



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

**Παραδοτέο Π5.1.** Οικονομική μελέτη της εφαρμογής γης διατόμων σε διάφορα σενάρια εφαρμογής

Τύπος: Έκθεση

**Υπο-παραδοτέο Π5.1.2** «Αξιολόγηση της οικονομικότητας της εφαρμογής της γης διατόμων σε διάφορα σενάρια εφαρμογής»



DiatomiteThem

# DiatomiteThem

Τίτλος Έργου:

**Προστασία των αποθηκευμένων δημητριακών με τη χρήση γης διατόμων**

«Το έργο αυτό υλοποιείται στο πλαίσιο της Δράσης ΕΡΕΥΝΩ-ΔΗΜΙΟΥΡΓΩ-ΚΑΙΝΟΤΟΜΩ και συγχρηματοδοτήθηκε από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) της Ευρωπαϊκής Ένωσης και εθνικούς πόρους μέσω του Ε.Π. Ανταγωνιστικότητα, Επιχειρηματικότητα & Καινοτομία (ΕΠΑνΕΚ) (κωδικός έργου: Τ2ΕΔΚ-03532)»



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ  
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

**ΕΠΑνΕΚ 2014-2020**  
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ  
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ  
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

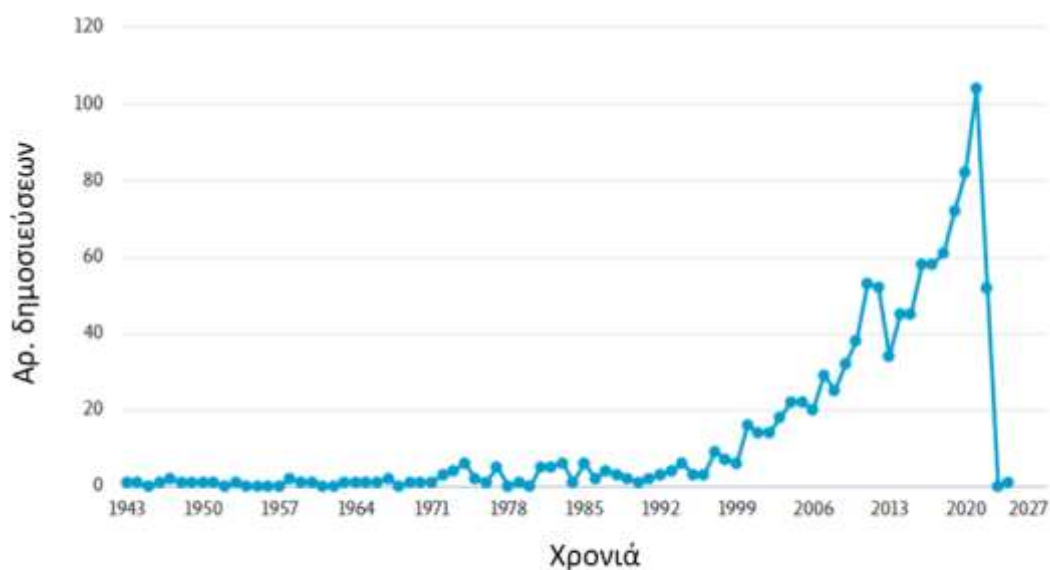
## Πίνακας περιεχομένων

1. Εισαγωγή .....	3
2. Συνεισφορά του Έργου DiatomiteTHEM .....	4
3. Μεθοδολογία .....	6
3.1 Data Envelopment Analysis .....	6
3.2 Πειραματικό σχέδιο.....	9
4. Αποτελέσματα .....	10
5. Συζήτηση- Συμπεράσματα .....	13
6. Βιβλιογραφία .....	15



## Εισαγωγή

Η συνεχής αύξηση του ανθρώπινου πληθυσμού έχει εντείνει την αναγκαιότητα για τη διασφάλιση απαραίτητων ποσοτήτων τροφίμων που θα αποτρέψουν μια ενδεχόμενη επισιτιστική κρίση. Σε όλο τον κόσμο, περίπου το 14% των τροφίμων παγκοσμίως, αξίας 400 δις \$ χάνεται σε ετήσια βάση μεταξύ της συγκομιδής και της λιανικής αγοράς (FAO, 2019). Όπως αναφέρει η βιβλιογραφία το 30-40% των απωλειών τροφίμων και ειδικότερα σιτηρών, προκαλείται από εντομολογικές προσβολές κατά το στάδιο της αποθήκευσης (Kumar & Kalita, 2017). Το γεγονός αυτό δεν έχει αφήσει αδιάφορη την ακαδημαϊκή κοινότητα, καθώς φαίνεται μια ραγδαία αύξηση των δημοσιεύσεων από το 2000 και μετά, υποδηλώνοντας την ιδιαίτερη σημασία του θέματος.



