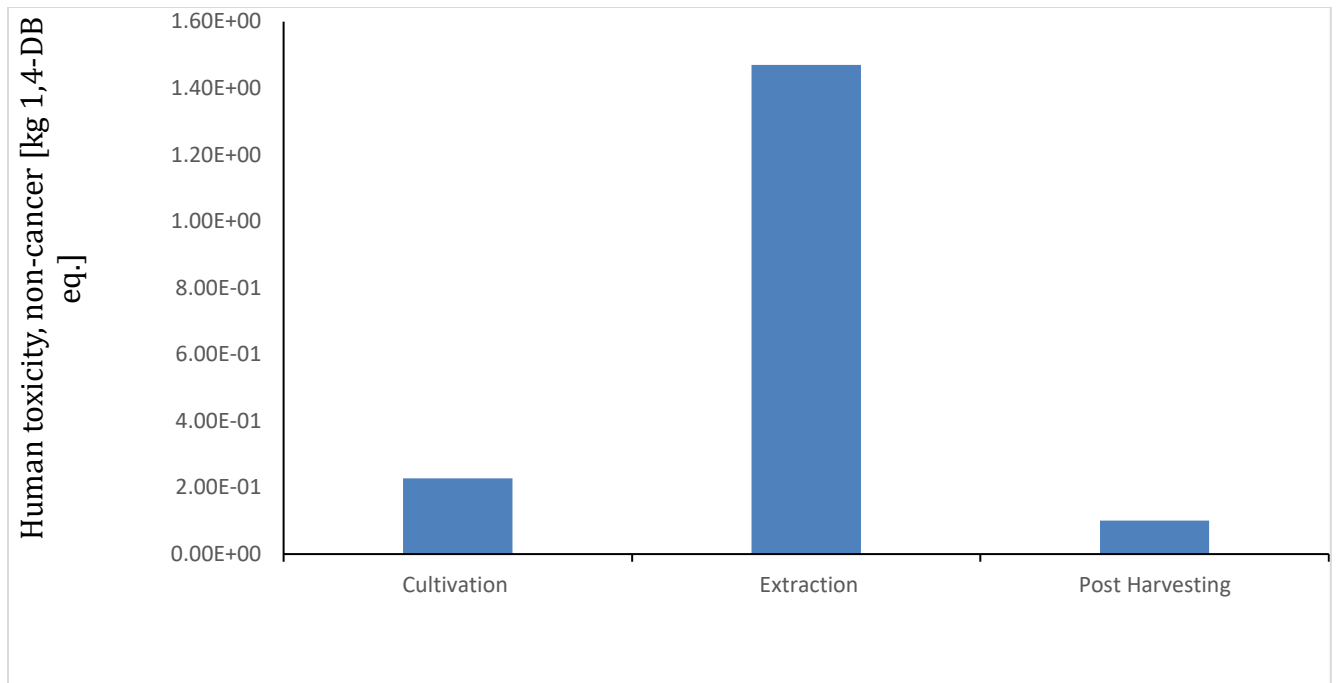
Διάγραμμα 6. Κατηγορία Επίπτωσης Οικοτοξικότητας Φρέσκου Νερού- Κύριες Διεργασίες



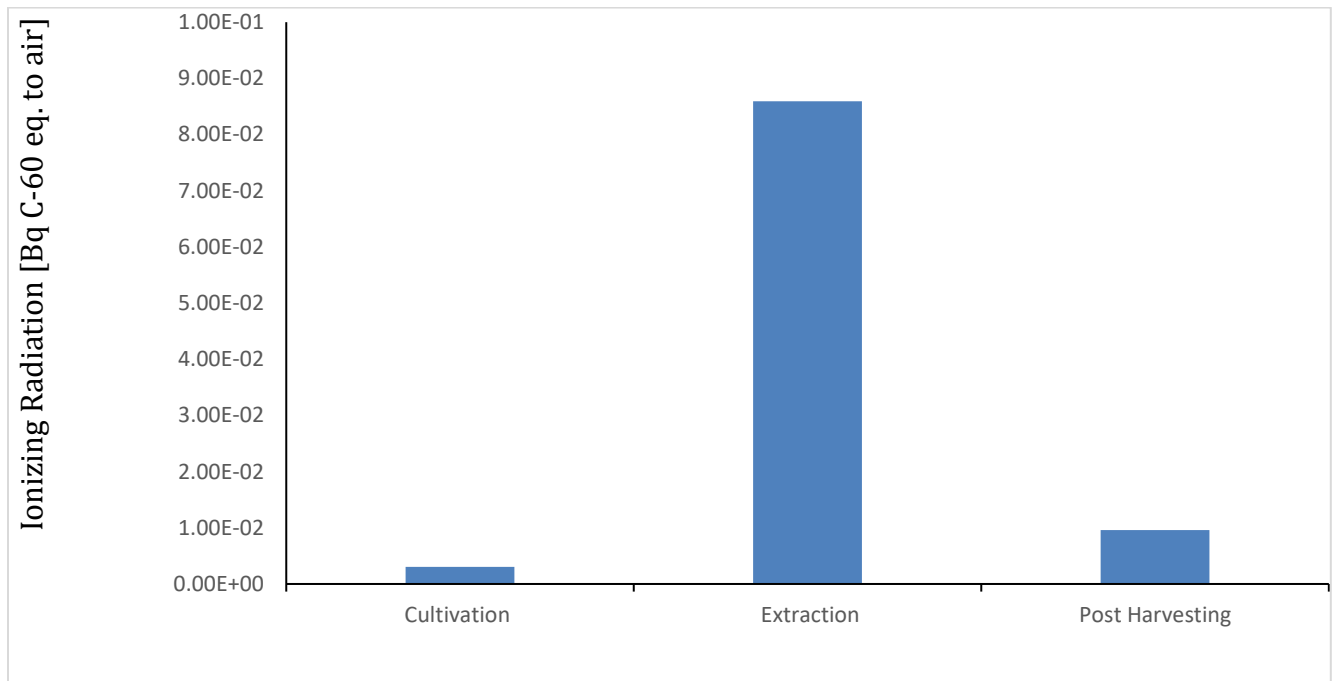
Διάγραμμα 7. Κατηγορία Επίπτωσης Ευτροφισμού Φρέσκου Νερού- Κύριες Διεργασίες



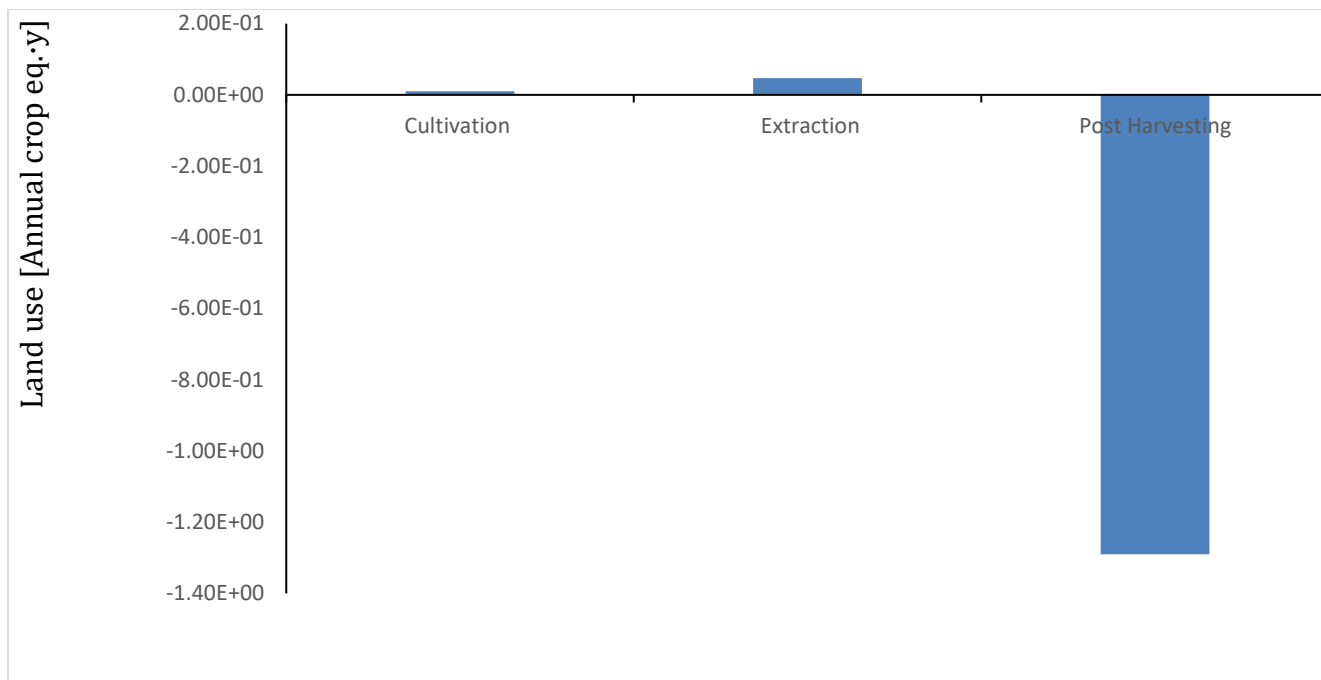
Διάγραμμα 8. Κατηγορία Επίπτωσης Ανθρώπινης Τοξικότητας, Καρκινογενούς- Κύριες Διεργασίες



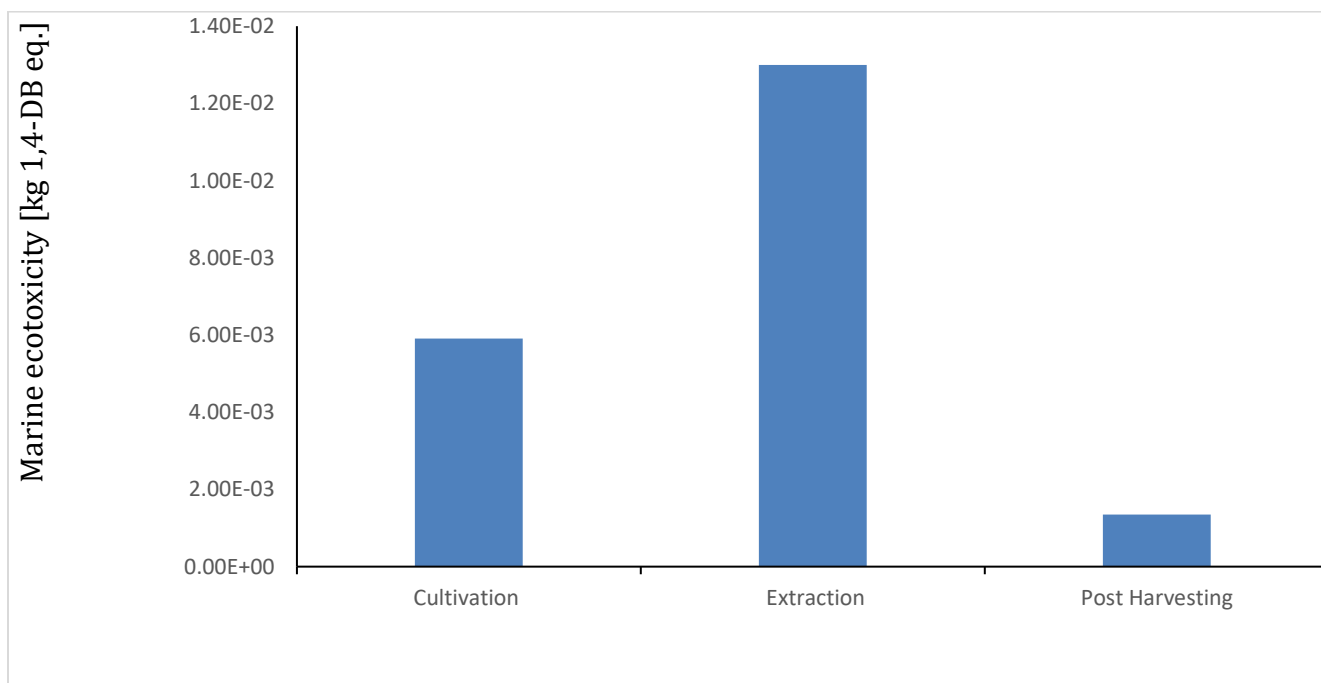
Διάγραμμα 9. Κατηγορία Επίπτωσης Ανθρώπινης Τοξικότητας, μη Καρκινογενούς- Κύριες Διεργασίες



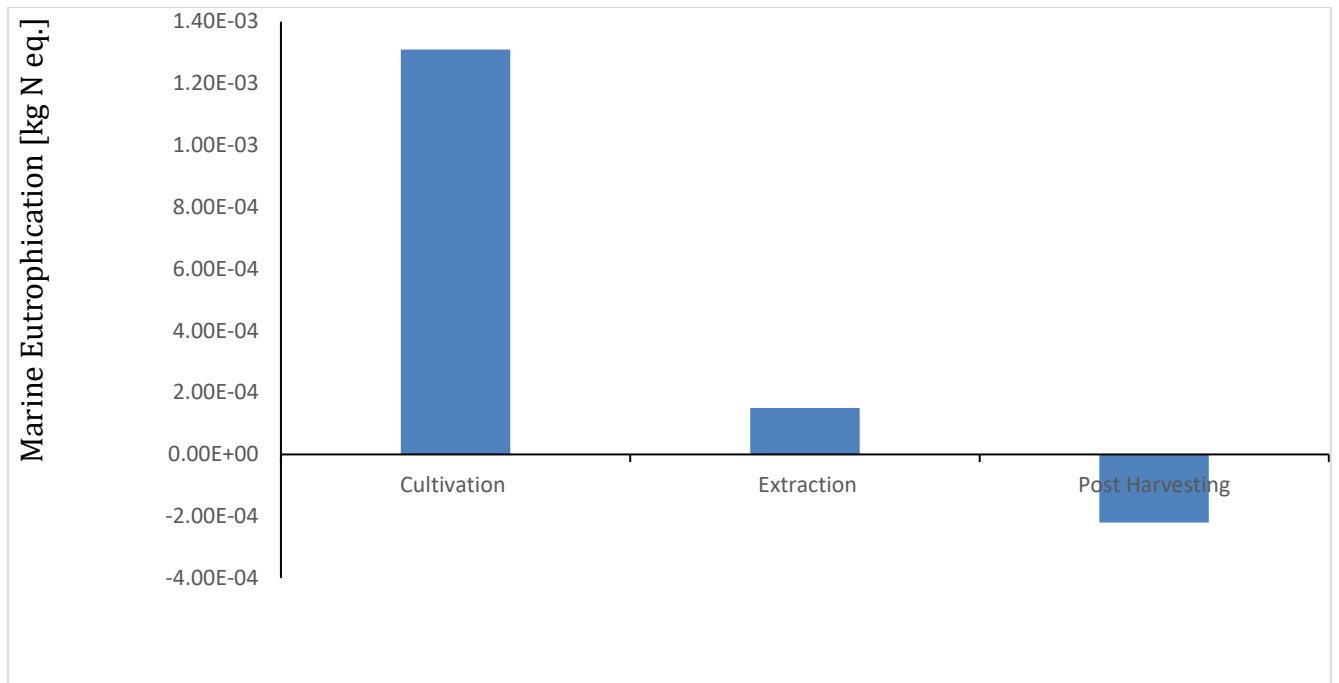
Διάγραμμα 10. Κατηγορία Επίπτωσης Ιονίζουσας Ακτινοβολίας- Κύριες Διεργασίες



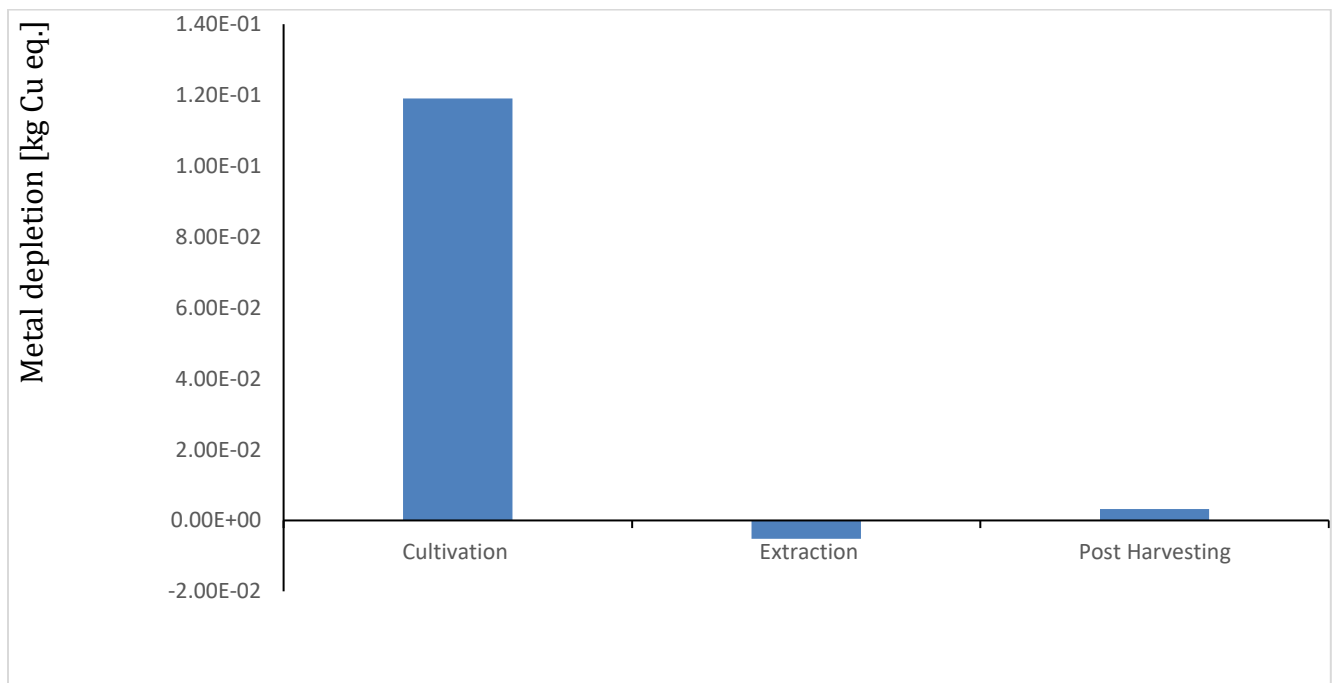
Διάγραμμα 11. Κατηγορία Επίπτωσης Χρήσης Γης- Κύριες Διεργασίες



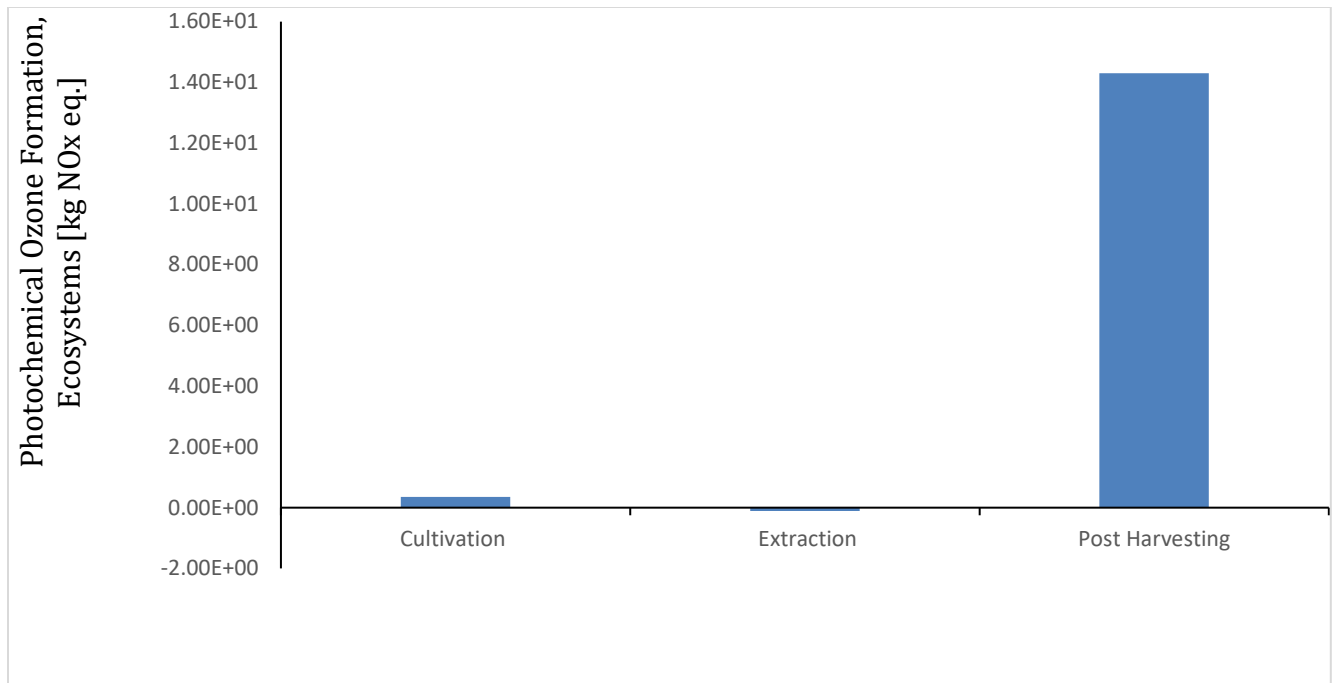
Διάγραμμα 12. Κατηγορία Επίπτωσης Θαλάσσιας Οικοτοξικότητας- Κύριες Διεργασίες



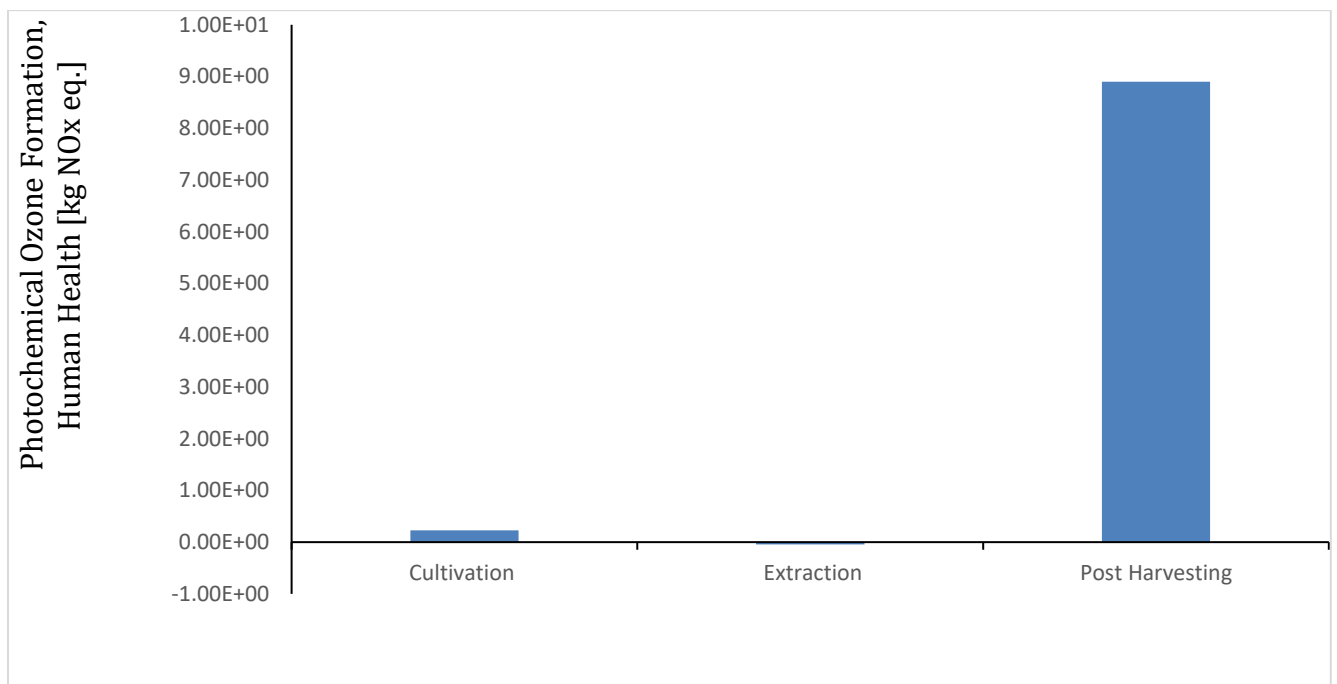
Διάγραμμα 13. Κατηγορία Επίπτωσης Θαλάσσιου Ευτροφισμού- Κύριες Διεργασίες



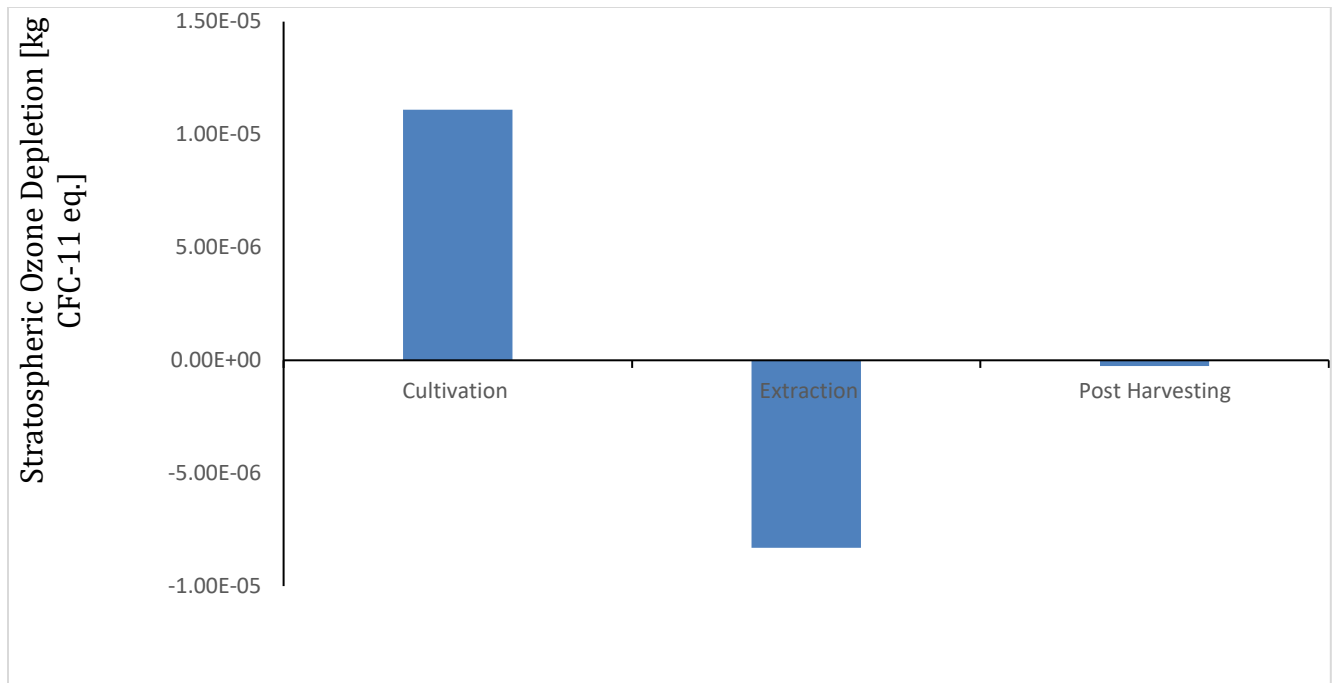
Διάγραμμα 14. Κατηγορία Επίπτωσης Εξάντλησης Μεταλλευμάτων- Κύριες Διεργασίες



