



Εφαρμογή της μεθόδου Αξιολόγησης Κύκλου Ζωής (LCA) για την εκτίμηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος στην ιχθυοκαλλιέργεια της Θεσπρωτίας

Δρ. Κωνσταντινίδης Ευάγγελος, Ιχθυολόγος MSc, PhD

Δρ. Περδικάρης Κώστας, Ιχθυολόγος MSc, PhD

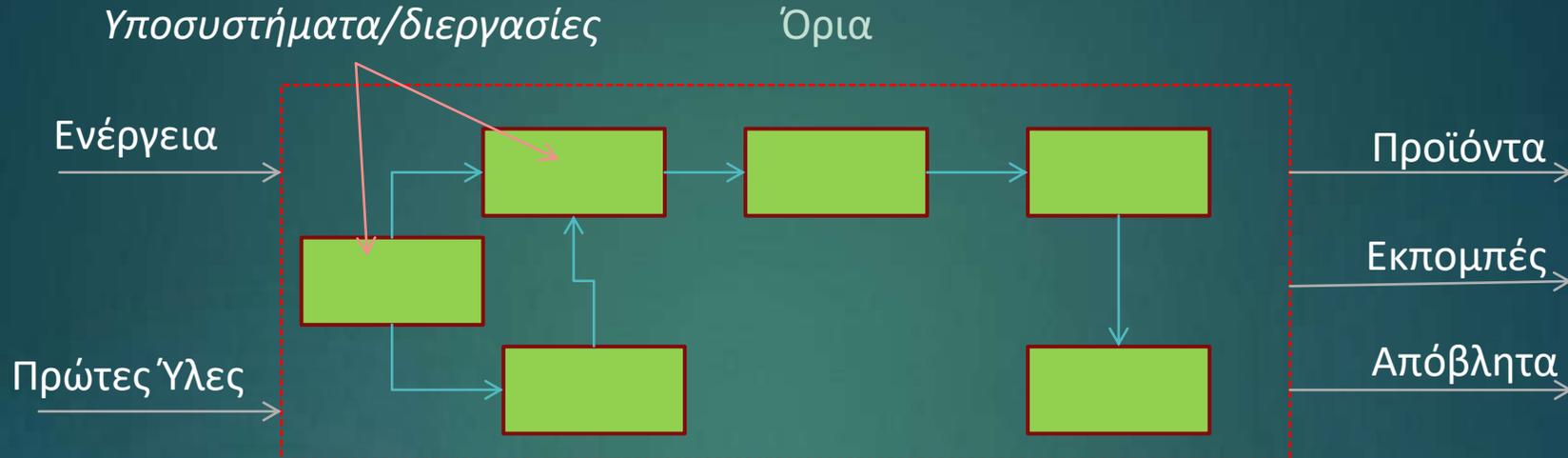
Τμήμα Αλιείας, Περιφερειακή Ενότητα Θεσπρωτίας, Περιφέρεια Ηπείρου

Εισαγωγή: Αξιολόγηση Κύκλου Ζωής (LCA)

- Η Αξιολόγηση Κύκλου Ζωής (Life Cycle Assessment - LCA): μέθοδος - εργαλείο περιβαλλοντικής εκτίμησης, διαχείρισης και λήψης αποφάσεων: καταγράφει, ποσοτικοποιεί και συγκρίνει περιβαλλοντικές επιπτώσεις προϊόντος, διαδικασίας ή υπηρεσίας.
- Η πρώτη τυποποιημένη και καθιερωμένη διεθνώς μέθοδος «ολιστικής» περιβαλλοντικής εκτίμησης, αποτυπώνοντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε ενιαίο πλαίσιο, όπου και όποτε αυτές έχουν συμβεί ή πρόκειται να συμβούν μελλοντικά.
- Σκοπός: Η αξιολόγηση των δυνατοτήτων περιορισμού των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε συνδυασμό με ορθολογική χρήση πρώτων υλών και ενέργειας.



Εισαγωγή: Αξιολόγηση Κύκλου Ζωής (LCA)



- Με στόχο τη μείωση των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων στο περιβάλλον: απαιτείται να καταλάβουμε από **που** προέρχονται και **πως** εξελίσσονται.
- Η διαδικασία αυτή είναι απαραίτητη καθώς τα προϊόντα ή οι υπηρεσίες συνήθως έχουν διαφορετικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατά τη διάρκεια των διαφορετικών σταδίων του κύκλου ζωής.
- Ζητήματα τα οποία δεν είναι άμεσα συσχετιζόμενα με το περιβάλλον όπως η ασφάλεια του προϊόντος ή το κόστος, δεν λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό της LCA.

Στόχοι

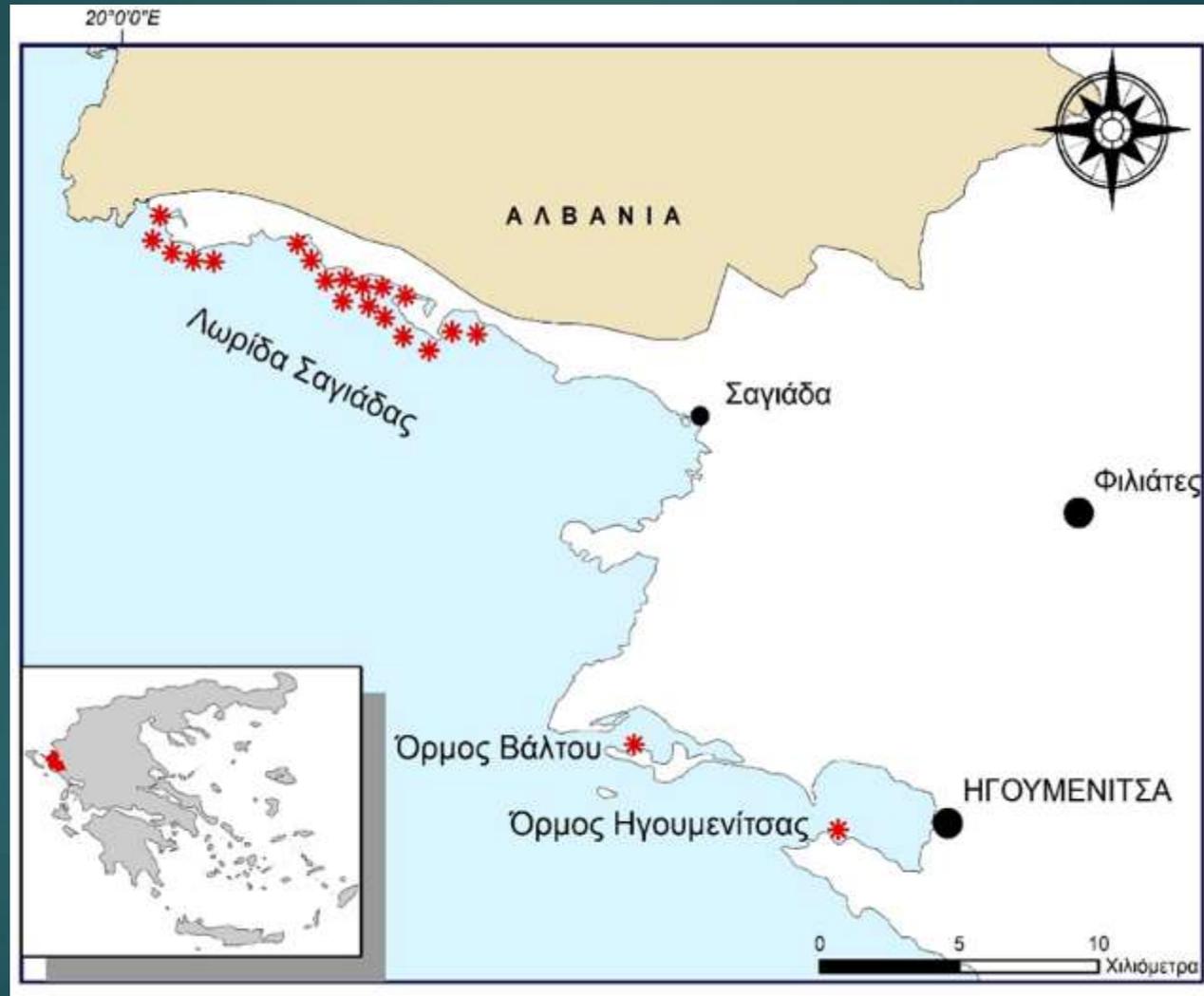
Υπολογισμός του περιβαλλοντικού αποτυπώματος της εκτροφής του λαβρακιού (*Dicentrarchus labrax*) και του κρانيού (*Argyrosomus regius*), από την εισαγωγή του γόνου ως το σημείο τελικής διάθεσης στις αγορές με τη χρήση μεσαίων και τελικών δεικτών της LCA, λαμβάνοντας υπόψη όλες τις **κοκκομετρίες των ιχθυοτροφών και τη διαδικασία της συσκευασίας** εξετάζοντας εναλλακτικά σενάρια, στοχεύοντας σε **ουδετεροποίηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου**