**Γράφημα 1:** Αριθμός δημοσιεύσεων ανά έτος σε θέματα σχετικά με τις απεντομώσεις των αποθηκευμένων τροφίμων

Όπως αναφέρει και η εργασία των Stejskal et. al. (2015) η μεγάλη διαφορά μεταξύ ΗΠΑ και ΕΕ είναι η έλλειψη ξεκάθαρων πρωτοκόλλων και τιμών-δεικτών από πλευράς Ευρωζώνης, σχετικά με τις απεντομώσεις. Η συνήθης πρακτική μέχρι σήμερα είναι ότι η Ε.Ε. ακολουθεί με άτυπο τρόπο τα αμερικανικά πρωτόκολλα απεντόμωσης. Ακόμη, στην ίδια εργασία αναφέρεται ότι στην ευρωπαϊκή επικράτεια είναι αρκετά δύσκολη η εύρεση ατόμων που να



ειδικεύονται στον τομέα της απεντόμωσης. Επιπρόσθετα, άλλη βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με τα αποθηκευμένα τρόφιμα αναφέρει ότι τα 3 είδη που έχουν μελετηθεί περισσότερο είναι: *Tribolium castaneum*, *Rhyzopertha dominica* και *Sitophilus oryzae* (Stopar et al., 2022). Επισημαίνεται επίσης ότι έχει μειωθεί αρκετά το ενδιαφέρον για τη δραστηριότητα και την ανθεκτικότητά που προκαλούν τα εντομοκτόνα στους πληθυσμούς εντόμων καθώς είναι ένα θέμα που έχει μελετηθεί σε αρκετά μεγάλη έκταση, ενώ το ενδιαφέρον στρέφεται προς νέες μεθόδους απεντόμωσης φιλικές προς το περιβάλλον.

Με γνώμονα τα παραπάνω υπάρχει η δυνατότητα χρήσης ενός καινοτόμου προϊόντος που ονομάζεται γη διατόμων που καλύπτει τόσο το κομμάτι της αποτελεσματικής απεντόμωσης όσο και το κομμάτι της περιβαλλοντικής διάστασης. Η έλλειψη όμως της απαραίτητης γνώσης για την ύπαρξη του συγκεκριμένου προϊόντος σε συνδυασμό με την απουσία της τεχνογνωσίας χρήσης του, δυσχεραίνουν σε πολύ μεγάλο βαθμό την εξάπλωση του (Zeni et al., 2021). Για το λόγο αυτό παρακάτω παρουσιάζεται με συνοπτικό τρόπο η συνεισφορά του έργου DiatomiteTHEM στην προώθηση της συγκεκριμένης πρακτικής, ενώ το συγκεκριμένο παραδοτέο αποσκοπεί στη διερεύνηση της οικονομικής και περιβαλλοντικής αποδοτικότητας συγκριτικά με τις υφιστάμενες μεθόδους απεντόμωσης.

### **1. Συνεισφορά του Έργου DiatomiteTHEM**

Δεδομένης της σημαντικότητας των απεντομώσεων για τη μείωση των απωλειών αποθηκευμένων σιτηρών και ειδικότερα σκληρού σιταριού, έχει προκύψει η αναγκαιότητα για συνεχή παρακολούθηση και μελέτη των υφιστάμενων πρακτικών αλλά και τη διερεύνηση νέων καινοτόμων πρακτικών. Αν και υπάρχει μια πληθώρα διαθέσιμων μεθόδων όπως η χρήση φωσφίνης και εντομοκτόνων επαφής, το έργο DiatomiteTHEM προσθέτει στην αξιολόγηση των υφιστάμενων μεθόδων την περιβαλλοντική διάσταση, πέραν της καθαρά οικονομικής. Η αναγκαιότητα αυτή έχει προκύψει από την εφαρμογή των στόχων της βιώσιμης ανάπτυξης, όπως αυτοί έχουν θεσπιστεί από τον Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών (United Nations, 2022). Αξίζει να αναφερθεί ότι και η Κοινή Αγροτική Πολιτική (2021-2027) έχει ενστερνιστεί πλήρως τις συγκεκριμένες αξίες, δημιουργώντας ένα σύνολο 9 στόχων:

