



Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας

Διαχείριση και Τεχνολογία Ποιότητας

Διπλωματική Εργασία

Περιβαλλοντική Δήλωση Συσκευασμένης Μαρμελάδας Βάσει

Εκτίμησης Κύκλου Ζωής

Ευστάθιος Φίλιας

Επιβλέπων καθηγητής: Γεώργιος Γιαννόπουλος

Πάτρα, Ιούλιος 2024

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του/της φοιτητή («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.



Περιβαλλοντική Δήλωση συσκευασμένης μαρμελάδας βάσει Εκτίμησης
Κύκλου Ζωής

Ευστάθιος Φίλιας

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων Καθηγητής:

Γεώργιος Γιαννόπουλος

Αναπληρωτής Καθηγητής, Πανεπιστήμιο
Πελοποννήσου

Συν-Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

Βασιλική Καρυώτη

Επίκουρος Καθηγήτρια, Πανεπιστήμιο
Πατρών

Πάτρα, Ιούλιος 2024

Ευχαριστίες

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία, με τίτλο «Περιβαλλοντική Δήλωση συσκευασμένης μαρμελάδας βάσει Εκτίμησης Κύκλου Ζωής», αποτελεί το αποτέλεσμα πολύμηνων προσπαθειών και αφιερώσεων, κατά τη διάρκεια του χρονικού διαστήματος από τον Οκτώβριο του 2023 έως τον Ιούλιο του 2024.

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες προς τον επιβλέποντα καθηγητή, κ. Γιαννόπουλο Γεώργιο, για την ευκαιρία που μου παρείχε να ασχοληθώ με αυτό το σημαντικό θέμα. Η ουσιαστική του καθοδήγηση και βοήθεια κατά τη διάρκεια της σύνταξης της εργασίας αποτελούν θεμέλιο πυλώνα για το επίτευγμα αυτό.

Αναδεικνύοντας την ολοκληρωμένη ομαδική προσπάθεια που διαμόρφωσε αυτή τη μελέτη, θέλω να εκφράσω θερμές ευγνωμοσύνες προς την κα. Καρυώτη Βασιλική, την επιβλέπουσα καθηγήτρια, για την αφοσίωσή της στην αξιολόγηση και βαθμολόγηση αυτού του ερευνητικού εγχειρήματος.

Σημαντικό, επιπρόσθετα, ρόλο διαδραμάτισε η εταιρία που εργάζομαι ΠΑΝΑΣ Π.-ΚΛΑΟΥΔΑΤΟΣ Α. Ο.Ε.-ΚΥΚΛΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ, η οποία συνέδραμε τα μέγιστα ως προς την απόκτηση βάσεων δεδομένων, απαραίτητες για την ουσιαστικότερη αξιολόγηση των αποτελεσμάτων του προϊόντος που αναλύθηκε, πραγματοποιώντας, έτσι, δυνατή την παρούσα μελέτη.

Επίσης, δεν θα μπορούσα να παραβλέψω να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευγνωμοσύνες προς τον αξιότιμο κύκλο συνεργατών της επιχείρησης, οι οποίοι με την άψογη συνεργασία τους και τη γενναιοδωρή καθοδήγησή τους συνέβαλαν ουσιαστικά στη συλλογή των απαραίτητων πληροφοριών για την εκπόνηση της μελέτης.

Τέλος, θέλω να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευγνωμοσύνες στους αγαπητούς μου γονείς για την αδιάκοπη υποστήριξη που μου παρείχαν κατά τη διάρκεια αυτού του εκπαιδευτικού ταξιδιού.

Περίληψη

Στα πλαίσια της βιωσιμότητας, γίνεται όλο και περισσότερο επιβεβλημένη η ανάγκη για την καταγραφή, την κατανόηση και τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, σε όλες τις βιομηχανικές διεργασίες, και δη αυτές των τροφίμων. Αυτό επιτυγχάνεται μέσα από τη χρήση σύγχρονων μεθόδων, όπως η Ανάλυση του Κύκλου Ζωής (LCA), η οποία στοχεύει στην καταγραφή, με μετρήσιμα δεδομένα, των όποιων περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, γίνεται μια εκτεταμένη προσπάθεια για την δημιουργία της Περιβαλλοντικής Δήλωσης (Environmental Product Declaration- EPD) ενός τρόφιμου, και ειδικότερα της μαρμελάδας φράουλας, χρησιμοποιώντας ως μέθοδο την Ανάλυση Κύκλου Ζωής (Life Cycle Assessment- LCA). Η μελέτη βασίζεται σε πραγματικά δεδομένα τα οποία συλλέχθηκαν με συστηματικό τρόπο και για μεγάλο χρονικό διάστημα μέσω συχνών επισκέψεων, συνεντεύξεων, καταγραφών και αυτοψιών στην επιχείρηση. Τα συγκεκριμένα αριθμητικά και ποιοτικά δεδομένα εισήχθησαν και επεξεργάστηκαν μέσω του λογισμικού ανοικτού κώδικα *OpenLCA* προκειμένου να υπολογιστούν όλοι εκείνοι οι περιβαλλοντολογικοί δείκτες που απαιτούνται στα πλαίσια της Περιβαλλοντικής Δήλωσης προϊόντος. Στις περιπτώσεις όπου η ανεύρεση δεδομένων ήταν δύσκολη, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από βάσεις δεδομένων επι πληρωμή για την πληρέστερη και ακριβέστερη ανάλυση. Τα τελικά αποτελέσματα αναλύθηκαν και μετεπεξεργάστηκαν περαιτέρω προκειμένου να εξαχθούν τελικά συμπεράσματα ως προς το περιβαλλοντολογικό αποτύπωμα του προς εξέταση προϊόντος αλλά και να προταθούν στοχευμένες παρεμβάσεις σε διεργασίες ικανές να οδηγήσουν σε αντίστοιχη αναβάθμιση του προϊόντος.

Σύμφωνα με την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε, διαπιστώθηκε ότι η παραγωγή μαρμελάδας, οδηγεί, μέσω του συνόλου των διεργασιών, σε περιβαλλοντολογικούς δείκτες ο οποίοι σε γενικές γραμμές βρίσκονται εντός των αποδεκτών ορίων.

Η παραπάνω διαδικασία και τα αποτελέσματα αυτής, αποδεικνύουν την σημαντικότητα της Περιβαλλοντικής Δήλωσης του προϊόντος, και την σημασία της καταγραφής των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων στο φυσικό περιβάλλον. Επιπρόσθετα, η όλη διαδικασία εκπόνησης της παρούσας μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας βοήθησαν τον συγγραφέα να αποκομίσει

σημαντική εμπειρία στην εκπόνηση μελετών EPD, γεγονός που θα τον βοηθήσει στην επαγγελματική του σταδιοδρομία στο εν λόγω σύγχρονο επιστημονικό αντικείμενο.

Λέξεις Κλειδιά: Περιβαλλοντική Δήλωση, Ανάλυση Κύκλου Ζωής, Απόβλητα, Βιομηχανική Διεργασία, Τρόφιμα, Μαρμελάδα

«Environmental Declaration of packaged jam based on Life Cycle Assessment»

«Efstathios Filias»

Abstract

In the context of sustainability, the need for recording, understanding, and reducing environmental impacts across all industrial processes, especially in the food industry, is increasingly imperative. This is achieved using modern methods, such as Life Cycle Assessment (LCA), which aims to document the environmental impacts with measurable data.

In this study, a comprehensive effort is made to create the Environmental Product Declaration (EPD) for a food product, specifically strawberry jam, using the Life Cycle Assessment (LCA) method. The study is based on real data collected systematically over a long period through frequent visits, interviews, recordings, and inspections of the company. These specific quantitative and qualitative data were entered and processed using the open-source software OpenLCA to calculate all the environmental indicators required for the Environmental Product Declaration. In cases where data collection was difficult, paid database sources were used for a more complete and accurate analysis. The final results were further analyzed and processed to draw conclusions regarding the environmental footprint of the examined product and to propose targeted interventions in processes that could lead to a corresponding upgrade of the product.

According to the analysis carried out, it was found that the production of jam, through all its processes, results in environmental indicators that are generally within acceptable limits.

The above process and its results demonstrate the significance of the Environmental Product Declaration of the product and the importance of recording the environmental impacts of anthropogenic activities on the natural environment. Additionally, the entire process of preparing this master's thesis has helped the author gain significant

experience in conducting EPD studies, which will aid in their professional career in this modern scientific field.

Keywords: Environmental Product Declaration, Life Cycle Assessment, Waste, Industrial Process, Food, Jam

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	iv
Περίληψη	v
Abstract.....	vii
Περιεχόμενα.....	ix
Κατάλογος Εικόνων	xii
Κατάλογος Σχημάτων.....	xviii
Κατάλογος Πινάκων	xix
Συντομογραφίες & Ακρωνύμια	xx
1 Εισαγωγή.....	1
2 Πληροφορίες για την Εταιρεία και για τον Προϊόν	4
2.1 Γενικά.....	4
2.2 Πληροφορίες Προϊόντος	5
2.2.1 Φράουλα	5
2.2.2 Μαρμελάδα Φράουλα.....	6
2.3 Οργανόγραμμα και Αρμοδιότητες	8
2.4 Διάγραμμα Ροής Διεργασιών	12
2.5 Συσκευασία	17
2.6 Χωροταξία του Εργοστασίου	17
3 Περιβαλλοντικός Αντίκτυπος Παραγωγικών Διαδικασιών.....	21
3.1 Γενικά.....	21
3.2 Παραγωγική Διαδικασία	21
3.3 Βιομηχανία Τροφίμων.....	22
3.3.1 Απόβλητα.....	23
3.4 Παραγωγή Μαρμελάδας.....	25
3.4.1 Εκπομπές Άνθρακα.....	25
3.4.2 Υδάτινοι Πόροι	26
3.4.3 Απόβλητα.....	27
4 Μεθοδολογία Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (LCA)	28
4.1 Γενικά.....	28
4.2 Κατηγοριοποίηση Ανάλυσης Κύκλου Ζωής.....	29
4.3 Μέθοδος Λειτουργίας.....	31
4.4 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα.....	32
4.5 Φάσεις Ανάλυσης Κύκλου Ζωής	35
4.5.1 Φάση 1: Καθορισμός στόχου και πεδίου εφαρμογής	35

4.5.2	Φάση 2: Απογραφή	36
4.5.3	Φάση 3: Εκτίμηση επιπτώσεων	37
4.5.4	Φάση 4: Ερμηνεία των αποτελεσμάτων	39
4.6	Υπολογισμός Δεικτών	39
4.7	Βάσεις Δεδομένων LCA	43
4.7.1	LCA food database	43
4.7.2	Παγκόσμια Βάση Δεδομένων Αξιολόγησης Κύκλου Ζωής Τροφίμων (WFLDB)	44
4.7.3	Ecoinvent	44
4.7.4	Agri-footprint	45
5	Περιβαλλοντική Δήλωση Προϊόντος (EPD)	47
5.1.1	Γενικά	47
5.1.2	Πρότυπα και κανόνες EPD	50
5.1.3	Διάκριση της EPD από την LCA	50
5.1.4	Οδηγίες για τη δημιουργία μιας EPD	51
5.1.5	Επόμενα βήματα	52
5.2	Κανόνες Κατηγορίας Προϊόντων PCR	53
5.2.1	Γενικά	53
5.2.2	Κανόνας Κατηγορίας Προϊόντος για την Μαρμελάδα	55
5.3	Περιβαλλοντική Δήλωση Προϊόντος με την Μέθοδο της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής	58
6	Ανάλυση του Κύκλου Ζωής μέσω του Λογισμικού OpenLCA	60
6.1	Λογισμικό OpenLCA	60
6.2	Ανάλυση Κύκλου Ζωή για την Μαρμελάδα Φράουλα	61
6.2.1	Εποχικότητα	61
6.2.2	Στόχος και Πεδίο εφαρμογής	62
6.2.3	Λειτουργίες προμήθειας ακατέργαστων φρούτων πριν από τις διαδικασίες παραγωγής μαρμελάδας	62
6.2.4	Διαδικασίες παραγωγής μαρμελάδας	62
6.2.5	Απογραφή Κύκλου Ζωής	63
7	Αποτελέσματα	65
7.1	Αξιολόγηση Περιβαλλοντικών Δεικτών για την Μελέτη Περίπτωσης	65
7.2	Συγκριτική Ανάλυση Περιβαλλοντικών Δεικτών	67
7.3	Ανάλυση Δεικτών στις Ανοδικές Διεργασίες (Upstream Processes)	69
7.4	Ανάλυση Δεικτών στις Κεντρικές Διεργασίες (Core Processes)	93
7.5	Ανάλυση Δεικτών στις Μεταγενέστερες Διεργασίες (Downstream Processes)	114

8	Συμπεράσματα	136
9	Βιβλιογραφία	142

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 2-1: Το φυτό της φράουλας και ο καρπός της.....	5
Εικόνα 1-2: Σχηματική απεικόνιση της παραγωγικής διεργασίας παραγωγής φράουλας.....	15
Εικόνα 2-2: Αποτύπωση της παραγωγικής διαδικασίας.....	16
Εικόνα 2-3: Χωροταξική αποτύπωση του εργοστασίου.....	20
Εικόνα 4-5: Φάσεις Ανάλυσης Κύκλου Ζωής σύμφωνα με το πρότυπο 14044 (Celauro, Cardella, & Guerrieri, 2023).....	35
Εικόνα 4-6: Απεικόνιση Σταδίων Ανάλυσης Κύκλου Ζωής	37
Εικόνα 4-7: Δείκτες που υπολογίζονται από την Ανάλυση Κύκλου Ζωής (Najjar, και συν., 2022)	41
Εικόνα 5-8: Διαδικασία Περιβαλλοντικής Δήλωσης Προϊόντος.....	49
Εικόνα 5-9: Δομή PCR για τον τομέα των τροφίμων.....	54
Εικόνα 5-10: Απαιτούμενα υλικά για την παραγωγή 1 κιλού μαρμελάδας φράουλας	58
Εικόνα 7-11: Γραφικό μοντέλο εισροών στις Upstream Processes.....	69
Εικόνα 7-12: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Global Warming Potential» (GWP) στις Upstream Processes	71
Εικόνα 7-13: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Global Warming Potential» (GWP) στις Upstream Processes	71
Εικόνα 7-14: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Global Warming- Fossil» στις Upstream Processes	72
Εικόνα 7-15: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Global Warming- Fossil» στις Upstream Processes	73
Εικόνα 7-16: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Global Warming- Biogenic» στις Upstream Processes	73
Εικόνα 7-17: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Global Warming- Biogenic» στις Upstream Processes	74
Εικόνα 7-18: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Global Warming- Land use and land transformation» στις Upstream Processes	75
Εικόνα 7-19: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Global Warming- Land use and land transformation» στις Upstream Processes	76
Εικόνα 7-20: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Ozone Layer Deplation» (ODP) στις Upstream Processes	77
Εικόνα 7-21: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Ozone Depletion Potential» στις Upstream Processes	77
Εικόνα 7-22: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Acidification Potential» (AP) στις Upstream Processes	78
Εικόνα 7-23: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Acidification Potential» στις Upstream Processes	79

Εικόνα 7-24: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Eutrophication Freshwater» στις Upstream Processes	80
Εικόνα 7-25: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Eutrophication Freshwater» στις Upstream Processes	81
Εικόνα 7-26: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Eutrophication Marine» στις Upstream Processes	82
Εικόνα 7-27: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Eutrophication Potential - Aquatic Marine» στις Upstream Processes	83
Εικόνα 7-28: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Eutrophication Terrestrial» στις Upstream Processes	83
Εικόνα 7-29: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Eutrophication Potential - Aquatic Terrestrial» στις Upstream Processes	84
Εικόνα 7-30: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Photochemical oxidant Formation: Human Health» (POFH) στις Upstream Processes.....	85
Εικόνα 7-31: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Photochemical Oxidant Formation: Human Health» στις Upstream Processes.....	86
Εικόνα 7-32: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Materials recourses- Metals and Minerals» στις Upstream Processes.....	86
Εικόνα 7-33: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Abiotic Depletion - Metals and Minerals» στις Upstream Processes	87
Εικόνα 7-34: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Fossils Resources» στις Upstream Processes	88
Εικόνα 7-35: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Abiotic Depletion - Fossil Resources» στις Upstream Processes	89
Εικόνα 7-36: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Water Deprivation Potential» WDP στις Upstream Processes	89
Εικόνα 7-37: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Water Deprivation Potential» στις Upstream Processes	90
Εικόνα 7-38: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Carbon Footprint» στις Upstream Processes	91
Εικόνα 7-39: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Carbon Footprint» στις Upstream Processes	92
Εικόνα 7-40: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Water Footprint» στις Upstream Processes	92
Εικόνα 7-41: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Water Footprint» στις Upstream Processes	93
Εικόνα 7-42: Γραφικό μοντέλο εισροών στις Core Processes.....	94
Εικόνα 7-43: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Global Warming Potential» (GWP) στις Core Processes.....	95

Εικόνα 7-44: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Global Warming Potential» στις Core Processes	96
Εικόνα 7-45: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Global Warming-Fossil» στις Core Processes	96
Εικόνα 7-46: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Global Warming-Fossil» στις Core Processes	97
Εικόνα 7-47: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Global Warming- Biogenic» στις Core Processes	97
Εικόνα 7-48: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Global Warming- Biogenic» στις Core Processes	98
Εικόνα 7-49: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Global Warming- Land use and land transformation» στις Core Processes	99
Εικόνα 7-50: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Global Warming- Land use and land transformation» στις Core Processes	100
Εικόνα 7-51: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Ozone Layer Deplation» (ODP) στις Core Processes	100
Εικόνα 7-52: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Ozone Layer Deplation» στις Core Processes	101
Εικόνα 7-53: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Acidification Potential» (AP) στις Core Processes	101
Εικόνα 7-54: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Acidification Potential» στις Core Processes	102
Εικόνα 7-55: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Eutrophication Freshwater» στις Core Processes	102
Εικόνα 7-56: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Eutrophication Freshwater» στις Core Processes	103
Εικόνα 7-57: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Eutrophication Marine» στις Core Processes	104
Εικόνα 7-58: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Eutrophication Marine» στις Core Processes	105
Εικόνα 7-59: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Eutrophication Terrestrial» στις Core Processes	105
Εικόνα 7-60: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Eutrophication Terrestrial» στις Core Processes	106
Εικόνα 7-61: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Photochemical Oxidant Formation: Human Health» (POFH) στις Core Processes	106
Εικόνα 7-62: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Photochemical Oxidant Formation: Human Health» στις Core Processes	107

Εικόνα 7-63: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Material Recourses- Metals and Minerals» στις Core Processes.....	107
Εικόνα 7-64: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Material Recourses- Metals and Minerals» στις Core Processes.....	108
Εικόνα 7-65: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Fossil Resources» στις Core Processes	109
Εικόνα 7-66: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Fossil Resources» στις Core Processes ..	110
Εικόνα 7-67: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Water Deprivation Potential» (WDP) στις Core Processes.....	110
Εικόνα 7-68: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Water Deprivation Potential» στις Core Processes	111
Εικόνα 7-69: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Carbon Footprint» στις Core Processes	112
Εικόνα 7-70: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Carbon Footprint» στις Core Processes..	113
Εικόνα 7-71: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Water Footprint» στις Core Processes	113
Εικόνα 7-72: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Water Footprint» στις Core Processes....	114
Εικόνα 7-73: Γραφικό μοντέλο εισροών στις Downstream Processes	115
Εικόνα 7-74: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Global Warming Potential» (GWP) στις Downstream Processes	115
Εικόνα 7-75: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Global Warming Potential» στις Downstream Processes.....	116
Εικόνα 7-76: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Global Warming- Fossil» στις Downstream Processes.....	117
Εικόνα 7-77: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Global Warming- Fossil» στις Downstream Processes	118
Εικόνα 7-78: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Global Warming- Biogenic» στις Downstream Processes.....	118
Εικόνα 7-79: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Global Warming- Biogenic» στις Downstream Processes.....	119
Εικόνα 7-80: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Global Warming- Land use and land transformation» στις Downstream Processes.....	120
Εικόνα 7-81: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Global Warming- Land use and land transformation» στις Downstream Processes.....	120
Εικόνα 7-82: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Ozone Layer Deplation» (ODP) στις Downstream Processes.....	121
Εικόνα 7-83: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Ozone Layer Deplation» στις Downstream Processes	122

Εικόνα 7-84: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Acidification Potential» (AP) στις Downstream Processes.....	122
Εικόνα 7-85: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Acidification Potential» στις Downstream Processes	123
Εικόνα 7-86: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Eutrophication Freshwater» στις Downstream διεργασίες	123
Εικόνα 7-87: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Eutrophication Freshwater» στις Downstream Processes.....	124
Εικόνα 7-88: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Eutrophication Marine» στις Downstream Processes.....	125
Εικόνα 7-89: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Eutrophication Marine» στις Downstream Processes	126
Εικόνα 7-90: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Eutrophication Terrestrial» στις Downstream Processes.....	126
Εικόνα 7-91: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Eutrophication Terrestrial» στις Downstream Processes.....	127
Εικόνα 7-92: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Photochemical Oxidant Formation: Human Health» (POFH) στις Downstream Processes	127
Εικόνα 7-93: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Photochemical Oxidant Formation: Human Health» στις Downstream Processes	128
Εικόνα 7-94: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Material Recourses- Metals and Minerals» στις Downstream Processes	129
Εικόνα 7-95: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Material Recourses- Metals and Minerals» στις Downstream Processes	130
Εικόνα 7-96: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Fossil Resources» στις Downstream Processes	130
Εικόνα 7-97: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Fossil Resources» στις Downstream Processes	131
Εικόνα 7-98: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Water Deprivation Potential» (WDP) στις Downstream Processes	132
Εικόνα 7-99: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Water Deprivation Potential» στις Downstream Processes.....	132
Εικόνα 7-100: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Carbon Footprint» στις Downstream Processes	133
Εικόνα 7-101: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Carbon Footprint» στις Downstream Processes	134
Εικόνα 7-102: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Water Footprint» στις Downstream Processes	134

Εικόνα 7-103: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Water Footprint» στις Downstream Processes	135
--	-----

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 2-1: Οργανόγραμμα της επιχείρησης	9
Σχήμα 4-2: Οι φάσεις που εμπλέκονται στον Κύκλο Ζωής ενός προϊόντος και οι οποίες λαμβάνονται υπόψη για τον ποσοτικό προσδιορισμό της LCA.....	32
Σχήμα 5-3: Διεργασίες συστήματος	56
Σχήμα 6-4: Διαδικασία παραγωγής μαρμελάδας.....	63