Πόση επιβάρυνση προκαλεί το ψάρι της ελληνικής ιχθυοκαλλιέργειας στην κλιματική αλλαγή συγκριτικά με άλλους τομείς της αγροδιατροφής;

κοιτηρς εις αλβοογαυβοφμζ:

ιχθυοκαλλιέργειας ομυλ κνητασικη αγναση οηλκβητικα ηε αγγοης

Υλικά και μέθοδοι: περιοχή μελέτης

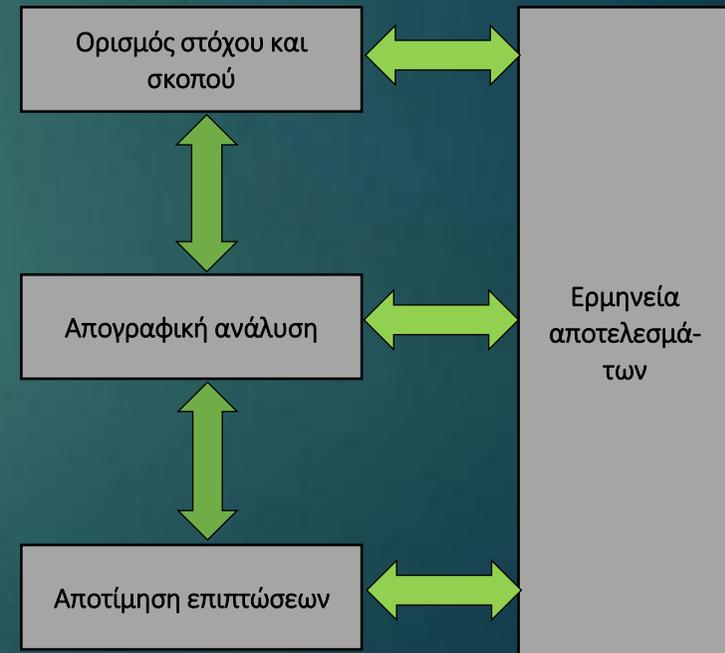


Υλικά και μέθοδοι: περιγραφή μεθόδου LCA

Η LCA βασίζεται στην **αρχή της πρόληψης** ή αλλιώς εκφραζόμενο - στην αρχή της προφύλαξης από τη ρύπανση/επιβάρυνση, σύμφωνα με την οποία, για τις όποιες επιβαρύνσεις, θα πρέπει να γίνει προσπάθεια μείωσής τους στην πηγή.

Σύμφωνα με τις αρχές των ISO 14040 & 14044, τα τέσσερα βήματα που απαιτούνται, είναι:

1. **Καθορισμός του στόχου και του σκοπού** (προκαταρκτικές παραδοχές, λειτουργική μονάδα, όρια συστήματος - σχεδιασμός συστήματος).
2. **Απογραφική ανάλυση κύκλου ζωής** (συλλογή & ανάλυση υλικών και ενέργειας που εισέρχονται στο σύστημα και των εξόδων μεταξύ του προϊόντος και το περιβάλλον).
3. **Αποτίμηση επιπτώσεων κύκλου ζωής** (αξιολόγηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων με τη χρήση δεικτών επιπτώσεων).
4. **Ερμηνεία κύκλου ζωής** (αξιολόγηση πιθανών αλλαγών ή τροποποιήσεων του συστήματος που μπορούν να μειώσουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του).



Υλικά και μέθοδοι: μεσαίοι δείκτες μοντέλου ReCiPe (2016)

Κατηγορία περιβ. επίπτωσης	Σύμβολο	Κατηγορία περιβ. επίπτωσης	Σύμβολο
Κλιματική αλλαγή	GW	Οικοτοξικότητα	TEx
Εξάντληση στοιβάδας όζοντος	SozD	Οικοτοξικότητα εσωτερικών υδάτων	Fex
Ιονίζουσα ακτινοβολία	IRad	Θαλάσσια οικοτοξικότητα	Mex
Φωτοχημική δημιουργία όζοντος, ανθρώπινη υγεία	OzFHH	Ανθρώπινη καρκινογόνος τοξικότητα	HCTx
Δημιουργία μικροσωματιδίων	FPMF	Ανθρώπινη μη-καρκινογόνος τοξικότητα	HnCTx
Φωτοχημική δημιουργία όζοντος, χερσαία οικοσυστήματα	OzFTE	Κατάληψη γης	LU
Χερσαία οξίνιση	Tac	Εξάντληση ορυκτών πόρων	MRSc
Ευτροφισμός εσωτερικών υδάτων	Feu	Εξάντληση ορυκτών καυσίμων	FRSc
Θαλάσσιος ευτροφισμός	Meu	Κατανάλωση νερού	WC

Υλικά και μέθοδοι: τελικοί δείκτες μοντέλου ReCiPe (2016), λογισμικά, βάσεις δεδομένων

- Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία
- Επιπτώσεις στα οικοσυστήματα
- Εξάντληση φυσικών πόρων

Κυριότερες βάσεις δεδομένων:

- *EcoInvent (Swiss Centre for Life Cycle Inventories)*
- *ELCD (European Commission/Joint Research Centre - EC/JRC)*
- *Agri-footprint (Blonk Consultants)*
- *Agribalyse (ADEME – INRAE)*
- *Environmental Footprint database (European Commission/Joint Research Centre - EC/JRC).*

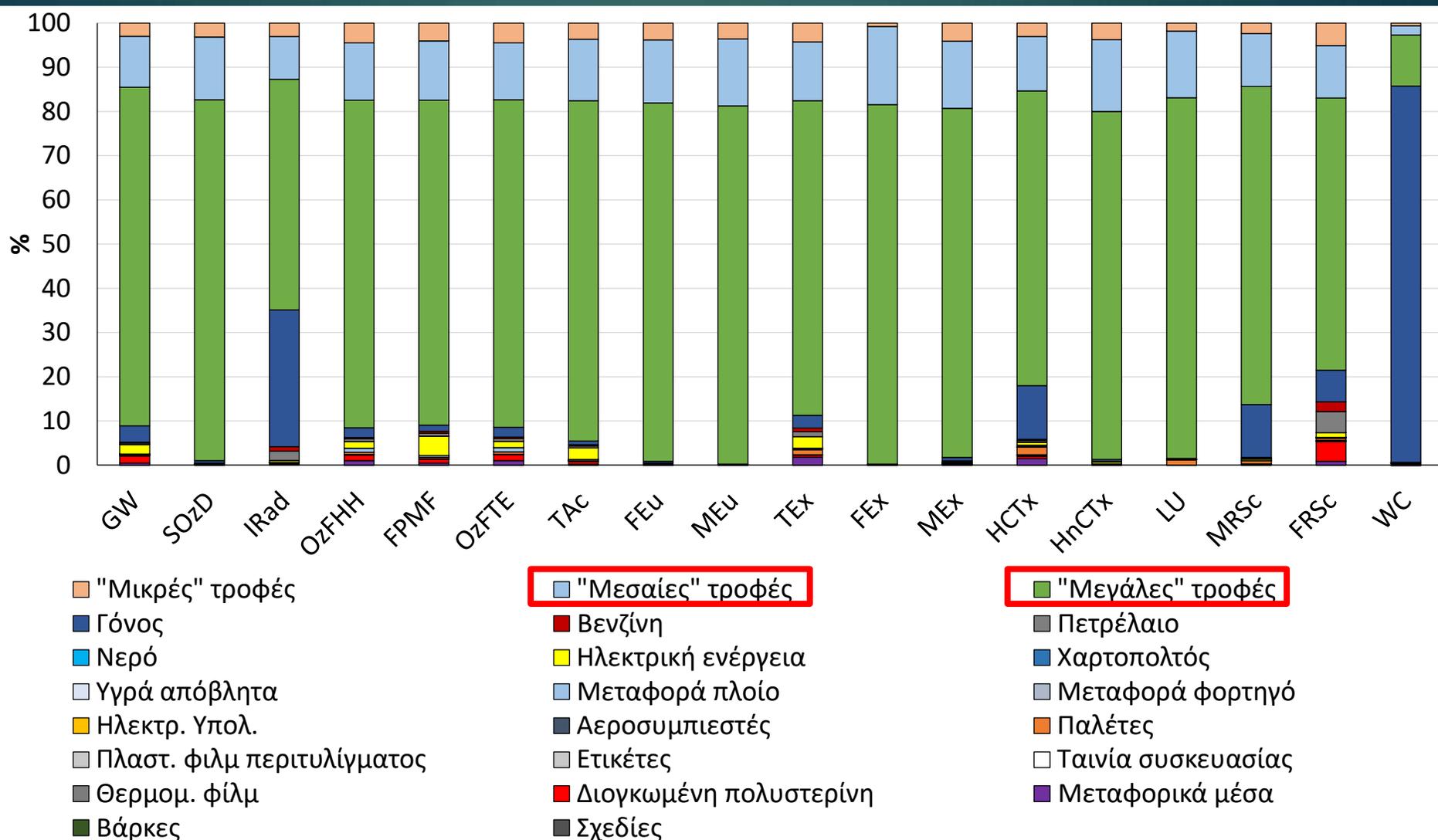
Υλικά και μέθοδοι: εφαρμογή της LCA στην εκτροφή και διάθεση λαβρακιού και κρانيού