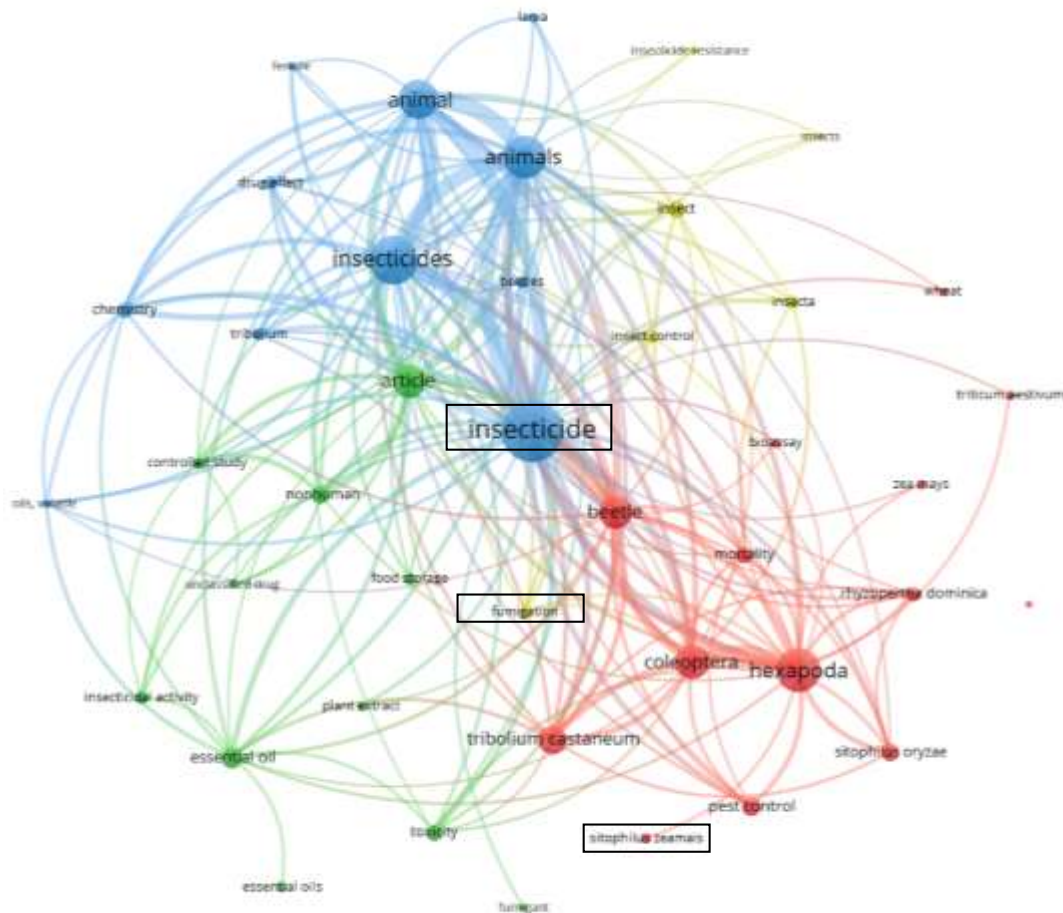
1. Αύξηση της ανταγωνιστικότητας
2. Δίκαιο εισόδημα



3. Εξισορρόπηση στην αλυσίδα τροφίμων
4. Δράση για το κλίμα
5. Περιβαλλοντική μέριμνα
6. Διατήρηση τοπίου και βιοποικιλότητας
7. Ανανέωση των γενεών
8. Ζωντανή ύπαιθρος
9. Ασφάλεια και ποιότητα τροφίμων

Όπως προκύπτει από τους παραπάνω στόχους, οι 3 πρώτοι αφορούν την οικονομική διάσταση, οι 3 επόμενοι στόχοι την περιβαλλοντική προστασία ενώ οι 3 τελευταίοι την κοινωνική διάσταση της υπαίθρου.

Με γνώμονα λοιπόν όλα τα παραπάνω, το έργο DiatomiteTHEM εφαρμόζει μια συγκριτική ανάλυση των υφιστάμενων μεθόδων απεντόμωσης συγκριτικά με τη χρήση γης διατόμων και καταθέτει τελικά συμπεράσματα που ευνοούν την εφοδιαστική αλυσίδα στο σύνολο της. Από την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων της βιβλιογραφικής ανάλυσης φαίνεται ότι τα μεγαλύτερα κέντρα εστίασης ενδιαφέροντος για τις απεντομώσεις είναι τα εντομοκτόνα, η χρήση αερίων ενώ φαίνεται πως και το *Sitophilus zeamais*, που μελετήθηκε στη συγκεκριμένη έρευνα .



**Γράφημα 2:** Αποτελέσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης για τους όρους disinfestation και stored products

## 2. Μεθοδολογία

### 2.1 Data Envelopment Analysis

Εστιάζοντας στους στόχους αυτής της έκθεσης, έχει εφαρμοστεί η μέθοδος DEA, προκειμένου να συγκριθεί η αποδοτικότητα των διάφορων μεθόδων απεντόμωσης. Η DEA είναι μια μη παραμετρική τεχνική, η οποία χρησιμοποιεί τις αρχές γραμμικού προγραμματισμού για να εκτιμήσει την αποδοτικότητα των διαφορετικών μεταβλητών. Δεδομένου του γεγονότος ότι κάθε παραγωγική διαδικασία έχει την ανάγκη  $n$  εισροών (I) για να παράγει  $k$  εξόδους (O), υπάρχουν δύο προσεγγίσεις για τη βελτίωση της απόδοσης ενός δεδομένου συστήματος. Η πρώτη περιλαμβάνει την ελαχιστοποίηση των εισροών,



διατηρώντας την ίδια ποσότητα εκροών (input oriented), ενώ η δεύτερη διατηρεί τις χρησιμοποιούμενες εισροές στα ίδια επίπεδα, αυξάνοντας τις εκροές (output oriented). Για αυτό το έργο, επιλέχθηκε μια προσέγγιση προσανατολισμένη στη μείωση των εισροών, για την ελαχιστοποίηση του κόστους απεντόμωσης, θέτοντας όμως στη διαδικασία λήψης απόφασης και την περιβαλλοντική διάσταση.