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2-1: Συστατικά μαρμελάδας φράουλας.....	6
Πίνακας 2-2: Επιπρόσθετες πληροφορίες σχετικά με το προϊόν.....	8
Πίνακας 2-3: Διατροφική Δήλωση Μαρμελάδας Φράουλας	8
Πίνακας 2-4: Κατάλογος μηχανημάτων	19
Πίνακας 4-5: Περιβαλλοντικές επιπτώσεις – Δείκτες και μονάδες.....	43
Πίνακας 5-6: Στοιχεία του PCR που εφαρμόστηκε στην μελέτη.....	55
Πίνακας 5-7: Σύγκριση Περιβαλλοντικής Δήλωσης Προϊόντος και Ανάλυσης Κύκλου Ζωής.....	59
Πίνακας 6-8: Στρατηγική παραγωγής μαρμελάδας, λεπτομέρειες διαδικασίας και παραδοχές	64
Πίνακας 7-9: Δείκτες Κατηγοριών Επιπτώσεων - Μαρμελάδα Φράουλα	66
Πίνακας 7-10: Carbon and Water Footprint- Μαρμελάδα Φράουλα	66
Πίνακας 7-11: Δείκτες Κατηγοριών Επιπτώσεων -Χυμός Ντομάτας	68
Πίνακας 7-12: Carbon and Water Footprint- Χυμός Ντομάτας	68

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

EPD	Περιβαλλοντική Δήλωση Προϊόντος
LCA	Ανάλυση Κύκλου Ζωής
FAO	Παγκόσμιος Οργανισμός Τροφίμων
BACs	Βιοδραστικές ενώσεις
GHG	Αέρια του Θερμοκηπίου
PCR	Κανόνες Κατηγορίας Προϊόντων
LCC	Κοστολόγηση Κύκλου Ζωής
SLCA	Κοινωνική Ανάλυση Κύκλου Ζωής
ISO	Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης
BOD	Βιοχημική Ζήτηση Οξυγόνου
COD	Χημική Ζήτηση Οξυγόνου
GWP	Δυναμικό Παγκόσμιας Θέρμανσης
ODP	Δυναμικό Εξάντλησης του Όζοντος
AP	Δυναμικό Οξίνισης
EP	Δυναμικό Ευτροφισμού
WDP	Δυναμικό Στέρησης Νερού
ADP	Εξάντληση Αβιοτικών Πόρων
POFH	Σχηματισμός Φωτοχημικών Οξειδωτικών: Υγεία του Ανθρώπου

1 Εισαγωγή

Περισσότερο από τρεις δεκαετίες, οι ειδικοί έχουν εκφράσει σοβαρές ανησυχίες σχετικά με τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Στα τελευταία χρόνια, σε παγκόσμιο επίπεδο εθνικές κυβερνήσεις αναλαμβάνουν δράση για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου ψηφίζοντας νόμους και εφαρμόζοντας μέτρα που έχουν στόχο την επίτευξη κλιματικής ουδετερότητας έως το 2050. Η Ευρωπαϊκή Ένωση, πρωτοπόρος σε αυτή την προσπάθεια, έχει θέσει στόχο τη μείωση των εκπομπών κατά 55% έως το 2030. Η ενίσχυση της περιβαλλοντικής συνείδησης και η αυξανόμενη επιδίωξη της βιώσιμης παραγωγής έχουν οδηγήσει πολλές εταιρείες να επικεντρωθούν στη βελτίωση της περιβαλλοντικής απόδοσης των προϊόντων τους. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο, η μαρμελάδα φράουλα αναδεικνύεται ως ένα προϊόν που καλείται να ανταποκριθεί σε υψηλά πρότυπα βιώσιμης παραγωγής.

Η προσέγγιση της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (LCA) αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο για την αξιολόγηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των προϊόντων. Στο πλαίσιο αυτό, η Περιβαλλοντική Δήλωση Προϊόντος (EPD) ως μέρος της LCA αποτελεί έναν σημαντικό παράγοντα για τη διαφάνεια και τη σύγκριση των περιβαλλοντικών επιδόσεων των προϊόντων. Η Περιβαλλοντική Δήλωση Προϊόντος (EPD) αποτελεί ισχυρό εργαλείο για κάθε επιχείρηση, επιτρέποντάς της να αξιολογήσει και να βελτιώσει τις περιβαλλοντικές της επιδόσεις. Είναι ένα εργαλείο ιδιαίτερα δημοφιλές το οποίο ποσοτικοποιεί διάφορες πληροφορίες σχετικά με το περιβαλλοντικό αποτύπωμα ενός προϊόντος.

Στο πλαίσιο αυτό, η παρούσα μελέτη θέτει ως στόχο την εφαρμογή της LCA και των αρχών των EPD στην παραγωγή συσκευασμένης μαρμελάδας φράουλας. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις αξιολογούνται σε τρεις φάσεις όπως ορίζεται στους Κανόνες Κατηγορίας Προϊόντος (εξόρυξη πρώτων υλών, παραγωγή, και διάθεση του προϊόντος) για μια λειτουργική μονάδα ενός 1 Kg συσκευασμένης μαρμελάδας φράουλας. Μέσα από την εξέταση του πλήρους κύκλου ζωής του προϊόντος, προτείνονται βελτιώσεις και πρακτικές που θα συμβάλουν στη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος.

Η παρούσα έρευνα αποτελεί βήμα προς την επίτευξη περιβαλλοντικής βιωσιμότητας, αποδεικνύοντας πώς η εφαρμογή της Περιβαλλοντικής Δήλωσης Προϊόντος με την

μέθοδο Ανάλυσης Κύκλου Ζωής σε πραγματικά προϊόντα συμβάλλει στην προαγωγή της πράσινης ανάπτυξης και της κλιματικής αειφορίας.

Η παρούσα διπλωματική εργασία είναι οργανωμένη σε κεφάλαια τα οποία περιλαμβάνουν κατά σειρά τα εξής:

Στο πρώτο κεφάλαιο της εν λόγω εργασίας, με τίτλο "Εισαγωγή", παρουσιάζονται οι ανησυχίες των ειδικών για τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και οι παγκόσμιες προσπάθειες για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Εν συνεχεία, επισημαίνεται η δράση των εθνικών κυβερνήσεων και της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η οποία στοχεύει σε σημαντική μείωση των εκπομπών έως το 2030. Τέλος, αναδεικνύεται η σημασία της βιώσιμης παραγωγής και της περιβαλλοντικής συνείδησης στις επιχειρήσεις, με τη χρήση εργαλείων όπως Περιβαλλοντική Δήλωση Προϊόντος (EPD) με την μέθοδο Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (LCA) για τη βελτίωση της περιβαλλοντικής απόδοσης των προϊόντων.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται γενικά στοιχεία για την εταιρεία παραγωγής της μαρμελάδας φράουλας και για το προϊόν. Πιο συγκεκριμένα, αναλύονται οι βασικές πληροφορίες σχετικά με την ιστορία, τη φιλοσοφία και τους στόχους της εταιρείας, καθώς και τα κύρια χαρακτηριστικά και προδιαγραφές του προϊόντος μαρμελάδας φράουλας. Επίσης, περιγράφεται η οργανωτική δομή της εταιρείας και οι αρμοδιότητες των διαφόρων τμημάτων που συμμετέχουν στη διαδικασία παραγωγής.

Το τρίτο κεφάλαιο επικεντρώνεται στον περιβαλλοντικό αντίκτυπο των παραγωγικών διαδικασιών της μαρμελάδας φράουλας. Ειδικότερα, αναλύονται γενικά οι διαδικασίες παραγωγής και η επίπτωσή τους στο περιβάλλον, με έμφαση στη βιομηχανία τροφίμων και στα περιβαλλοντικά προβλήματα που μπορεί να προκαλέσουν, όπως η διαχείριση αποβλήτων και οι εκπομπές άνθρακα. Επιπλέον, αναλύονται οι συνέπειες στους υδάτινους πόρους και η στρατηγική της εταιρείας για τη μείωση του περιβαλλοντικού της αποτυπώματος.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η μεθοδολογία Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (LCA). Εξηγούνται αναλυτικά οι γενικές αρχές της LCA, η κατηγοριοποίηση της ανάλυσης και ο τρόπος λειτουργίας της μεθόδου. Αναλύονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της LCA καθώς και οι διάφορες φάσεις της ανάλυσης, περιλαμβανομένων του καθορισμού των στόχων και του πεδίου εφαρμογής, της

απογραφής, της εκτίμησης των επιπτώσεων και της ερμηνείας των αποτελεσμάτων. Τέλος, παρουσιάζονται οι δείκτες που χρησιμοποιούνται και οι βάσεις δεδομένων LCA που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος.

Στο πέμπτο κεφάλαιο αναλύεται η Περιβαλλοντική Δήλωση Προϊόντος (EPD) για τη μαρμελάδα φράουλας. Περιγράφονται οι γενικές αρχές της EPD, τα πρότυπα και οι κανόνες που διέπουν τη διαδικασία δημιουργίας της EPD. Εξηγείται η διαφορά μεταξύ της EPD και της LCA και δίνονται οδηγίες για τη δημιουργία μιας EPD για προϊόντα, ειδικά για την μαρμελάδα φράουλα. Επίσης, αναφέρονται οι κανόνες κατηγορίας προϊόντων (PCR) που αφορούν το προϊόν που μελετάτε.

Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η χρήση του λογισμικού OpenLCA για την ανάλυση του κύκλου ζωής της μαρμελάδας φράουλας. Εξηγούνται οι λεπτομέρειες του λογισμικού OpenLCA, συμπεριλαμβανομένης της διαδικασίας ανάλυσης κύκλου ζωής για τη μαρμελάδα φράουλας. Περιγράφονται τα διάφορα στάδια του κύκλου ζωής του προϊόντος, όπως η εποχικότητα, η απογραφή και οι διαδικασίες παραγωγής, ενώ παρουσιάζεται η ανάλυση των αποτελεσμάτων της LCA για τη μαρμελάδα φράουλας.

Το έβδομο κεφάλαιο περιλαμβάνει την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών δεικτών για τη μελέτη περίπτωσης της μαρμελάδας φράουλας. Πραγματοποιείται συγκριτική ανάλυση των περιβαλλοντικών δεικτών σε διάφορες φάσεις της αλυσίδας παραγωγής, όπως οι ανοδικές, οι κεντρικές και οι μεταγενέστερες διεργασίες. Αναλύονται, ακόμη, οι επιπτώσεις στο περιβάλλον και προτείνονται μέτρα βελτίωσης για τη μείωση του αντίκτυπου.

Στο όγδοο κεφάλαιο αναδεικνύονται τα συμπεράσματα της διπλωματικής εργασίας. Αξιολογούνται τα αποτελέσματα της ανάλυσης κύκλου ζωής και της περιβαλλοντικής δήλωσης προϊόντος για τη μαρμελάδα φράουλα. Επιπλέον, συζητούνται τα κύρια ευρήματα, προτεινόμενες βελτιώσεις και μελλοντικές κατευθύνσεις έρευνας στον τομέα της περιβαλλοντικής αποτύπωσης των τροφίμων.

Στο τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας, παρατίθεται μια αναλυτική λίστα, με τις πηγές και τις βιβλιογραφικές αναφορές, που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της έρευνας. Περιλαμβάνονται επιστημονικά άρθρα, βιβλία, μελέτες και άλλες πηγές που αφορούν τις μεθόδους βιώσιμης παραγωγής, τις εφαρμογές της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (LCA) και της Περιβαλλοντικής Δήλωσης Προϊόντος (EPD) κ.λπ.

2 Πληροφορίες για την Εταιρεία και για τον Προϊόν

2.1 Γενικά

Η επιχείρηση στην οποία έχει βασιστεί η μελέτη δραστηριοποιείται στον τομέα της παραγωγής προϊόντων από φρούτα δημιουργώντας μαρμελάδες πολλών γεύσεων χωρίς την προσθήκη ζάχαρης και συντηρητικών. Πρόκειται για μια επιχείρηση η οποία βρίσκεται στο Νομό Αιτωλοακαρνανίας και η οποία απασχολεί στο σύνολό της, δέκα εργαζομένους. Τα προϊόντα της διατίθενται ως επί το πλείστον εγχώρια.

Στην παρούσα εργασία η Περιβαλλοντική Δήλωση εκπονήθηκε για το προϊόν της μαρμελάδας φράουλας για την οποία υπολογίστηκαν μέσω της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της από τις πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή της μέχρι το τέλος της ζωής της. Μέσα από αυτή τη διαδικασία έγινε εφικτός ο εντοπισμός εκείνων των δραστηριοτήτων που προκαλούν τις σοβαρότερες περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις. Στην πορεία αυτής της Περιβαλλοντικής Δήλωσης, αναλύονται οι βασικές πτυχές της παραγωγής, αναδεικνύοντας πως η επιχείρηση αντιμετωπίζει την πρόκληση της βιώσιμης ανάπτυξης σε κάθε βήμα του διαδικαστικού κύκλου.

Προκειμένου να αποκτηθεί πιο ολοκληρωμένη κατανόηση τόσο του προϊόντος όσο και της επιχείρησης, διεξάγεται μια λεπτομερή ανάλυση στα επόμενα κεφάλαια. Μέσω αυτής της διαδικασίας, εξετάζονται διάφορες πτυχές που καλύπτουν πληροφορίες σχετικά με το προϊόν, την κατανόηση της ροής των διεργασιών, τον τρόπο συσκευασίας του προϊόντος και την χωροταξία της επιχείρησης. Με αυτόν τον τρόπο, δημιουργείται ένα ολοκληρωμένο πορτρέτο που αναδεικνύει κάθε πτυχή του προϊόντος και της επιχείρησης, επιτρέποντάς μας την σαφή κατανόηση την εικόνα τους.

2.2 Πληροφορίες Προϊόντος

2.2.1 Φράουλα

Η κοινή καλλιεργούμενη φράουλα (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) είναι ένα ευρέως αναπτυσσόμενο υβριδικό φυτό που προκύπτει από την αναπαραγωγή μεταξύ δύο αμερικανικών ειδών, της *Fragaria chiloensis* της δυτικής Βόρειας και Νότιας Αμερικής και της *Fragaria virginiana* της ανατολικής Βόρειας Αμερικής. Ο υβριδισμός των δύο ειδών συνέβη μεταξύ του 17^{ου} και του 19^{ου} αιώνα στη Γαλλία, και έκτοτε εκατοντάδες ή και χιλιάδες ποικιλίες έχουν επιλεγεί και ονομαστεί (Malone, 2014).



Εικόνα 2-1: Το φυτό της φράουλας και ο καρπός της

Η φράουλα εκτιμάται ευρέως για το χαρακτηριστικό άρωμα, το έντονο κόκκινο χρώμα, τη ζουμερή υφή και τη γλυκύτητά της. Καταναλώνεται σε μεγάλες ποσότητες, είτε φρέσκια είτε σε παρασκευασμένα τρόφιμα όπως κονσέρβες, χυμούς φρούτων, πίτες, παγωτά, μιλκσέικ και άλλα επιδόρπια. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Τροφίμων (FAO), οι κύριοι παραγωγοί φράουλας είναι οι Ηνωμένες Πολιτείες, το Μεξικό, η Τουρκία, η Ισπανία, η Αίγυπτος, η Νότια Κορέα, η Ιαπωνία, η Ρωσία, η Γερμανία και η Πολωνία (Malone, 2014).

Τα φρούτα, και ειδικά οι φράουλες, είναι γνωστές πηγές βιοδραστικών ενώσεων (BACs). Τα κύρια συστατικά των BAC στις φράουλες είναι φαινολικές ενώσεις, οι οποίες περιλαμβάνουν φαινολικά οξέα (όπως υδροξυβενζοϊκό και υδροξυκιναμικό οξύ), φλαβονοειδή (ανθοκυανίνες), φλαβονόλες (κερσετίνη, καμπφερόλη, μυρικετίνη) και φλαβανόλες (κατεχίνες και επικατεχίνη). Αυτά τα συστατικά μαζί με το ασκορβικό οξύ είναι τα πιο άφθονα αντιοξειδωτικά που υπάρχουν στις φράουλες. Τα αντιοξειδωτικά δρουν δωρίζοντας υδρογόνο στις ελεύθερες ρίζες, καθαρίζοντας τις και δημιουργώντας πιο σταθερές αντιοξειδωτικές ρίζες (Petrakis *et al.*, 2024).

2.2.2 Μαρμελάδα Φράουλα

Όπως προαναφέρθηκε, το αντικείμενο μελέτης εστιάζεται στην παραγωγή συσκευασμένης μαρμελάδας φράουλας.

Πιο συγκεκριμένα, τα συστατικά που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή της μαρμελάδας φράουλας παρέχονται στον ακόλουθο πίνακα.

Συστατικά	Αναλογίες
Φράουλα	50%
Συμπυκνωμένος Χυμός Σταφυλιού	49,9%
Ρυθμιστής Οξύτητας: Κιτρικό Οξύ	0,01%

Πίνακας 2-1: Συστατικά μαρμελάδας φράουλας

Η επιχείρηση προμηθεύεται κυρίως φράουλες κατεψυγμένες αλλά και νωπές. Κατά τους μήνες που οι νωπές φράουλες δεν είναι διαθέσιμες στην αγορά, προσαρμόζεται η παραγωγική διαδικασία επιλέγοντας προσεκτικά υψηλής ποιότητας κατεψυγμένες φράουλες. Με τον τρόπο αυτό η επιχείρηση έχει τη δυνατότητα επεξεργασίας φράουλας ακόμα και όταν οι συνθήκες της εποχής δεν το επιτρέπουν.

Η επιχείρηση χρησιμοποιεί στη σύνθεση της μαρμελάδας συμπυκνωμένο χυμό σταφυλιού ο οποίος προσθέτει υγρασία και φυσική γλυκύτητα, ενισχύοντας την υφή και τη γεύση της μαρμελάδας.

Το κιτρικό οξύ χρησιμοποιείται ως ρυθμιστής οξύτητας για να ισορροπήσει τη γεύση και την οξύτητα του προϊόντος.

Παρακάτω παρουσιάζονται γενικές πληροφορίες για το προϊόν μαρμελάδας φράουλας.

ΠΡΟΪΟΝ	ΜΑΡΜΕΛΑΔΑ ΦΡΑΟΥΛΑ	
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ	Πολτοποίηση-τεμαχισμός, συμπίκνωση, συσκευασία, παστερίωση, αποθήκευση, παράδοση	
ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ	Φράουλα 50%, συμπυκνωμένος χυμός σταφυλιού, ρυθμιστής οξύτητας: κιτρικό οξύ	
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	64-66 °Brix pH: 3,0-3,3	
ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	OMX≤100 cfu/g Ζύμες ≤100 cfu/g (max 1000) Μύκητες ≤100 cfu/g (max 1000) Θειοαναγωγικά αναερόβια βακτήρια ≤10 cfu/g	Coliforms ≤100 cfu/g (max 1000) E. coli ≤10 cfu/g Listeria monocytogenes: να μην ανιχνεύεται σε 25g Salmonella spp.: να μην ανιχνεύεται σε 25g
ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	Γεύση: χαρακτηριστική του φρούτου Χρώμα: κόκκινο	
ΧΡΟΝΟΣ ΖΩΗΣ / ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ	18 μήνες σε ξηρό και δροσερό περιβάλλον Μετά το άνοιγμα της συσκευασίας συνιστάται η συντήρηση σε ψυγείο.	
ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ	Πρώτη συσκευασία: Γυάλινα βάζα / Πώμα πλαστικοποιημένο Δεύτερη συσκευασία: Χαρτοκιβώτια	
ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ	Μεταφέρονται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος	
ΑΛΛΕΡΓΙΟΓΟΝΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ	Δεν περιέχει αλλεργιογόνα συστατικά όπως αυτά προσδιορίζονται στον κανονισμό 1169/2011/ΕΕΚ όπως αυτός ισχύει	
ΓΕΝΕΤΙΚΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΟΙ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ	Το προϊόν δεν προέρχεται και δεν περιέχει γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς	
ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ	Σύμφωνα με τις απαιτήσεις των κανονισμών 396/2005/ΕΕΚ, 1881/2006/ΕΕΚ, 2073/2005/ΕΕΚ, 1169/2011, 1333/2008/ΕΕΚ και της οδηγίας 113/2001/ΕΕΚ όπως αυτοί ισχύουν	
ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΗ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΟΥ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ	Είδος Συστατικά Χρόνος ζωής Συνθήκες αποθήκευσης Στοιχεία επιχείρησης	
ΠΡΟΟΡΙΖΟΜΕΝΗ ΧΡΗΣΗ	Προορίζεται για κατανάλωση εντός του χρόνου ζωής Περαιτέρω επεξεργασία δεν απαιτείται Προορίζεται για το γενικό κοινωνικό σύνολο	

ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΗ ΧΡΗΣΗ	Κατανάλωση ως έχει Ως πρόσθετο σε συνταγές
----------------------	---

Πίνακας 2-2: Επιπρόσθετες πληροφορίες σχετικά με το προϊόν

ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗ ΔΗΛΩΣΗ ΚΑΤΑ ΜΕΣΟ ΟΡΟ ΑΝΑ 100g	
Ενέργεια	1131kJ/ 266kcal
Λιπαρά	0.1g
εκ των οποίων κορεσμένα	0.04g
Υδατάνθρακες	64.5g
εκ των οποίων σάκχαρα	62.3g
Εδώδιμες Ίνες	2.2g
Πρωτεΐνες	0.78g
Αλάτι	0g

Πίνακας 2-3: Διατροφική Δήλωση Μαρμελάδας Φράουλας

2.3 Οργανόγραμμα και Αρμοδιότητες

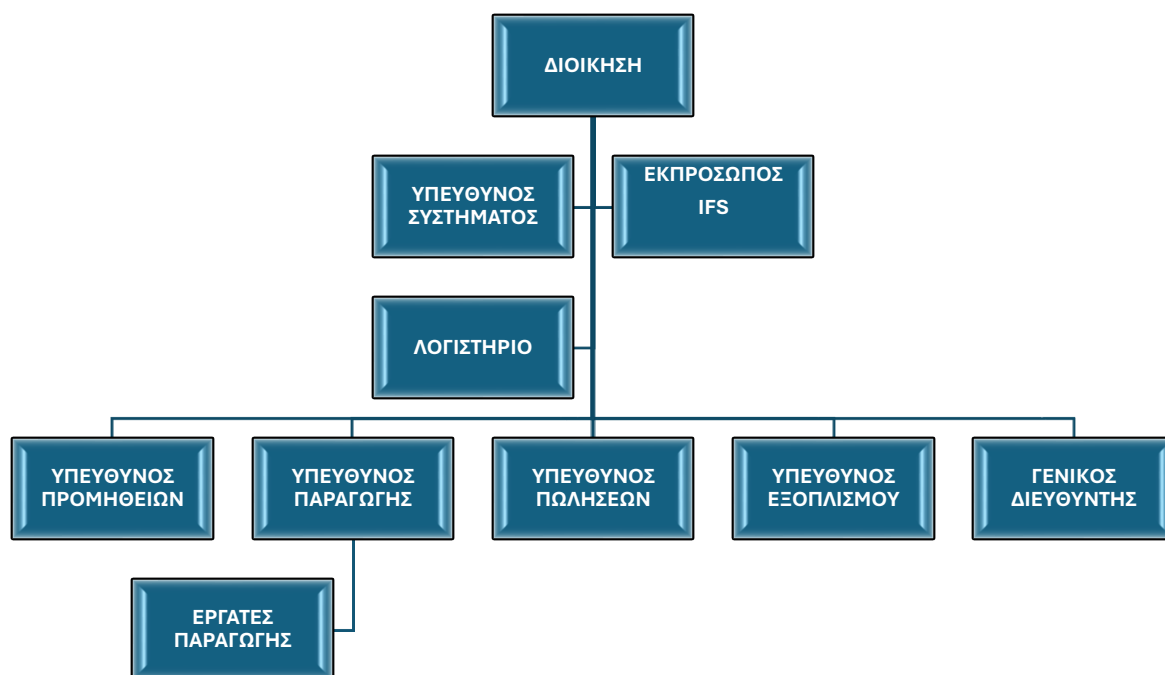
Προτού εξεταστούν οι λεπτομέρειες της λειτουργίας της επιχείρησης, είναι σημαντικό να κατανοηθεί η εσωτερική δομή της. Η σύγχρονη επιχειρηματική πραγματικότητα επιβάλλει στις εταιρείες την ανάγκη να ορίσουν μια σταθερή δομή αρμοδιοτήτων που να αντανakλά τη φύση και τους στόχους της.