- ✓ Συλλογή δεδομένων εκτροφής: αριθμός και μέσο βάρος εισαγωγής ιχθυδίων, ποσότητες τροφής «μικρού» ($\leq 2,5$ χιλ.), «μεσαίου» (3-4 χιλ.) και «μεγάλου» ($\geq 4,5$ χιλ.) μεγέθους, αριθμός ιχθύων και μέσο βάρος εξαλίευσης, καταναλώσεις καυσίμων, ηλεκτρικής ενέργειας και γλυκού νερού, παρασκευή ιχθυοτροφών (ποσότητες ιχθυάλευρου, ιχθυέλαιου, πρώτες ύλες φυτικής προέλευσης όπως σιτάλευρο, αλεύρι γλουτένης καλαμπ., σόγια, ηλιάλευρο, αμινοξέα όπως λυσίνη, μεθειονίνη, διάφορες άλλες ύλες), συσκευασία και μεταφορά ιχθυοτροφών, παραγωγική ικανότητα εργοστασίου ανά ώρα λειτουργίας, κατανάλωση ενέργειας (ηλεκτρική & θερμική).
- ✓ Συλλογή δεδομένων συσκευασίας: ποσότητες συσκευασμένων ιχθύων, αριθμός και μέγεθος ισοθερμικών δοχείων, καταναλώσεις νερού & ηλεκτρ. ενέργειας, υλικών συσκευασίας, χρήση Η/Υ, χρήση αεροσυμπιεστών & υλικά συντήρησης, συντήρηση μηχανών ψύξης, υπολειμμάτων & αποβλήτων συσκευασίας (χαρτοπολτός, πάγος από τις «βούτες», κατεστραμμένα ιχθυοκιβώτια, ξύλο από παλέτες, μεταλλικά στοιχεία από παλέτες, BOD₅, κτλ).
- ✓ Συλλογή δεδομένων μεταφοράς: από μονάδα εκτροφής → Νέα Σελεύκεια → Μπάρι της Ιταλίας.
- ✓ Δείγμα - ποσότητα συσκευασμένων ιχθύων (2016-2018): **12.046** τν.
- ✓ Μοντέλο υπολογισμού: ReCiPe (2016) με τη χρήση **μεσαίων** και **τελικών** δεικτών.

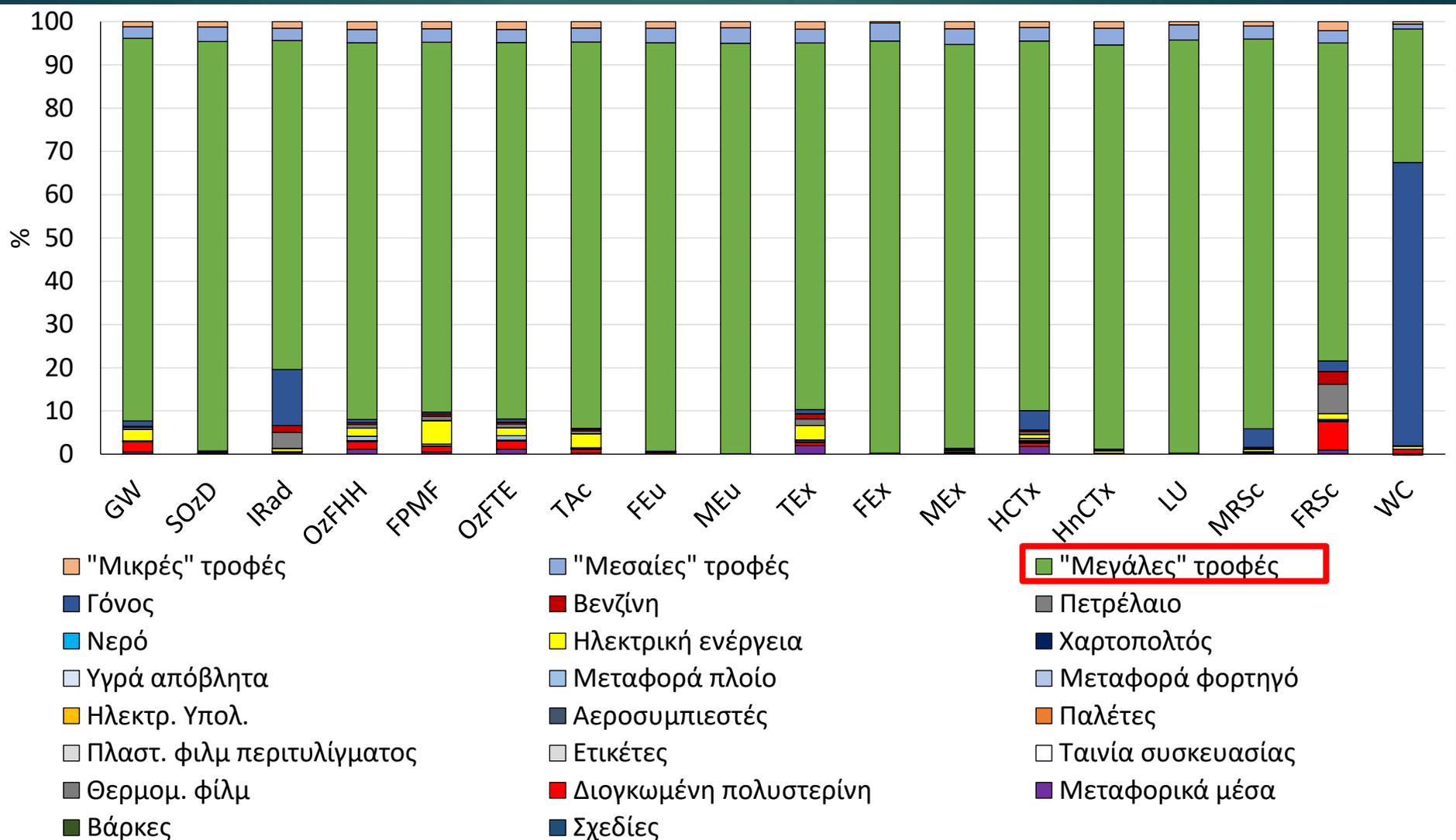
Υλικά και μέθοδοι: εφαρμογή της LCA στη συσκευασία λαβρακιού και κρανιού - σενάρια περιορισμού περιβ. επιβαρύνσεων

- **Σενάριο Α:** αντικατάσταση του ενεργειακού μείγματος της Ελλάδας με το Ευρωπαϊκό μέσο μείγμα ενέργειας.
- **Σενάριο Β:** αντικατάσταση της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας με ενέργεια που προέρχεται αποκλειστικά από φωτοβολταϊκά συστήματα.
- **Σενάριο Γ:** πλήρης ανακύκλωση των ιχθυοκιβωτίων και των υλικών συσκευασίας σε συνδυασμό με διαχείριση των υγρών αποβλήτων.
- **Σενάριο Δ:** ενέργεια από Φ/Β, αντικατάσταση των ιχθυοκιβωτίων με ανακυκλώσιμα κιβώτια από πλαστικές ίνες, επαναχρησιμοποιούμενες παλέτες, ανακύκλωση όλων των υπόλοιπων υλικών συσκευασίας και διαχείριση των υγρών αποβλήτων.