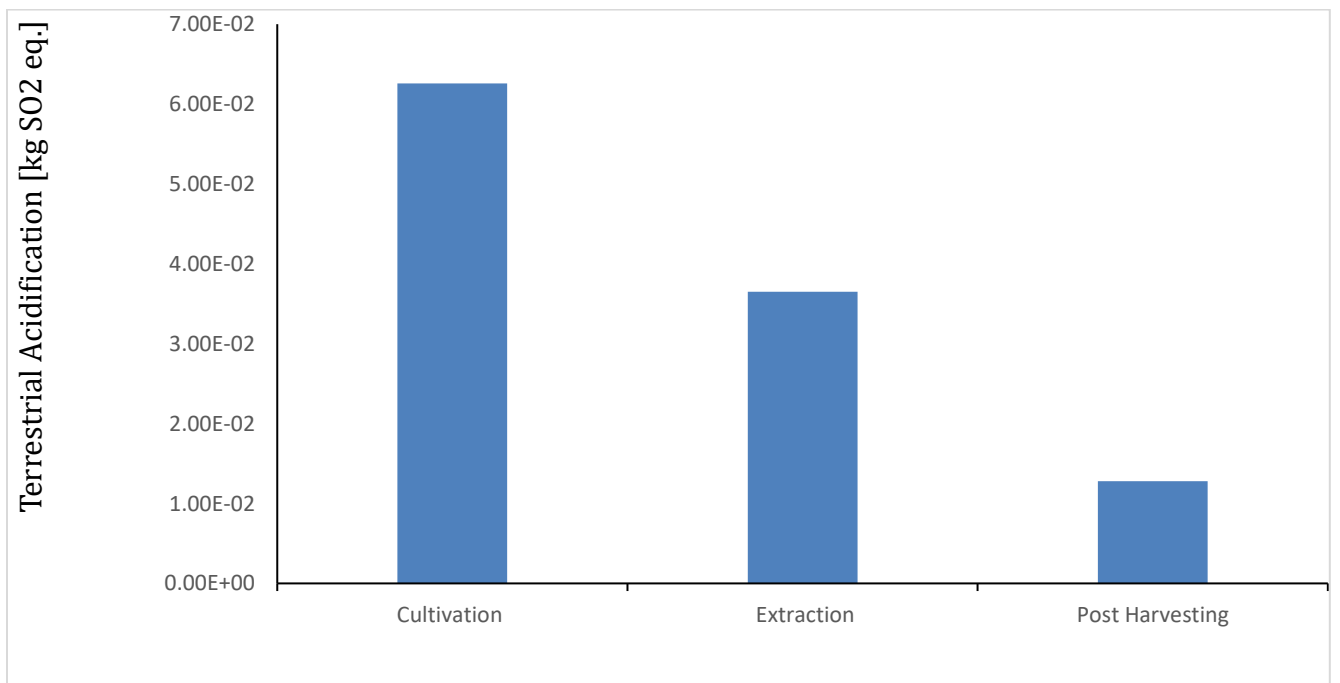
Διάγραμμα 15. Κατηγορία Επίπτωσης Σχηματισμού Φωτοχημικού Όζοντος, για Οικοσυστήματα- Κύριες Διεργασίες



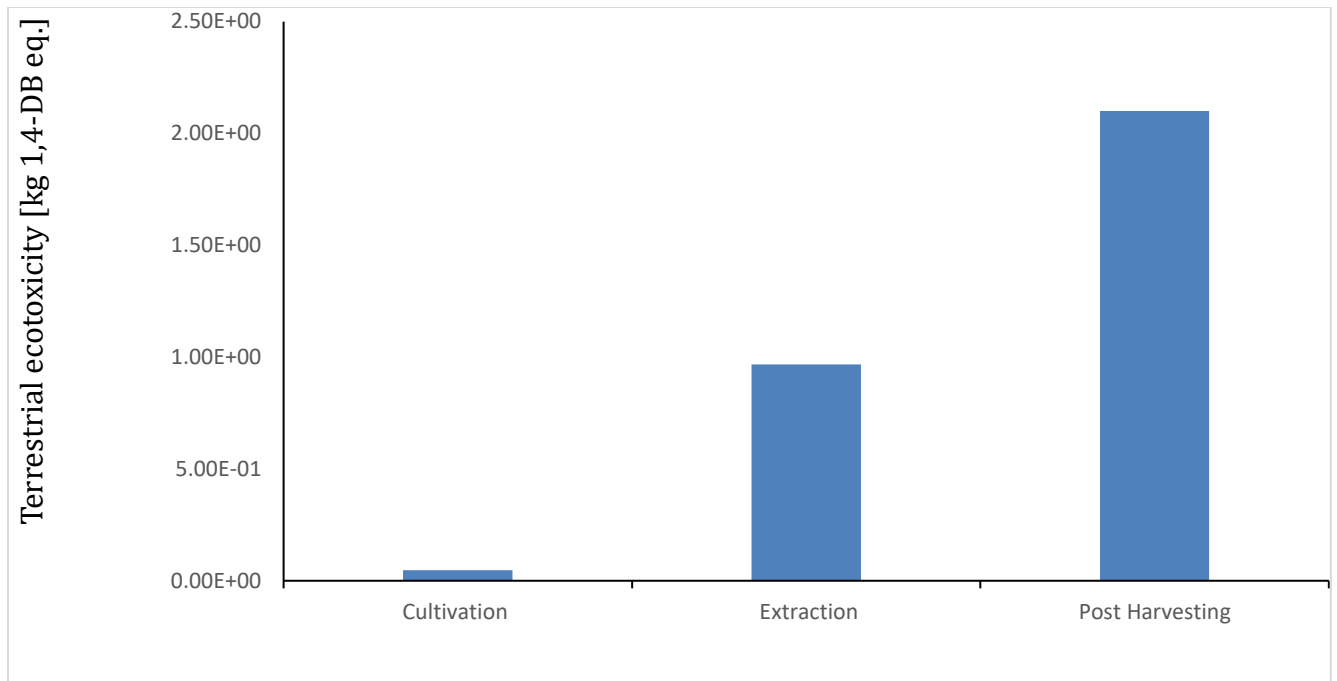
Διάγραμμα 16. Κατηγορία Επίπτωσης Σχηματισμού Φωτοχημικού Όζοντος, για την Ανθρώπινη Υγεία- Κύριες Διεργασίες



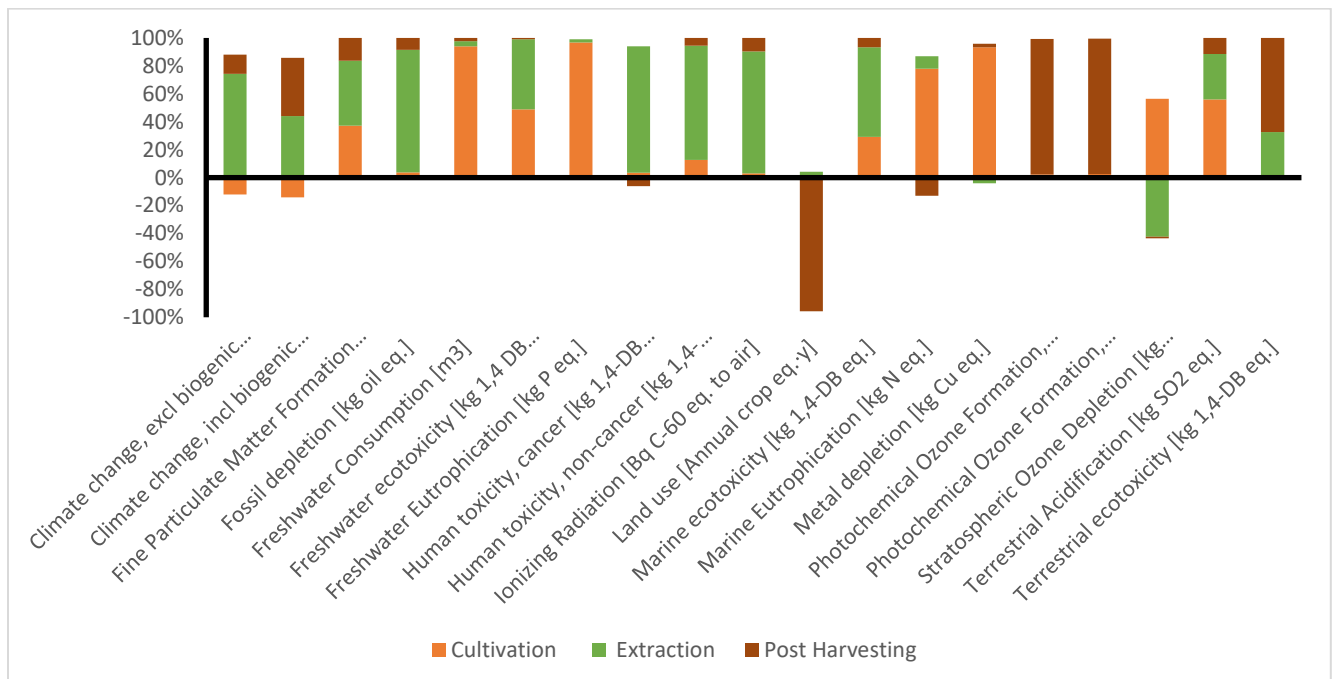
Διάγραμμα 17. Κατηγορία Επίπτωσης Εξάντλησης του Στρατοσφαιρικού Οζοντος- Κύριες Διεργασίες



Διάγραμμα 18. Κατηγορία Επίπτωσης Χερσαίας Οξύνισης- Κύριες Διεργασίες



Διάγραμμα 19. Κατηγορία Επίπτωσης Χερσαίας Οικοτοξικότητας–Κύριες Διεργασίες



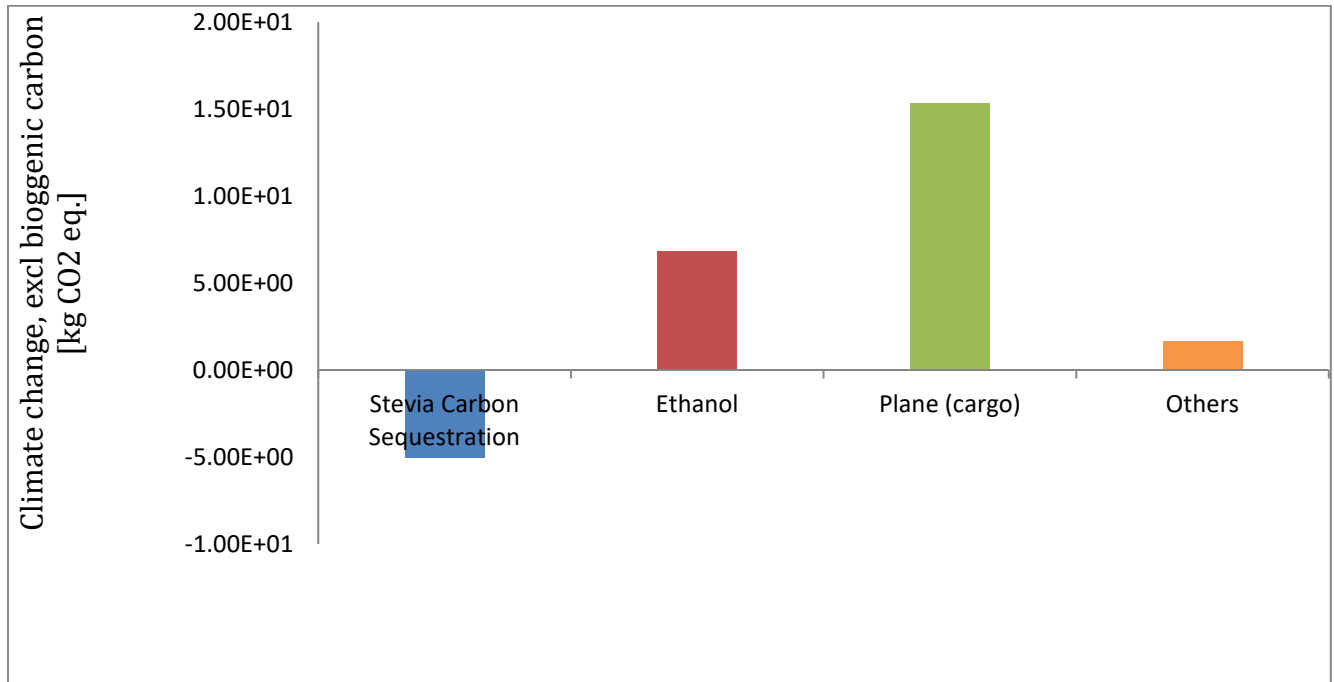
Διάγραμμα 20. Ποσοστιαία Συνεισφορά των Διεργασιών στην Εκάστοτε Κατηγορία – Παραγωγή Στέβια Επίπεδο Ανάλυσης 2

Πίνακας 15. Αποτελέσματα Επιπτώσεων Κατηγοριών Τελικού Σημείου για Παραγωγή Στέβια

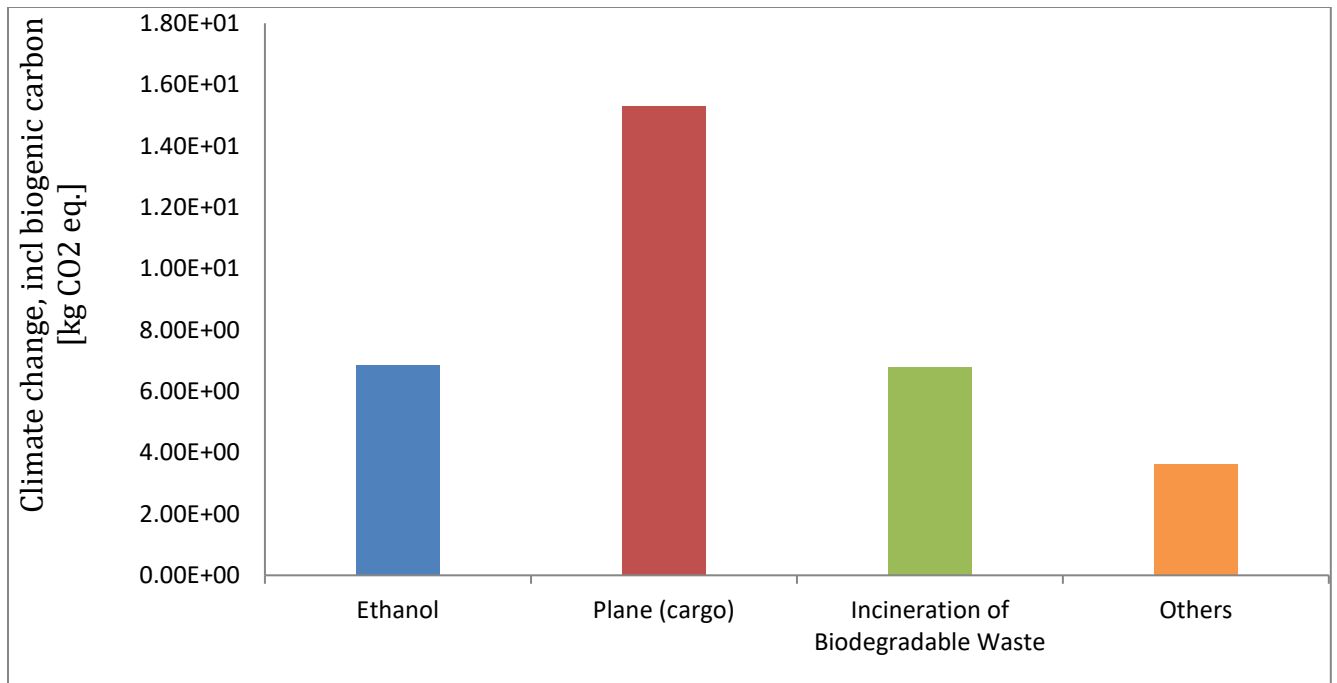
Damage to Human Health [DALY]	6,65373E-05
Damage to Ecosystems [species,yr]	2,03706E-06
Damage to resource availability [\$]	4,056816

3.5.2 Αποτελέσματα Παραγωγής Στέβιας-Αναλυτικές διεργασίες

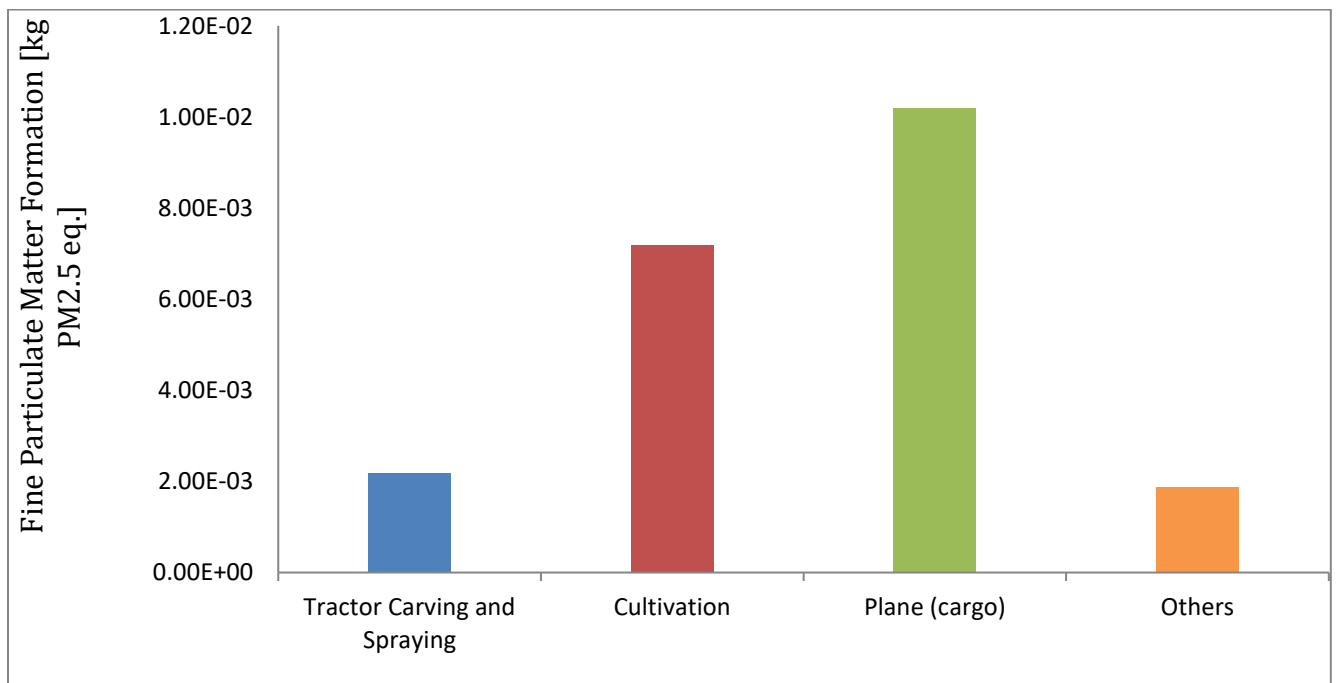
Στα παρακάτω διαγράμματα, οι 3 βασικές διεργασίες της παραγωγής στέβιας αναλύονται στις επιμέρους τους διεργασίες, ώστε να διαπιστωθεί ποιες διεργασίες αποτελούν «σημαντικά σημεία» για να μπορέσουν να ληφθούν οι απαραίτητες αποφάσεις προς βελτίωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος της παραγωγικής διαδικασίας. Λόγω του μεγάλου αριθμού διεργασιών που περιλαμβάνονται στο σύστημα, αποφασίστηκε σε κάθε κατηγορία να παρουσιάζονται οι 3 με το μεγαλύτερο κατά απόλυτη τιμή αποτύπωμα και οι υπόλοιπες να αθροίζονται και να εμφανίζεται το αθροιστικό τους αποτύπωμα στα διαγράμματα.



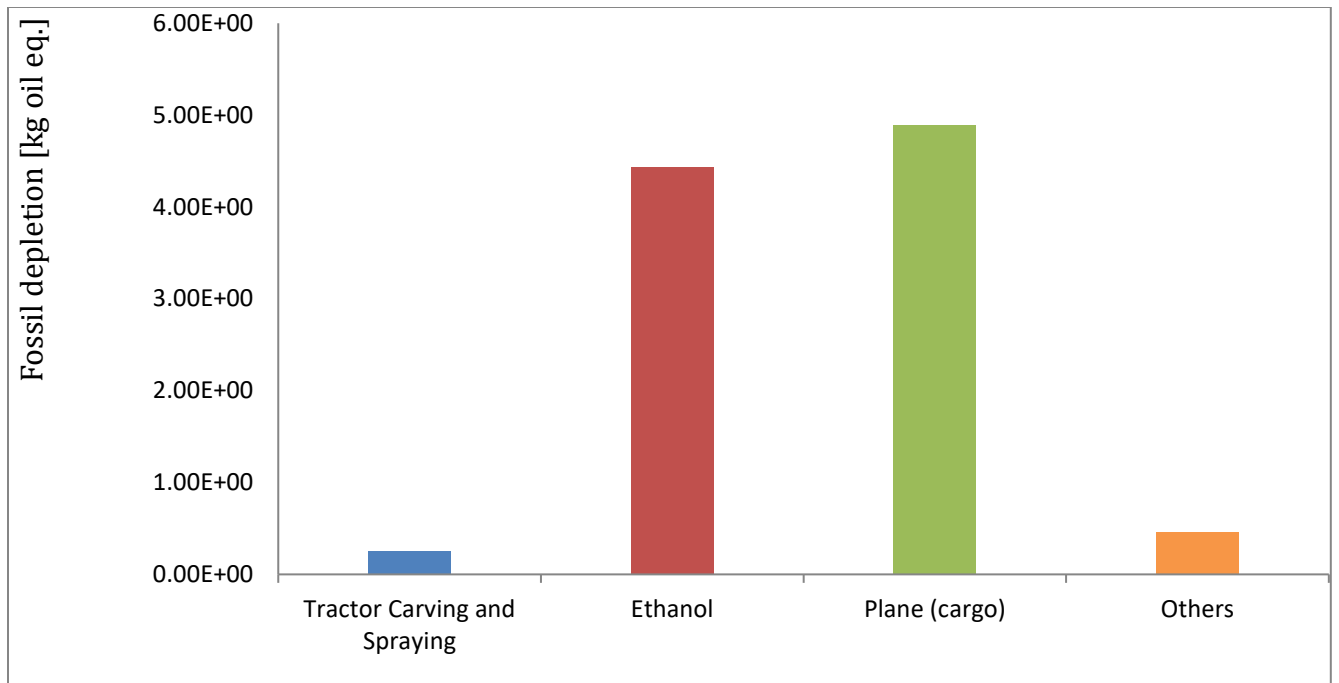
Διάγραμμα 21. Κατηγορία Επίπτωσης Κλιματικής Αλλαγής, χωρίς τον Βιογενή Άνθρακα – Αναλυτικές Διεργασίες



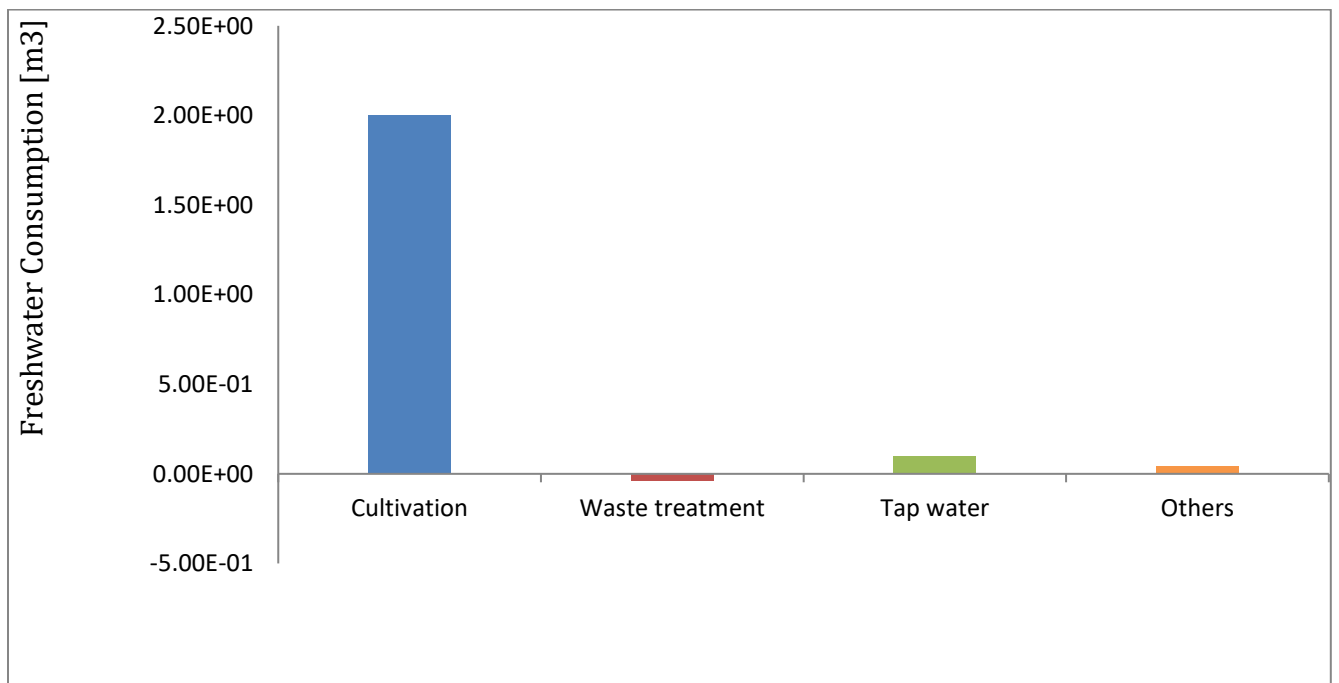
Διάγραμμα 22. Κατηγορία Επίπτωσης Κλιματικής Αλλαγής, με τον Βιογενή Άνθρακα – Αναλυτικές Διεργασίες