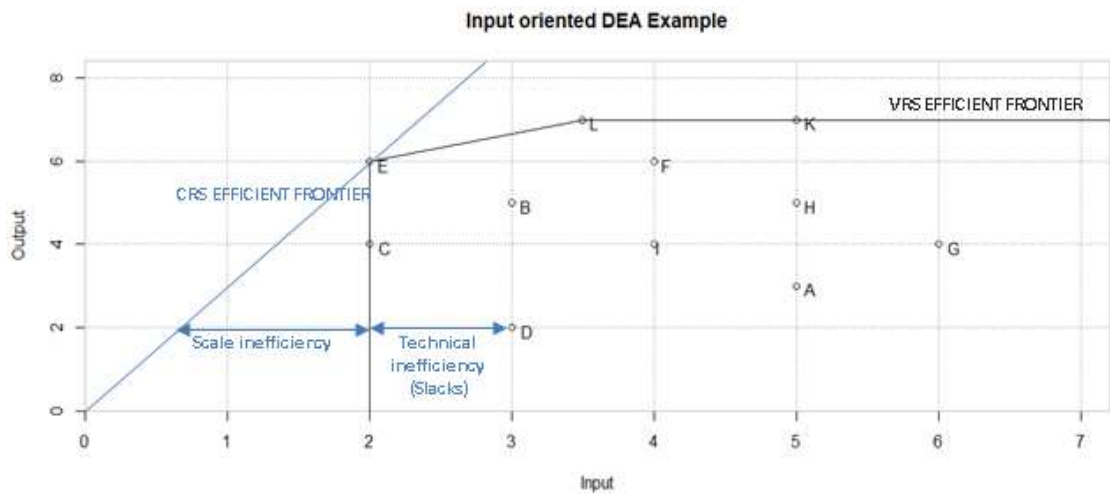
Η αναγκαιότητα για μείωση του κόστους της απεντόμωσης προκύπτει αρχικά από τη μείωση του συνολικού κόστους του προϊόντος και από την άλλη πλευρά αποσκοπεί στη μείωση του ποσού που θα πρέπει να δαπανηθεί από τους παραγωγούς για τη συγκεκριμένη διαδικασία. Επίσης, υπάρχει ο αστάθμητος παράγοντας της εκτεταμένης προσβολής του προϊόντος που θα έχει ως αποτέλεσμα μια δραματική μείωση του τελικού προϊόντος, επομένως ο παραγωγός θα πρέπει να μειώσει το ρίσκο αναλαμβάνει πριν προχωρήσει στη διαδικασία της απεντόμωσης. Επιπρόσθετα, προσέγγιση της μείωσης μόνο του κόστους παραγωγής είναι αρκετά αναχρονιστική αφού λαμβάνει υπόψιν της μόνο την οικονομική διάσταση της συγκεκριμένης πρακτικής. Όπως αναφέρθηκε και στο κομμάτι της εισαγωγής, η νέα ΚΑΠ προβλέπει μια πιο ολιστική θεώρηση, προωθώντας την οικονομική, περιβαλλοντική και κοινωνική διάσταση. Για αυτό το λόγο αναπτύχθηκαν δυο διαφορετικά μοντέλα από τα οποία το πρώτο εξετάζει μόνο την οικονομική διάσταση, ενώ το δεύτερο εξετάζει την οικονομική και περιβαλλοντική διάσταση των πρακτικών απεντόμωσης.

Εξηγώντας τη μεθοδολογία DEA με περισσότερες λεπτομέρειες, θα πρέπει να αναφερθεί ότι υπάρχουν δύο κύρια μοντέλα. Το πρώτο είναι το Constant Returns to Scale (CRS) που υποθέτει ότι η αύξηση μιας μονάδας εισόδου αυξάνει την έξοδο με τον ίδιο τρόπο. Επιπλέον, το Variable Returns to Scale υποθέτει ότι η σχέση μεταξύ εισόδων και εξόδων δεν είναι σταθερή, αλλά μπορεί να είναι είτε αυξανόμενη είτε φθίνουσα. Κάθε μονάδα που λαμβάνει αποφάσεις σχετικά με τη χρήση των εισροών και τα επιτευχθέντα αποτελέσματα ονομάζεται μονάδα λήψης αποφάσεων (DMU). Σε αυτήν την αναφορά, κάθε διαφορετική μέθοδος απεντόμωσης ανά έτος θεωρείται ως διαφορετική DMU, αφού επιλέγεται να επενδυθεί ένα συγκεκριμένο ποσό κάθε φορά προκειμένου να εκπληρωθεί ο τελικός σκοπός κάθε φορά που είναι αυτός της απεντόμωσης. Οι πιο αποτελεσματικές DMUs λαμβάνουν βαθμολογία 1, διαμορφώνοντας το αποδοτικό σύνορο. Αντίθετα, οι λιγότερο αποδοτικές DMUs λαμβάνουν βαθμολογία από 0,99-0. Όπως φαίνεται και στο Γράφημα 3, οι DMUs C,E, L,K είναι οι πιο αποδοτικές, αφού βρίσκονται επάνω στο σύνορο αποδοτικότητας. Οι μονάδες





C,K εμφανίζουν περισεύματα τεχνικής αποτελεσματικότητας τα λεγόμενα και ως slacks, δηλαδή πέρα από τις οριζόντιες μειώσεις που σημειώνονται μέσα από τα efficiency scores, θα πρέπει να γίνουν κάποιες επιπλέον μειώσεις στις επιμέρους μεταβλητές. Από την άλλη πλευρά το L ενώ βρίσκεται στο αποδοτικό σύνορο εμφανίζει ελλείψεις αναφορικά με την αποδοτικότητα κλίμακας.