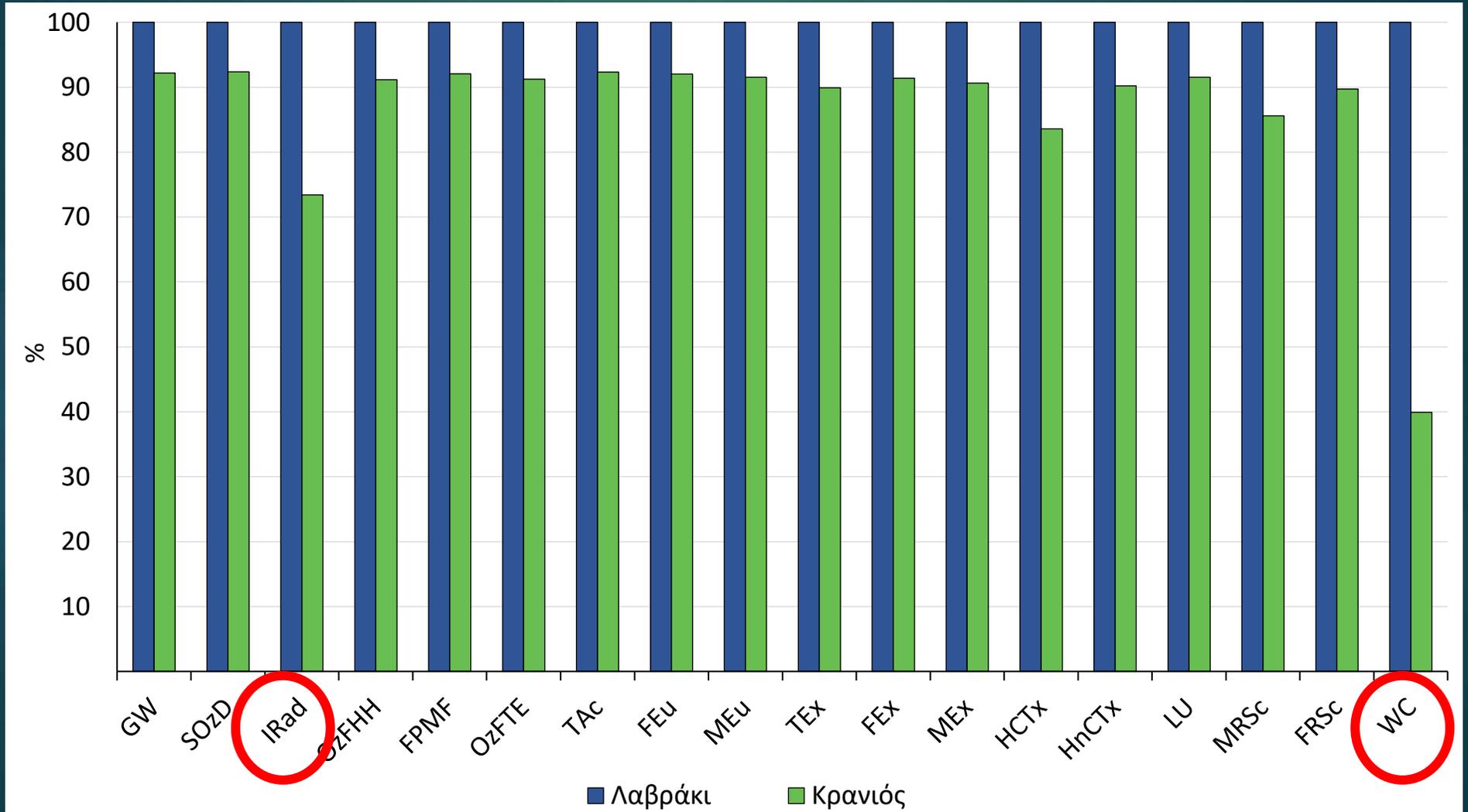
Αποτελέσματα: εφαρμογή LCA στην εκτροφή και διάθεση του λαβρακιού



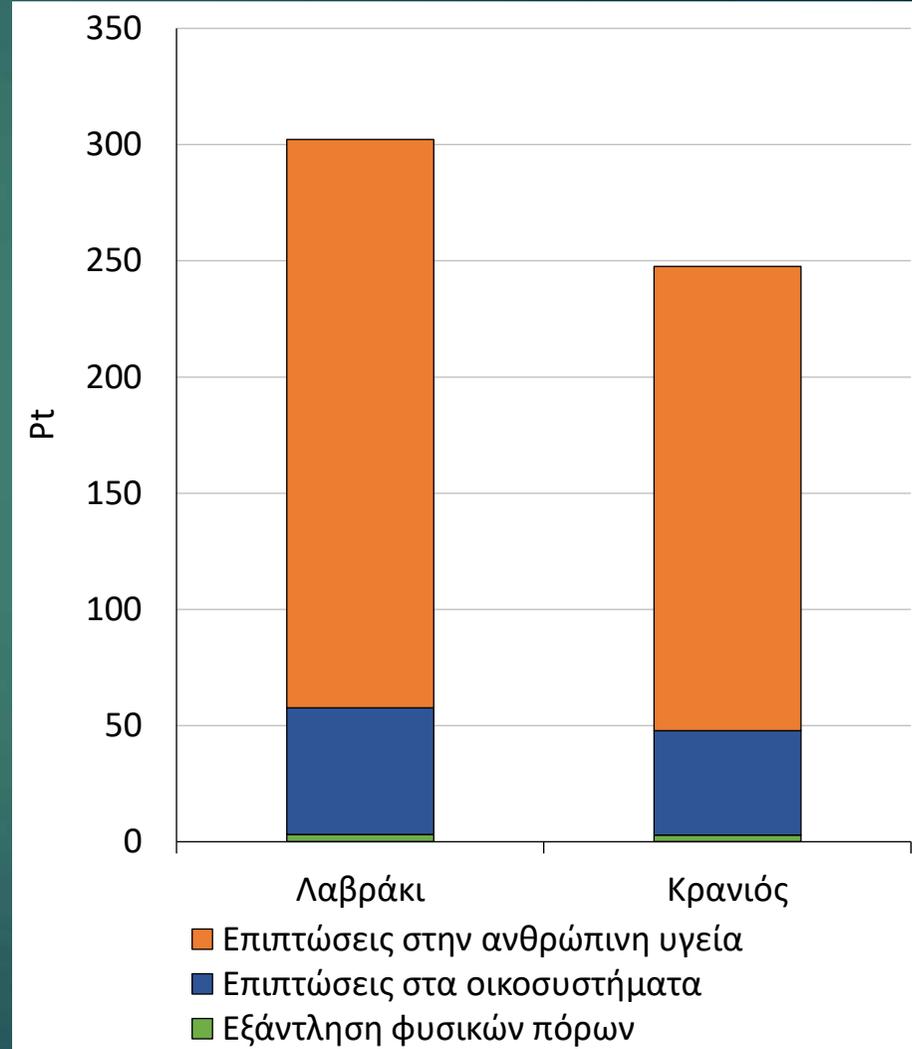
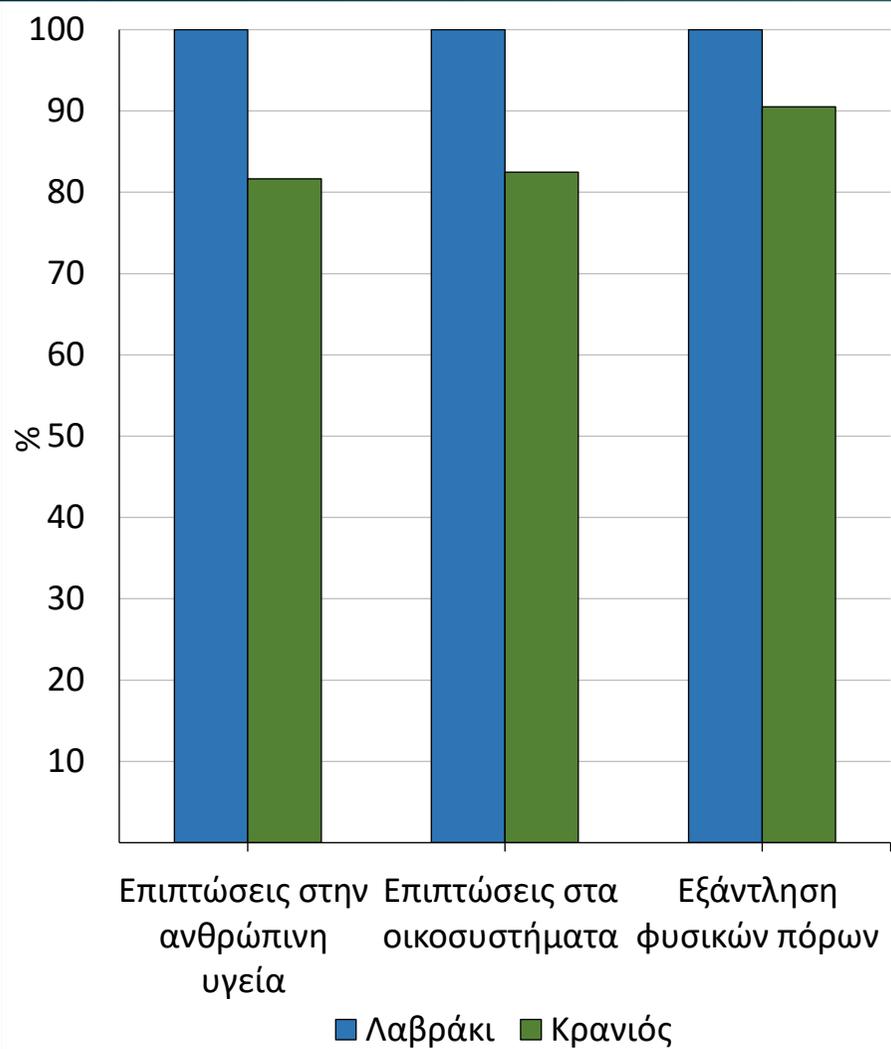
Αποτελέσματα: εφαρμογή LCA στην εκτροφή και διάθεση του κρανιού