Στην παρούσα αναφορά, εξετάζονται και περιγράφονται οι διάφοροι ρόλοι και οι αρμοδιότητες. Καθώς κάθε θέση εργασίας στην εταιρεία συμβάλλει με τον δικό της τρόπο στην πραγματοποίηση των επιχειρηματικών της στόχων, είναι ζωτικής σημασίας να είμαστε ενημερωμένοι για τον τρόπο λειτουργίας της.

Μέσα από την παρουσίαση των διαφόρων ρόλων και ευθυνών, αποκτάται μια σαφή εικόνα της δομής και της οργάνωσης της εταιρείας, καθώς και των προσδοκιών και των αναγκών που προκύπτουν από κάθε θέση εργασίας.

Η επιχείρηση στηρίζεται σε μία ομάδα δέκα εξαιρετικών εργαζομένων, ο καθένας αναλαμβάνοντας ένα κρίσιμο ρόλο στη λειτουργία και ανάπτυξη της. Αυτή η ομάδα διαμορφώνει το οργανόγραμμα της επιχείρησης, το οποίο παρουσιάζεται παρακάτω.

Κάθε μέλος έχει αναλάβει μια ξεχωριστή θέση ευθύνης, συνεισφέροντας στην επίτευξη των στόχων και την αποτελεσματική λειτουργία της επιχείρησης.



Σχήμα 2-1: Οργανόγραμμα της επιχείρησης

Αναλύονται συνοπτικά οι κύριες θέσεις ευθύνης στην επιχείρηση:

Υπεύθυνος Συστήματος:

- Να διασφαλίζει ότι το σύστημα ποιότητας και ασφάλειας τροφίμων έχει εγκατασταθεί, εφαρμόζεται, τηρείται και ενημερώνεται αποτελεσματικά
- Να αναφέρει στη Διοίκηση της επιχείρησης σχετικά με την αποτελεσματικότητα, καταλληλότητα και ανάγκες βελτίωσης των συστημάτων
- Να οργανώνει και συντονίζει τις εργασίες της ομάδας ασφάλειας τροφίμων
- Να παρακολουθεί την υγιεινή του προσωπικού, των χώρων και του εξοπλισμού
- Να αξιολογεί τα αποτελέσματα της παρακολούθησης των προαπαιτούμενων προγραμμάτων και των κρίσιμων σημείων ελέγχου
- Να ηγείται της Ομάδας Ασφάλειας Τροφίμων
- Να αξιολογεί και να επαληθεύει το Food Defense Plan και το Food Fraud Plan
- Να παρακολουθεί και να αξιολογεί τα αποτελέσματα των εφαρμογών απεντόμωσης μυοκτονίας
- Γίνεται πλήρη αναφορά στα Καθήκοντα Υπεύθυνου Συστήματος

Υπεύθυνος Παραγωγής:

- Να συντονίζει τις ενέργειες στην περίπτωση επεισοδίων έκτακτης ανάγκης
- Να εξασφαλίζει όλες τις απαραίτητες παροχές ώστε να μπορεί το προσωπικό να εκτελεί τα καθήκοντά του με αποτελεσματικότητα
- Να διασφαλίζει πως οι εργάτες παραγωγής επιτηρούνται αποτελεσματικά
- Να αξιολογεί την αποτελεσματικότητα της εκπαίδευσης των υφιστάμενων του
- Να ελέγχει την εφαρμογή των προαπαιτούμενων προγραμμάτων και των κρίσιμων σημείων ελέγχου και να αξιολογεί τα αποτελέσματα των παραπάνω ελέγχων επιλέγοντας όταν διαπιστώνεται απόκλιση τις κατάλληλες διορθώσεις και διορθωτικές ενέργειες
- Να ελέγχει την καθαριότητα των οχημάτων μεταφοράς πριν τη φόρτωση
- Να διασφαλίζει τον αποτελεσματικό έλεγχο των εισερχομένων και την ασφάλεια της παραγωγής και των αποθηκών
- Να αξιολογεί και να εγκρίνει την επάρκεια των σημάνσεων σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία
- Να ανασκοπεί και να εγκρίνει την επάρκεια των σημάνσεων πριν την έκδοση
- Να ελέγχει και να αποδεσμεύει τα προϊόντα της επιχείρησης
- Να καταγράφει τυχόν προβλήματα και μη συμμορφώσεις
- Να προτείνει διορθώσεις και διορθωτικές ενέργειες
- Να παρίσταται στις συναντήσεις της ομάδας ασφάλειας τροφίμων

Υπεύθυνος Εξοπλισμού:

- Να διασφαλίζει την ορθή λειτουργία των μηχανημάτων
- Να διασφαλίζει πως ολοκληρώνονται όλες οι απαραίτητες συντηρήσεις των μηχανημάτων καθώς και οι διακριβώσεις/επαληθεύσεις των οργάνων μέτρησης και παρακολούθησης
- Να διασφαλίζει πως ο εξοπλισμός διατίθεται στην παραγωγή μόνο αν εξασφαλίζει τη συμμόρφωση του προϊόντος
- Να διασφαλίζει την καθαριότητα του εξοπλισμού πριν διατεθεί στην παραγωγή κατόπιν συντήρησής του από εξωτερικό συνεργείο
- Να φροντίζει για την έγκαιρη επισκευή του εξοπλισμού

- Να αναφέρει προβλήματα και μη συμμορφώσεις στον προϊστάμενο του
- Να προτείνει διορθώσεις και διορθωτικές ενέργειες

Υπεύθυνος Πωλήσεων:

- Να διατηρεί αποτελεσματική επικοινωνία με τους πελάτες
- Να ενημερώνει τον Υπεύθυνο Συστήματος και τη διοίκηση για τυχόν ειδικές απαιτήσεις ή παράπονα πελατών
- Να εξασφαλίζει την καταγραφή των ειδικών απαιτήσεων ή των παραπόνων του πελάτη και την κοινοποίηση τους στα ενδιαφερόμενα μέρη τους
- Να εξασφαλίζει πως οι μεταφορές των προϊόντων γίνονται σύμφωνα με τις προκαθορισμένες απαιτήσεις
- Να ενημερώνει τον Υπεύθυνο Συστήματος για προβλήματα και μη συμμορφώσεις

Υπεύθυνος Προμηθειών:

- Να αξιολογεί και να παρακολουθεί την καταλληλότητα των προμηθευτών
- Να πραγματοποιεί έρευνα αγοράς και να προτείνει στο Γενικό Διευθυντή νέες αγορές
- Να ανασκοπεί τις απαιτήσεις της επιχείρησης ως προς τις προμηθευόμενες πρώτες και βοηθητικές ύλες και του εξοπλισμού πριν την παραγγελία τους
- Να αξιολογεί την καταλληλότητα των α' υλών, των υλικών συσκευασίας του εξοπλισμού, των ημιέτοιμων και τελικών προϊόντων ώστε να κρίνει αν πρέπει να δεσμευτούν ή όχι
- Να διασφαλίζει πως ο έλεγχος εισερχομένων και η αποδέσμευση τους πραγματοποιείται σύμφωνα με τις απαιτήσεις της επιχείρησης
- Να καταγράφει τυχόν προβλήματα και μη συμμορφώσεις
- Να προτείνει διορθώσεις και διορθωτικές ενέργειες

Εργάτες Παραγωγής:

- Να εξασφαλίζουν την ορθή εφαρμογή των οδηγιών παραγωγής σύμφωνα με τις καθορισμένες απαιτήσεις και να αναφέρουν τυχόν προβλήματα και μη συμμορφώσεις στον προϊστάμενο τους
- Να τηρούν τους κανόνες ατομικής υγιεινής
- Να τηρούν το πρόγραμμα καθαρισμού
- Να εξοπλίζονται με τα απαραίτητα προληπτικά μέτρα (μάσκες, γάντια) όπως καθορίζονται στις κάρτες ασφαλείας των απορρυπαντικών και απολυμαντικών που χρησιμοποιούν

2.4 Διάγραμμα Ροής Διεργασιών

Η επιχείρηση εφαρμόζει Σύστημα Διαχείρισης Ασφάλειας Τροφίμων με αποτέλεσμα να διατηρεί αρχεία για όλες τις κρίσιμες διεργασίας επεξεργασίας των πρώτων υλών και διαχείρισης των προϊόντων.

Η επιχείρηση είναι υπεύθυνη για τις πρώτες και τις βοηθητικές ύλες που παραλαμβάνει συμπεριλαμβανομένων των υλικών συσκευασίας. Κατά την παραλαβή υπάρχει η δυνατότητα αποφυγής αγαθών που ενδέχεται να υποβαθμίσουν την ποιότητα και την ασφάλεια του τελικού προϊόντος. Διενεργείτε εξονυχιστικός έλεγχος κατά την παραλαβή

Ο υπεύθυνος για την παραλαβή πραγματοποιεί ποιοτικό έλεγχο στα φρούτα τον οποίο τεκμηριώνει σε κατάλληλο έντυπο. Εφόσον η παρτίδα χαρακτηριστεί αποδεκτή, ο υπεύθυνος παραλαβής αποδίδει στα φρούτα κωδικό αναγνώρισης και στη συνέχεια αποδεσμεύει τα προϊόντα. Στην περίπτωση μη αποδοχής της παρτίδας δεν σημειώνεται (✓) στο πεδίο Αποδοχή και ο λόγος απόρριψης τεκμηριώνεται στο πεδίο Παρατηρήσεις. Στη συνέχεια ο υπεύθυνος παραλαβής τεκμηριώνει τη μη συμμόρφωση/πρόβλημα καθώς και τις διορθώσεις και τις διορθωτικές ενέργειες.

Κατά την παραλαβή των τυποποιημένων α' υλών πραγματοποιείται μακροσκοπικός έλεγχος παραλαβής ο οποίος περιλαμβάνει:

- Έλεγχο παρουσίας παρασίτων ή ενδείξεων παρασίτων.
- Έλεγχο ενδείξεων υγρασίας στην συσκευασία.
- Έλεγχο σήμανσης (π.χ. είδος προϊόντος, ημερομηνία λήξης).

- Έλεγχος συνοδευτικών εγγράφων.

Ο παραπάνω έλεγχος τεκμηριώνεται σε κατάλληλο έντυπο.

Ο έλεγχος παραλαβής των υλικών συσκευασίας τεκμηριώνεται στο έντυπο Έλεγχος παραλαβής τυποποιημένων α' υλών και υλικών συσκευασίας από τον υπεύθυνο παρακολούθησης.

Τα υλικά συσκευασίας πρέπει να είναι:

- Ακέραια.
- Απαλλαγμένα φθορών.
- Απαλλαγμένα ξένων οσμών.
- Καθαρά, πρακτικά απαλλαγμένα ξένων υλών.
- Από υλικά κατάλληλα για τρόφιμα.

Δεν παραλαμβάνονται υλικά συσκευασίας που:

- Μυρίζουν καύσιμα ή άλλες χημικές ουσίες.
- Παρουσιάζουν ενδείξεις υγρασίας.
- Φέρουν παράσιτα ή ενδείξεις παρουσίας τρωκτικών.

Όλα τα υλικά συσκευασίας που πρόκειται να έρθουν σε άμεση επαφή με τα τρόφιμα πρέπει να συνοδεύονται από Βεβαιώσεις Καταλληλότητας/Δηλώσεις Συμμόρφωσης οι οποίες να υποδεικνύουν την καταλληλότητα των υλικών για χρήση στη βιομηχανία τροφίμων.

Αφού πραγματοποιηθεί η παραλαβή, Η επιχείρηση έχει την ευθύνη της καλής λειτουργίας και της τήρησης κανόνων ορθής αποθηκευτικής πρακτικής. Οι συνθήκες και ο τρόπος αποθήκευσης των υλικών συσκευασίας αποτελεί σημαντικό παράγοντα για τη διάθεση ασφαλών τροφίμων. Η άτακτη αποθήκευση σε συνθήκες ακατάλληλες μπορεί να οδηγήσει:

- στην προσβολή τους από έντομα, τρωκτικά και ζώα,
- σε ανάπτυξη και επιμόλυνση μικροοργανισμών,
- στη θραύση στην περίπτωση γυάλινων υλικών συσκευασίας,
- γενικά στην διάθεση επικίνδυνων για τη δημόσια υγεία τροφίμων,

Τα υλικά συσκευασίας χρησιμοποιούνται άμεσα μετά την αποσυσκευασία τους. Η αποθήκευση τους επιτρέπεται στις περιπτώσεις που υπάρχουν διαθέσιμοι χώροι οι οποίοι πληρούν τις παρακάτω απαιτήσεις:

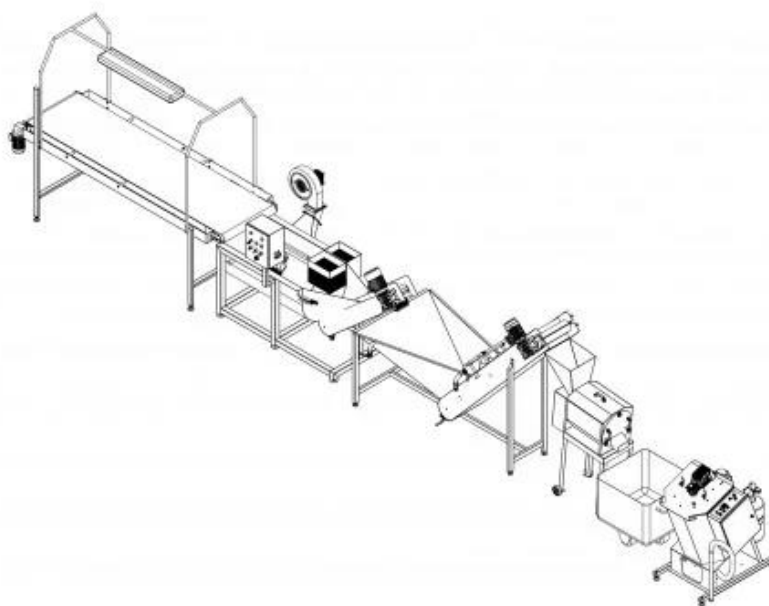
- ✓ Οι χώροι παρέχουν ένα κλειστό καθαρό περιβάλλον το οποίο προστατεύεται επαρκώς από την είσοδο εντόμων, τρωκτικών και ζώων (διαδικασίες εντομοκτονίας και μυοκτονίας, σίτες στα παράθυρα).
- ✓ Οι χώροι καθαρίζονται σύμφωνα με πρόγραμμα και με υλικά που είναι κατάλληλα για χώρους τροφίμων.
- ✓ Οι χώροι προστατεύουν επαρκώς τα υλικά συσκευασίας από τις ηλιακές ακτίνες.
- ✓ Οι χώροι δε χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση τοξικών ουσιών ή λιπασμάτων.

Σε κάθε περίπτωση τα υλικά συσκευασίας πρέπει να:

- ✓ Προστατεύονται από βροχές, σκόνες, φύλλα, χρώματα και παράσιτα (έντομα, τρωκτικά).
- ✓ Προστατεύονται από ζώα.
- ✓ Ελέγχονται πριν τη χρήση για την ύπαρξη ξένων σωμάτων ή άλλων ρύπων.
- ✓ Προστατεύονται από τις ηλιακές ακτίνες.
- ✓ Χρησιμοποιούνται με σειρά προτεραιότητας δηλ. αυτά που παραλαμβάνονται πρώτα να χρησιμοποιούνται πρώτα (FIFO).
- ✓ Απορρίπτονται άμεσα τα ακατάλληλα υλικά συσκευασίας.
- ✓ Απορρίπτονται άμεσα υλικά συσκευασίας τα οποία είναι σπασμένα ή ραγισμένα.
- ✓ Να μην έρχονται σε άμεση ή έμμεση επαφή με εντομοκτόνα, καθαριστικά και άλλες τοξικές ουσίες.

Πιο αναλυτικά, η επιχείρηση για να παράξει μαρμελάδα φράουλα χρησιμοποιεί φράουλες νωπές αλλά και φράουλες κατεψυγμένες ανάλογα με τις ανάγκες της παραγωγής. Οι νωπές φράουλες αποθηκεύονται υπό ψύξη ενώ οι κατεψυγμένες υπό κατάψυξη. Ο σταφυλοχυμός και το κιτρικό οξύ αποθηκεύονται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Επίσης, τα υλικά συσκευασίας αποθηκεύονται και αυτά σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Για να ξεκινήσει η παραγωγική διαδικασία γίνεται

ζύγιση των φράουλών για να προσδιοριστεί η ακριβής ποσότητα που θα χρησιμοποιηθεί. Στη συνέχεια, οι φράουλες αναμειγνύονται με τα υπόλοιπα συστατικά στη διαδικασία παρασκευής της μαρμελάδας. Σημαντικό στάδιο αποτελεί το βράσιμο των φρούτων με ανάδευση, προκειμένου να εξασφαλιστεί ομοιόμορφη θέρμανση και ανάμειξη των συστατικών. Έπειτα, οι φράουλες μεταφέρονται σε δεξαμενή αναμονής για περαιτέρω επεξεργασία και στη συνέχεια μεταγγίζονται σε δοχείο συλλογής προκειμένου να προετοιμαστούν για την επόμενη φάση της διαδικασίας. Τέλος, το υλικό περνάει από το γεμιστικό μηχάνημα όπου γεμίζονται τα βαζάκια. Με αυτόν τον τρόπο, εξασφαλίζεται μια ομαλή και αποτελεσματική διαδικασία παραγωγής μαρμελάδας φράουλας.



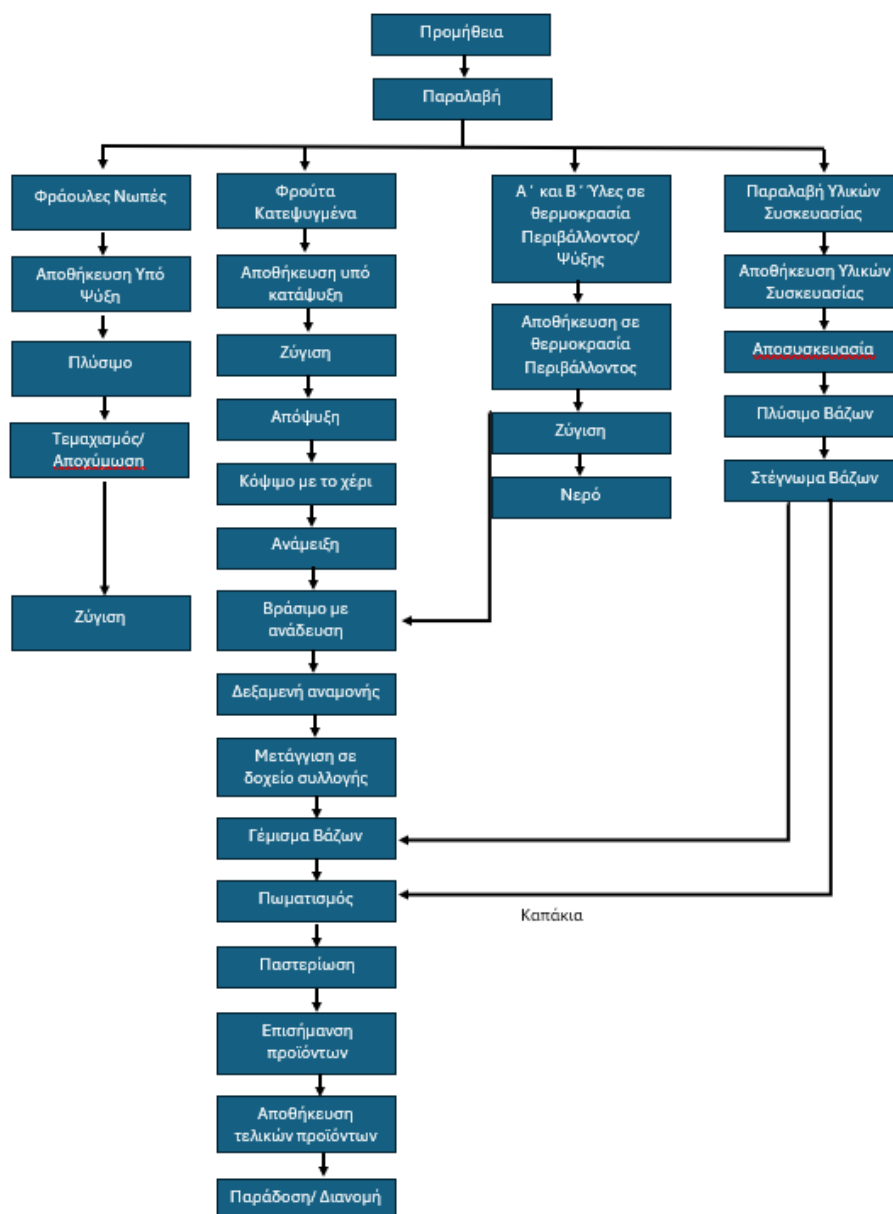
Εικόνα 1-2: Σχηματική απεικόνιση της παραγωγικής διεργασίας παραγωγής φράουλας

Η αποδέσμευση των προϊόντων γίνεται αφού ολοκληρωθούν οι ακόλουθοι τελικοί έλεγχοι:

- Οργανοληπτικός έλεγχος για να διαπιστωθεί η καταλληλότητα των προϊόντων όπως έλεγχος χρώματος, υφής, γεύσης, αρώματος και οξύτητας.