**Γράφημα 3:** Επεξηγηματική απεικόνιση του output-oriented μοντέλου

Από μαθηματική άποψης, το παρόν πρόβλημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για το μοντέλο CRS προσανατολισμένων εκροών και για το μοντέλο VRS DEA χρησιμοποιώντας τους ακόλουθους τύπους:

Constant Return to Scale (CRS)

$$z = \min \theta - \varepsilon \left( \sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \tag{1}$$

$$s.t. \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta x_{i0} \quad i = 1, \dots, m \tag{2}$$





$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{ro} \quad r = 1, \dots, s \quad (3)$$

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0 \quad \forall i, r, j. \quad (4)$$

Variable Return to Scale (VRS) Add

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (5)$$

Όπου:  $n$  DMU $_j$  ( $j= 1, \dots, n$ ) χρησιμοποιεί το  $x_{ij}$  ως εισροές, στην περίπτωση μας είναι το σύνολο των τιμών της απεντόμωσης ενώ  $y_{rj}$  είναι οι εκροές (π.χ. θνησιμότητα εντόμων), το  $\lambda_j$  είναι μια μη αρνητική σταθερά ενώ τα  $s_i^-$  και  $s_r^+$  είναι αντίστοιχα τα slacks εισροών και εκροών.

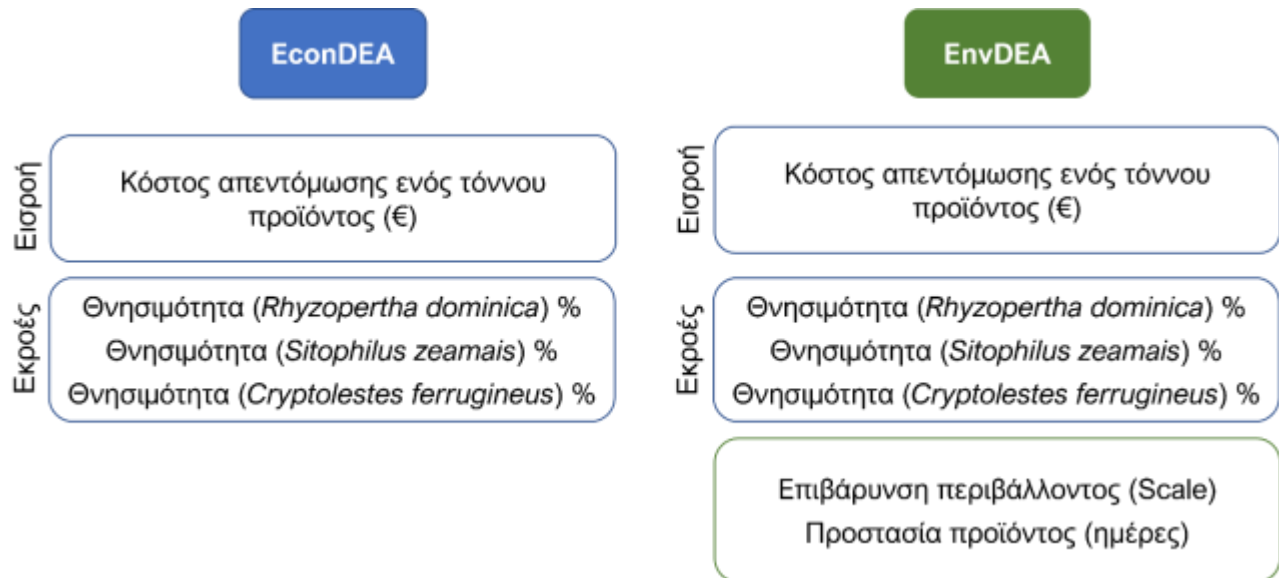
## 2.2 Πειραματικό σχέδιο

Κατά την διεξαγωγή του έργου DiatomiteTHEM συλλέχθηκαν πληθυσμοί εντόμων από τις εγκαταστάσεις της ΘΕΣγη και ελέγχθηκε η θνησιμότητα τους μετά από τη χρήση διάφορων μεθόδων απεντόμωσης. Χρησιμοποιώντας αυτά τα δεδομένα σε συνδυασμό με τα οικονομικά στοιχεία των απεντομών κατασκευάστηκε το πρώτο μοντέλο το οποίο εξετάζει το κόστος απεντόμωσης ανά τόνο προϊόντος και την αποτελεσματικότητα σε θνησιμότητα για τα 3 κυριότερα είδη εντόμων (*Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus zeamais*, *Cryptolestes ferrugineus*). Το μοντέλο ονομάστηκε EconDEA και εξετάζει τη χρήση 2 σκευασμάτων φωσφίνης, εμπορικού τύπου απεντομών, εντομοκτόνο επαφής (με δραστική το pyrimphos-methyl) και γη διατόμων.

Το δεύτερο μοντέλο χρησιμοποιεί σαν βάση του το αρχικό μοντέλο EconDEA και εισάγει μέσα επιπλέον δύο παραμέτρους. Η πρώτη είναι αυτή της χρονικής διάρκειας της απεντόμωσης δηλαδή για πόσο καιρό το προϊόν μου είναι ασφαλές από εντομολογικές προσβολές και ο δεύτερος παράγοντας είναι αυτός της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος από τη χρήση των υπό εξέταση σκευασμάτων, όπου με βάση τις αναγραφόμενες τιμές των



σκευασμάτων δημιουργήθηκε μια κλίμακα κατάταξης που παρουσιάζει τη γη διατόμων ως την πιο φιλική για το περιβάλλον αφού μιλάμε για ένα φυσικό ορυκτό, τα εντομοκτόνα επαφής λίγο λιγότερο και τέλος την εφαρμογή φωσφίνης.