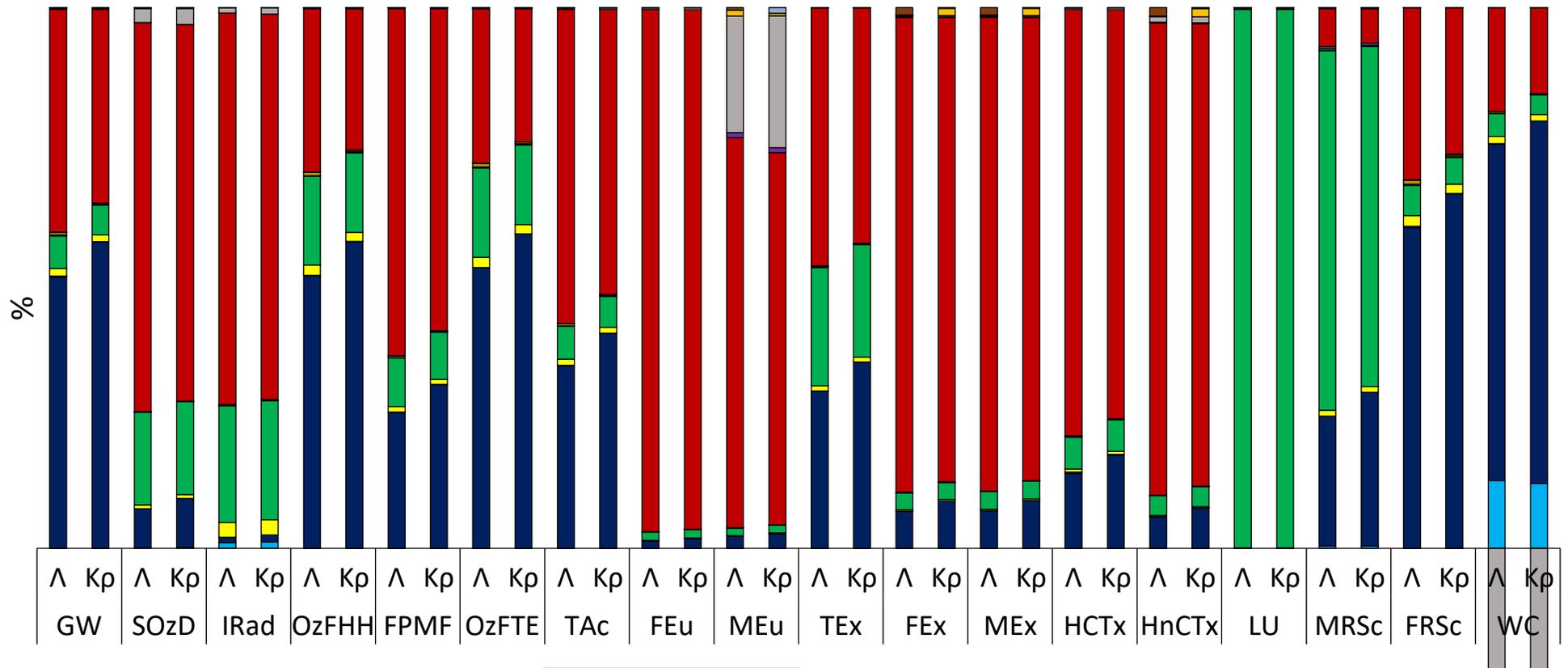
Αποτελέσματα: εφαρμογή LCA στην εκτροφή και διάθεση λαβρακιού και κρانيού με τη χρήση μεσαίων δεικτών



Αποτελέσματα: εφαρμογή LCA στην εκτροφή και διάθεση λαβρακιού και κρανιού με τη χρήση τελικών δεικτών



Αποτελέσματα: εφαρμογή LCA στη συσκευασία λαβρακιού και κρانيού

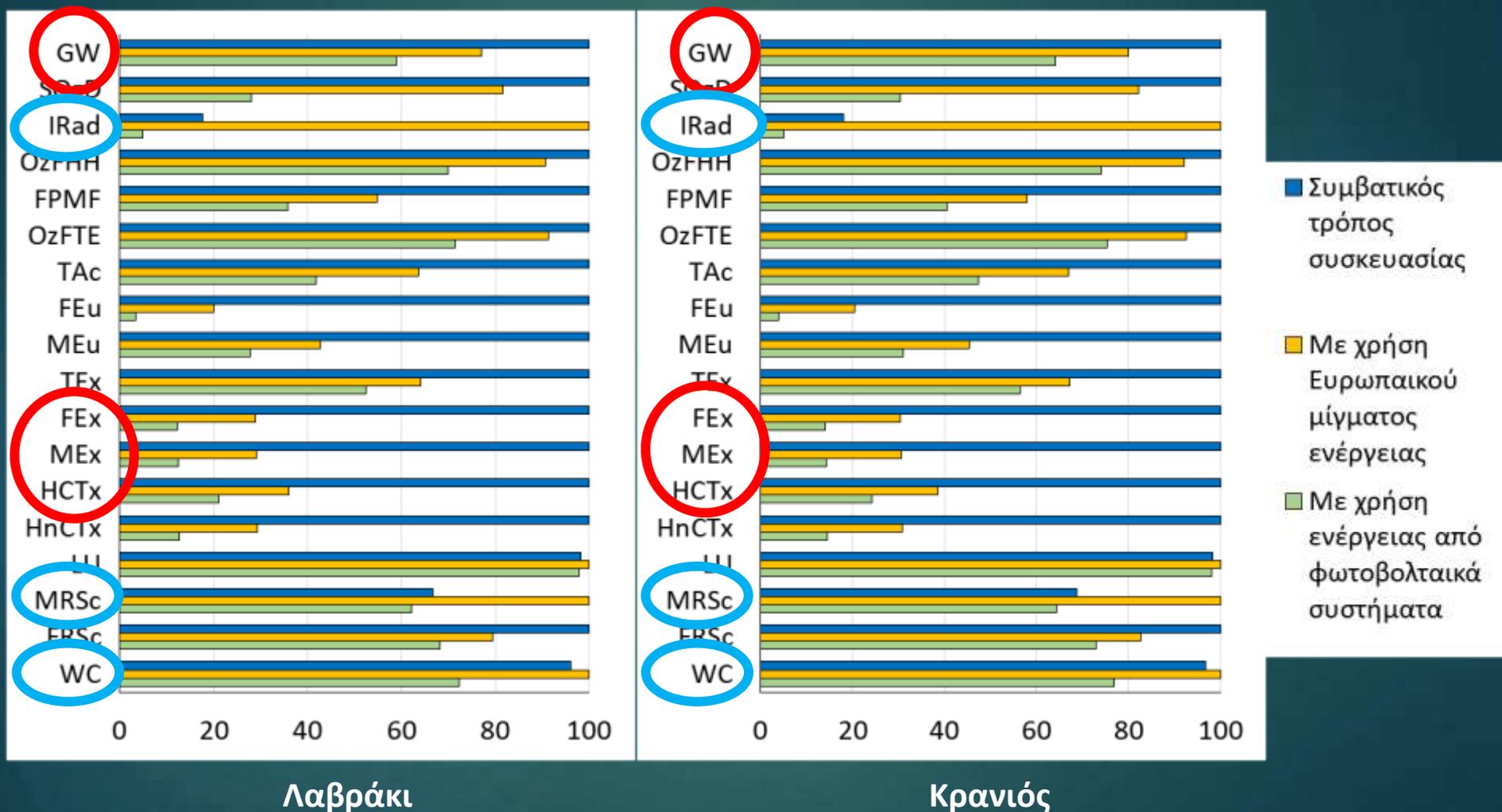


- Πάγος
- Πλαστικό φιλμ περιτ.
- Πλ. Μονωτικό φιλμ
- Ηλεκτρική ενέργεια
- Στ. απόβλητα - ξύλο