- Έλεγχος βάρους.
- Έλεγχος σήμανσης.
- Έλεγχος ορθής συσκευασίας.

Παρακάτω παρέχεται ένα διάγραμμα ροής για την κατανόηση της παραγωγικής διαδικασίας επιτρέποντας μας να κατανοήσουμε τη σειρά των βημάτων και των διαδικασιών. Το διάγραμμα ροής αρχίζει με την προμήθεια των πρώτων υλών και φτάνει ως και την παράδοση/ διανομή του προϊόντος.



Εικόνα 2-2: Αποτύπωση της παραγωγικής διαδικασίας

2.5 Συσκευασία

Με την ολοκλήρωση της παραγωγικής διαδικασίας της μαρμελάδας, ανοίγει το κεφάλαιο της συσκευασίας, ένα σημαντικό και καθοριστικό στάδιο που διασφαλίζει τη διάθεση/ διακίνηση του προϊόντος αλλά και την διατήρηση του. Η πρώτη φάση της συσκευασίας περιλαμβάνει την τοποθέτηση του προϊόντος σε γυάλινα βάζα και εν συνεχεία την σφράγιση τους με μεταλλικά περιστρεφόμενα πώματα. Η συσκευασία των μαρμελάδων είναι κρίσιμη για τη διατήρηση της φρεσκάδας και της ποιότητας του προϊόντος. Αφού ολοκληρωθεί η πρώτη φάση της συσκευασίας η οποία περιλαμβάνει το γέμισμα των βάζων και την επισφράγιση τους με περιστρεφόμενα μεταλλικά πώματα ακολουθεί η δεύτερη φάση η οποία περιλαμβάνει την τοποθέτηση των συσκευασμένων μαρμελάδων σε χαρτοκιβώτια, την τοποθέτηση τους σε παλέτες και κατόπιν την εφαρμογή ειδικής πλαστικής μεμβράνης για επιπλέον προστασία και σταθερότητα. Στην προκειμένη περίπτωση, η συσκευασία διαμορφώνεται ως εξής:

1. Πρώτη Συσκευασία, η οποία αποτελείται από τα γυάλινα βάζα και το μεταλλικό πώμα.
2. Δεύτερη Συσκευασία, η οποία αποτελείται από την τοποθέτηση των βάζων σε χαρτοκιβώτια τα οποία τοποθετούνται πάνω σε παλέτες. Αφού γίνει η τοποθέτηση των μαρμελάδων όπου πλέον βρίσκονται μέσα στα χαρτοκιβώτια πάνω στις παλέτες, τυλίγονται με stretch film.

2.6 Χωροταξία του Εργοστασίου

Το εργοστάσιο παρουσιάζει μια σύγχρονη και λειτουργική χωροταξία που εξυπηρετεί αποτελεσματικά τις παραγωγικές διαδικασίες. Ο χώρος είναι χωρισμένος σε διάφορες λειτουργικές περιοχές, καθεμία εξοπλισμένη με την αναγκαία τεχνολογία. Η κεντρική παραγωγική μονάδα βρίσκεται στο κέντρο του εργοστασίου, ανάμεσα από τις εγκαταστάσεις αποθήκευσης και τους χώρους επεξεργασίας. Οι διάδρομοι και οι περιοχές εργασίας έχουν σχεδιαστεί με τρόπο που επιτρέπει την εύκολη ροή των υλικών και των προϊόντων. Η προσεκτική τοποθέτηση των μηχανημάτων και η οργάνωση των παραγωγικών γραμμών συμβάλλουν στη μείωση του χρόνου παραγωγής και την αύξηση της αποδοτικότητας της εργασίας. Συνολικά, η διαρρύθμιση του εργοστασίου συνδυάζει την λειτουργικότητα, δημιουργώντας έναν

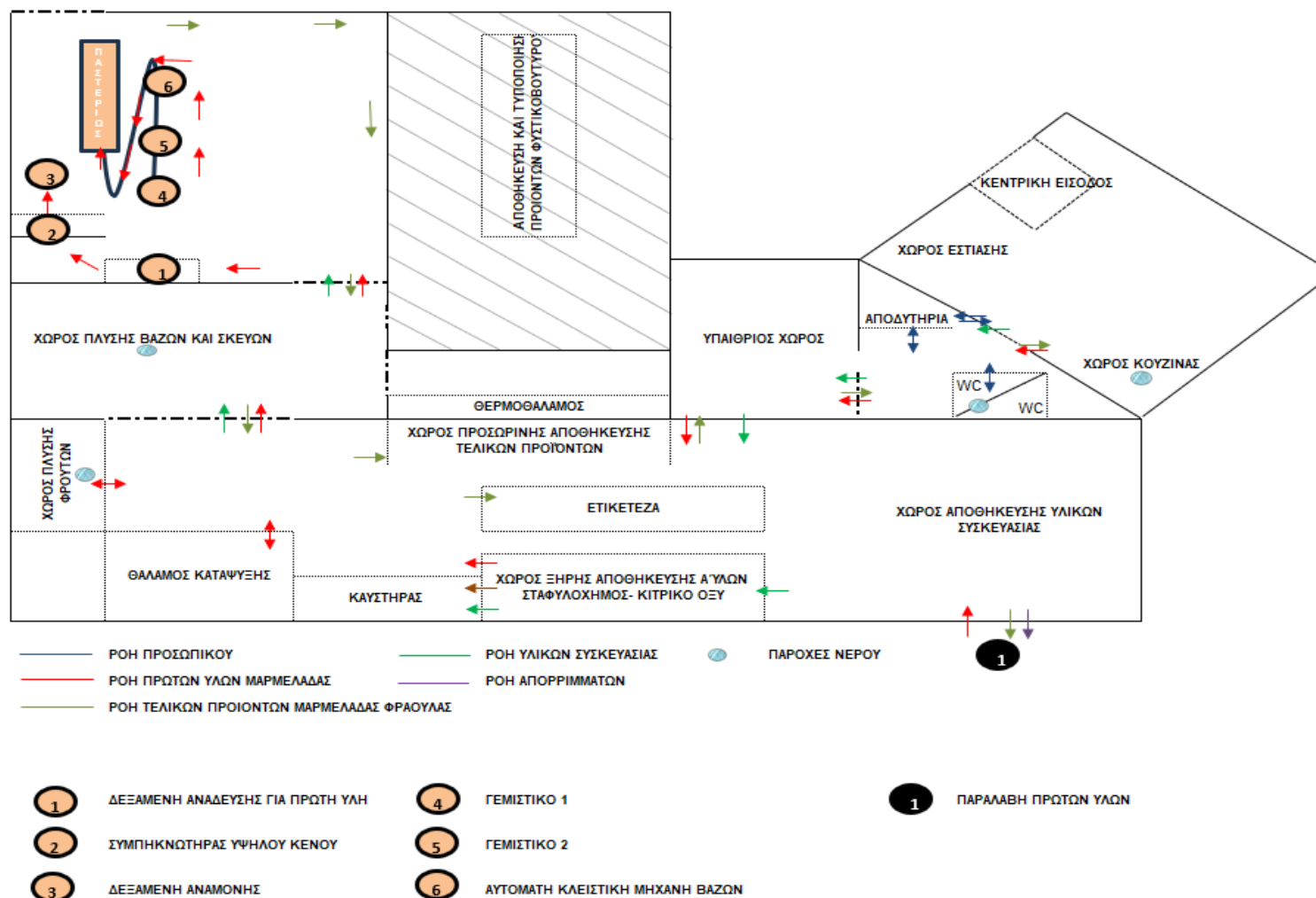
χώρο ο οποίος αντανακλά τη σύγχρονη προσέγγιση στη βιομηχανική παραγωγή. Επιπλέον, η χωροταξία προσδίδει έμφαση στην ασφάλεια και την εργονομία, με ευρύχωρους διαδρόμους και καλά φωτισμένους χώρους εργασίας. Οι προχωρημένες τεχνολογικές λύσεις παρέχουν προηγμένη παρακολούθηση και έλεγχο των διαδικασιών παραγωγής. Επιπλέον, οι κοινόχρηστοι χώροι, όπως οι αίθουσες συνεδριάσεων και οι χώροι αναψυχής, προάγουν την ομαδικότητα και το καλό κλίμα εργασίας.

Για να κατανοηθεί εκτενώς τη διαδικασία παραγωγής, θα αναλυθούν τα βήματα που εκτελούνται. Αρχικά, η κομμένη φράουλα εισέρχεται στη μηχανή ανάδευσης, όπου υποβάλλεται σε διαδικασία ανάμιξης μέχρι να επιτευχθεί η πλήρης πολτοποίησή της. Στη συνέχεια, το προϊόν μεταφέρεται στον Συμπυκνωτή υψηλού κενού, όπου πραγματοποιείται η διαδικασία συμπύκνωσης σε χαμηλές θερμοκρασίες, διατηρώντας παράλληλα τα θρεπτικά συστατικά του προϊόντος αναλλοίωτα. Στη συνέχεια, το υλικό μεταφέρεται στη δεξαμενή αναμονής, όπου υποβάλλεται σε ανάμιξη, προτού περάσει στα γεμιστικά (Γεμιστικό 1, Γεμιστικό 2), όπου τοποθετείται σε γυάλινα βάζα. Ακολούθως, γίνεται η αυτοματοποιημένη σφράγιση των βάζων με μεταλλικά καπάκια, μέσω της κλειστικής μηχανής βάζων. Τα τελικά προϊόντα κατευθύνονται μέσω ενός ιμάντα στον παστεριωτή. Εδώ, υπόκεινται σε θερμική επεξεργασία με στόχο την εξάλειψη παθογόνων μικροοργανισμών, ενισχύοντας έτσι τη διατήρηση και την υγιεινή τους.

Ακολουθεί ένα πλήρες σχήμα το οποίο αποτυπώνει αναλυτικά την χωροταξία της επιχείρησης καθώς και τις ροές του προσωπικού, την ροή των πρώτων υλών μαρμελάδας, την ροή των υλικών συσκευασίας και την ροή των τελικών προϊόντων της μαρμελάδας φράουλας. Ακόμα, μπορούμε φαίνονται σε ποια σημεία υπάρχουν παροχές νερού.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΑΡΜΕΛΑΔΑΣ ΦΡΑΟΥΛΑΣ	
1. Ετικετέζα για βάζα	
2. Καυστήρας	
3. Δεξαμενή πρώτων υλών	
4. Μπόλα	Συγκρότημα αντλίας κενού και συμπυκνωτής ατμού
	Ηλεκτρολογικός πίνακας
5. Αναμονή προσωρινής αποθήκευσης	
6. Παστεριωτής	
7. Γεμιστικό 1	
8. Γεμιστικό 2	
9. Αυτόματη κλειστική μηχανή βάζων	
10. Κλειστικό για χαρτοκιβώτια (για να μπαίνει η ταινία στα χαρτοκιβώτια)	
11. Πλυντήριο βάζων	
12. Κομπρεσέρ αέρος	
13. Γεννήτρια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας	
14. Απορροφητήρας	
15. Μοτέρ ταινίας μεταφοράς	
16. Inket ισχύς	

Πίνακας 2-4: Κατάλογος μηχανημάτων



Εικόνα 2-3: Χωροταξική αποτύπωση του εργοστασίου

3 Περιβαλλοντικός Αντίκτυπος Παραγωγικών Διαδικασιών

3.1 Γενικά

Ο περιβαλλοντικός αντίκτυπος των παραγωγικών διαδικασιών αποτελεί ένα ουσιώδες θέμα που απασχολεί τη σύγχρονη βιομηχανία και την επιστημονική κοινότητα. Η κατανόηση και η αξιολόγηση του περιβαλλοντικού αντικτύπου των διαδικασιών παραγωγής είναι ζωτικής σημασίας για τη διασφάλιση της βιωσιμότητας των επιχειρήσεων και την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος. Η παραγωγή σε κάθε βιομηχανική διαδικασία συνήθως συνδέεται με τη χρήση φυσικών πόρων και την απελευθέρωση εκπομπών και αποβλήτων. Οι εκπομπές αέριων ρύπων, η ρύπανση των υδάτινων πόρων και η παραγωγή αποβλήτων αποτελούν κοινά φαινόμενα που προκύπτουν κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας.

Για τη μείωση του περιβαλλοντικού αντικτύπου των παραγωγικών διαδικασιών, απαιτείται η εφαρμογή βέλτιστων πρακτικών και η χρήση προηγμένων τεχνολογιών. Οι επιχειρήσεις μπορούν να υιοθετήσουν πράσινες πρακτικές παραγωγής. Μέσω της χρήσης τέτοιων διαδικασιών ανάλυσης, οι επιχειρήσεις μπορούν να εντοπίσουν τις περιβαλλοντικές αδυναμίες των προϊόντων τους και να εφαρμόσουν μέτρα για τη μείωσή τους. Τέλος, η ενεργή συμμετοχή και η συνεργασία με τις κοινότητες και τις τοπικές αρχές αποτελούν σημαντικούς παράγοντες για τη διαχείριση του περιβαλλοντικού αντικτύπου. Μέσω της διαλειτουργικής συνεργασίας, μπορούν να αναπτυχθούν ολοκληρωμένες λύσεις που θα έχουν θετικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και την κοινωνία γενικότερα.

3.2 Παραγωγική Διαδικασία

Η μεταποίηση ορίζεται ως «η μετατροπή των πρώτων υλών σε προϊόντα», και συγκαταλέγεται στις κορυφαίες ανθρώπινες δραστηριότητες παγκοσμίως (Chrysosolouris, 2006). Γενικά, οι ανθρώπινες δραστηριότητες είναι υπεύθυνες για τις αυξανόμενες συγκεντρώσεις αερίων θερμοκηπίου (GHG) που συνδέονται με την ταχεία άνοδο της παγκόσμιας θερμοκρασίας. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, το μεγαλύτερο μερίδιο των παγκόσμιων αερίων του θερμοκηπίου προέρχεται από την κατανάλωση ενέργειας (73,2%), με κύριο συντελεστή τον βιομηχανικό τομέα. Ο

περιβαλλοντικός αντίκτυπος των προϊόντων, των διαδικασιών και των υποδομών της παραγωγής ορίζεται ως «το ισοδύναμο μάζας των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα», γνωστό και ως «αποτύπωμα άνθρακα», επειδή το διοξείδιο του άνθρακα ευθύνεται για το μεγαλύτερο μέρος των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (Panagiotopoulou, Stavropoulos and Chryssolouris, 2022).

Σύμφωνα με την ταξινόμηση του Chryssolouris (2006), οι διαδικασίες παραγωγής μπορεί να είναι είτε διαδικασίες αλλαγής φάσης, οι οποίες χρησιμοποιούν όχι μόνο ηλεκτρική ενέργεια, αλλά και άλλες πηγές ενέργειας, όπως το φυσικό αέριο, ή διαδικασίες χωρίς αλλαγή φάσης, που χρησιμοποιούν κυρίως ηλεκτρική ενέργεια (Chryssolouris, 2006). Η πλειονότητα των εκπομπών άνθρακα συνδέεται με τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας και επομένως υπολογίζεται από το γινόμενο της ενέργειας που καταναλώνεται επί έναν συντελεστή εκπομπής άνθρακα. Αυτός ο συντελεστής εκπομπής άνθρακα ποικίλλει από χώρα σε χώρα ή από περιοχή σε περιοχή, καθώς συνδέεται με τον τρόπο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (Liu, Li and Tang, 2019).

3.3 Βιομηχανία Τροφίμων

Το περιβάλλον, που μέχρι πρόσφατα θεωρούνταν απεριόριστος πόρος με μηδενικό κόστος, γίνεται σήμερα όλο και περισσότερο αντιληπτό ως ένας περιορισμένος και πολύτιμος πόρος που απαιτεί την κατάλληλη προσοχή. Κατά συνέπεια, θα πρέπει να επικεντρωθούν αυξημένες προσπάθειες στη μείωση των επιπτώσεων που επιβάλλονται στο περιβάλλον και στην πρόληψη της περιβαλλοντικής ρύπανσης.

Στις μέρες μας, η βιομηχανία τροφίμων μπορεί να θεωρηθεί πολύ αποτελεσματική και παρέχει στον καταναλωτή μια ολοκληρωμένη προμήθεια φρέσκων και επεξεργασμένων τροφίμων υψηλής ποιότητας. Ωστόσο, κάθε βήμα στο σύστημα της γεωργικής βιομηχανίας και της βιομηχανίας τροφίμων χαρακτηρίζεται από παραπροϊόντα, απόβλητα και εκπομπές αέρα με πιθανές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Ενώ οι τεχνολογικές προσεγγίσεις στην παραγωγή τροφίμων έχουν προσφέρει νέες αγορές και ευκαιρίες, πρέπει επίσης να ανταποκρίνονται στις μεταβαλλόμενες περιβαλλοντικές ανησυχίες. Η διατήρηση των πόρων, η ανακύκλωση και η επαναχρησιμοποίηση υλικών, η χρήση υποπροϊόντων και η βιομετατροπή των αποβλήτων υλικών, μαζί με τη μείωση των περιβαλλοντικών φορτίων μπορούν όλα να

συμβάλουν στη βιωσιμότητα του περιβάλλοντος. Αυτή η συνειδητοποίηση υπογράμμισε την ανάγκη για αποτελεσματική έρευνα για την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων των τεχνολογιών και των μεθόδων επεξεργασίας στο περιβάλλον (Kroyer, 1995).

3.3.1 Απόβλητα

Οι βιομηχανίες επεξεργασίας τροφίμων παράγουν τεράστιους όγκους τυπικά βιοαποδομήσιμων αποβλήτων που μπορεί να προκύψουν σε οποιοδήποτε σημείο της αλυσίδας εφοδιασμού τροφίμων και ποτών.

Τα «αναπόφευκτα απόβλητα τροφίμων» ταξινομούνται ως απόβλητα που προέρχονται από παρασκευάσματα τροφίμων και ποτών που δεν είναι βρώσιμα υπό κανονικές συνθήκες. Αυτά είναι συνήθως απόβλητα υλικά που παράγονται κυρίως κατά την επεξεργασία τροφίμων ή στο στάδιο της κατασκευής του επεξεργασμένου προϊόντος, για παράδειγμα, πυρηνέλαιο φρούτων, σπόρους, μίσχους, φλούδες λαχανικών και ούτω καθεξής. Ανάλογα με την πρώτη ύλη και τις τεχνολογίες που εφαρμόζονται, εμφανίζονται σε μεγάλες ποσότητες και συχνά αποτελούν σημαντικό πρόβλημα διάθεσης για τη βιομηχανία τροφίμων (Kosseva, 2020).

Τα φρούτα αντιπροσωπεύουν το 32% της καθημερινής διατροφής του παγκόσμιου πληθυσμού. Τα απόβλητα από την επεξεργασία φρούτων, ως μέρος ολόκληρου του τομέα επεξεργασίας απορριμμάτων τροφίμων, όπως ο πυρήνας (δέρμα, σπόροι και πολτός), οι φλούδες, οι σπόροι και τα στελέχη μπορούν να θεωρηθούν αναπόφευκτα απόβλητα. Κατά την επεξεργασία, αυτά τα μέρη του φυτού συνήθως αφαιρούνται με ξεφλούδισμα ή διατηρούνται στα υπολείμματα της πρέσας. Για παράδειγμα, κατά την παραγωγή χυμού μήλου και μηλίτη περίπου το 25% και το 20%, αντίστοιχα, των ακατέργαστων μήλων παραμένει ως πυρηνίσκος (Kosseva, 2020). Η παγκόσμια παραγωγή φρούτων το 2017 ήταν περίπου 865,6 εκατομμύρια τόνοι και το 25% - 45% αυτής της μάζας παραμένει ως απόβλητο μετά την επεξεργασία, σύμφωνα με την FAOSTAT (FAO, 2018) .

Γενικά, τα απόβλητα από τη βιομηχανία επεξεργασίας τροφίμων έχουν ορισμένα κοινά χαρακτηριστικά (Kroyer, 1995; Kosseva, 2020):

1. Μεγάλες ποσότητες οργανικών υλικών όπως πρωτεΐνες, υδατάνθρακες και λιπίδια,
2. μεγάλες ποσότητες αιωρούμενων στερεών ανάλογα με την πηγή,
3. υψηλή βιοχημική ζήτηση οξυγόνου (BOD) ή χημική ζήτηση οξυγόνου (COD),
4. υψηλή συγκέντρωση αζώτου,
5. υψηλή περιεκτικότητα σε αιωρούμενα λάδια ή γράσα και
6. υψηλές διακυμάνσεις στο pH.

Επιπλέον, τα περισσότερα από αυτά τα απόβλητα έχουν υψηλότερα επίπεδα από τους παραπάνω αναφερόμενους όρους ρύπανσης από τα αστικά απόβλητα.

Από την άλλη πλευρά, τα φρούτα και τα λαχανικά είναι πλούσια σε κυτταρίνη, αντιοξειδωτικά, πηκτίνη, ημικυτταρίνη, λιγνίνη, υδατάνθρακες, μεταλλικά άλατα, αρώματα τροφίμων και χρωστικές. Αυτές οι ουσίες μπορούν να ενσωματωθούν σε ζωοτροφές ή να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων διατροφής. Τα υποπροϊόντα φρούτων και λαχανικών περιέχουν μεγάλες ποσότητες δευτερογενών φυτικών μεταβολιτών σε συμπυκνωμένη μορφή και αντιπροσωπεύουν πολλά υποσχόμενες πηγές βιοδραστικών ενώσεων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως συστατικά σε λειτουργικά τρόφιμα. Τα υψηλότερα απόβλητα COD απαιτούν γενικά πιο πολύπλοκες διαδικασίες επεξεργασίας. Ωστόσο, περισσότερες οργανικές ενώσεις είναι διαθέσιμες για περαιτέρω αξιοποίηση (Kosseva, 2020).