**Σχεδιάγραμμα 1:** Απεικόνιση της μεθοδολογίας που εφαρμόστηκε

### 3. Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα του πρώτου μοντέλου (Πίνακας 1 Πίνακας 2) έδειξαν ότι όταν κατά τη διαδικασία λήψης απόφασης λαμβάνεται υπόψιν μόνο το κόστος και το επιθυμητό αποτέλεσμα που είναι η αυξημένη θνησιμότητα των εντόμων τότε τα εντομοκτόνα επαφής είναι η ιδανικότερη επιλογή, αναφερόμενοι στα 3 υπό μελέτη είδη.

Συνεχίζοντας την επεξήγηση των αποτελεσμάτων οι διαφορές που προκύπτουν μεταξύ της πρώτης και της δεύτερης λύσης αφορά τον παράγοντα του κόστους. Επίσης, παρατηρείται ότι και για τις χρονιές 2019 και 2021 (οπού υπάρχει στάθμιση των τιμών με τους παράγοντες της αγοράς) τα εντομοκτόνα επαφής φαίνεται να υπερτερούν της φωσφίνης. Ακόμη για τη χρήση της γης διατόμων αν και το κόστος απόκτησης της είναι αρκετά υψηλό, εντούτοις η κατάταξη της είναι στη μέση της κατανομής εξαιτίας των υψηλών ποσοστών θνησιμότητας που επιτυγχάνει. Αξίζει να αναφερθεί, ότι ειδικά για τη γη διατόμων που το κόστος της ανά μονάδα προϊόντος είναι αρκετά αυξημένο, χρησιμοποιήθηκαν δυο DMUs (α) χαμηλή προσβολή άρα και χρήση της minimum



συνιστάμενης δόσης (0,5kg/τόννο προϊόντος) (β) υψηλή προσβολή και άρα υψηλότερο κόστος χρήσης (2kg/τόννο προϊόντος).

Πίνακας 1: Κατάταξη διαφορετικών μεθόδων με βάση τις τιμές αποδοτικότητας του EconDEA Μοντέλου

Κωδικός	Ονομασία	Τιμές αποδοτικότητας	Κατάταξη
CI_2019	Εντομοκτόνο επαφής (2019)	1.000	1
PH3A_2019	Φωσφίνη Α (2019)	0.929	2
CI_2020	Εντομοκτόνο επαφής (2021)	0.917	3
CI_2021	Εντομοκτόνο επαφής (2021)	0.913	4
PH3A_2020	Φωσφίνη Α (2020)	0.881	5
PH3A_2021	Φωσφίνη Α (2021)	0.852	6
PH3A_2022	Φωσφίνη Α (2022)	0.800	7
DE_2021_L	Γη διατόμων (Χαμηλή δόση)	0.718	8
PH3C_2021	Φωσφίνη Γ (2022)	0.650	9
PH3C_2021	Φωσφίνη Γ (2023)	0.591	10
DE_2021_H	Γη διατόμων (Υψηλή δόση)	0.500	11
PH3B_2019	Φωσφίνη Β (2019)	0.491	12
PH3B_2020	Φωσφίνη Β (2020)	0.486	13
PH3B_2021	Φωσφίνη Β (2021)	0.477	14
PH3B_2022	Φωσφίνη Β (2022)	0.426	15