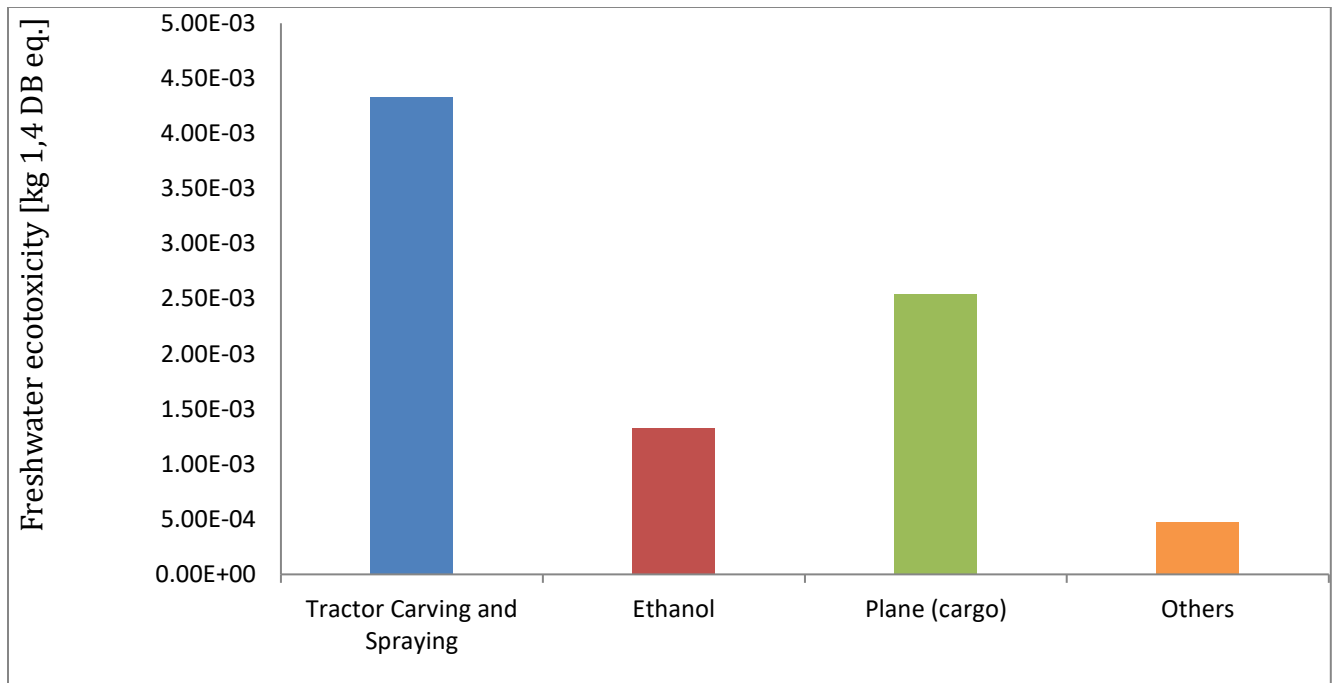
Διάγραμμα 23. Κατηγορία Επίπτωσης Σχηματισμού Λεπτών Σωματιδίων – Αναλυτικές Διεργασίες



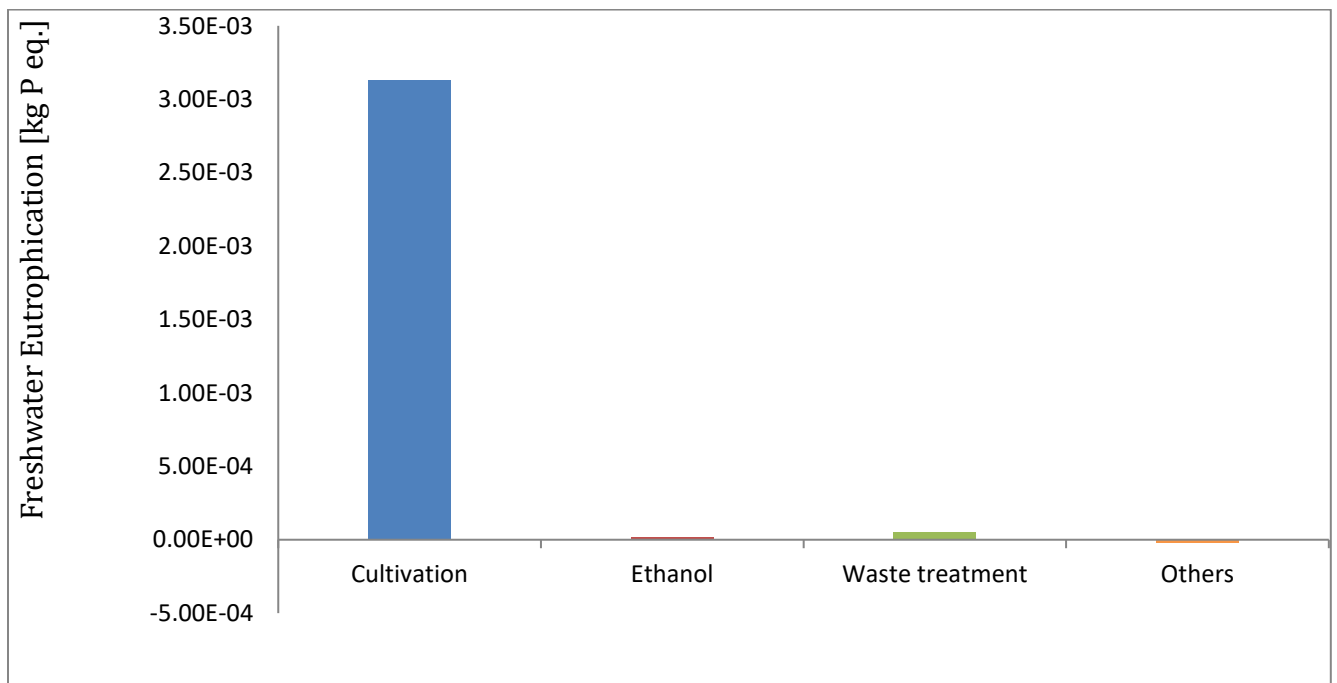
Διάγραμμα 24. Κατηγορία Επίπτωσης Εξάντλησης Ορυκτών Πόρων– Αναλυτικές Διεργασίες



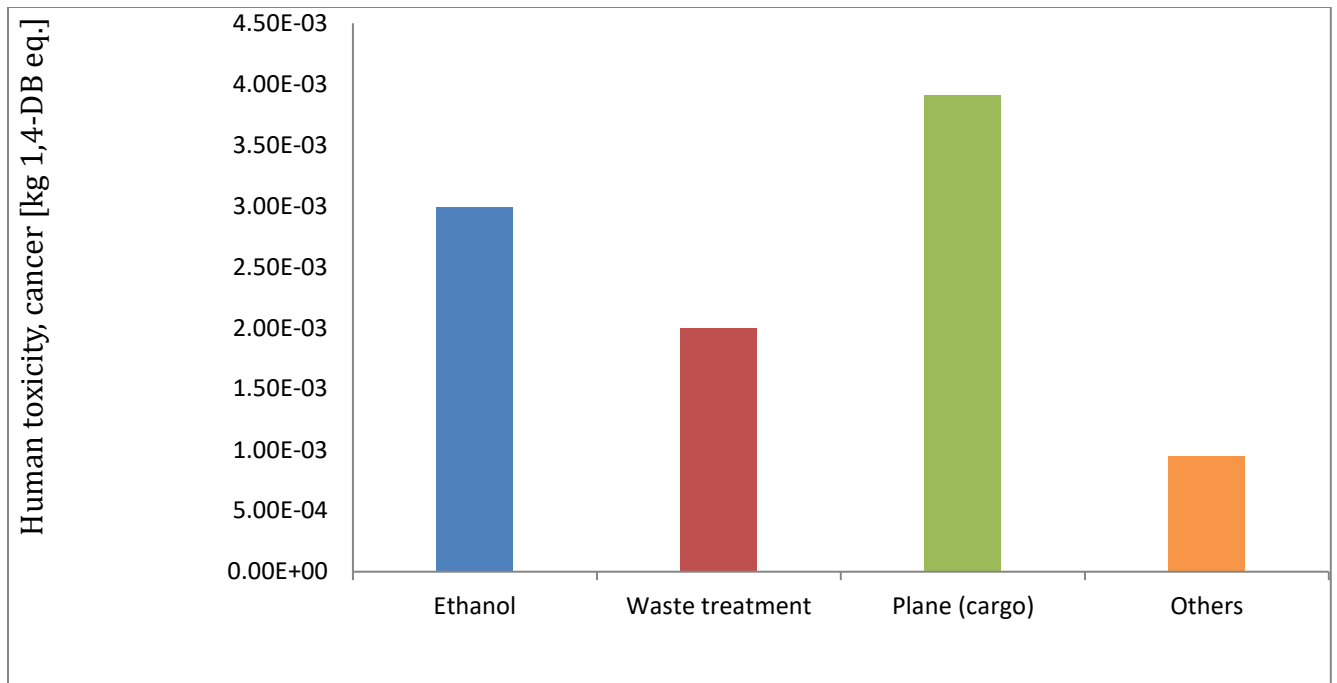
Διάγραμμα 25. Κατηγορία Επίπτωσης Κατανάλωσης Φρέσκου Νερού– Αναλυτικές Διεργασίες



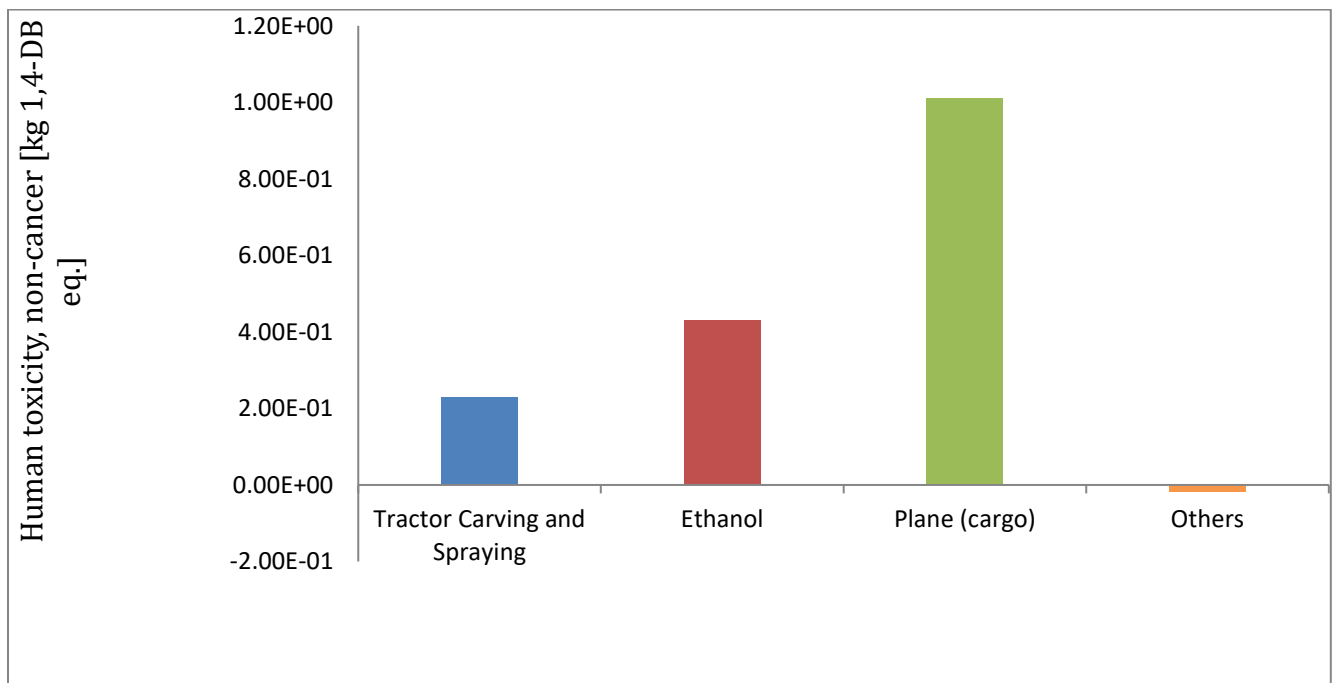
Διάγραμμα 26. Κατηγορία Επίπτωσης Οικολογικότητας Φρέσκου Νερού– Αναλυτικές Διεργασίες



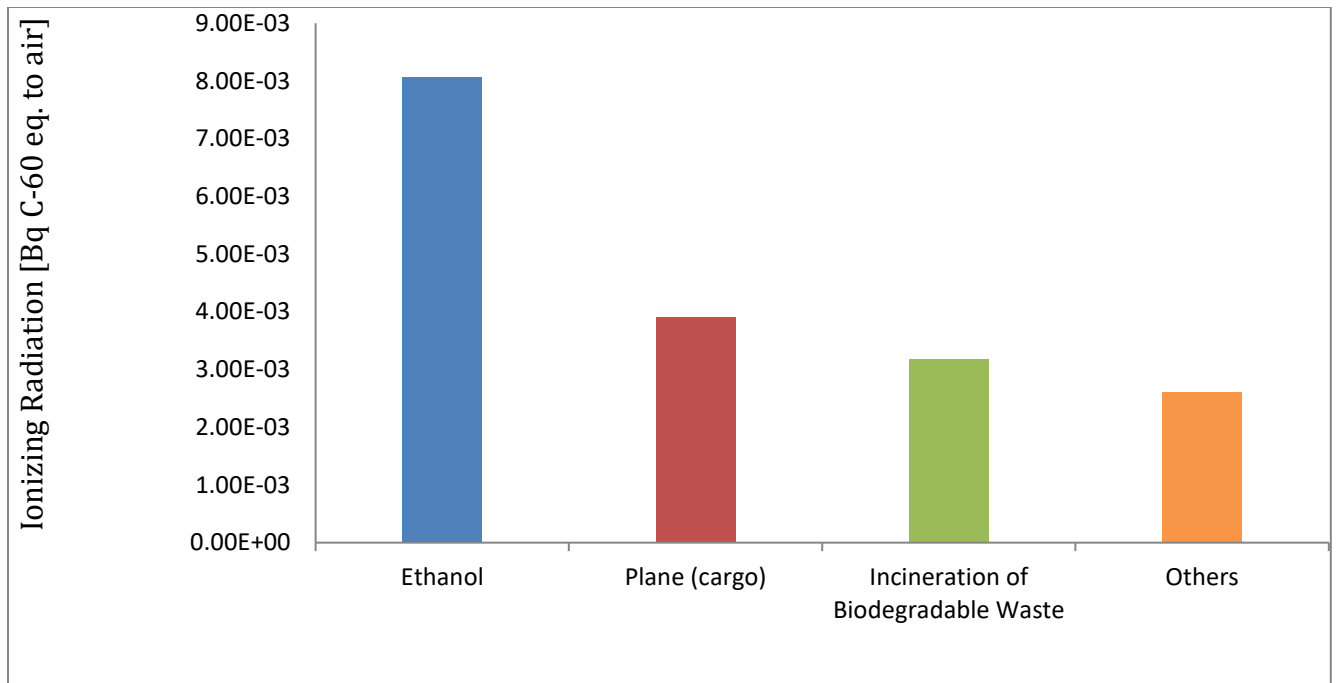
Διάγραμμα 27. Κατηγορία Επίπτωσης Ευτροφισμού Φρέσκου Νερού– Αναλυτικές Διεργασίες



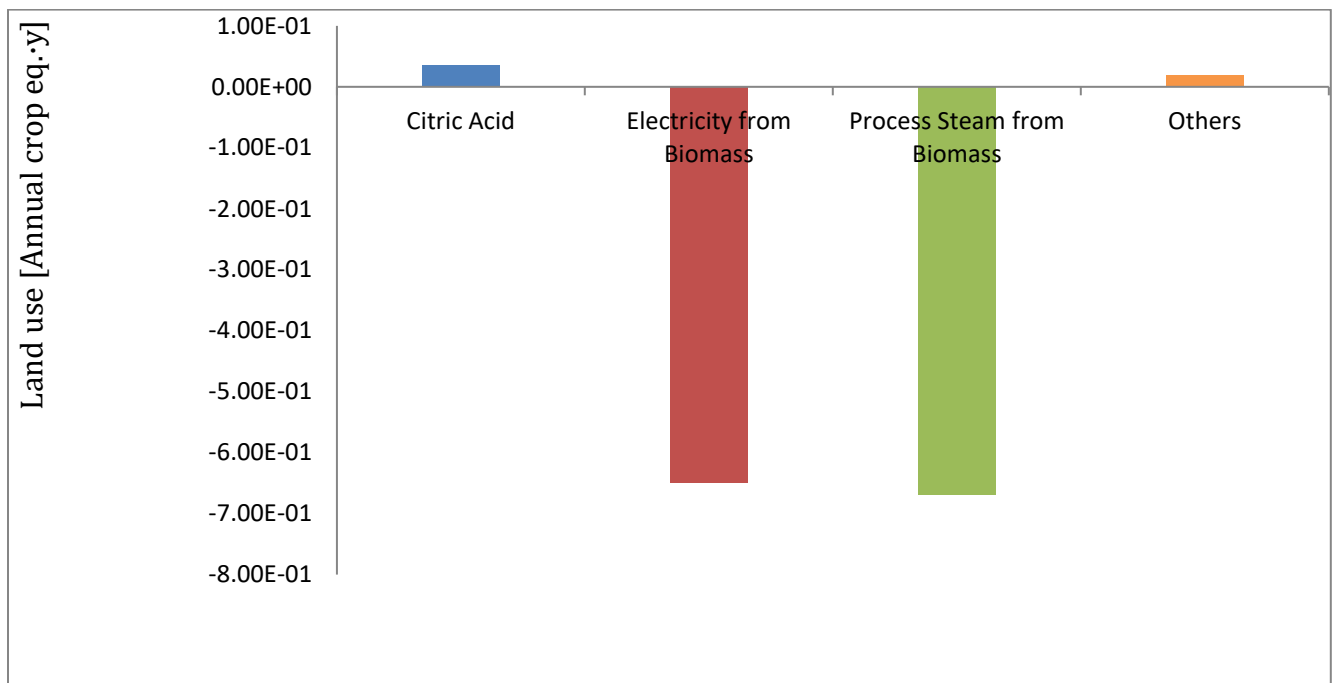
Διάγραμμα 28. Κατηγορία Επίπτωσης Ανθρώπινης Τοξικότητας, Καρκινογενούς– Αναλυτικές Διεργασίες



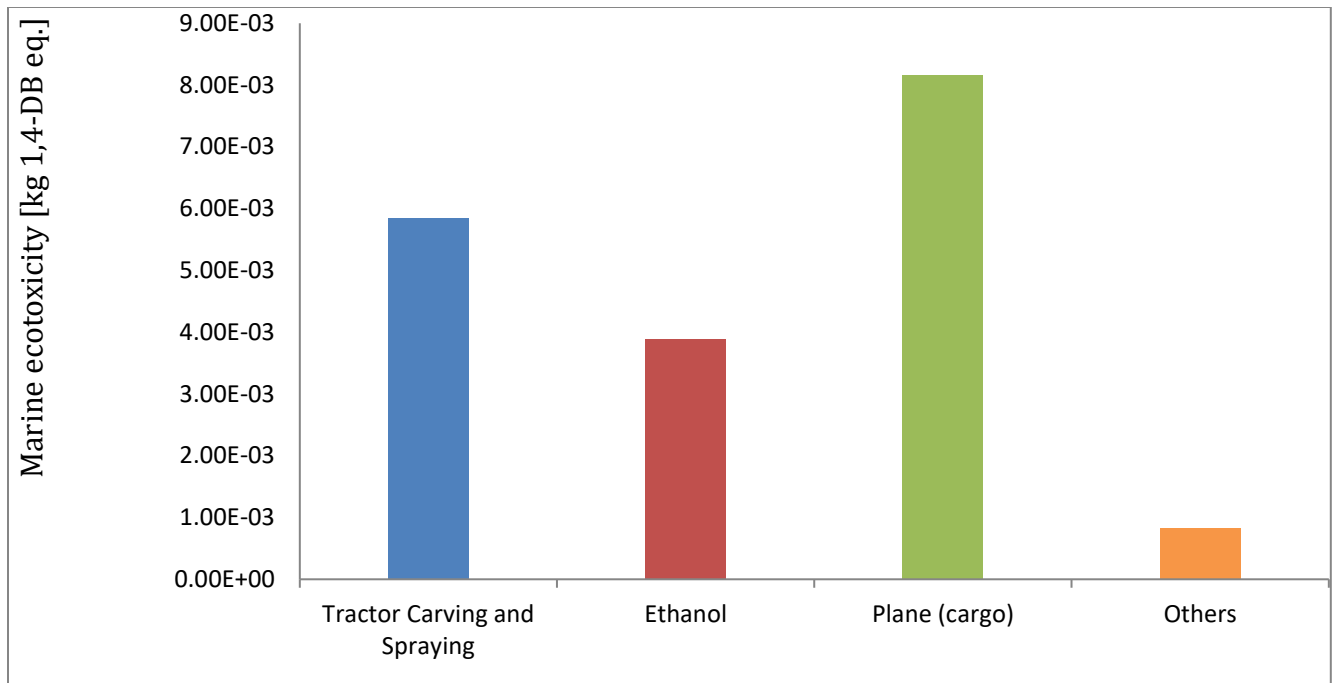
Διάγραμμα 29. Κατηγορία Επίπτωσης Ανθρώπινης Τοξικότητας, μη Καρκινογενούς– Αναλυτικές Διεργασίες



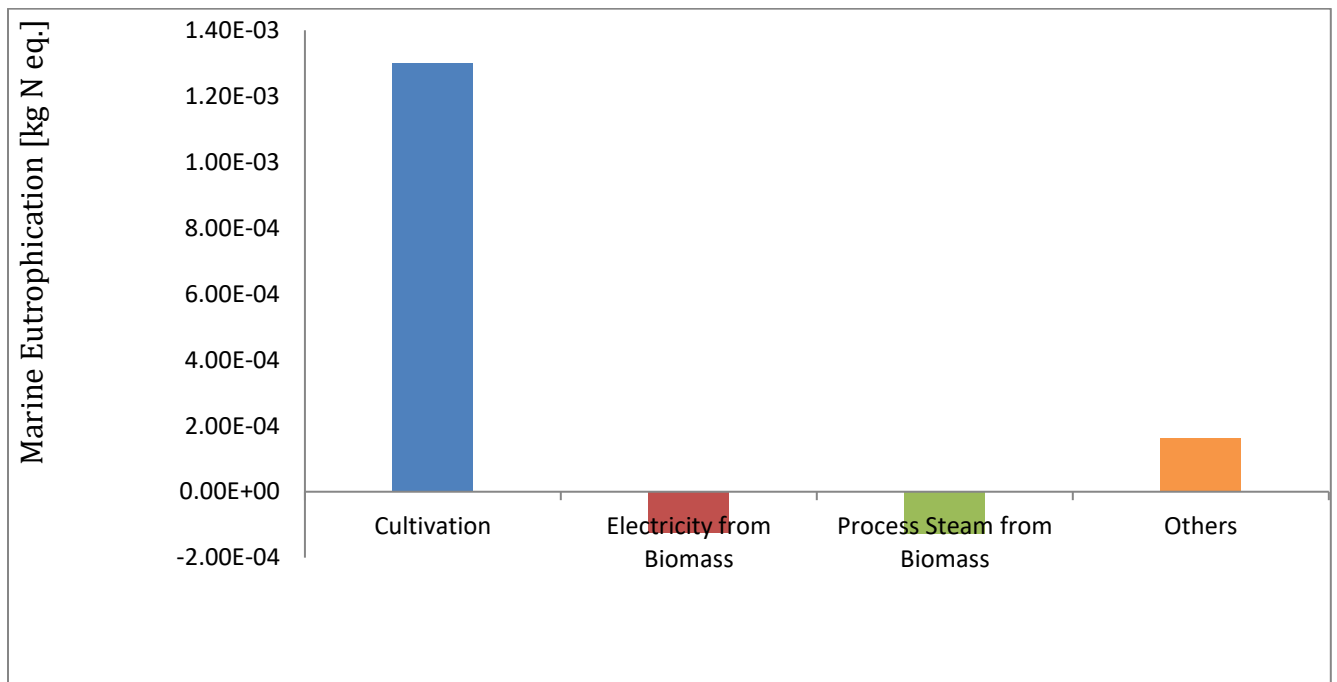
Διάγραμμα 30. Κατηγορία Επίπτωσης Ιονίζουσας Ακτινοβολίας– Αναλυτικές Διεργασίες



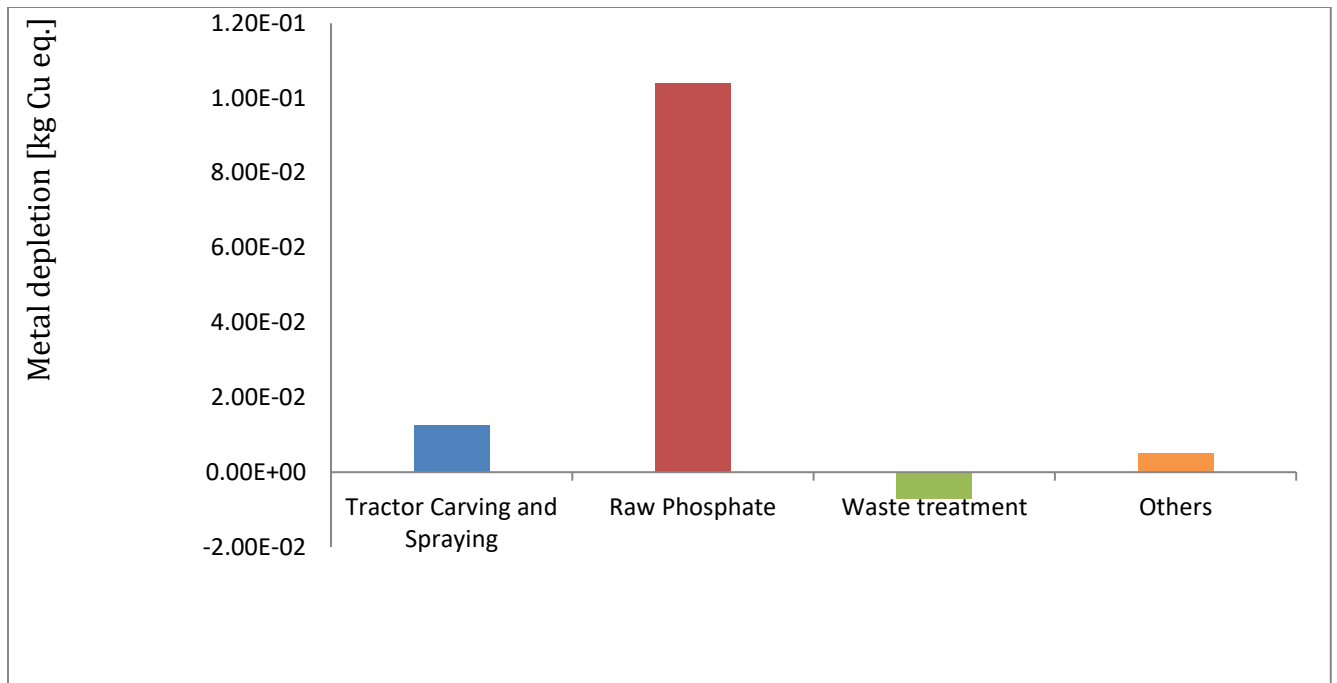
Διάγραμμα 31. Κατηγορία Επίπτωσης Χρήσης Γης– Αναλυτικές Διεργασίες