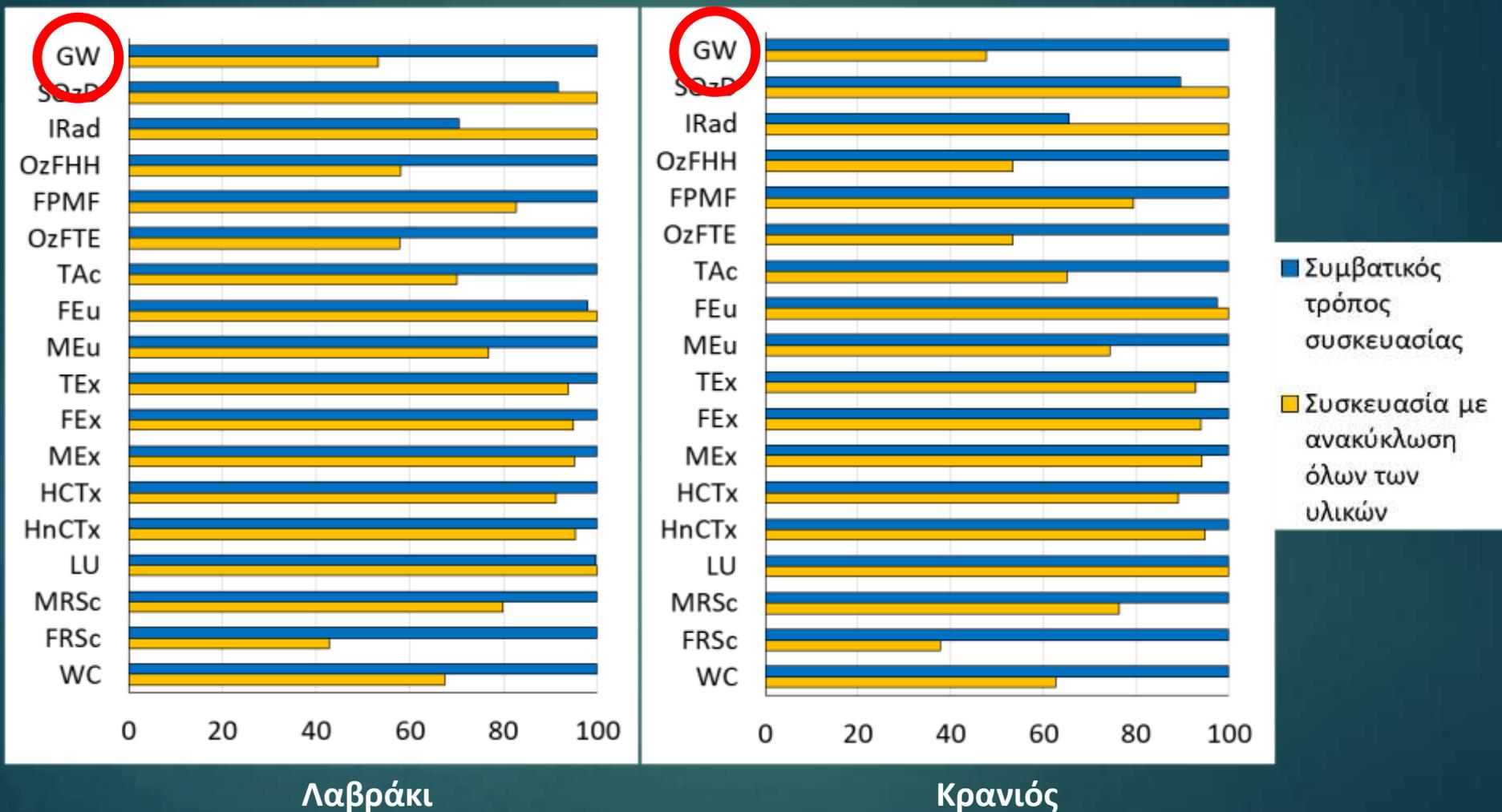
- Ιχθυοκιβώτια
- Παλέτες
- Ηλ. υπολογιστής
- Χαρτοπολτός
- Στ. απόβλητα - μεταλ. στοιχεία

- Ετικέτες
- Ταινία συσκευασίας
- Αεροσυμπιεστής
- Υγρά απόβλητα
- Κατεστρ. ιχθυοκιβώτια

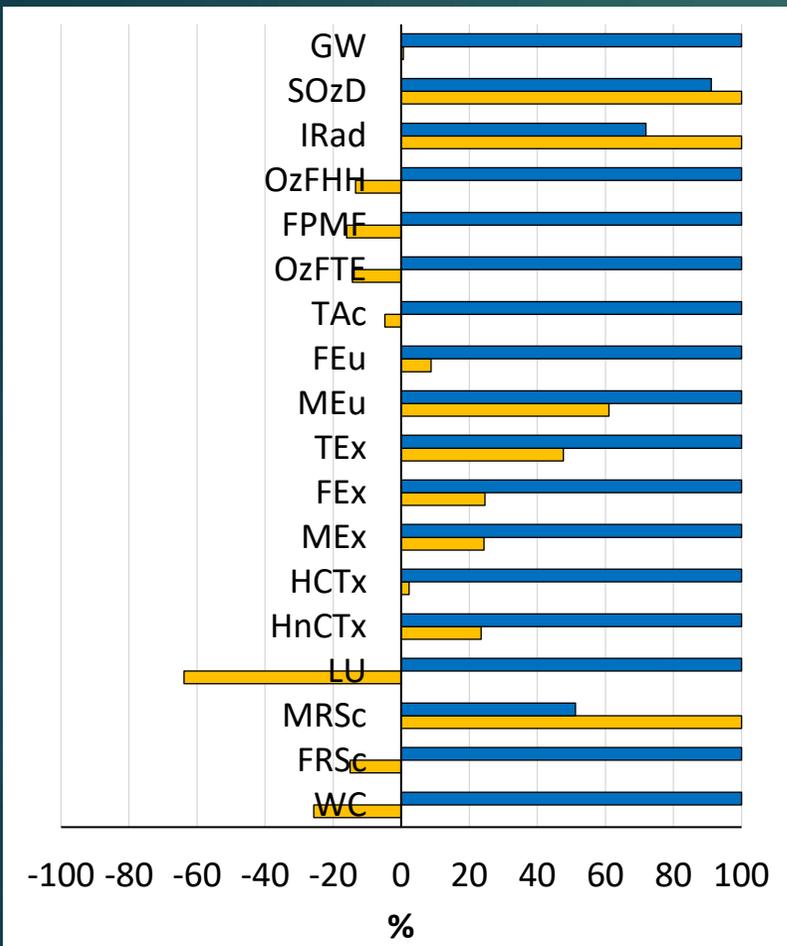
Αποτελέσματα: εφαρμογή LCA στη συσκευασία λαβρακιού και κρανιού – σενάρια A & B