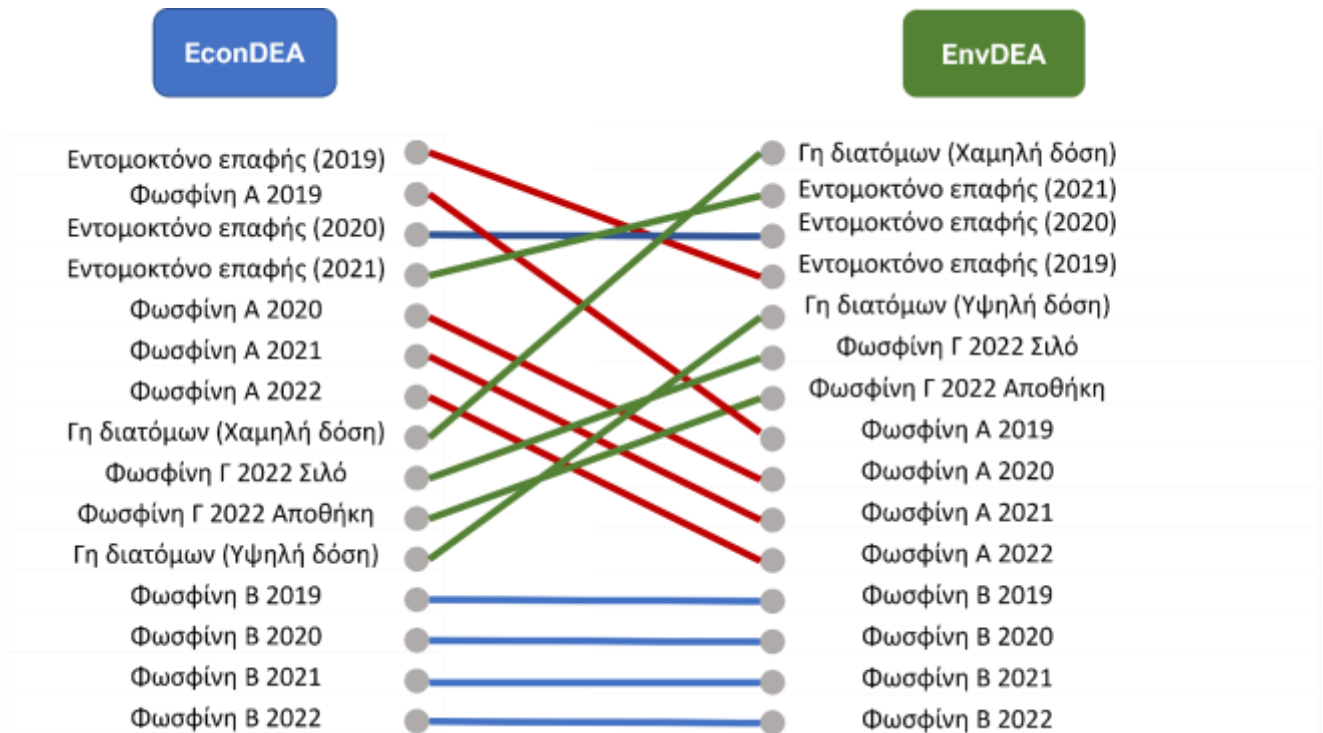
Από την άλλη πλευρά όμως, όταν στο μοντέλο της DEA συμπεριληφθούν επιπλέον παράγοντες όπως αυτοί της χρονικής διάρκειας και των επιπτώσεων των ενεργειών αυτών στο περιβάλλον τότε υπάρχει μια ξεκάθαρη αλλαγή στην παραπάνω κατάταξη. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 2 υπάρχει ξεκάθαρη επικράτηση της γης διατομών συγκριτικά με τη φωσφίνη και τα εντομοκτόνα επαφής. Γίνεται λοιπόν αντιληπτό ότι κάθε φορά το πλαίσιο μέσα από το οποίο λαμβάνονται οι τελικές αποφάσεις είναι το πιο καθοριστικό και είναι και αυτό που καθορίζει το τελικό αποτέλεσμα.



Πίνακας 2: Κατάταξη διαφορετικών μεθόδων με βάση τις τιμές αποδοτικότητας του EnvDEA Μοντέλου

Κωδικός	Ονομασία	Τιμές αποδοτικότητας	Κατάταξη
DE_2021_L	Γη διατόμων (Χαμηλή δόση)	1.000	1
CI_2021	Εντομοκτόνο επαφής (2021)	0.929	2
CI_2020	Εντομοκτόνο επαφής (2020)	0,932	3
CI_2019	Εντομοκτόνο επαφής (2019)	0.924	4
DE_2021_H	Γη διατόμων (Υψηλή δόση)	0.920	5
PH3C_2021	Φωσφίνη Γ 2022 Σιλό	0.909	6
PH3C_2021	Φωσφίνη Γ 2022 Αποθήκη	0.899	7
PH3A_2019	Φωσφίνη Α 2019	0.892	8
PH3A_2020	Φωσφίνη Α 2020	0.887	9
PH3A_2021	Φωσφίνη Α 2021	0.867	10
PH3A_2022	Φωσφίνη Α 2022	0.862	11
PH3B_2019	Φωσφίνη Β 2019	0.528	12
PH3B_2020	Φωσφίνη Β 2020	0.523	13
PH3B_2021	Φωσφίνη Β 2021	0.514	14
PH3B_2022	Φωσφίνη Β 2022	0.459	15

Επειδή τον κυριότερο λόγο σε αυτή την έκθεση διαδραματίζει η κατάταξη των DMUs και όχι οι τιμές αποδοτικότητας, για αυτό το λόγο θεωρήθηκε σκόπιμη η δημιουργία του Σχεδιάγραμμα 2.



Σχεδιάγραμμα 2: Απεικόνιση των αποτελεσμάτων με βάση τα EconDEA και EnvDEA μοντέλα

#### 4. Συζήτηση- Συμπεράσματα

Με βάση λοιπόν τα παραπάνω προκύπτει το συμπέρασμα ότι η χρήση της γης διατόμων είναι μια πρακτική που θα απασχολήσει ιδιαίτερα τον κλάδο των απεντομώσεων, εξαιτίας της αναγκαιότητας για κάλυψη των τριών πυλώνων της αειφορίας (οικονομία, περιβάλλον, κοινωνία).

Στο τελευταίο κομμάτι αυτής της έκθεσης κρίνεται απαραίτητή μια λεπτομερής καταγραφή από παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν τη χρήση γης διατομών στο μέλλον. Πρώτος και σημαντικότερος παράγοντας είναι αυτός του κόστους της συγκεκριμένης ουσίας. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η γη διατόμων παρουσιάζει το μεγαλύτερο κόστος για την απεντόμωση ενός τόννου προϊόντος και αυτός είναι και ίσως και ο καθοριστικότερος παράγοντας που έχουν επικρατήσει οι άλλες δυο μέθοδοι.