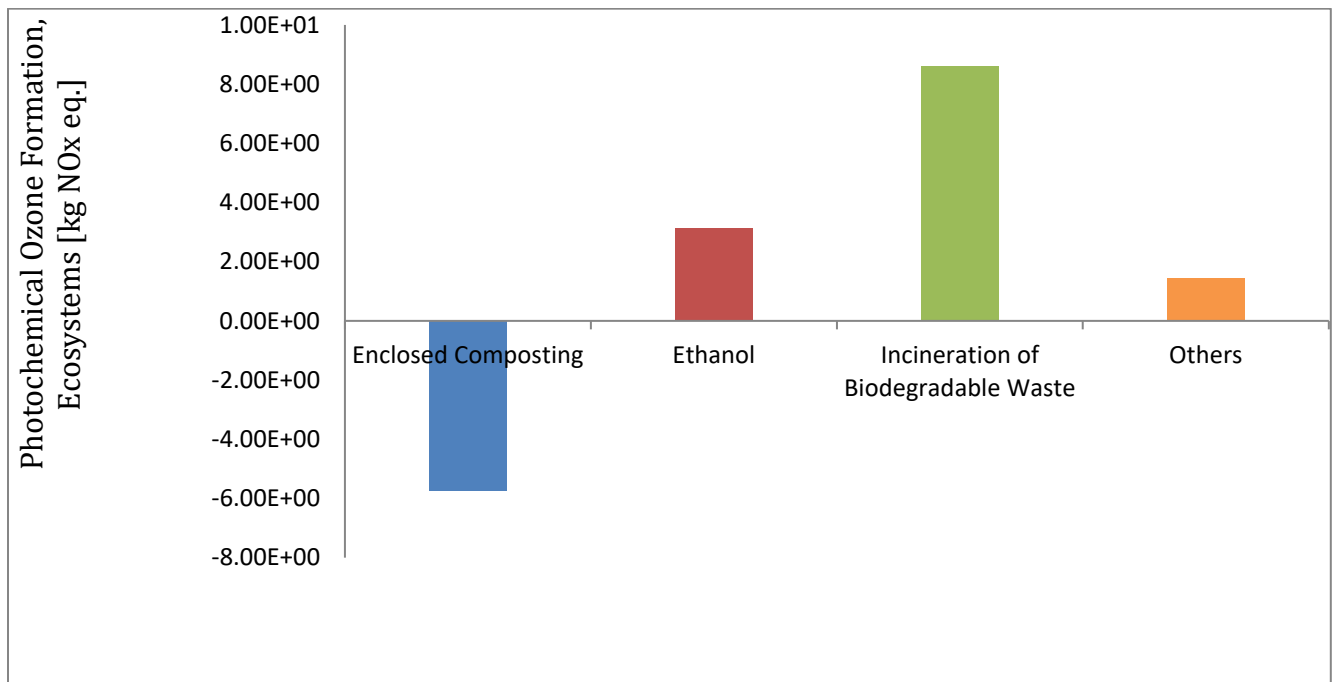
Διάγραμμα 32. Κατηγορία Επίπτωσης Θαλάσσιας Οικοτοξικότητας– Αναλυτικές Διεργασίες



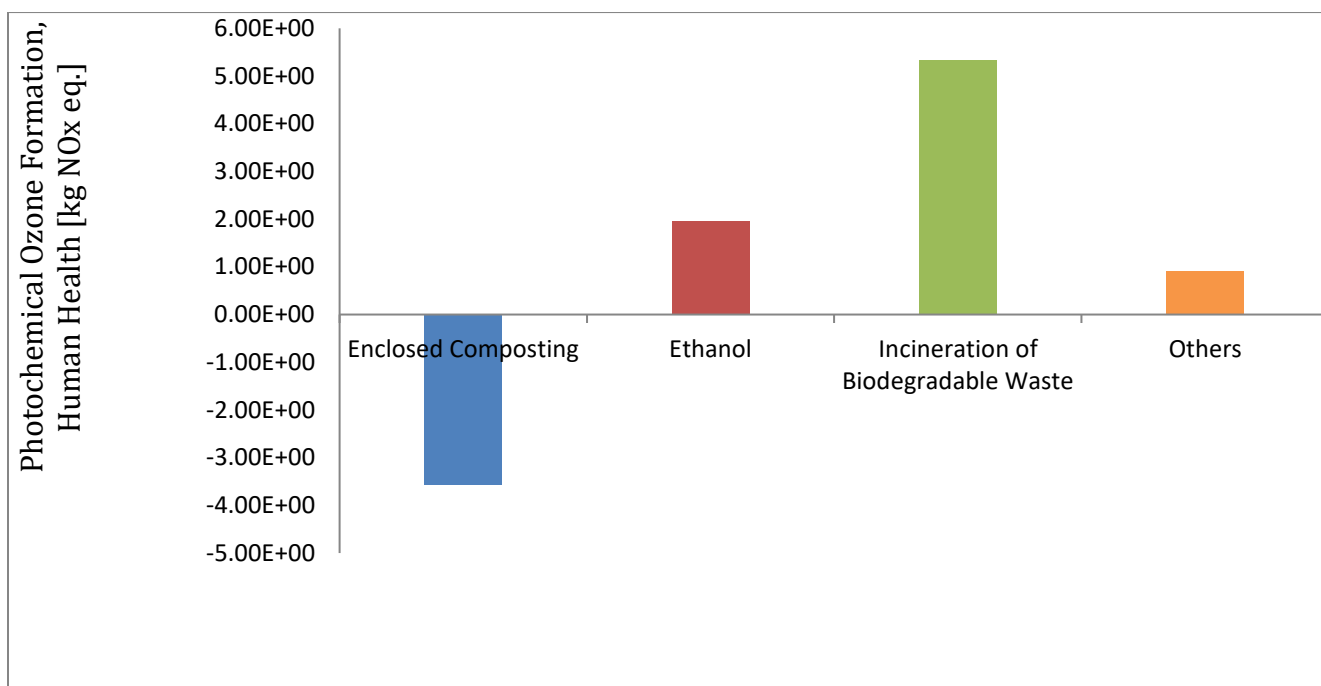
Διάγραμμα 33. Κατηγορία Επίπτωσης Θαλάσσιου Ευτροφισμού– Αναλυτικές Διεργασίες



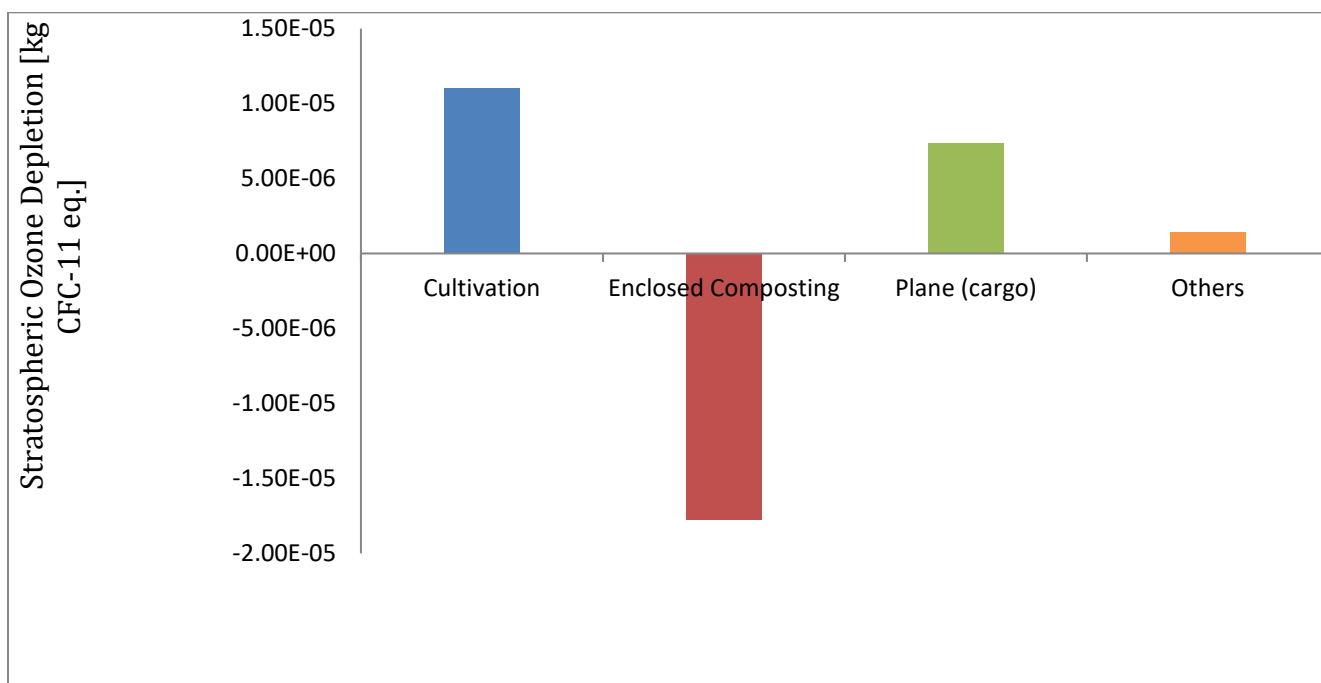
Διάγραμμα 34. Κατηγορία Επίπτωσης Εξάντλησης Μεταλλευμάτων– Αναλυτικές Διεργασίες



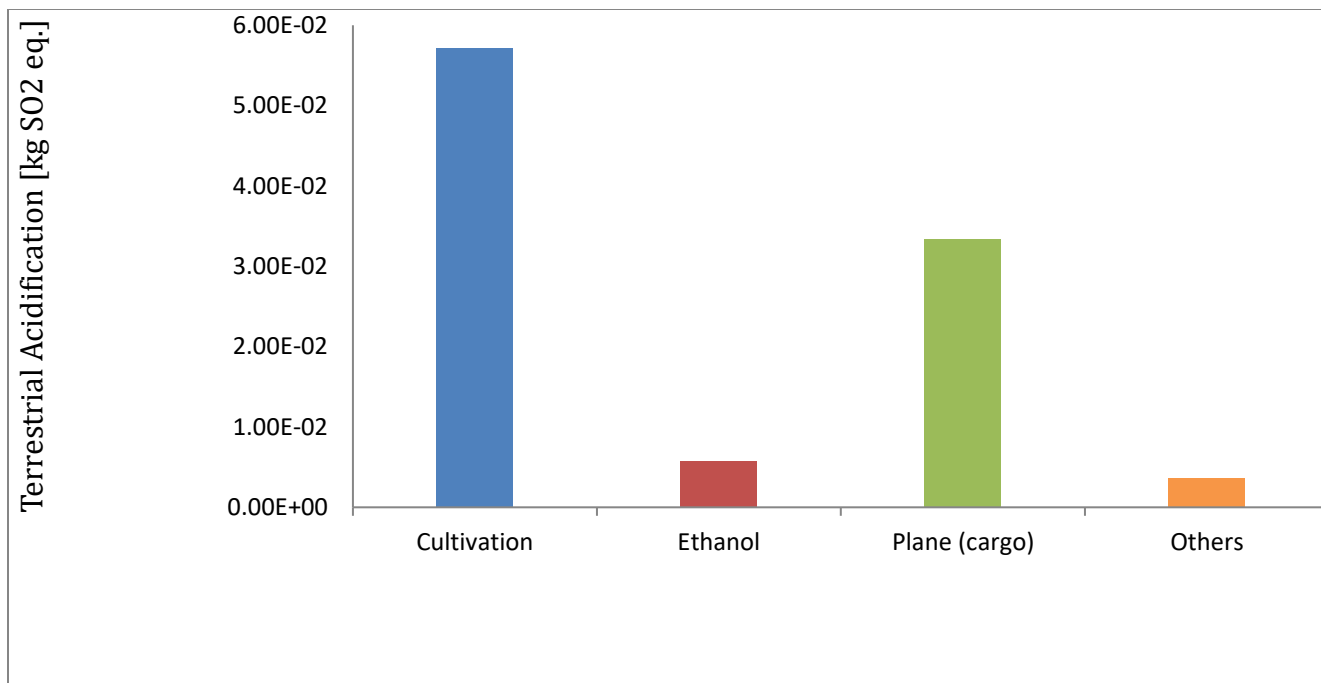
Διάγραμμα 35. Κατηγορία Επίπτωσης Σχηματισμού Φωτοχημικού Όζοντος, για Οικοσυστήματα – Αναλυτικές Διεργασίες



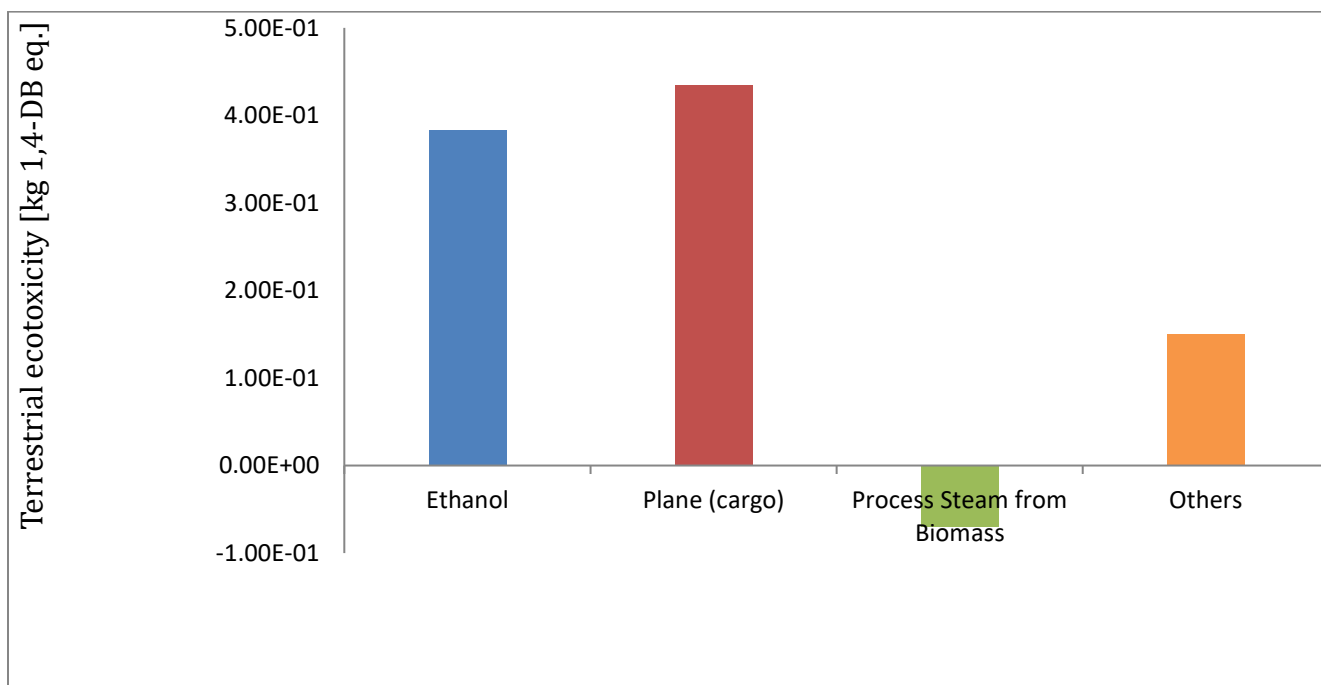
Διάγραμμα 36. Κατηγορία Επίπτωσης Σχηματισμού Φωτοχημικού Όζοντος, για Ανθρώπινη Υγεία– Αναλυτικές Διεργασίες



Διάγραμμα 37. Κατηγορία Επίπτωσης Εξάντλησης Στρατοσφαιρικού Όζοντος– Αναλυτικές Διεργασίες



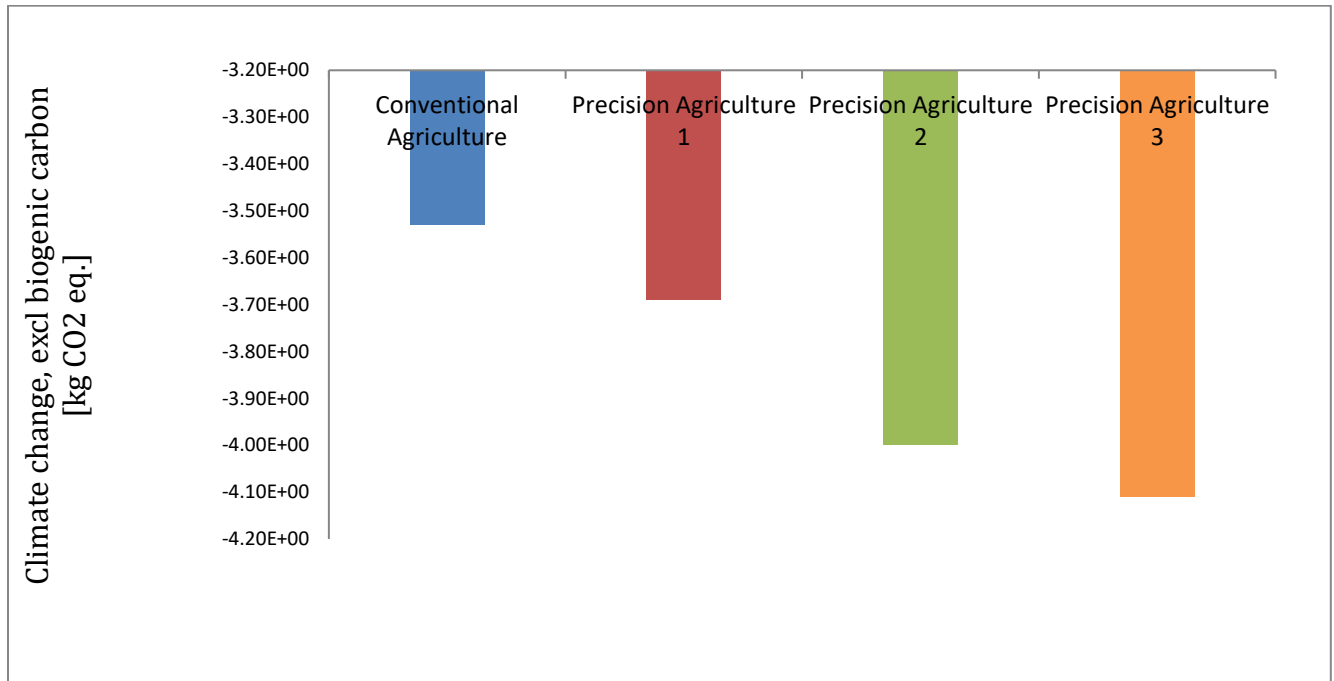
Διάγραμμα 38. Κατηγορία Επίπτωσης Χερσαίας Οξύνισης– Αναλυτικές Διεργασίες



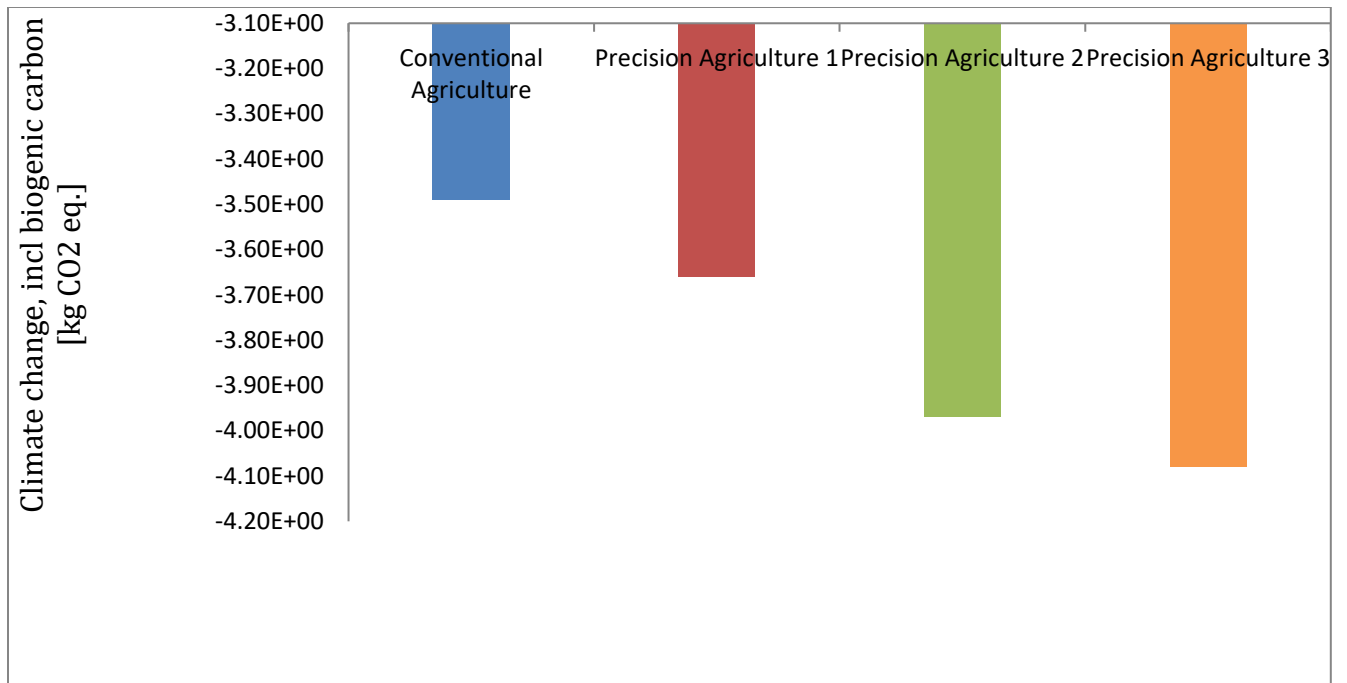
Διάγραμμα 39. Κατηγορία Επίπτωσης Χερσαίας Οικοτοξικότητας– Αναλυτικές Διεργασίες

3.5.3 Αποτελέσματα για την καλλιέργεια και σύγκριση τους με τα σενάρια της γεωργίας ακριβείας

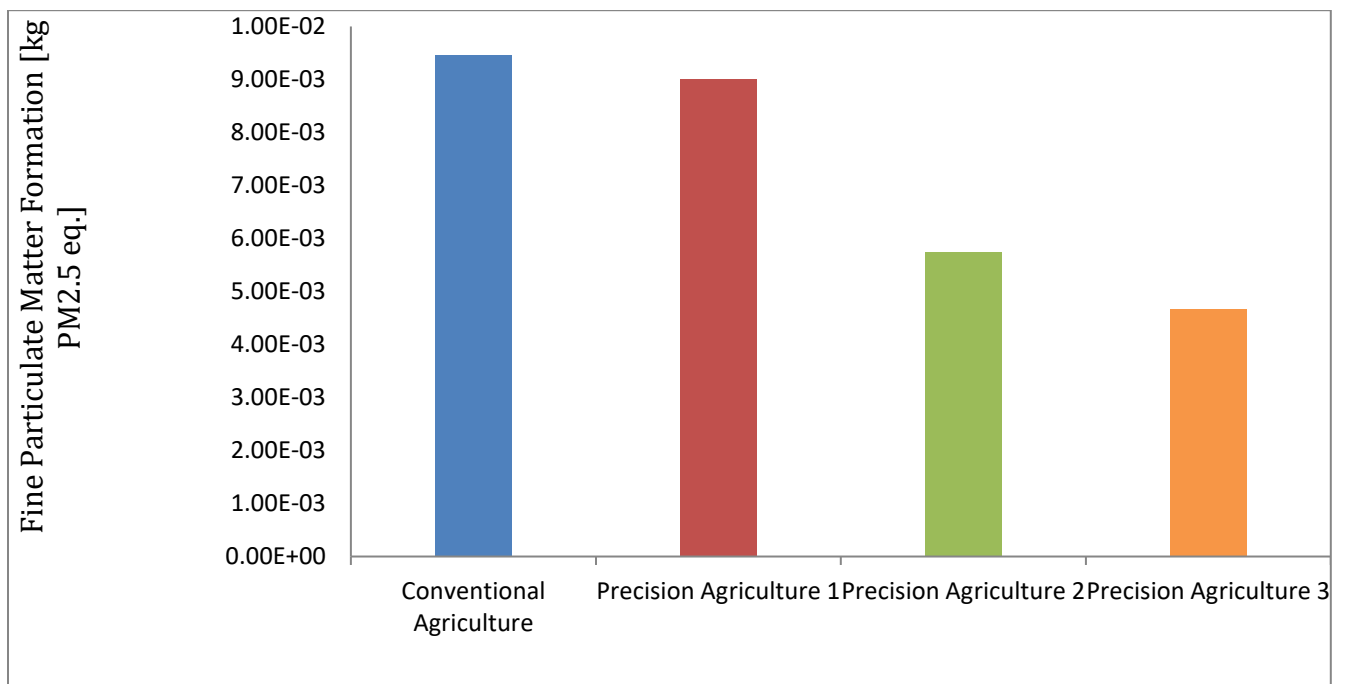
Στο κομμάτι αυτό απομονώθηκε το στάδιο της καλλιέργειας ώστε να παρουσιαστούν οι περιβαλλοντολογικές επιπτώσεις που παρουσιάζει αυτή η διαδικασία. Για να μελετηθούν τα πιθανά οφέλη που παρουσιάζει η γεωργία ακριβείας, στα ίδια διαγράμματα, ταυτόχρονα με της συμβατικής μορφής καλλιέργειας παρουσιάζονται και τα περιβαλλοντικά αποτυπώματα των τριών σεναρίων της γεωργίας ακριβείας, όπου οι εισροές έχουν μεταβληθεί με τους τρόπους που έχουν αναφερθεί.