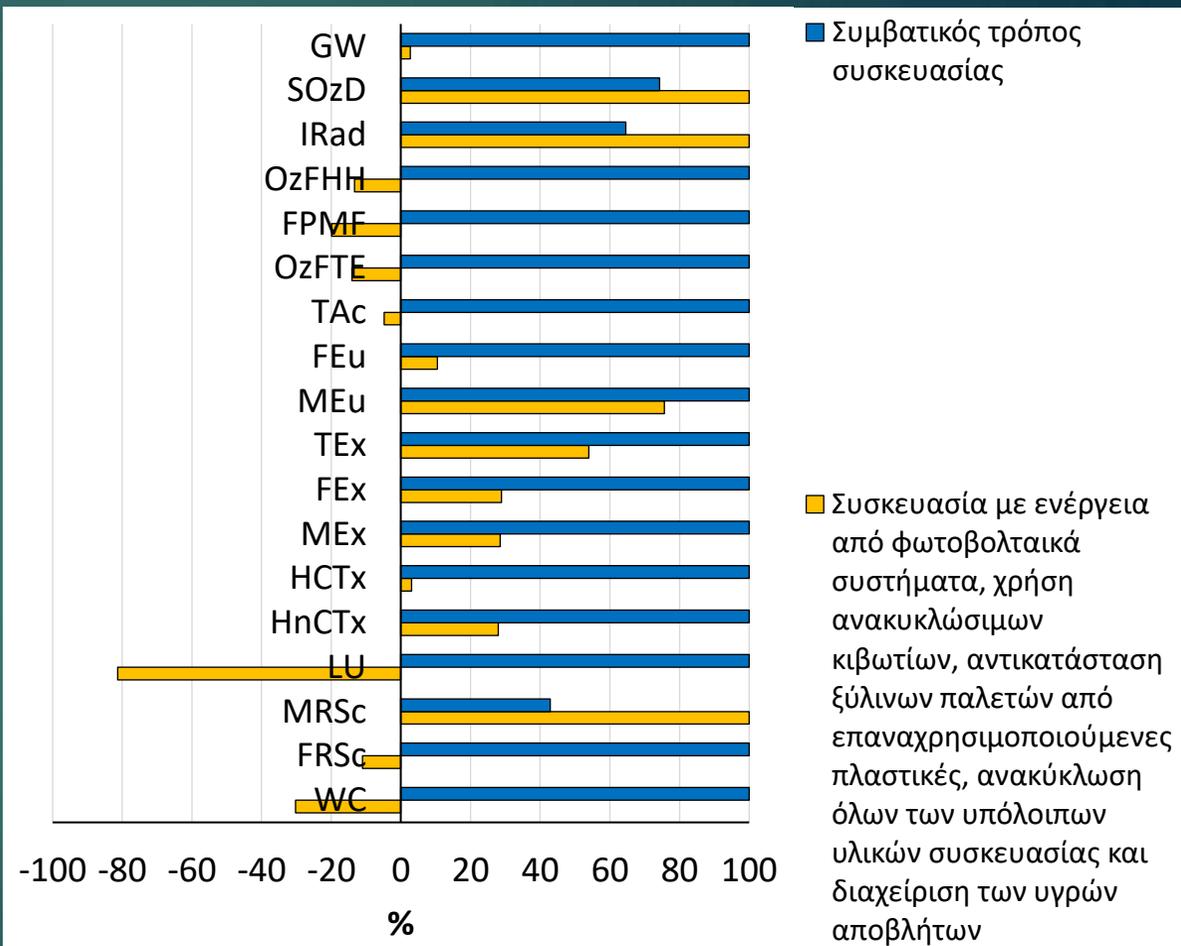
Αποτελέσματα: εφαρμογή LCA στη συσκευασία λαβρακιού και κρανιού – σενάριο Γ