Τα λύματα επεξεργασίας φρούτων και λαχανικών χαρακτηρίζονται επίσης από υψηλό βαθμό οργανικής ρύπανσης, περιστασιακά περιέχουν πολυφαινόλες και αρωματικούς αναστολείς που συνιστά σοβαρό περιβαλλοντικό πρόβλημα για το έδαφος, τα ποτάμια και τα υπόγεια ύδατα. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητο να αναπτυχθούν τεχνολογίες επεξεργασίας που είναι κατάλληλες για τον τύπο των αποβλήτων καθώς και για τους ρύπους που προκύπτουν. Ωστόσο, αυτό το πρόβλημα ενισχύεται από τη μεγάλη ποικιλία συστατικών που βρίσκονται σε υγρά ρεύματα και στερεά απόβλητα που θα απαιτήσουν μια ποικιλία τεχνολογιών επεξεργασίας με αποτέλεσμα οικονομικά τελικά προϊόντα (Kosseva, 2020).

3.4 Παραγωγή Μαρμελάδας

Όπως όλες οι διεργασίες που προέρχονται από τον άνθρωπο, έτσι και η παραγωγή μαρμελάδας, και ειδικά σε βιομηχανικό επίπεδο, έχει σαν αποτέλεσμα την παραγωγή μιας σειράς αποβλήτων, σε υγρή, στερεά και αέρια μορφή.

Ειδικότερα για την παραγωγή της μαρμελάδας φράουλας, καταγράφονται εκπομπές άνθρακα, παραγωγή στερεών αποβλήτων, αλλά και παραγωγή υγρών αποβλήτων.

3.4.1 Εκπομπές Άνθρακα

Το εργοστάσιο παραγωγής αναδεικνύει τη σημασία της ανάλυσης του περιβαλλοντικού αποτυπώματος που προκαλούν οι παραγωγικές διαδικασίες. Μέσα από την ανάλυση αυτή αναδεικνύονται οι πρωταρχικές πηγές εκπομπών άνθρακα και προτείνονται μέτρα για τη μείωσή τους, προωθώντας έτσι την πρακτική της βιώσιμης παραγωγής.

Η μαρμελάδα φράουλα, είναι ένα προϊόν που απολαμβάνεται παγκοσμίως και αποτελεί σημαντικό κομμάτι της διατροφής πολλών ανθρώπων. Ωστόσο, η παραγωγή της σχετίζεται με διάφορες περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατά μήκος του κύκλου ζωής του προϊόντος. Σε αυτό το κεφάλαιο, θα εξεταστούν οι εκπομπές άνθρακα σε κάθε στάδιο του κύκλου ζωής της μαρμελάδας φράουλας, από την παραγωγή των πρώτων υλών έως την κατανάλωση. Η πρώτη φάση του κύκλου ζωής της μαρμελάδας φράουλας είναι η παραγωγή των φρούτων φράουλας. Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης, σημαντικές πηγές εκπομπών άνθρακα περιλαμβάνουν τη χρήση φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων, την ενέργεια που απαιτείται για την άρδευση και τη συλλογή των φρούτων, καθώς και τις εκπομπές από τη μεταφορά των φρούτων από το χωράφι στο εργοστάσιο επεξεργασίας. Κατά την επεξεργασία των φρούτων στο εργοστάσιο, εκπέμπονται CO₂ από τη χρήση ενέργειας για τη λειτουργία των μηχανημάτων, την θέρμανση και την εξάτμιση των φρούτων. Επιπλέον, η παραγωγή συσκευασίας απαιτεί ενέργεια και υλικά, με την παραγωγή της συσκευασίας να συνεπάγεται επίσης εκπομπές CO₂. Κατά τη διανομή και την κατανάλωση, οι μεταφορές των μαρμελαδών από το εργοστάσιο στα σημεία πώλησης και στους καταναλωτές συνεπάγονται εκπομπές CO₂ λόγω της χρήσης οχημάτων με καύσιμα ορυκτής προέλευσης.

Συνολικά, οι εκπομπές άνθρακα κατά μήκος του κύκλου ζωής της μαρμελάδας φράουλας είναι σημαντικές και πρέπει να ληφθούν υπόψη για τη μείωση του

περιβαλλοντικού αποτυπώματος του προϊόντος. Η χρήση βιώσιμων πρακτικών καλλιέργειας, η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά τη διαδικασία παραγωγής και η βελτίωση του σχεδιασμού της συσκευασίας μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στη μείωση των εκπομπών CO₂ και στην προώθηση μιας πιο βιώσιμης παραγωγής μαρμελάδας φράουλας.

3.4.2 Υδάτινοι Πόροι

Η βιώσιμη χρήση των υδάτινων πόρων αποτελεί έναν ουσιαστικό παράγοντα για τη διατήρηση της ισορροπίας του περιβάλλοντος και τη διασφάλιση της αειφορίας των πόρων. Στο πλαίσιο αυτό, η παραγωγή μαρμελάδας φράουλας απαιτεί σημαντική χρήση νερού και μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τους υδάτινους πόρους. Στο παρόν κεφάλαιο, θα διερευνηθεί ο περιβαλλοντικός αντίκτυπος της παραγωγής μαρμελάδας φράουλας σε σχέση με τους υδάτινους πόρους.

Επιρροή της Καλλιέργειας των Φράουλών στο Νερό

Η καλλιέργεια των φράουλών απαιτεί άφθονο νερό για την άρδευση και τη συντήρηση της υγρασίας του εδάφους. Η χρήση νερού σε μεγάλες ποσότητες μπορεί να ασκήσει πίεση στους υδάτινους πόρους, ειδικά σε περιοχές με περιορισμένη διαθεσιμότητα νερού ή κατά την περίοδο της ξηρασίας.

Χρήση Νερού στο Εργοστάσιο Επεξεργασίας

Η επεξεργασία των φράουλών στο εργοστάσιο απαιτεί επίσης μεγάλες ποσότητες νερού για τον καθαρισμό των φρούτων, την παρασκευή της μαρμελάδας και την καθαριότητα των χώρων. Η χρήση αυτής της υδατικής πηγής απαιτεί προσεκτική διαχείριση και εκπόνηση μέτρων για την εξοικονόμηση και αποτελεσματική χρήση του νερού.

Διαχείριση Αποβλήτων και Ρύπων

Επιπλέον, η διαδικασία παραγωγής μπορεί να προκαλέσει παραγωγή αποβλήτων και ρύπων, οι οποίοι μπορούν να επιπλέουν στους υδάτινους πόρους και να προκαλέσουν ρύπανση. Η αποτελεσματική διαχείριση των αποβλήτων και η πρόληψη της ρύπανσης είναι κρίσιμες για τη διατήρηση της ποιότητας των υδάτινων πόρων.

Η παραγωγή μαρμελάδας φράουλας μπορεί να επηρεάσει τους υδάτινους πόρους με πολλούς τρόπους. Η σωστή διαχείριση του νερού και η μείωση των αποβλήτων

αποτελούν ουσιώδεις παράγοντες για τη διατήρηση της βιωσιμότητας της παραγωγής και την προστασία του περιβάλλοντος και των υδάτινων πόρων. Η εφαρμογή πρακτικών αειφόρου ανάπτυξης και η συνεχής παρακολούθηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων αποτελούν θεμέλιο για τη διασφάλιση μιας υγιούς σχέσης με τους υδάτινους πόρους.

3.4.3 Απόβλητα

Η διαχείριση των αποβλήτων στην παραγωγή μαρμελάδας φράουλας αποτελεί ένα ζωτικό κομμάτι της βιώσιμης παραγωγής και της προστασίας του περιβάλλοντος. Κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας των φραουλών, δημιουργούνται διάφορα απόβλητα, όπως φυτικά υπολείμματα, συσκευασίες λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων. Η αποτελεσματική διαχείριση αυτών των αποβλήτων απαιτεί προσεκτικό σχεδιασμό και εφαρμογή βιώσιμων πρακτικών.

Οι φυτικές ύλες που παράγονται κατά την καλλιέργεια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή κομπόστ, ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως φυτοδότης, βελτιώνοντας την ποιότητα του εδάφους. Επίσης, οι συσκευασίες λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων πρέπει να ανακυκλώνονται σωστά για τη μείωση της περιβαλλοντικής επίδρασης.

Κατά τη διαδικασία παραγωγής της μαρμελάδας φράουλας, προκύπτουν απόβλητα όπως φλούδες φρούτων και συσκευασίες υλικών. Η ανακύκλωση αυτών των υλικών είναι ουσιώδης για τη μείωση του όγκου των αποβλήτων και τη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα. Επίσης, η αποτελεσματική διαχείριση των αποβλήτων μπορεί να συμβάλει στη μείωση του κόστους παραγωγής και στη βελτίωση της αειφορίας του τομέα.

Η ανακύκλωση και η επαναχρησιμοποίηση υλικών είναι σημαντικά βήματα προς την επίτευξη της βιωσιμότητας στην παραγωγή μαρμελάδας φράουλας. Επιπλέον, η χρήση προηγμένων τεχνολογιών και η συμμόρφωση με τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς μπορούν να συμβάλουν στη βελτίωση της διαχείρισης των αποβλήτων και στην προστασία του περιβάλλοντος.

Συνολικά, η αποτελεσματική διαχείριση των αποβλήτων στην παραγωγή μαρμελάδας φράουλας απαιτεί τη συνεργασία όλων των εμπλεκόμενων φορέων, από τους αγρότες έως τους παραγωγούς και τους καταναλωτές. Μόνο με συντονισμένες προσπάθειες

μπορεί να διασφαλιστεί η διατήρηση της ποιότητας του περιβάλλοντος και της αειφορίας της παραγωγής μαρμελάδας φράουλας.

4 Μεθοδολογία Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (LCA)

4.1 Γενικά

Σύμφωνα με τον (Samani, 2023) η μέθοδος της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής, αναπτύχθηκε για πρώτη φορά τη δεκαετία του 1960 και έκανε την εμφάνισή της στις αρχές του 1970. Στα επόμενα χρόνια αναπτύχθηκε και άρχισε να εδραιώνεται ως μια αξιόπιστη μέθοδος για τον υπολογισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκαλεί ένα προϊόν από τις πρώτες ύλες που χρειάζεται για να παραχθεί μέχρι και το τέλος του.

Επομένως, προκειμένου να υλοποιηθεί μια Ανάλυση του Κύκλου Ζωής, ακολουθούνται μια σειρά από διαφορετικές προσεγγίσεις, οι οποίες έχουν άμεση εξάρτηση από το εκάστοτε θέμα που πρέπει να επιλυθεί μέσω της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής.

Η βασική αρχή πίσω από αυτό την συγκεκριμένη μεθοδολογία είναι ο εντοπισμός και η περιγραφή όλων των σταδίων που εμπλέκονται στον κύκλο ζωής των προϊόντων, από την εξαγωγή και την προεπεξεργασία των πρώτων υλών, την παραγωγή, τη μεταφορά, τη διανομή και τη χρήση του τελικού προϊόντος, μέχρι την πιθανή επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση ή απόρριψη των απορριμμάτων που προέρχονται από το εν λόγω προϊόν (ECOIL, 2004).

Η πιο γνωστή και με ευρεία εφαρμογή μέθοδος που χρησιμοποιείται στις Περιβαλλοντικές Δηλώσεις είναι η Μέθοδος Ανάλυσης Κύκλου Ζωής. Η αξιολόγηση του κύκλου ζωής, σύμφωνα με τους (Seigné-Itoiz, Mwabonje, Panoutsou, & Woods, 2021), βασίζεται σε ορισμένα πρότυπα και κατευθυντήριες γραμμές που καθορίζουν τη μεθοδολογία για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιδράσεων ενός προϊόντος, διαδικασίας ή υπηρεσίας κατά τη διάρκεια ολόκληρου του κύκλου ζωής του. Τα δύο βασικά πρότυπα, κατά τους (Schaubroeck, et al., 2022), που χρησιμοποιούνται για την Ανάλυση του Κύκλου Ζωής είναι:

ISO 14040:2006: «*Environmental management - Life Cycle Assessment: Principles and Framework*» και

ISO 14044:2006: *«Environmental management - Life Cycle Assessment: Requirements and Guidelines»*,

τα οποία εκδόθηκαν από τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (ISO).

Αυτά τα πρότυπα παρέχουν οδηγίες για την εκτέλεση της μεθόδου και θέτουν τις βασικές αρχές και απαιτήσεις για την αξιολόγηση του κύκλου ζωής.

Εκτός των δύο προτύπων που αναφέρθηκαν υπάρχουν και άλλα πρότυπα υποστηρικτικά στην διεξαγωγή μια μελέτης Ανάλυσης Κύκλου Ζωής, (BUTCARU, CĂTUNEANU, STĂNICĂ, & BĂDULESCU, 2021) όπως το:

ISO 14047:2012: *«Environmental management — Life cycle assessment — Illustrative examples on how to apply ISO 14044 to impact assessment situations»*,

ISO 14048:2002 *«Environmental management- Life Cycle Assessment: Data documentation Format»*

ISO 14049:2012 *«Environmental management — Life cycle assessment — Illustrative examples on how to apply ISO 14044 to goal and scope definition and inventory analysis»*.

Η LCA επιτρέπει στους σχεδιαστές να εντοπίζουν πιθανούς τομείς όπου ένα αγαθό ή μια υπηρεσία θα μπορούσε να βελτιωθεί μειώνοντας τον περιβαλλοντικό αντίκτυπό του και μειώνοντας την κατανάλωση πόρων καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του. Επιπλέον, η LCA αντιπροσωπεύει ένα βασικό σκαλοπάτι στην πορεία προς τη βιώσιμη ανάπτυξη στην Ευρώπη. Παρέχοντας σαφείς και επαληθεύσιμες πληροφορίες στους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, η LCA είναι σε θέση να συμβάλει στη διαμόρφωση πολιτικών βιώσιμης κατανάλωσης και παραγωγής (Strazza, Del Borghi and Gallo, 2013).

4.2 Κατηγοριοποίηση Ανάλυσης Κύκλου Ζωής

Η Ανάλυση του Κύκλου Ζωής βρίσκει χρησιμότητα στην παροχή ενός συστηματικού πλαισίου που βοηθά σε διαδικασίες όπως ο εντοπισμός, η ποσοτικοποίηση, η ερμηνεία και η αξιολόγηση, με σαφή και τακτοποιημένο τρόπο, των όποιων επιπτώσεων στο φυσικό περιβάλλον μπορεί να εμφανίσει ένα προϊόν, μια λειτουργία ή μια υπηρεσία. Αποτελεί ουσιαστικά ένα εργαλείο διάγνωσης, το οποίο μπορεί να βρει χρήση

προκειμένου να συγκριθούν, μεταξύ τους ή με κάποιο πρότυπο, υφιστάμενα προϊόντα ή υπηρεσίες, και το οποίο μπορεί να υποδείξει πολλά εν δυνάμει σημεία βελτίωσης σε υφιστάμενα προϊόντα ή μπορεί να χρησιμοποιηθεί βοηθητικά προκειμένου να σχεδιαστούν νέα προϊόντα (ECOIL, 2004).

Μια κατηγοριοποίηση της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής, που περιλαμβάνει τρία επίπεδα, σύμφωνα με τις τεχνολογικές λεπτομέρειες είναι η ακόλουθη (Farjana, Mahmud and Huda, 2021):

Εννοιολογική Ανάλυση Κύκλου Ζωής: συνιστά το πρώτο επίπεδο της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής, η οποία έχει ως βάση μια σειρά ελάχιστων περιβαλλοντικών πτυχών κάποιων λίγων σταδίων του κύκλου ζωής, στο οποίο ακόμη υφίσταται η δυνατότητα βελτιώσεων από την πλευρά του κατασκευαστή. Τα αποτελέσματα που εξάγονται μπορεί να έχουν κάποια χρησιμότητα όσον αφορά την ποιοτική αναφορά των αποτελεσμάτων αξιολόγησης, αλλά δεν θεωρούνται κατάλληλα για περισσότερο προχωρημένες διεργασίες, όπως η εταιρική διαφήμιση ή η δημοσίευση μιας μελέτης Ανάλυσης Κύκλου Ζωής.

Απλοποιημένη Ανάλυση Κύκλου Ζωής: Συνιστά τον τύπο της ολοκληρωμένης αξιολόγησης η οποία κάνει χρήση γενικών συνόλων δεδομένων που καλύπτουν το σύνολο του κύκλου ζωής ενός προϊόντος ή ενός συστήματος διαδικασιών. Στο στάδιο αυτό καταγράφεται σημαντική μείωση του απαιτούμενου χρόνου και των δαπανών, γεγονός που διαφοροποιεί σημαντικά την Απλοποιημένη από τη Λεπτομερή Ανάλυση Κύκλου Ζωής (που ακολουθεί). Όλα τα παραπάνω απαιτούν τον έλεγχο των σταδίων του κύκλου ζωής, την απλοποίηση των αποτελεσμάτων της Ανάλυσης, προκειμένου να υπάρξουν μελλοντικές αναφορές αλλά και διασφάλιση της αξιοπιστίας των εξαχθέντων αποτελεσμάτων. Για όλα τα παραπάνω, η εν λόγω διαδικασία ονομάζεται και «Βελτιωμένη LCA».

Λεπτομερής Ανάλυση Κύκλου Ζωής: Ο εν λόγω τύπος Ανάλυσης θεωρείται ο πλέον ολοκληρωμένος, καθώς εφαρμόζει μια πλήρη διερεύνηση του κάθε σταδίου του κύκλου ζωής με σύνολα δεδομένων που αφορούν αποκλειστικά το συγκεκριμένο σύστημα, ενώ παράλληλα δίνεται η δυνατότητα για λεπτομερή αναλύση και επιπλέον βελτίωση της διαδικασίας.

Τα αποτελέσματα της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής δίνονται με τη μορφή μιας λειτουργικής μονάδας (π.χ., ένα MJ βιοενέργειας) (Cowie, Brandão and Soimakallio, 2019).

4.3 Μέθοδος Λειτουργίας

Η Ανάλυση του Κύκλου Ζωής συνιστά το επίκεντρο του οικολογικού σχεδιασμού, και η οποία ασχολείται με τον σχεδιασμό ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας λαμβάνοντας υπόψη τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις αυτών, οι οποίες μπορεί να προκύψουν συνολικά στον κύκλο ζωής τους. Η Ανάλυση του Κύκλου Ζωής αναλύει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις τόσο από τη χρήση πόρων (εισροές) όσο και από τις εκπομπές που δημιουργούνται από μια δεδομένη διαδικασία (εκροές) (Muthu, 2020).

Ειδικότερα ως εισροές μπορούν να εννοηθούν:

- Οι πρώτες ύλες.
- Το νερό.
- Η ενέργεια.
- Οι χημικές ουσίες και άλλα βοηθητικά.

Αντίστοιχα ως εκροές μπορούν να εννοηθούν:

- Το προϊόν.
- Το παραπροϊόν.
- Τα στερεά απόβλητα.
- Οι ατμοσφαιρικές εκπομπές.
- Τα υγρά απόβλητα.
- Οι εδαφικές εκπομπές.

Η διαδικασία ποσοτικού προσδιορισμού του κύκλου ζωής ενός προϊόντος, έχει ως εφαλτήριο τη φάση παραγωγής και εξόρυξης των πρώτων υλών, έπεται η διαδικασία κατασκευής, και αργότερα ακολουθούν οι στις φάσεις συσκευασίας, διανομής, λιανικής πώλησης, χρήσης και απόρριψης (Muthu, 2020).



Σχήμα 4-2: Οι φάσεις που εμπλέκονται στον Κύκλο Ζωής ενός προϊόντος και οι οποίες λαμβάνονται υπόψη για τον ποσοτικό προσδιορισμό της LCA.

Η ανάλυση δεν ολοκληρώνεται μόλις συλλεχθούν οι διαφορετικές εισροές και εκροές,. Αυτές οι λεπτομέρειες εισόδου και εξόδου, θα μετατραπούν σε μαθηματικά μοντέλα για ανάλυση. Αυτές οι επιπτώσεις στη συνέχεια ποσοτικοποιούνται στην LCA και σχετίζονται με μια κλίμακα τριών επιπέδων, την τοπική, την περιφερειακή και την παγκόσμια (Muthu, 2020).

4.4 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα

Όπως κάθε μεθοδολογία, έτσι και η LCA διαθέτει πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα αναφορικά με την εφαρμογή της.

Πλεονεκτήματα:

- 1) **Αποτελεί μια ολοκληρωμένη αξιολόγηση:** Η LCA αποτελεί ένα αναλυτικό εργαλείο που καταγράφει τις συνολικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις όλων των σταδίων του κύκλου ζωής που σχετίζονται με ένα προϊόν, διαδικασία ή ανθρώπινη δραστηριότητα από την απόκτηση πρώτης ύλης, μέσω των φάσεων παραγωγής και χρήσης, έως τη διαχείριση απορριμμάτων. Αυτό καθιστά την LCA ένα μοναδικό εργαλείο περιβαλλοντικής διαχείρισης (Curran, 2014).