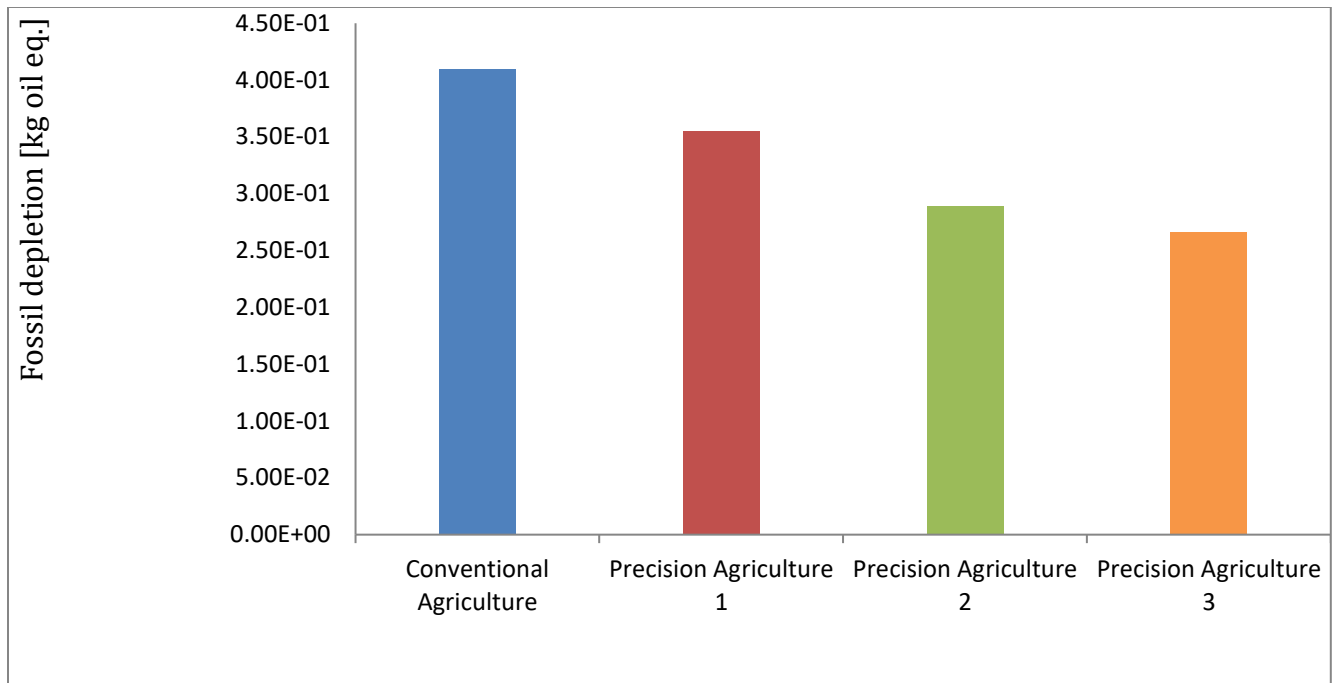
Διάγραμμα 40. Κατηγορία Επίπτωσης Κλιματικής Αλλαγής, χωρίς τον Βιογενή Άνθρακα – Σύγκριση Μεθόδων Καλλιέργειας



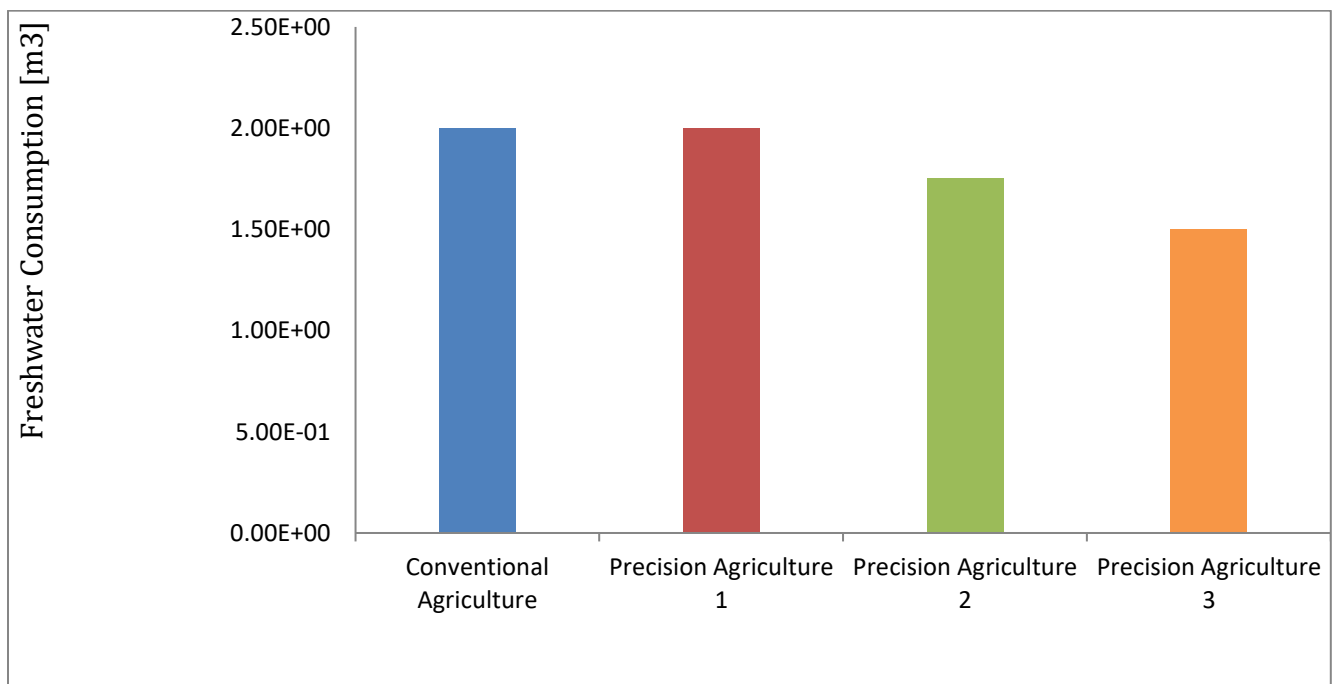
Διάγραμμα 41. Κατηγορία Επίπτωσης Κλιματικής Αλλαγής, με τον Βιογενή Άνθρακα – Σύγκριση Μεθόδων Καλλιέργειας



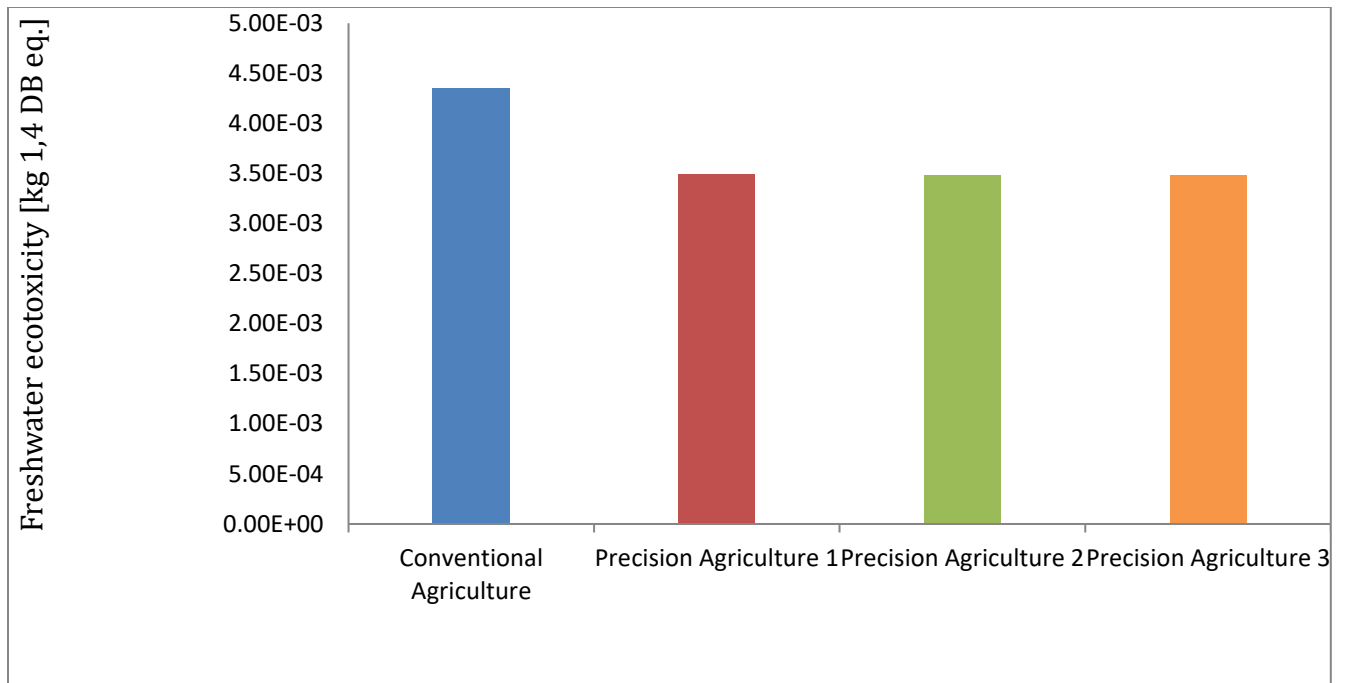
Διάγραμμα 42. Κατηγορία Επίπτωσης Σχηματισμού Λεπτών Σωματιδίων – Σύγκριση Μεθόδων Καλλιέργειας



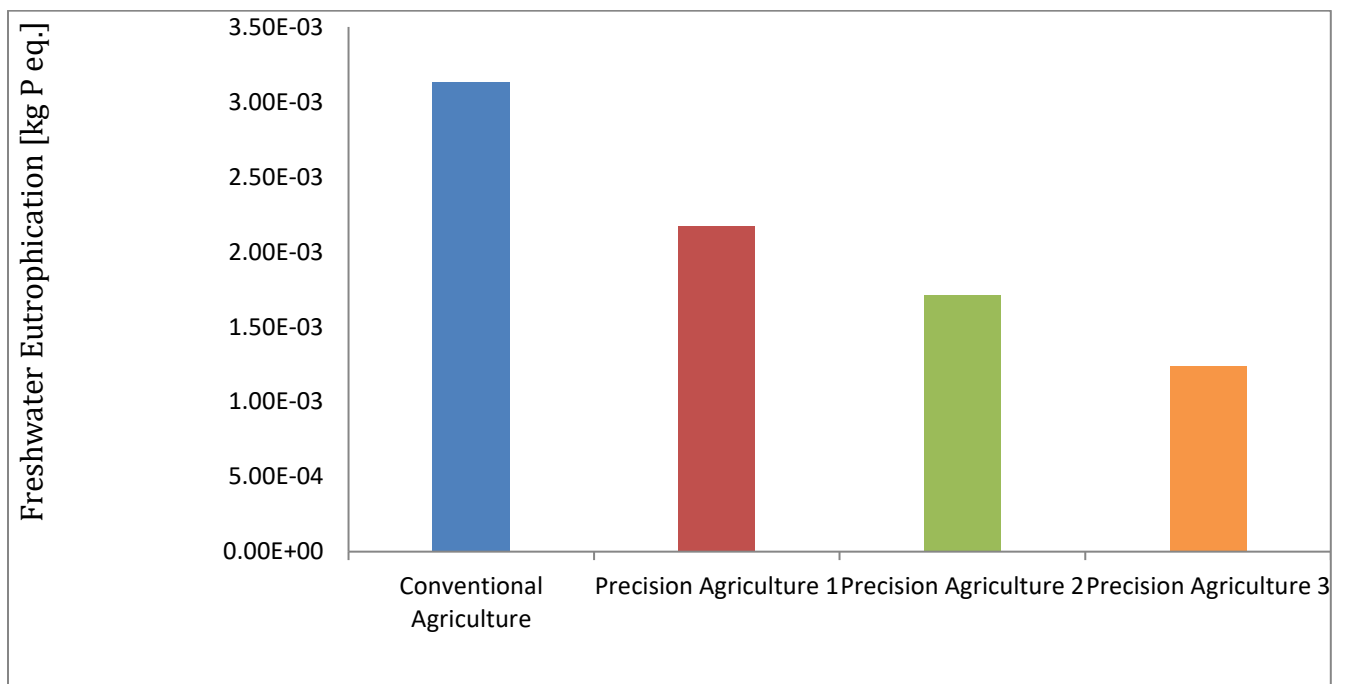
Διάγραμμα 43. Κατηγορία Επίπτωσης Εξάντλησης Ορυκτών Πόρων – Σύγκριση Μεθόδων Καλλιέργειας



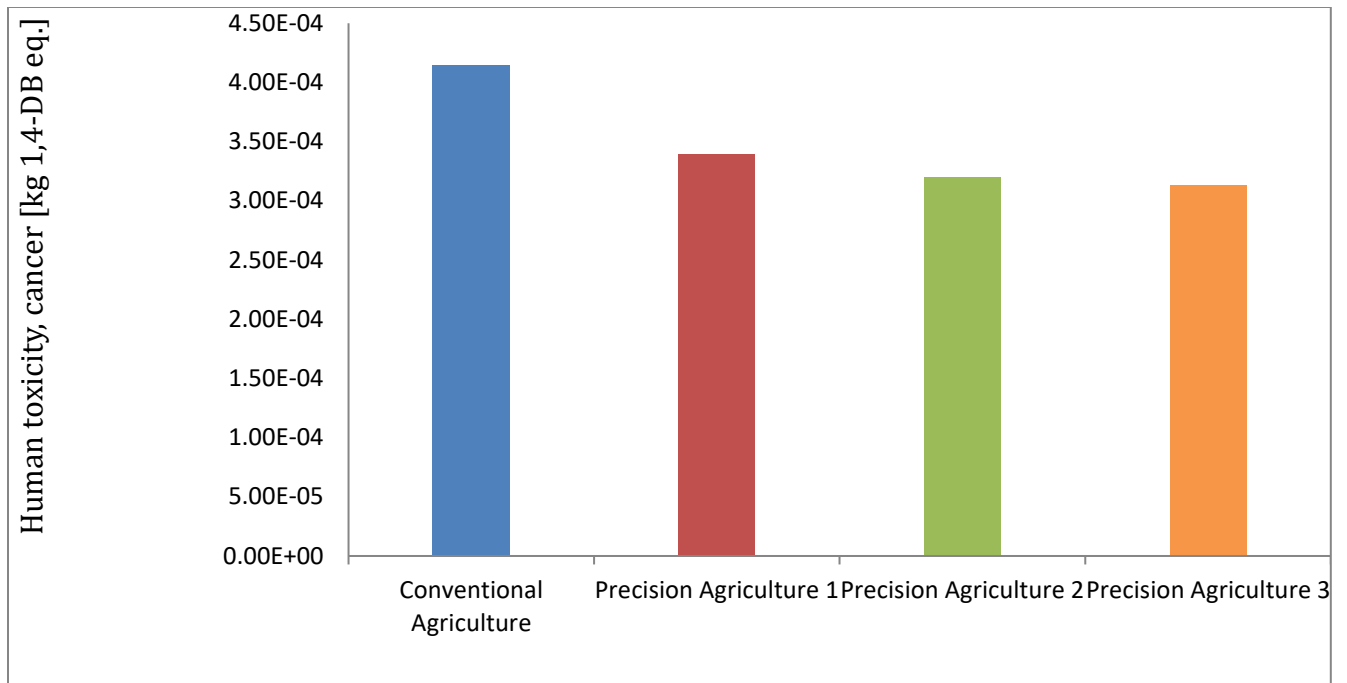
Διάγραμμα 44. Κατηγορία Επίπτωσης Κατανάλωσης Φρέσκου Νερού– Σύγκριση Μεθόδων Καλλιέργειας



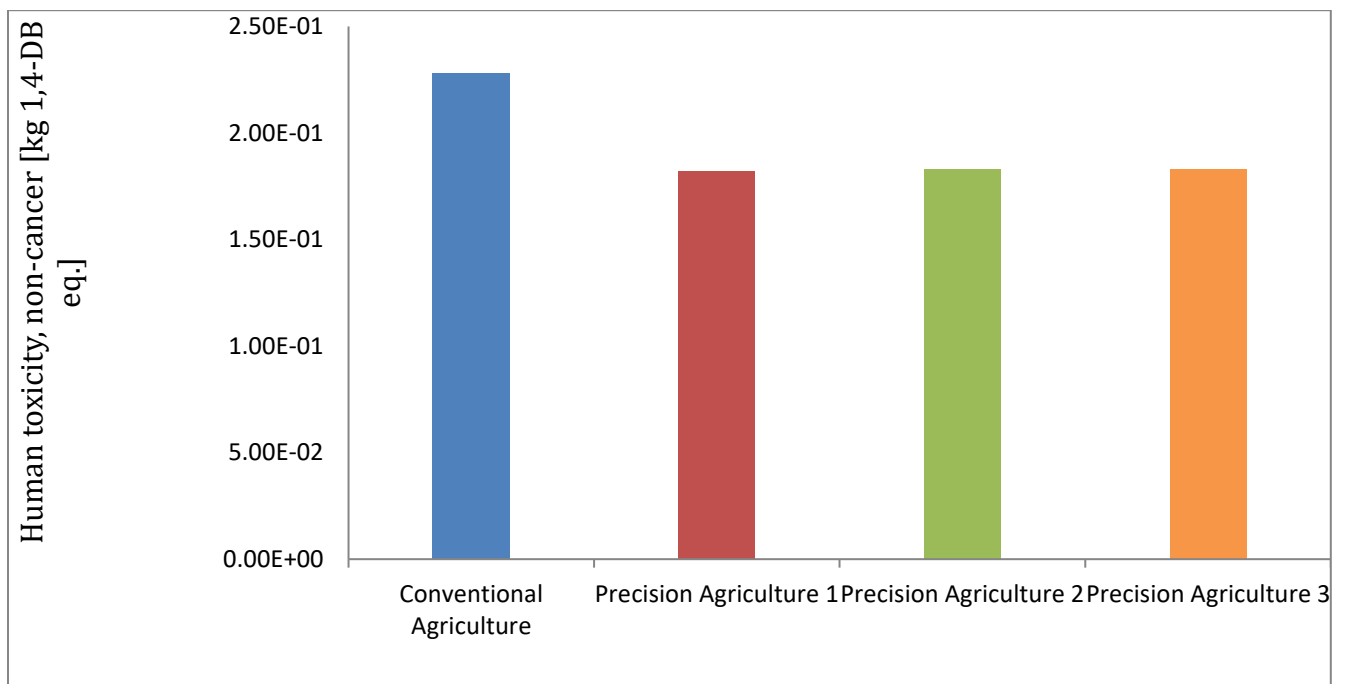
Διάγραμμα 45. Κατηγορία Επίπτωσης Οικολογικότητας Φρέσκου Νερού– Σύγκριση Μεθόδων Καλλιέργειας



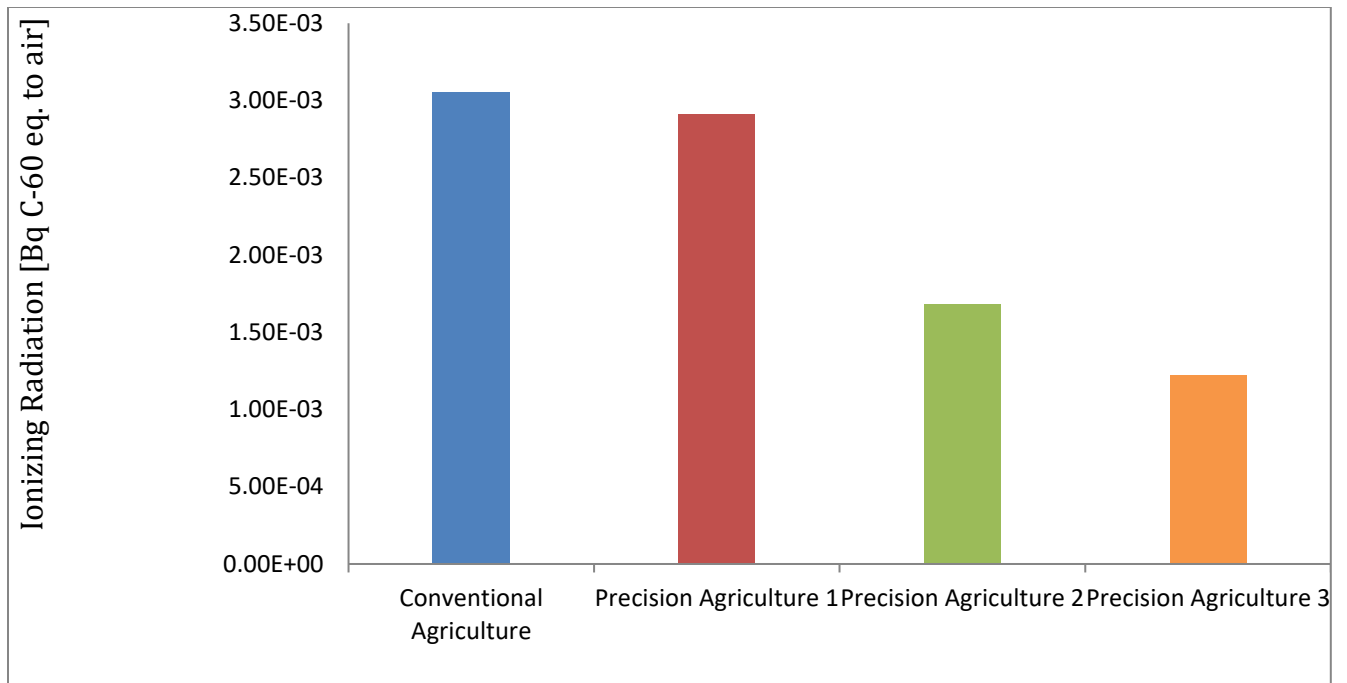
Διάγραμμα 46. Κατηγορία Επίπτωσης Ευτροφισμού Φρέσκου Νερού– Σύγκριση Μεθόδων Καλλιέργειας



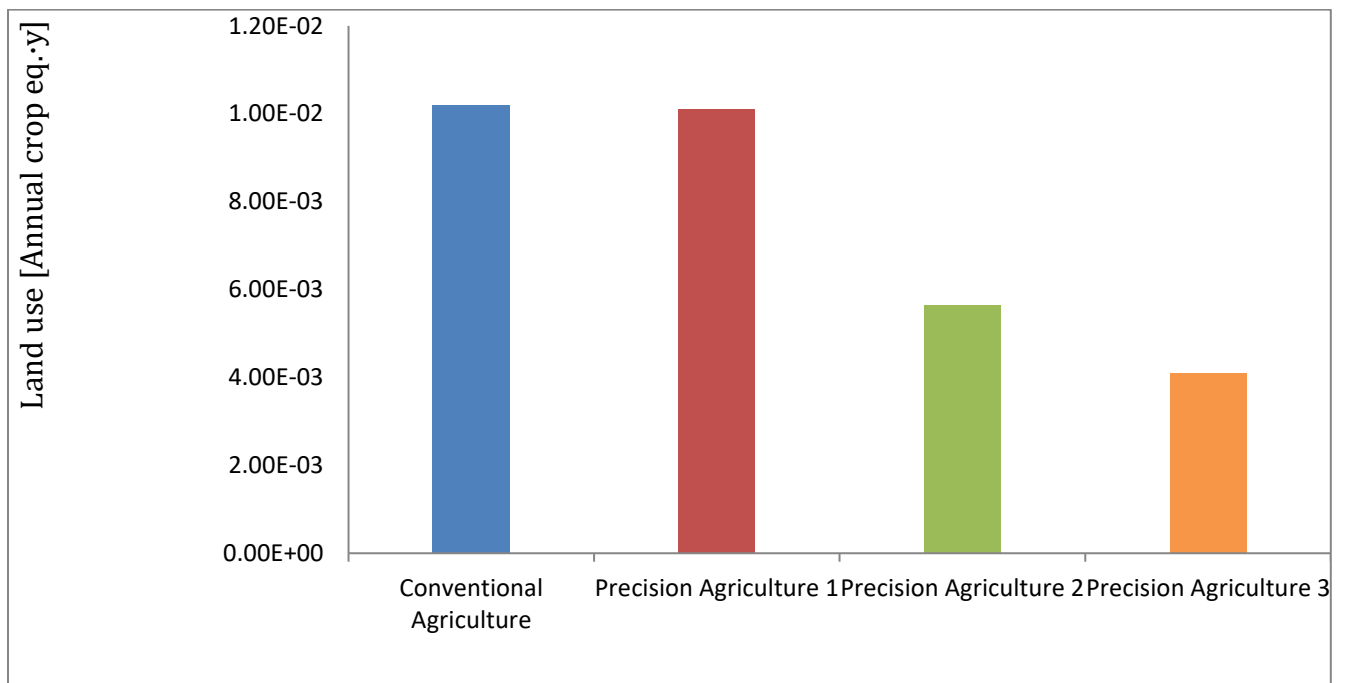
Διάγραμμα 47. Κατηγορία Επίπτωσης Ανθρώπινης Τοξικότητας,Καρκινογενούς– Σύγκριση Μεθόδων Καλλιέργειας



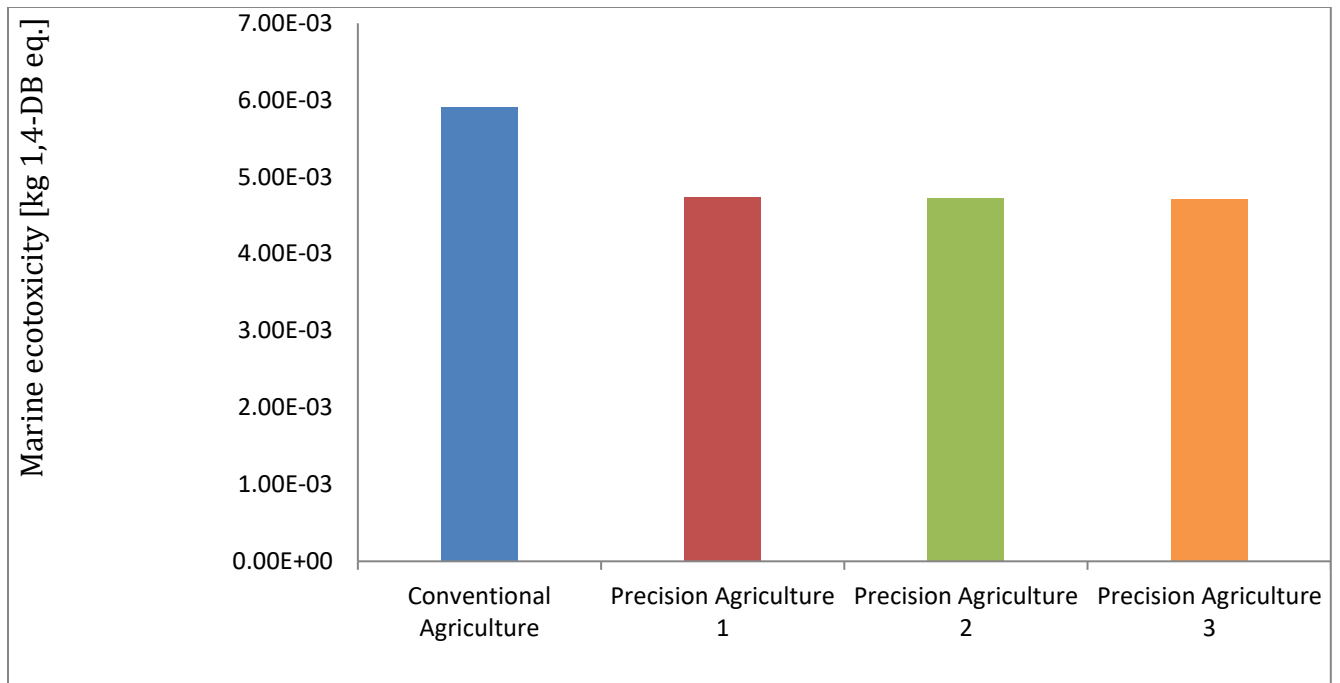
Διάγραμμα 48. Κατηγορία Επίπτωσης Ανθρώπινης Τοξικότητας,μηΚαρκινογενούς– Σύγκριση Μεθόδων Καλλιέργειας