Στην παρούσα έρευνα επίσης όλες οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν ήταν ισοβαρές, δηλαδή μέσα από την ανάλυση δεν δίνεται κάποια περαιτέρω σημασία στην επίτευξη υψηλότερων επιπέδων θνησιμότητας για ένα συγκεκριμένο είδος εντόμου ή στον δείκτη που αναφέρεται στην προστασία του περιβάλλοντος. Ακόμη δεν ποσοτικοποιήθηκε η ευκολία στη χρήση από πλευράς του εφαρμοστή, θεωρήθηκε δηλαδή ως δεδομένο ότι όλες οι εφαρμογές εμφανίζουν την ίδια δυσκολία για την εφαρμογή τους.

Επιπρόσθετα, δεν υπάρχει κάποια συσχέτιση των μεθόδων με κλιματικά δεδομένα που τυχόν να επηρεάζουν την αποδοτικότητα των μεθόδων που έχουν εφαρμοστεί και επομένως να υπάρχει μια διαφορετική τελική κατάταξη. Επίσης η επίδραση της κλιματικής αλλαγής δείχνει ότι μεταβάλλει τους πληθυσμούς των εντόμων που προσαρμόζονται και ακμάζουν σε μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή. Με βάση τη βιβλιογραφία δεν είναι σαφές αν τα εντομοκτόνα επαφής μπορούν να δημιουργήσουν σε συντομότερο χρονικό διάστημα ανθεκτικούς πληθυσμούς στη χρήση τους συγκριτικά με τη φωσφίνη. Ο μηχανισμός λειτουργίας της γης διατόμων, που δημιουργεί οπές ώστε να αφυδατώνει τα έντομα, θεωρείται ο λιγότερο επικίνδυνος για τη δημιουργία ανθεκτικών πληθυσμών συγκριτικά με τις μεθόδους που αναφέρθηκαν πιο πάνω.

Από την ερευνητική πλευρά, αν και η μεθοδολογία της DEA είναι ευρύτατα διαδεδομένη στον αγροτικό χώρο, υπάρχει μηδαμινή χρήση της ως προς το κομμάτι επιλογής της καταλληλότερης μεθόδου απεντόμωσης στον τομέα των αποθηκευμένων τροφίμων και μάλιστα υπό το πρίσμα της αειφορίας. Ευελπιστούμε, η παρούσα μελέτη να αποτελέσει έναυσμα και για άλλες παρόμοιες μελέτες.

Σε κάθε περίπτωση είναι ιδιαίτερα σημαντικό να υπάρχει μια ξεκάθαρη στρατηγική από την πλευρά της επιχείρησης για την τελική χρήση του προϊόντος, ώστε να απευθυνθεί στα αντίστοιχα κανάλια διανομής και να αναζητήσει τις καλύτερες τιμές για το προϊόν που θέλει να εμπορευτεί. Η χρήση της γης διατόμων στα σιτηρά αποτελεί μια σύγχρονη λύση, που αν και εκ πρώτης όψεως η τιμή για τη χρήση της είναι αποτρεπτική εντούτοις η ποιότητα του τελικού προϊόντος είναι αυτή που θα μπορέσει να αναδείξει τις θετικές επιδράσεις που έχει η χρήση της.

Τέλος αξίζει να αναφερθεί ότι η συγκεκριμένη έρευνα παρουσιάζει υψηλό βαθμό καινοτομίας και πρωτογενή στοιχεία που είναι δυσεύρετα. Για αυτούς τους λόγους το



σύνολο του παραδοτέου 5.1 έχει παρουσιαστεί στο διεθνές συνέδριο της ΗΑΙCΤΑ (10th International Conference on ICT in Agriculture, Food & Environment) που θα διοργανωθεί 22-25 Σεπτεμβρίου στην Αθήνα.

## 5. Βιβλιογραφία

FAO. (2019). *The state of food and agriculture: Moving forward on food loss and waste reduction*. <https://www.fao.org/3/ca6030en/ca6030en.pdf>

Kumar, D., & Kalita, P. (2017). Reducing Postharvest Losses during Storage of Grain Crops to Strengthen Food Security in Developing Countries. *Foods*, 6(1), 1–22. <https://doi.org/10.3390/FOODS6010008>

Stejskal, V., Hubert, J., Aulicky, R., & Kucerova, Z. (2015). Overview of present and past and pest-associated risks in stored food and feed products: European perspective. *Journal of Stored Products Research*, 64, 122–132. <https://doi.org/10.1016/J.JSPR.2014.12.006>

Stopar, K., Trdan, S., Bartol, T., Arthur, F. H., & Athanassiou, C. G. (2022). Research on stored products: A bibliometric analysis of the leading journal of the field for the years 1965–2020. *Journal of Stored Products Research*, 98. <https://doi.org/10.1016/J.JSPR.2022.101980>

United Nations. (2022). *Sustainable Development Goals*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>

Zeni, V., Baliota, G. v., Benelli, G., Canale, A., & Athanassiou, C. G. (2021). Diatomaceous Earth for Arthropod Pest Control: Back to the Future. *Molecules* 2021, Vol. 26, Page 7487, 26(24), 7487. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES26247487>