- 2) **Υπογραμμίζει τις πιθανές περιβαλλοντικές ανταλλαγές:** Η LCA περιλαμβάνει όλες τις αλληλοεπιδρούσες δραστηριότητες, μέσα και επιπτώσεις και τον εντοπισμό πιθανών ανταλλαγών από τη μια φάση του κύκλου ζωής στην άλλη, από τη μια περιοχή στην άλλη ή από το ένα περιβαλλοντικό πρόβλημα στο άλλο, που ενδέχεται να προκύψουν ως αποτέλεσμα μιας απόφασης (Curran, 2014).
- 3) **Παρέχει δομή σε μια έρευνα:** Η σειρά προτύπων ISO μας παρέχει έναν ορισμό της LCA μαζί με ένα γενικό πλαίσιο για τη διεξαγωγή αξιολόγησης σε τέσσερις αλληλένδετες φάσεις (Curran, 2014). Η LCA έχει εξελιχθεί σε ένα σημαντικό εργαλείο αναφορικά με τη συλλογή πληροφοριών για ανάλυση, συζήτηση, ενέργειες και ρυθμίσεις σε διάφορους τομείς (Ngo, 2012). Στο πλαίσιο αυτό η LCA, βοηθά τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων να αναγνωρίσουν πότε, σκόπιμα ή ακούσια, δίνουν υψηλή αξία σε ορισμένες περιβαλλοντικές πτυχές και ελάχιστη ή καθόλου αξία σε άλλες.
- 4) **Μπορεί να αμφισβητήσει τη συμβατική γνώση:** Η πιο σημαντική πτυχή της είναι ότι βοηθά τους ανθρώπους να ενσωματώσουν τη σκέψη ολόκληρου του συστήματος όσον αφορά την εκτίμηση επιπτώσεων. Απομακρυνόμενοι από τον αποσυνδεδεμένο τρόπο σκέψης που μας οδήγησε εδώ που βρισκόμαστε σήμερα, η LCA μπορεί να φέρει στο φως δεδομένα και πληροφορίες που μας κάνουν να αμφισβητούμε τι θεωρείται συνήθως ως περιβαλλοντικά προτιμότερο (Ngo, 2012).
- 5) **Προάγει τη βάση γνώσεων:** Το να ληφθεί υπόψη η πλήρης ανάλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ενός συστήματος, είναι πιθανότατα μια πιο περίπλοκη (δηλαδή δαπανηρή) προσπάθεια από ό,τι πολλοί οργανισμοί είναι διατεθειμένοι να αναλάβουν. Αναμένεται ότι η συνεχής υλοποίηση των LCA θα ευαισθητοποιήσει περισσότερο τους οργανισμούς και τους καταναλωτές για τις διασυνδέσεις των λειτουργιών, παρέχοντας παράλληλα στους παραγωγούς, τους καταναλωτές και τις ρυθμιστικές αρχές τις απαραίτητες βασικές πληροφορίες και δεδομένα για να προχωρήσουν (Ngo, 2012). Η πρόκληση τώρα είναι να βρεθεί ένας οικονομικός, αποτελεσματικός τρόπος για να μοιραστείτε αυτήν την αυξανόμενη βάση δεδομένων γνώσης με χρήστες σε όλο τον κόσμο.

- 6) **Προάγει την επικοινωνία και τον λόγο:** Η μεθοδολογία, που αρχικά αναπτύχθηκε για να παρέχει περιβαλλοντικές πληροφορίες για τη διάκριση μεταξύ προϊόντων ή υπηρεσιών, έχει εξελιχθεί ως βάση για την κοινοποίηση της συνολικής περιβαλλοντικής απόδοσης των προϊόντων και των διαδικασιών στους ενδιαφερόμενους. Για παράδειγμα, η ανάπτυξη περιβαλλοντικών δηλώσεων προϊόντων (EPD) με βάση την LCA είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος για την επικοινωνία αξιόπιστων πληροφοριών σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιδόσεις των προϊόντων (Del Borghi, 2013).

Μειονεκτήματα:

Όπως συμβαίνει με όλα τα πολύπλοκα εργαλεία αξιολόγησης, η μεθοδολογία LCA έχει τους περιορισμούς και τα δυνατά της σημεία. Αν και το πρότυπο ISO δίνει έναν συναινετικό ορισμό για την LCA και παρέχει ένα γενικό πλαίσιο για τη διεξαγωγή μιας αξιολόγησης, αφήνει πολλά στην ερμηνεία από το άτομο που διεξάγει την αξιολόγηση. Ως αποτέλεσμα, οι μελέτες LCA έχουν επικριθεί για την παραγωγή διαφορετικών αποτελεσμάτων για φαινομενικά τα ίδια προϊόντα/υπηρεσίες (Curran, 2014).

Οι μελέτες LCA εργάζονται σε διάφορες υποθέσεις και σενάρια και αξιολογούν τον πραγματικό κόσμο σε ένα απλοποιημένο μοντέλο, επομένως μερικές φορές οδηγούν σε σκεπτικισμό σχετικά με τα αποτελέσματα τους.

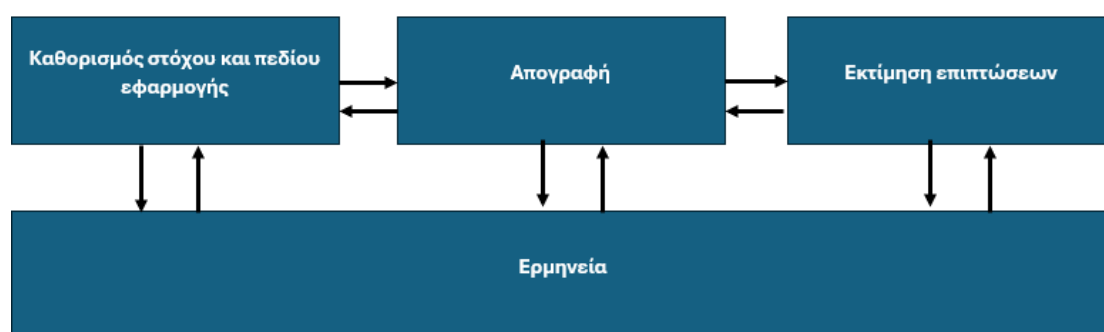
Επιπλέον, η LCA είναι ένα εργαλείο που βασίζεται σε δεδομένα και εάν η ποιότητα των δεδομένων είναι κακή ή αν δεν υπάρχουν επαρκή δεδομένα, η μελέτη δεν θα οδηγήσει σε αποτελεσματικά συμπεράσματα.

Επίσης, δεν είναι εύκολο να κοινοποιηθούν τα αποτελέσματα μιας μελέτης LCA. Η LCA παρέχει συνήθως αποτελέσματα σε πολλές περιβαλλοντικές επιπτώσεις και παράγει περισσότερα από ένα προϊόντα που δημιουργούν σύγχυση. Επιπλέον, απαιτείται μια πιο λεπτομερής ανάλυση για να εξηγηθούν οι διαφορές και να επισημανθούν τα οφέλη και τα μειονεκτήματα και των προϊόντων. Επομένως μπορεί να είναι δύσκολο για τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων να λάβουν ακριβείς αποφάσεις. Στη βάση αυτού, το έγγραφο αξιολόγησης των επιπτώσεων του κύκλου ζωής του ISO προειδοποιεί συγκεκριμένα ότι η LCA δεν προβλέπει πραγματικές επιπτώσεις (Gaur, Gurjar and Chaudhary, 2022).

Η μεθοδολογία της LCA, λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, θα μπορούσε να ωφεληθεί από την ανάπτυξη εναρμονισμένης καθοδήγησης και παγκόσμιας συμφωνίας από επαγγελματίες και διαμορφωτές LCA (UNEP, 2011; UNEP/SETAC, 2012).

4.5 Φάσεις Ανάλυσης Κύκλου Ζωής

Για την πραγμάτωση μια μελέτης Ανάλυσης Κύκλου Ζωής για ένα προϊόν, (Celauro, Cardella, & Guerrieri, 2023), αρχικά προσδιορίζονται οι φάσεις, σύμφωνα με το πρότυπο ISO 14044:2006.



Εικόνα 4-5: Φάσεις Ανάλυσης Κύκλου Ζωής σύμφωνα με το πρότυπο 14044 (Celauro, Cardella, & Guerrieri, 2023)

Μια μελέτη Ανάλυσης Κύκλου Ζωής συνίσταται από τέσσερις φάσεις (Strazza, Del Borghi and Gallo, 2013; Muralikrishna and Manickam, 2017) οι οποίες αναλύονται παρακάτω.

4.5.1 Φάση 1: Καθορισμός στόχου και πεδίου εφαρμογής

Κατά την ανάλυση, στην αρχική φάση και σύμφωνα με τους (Gasa, Prieto, Lopez-Roman, & Cabeza, 2022), προβαίνουμε στον καθορισμό του σκοπού, των στόχων, της λειτουργικής μονάδας και των ορίων του συστήματος. Αναλυτικά, κατά τον καθορισμό του σκοπού, προσδιορίζονται λεπτομερώς τα στοιχεία που θα εμπλακούν στην ανάλυση του Κύκλου Ζωής, καθώς και οι μέθοδοι εκτίμησης που θα χρησιμοποιηθούν. Κατά τον καθορισμό των στόχων, γίνεται ακριβής καθορισμός της προσδιοριζόμενης εφαρμογής της μελέτης και το κοινό που απευθύνεται. Επιπροσθέτως, καθορίζεται η μελλοντική χρήση των αποτελεσμάτων της ανάλυσης του Κύκλου Ζωής και οι προβλεπόμενοι χρήστες που θα επωφεληθούν. Στη συνέχεια, γίνεται ο καθορισμός της μονάδας αναφοράς, η οποία χρησιμοποιείται για την κανονικοποίηση των δεδομένων που εισέρχονται και εξέρχονται από το σύστημα. Τέλος, στην αρχική φάση,

καθορίζονται με σαφήνεια τα όρια που θα ισχύουν για τη μελέτη μας. Τα όρια του συστήματος, σύμφωνα με τους (Ige, Olanrewaju, Duffy, & Obiora, 2021), μπορεί να είναι:

- Από την στιγμή που οι φυσικοί πόροι εξορύσσονται από το έδαφος και υποβάλλονται σε επεξεργασία μέχρι την χρήση και την τελική απόρριψη περιλαμβάνοντας όλα τα ενδιάμεσα στάδια. (Cradle-to-grave)
- Από την στιγμή που οι φυσικοί πόροι εξορύσσονται από το έδαφος και υποβάλλονται σε επεξεργασία μέχρι την κατανάλωση προϊόντος. (Cradle-to-Consumer)
- Από την εξόρυξη μέχρι την πύλη του εργοστασίου (Cradle-to-gate)
- Περιλαμβάνει όλα τα στάδια εντός του εργοστασίου (Gate-to-gate)

Ο στόχος και το πεδίο εφαρμογής στοχεύουν στον καθορισμό του πόσο ευρύ μέρος του κύκλου ζωής του προϊόντος, θα ληφθεί υπόψη κατά την φάση της αξιολόγησης και ποιον θα είναι ο σκοπός που θα κληθεί να εξυπηρετήσει η εν λόγω αξιολόγηση. Σε αυτό το στάδιο γίνεται και η περιγραφή των κριτηρίων που θα χρησιμεύσουν για τη σύγκριση του συστήματος αλλά και οι συγκεκριμένοι χρόνοι.

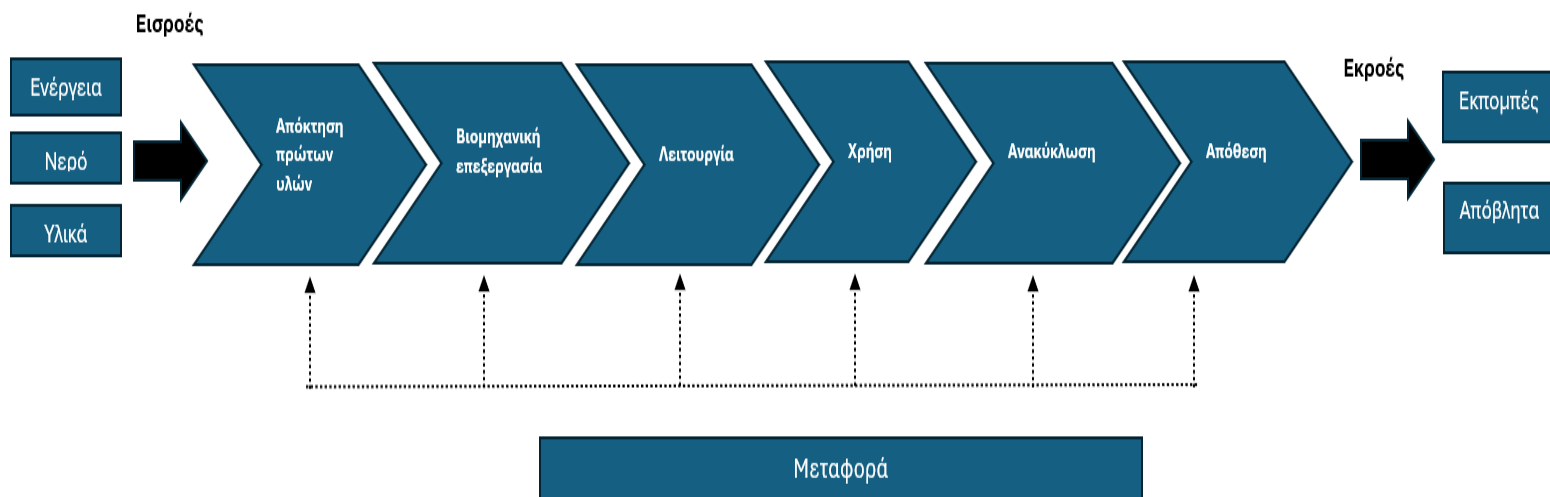
4.5.2 Φάση 2: Απογραφή

Στο δεύτερο στάδιο γίνεται η συλλογή των δεδομένων. Η σωστή συλλογή κρίνεται απαραίτητη για την εξαγωγή αξιόπιστων αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων. Αποτελεί μια διαδικασία χρονοβόρα και πολλές φορές είναι απαραίτητη η χρήση βάσης δεδομένων. Αρχικά ορίζονται τα στάδια του Κύκλου Ζωής τα οποία, σύμφωνα με (Chau, Leung, & Ng, 2015) διακρίνονται σε :

- Απόκτηση πρώτων υλών
- Βιομηχανική επεξεργασία
- Μεταφορά και διανομή
- Χρήση
- Ανακύκλωση

- Απόθεση

ΣΤΑΔΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ



Εικόνα 4-6: Απεικόνιση Σταδίων Ανάλυσης Κύκλου Ζωής

Αφού οριστούν τα στάδια, πραγματοποιείται η συλλογή και η επεξεργασία των δεδομένων που απαιτούνται για την ποσοτικοποίηση των εισροών και των εκροών του συστήματος. Οι εισροές περιλαμβάνουν την καταναλισκόμενη ενέργεια και τις εισαγόμενες πρώτες ύλες ενώ οι εκροές τα προϊόντα, τα στερεά απόβλητα, τα υγρά απόβλητα κ.λπ. όπως φαίνεται και στη παραπάνω Εικόνα.

Επομένως στο εν λόγω στάδιο, πραγματοποιείται μια ανάλυση του αποθέματος που αποσκοπεί να περιγράψει τις ροές υλικών και ενέργειας μέσα στο σύστημα ενός προϊόντος/υπηρεσίας, δίνοντας έμφαση στην αλληλεπίδραση αυτού με το περιβάλλον, τις καταναλισκόμενες πρώτες ύλες και τις αέριες εκπομπές στην ατμόσφαιρα. Όλες οι κύριες διεργασίες καθώς και οι δευτερεύουσες ροές υλικών και ενέργειας, περιγράφονται αναλυτικά στα επόμενα στάδια.

4.5.3 Φάση 3: Εκτίμηση επιπτώσεων

Κατά τη διαδικασία αξιολόγησης των επιπτώσεων στο πλαίσιο της ανάλυσης του κύκλου ζωής (LCA), γίνεται προσπάθεια να κατανοηθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις συσχετίζοντας τα δεδομένα αποθεμάτων με συγκεκριμένες κατηγορίες και δείκτες επιπτώσεων. Η φάση αυτή παρέχει επίσης πληροφορίες για την ερμηνεία του

κύκλου ζωής. Συχνά, κατά τη διάρκεια της αξιολόγησης των επιπτώσεων, γίνεται επαναληπτική αναθεώρηση των αρχικών στόχων και του πεδίου της μελέτης LCA για να διασφαλιστεί η επίτευξη των στόχων ή να προβούμε σε αλλαγές αν απαιτείται.

Ωστόσο, η πιθανή υποκειμενικότητα στην αξιολόγηση των κατηγοριών επιπτώσεων μπορεί να προκαλέσει προβλήματα. Γι' αυτό είναι σημαντικό η διαφάνεια να διατηρείται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αξιολόγησης, ώστε να διασφαλιστεί η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων

Αφού συλλεχθούν τα δεδομένα για τον κύκλο ζωής ενός προϊόντος, πρέπει να αξιολογηθούν οι επιπτώσεις του στο περιβάλλον. Αυτή η αξιολόγηση περιλαμβάνει πέντε στάδια:

1. Επιλογή κατηγοριών επιπτώσεων που αντιπροσωπεύουν τις παραμέτρους αξιολόγησης που επιλέχθηκαν ως μέρος του ορισμού του πεδίου εφαρμογής.
2. Κατάταξη των στοιχειωδών ροών από τον κατάλογο σε κατηγορίες επιπτώσεων, με βάση την ικανότητά τους να συμβάλουν στην επίδραση του επιλεγμένου δείκτη.
3. Χαρακτηρισμός χρησιμοποιώντας περιβαλλοντικά μοντέλα για την κατηγορία επιπτώσεων, προκειμένου να ποσοτικοποιηθεί η δυνατότητα κάθε αντιστοιχισμένης στοιχειωδούς ροής να επηρεάσει το δείκτη της κατηγορίας.
4. Κανονικοποίηση για να ενημερώσει για την σχετική μεγέθυνση των χαρακτηρισμένων σκορ για τις διαφορετικές κατηγορίες επιπτώσεων, εκφράζοντάς τα σχετικά με ένα κοινό σύνολο αναφοράς.
5. Ομαδοποίηση ή ζύγιση υποστηρίζει τη σύγκριση διαστάσεων επιπτώσεων διαμέσου των κατηγοριών επιπτώσεων, με την ομαδοποίηση και πιθανώς την κατάταξή τους ανάλογα με το επίπεδο αντιληπτής σοβαρότητας, ή με την ζύγισή τους χρησιμοποιώντας συντελεστές ζύγισης που για κάθε κατηγορία επιπτώσεων δίνουν μια ποσοτική έκφραση του πόσο σοβαρή είναι σε σχέση με τις άλλες κατηγορίες.

Στο εν λόγω στάδιο, επομένως, δίνονται λεπτομέρειες από την ανάλυση απογραφής, οι οποίες χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση των επιπτώσεων. Σε αυτό το στάδιο περιγράφονται λεπτομερώς τα αποτελέσματα των δεικτών, από όλες τις κατηγορίες

επιπτώσεων. Με τη βοήθεια μιας σειράς εργαλείων κανονικοποίησης και εν τέλει κάνοντας χρήση κάποιας μεθοδολογίας στάθμισης, γίνεται αξιολόγηση της σημασίας κάθε κατηγορίας επιπτώσεων.

4.5.4 Φάση 4: Ερμηνεία των αποτελεσμάτων

Η ερμηνεία του κύκλου ζωής, αποτελεί την τέταρτη φάση της αξιολόγησης του κύκλου ζωής (LCA), σύμφωνα με τα πρότυπα ISO 14040-44. Σε αυτή τη φάση, τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση του κύκλου ζωής ή την αξιολόγηση των επιπτώσεων του κύκλου ζωής (LCIA) συνοψίζονται και συζητούνται για την εκτέλεση των συμπερασμάτων, των συστάσεων και της λήψης αποφάσεων, σύμφωνα με τους καθορισμένους στόχους και το πεδίο της μελέτης. Σύμφωνα μου τους (Laurent, και συν.) κατά την φάση της ερμηνείας των αποτελεσμάτων θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν τα ακόλουθα πέντε βήματα τα οποία είναι η εξέταση πληρότητας, η αξιολόγηση συνοχής, η ανάλυση ευαισθησίας, ο εντοπισμός σημαντικών θεμάτων, η καταγραφή συμπερασμάτων, οι περιορισμοί και οι συστάσεις.

Στο εν λόγω στάδιο γίνεται η ερμηνεία του κύκλου ζωής, η οποία μπορεί να περιλαμβάνει επιμέρους στάδια, μεταξύ των οποίων η κριτική ανασκόπηση, ο προσδιορισμός της ευαισθησίας δεδομένων και η παρουσίαση αποτελεσμάτων.

Οι γενικές απαιτήσεις και οι κατευθυντήριες γραμμές για τη φάση ερμηνείας παρέχονται από τα πρότυπα ISO και τα σχετικά έγγραφα αναφοράς, ενώ επιπλέον πληροφορίες παρέχονται από βιβλία LCA και επιστημονικά άρθρα. Παρόλα αυτά, υπάρχει ανάγκη για περισσότερη κατανόηση και εφαρμογή της φάσης ερμηνείας προκειμένου να αποφευχθούν πιθανές ανεπιθύμητες καταστάσεις, όπως η παράβλεψη σημαντικών πτυχών των αποτελεσμάτων ή η παραγωγή ακατάλληλων συμπερασμάτων λόγω μη κατανόησης της αξιοπιστίας των δεδομένων.