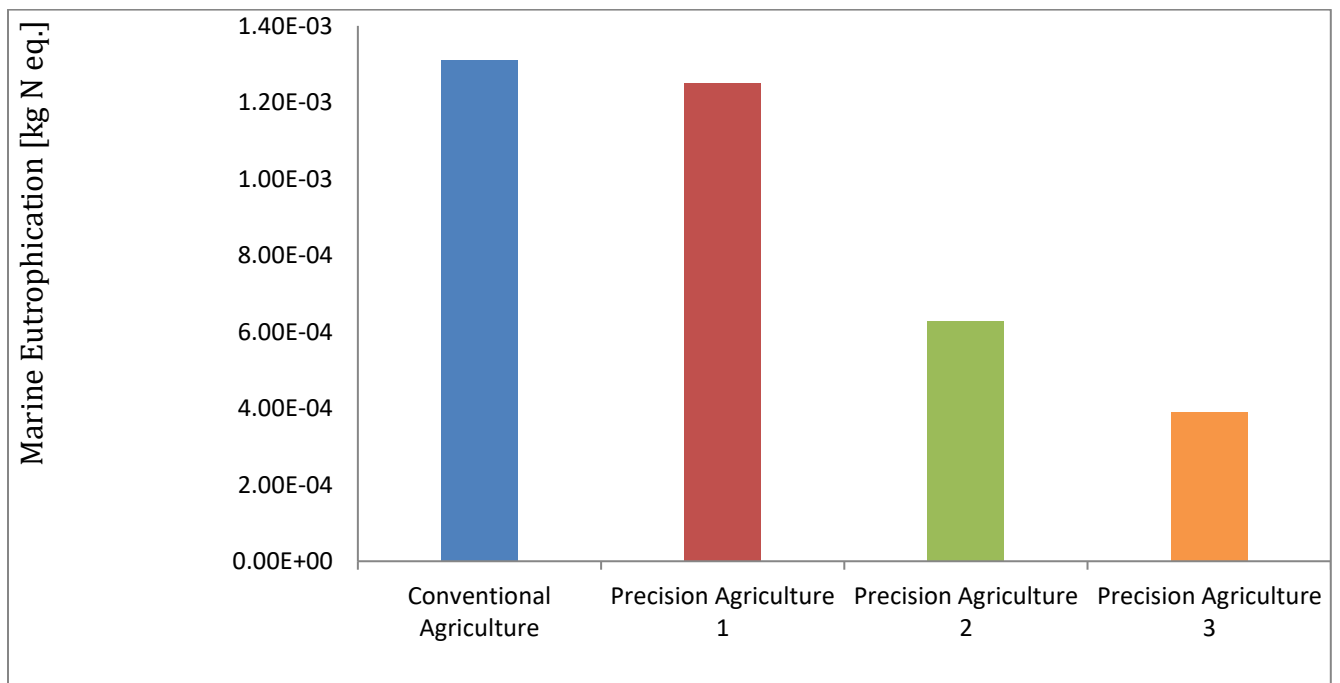
Διάγραμμα 49. Κατηγορία Επίπτωσης Ιονίζουσας Ακτινοβολίας– Σύγκριση Μεθόδων Καλλιέργειας



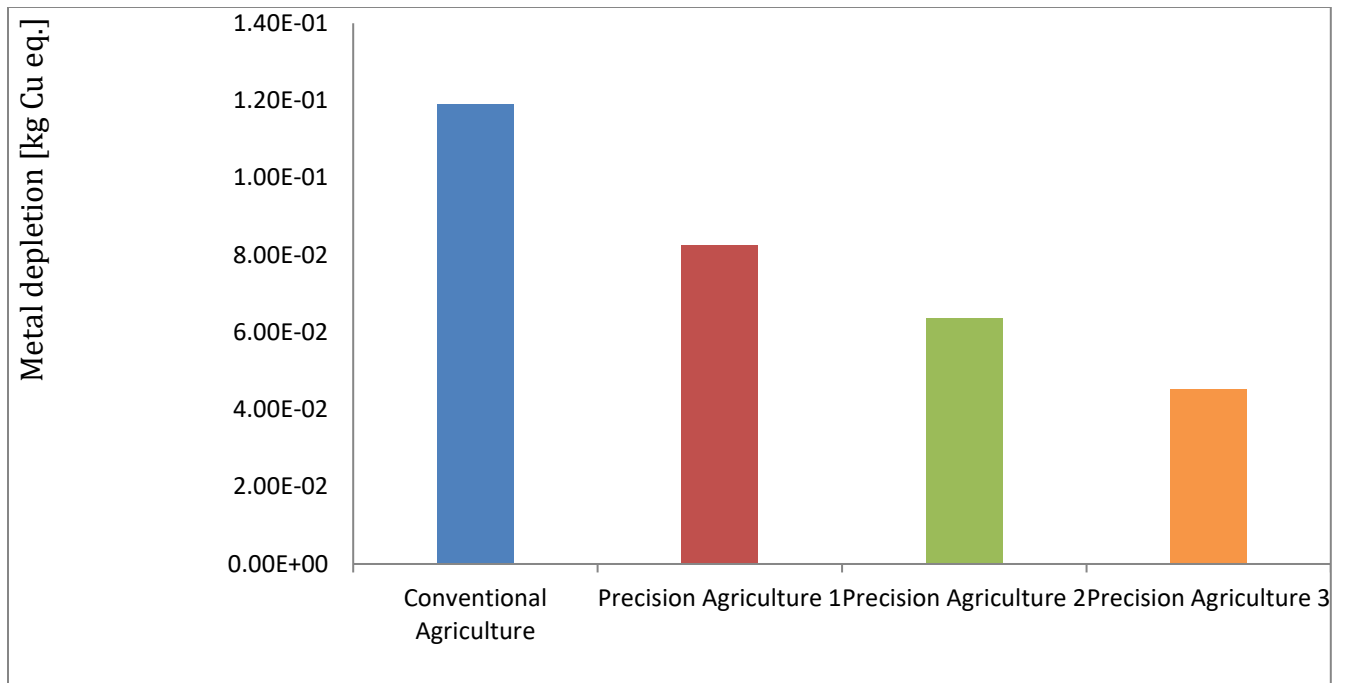
Διάγραμμα 50. Κατηγορία Επίπτωσης Χρήσης Γης– Σύγκριση Μεθόδων Καλλιέργειας



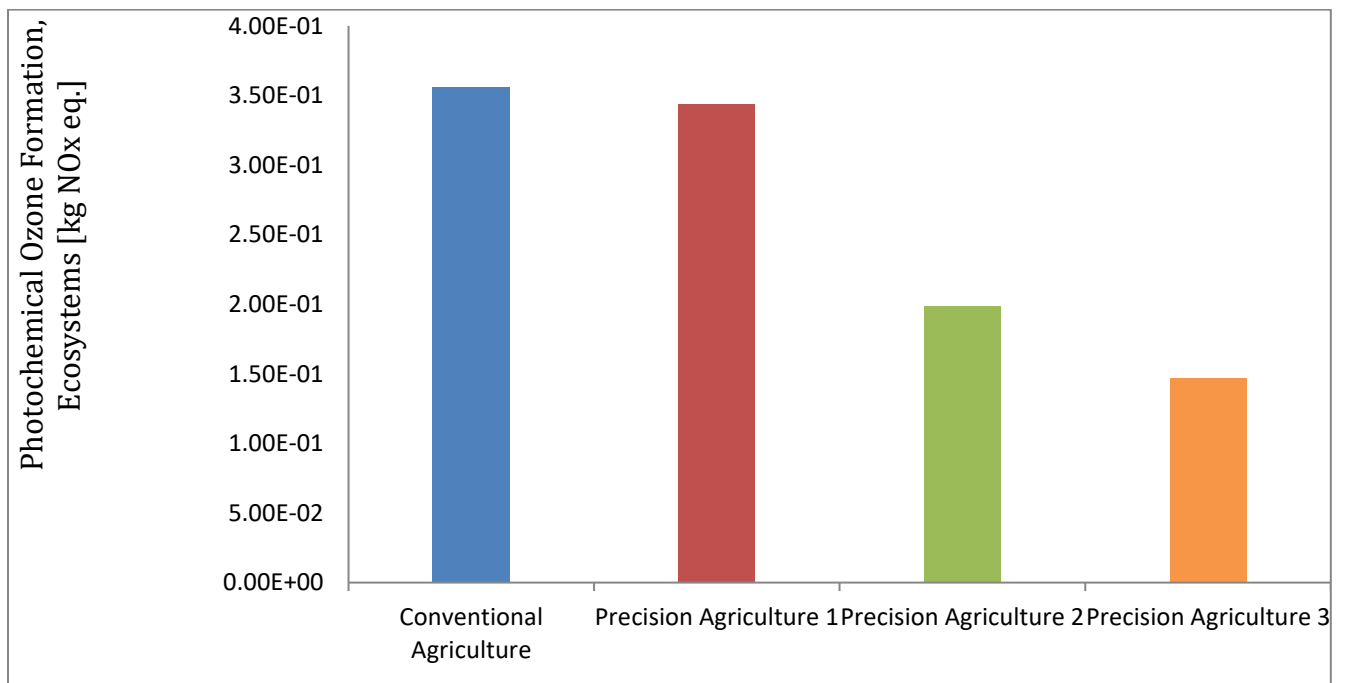
Διάγραμμα 51. Κατηγορία Επίπτωσης Θαλάσσιας Οικοτοξικότητας– Σύγκριση Μεθόδων Καλλιέργειας



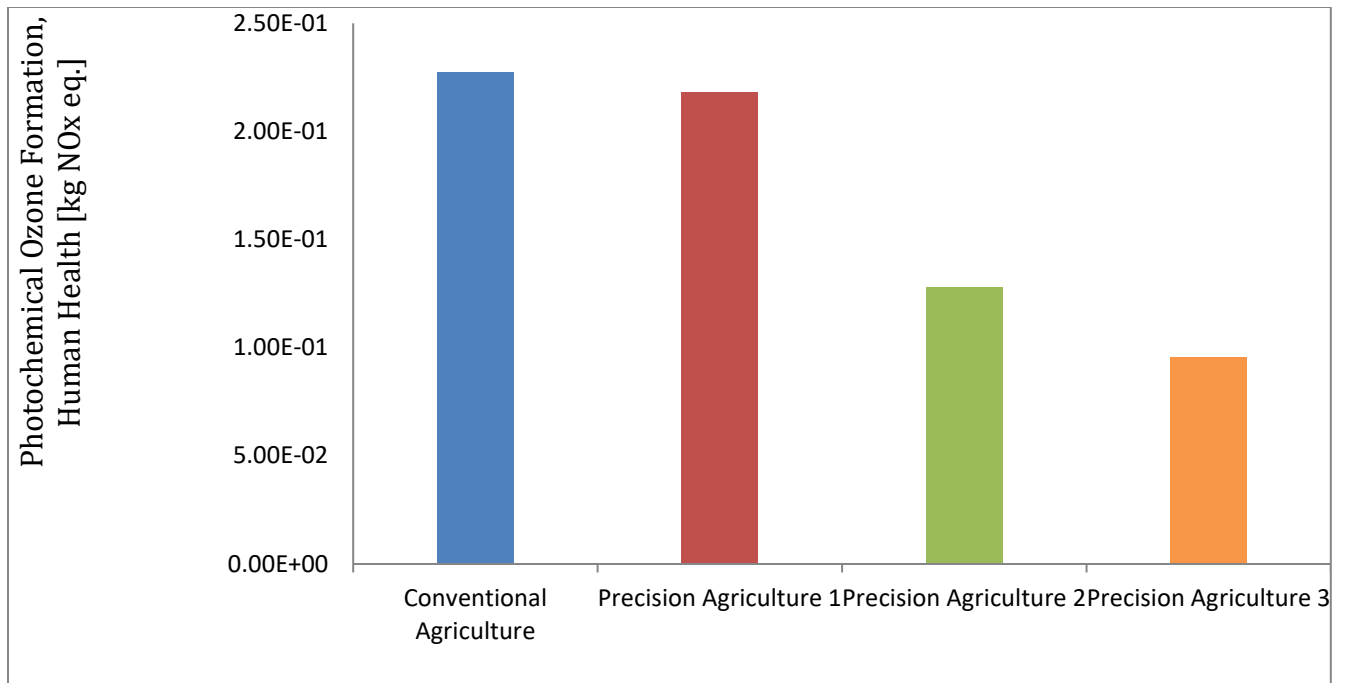
Διάγραμμα 52. Κατηγορία Επίπτωσης Θαλάσσιου Ευτροφισμού– Σύγκριση Μεθόδων Καλλιέργειας



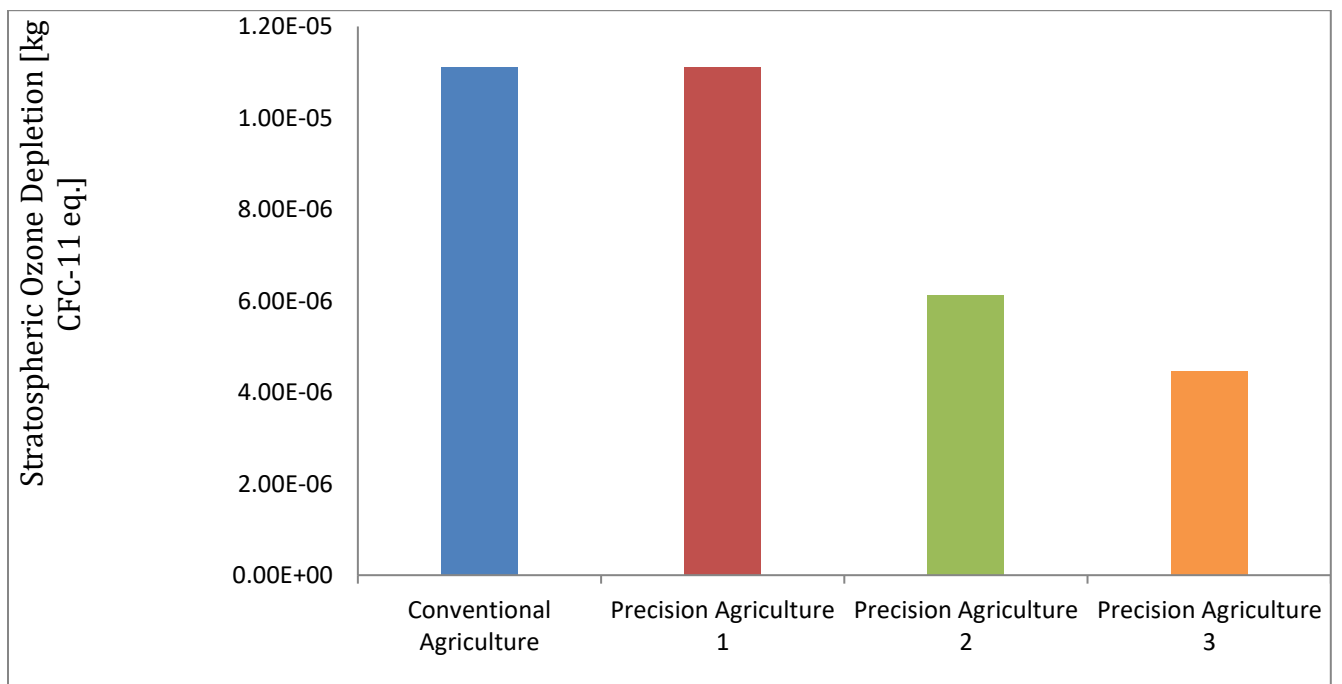
Διάγραμμα 53. Κατηγορία Επίπτωσης Εξάντλησης Μεταλλευμάτων– Σύγκριση Μεθόδων Καλλιέργειας



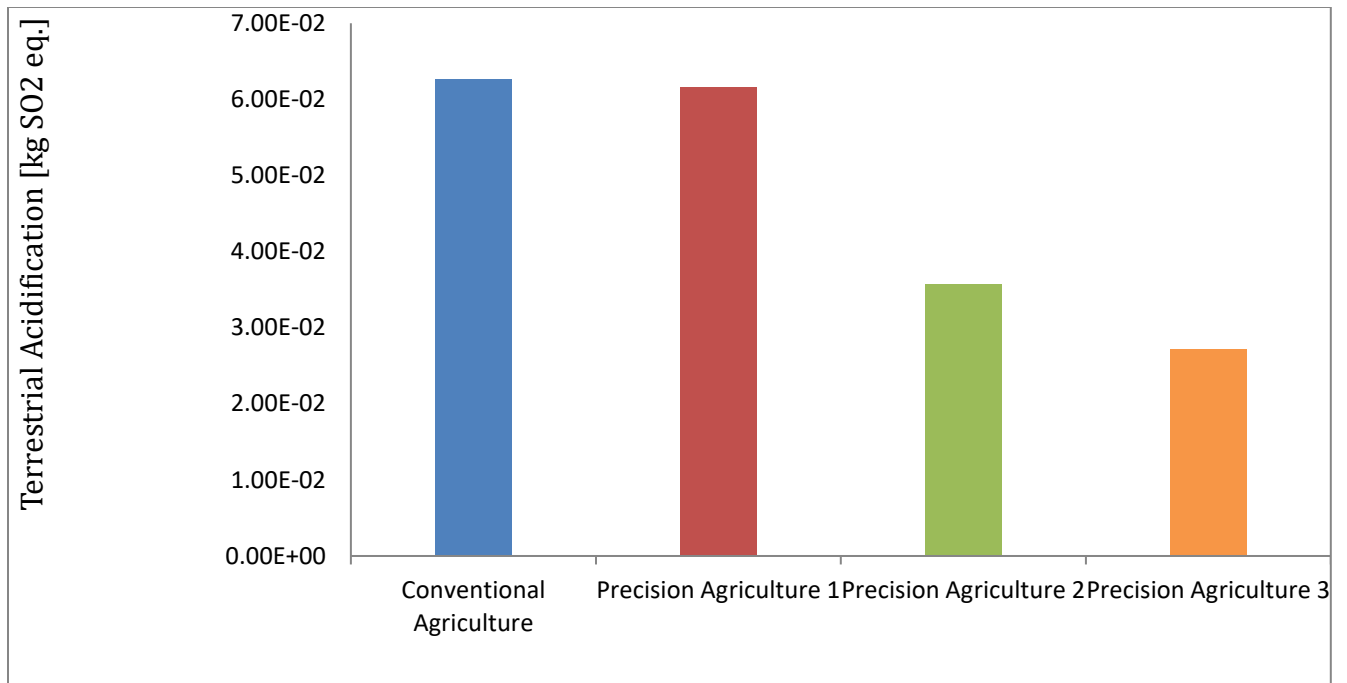
Διάγραμμα 54. Κατηγορία Επίπτωσης Σχηματισμού Φωτοχημικού Οζοντος, για Οικουστήματα– Σύγκριση Μεθόδων Καλλιέργειας



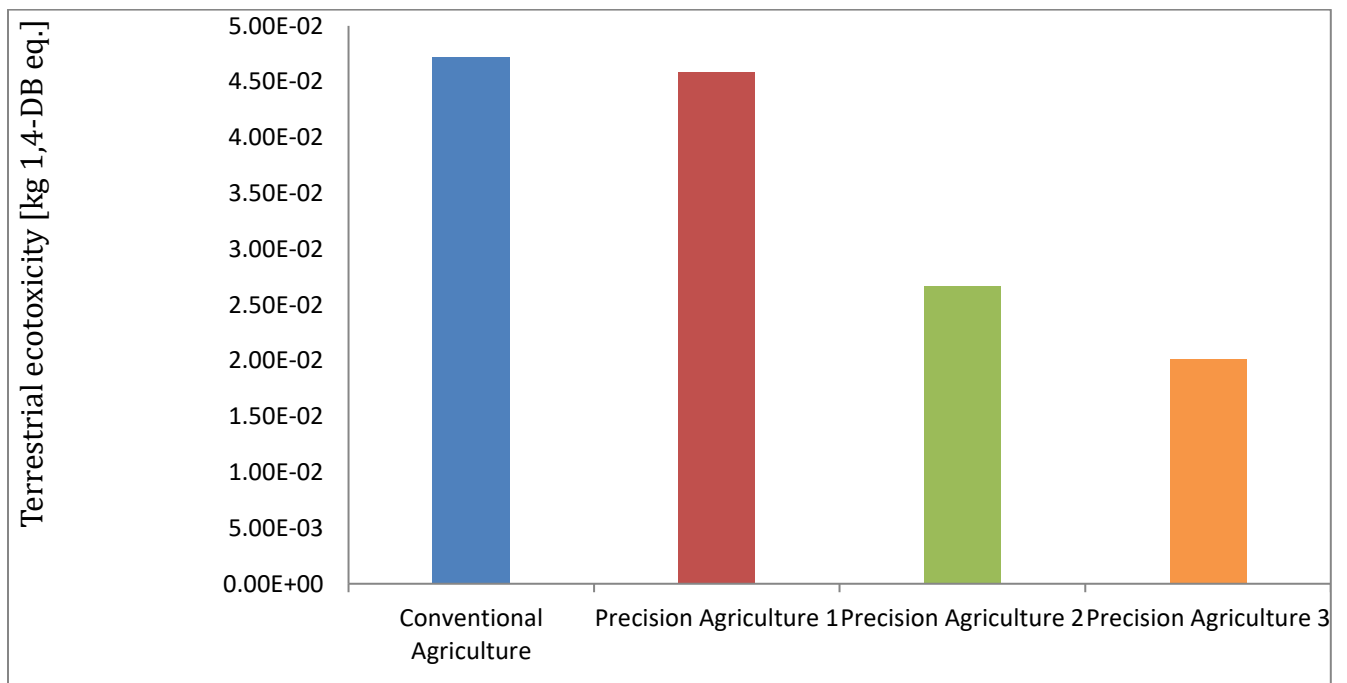
Διάγραμμα 55. Κατηγορία Επίπτωσης Σχηματισμού Φωτοχημικού Όζοντος, για Ανθρώπινη Υγεία– Σύγκριση Μεθόδων Καλλιέργειας



Διάγραμμα 56. Κατηγορία Επίπτωσης Εξάντλησης Στρατοσφαιρικού Όζοντος– Σύγκριση Μεθόδων Καλλιέργειας



Διάγραμμα 57. Κατηγορία Επίπτωσης Χερσαίας Οξύνισης– Σύγκριση Μεθόδων Καλλιέργειας



Διάγραμμα 58. Κατηγορία Επίπτωσης Χερσαίας Οικοτοξικότητας– Σύγκριση Μεθόδων Καλλιέργειας

Πίνακας 16. Παρουσίαση Αριθμητικών Αποτελεσμάτων για τις Διάφορες Μεθόδους Καλλιέργειας (στις Διεργασίες που Διαφέρουν)

Tractor Carving and Spraying				Ammonia				Cultivation				Potassium Chloride				Raw Phosphate			
Conventional	Scenario1	Scenario2	Scenario3	Conventional	Scenario1	Scenario2	Scenario3	Conventional	Scenario1	Scenario2	Scenario3	Conventional	Scenario1	Scenario2	Scenario3	Conventional	Scenario1	Scenario2	Scenario3
2,18E-03	1,75E-03	1,75E-03	1,75E-03	7,37E-05	7,37E-05	4,05E-05	2,95E-05	7,18E-03	7,18E-03	3,95E-03	2,87E-03	4,33E-06	3,03E-06	2,38E-06	1,73E-06	3,50E-06	2,45E-06	1,92E-06	1,40E-06
2,53E-01	2,02E-01	2,02E-01	2,02E-01	1,42E-01	1,42E-01	7,81E-02	5,68E-02					1,02E-02	7,13E-03	5,60E-03	4,07E-03	3,92E-03	2,74E-03	2,16E-03	1,57E-03
				5,88E-04	5,88E-04	3,23E-04	2,35E-04	2,00E+00	2,00E+00	1,75E+00	1,50E+00	2,68E-05	1,88E-05	1,48E-05	1,07E-05	3,69E-05	2,58E-05	2,03E-05	1,48E-05
4,33E-03	3,46E-03	3,46E-03	3,46E-03	1,49E-05	1,49E-05	8,21E-06	5,97E-06					4,42E-07	3,10E-07	2,43E-07	1,77E-07	4,36E-07	3,05E-07	2,40E-07	1,74E-07
				7,12E-07	7,12E-07	3,91E-07	2,85E-07	3,13E-03	2,17E-03	1,71E-03	1,24E-03	1,04E-08	7,30E-09	5,74E-09	4,17E-09	1,20E-08	8,37E-09	6,58E-09	4,78E-09
3,68E-04	2,94E-04	2,94E-04	2,94E-04	4,07E-05	4,07E-05	2,24E-05	1,63E-05					2,99E-06	2,10E-06	1,65E-06	1,20E-06	1,78E-06	1,25E-06	9,80E-07	7,12E-07
2,29E-01	1,83E-01	1,83E-01	1,83E-01	-1,88E-03	-1,88E-03	-1,03E-03	-7,52E-04					1,11E-04	7,80E-05	6,13E-05	4,46E-05	3,32E-05	2,32E-05	1,82E-05	1,33E-05
				2,57E-03	2,57E-03	1,42E-03	1,03E-03					1,92E-04	1,34E-04	1,06E-04	7,68E-05	2,83E-04	1,98E-04	1,55E-04	1,13E-04
				9,79E-03	9,79E-03	5,38E-03	3,92E-03					2,08E-04	1,46E-04	1,15E-04	8,33E-05	2,51E-04	1,76E-04	1,38E-04	1,00E-04
5,84E-03	4,67E-03	4,67E-03	4,67E-03	4,62E-05	4,62E-05	2,54E-05	1,85E-05					1,72E-06	1,20E-06	9,46E-07	6,88E-07	1,37E-06	9,57E-07	7,52E-07	5,47E-07
3,94E-06	3,15E-06	3,15E-06	3,15E-06	4,01E-06	4,01E-06	2,21E-06	1,60E-06	1,30E-03	1,25E-03	6,22E-04	3,85E-04	9,60E-08	6,72E-08	5,28E-08	3,84E-08	9,67E-08	6,77E-08	5,32E-08	3,87E-08
1,25E-02	7,50E-03	5,00E-03	2,50E-03	8,00E-04	8,00E-04	4,40E-04	3,20E-04					1,49E-03	1,04E-03	8,20E-04	5,96E-04	1,04E-01	7,30E-02	5,74E-02	4,17E-02
1,19E-02	9,48E-03	9,48E-03	9,48E-03	3,09E-01	3,09E-01	1,70E-01	1,23E-01	2,97E-03	2,97E-03	1,63E-03	1,19E-03	1,85E-02	1,29E-02	1,02E-02	7,38E-03	1,45E-02	1,02E-02	7,99E-03	5,81E-03
1,17E-02	9,37E-03	9,37E-03	9,37E-03	1,92E-01	1,92E-01	1,05E-01	7,66E-02	2,97E-03	2,97E-03	1,63E-03	1,19E-03	1,15E-02	8,02E-03	6,30E-03	4,58E-03	9,02E-03	6,31E-03	4,96E-03	3,61E-03
6,50E-09	5,20E-09	5,20E-09	5,20E-09	8,95E-08	8,95E-08	4,92E-08	3,58E-08	1,10E-05	1,10E-05	6,05E-06	4,40E-06	1,21E-08	8,48E-09	6,66E-09	4,85E-09	2,03E-09	1,42E-09	1,11E-09	8,10E-10
5,16E-03	4,13E-03	4,13E-03	4,13E-03	2,34E-04	2,34E-04	1,29E-04	9,36E-05	5,71E-02	5,71E-02	3,14E-02	2,29E-02	1,27E-05	8,88E-06	6,98E-06	5,08E-06	1,09E-05	7,64E-06	6,00E-06	4,37E-06
3,16E-03	2,53E-03	2,53E-03	2,53E-03	4,16E-02	4,16E-02	2,29E-02	1,66E-02					1,21E-03	8,50E-04	6,68E-04	4,86E-04	1,23E-03	8,58E-04	6,74E-04	4,90E-04

Πίνακας 17. Αποτελέσματα Επιπτώσεων Κατηγοριών Τελικού Σημείου για Συμβατική Καλλιέργεια

Damage to Human Health [DALY]	4,13077E-06
Damage to Ecosystems [species,yr]	6,87455E-08
Damage to resource availability [\$]	0,1861

Πίνακας 18. Αποτελέσματα Επιπτώσεων Κατηγοριών Τελικού Σημείου για Σενάριο 1 Γεωργίας Ακριβείας

Damage to Human Health [DALY]	3,53281E-06
Damage to Ecosystems [species,yr]	6,53769E-08
Damage to resource availability [\$]	0,152972

Πίνακας 19. Αποτελέσματα Επιπτώσεων Κατηγοριών Τελικού Σημείου για Σενάριο 2 Γεωργίας Ακριβείας

Damage to Human Health [DALY]	2,69852E-07
Damage to Ecosystems [species,yr]	3,57052E-08
Damage to resource availability [\$]	0,129149

Πίνακας 20. Αποτελέσματα Επιπτώσεων Κατηγοριών Τελικού Σημείου για Σενάριο 3 Γεωργίας Ακριβείας

Damage to Human Health [DALY]	-1,20683E-06
Damage to Ecosystems [species,yr]	2,2967E-08
Damage to resource availability [\$]	0,117673

3.6 Ερμηνεία Αποτελεσμάτων

3.6.1 Ερμηνεία αποτελεσμάτων παραγωγής στέβιας-Κύριες διεργασίες

Στο στάδιο αυτό, οι διεργασίες που μελετώνται, είναι η καλλιέργεια, η εκχύλιση και οι διεργασίες μετά την συγκομιδή. Οι διεργασίες αυτές αποτελούν τα κύρια τμήματα της παραγωγικής διαδικασίας.