Αποτελέσματα: εφαρμογή LCA στη συσκευασία λαβρακιού και κρανιού – σενάριο Δ



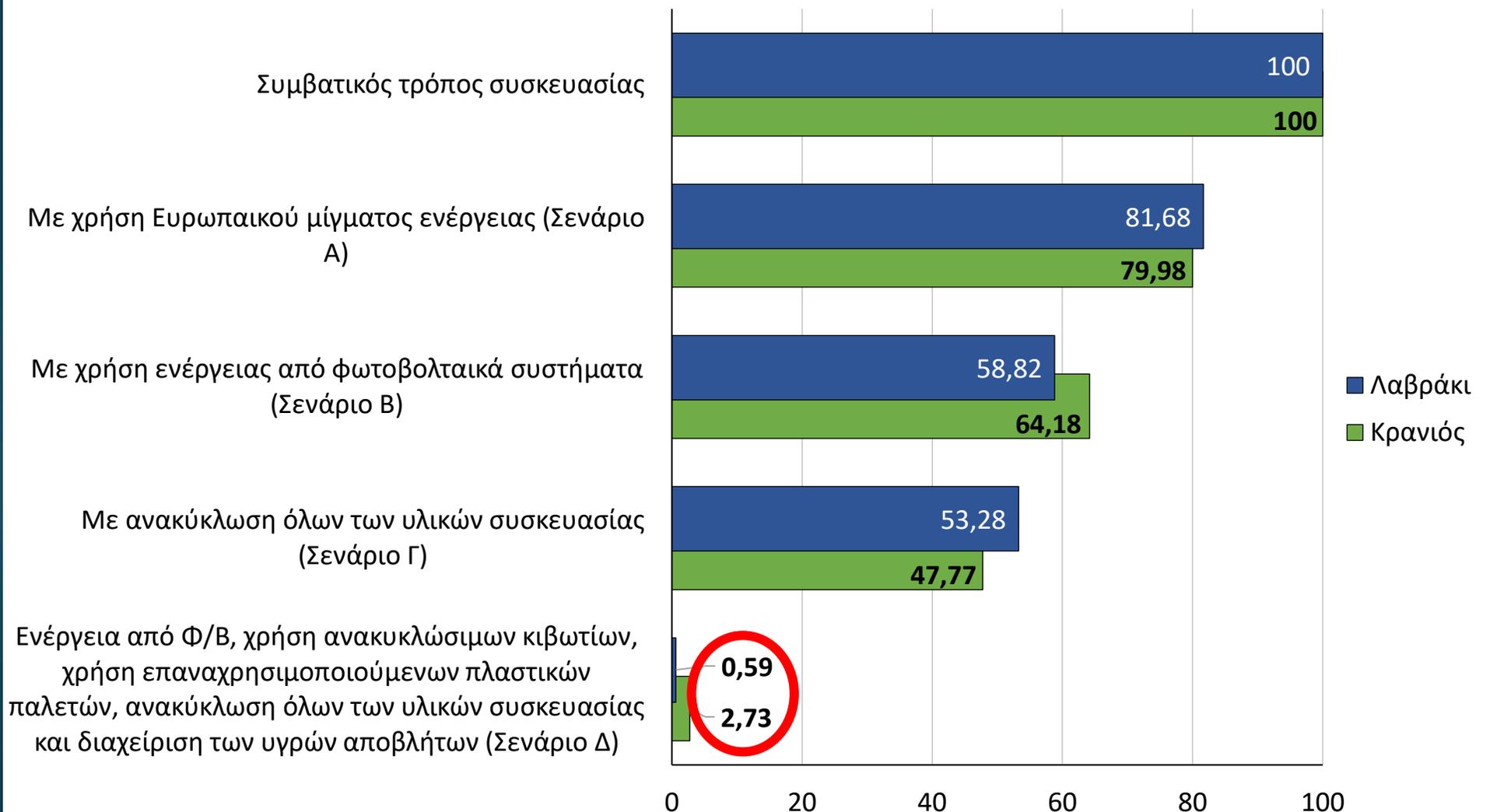
Λαβράκι



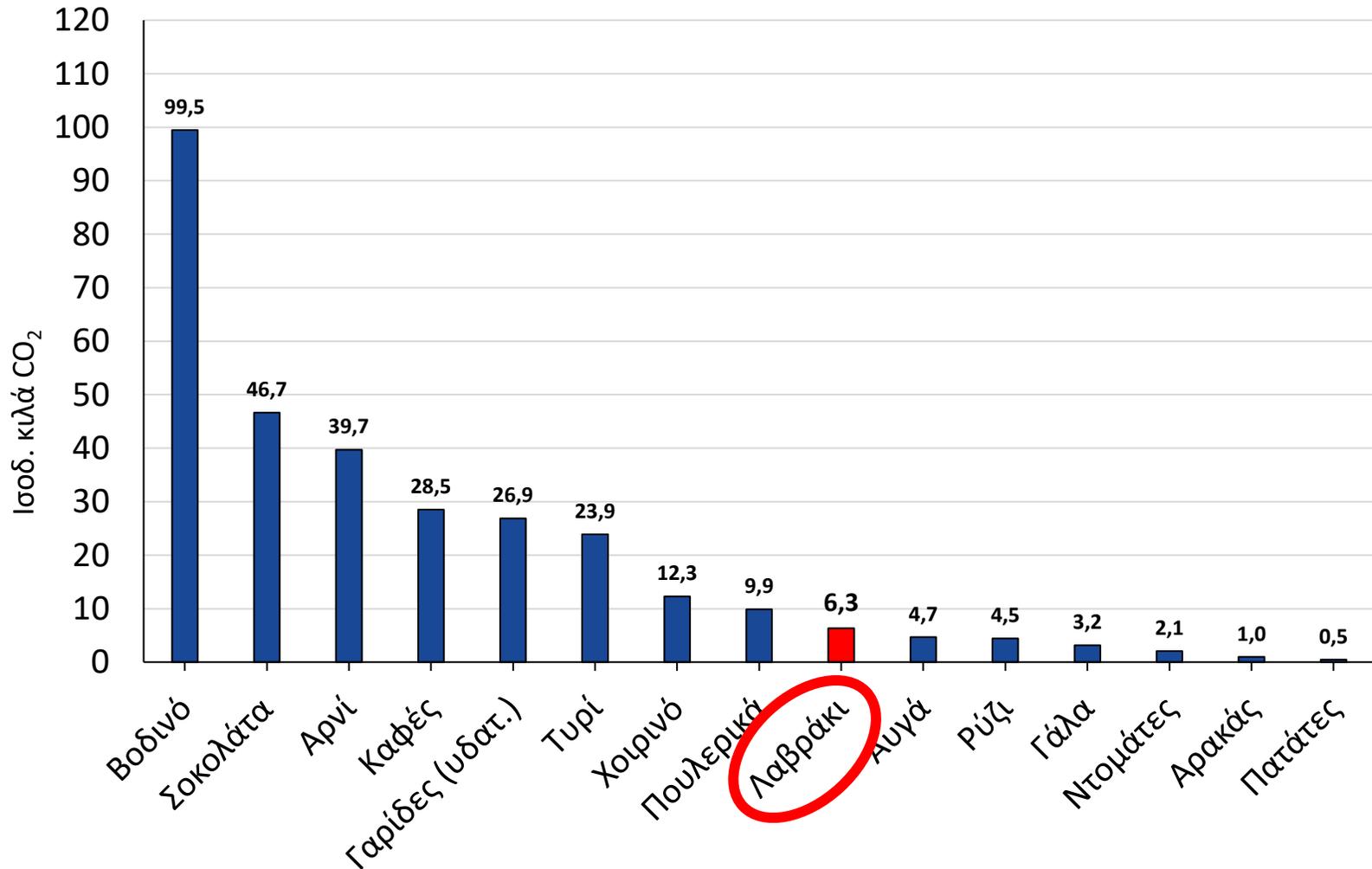
Κρανιός

■ Συμβατικός τρόπος συσκευασίας
■ Συσκευασία με ενέργεια από φωτοβολταϊκά συστήματα, χρήση ανακυκλώσιμων κιβωτίων, αντικατάσταση ξύλινων παλετών από επαναχρησιμοποιούμενες πλαστικές, ανακύκλωση όλων των υπόλοιπων υλικών συσκευασίας και διαχείριση των υγρών αποβλήτων

Αποτελέσματα: εφαρμογή LCA στη συσκευασία λαβρακιού και κρανιού για ουδέτερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (GW)



Αποτελέσματα: σύγκριση τιμών περιβαλλοντικού αποτυπώματος ανά κιλό παραγόμενου προϊόντος



Συζήτηση – συμπεράσματα

Εφαρμογή της LCA στην εκτροφή και διάθεση λαβρακιού και κρانيού και σύγκριση μεταξύ τους

- ✓ Η εκτροφή του κρانيού είναι περιβαλλοντικά αποδοτικότερη.
- ✓ Ο πιο καθοριστικός παράγοντας της περιβαλλοντικής «απόδοσης» είναι το FCR: ιδιαίτερο βάρος πρέπει να δοθεί στη βελτίωση των μεθόδων καλλιέργειας και επεξεργασίας των πρώτων υλών των ιχθυοτροφών και ειδικά των σιτηρών.
- ✓ Ο τελικός δείκτης που κυρίως επηρεάστηκε ήταν η κατηγορία «επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία», εξαιτίας της μεγαλύτερης επίπτωσης που δέχονται οι επιμέρους κατηγορίες που τη διαμορφώνουν.
- ✓ Οι «μεγάλες» τροφές αποτέλεσαν τον πιο επιβαρυντικό παράγοντα της εκτροφής (στο λαβράκι, οι «μεγάλες» τροφές αντιπροσωπεύουν το 80% του συνόλου των καταναλωθέντων ιχθυοτροφών, ενώ στον κρانيό το 94%).
- ✓ Η WC επηρεάστηκε κυρίως από την παραγωγή του γόνου, εξαιτίας των μεγάλων ποσοτήτων νερού που απαιτείται στους ΙΧΣ.
- ✓ Ο κρانيός ήταν το είδος με τη συνολικά μικρότερη επίπτωση σε όλες τις 18 κατηγορίες, εξαιτίας καλύτερου FCR και την μικρότερη απαίτηση σε ιχθύδια.

Συζήτηση – συμπεράσματα

Εφαρμογή της LCA στη συσκευασία λαβρακιού και κρانيού: απαραίτητες προσαρμογές των διαδικασιών για ουδέτερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου

- ✓ Η συσκευασία του λαβρακιού είχε τις μικρότερες περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις.
- ✓ Η ηλεκτρική ενέργεια επηρέασε τις περισσότερες από τις 18 εξεταζόμενες περιβαλλοντικές κατηγορίες, λόγω του ενεργειακού μείγματος της Ελλάδας που βασίζεται (κατά τη στιγμή της ανάλυσης) κυρίως στον λιγνίτη.
- ✓ Τα (μη επαναχρησιμοποιήσιμα) ιχθυοκιβώτια από EPS που απαιτούν μεγάλες ποσότητες νερού για την κατασκευή τους, επιβάρυναν την κατηγορία «κατανάλωση νερού» (WC).
- ✓ Οι ξύλινες παλέτες επιβάρυναν την κατηγορία «κατάληψη γης» (LU), εξαιτίας της εκτεταμένης χρήσης των υλικών που απαιτούνται (ξύλο και μέταλλο).

Συζήτηση – συμπεράσματα

Εφαρμογή της LCA στη συσκευασία λαβρακιού και κρانيού: απαραίτητες προσαρμογές των διαδικασιών για ουδέτερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου

- ✓ Μεγαλύτερη μείωση παρατηρήθηκε με την εφαρμογή του **Σεναρίου Β** (Φ/Β) συγκριτικά με το Σενάριο Α (Ευρωπαϊκό ενεργ. μείγμα).
- ✓ Με το **Σενάριο Γ** (πλήρης ανακύκλωση των ιχθυοκιβωτίων και των υλικών συσκευασίας σε συνδυασμό με διαχείριση των υγρών αποβλήτων), οι μέσες μειώσεις έφτασαν **το 24,3% για το λαβράκι και το 27,5% για τον κρانيό**.
- ✓ Με το **Σενάριο Δ** (Φ/Β, ανακυκλώσιμα ιχθυοκιβώτια, πλαστικές παλέτες, ανακύκλωση υλικών συσκευασίας και διαχείριση υγρών αποβλήτων), **επιτεύχθηκε η ουδετερότητα των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου** καθώς η μείωση στην κατηγορία GW **ξεπέρασε το 99%** για το λαβράκι και το **97%** για τον κρانيό. Επιπλέον, παρατηρήθηκε αναστροφή στις επιπτώσεις διαφόρων κατηγοριών (LU, WC, FPMF, OzFHH, OzFTE, FRSc, TAc).
- ✓ Επιπλέον, **ξεχωρίζει ως μια άμεσα εφαρμόσιμη πρόταση**, χωρίς να επηρεάζεται η τρέχουσα λειτουργία των εγκαταστάσεων συσκευασίας.

Ανακεφαλαιώνοντας...

- ✓ Συνολική σύγκριση λαβρακιού κρανιού: **κρανιός λιγότερο επιβαρυντικός.**
- ✓ **Τροφές και ενέργεια:** οι βασικότεροι παράγοντες επιβάρυνσης.
- ✓ **Μεγάλου μεγέθους τροφές:** επιβαρύνουν **περισσότερο.**
- ✓ **Σενάριο Δ:** **σχεδόν μηδενισμός των αερίων του θερμοκηπίου.**
- ✓ **Δραστικά μειωμένο περιβαλλοντικό αποτύπωμα με άλλους τομείς της αγροδιατροφής.**
- ✓ Προοπτικές εφαρμογής της LCA σε άλλα είδη (π.χ. μαγιάτικο, *C. gigas*, spirulina) και μεθόδους εκτροφής (π.χ. βιολογικές εκτροφές, υδροπονία, IMTA, συστήματα ανακύκλωσης).

Οφέλη χρήσης Ανάλυσης Κύκλου Ζωής στην ιχθυοκαλλιέργεια

- Ανίχνευση ενεργειακά «κοστοβόρων» διαδικασιών (φάση σχεδιασμού ή παραγωγικής διαδικασίας)
- Αναδιοργάνωση διαδικασιών με στόχο την εξοικονόμηση πόρων και αποδοτικότητας
- Περιβαλλοντικά φιλικές πρακτικές παραγωγής
- Οικολογική Πιστοποίηση παραγόμενων προϊόντων και οικολογική σήμανση
- Προτίμηση περιβαλλοντικά φιλικών προϊόντων από τους καταναλωτές
- Βελτίωση καλής φήμης της δραστηριότητας της ιχθυοκαλλιέργειας διότι αποτελεί ένδειξη περιβαλλοντικής υπευθυνότητας.



Ευχαριστώ
ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