4.6 Υπολογισμός Δεικτών

Μια Ανάλυση του Κύκλου Ζωής αποτελείται από τέσσερις φάσεις (ISO 14040). Στη φάση καθορισμού του στόχου και του πεδίου εφαρμογής, ορίζεται ο στόχος της LCA και περιγράφονται οι κεντρικές παραδοχές και οι επιλογές του συστήματος στην

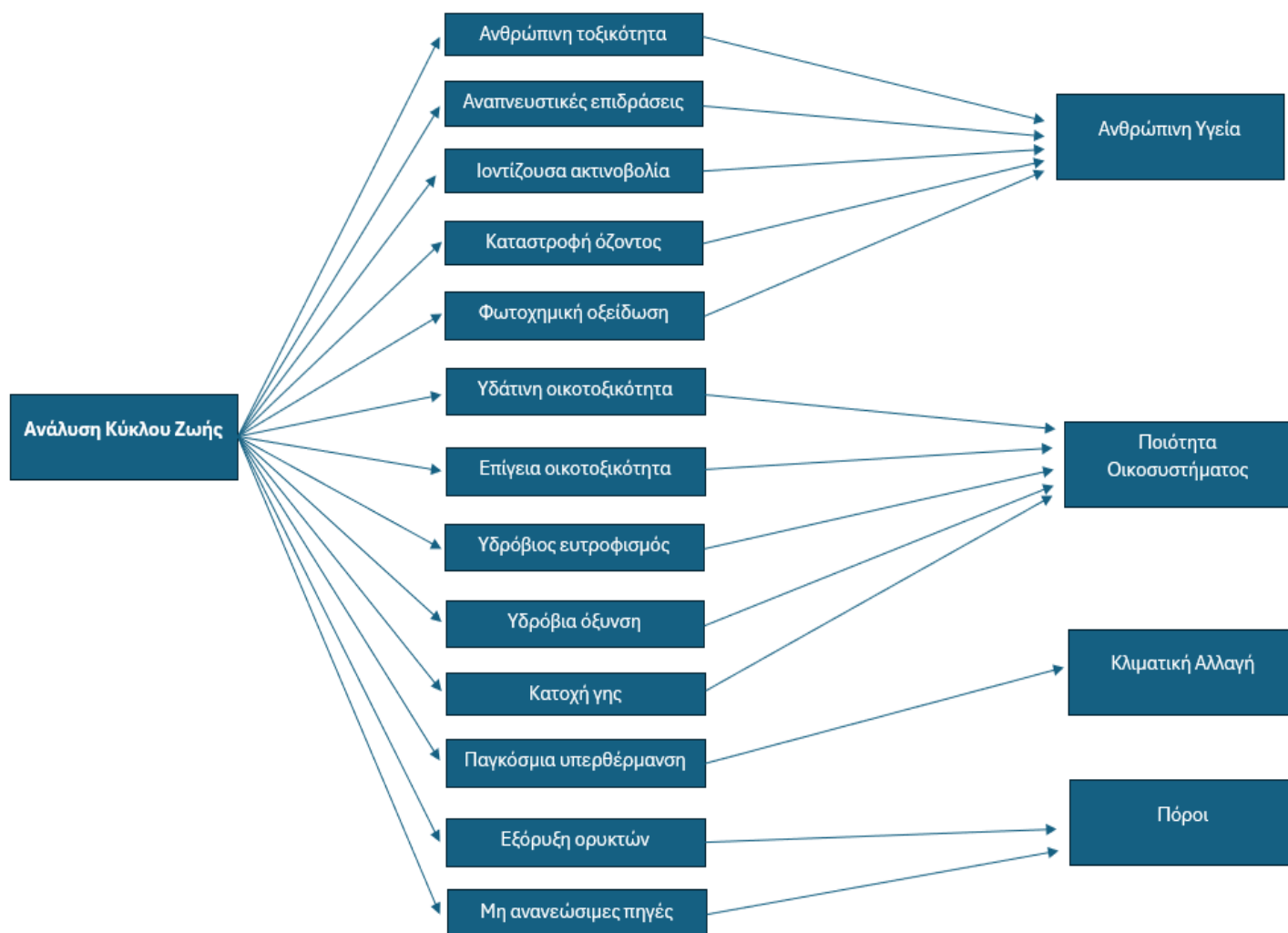
αξιολόγηση. Στη φάση Απογραφής Κύκλου Ζωής (LCI), οι εκπομπές και οι πόροι ποσοτικοποιούνται για τα επιλεγμένα προϊόντα. Στη φάση της Εκτίμησης Επιπτώσεων Κύκλου Ζωής (LCIA), αυτές οι εκπομπές και τα δεδομένα πόρων μεταφράζονται σε δείκτες που αντικατοπτρίζουν τις πιέσεις του περιβάλλοντος και της υγείας καθώς και της σπανιότητας των πόρων. Αυτός ο υπολογισμός βασίζεται σε παράγοντες που αντιπροσωπεύουν την προβλεπόμενη συμβολή στον αντίκτυπο ανά μονάδα εκπομπής ή κατανάλωσης πόρων. Αυτοί οι παράγοντες γενικά υπολογίζονται χρησιμοποιώντας μοντέλα. Σε κάθε φάση, στη φάση της ερμηνείας, το αποτέλεσμα ερμηνεύεται σύμφωνα με τον στόχο που ορίζεται στο στόχο και το αντικείμενο της μελέτης (Hiederer, 2011).

Ειδικότερα, μια κατηγορία δεικτών (επιπτώσεων), ομαδοποιεί διαφορετικές εκπομπές σε μία επίδραση στο περιβάλλον. Αυτές οι εκπομπές έρχονται σε διαφορετικά σχήματα και μορφές, καθώς οι εκπομπές, για παράδειγμα, από τη συλλογή πρώτων υλών είναι πολύ διαφορετικές από τις εκπομπές που προέρχονται, επι παραδείγματι, από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Κατά τη διάρκεια της Αξιολόγησης Επιπτώσεων Κύκλου Ζωής (LCIA) μιας LCA, γίνεται προσπάθεια να ενωθούν αυτές οι διαφορετικές εκπομπές σε αριθμούς που μπορούν να ερμηνευτούν. Σημασία έχει ότι διαφορετικές εκπομπές, που προκαλούν τον ίδιο αντίκτυπο, μετατρέπονται σε μία μονάδα που μεταφράζεται σε μία κατηγορία κρούσεων.

Για παράδειγμα, η κατηγορία επιπτώσεων «κλιματική αλλαγή» εκφράζεται σε kg ισοδύναμου CO₂ (kg CO₂-eq). Ωστόσο, άλλες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, εκτός από τις εκπομπές άνθρακα (CO₂), προκαλούν επίσης κλιματική αλλαγή, όπως το μεθάνιο (CH₄) ή το οξείδιο του αζώτου (αέριο γέλιου) (N₂O).

Εκφράζοντας αυτές τις άλλες εκπομπές GHG, με διαφορετικές μονάδες μέτρησης, σε kg ισοδύναμο CO₂, μια κατηγορία επιπτώσεων καθιστά δυνατή την επίτευξη μιας ενιαίας μέτρησης για την κλιματική αλλαγή (Hillege, 2024).



Εικόνα 4-7: Δείκτες που υπολογίζονται από την Ανάλυση Κύκλου Ζωής (Najjar, και συν., 2022)

Ο ακόλουθος πίνακας έχει μια επισκόπηση των 15 κατηγοριών περιβαλλοντικών επιπτώσεων, σε ποια μονάδα μετρούνται και τι περιγράφουν. Οι 15 κατηγορίες, και οι δείκτες, προέρχονται από το πρότυπο EN15804 (A1+A2) για LCA στον κατασκευαστικό τομέα, ωστόσο, παρέχουν μια καλή γενική επισκόπηση (Hillege, 2024).

Κατηγορία επιπτώσεων / Δείκτης	Μονάδα	Περιγραφή
Κλιματική αλλαγή – συνολική, ορυκτά, βιογενή και χρήση γης	kg CO ₂ -eq	Δείκτης πιθανής υπερθέρμανσης του πλανήτη λόγω εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στον αέρα. Χωρίζεται σε 3 υποκατηγορίες με βάση την πηγή εκπομπών: (1) ορυκτοί πόροι, (2) βιολογικοί πόροι και (3) αλλαγή χρήσης γης
Καταστροφή του όζοντος	kg CFC- 11-eq	Δείκτης εκπομπών στον αέρα που προκαλεί την καταστροφή του στρώματος του όζοντος της στρατόσφαιρας
Οξίνιση	kg mol H+	Δείκτης πιθανής οξίνισης των εδαφών και του νερού λόγω της απελευθέρωσης αερίων, όπως οξείδια του αζώτου και οξείδια του θείου
Ευτροφισμός – γλυκό νερό	kg PO ₄ -eq	Δείκτης εμπλουτισμού του οικοσυστήματος του γλυκού νερού με θρεπτικά στοιχεία, λόγω της εκπομπής αζώτου ή ενώσεων που περιέχουν φώσφορο
Ευτροφισμός – θαλάσσιος	Kg N-eq	Δείκτης εμπλουτισμού του θαλάσσιου οικοσυστήματος με θρεπτικά στοιχεία, λόγω της εκπομπής αζωτούχων ενώσεων.
Ευτροφισμός – έδαφος	mol N-eq	Δείκτης εμπλουτισμού του χερσαίου οικοσυστήματος με θρεπτικά στοιχεία, λόγω της εκπομπής αζωτούχων ενώσεων
Φωτοχημικός σχηματισμός όζοντος	kg NMVOC- eq	Δείκτης εκπομπών αερίων που επηρεάζουν τη δημιουργία φωτοχημικού όζοντος στην κατώτερη ατμόσφαιρα (νέφος) που καταλύεται από το ηλιακό φως.
Εξάντληση αβιοτικών πόρων – ορυκτών και μετάλλων	kg Sb-eq	Δείκτης εξάντλησης των φυσικών μη ορυκτών πόρων.
Εξάντληση αβιοτικών πόρων – ορυκτών καυσίμων	MJ	Δείκτης εξάντλησης των φυσικών πόρων ορυκτών καυσίμων
Ανθρώπινη τοξικότητα – καρκίνος, μη καρκινικός	CTUh	Επίδραση στον άνθρωπο τοξικών ουσιών που εκπέμπονται στο περιβάλλον. Χωρίζεται σε μη καρκινικές και τοξικές ουσίες που σχετίζονται με τον καρκίνο.

Οικοτοξικότητα (γλυκό νερό)	CTUe	Επίδραση στους οργανισμούς του γλυκού νερού τοξικών ουσιών που εκπέμπονται στο περιβάλλον.
Χρήση νερού	m ³ -eq παγκόσμιας στέρησης	Δείκτης της σχετικής ποσότητας νερού που χρησιμοποιείται, με βάση τους περιφερειακούς παράγοντες λειψυδρίας.
Χρήση της γης	Αδιάστατο	Μέτρηση των αλλαγών στην ποιότητα του εδάφους (Βιοτική παραγωγή, Αντοχή στη διάβρωση, Μηχανική διήθηση)
Ιοντίζουσα ακτινοβολία, υγεία του ανθρώπου	kBq U-235	Βλάβη στην ανθρώπινη υγεία και στα οικοσυστήματα που συνδέονται με τις εκπομπές ραδιονουκλεϊδίων.
Εκπομπές σωματιδίων	Συχνότητα ασθένειας	Δείκτης της πιθανής επίπτωσης ασθενειών λόγω εκπομπών σωματιδίων

Πίνακας 4-5: Περιβαλλοντικές επιπτώσεις – Δείκτες και μονάδες

4.7 Βάσεις Δεδομένων LCA

Ένα από τα κρίσιμα ζητήματα της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (LCA) είναι η ανάκτηση δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν στη φάση της Ανάλυσης Απογραφής Κύκλου Ζωής (Life Cycle Inventory Analysis - LCI). Κατά γενικό κανόνα, η ποιότητα των δεδομένων αξιολογείται με βάση τα ακόλουθα κριτήρια (Del Borghi, Moreschi and Gallo, 2020):

- τεχνολογική αντιπροσωπευτικότητα,
- γεωγραφική αντιπροσωπευτικότητα,
- χρονική αντιπροσωπευτικότητα,
- πληρότητα,
- αβεβαιότητα παραμέτρων,
- μεθοδολογική καταλληλότητα και
- συνέπεια.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι πιο αξιόπιστες βάσεις άντλησης δεδομένων, με έμφαση κυρίως στον διατροφικό κλάδο.

4.7.1 LCA food database

Η Βάση «LCA food database» είναι αποτέλεσμα του έργου «Αξιολόγηση κύκλου ζωής βασικών τροφίμων - Lifecycle Assessment of Basic Food» (2000 - 2003) (Nielsen *et al.*, 2003). Η βάση δεδομένων παρέχει περιβαλλοντικά δεδομένα σχετικά με την

αλυσίδα διεργασιών των προϊόντων τροφίμων και σε προϊόντα διατροφής σε διαφορετικά στάδια των αλυσίδων παραγωγής τους. Οι βάσεις δεδομένων περιλαμβάνουν διάφορες διαδικασίες (γεωργία, υδατοκαλλιέργεια, αλιεία, βιομηχανική επεξεργασία, εμπόριο, μαγείρεμα, μεταφορά, ενέργεια, παροχή νερού και επεξεργασία απορριμμάτων) και προϊόντα διατροφής (καλλιέργειες και προϊόντα με βάση τις καλλιέργειες, γάλα και προϊόντα με βάση το γάλα, λαχανικά, κρέας, ψάρια, συσκευασία) (Del Borghi, Moreschi and Gallo, 2020).

Τα δεδομένα περιλαμβάνουν τις κύριες εισροές (πόρους, πρώτες ύλες, νερό και ενέργεια) και τις εκροές (προϊόντα και απόβλητα καθώς και εκπομπές στον αέρα και το νερό) (Del Borghi, Moreschi and Gallo, 2020).

4.7.2 Παγκόσμια Βάση Δεδομένων Αξιολόγησης Κύκλου Ζωής Τροφίμων (WFLDB)

Η «Παγκόσμια Βάση Δεδομένων Αξιολόγησης Κύκλου Ζωής Τροφίμων (*World food life cycle assessment database - WFLDB*)» είναι μια παγκόσμια πρωτοβουλία ηγετών στον ιδιωτικό τομέα τροφίμων που ξεκίνησε το 2012. Σκοπός είναι να οδηγήσει σε βιώσιμη αλλαγή στον τομέα των αγροδιατροφικών προϊόντων παρέχοντας υγιή δεδομένα περιβαλλοντικής βιωσιμότητας (Nemecek *et al.*, 2014, 2020).

Ο κύριος στόχος του WFLDB είναι να δημιουργήσει μια βάση δεδομένων που αντιπροσωπεύει τα γεωργικά πρωτογενή προϊόντα και τα επεξεργασμένα τρόφιμα. Η γεωγραφική εστίαση είναι παγκόσμια, δηλαδή αντιπροσωπεύονται προϊόντα που διακινούνται στην παγκόσμια αγορά. Το WFLDB καλύπτει περισσότερους από 1600 LCI που σχετίζονται με τη γεωργία, την επεξεργασία τροφίμων και τις δραστηριότητες κατανάλωσης. Τα δεδομένα τεκμηριώνονται στην ηλεκτρονική μορφή EcoSpold v1. Η τεκμηρίωση των διαδικασιών μονάδας περιλαμβάνει αξιολόγηση αβεβαιοτήτων. Τα δεδομένα περιλαμβάνουν πληροφορίες για τα απόβλητα τροφίμων και τη χρήση νερού (Del Borghi, Moreschi and Gallo, 2020).

4.7.3 Ecoinvent

Η Ecoinvent είναι μια μη κερδοσκοπική οργάνωση. Η βάση δεδομένων «Ecoinvent» παρέχει καλά τεκμηριωμένα δεδομένα διεργασιών για χιλιάδες προϊόντα που μπορούν

να χρησιμοποιηθούν σε ένα ευρύ φάσμα περιβαλλοντικών μελετών, συμπεριλαμβανομένων των LCA, EPD, Σχεδιασμού Περιβαλλοντικού ή Ανθρακικού Αποτυπώματος (Design for Environmental - Carbon Footprinting). Επιτρέπει τη διεξαγωγή μελετών σε διαφορετικά επίπεδα λεπτομέρειας: από εξετάσεις για βασικές, αρχικές απαντήσεις έως εκτενείς μελέτες, όπως μελέτες καταγγελιών ISO. Το Ecoinvent περιλαμβάνει πάνω από 14.700 σύνολα δεδομένων LCI σε πολλούς τομείς όπως η παροχή ενέργειας, η γεωργία, οι μεταφορές, τα βιοκαύσιμα και τα βιοϋλικά, τα χύδην και εξειδικευμένα χημικά, τα δομικά υλικά, το ξύλο και η επεξεργασία απορριμμάτων (Del Borghi, Moreschi and Gallo, 2020).

Για πολλά προϊόντα, είναι δυνατή η επιλογή παραγωγής σε διαφορετικές χώρες και με χρήση διαφορετικών τεχνολογιών, όπως ανοιχτό πεδίο, μη θερμαινόμενο θερμοκήπιο ή ακόμα και σε θερμαινόμενο θερμοκήπιο. Επιπλέον, γίνεται διάκριση μεταξύ νωπής ποιότητας και ποιότητας μεταποίησης (Del Borghi, Moreschi and Gallo, 2020).

4.7.4 Agri-footprint

Η «Agri-footprint» είναι μια ολοκληρωμένη βάση δεδομένων που δημιουργήθηκε από την Blonk Consultants - μια εταιρεία συμβούλων βιωσιμότητας που ειδικεύεται στις πολυπλοκότητες της γεωργικής LCA - το 2014 για να καλύψει την αυξανόμενη ζήτηση για γεωργικές LCA. Οι μεθοδολογίες έχουν πλέον ωριμάσει και μπορούν να υποστηρίξουν κυβερνήσεις και διεθνείς φορείς στον κανονισμό της αειφόρου γεωργίας και της παραγωγής χημικών ουσιών και ενέργειας βιολογικής βάσης (Del Borghi, Moreschi and Gallo, 2020).

Η βάση δεδομένων Agri-footprint επιτρέπει στους χρήστες να έχουν πρόσβαση σε ένα ευρύ φάσμα ειδικών κατηγοριών επιπτώσεων για τη γεωργία, όπως χρήση νερού και γης, αλλαγή χρήσης γης, λιπάσματα και περιεκτικότητα σε άνθρακα του εδάφους και να συμμορφώνονται με ήδη υπάρχουσες πρωτοβουλίες και μεθοδολογίες, όπως τα πρότυπα ISO ή η πρωτοβουλία PEF της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Η βάση δεδομένων επικεντρώνεται πλήρως στα γεωργικά και κτηνοτροφικά προϊόντα και, σύμφωνα με τα εγγενή χαρακτηριστικά αυτού του βιομηχανικού τομέα, επιτρέπει στους χρήστες να επιλέξουν μεταξύ τριών προκαθορισμένων επιλογών κατανομής: μάζα, ενέργεια και οικονομική. Οι μεθοδολογίες και η ποιότητα των δεδομένων στο Agri-footprint 4.0

είναι συμβατές με την πρωτοβουλία PEF της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, το ILCD και το ReCiPe και έχουν ελεγχθεί από το RIVM (Ολλανδικό Εθνικό Ινστιτούτο για τη Δημόσια Υγεία και το Περιβάλλον). Το Agri-footprint 4.0 περιέχει περίπου 3500 προϊόντα και διαδικασίες ειδικά για τη γεωργική LCA: καλλιέργειες, προϊόντα και ενδιάμεσα προϊόντα, ενώσεις ζωοτροφών, προϊόντα διατροφής, συστήματα ζωικής παραγωγής και διαδικασίες υποβάθρου, όπως μεταφορά, βοηθητικές εισροές για επεξεργασία και λιπάσματα. Τα ενδιάμεσα προϊόντα, η παραγωγή σπόρων και η παραγωγή ζωοτροφών εξαιρούνται από τον κατάλογο (Del Borghi, Moreschi and Gallo, 2020).

Σήμερα η LCA έχει επίσης διευρυνθεί για να συμπεριλάβει την Κοστολόγηση Κύκλου Ζωής (LCC) και την Κοινωνική LCA (SLCA) που καλύπτει και τις τρεις διαστάσεις της βιωσιμότητας (δηλαδή τον άνθρωπο, τον πλανήτη και την ευημερία). Με αυτές τις εξελίξεις, η LCA έχει διευρυνθεί από την απλή περιβαλλοντική αξιολόγηση σε μια πιο ολοκληρωμένη αξιολόγηση βιωσιμότητας του κύκλου ζωής (LCSA) (Torabi and Ahmadi, 2020).

5 Περιβαλλοντική Δήλωση Προϊόντος (EPD)

5.1.1 Γενικά

Η αναγνώριση της ανάγκης για βιώσιμη παραγωγή και κατανάλωση κατέληξε στην επιλογή πολλών κλάδων της βιομηχανίας να αναπτύξουν Περιβαλλοντικές Δηλώσεις για τα παραγόμενα προϊόντα τους. Αυτή η πρωτοβουλία δίνει στις επιχειρήσεις τη δυνατότητα να αναγνωρίσουν και να βελτιώσουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της παραγωγής τους.

Παρά το γεγονός ότι η ανάπτυξη και η χρήση των EPD είναι μια εθελοντική πράξη, η ζήτησή τους τα τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί (Strazza *et al.*, 2010; Ingwersen and Stevenson, 2012; Ibáñez-Forés *et al.*, 2016) καθώς και ο αριθμός των χειριστών προγραμμάτων, π.χ., οι φορείς που εποπτεύουν και διαχειρίζονται το Πρόγραμμα Περιβαλλοντικής Δήλωσης Τύπου III, την ανάπτυξη Κανόνων Κατηγορίας Προϊόντων (PCR) και EPD και τη διαδικασία επαλήθευσης (Del Borghi *et al.*, 2008; Strazza, Del Borghi and Gallo, 2013).

Σύμφωνα με το ISO 14025, η Περιβαλλοντική Δήλωση Προϊόντων (EPD) αναφέρεται σε ποσοτικοποιημένα περιβαλλοντικά δεδομένα για ένα προϊόν, με προκαθορισμένες κατηγορίες παραμέτρων. Σύμφωνα με τους (Bovea, Ibáñez-Forés, & Agustí-Juan, 2014) το EPD εμπίπτει στην κατηγορία της Περιβαλλοντικής Δήλωσης ISO τύπου III σύμφωνα με το ISO 14025. Αυτές οι δηλώσεις αποτελούν ένα κοινό αποδεκτό εργαλείο για την αξιολόγηση και αναφορά των περιβαλλοντικών επιδόσεων των προϊόντων.