Στις κατηγορίες που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή, όταν δεν περιλαμβάνεται οβιογενής άνθρακας παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο αποτύπωμα κατέχει η διαδικασία της εκχύλισης, ενώ το δεύτερο μεγαλύτερο αποτύπωμα έχουν οι διεργασίες μετά την συγκομιδή και είναι ίσο με το 18% του αποτυπώματος της εκχύλισης. Η διεργασία της καλλιέργειας έχει αρνητικό αποτύπωμα το οποίο είναι ίσο κατά απόλυτη τιμή με το 16% του αποτυπώματος της εκχύλισης.

Η εικόνα αυτή αλλάζει σημαντικά όταν εισέρχεται στις μετρήσεις και ο βιογενής άνθρακας, καθώς μεγαλώνει το αποτύπωμα των διεργασιών μετά την συγκομιδή. Το μεγαλύτερο αποτύπωμα παραμένει αυτό της εκχύλισης και το αποτύπωμα της καλλιέργειας είναι ίσο κατά απόλυτη τιμή με το 32% αυτού της εκχύλισης, ενώ το αποτύπωμα των διεργασιών μετά την συγκομιδή είναι ίσο με το 94% αυτού της εκχύλισης.

Στην κατηγορία του σχηματισμού λεπτών σωματιδίων, όπου η μονάδα είναι τα κιλά σωματιδίων που απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα, με διάμετρο 2.5 χιλιοστά ή μικρότερη, η εκχύλιση έχει το μεγαλύτερο αποτύπωμα, ακολουθούμενη από το αποτύπωμα της καλλιέργειας που είναι ίσο με το 80% του αποτυπώματος της εκχύλισης, ενώ οι διεργασίες μετά την συγκομιδή, παρουσιάζουν ένα αποτύπωμα ίσο με το 35% του αποτυπώματος της εκχύλισης.

Στην κατηγορία της εξάντλησης των ορυκτών πόρων, η οποία μετράται σε κιλά ισοδύναμου καταναλισκόμενου αργού πετρελαίου, παρατηρείται ότι το αποτύπωμα της εκχύλισης είναι το μεγαλύτερο, με αυτό των διεργασιών μετά την συγκομιδή να είναι ίσο με το 9,7% αυτού της εκχύλισης και αυτό της καλλιέργειας να είναι ίσο με το 4,3% αυτού της εκχύλισης.

Στην κατηγορία κατανάλωσης φρέσκου νερού, το μεγαλύτερο αποτύπωμα αποδίδεται στην διεργασία της καλλιέργειας, με τα αποτυπώματα της εκχύλισης και των διεργασιών μετά την συγκομιδή, να είναι ίσα με το 4% και το 2,5% αντίστοιχα του αποτυπώματος της καλλιέργειας.

Ακολουθεί η κατηγορία της οικοτοξικότητας στο φρέσκο νερό όπου το μεγαλύτερο αποτύπωμα έχει η διεργασία της εκχύλισης και ακολουθεί η καλλιέργεια με ένα αποτύπωμα ίσο με το 97% του αποτυπώματος της εκχύλισης, με τις διεργασίες μμετά την συγκομιδή να έχουν αποτύπωμα ίσο με το 1,8% του αποτυπώματος της εκχύλισης.

Στον ευτροφισμό του φρέσκου νερού, το μεγαλύτερο αποτύπωμα έχει η καλλιέργεια και η εκχύλιση έχει το αμέσως μεγαλύτερο αποτύπωμα το οποίο είναι ίσο με το 2,5% αυτού της καλλιέργειας. Οι διεργασίες μετά την συγκομιδή φαίνεται να έχουν ένα ελαφρώς αρνητικό αποτύπωμα, ίσο κατά απόλυτη τιμή με το 0,89% του αποτυπώματος της καλλιέργειας.

Στις κατηγορίες που μελετούν την τοξικότητα προς τον άνθρωπο, είτε είναι καρκινογενής ή μη, παρατηρείται ότι η διαδικασία της εκχύλισης έχει το μεγαλύτερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα, ενώ το δεύτερο μεγαλύτερο ανήκει στην διεργασία της καλλιέργειας και είναι ίσο με το 3,9% του αποτυπώματος της εκχύλισης και με το 16% του αποτυπώματος της εκχύλισης, αντίστοιχα για κάθε κατηγορία. Οι διεργασίες μετά την συγκομιδή, στην κατηγορία που αφορά της καρκινογενή τοξικότητα, παρουσιάζουν ελαφρώς αρνητικό αποτύπωμα και είναι ίσο κατά απόλυτη τιμή με το 6,7% του αποτυπώματος της εκχύλισης, ενώ στην μη καρκινογενή τοξικότητα, έχουν το μικρότερο θετικό αποτύπωμα από τις 3 διεργασίες και είναι ίσο με το 6,9% του αποτυπώματος της εκχύλισης.

Η εκχύλιση έχει το μεγαλύτερο αποτύπωμα και στην κατηγορία της ιονίζουσας ακτινοβολίας, με τις διεργασίες μετά την συγκομιδή να έχουν αποτύπωμα ίσο με το 11% αυτού της εκχύλισης. Η διεργασία της καλλιέργειας έχει αποτύπωμα ίσο με το 3,6% του αποτυπώματος της εκχύλισης.

Στην κατηγορία χρήσης γης, το μεγαλύτερο θετικό αποτύπωμα παρατηρείται στην διεργασία της εκχύλισης, το οποίο είναι 4 φορές μεγαλύτερο από αυτό της καλλιέργειας. Το σημαντικότερο όμως αποτύπωμα στην συγκεκριμένη κατηγορία, είναι των διεργασιών μετά την συγκομιδή, καθώς παρόλο που είναι αρνητικό, είναι κατά απόλυτη τιμή 2,8 φορές μεγαλύτερο αυτού της εκχύλισης και 126 φορές μεγαλύτερο αυτού της καλλιέργειας.

Στην κατηγορία της θαλάσσιας οικοτοξικότητας, παρατηρείται ότι η εκχύλιση έχει το μεγαλύτερο αποτύπωμα και η καλλιέργεια το δεύτερο μεγαλύτερο, το οποίο είναι ίσο με το 45% του αποτυπώματος της καλλιέργειας. Οι διεργασίες μετά την συγκομιδή έχουν το μικρότερο αποτύπωμα, το οποίο είναι ίσο με το 10% του αποτυπώματος της εκχύλισης.

Για την κατηγορία του θαλάσσιου ευτροφισμού, φαίνεται ότι η διεργασία της καλλιέργειας έχει το μεγαλύτερο αποτύπωμα, το οποίο είναι 8,7 φορές μεγαλύτερο από αυτό της εκχύλισης. Οι διεργασίες μετά την συγκομιδή έχουν αρνητικό αποτύπωμα, ίσο κατά απόλυτη τιμή με το 17% του αποτυπώματος της καλλιέργειας.

Η καλλιέργεια φαίνεται να έχει το μεγαλύτερο αποτύπωμα στην κατηγορία της εξάντλησης των μεταλλευμάτων, ενώ το αμέσως επόμενο θετικό αποτύπωμα έχουν οι διεργασίες μετά την συγκομιδή, ένα αποτύπωμα ίσο με το 2,7% του αποτυπώματος της καλλιέργειας. Η διεργασία της εκχύλισης παρουσιάζει αρνητικό αποτύπωμα ίσο κατά απόλυτη τιμή με το 4,4% του αποτυπώματος της καλλιέργειας.

Στον σχηματισμό φωτοχημικού όζοντος τόσο για τα οικοσυστήματα όσο και για την ανθρώπινη υγεία, τα αποτελέσματα είναι παρόμοια. Και στις δύο περιπτώσεις το μεγαλύτερο αποτύπωμα έχουν οι διαδικασίες μετά την συγκομιδή, ενώ το αμέσως επόμενο αποτύπωμα έχει η διαδικασία της καλλιέργειας και είναι ίσο με το 2,5% και το 2,6% του αποτυπώματος των διεργασιών μετά την συγκομιδή αντίστοιχα σε κάθε περίπτωση. Στις δύο αυτές κατηγορίες το αποτύπωμα της εκχύλισης είναι αρνητικό και στην περίπτωση των οικοσυστημάτων, είναι ίσο κατά απόλυτη τιμή με το 0,8% του αποτυπώματος των διεργασιών μετά την συγκομιδή, ενώ στην περίπτωση της

ανθρώπινης υγείας, είναι ίσο με το 0,47% του αποτυπώματος των διεργασιών μετά την συγκομιδή.

Στην κατηγορία της εξάντλησης του στρατοσφαιρικού όζοντος, το μεγαλύτερο αποτύπωμα έχει η διεργασία της καλλιέργειας. Τα αποτυπώματα τόσο της εκχύλισης όσο και των διεργασιών μετά την καλλιέργεια, είναι αρνητικά και το αποτύπωμα της εκχύλισης είναι ίσο κατά απόλυτη τιμή με το 75% του αποτυπώματος της καλλιέργειας, ενώ το αποτύπωμα των διεργασιών μετά την συγκομιδή είναι ίσο κατά απόλυτη τιμή με το 2,4% του αποτυπώματος της καλλιέργειας.

Στην κατηγορία της οξίνισης του εδάφους, η καλλιέργεια φαίνεται να έχει το μεγαλύτερο αποτύπωμα, ενώ ακολουθεί η εκχύλιση με αποτύπωμα ίσο με το 58% αυτού της καλλιέργειας. Το τρίτο αποτύπωμα ανήκει στις διεργασίες μετά την συγκομιδή και είναι ίσο με το 20% του αποτυπώματος της καλλιέργειας.

Στην κατηγορία της χερσαίας οικοτοξικότητας, παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο αποτύπωμα έχουν οι διεργασίες μετά την συγκομιδή και το αμέσως επόμενο η εκχύλιση, το οποίο είναι ίσο με το 46% του αποτυπώματος των διεργασιών μετά την συγκομιδή. Το μικρότερο αποτύπωμα έχει η καλλιέργεια, το οποίο είναι ίσο με το 2,2% του αποτυπώματος των διεργασιών μετά την συγκομιδή.

Οι κατηγορίες που αναφέρθηκαν αποτελούν τις κατηγορίες επιπτώσεων μεσαίου σημείου, οι οποίες συνεισφέρουν μέσω ορισμένων οδών ζημίας και αυτές με την σειρά τους ταξινομούνται ως προς τις 3 κατηγορίες τελικού σημείου.

Στις κατηγορίες αυτές, παρατηρείται ότι οι ζημιές προς την ανθρώπινη υγεία και τα οικοσυστήματα είναι ιδιαίτερα χαμηλές. Συγκεκριμένα, θεωρείται ότι για την παραγωγή ενός κιλού εκχυλίσματος στέβια, ο άνθρωπος χάνει $6,65 \times 10^{-5}$ μέρες από την ζωή του ανά χρόνο, ενώ για τα οικοσυστήματα θεωρείται ότι χάνονται $2,037 \times 10^{-6}$ είδη τον χρόνο. Η ζημιά στην διαθεσιμότητα πόρων μετριέται σε δολάρια και είναι ίση με 4,056 \$.

3.6.2 Ερμηνεία αποτελεσμάτων παραγωγής στέβιας -Αναλυτικές διεργασίες

Σε αυτό το στάδιο, λαμβάνονται υπ'όψιν και οι διεργασίες που συνιστούν τις τρεις κύριες διεργασίες που προαναφέρθηκαν, ώστε να ταυτοποιηθούν αυτές που εμφανίζουν το μεγαλύτερο αντίκτυπο.

Στην κατηγορία της κλιματικής αλλαγής χωρίς την προσμέτρηση του βιογενή άνθρακα, παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα έχει η μεταφορά των αποξηραμένων φύλλων στέβιας στην μονάδα που πραγματοποιείται η εκχύλιση. Το αμέσως επόμενο αποτύπωμα έχει η αιθανόλη που χρησιμοποιείται κατά την εκχύλιση και η τιμή του είναι ίση με το 45% του αποτυπώματος της μεταφοράς. Τέλος, η διεργασία της κατάσχεσης του άνθρακα από τα φυτά της στέβιας, έχει όπως είναι λογικό, αρνητικό αποτύπωμα, το οποίο είναι ίσο κατά απόλυτη τιμή με το 33% του αποτυπώματος της μεταφοράς.

Στην περίπτωση που υπολογίζεται και ο βιογενής άνθρακας, παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο αποτύπωμα έχει ξανά η μεταφορά των φύλλων, με την αιθανόλη να ακολουθεί έχοντας και οι δύο διεργασίες ακριβώς το ίδιο αποτύπωμα με πριν. Το

αμέσως επόμενο όμως αποτύπωμα αυτή την φορά, ανήκει στην διεργασία κατά την οποία καίγονται τα μη αξιοποιήσιμα μέρη του φυτού μετά την αποφύλλωση και είναι ίσο με το 44% του αποτυπώματος της μεταφοράς των φύλλων.

Στην κατηγορία του σχηματισμού λεπτών σωματιδίων, το μεγαλύτερο αποτύπωμα έχει η μεταφορά των αποξηραμένων φύλλων, ενώ ακολουθεί η διεργασία της καλλιέργειας, με το αποτύπωμά της να είναι ίσο με το 70% του αποτυπώματος της μεταφοράς. Το αμέσως απόμενο σε μέγεθος αποτύπωμα, έχει η διεργασία της χρήσης τρακτέρ για το σκάλισμα και το ράντισμα, με το αποτύπωμα να είναι ίσο με περίπου το 20% του αποτυπώματος της μεταφοράς.

Για την εξάντληση των ορυκτών πόρων, το μεγαλύτερο αποτύπωμα φαίνεται ότι έχει η μεταφορά των αποξηραμένων φύλλων, ενώ το δεύτερο μεγαλύτερο αποτύπωμα έχει η χρήση της αιθανόλης και είναι ίσο με το 90% του αποτυπώματος της μεταφοράς. Το τρίτο μεγαλύτερο αποτύπωμα έχει η χρήση του τρακτέρ με αποτύπωμα που είναι περίπου ίσο με το 5% του αποτυπώματος της μεταφοράς.

Στην κατηγορία της κατανάλωσης φρεσκου νερού, η διεργασία της καλλιέργειας έχει την μεγαλύτερη κατανάλωση, ενώ το αμέσως μεγαλύτερο θετικό αποτύπωμα έχει η κατανάλωση του νερού που χρησιμοποιείται στην εκχύλιση, το οποίο είναι ίσο με το 5% του αποτυπώματος της καλλιέργειας. Επίσης, παρατηρείται ότι το τρίτο κατά απόλυτη τιμή αποτύπωμα ανήκει στο λύμα που δίνεται προς επεξεργασία μετά την εκχύλιση, το οποίο είναι ίσο με το 1,9% του αποτυπώματος της καλλιέργειας κατά απόλυτη τιμή. Είναι λογικό η επεξεργασία του λύματος να δώσει αρνητικό αποτύπωμα, αφού από την επεξεργασία, θα προκύψει αξιοποιήσιμο νερό.

Για την οικοτοξικότητα του φρέσκου νερού, παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο αποτύπωμα ανήκει στην χρήση του τρακτέρ, ενώ το αμέσως επόμενο στην μεταφορά των φύλλων και είναι ίσο με το 58% του αποτυπώματος του τρακτέρ. Το τρίτο αποτύπωμα, ανήκει στην χρήση της αιθανόλης και το μέγεθος του υπολογίζεται στο 30% του αποτυπώματος του τρακτέρ.

Στον ευτροφισμό του φρέσκου νερού, παρατηρείται ότι το αποτύπωμα της καλλιέργειας είναι το μεγαλύτερο, ενώ το δεύτερο μεγαλύτερο ανήκει στην διεργασία επεξεργασίας του νερού εκχύλισης και είναι το 1,6% του αποτυπώματος της καλλιέργειας. Το αμέσως επόμενο αποτύπωμα ανήκει στην χρήση της αιθανόλης και είναι ίσο με το 0,56% του αποτυπώματος της καλλιέργειας.

Στην κατηγορία της καρκινογενούς ανθρώπινης τοξικότητας, το μεγαλύτερο αποτύπωμα φαίνεται να έχει η μεταφορά των αποξηραμένων φύλλων, το αμέσως μεγαλύτερο ανήκει στην χρήση της αιθανόλης και είναι ίσο με το 76% του αποτυπώματος της μεταφοράς. Το τρίτο μεγαλύτερο αποτύπωμα ανήκει στην επεξεργασία του νερού της εκχύλισης και είναι ίσο με το 51% του αποτυπώματος της καλλιέργειας.

Η μεταφορά των αποξηραμένων φύλλων, έχει το μεγαλύτερο αποτύπωμα στην κατηγορία της μη καρκινογενούς ανθρώπινης τοξικότητας, ενώ το δεύτερο μεγαλύτερο αποτύπωμα ανήκει στην χρήση της αιθανόλης και είναι περίπου ίσο με το 43% του αποτυπώματος της μεταφοράς. Το τρίτο κατά σειρά αποτύπωμα ανήκει στην χρήση του

τρακτέρ και είναι περίπου ίσο με το 23% του αποτυπώματος της μεταφοράς των αποξηραμένων φύλλων.

Στην κατηγορία της ιονίζουσας ακτινοβολίας, το μεγαλύτερο αποτύπωμα ανήκει στην χρήση της αιθανόλης, ενώ το δεύτερο μεγαλύτερο αποτύπωμα ανήκει στην μεταφορά των αποξηραμένων φύλλων και είναι περίπου ίσο με το 48% του αποτυπώματος που παράγει η χρήση της αιθανόλης. Ακολουθεί το αποτύπωμα της καύσης του υπολείμματος του φυτού μετά την διαδικασία της αποφύλλωσης, το οποίο είναι ίσο με περίπου το 39% του αποτυπώματος της χρήσης αιθανόλης.

Για την κατηγορία της χρήσης γης, το μεγαλύτερο θετικό αποτύπωμα έχει η χρήση κιτρικού οξέος κατά την εκχύλιση, ενώ το μεγαλύτερο κατά απόλυτη τιμή ανήκει στην παραγωγή ατμού από την καύση των υπολειμμάτων του φυτού και είναι περίπου 19 φορές μεγαλύτερο από το αποτύπωμα της χρήσης κιτρικού οξέος κατά απόλυτη τιμή. Το δεύτερο μεγαλύτερο κατά απόλυτη τιμή αποτύπωμα ανήκει στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την καύση των υπολειμμάτων του φυτού και το αποτύπωμα είναι ίσο με το 97% του αποτυπώματος της παραγωγής ατμού από την ίδια διεργασία.

Στην κατηγορία της θαλάσσιας οικοτοξικότητας, το μεγαλύτερο αποτύπωμα ανήκει στην μεταφορά των αποξηραμένων φύλλων και το δεύτερο μεγαλύτερο στην χρήση του τρακτέρ και είναι ίσο με το 72% του αποτυπώματος της μεταφοράς. Το αμέσως επόμενο αποτύπωμα ανήκει στην χρήση της αιθανόλης και είναι ίσο με το 48% του αποτυπώματος της μεταφοράς των φύλλων.

Στην κατηγορία του θαλάσσιου ευτροφισμού, την μεγαλύτερη συνεισφορά έχει η καλλιέργεια. Τα δύο επόμενα κατά απόλυτη τιμή αποτυπώματα ανήκουν στην παραγωγή ατμού από τα υπολείμματα του φυτού και στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα υπολείμματα του φυτού και είναι κατά απόλυτη τιμή ίσα με το 9,8% και το 9,5% του αποτυπώματος της καλλιέργειας αντίστοιχα.

Για την κατηγορία της εξάντλησης μεταλλευμάτων, παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο αποτύπωμα έχει η πηγή του λιπάσματος του φωσφόρου και το αμέσως μεγαλύτερο αποτύπωμα ανήκει στην χρήση του τρακτέρ και είναι ίσο με το 12% του αποτυπώματος της πηγής φωσφόρου. Το τρίτο μεγαλύτερο κατά απόλυτη τιμή αποτύπωμα, ανήκει στην επεξεργασία του λύματος από την εκχύλιση και είναι ίσο κατά απόλυτη τιμή με το 7% του αποτυπώματος της πηγής φωσφόρου.

Στον σχηματισμό του φωτοχημικού όζοντος για οικοσυστήματα, το μεγαλύτερο αποτύπωμα ανήκει στην καύση των υπολειμμάτων του φυτού, ενώ το αμέσως μεγαλύτερο κατά απόλυτη τιμή αποτύπωμα, ανήκει στην διεργασία κατά την οποία τα υπολείμματα των φύλλων μετά την εκχύλιση επεξεργάζονται για την δημιουργία κόμποστ και είναι ίσο κατά απόλυτη τιμή με το 67% του αποτυπώματος της καύσης. Το τρίτο σε σειρά αποτύπωμα ανήκει στην χρήση της αιθανόλης και είναι ίσο με το 36% του αποτυπώματος της καύσης.

Στον σχηματισμό του φωτοχημικού όζοντος για την ανθρώπινη υγεία, τα τρία μεγαλύτερα κατά απόλυτη τιμή αποτυπώματα ανήκουν στις ίδιες διεργασίες. Τα απόλυτα μεγέθη των αποτυπώματων αλλάζουν αλλά οι σχέσεις που τα

συνδέουν μεταξύ τους είναι οι ίδιες με την περίπτωση της κατηγορίας σχηματισμού φωτοχημικού όζοντος για οικοσυστήματα.

Στην κατηγορία της εξάντλησης του στρατοσφαιρικού όζοντος, το μεγαλύτερο κατά απόλυτη τιμή αποτύπωμα ανήκει στην κομποστοποίηση του υπολείμματος των φύλλων, ενώ το δεύτερο σε σειρά αποτύπωμα κατά απόλυτη τιμή ανήκει στην διεργασία της καλλιέργειας και είναι ίσο με το 62% του αποτυπώματος της κομποστοποίησης. Το τρίτο σε σειρά αποτύπωμα ανήκει στην μεταφορά των αποξηραμένων φύλλων και είναι ίσο κατά απόλυτη τιμή με το 42% του αποτυπώματος της κομποστοποίησης.

Για την κατηγορία της χερσαίας οξίνισης, παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο αποτύπωμα ανήκει στην διεργασία της καλλιέργειας και το αμέσως επόμενο αποτύπωμα στην μεταφορά των φύλλων και είναι ίσο με το 59% του αποτυπώματος της καλλιέργειας. Το τρίτο κατά σειρά αποτύπωμα ανήκει στην χρήση της αιθανόλης και είναι ίσο με το 10% του αποτυπώματος της καλλιέργειας.

Στην κατηγορία της χερσαίας οικοτοξικότητας παρατηρείται ότι το κυρίαρχο αποτύπωμα κατέχει η μεταφορά των αποξηραμένων φύλλων, ενώ το δεύτερο μεγαλύτερο αποτύπωμα ανήκει στην χρήση της αιθανόλης και είναι ίσο με το 88% του πρώτου. Το τρίτο κατά απόλυτη τιμή αποτύπωμα, ανήκει στην παραγωγή ατμού από την καύση των υπολειμμάτων του φυτού και είναι ίσο κατά απόλυτη τιμή με το 16% του αποτυπώματος της μεταφοράς.

3.6.3 Σύγκριση Μεθόδων Καλλιέργειας

Στην κατηγορία της κλιματικής αλλαγής, χωρίς τον υπολογισμό του βιογενή άνθρακα, παρατηρούμε σταδιακή μείωση του αποτυπώματος σε κάθε σενάριο, με την μείωση των εισροών. Στην οριακή περίπτωση του τρίτου σεναρίου της γεωργίας ακριβείας υπάρχει μείωση της τάξης του 16% του αποτυπώματος, ενώ ήδη από το δεύτερο σενάριο η μείωση είναι ίση με το 13% του αρχικού αποτυπώματος, κάτι που είναι αρκετά ικανοποιητικό. Ακόμα και στο πρώτο σενάριο της γεωργίας ακριβείας, η μείωση του αποτυπώματος είναι ίση με 4,5%.

Για την περίπτωση που περιλαμβάνεται ο βιογενής άνθρακας, οι διαφορές στα ποσοστά μείωσης του αποτυπώματος σε σχέση με την περίπτωση που δεν περιλαμβάνεται είναι ελάχιστες. Συγκεκριμένα, με το πρώτο σενάριο το αποτύπωμα μειώνεται κατά 4,8%, στο δεύτερο σενάριο το αποτύπωμα μειώνεται κατά 14% και στο τρίτο σενάριο κατά 17%.

Στην κατηγορία της δημιουργίας λεπτών σωματιδίων, το πρώτο σενάριο μειώνει το αποτύπωμα 4,7%, ενώ το δεύτερο το μειώνει κατά 39%. Τέλος, το τρίτο σενάριο μπορεί να φτάσει επίπεδα μείωσης της τάξης του 51%.

Για την κατηγορία της εξάντλησης των ορυκτών πόρων, το πρώτο σενάριο μειώνει το αρχικό αποτύπωμα κατά 13%, ενώ το δεύτερο κατά 30% και το τρίτο κατά 35%.

Στην κατηγορία της κατανάλωσης φρέσκου νερού το πρώτο σενάριο προκαλεί μηδενική μείωση, κάτι ίσως αναμενόμενο αφού η παροχή του νερού άρδευσης δεν μεταβάλλεται. Το δεύτερο σενάριο μειώνει το αρχικό αποτύπωμα κατά 12,5% και το

τρίτο σενάριο κατά 25%. Οι μειώσεις επομένως είναι ανάλογες της μείωσης του νερού άρδευσης.

Στην κατηγορία της οικοτοξικότητας του φρέσκου νερού και τα τρία σενάρια προκαλούν μείωση του αρχικού αποτυπώματος κατά 20%. Η παρόμοια μείωση μεταξύ των τριών σεναρίων, δείχνει ότι το αποτύπωμα επηρεάζεται κατά κύριο λόγο από διεργασίες στις μεθόδους καλλιέργειας που δεν επηρεάζονται από τις μεταβλητές εισροές.

Για τον ευτροφισμό του νερού, παρατηρείται ότι το πρώτο σενάριο μειώνει το αρχικό αποτύπωμα κατά 31%, ενώ το δεύτερο σενάριο κατά 45% και το τρίτο κατά 60%.

Στην κατηγορία της καρκινογενούς ανθρώπινης τοξικότητας, το αποτύπωμα μειώνεται κατά 18%, 23% και 24% για κάθε ένα από τα τρία σενάρια αντίστοιχα. Όπως και πιο πάνω παρατηρείται ότι οι διαφορές είναι ελάχιστες μεταξύ των σεναρίων, ιδιαίτερα μεταξύ των σεναρίων 2 και 3, κάτι που δείχνει ότι περαιτέρω μείωση των εισροών δεν θα επηρεάσει το αποτύπωμα αυτής της κατηγορίας σε μεγάλο βαθμό.

Παρόμοια αποτελέσματα λαμβάνονται και στην κατηγορία της μη καρκινογενούς ανθρώπινης τοξικότητας, όπου το αρχικό αποτύπωμα μειώνεται κατά 20% και στα τρία σενάρια.

Στην κατηγορία της ιονίζουσας ακτινοβολίας, παρατηρείται μείωση του αποτυπώματος κατά 5% με το πρώτο σενάριο, η οποία αυξάνεται σημαντικά στο δεύτερο σενάριο και φτάνει το 45%, ενώ το τρίτο σενάριο μειώνει ακόμα περισσότερο το αρχικό αποτύπωμα κατά 60%.

Για την χρήση γης, το πρώτο σενάριο πρακτικά δεν προκαλεί μείωση του αποτυπώματος. Το δεύτερο σενάριο προκαλεί μείωση της τάξης του 45%, ενώ το τρίτο σενάριο μειώνει το αρχικό αποτύπωμα κατά 60%.

Στην κατηγορία της θαλάσσιας οικοτοξικότητας και τα τρία σενάρια προκαλούν μείωση της τάξης του 20% στο αρχικό αποτύπωμα.

Στην κατηγορία του θαλάσσιου ευτροφισμού, το πρώτο σενάριο προκαλεί μείωση του αποτυπώματος κατά 5%, ενώ το δεύτερο σενάριο μειώνει το αποτύπωμα κατά 52% και το τρίτο σενάριο κατά 70%.

Το πρώτο σενάριο προκαλεί μία μείωση 31% στην κατηγορία της εξάντλησης των μεταλλευμάτων, ενώ το δεύτερο σενάριο το μειώνει κατά 47% και το τρίτο σενάριο κατά 62%.

Για την κατηγορία του σχηματισμού του φωτοχημικού όζοντος για οικοσυστήματα, το πρώτο σενάριο μειώνει το αποτύπωμα της συμβατικής μεθόδου καλλιέργειας κατά 3,4%, ενώ το δεύτερο σενάριο το μειώνει κατά 44% και το τρίτο κατά 59%.

Παρόμοια αποτελέσματα εμφανίζονται και στην κατηγορία σχηματισμού φωτοχημικού όζοντος για την ανθρώπινη υγεία, όπου το αποτύπωμα της συμβατικής καλλιέργειας μειώνεται κατά 4% από το πρώτο σενάριο, κατά 44% από το δεύτερο σενάριο και κατά 58% από το τρίτο σενάριο.

Στην κατηγορία της εξάντλησης του στρατοσφαιρικού όζοντος το πρώτο σενάριο δεν μειώνει το αρχικό αποτύπωμα. Το δεύτερο σενάριο μειώνει το αποτύπωμα κατά 45% και το τρίτο αποτύπωμα μειώνει το αποτύπωμα κατά 60%.

Για την κατηγορία της οξίνισης του εδάφους, το πρώτο σενάριο προκαλεί μία μείωση μόλις 1,8% του αποτυπώματος της συμβατικής καλλιέργειας. Το δεύτερο και το τρίτο σενάριο όμως προκαλούν αντίστοιχα μειώσεις 43% και 57% του αρχικού αποτυπώματος.

Στην κατηγορία της χερσαίας οικοτοξικότητας το πρώτο σενάριο προκαλεί μία μικρή μείωση της τάξης του 3% του αρχικού αποτυπώματος. Το δεύτερο σενάριο προκαλεί μείωση του αρχικού αποτυπώματος κατά 43% και το τρίτο σενάριο κατά 57%.

Για την κατηγορία τελικού σημείου που σχετίζεται με την ζημιά στην ανθρώπινη υγεία, το πρώτο σενάριο μειώνει το αποτέλεσμα κατά 14%, το δεύτερο σενάριο κατά 93% και το τρίτο σενάριο κατά 130%, μετατρέποντας το σε αρνητικό.

Στην κατηγορία τελικού σημείου που σχετίζεται με την ζημιά στα οικοσυστήματα, το πρώτο σενάριο προκαλεί μείωση του αποτελέσματος κατά 4,9%, το δεύτερο σενάριο κατά 48% και το τρίτο σενάριο κατά 67% της αρχικής τιμής που δίνει η συμβατική μέθοδος καλλιέργειας.

Η κατηγορία που σχετίζεται με την ζημιά στην διαθεσιμότητα των πόρων, φαίνεται να επηρεάζεται λιγότερο, καθώς το πρώτο σενάριο μειώνει κατά 18% το αρχικό αποτέλεσμα, το δεύτερο σενάριο το μειώνει κατά 31% και το τρίτο σενάριο κατά 37%.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ4: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ – ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

4.1 Συμπεράσματα-Παρατηρήσεις

4.1.1 Συμπεράσματα-Παρατηρήσεις για κύριες διεργασίες

Στην πλειονότητα των κατηγοριών επιπτώσεων μεσαίου σημείου που μελετά η μέθοδος ReCiPe2016, παρατηρείται ότι οι διεργασίες της εκχύλισης και της καλλιέργειας, έχουν το μεγαλύτερο μερίδιο στην διαμόρφωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος. Οι διεργασίες μετά την συγκομιδή φαίνεται να έχουν μεγάλη συνεισφορά με θετικό αποτύπωμα μόνο στις κατηγορίες που αφορούν τον σχηματισμό φωτοχημικού όζοντος, είτε για οικοσυστήματα, είτε για την ανθρώπινη υγεία, στην κατηγορία της χερσαίας οικοτοξικότητας, στην κατηγορία της ιονίζουσας ακτινοβολίας, στην κατηγορία της εξάντλησης των ορυκτών πόρων και στις κατηγορίες που αφορούν την κλιματική αλλαγή.

Επίσης, είναι σημαντικό να αναφερθεί το μεγάλο αποτύπωμα με αρνητικό πρόσημο που έχουν οι διεργασίες μετά την συγκομιδή στις κατηγορίες του θαλάσσιου ευτροφισμού και ιδιαίτερα στην κατηγορία της χρήσης γης.

Στα αποτελέσματα τελικού σημείου παρατηρείται μικρή ζημιά προς τους ανθρώπους και τα οικοσυστήματα αλλά σχετικά μεγάλη ζημιά προς την διαθεσιμότητα πόρων, κάτι που ίσως υποδηλώνει αυξημένο κόστος παραγωγής του 1 κγεκχυλίσματος.

4.1.2 Συμπεράσματα-Παρατηρήσεις για αναλυτικές διεργασίες

Τα αποτυπώματα των κύριων διεργασιών αναλύονται περαιτέρω και παρατηρείται ότι πολύ μεγάλο μερίδιο συνεισφοράς στο τελικό αποτύπωμα των εκάστοτε κατηγοριών επιπτώσεων, έχει η μεταφορά των αποξηραμένων φύλλων στις εγκαταστάσεις όπου επιτελείται η εκχύλιση. Άλλες διεργασίες που πρωταγωνιστούν συχνά με μεγάλα αποτυπώματα είναι η χρήση του τρακτέρ για το σκάλισμα και το ράντισμα, μία διεργασία στην οποία περιλαμβάνονται και οι εισροές και οι εκπομπές στο περιβάλλον που εμπλέκονται στην διεργασία του ραντίσματος, η χρήση της αιθανόλης στην διαδικασία της εκχύλισης και η καλλιέργεια.

Επιπλέον, παρατηρείται ότι σε ορισμένες κατηγορίες, η καύση των υπολειμμάτων του φυτού έχει μεγάλο σχετικά αποτύπωμα, ενώ σε άλλες κατηγορίες, ο ατμός και η ηλεκτρική που παράγονται από την καύση, έχουν αποτύπωμα με αρνητικό πρόσημο, κάτι καλό για το περιβάλλον.

Επίσης, η αξιοποίηση του στερεού αποβλήτου των φύλλων μετά την εκχύλιση τους ως κομπόστ, δίνουν ένα σημαντικό αρνητικό αποτύπωμα στις κατηγορίες του σχηματισμού του φωτοχημικού όζοντος τόσο για τα οικοσυστήματα όσο και για την ανθρώπινη υγεία και στην κατηγορία της εξάντλησης του στρατοσφαιρικού όζοντος.

4.1.3 Συμπεράσματα-Παρατηρήσεις για σύγκριση των μεθόδων καλλιέργειας

Για το πρώτο σενάριο παρατηρείται ότι προκαλεί μικρή μείωση έως 5% στις κατηγορίες της κλιματικής αλλαγής, της δημιουργίας λεπτών σωματιδίων, της ιονίζουσας ακτινοβολίας, του θαλάσσιου ευτροφισμού, του σχηματισμού φωτοχημικού όζοντος, τόσο για τα οικοσυστήματα

όσο και για την ανθρώπινη υγεία και για την οξίνιση του εδάφους και την χερσαία οικοτοξικότητα.

Στις κατηγορίες επιπτώσεων κατανάλωσης φρέσκου νερού, χρήσης γης και εξάντλησης του στρατοσφαιρικού όζοντος, το αποτύπωμα της συμβατικής μεθόδου καλλιέργειας δεν μεταβάλλεται από τις αλλαγές στις εισροές που φέρνει το πρώτο σενάριο.

Σημαντική μείωση της τάξης του 13%-31% στο περιβαλλοντικό αποτύπωμα παρατηρείται στις υπόλοιπες κατηγορίες επιπτώσεων.

Στο δεύτερο σενάριο της γεωργίας ακριβείας, η επίδραση των μεταβλητών εισροών γίνεται εντονότερα αισθητή στα περιβαλλοντικά αποτυπώματα των διαφόρων κατηγοριών.

Συγκεκριμένα, υπάρχει πολύ μεγάλη μεταβολή σε σχέση με το πρώτο σενάριο στις κατηγορίες του σχηματισμού λεπτών σωματιδίων, της ιονίζουσας ακτινοβολίας, της χρήσης γης, του θαλάσσιου ευτροφισμού, του σχηματισμού φωτοχημικού όζοντος, της εξάντλησης στρατοσφαιρικού όζοντος και της χερσαίας οικοτοξικότητας και οξίνισης. Οι κατηγορίες αυτές πρέπει να είναι ευαίσθητες άρα στην χρήση αζώτου και στις εκπομπές που προκαλούνται από την χρήση του, επειδή στο πρώτο σενάριο η εισροή αζώτου δεν μειώνεται, παρά μόνο οι εκπομπές αζωτούχων ενώσεων προς το περιβάλλον.

Στις κατηγορίες της οικοτοξικότητας φρέσκου νερού, ανθρώπινης μη καρκινογενούς τοξικότητας και θαλάσσιας οικοτοξικότητας, η μείωση παραμένει η ίδια με αυτήν του πρώτου σεναρίου, κάτι που ίσως δείχνει ότι πλέον το αποτύπωμα σε αυτές τις κατηγορίες εξαρτάται από τις διεργασίες μεταξύ των σεναρίων, των οποίων οι εισροές παραμένουν αμετάβλητες.

Στο τρίτο σενάριο της γεωργίας ακριβείας, στις κατηγορίες ευτροφισμού φρέσκου νερού, ιονίζουσας ακτινοβολίας, χρήσης γης, εξάντλησης μεταλλευμάτων, σχηματισμού φωτοχημικού όζοντος για οικοσυστήματα ή ανθρώπινη υγεία, εξάντλησης στρατοσφαιρικού όζοντος και χερσαίας οξίνισης και οικοτοξικότητας, παρατηρείται μία μείωση περίπου 60% του αρχικού αποτυπώματος. Δεδομένου του ότι η συνολική λίπανση στο τρίτο σενάριο μειώνεται κατά 60%, αυτό ίσως υποδηλώνει μία άμεση σχέση μεταξύ του αποτυπώματος των κατηγοριών αυτών και του εισερχόμενου ρεύματος λίπανσης.

Επιπλέον, στις κατηγορίες της κλιματικής αλλαγής, του σχηματισμού λεπτών σωματιδίων, της εξάντλησης ορυκτών πόρων και του θαλάσσιου ευτροφισμού η μεταβολή του ποσοστού μείωσης από το δεύτερο στο τρίτο σενάριο είναι ηπιότερη απ' ό,τι ήταν από το πρώτο στο δεύτερο σενάριο.

Αξίζει να σημειωθεί, ότι το ποσοστό μείωσης του αποτυπώματος στις κατηγορίες οικοτοξικότητας φρέσκου νερού, ανθρώπινης τοξικότητας καρκινογενούς ή μη και θαλάσσιας οικοτοξικότητας, παραμένει πρακτικά αμετάβλητο σε σχέση με το δεύτερο σενάριο.

4.2 Μελλοντικές Προτάσεις

Αφού εξετάστηκαν τα αποτυπώματα που προκύπτουν αναλυτικά από κάθε διεργασία, γίνονται οι εξής προτάσεις :

- Όπως έδειξαν και τα αποτελέσματα, η αξιοποίηση των υπολειμμάτων του φυτού για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ατμού, μέσω της καύσης τους, είναι μία διαδικασία που μπορεί να φέρει τόσο περιβαλλοντικό όσο και οικονομικό όφελος στον

παραγωγό. Γι' αυτό προτείνεται η συγκεκριμένη διεργασία να υιοθετηθεί από τον παραγωγό.

- Παρατηρείται ότι η διεργασία που σχετίζεται με την μεταφορά των αποξηραμένων φύλλων στην εγκατάσταση όπου πραγματοποιείται η εκχύλιση, έχει ιδιαίτερα υψηλό αποτύπωμα σε πολλές κατηγορίες επιπτώσεων. Ως εκ τούτου προτείνεται, η ανάληψη της διεργασίας της εκχύλισης από κάποια εγκατάσταση, η οποία δεν θα απέχει τόσο μεγάλη απόσταση από το αγροτεμάχιο.
- Επίσης μεγάλο περιβαλλοντικό αποτύπωμα σε πολλαπλές κατηγορίες έχει και η χρήση της αιθανόλης στην διαδικασία της εκχύλισης. Για τον λόγο αυτό προτείνεται να ελαχιστοποιηθεί αν γίνεται η χρήση της ή να γίνει προσπάθεια για μείωση του ποσοστού που διαφεύγει στην ατμόσφαιρα. Επίσης, μπορεί να μελετηθεί η περίπτωση της ανακύκλωσης της αιθανόλης στο σύστημα. Από την άλλη μπορεί να μελετηθεί και κάποια εναλλακτική, πιο φιλική για το περιβάλλον μέθοδος εκχύλισης, όπως είναι η εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων ή η εκχύλιση με υπερκρίσιμο ρευστό.
- Στα δεδομένα που ελήφθησαν για την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας, αναφέρθηκε ότι δεν αξιοποιούνται οποιαδήποτε παραπροϊόντα των φύλλων της στέβιας. Η στέβια είναι καλή πηγή πληθώρας ουσιών, όπως κηρλών, φλαβονοειδών, πρωτεϊνών κ.α. που μπορούν να απομονωθούν και να αξιοποιηθούν καθώς έχουν υψηλή εμπορική αξία. Με τον τρόπο αυτό, οι πόροι που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του εκχυλίσματος, θα κατανεμηθούν στα διάφορα παραπροϊόντα και θα μπορέσει να μειωθεί σε μεγάλο βαθμό το αποτύπωμα του.
- Για το κομμάτι της γεωργίας ακριβείας, προτείνεται ανεπιφύλακτα η αξιοποίηση των μεθόδων που προσφέρει. Στην πλειονότητα των κατηγοριών επιπτώσεων που μελετούνται, ακόμα και το δεύτερο σενάριο, το οποίο αποτελεί την μετριοπαθή προσέγγιση στο θέμα των μειώσεων των εισερχόμενων ρευμάτων, προκαλείται μία μείωση του αποτυπώματος γύρω στο 40%.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Lemus-Mondaca, R., et al., *Stevia rebaudiana Bertoni, source of a high-potency natural sweetener: A comprehensive review on the biochemical, nutritional and functional aspects*. Food Chemistry, 2012. **132**(3): p. 1121-1132.
2. Ramesh, K., V. Singh, and N.W. Megeji, *Cultivation of Stevia [Stevia rebaudiana (Bert.) Bertoni]: A Comprehensive Review*, in *Advances in Agronomy*. 2006, Academic Press. p. 137-177.
3. Prakash, I., et al., *Development of rebiana, a natural, non-caloric sweetener*. Food and Chemical Toxicology, 2008. **46**(7, Supplement): p. S75-S82.
4. Abelyan, V., A. Markosyan, and L. Abelyan, *High-purity rebaudioside D and low-calorie table top tablet containing the same*. 2013, GooglePatents.
5. Βαλαβανίδης, Θ. – Ευθυμίου, Κ. (Οκτώβριος 2008), η χημική ένωση του μήνα, ανάκτηση από : [Η χημική ένωση του μήνα: Στεβιόλη και Στεβιοσίδη](#)
6. Tadhani, M.B., V.H. Patel, and R. Subhash, *In vitro antioxidant activities of Stevia rebaudiana leaves and callus*. Journal of Food Composition and Analysis, 2007. **20**(3): p. 323-329.
7. Chatsudhipong, V. and C. Muanprasat, *Stevioside and related compounds: therapeutic benefits beyond sweetness*. Pharmacol Ther, 2009. **121**(1): p. 41-54.
8. Debnath, M., *Clonal propagation and antimicrobial activity of an endemic medicinal plant Stevia rebaudiana*. Journal of Medicinal Plants Research, 2008. **2**: p. 45-51.
9. Mohd-Radzman, N., et al., *Potential Roles of Stevia rebaudiana Bertoni in Abrogating Insulin Resistance and Diabetes: A Review*. Evidence-based complementary and alternative medicine :eCAM, 2013. **2013**: p. 718049.
10. Gupta, E., et al., *Nutritional and therapeutic values of Stevia rebaudiana: A review*. Journal of Medicinal Plants Research, 2013. **7**(46): p. 3343-3353.
11. Carakostas, M.C., et al., *Overview: The history, technical function and safety of rebaudioside A, a naturally occurring steviol glycoside, for use in food and beverages*. Food and Chemical Toxicology, 2008. **46**(7, Supplement): p. S1-S10.
12. Chan, P., et al., *A double-blind placebo-controlled study of the effectiveness and tolerability of oral stevioside in human hypertension*. British Journal of Clinical Pharmacology, 2000. **50**(3): p. 215-220.
13. Abbas Momtazi-Borojeni, A., et al., *A Review on the Pharmacology and Toxicology of Steviol Glycosides Extracted from Stevia rebaudiana*. Current Pharmaceutical Design, 2017. **23**(11): p. 1616-1622.
14. Castillo Téllez, M., et al., *Solar drying of Stevia (Rebaudiana Bertoni) leaves using direct and indirect technologies*. Solar Energy, 2018. **159**: p. 898-907.
15. Shantanu, C. (2018, September 19). *steviatechnology*. Ανάκτηση από steviashantanu: <https://www.steviashantanu.com>
16. González, C., et al., *Main properties of steviol glycosides and their potential in the food industry: a review*. Fruits, 2014. **69**(2): p. 127-141.

17. Jentzer, J.-B., et al., *Response surface methodology to optimise Accelerated Solvent Extraction of steviol glycosides from Stevia rebaudiana Bertoni leaves*. Food Chemistry, 2015. **166**: p. 561-567.
18. Periche, A., et al., *Influence of extraction methods on the yield of steviol glycosides and antioxidants in Stevia rebaudiana extracts*. Plant Foods for Human Nutrition, 2015. **70**(2): p. 119-127.
19. Gallo, M., et al., *Rapid Solid-Liquid Dynamic Extraction (RSLDE): a New Rapid and Greener Method for Extracting Two Steviol Glycosides (Stevioside and Rebaudioside A) from Stevia Leaves*. Plant foods for human nutrition (Dordrecht, Netherlands), 2017. **72**.
20. Carbonell-Capella, J.M., et al., *Electrotechnologies, microwaves, and ultrasounds combined with binary mixtures of ethanol and water to extract steviol glycosides and antioxidant compounds from Stevia rebaudiana leaves*. Journal of Food Processing and Preservation, 2017. **41**(5): p. e13179.
21. Koubaa, M., et al., *Current and New Insights in the Sustainable and Green Recovery of Nutritionally Valuable Compounds from Stevia rebaudiana Bertoni*. Journal of agricultural and food chemistry, 2015. **63**.
22. Oehme, A., M. Wüst, and U. Wölwer-Rieck, *Steviol glycosides are not altered during commercial extraction and purification processes*. International Journal of Food Science & Technology, 2017. **52**(10): p. 2156-2162.
23. Koyuncu, I., et al., *3 - Advances in water treatment by microfiltration, ultrafiltration, and nanofiltration*, in *Advances in Membrane Technologies for Water Treatment*, A. Basile, A. Cassano, and N.K. Rastogi, Editors. 2015, Woodhead Publishing: Oxford. p. 83-128.
24. Castro-Muñoz, R., et al., *Membrane separation processes for the extraction and purification of steviol glycosides: an overview*. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2020: p. 1-23.
25. Rao, A., et al., *Simple extraction and membrane purification process in isolation of steviosides with improved organoleptic activity*. Advances in Bioscience and Biotechnology, 2012. **3**: p. 327-335.
26. Κροκίδα, Μ. and Π. Μιχαηλίδης, *Σχεδιασμός φυσικών διεργασιών*. 2015.
27. Φουντάς, Σ. and Θ. Γέμπος, *Γεωργία ακριβείας*. 2015.
28. Tsouros, D.C., S. Bibi, and P.G. Sarigiannidis, *A review on UAV-based applications for precision agriculture*. Information, 2019. **10**(11): p. 349.
29. Bhakta, I., S. Phadikar, and K. Majumder, *State-of-the-art technologies in precision agriculture: a systematic review*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2019. **99**(11): p. 4878-4888.
30. Bongiovanni, R. and J. Lowenberg-DeBoer, *Precision agriculture and sustainability*. Precision agriculture, 2004. **5**(4): p. 359-387.
31. Hedley, C.B. and I.J. Yule, *Soil water status mapping and two variable-rate irrigation scenarios*. Precision Agriculture, 2009. **10**(4): p. 342-355.
32. Evans, R.G., et al., *Adoption of site-specific variable rate sprinkler irrigation systems*. Irrigation science, 2013. **31**(4): p. 871-887.
33. Baumann, H. and A.-M. Tillman, *The hitchhiker's guide to LCA: an orientation in life cycle assessment methodology and application*. 2004. Lund: Student Literature, 2004.

34. Bare, J., *TRACI 2.0: the tool for the reduction and assessment of chemical and other environmental impacts 2.0*. Clean Technologies and Environmental Policy, 2011. **13**(5): p. 687-696.
35. Dreyer, L.C., A.L. Niemann, and M.Z. Hauschild, *Comparison of three different LCIA methods: EDIP97, CML2001 and Eco-indicator 99*. The international journal of life cycle assessment, 2003. **8**(4): p. 191-200.
36. Weidema, B.P., *Comparing three life cycle impact assessment methods from an endpoint perspective*. Journal of Industrial Ecology, 2015. **19**(1): p. 20-26.
37. Huijbregts, M.A., et al., *ReCiPe2016: a harmonised life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level*. The International Journal of Life Cycle Assessment, 2017. **22**(2): p. 138-147.
38. Maiti, R., H. Rodriguez, and A. Kumari Ch, *Trees and shrubs with high carbon fixation/concentration*. Forest Res. S, 2015. **1**(2).
39. Marchi, M., et al., *Carbon dioxide sequestration model of a vertical greenery system*. Ecological Modelling, 2015. **306**: p. 46-56.
40. Cui, N., et al., *Runoff loss of nitrogen and phosphorus from a rice paddy field in the east of China: Effects of long-term chemical N fertilizer and organic manure applications*. Global Ecology and Conservation, 2020. **22**: p. e01011.
41. Gutser, R., et al., *Short-term and residual availability of nitrogen after long-term application of organic fertilizers on arable land*. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 2005. **168**(4): p. 439-446.
42. Matson, P., et al., *Fertilization practices and soil variations control nitrogen oxide emissions from tropical sugar cane*. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 1996. **101**(D13): p. 18533-18545.
43. Ramanantenasoa, M.M.J., et al., *A new framework to estimate spatio-temporal ammonia emissions due to nitrogen fertilization in France*. Science of the Total Environment, 2018. **645**: p. 205-219.
44. Kelling, K.A. and A.E. Peterson, *Urban Lawn Infiltration Rates and Fertilizer Runoff Losses under Simulated Rainfall*. Soil Science Society of America Journal, 1975. **39**(2): p. 348-352.
45. Hart, M.R., B.F. Quin, and M.L. Nguyen, *Phosphorus runoff from agricultural land and direct fertilizer effects: A review*. Journal of environmental quality, 2004. **33**(6): p. 1954-1972.
46. Hua, K. and B. Zhu, *Phosphorus loss through surface runoff and leaching in response to the long-term application of different organic amendments on sloping croplands*. Journal of Soils and Sediments, 2020. **20**: p. 3459-3471.
47. Gallagher, D.L., K.M. Johnston, and A.M. Dietrich, *Fate and transport of copper-based crop protectants in plasticulture runoff and the impact of sedimentation as a best management practice*. Water Research, 2001. **35**(12): p. 2984-2994.
48. Pimentel, D. and L. Levitan, *Pesticides: amounts applied and amounts reaching pests*. Bioscience, 1986. **36**(2): p. 86-91.
49. Abou-Arab, A.E., A.A. Abou-Arab, and M.F. Abu-Salem, *Physico-chemical assessment of natural sweeteners steviosides produced from Stevia rebaudiana Bertoni plant*. African Journal of Food Science, 2010. **4**(5): p. 269-281.

50. Horanni, R. and U.H. Engelhardt, *Determination of amino acids in white, green, black, oolong, pu-erh teas and tea products*. Journal of Food Composition and Analysis, 2013. **31**(1): p. 94-100.
51. Marcinek, K. and Z. Krejpcio, *Stevia rebaudianabertoni-chemical composition and functional properties*. Acta ScientiarumPolonorumTechnologia Alimentaria, 2015. **14**(2).
52. Muanda, F.N., et al., *Study on chemical composition and biological activities of essential oil and extracts from Stevia rebaudiana Bertoni leaves*. LWT-Food Science and Technology, 2011. **44**(9): p. 1865-1872.
53. Periche, A., G. Koutsidis, and I. Escriche, *Composition of antioxidants and amino acids in Stevia leaf infusions*. Plant foods for human nutrition, 2014. **69**(1): p. 1-7.
54. *Phyllis2, database for (treated) biomass, algae, feedstocks for biogas production and biochar*, [https://phyllis.nl/TNO Biobased and Circular Technologies](https://phyllis.nl/TNO%20Biobased%20and%20Circular%20Technologies)