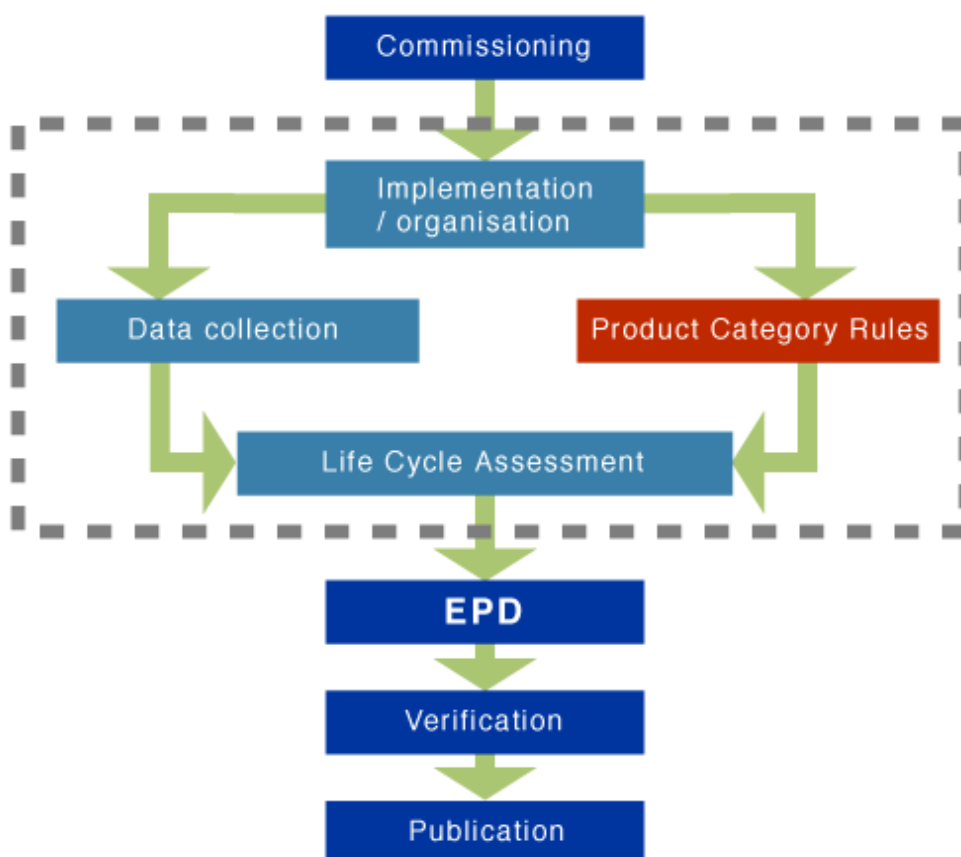
Ένας από τους κύριους σκοπούς μιας EPD είναι να παρέχει τη βάση για μια δίκαιη σύγκριση μεταξύ αγαθών και υπηρεσιών που έχουν την ίδια κύρια λειτουργία με βάση τις εγγενείς περιβαλλοντικές τους επιδόσεις. Επιπλέον, οι EPD μπορούν να επικοινωνούν και να προσθέτουν σχετικές περιβαλλοντικές πληροφορίες κατά μήκος της αλυσίδας εφοδιασμού ενός προϊόντος καθώς και να αντικατοπτρίζουν τη συνεχή περιβαλλοντική βελτίωση των προϊόντων και των υπηρεσιών με την πάροδο του χρόνου (Strazza, Del Borghi and Gallo, 2013).

Το International EPD System (IES), ένα παγκόσμιο πρόγραμμα για περιβαλλοντικές δηλώσεις με προέλευση τη Σουηδία, διαθέτει μια ηλεκτρονική βάση δεδομένων με πάνω από 900 EPD που καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα κατηγοριών προϊόντων σε 40

χώρες. Το IES είναι ένα παγκόσμιο πρόγραμμα για περιβαλλοντικές δηλώσεις Τύπου III που λειτουργεί σύμφωνα με το ISO 14025 με στόχο να επιτρέψει και να υποστηρίξει τους οργανισμούς σε οποιαδήποτε χώρα να κοινοποιούν ποσοτικοποιημένες περιβαλλοντικές πληροφορίες σχετικά με τον κύκλο ζωής των προϊόντων τους. Το πεδίο εφαρμογής του προγράμματος περιλαμβάνει κάθε τύπο προϊόντος από οποιονδήποτε οργανισμό σε οποιαδήποτε χώρα όπου υπάρχει ζήτηση της αγοράς να κοινοποιήσει τις περιβαλλοντικές πληροφορίες που βασίζονται στον κύκλο ζωής του (Del Borghi, Moreschi and Gallo, 2020).

Το IES περιλαμβάνει μια εκτενή βιβλιοθήκη PCR που καλύπτει τις ακόλουθες 12 κατηγορίες με τις σχετικές υποκατηγορίες: χημικά προϊόντα; δομικά προϊόντα, ηλεκτρική ενέργεια, αέρια και καύσιμα, τρόφιμα και ποτά (προϊόντα αρτοποιίας, εμφιαλωμένο νερό, κρασί και μύρα, γαλακτοκομικά και αυγά, φρούτα, λαχανικά και χυμοί, προϊόντα ελαιολιβερού, ελαιόλαδο, άλλα, ζυμαρικά), έπιπλα και άλλα αγαθά, υποδομές και κτίρια, μηχανήματα και εξοπλισμό, προϊόντα από μέταλλο, πλαστικό και γυαλί, προϊόντα από χαρτί (απορροφητικά προϊόντα υγιεινής, συσκευασίες και υλικά, προϊόντα από λεπτό χαρτί), υπηρεσίες, υφάσματα, υποδήματα και ενδύματα, οχήματα και εξοπλισμός μεταφοράς (αεροσκάφη, καρότσια και τρόλεϊ, τροχαίο υλικό — τρένα και τραμ) (Del Borghi, Moreschi and Gallo, 2020).

Η Περιβαλλοντική Δήλωση Προϊόντων (EPD) είναι χρήσιμη αναφορικά με την επικοινωνία, τη σύγκριση και τη λήψη αποφάσεων. Μια Περιβαλλοντική Δήλωση Προϊόντων (EPD) βασίζεται στις πληροφορίες από μια μελέτη Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (LCA), και περιλαμβάνει μια σύνοψη των αποτελεσμάτων της έκθεσης LCA, των δεδομένων των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και άλλων σχετικών πληροφοριών (Lalonde, 2024).



Εικόνα 5-8: Διαδικασία Περιβαλλοντικής Δήλωσης Προϊόντος

Οι Περιβαλλοντικές Δηλώσεις Προϊόντος εφαρμόζουν τις ακόλουθες αρχές:

1. **Ολοκληρωμένη προσέγγιση:** Αναλύουν τον πλήρη κύκλο ζωής του προϊόντος, καλύπτοντας τις φάσεις παραγωγής, χρήσης και τελικής διάθεσης.
2. **Επιστημονική βάση:** Η διαδικασία βασίζεται σε επιστημονικές μεθόδους και πρότυπα, εξασφαλίζοντας αξιοπιστία και ακρίβεια.
3. **Συγκρισιμότητα:** Δημιουργούνται με ένα ενιαίο πλαίσιο αναφοράς, επιτρέποντας τη σύγκριση μεταξύ παρόμοιων προϊόντων.
4. **Διαφάνεια:** Παρέχουν λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιδόσεις, όπως εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, κατανάλωση ενέργειας, χρήση πόρων και περιβαλλοντικά αποτελέσματα.

Με τη δημοσίευση των αποτελεσμάτων σε Περιβαλλοντική Δήλωση Προϊόντος (EPD), σύμφωνα με τους (Lüdemann, Bona, & Golder, 2019), παρέχεται η δυνατότητα στους

χρήστες του προϊόντος να πραγματοποιήσουν μια ενημερωμένη περιβαλλοντική επιλογή, λαμβάνοντας υπόψη τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατά τη διάρκεια ολόκληρου του κύκλου ζωής του προϊόντος.

5.1.2 Πρότυπα και κανόνες EPD

Η Περιβαλλοντική Δήλωση Προϊόντων (EPD) συμμορφώνεται με αυστηρούς κανονισμούς και πρότυπα και ισχύουν συχνά για πέντε χρόνια. Τα πρότυπα που τα διέπουν ποικίλλουν λεπτομερώς. Στην πράξη, όσο πιο συγκεκριμένες είναι οι κατευθυντήριες γραμμές, τόσο πιο συγκρίσιμα είναι τα αποτελέσματα. Για παράδειγμα, κάθε EPD δημιουργείται σύμφωνα με ένα συγκεκριμένο σύνολο Κανόνων Κατηγορίας Προϊόντων (PCR). Οι PCR προσφέρουν κανόνες και κατευθυντήριες γραμμές υπολογισμού για τη διασφάλιση της συγκρισιμότητας μεταξύ των EPD στην ίδια κατηγορία προϊόντων.

Επιπλέον, η EPD διαχειρίζεται και εποπτεύεται από ανεξάρτητους φορείς που ονομάζονται EPD Program Operators (EPD POs). Οι EPD PO είναι υπεύθυνοι για τον εντοπισμό και τη δημιουργία Κανόνων Κατηγορίας Προϊόντων (PCR) για EPD. Οι PCR διασφαλίζουν ότι οι EPD της ίδιας κατηγορίας προϊόντων αναφέρουν συγκρίσιμες πληροφορίες ακολουθώντας τις ίδιες μεθόδους υπολογισμού και τις ίδιες οδηγίες αναφοράς (π.χ. ποιοι περιβαλλοντικοί δείκτες πρέπει να αναφέρονται). Πολλές χώρες έχουν τις δικές τους EPD PO και κανόνες EPD – που μπορεί να κάνουν τη διαδικασία επιλογής περίπλοκη. Επιπλέον, τα EPD πρέπει να υποβάλλονται για επαλήθευση από ανεξάρτητους εμπειρογνώμονες πριν από τη δημοσίευσή τους. Αυτοί οι ανεξάρτητοι εμπειρογνώμονες - επαληθευτές πρέπει επίσης να εγκριθούν από τους OP του EPD. Οι περισσότεροι PO EPD στην Ευρώπη συνδέονται με την ECO Platform, έναν οργανισμό - ομπρέλα EPD, βοηθώντας να γίνουν πιο συγκρίσιμα τα EPD από το 2013 (Lalonde, 2024).

5.1.3 Διάκριση της EPD από την LCA

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, οι Αναλύσεις του Κύκλου Ζωής είναι ολοκληρωμένες περιβαλλοντικές αξιολογήσεις που διεξάγονται σύμφωνα με τα πρότυπα ISO 14040/44. Ενώ, οι EPD είναι πιο σύντομες, απλούστερες και

επαληθευμένες, καθιστώντας ευκολότερη την κατανόηση και την επικοινωνία με τους ενδιαφερόμενους. Επειδή οι EPD χρησιμοποιούνται από οργανισμούς για επικοινωνιακούς σκοπούς, δεν περιέχουν ευαίσθητα εταιρικά στοιχεία ή πληροφορίες προϊόντος όπως η τιμολόγηση των υλικών (δηλαδή η ακριβής συνταγή του προϊόντος). Είναι βασικό να γίνει κατανοητό ότι δεν υπάρχει EPD χωρίς πρώτα να υλοποιηθεί μια LCA. Οι EPD βασίζονται σε μια πλήρη αναφορά LCA αλλά περιλαμβάνουν απλώς (Lalonde, 2024):

- Τα αποτελέσματα της LCA.
- Μια σύντομη περιγραφή προϊόντος.
- Τις παραδοχές που έγιναν σε όλη την LCA.
- Τους κανόνες υπολογισμού που χρησιμοποιούνται (δηλαδή, τους PCR).

5.1.4 Οδηγίες για τη δημιουργία μιας EPD

Η επιλογή του σωστού χειριστή προγράμματος EPD (PO) είναι το πρώτο βήμα για τη δημιουργία μιας EPD. Παρακάτω, δίνονται τα οκτώ βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν κατά την παραγωγή μιας EPD. Ειδικότερα (Lalonde, 2024):

1. **Επιλογή ενός σχετικού EPD PO:** Όπως τονίστηκε παραπάνω, είναι απαραίτητο να γίνουν κατανοητές οι ανάγκες του πελάτη και οι απαιτήσεις της αγοράς. Θα πρέπει να γίνει επιλογή ενός EPD PO που ευθυγραμμίζεται με συγκεκριμένες απαιτήσεις, λαμβάνοντας υπόψη το κόστος, τη γεωγραφική συνάφεια και τις συμφωνίες αμοιβαίας αναγνώρισης μεταξύ των EPD PO.
2. **Προσδιορισμός του κατάλληλου Κανόνα Κατηγορίας Προϊόντος (PCR):** Γίνεται επιλογή ενός PCR που ταιριάζει στις απαιτήσεις του EPD PO, διασφαλίζοντας την ευθυγράμμιση με τα χαρακτηριστικά του προϊόντος. Ο επιλεγμένος PO μπορεί επίσης να βοηθήσει σε αυτήν την απόφαση, καθώς συχνά έχουν έναν διαχειριστή PCR.
3. **Συλλογή δεδομένων LCA:** Θα πρέπει να εκτελεστεί μια ολοκληρωμένη LCA σύμφωνα με τα επιλεγμένα πρότυπα PCR και ISO 14040 και 14044, χρησιμοποιώντας αξιόπιστα εργαλεία λογισμικού LCA.

4. **Συμμετοχή ενός επαληθευτή τρίτου μέρους:** Θα πρέπει να γίνει συνεργασία με έναν επαληθευτή που έχει αναγνωριστεί από το EPD PO και είναι εξοικειωμένος με την επιλεγμένη PCR.
5. **Σχεδιασμός του έγγραφου EPD:** Ανάπτυξη του έγγραφου EPD σύμφωνα με τη μορφή που ορίζεται από τις EPD PO. Ορισμένοι EPD PO επιτρέπουν επίσης τα EPD στο στυλ μιας εταιρείας. Ωστόσο, πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι οι υποχρεωτικές πληροφορίες που αναφέρονται στο πρότυπο ISO 14025, πρέπει να υπάρχουν στο EPD.
6. **Έλεγχος από τρίτο επαληθευτή:** Υποβολή της έκθεσης LCA και της EPD για έλεγχο από έναν ανεξάρτητο αναγνωρισμένο εμπειρογνώμονα LCA, διασφαλίζοντας τη συμμόρφωση με τις Γενικές Οδηγίες Προγράμματος, την PCR και τα πρωτόκολλα επαλήθευσης του EPD PO.
7. **Εφαρμογή σχολίων:** Αναθεώρηση της έκθεσης LCA και EPD με βάση τα σχόλια που ελήφθησαν κατά την αναθεώρηση, αντιμετωπίζοντας τυχόν ελλείψεις ή αποκλίσεις που εντοπίστηκαν.
8. **Υποβολή της επαληθευμένης EPD:** Υποβολή της επαληθευμένης EPD στον Διαχειριστή του προγράμματος EPD για δημοσίευση σε πλατφόρμες.

Αυτή η συστηματική προσέγγιση για τη δημιουργία EPD διασφαλίζει τη συμμόρφωση με τα καθιερωμένα πρότυπα, τα πρωτόκολλα επαλήθευσης και τη δημοσίευση ακριβών και αξιόπιστων πληροφοριών για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις (Lalonde, 2024).

5.1.5 Επόμενα βήματα

Οι EPD παρέχουν βασικές πληροφορίες για τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο ενός προϊόντος, ευθυγραμμίζονται με τους κανονισμούς και ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις της αγοράς. Μόλις ολοκληρωθεί η διαδικασία επαλήθευσης, τα ακόλουθα αποτελέσματα μπορούν να κοινοποιηθούν στους ενδιαφερόμενους:

1. επαληθευμένες LCA για συγκεκριμένο προϊόν (περιβαλλοντικά προφίλ) και
2. επαληθευμένες (συγκεκριμένα για το προϊόν / αντιπροσωπευτικές) EPD.

Η χρήση εξειδικευμένων λογισμικών καθιστά πλέον δυνατή την εξαγωγή των υποκείμενων LCA μεμονωμένων προϊόντων ενός αντιπροσωπευτικού EPD. Αυτό είναι βασικό εάν είναι επιθυμητή η βελτίωση της περιβαλλοντικής απόδοσης του προϊόντος,

τόσο όταν γίνεται ενημέρωση των EPD, αλλά και μελλοντικά όταν οι EPD για κάποιο συγκεκριμένο προϊόν καταστούν (Lalonde, 2024).

5.2 Κανόνες Κατηγορίας Προϊόντων PCR

5.2.1 Γενικά

Οι Περιβαλλοντικές Δηλώσεις Προϊόντος (EPD) βασίζονται σε οδηγίες που καθορίζουν πώς δημιουργούνται και αναπτύσσονται. Αυτές οι οδηγίες, γνωστές και ως Κανόνες Κατηγορίας Προϊόντων (PCR), ορίζουν λεπτομερώς τα κριτήρια για την αξιολόγηση του περιβαλλοντικού αντίκτυπου προϊόντων. Αυτές οι οδηγίες καλύπτουν τα πάντα, από τα στάδια του κύκλου ζωής έως τις μεθόδους συλλογής δεδομένων, επιτρέποντας στις επιχειρήσεις να δημιουργούν συνεκτικές και συγκρίσιμες περιβαλλοντικές δηλώσεις για τα προϊόντα τους. Οι PCR καθορίζουν τις λεπτομέρειες της διαδικασίας LCA που αποτελεί τη βάση των EPD (Harvey & Butt, 2023).

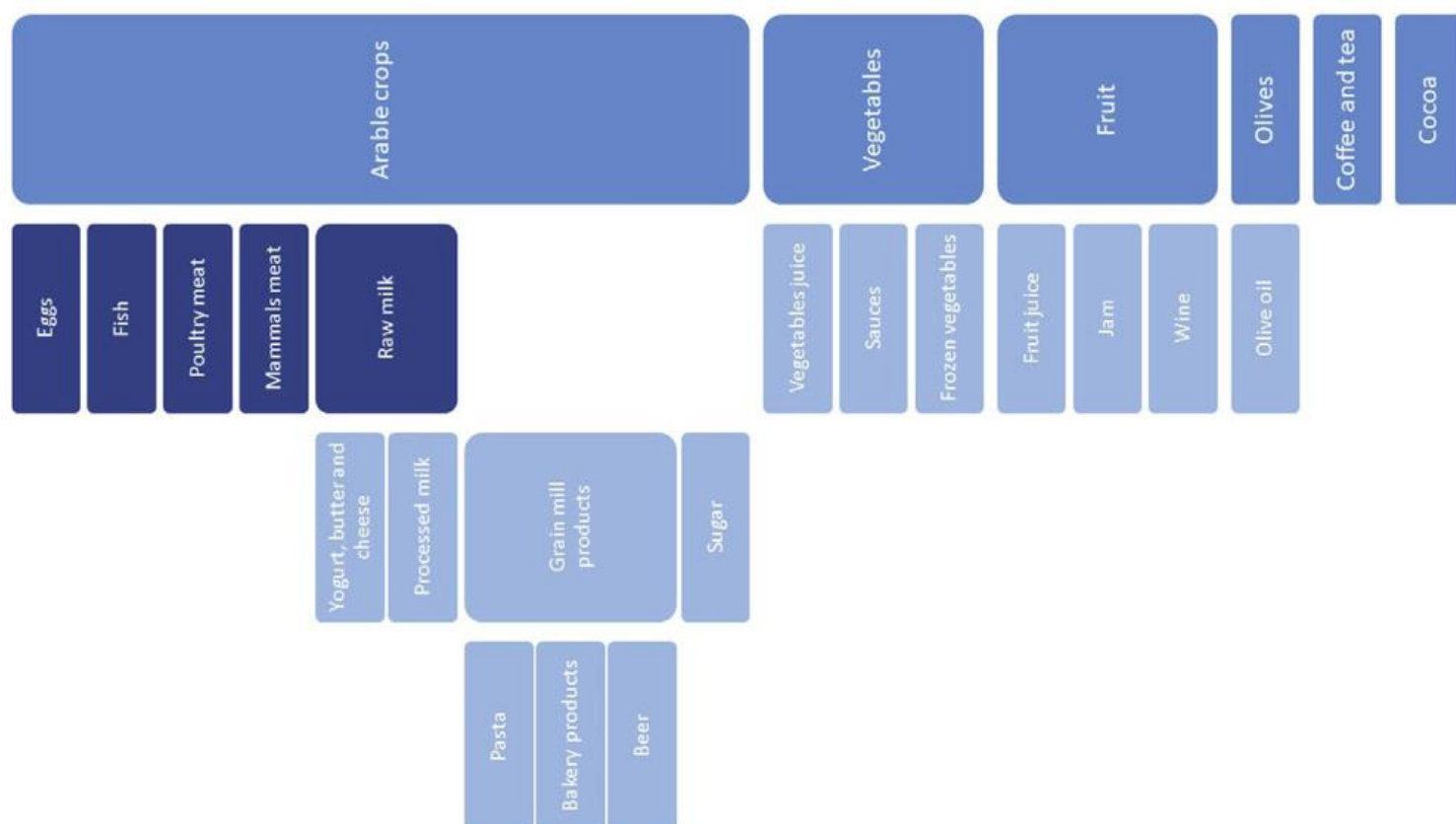
Μεταξύ άλλων πτυχών, οι PCR ορίζουν (Hospido, Rivela and Gazulla, 2022):

- την κατηγορία προϊόντων,
- τη μονάδα στην οποία αναφέρονται τα δεδομένα και τα αποτελέσματα (δηλαδή, FU ή δηλωμένη μονάδα όταν η EPD δεν καλύπτει ολόκληρο τον κύκλο ζωής),
- το όριο του συστήματος (δηλαδή ποιες συγκεκριμένες διαδικασίες πρέπει να αξιολογηθούν),
- πώς να κατανεμηθούν τα βάρη σε περίπτωση που παράγονται πολλά προϊόντα και παραπροϊόντα ταυτόχρονα,
- Απαιτήσεις ποιότητας δεδομένων,
- κατηγορίες επιπτώσεων και μεθοδολογία εκτίμησης επιπτώσεων.

Η δημοσίευση των ισχυόντων PCR είναι ένα προηγούμενο απαραίτητο βήμα για τη δημοσίευση EPD για έναν συγκεκριμένο τύπο προϊόντος. Οι PCR δημοσιεύονται και ενημερώνονται από τους διαχειριστές προγραμμάτων EPD. Τόσο οι PCR όσο και οι EPD ισχύουν για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα για να διασφαλιστεί η τακτική ενημέρωσή τους (Hospido, Rivela and Gazulla, 2022).

Οι Κανόνες Κατηγορίας Προϊόντων (PCR), κατά τους (Moré, Galindro, & Soares, 2022) καθορίζουν το πεδίο εφαρμογής και τις μεθοδολογίες που θα χρησιμοποιηθούν

στην Αξιολόγηση Κύκλου Ζωής (LCA), οι οποίες, αντίστοιχα, θα λειτουργήσουν ως βάση για την Περιβαλλοντική Δήλωση Προϊόντος, συμπεριλαμβανομένων και άλλων παραμέτρων. Παρέχουν σημαντικές κατευθυντήριες οδηγίες, επιτρέποντας στις επιχειρήσεις να δημοσιεύουν τα αποτελέσματα σχετικά με τα ποσοτικά περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά των προϊόντων, επιτρέποντας στους αγοραστές ή τους καταναλωτές να συγκρίνουν αποτελέσματα για παρόμοια προϊόντα.



Εικόνα 5-9: Δομή PCR για τον τομέα των τροφίμων

Όταν οι κατηγορίες προϊόντων είναι εκτεταμένες (όπως στην περίπτωση των προϊόντων κατασκευής, για παράδειγμα), μπορούν να αναπτυχθούν υπο-κανονισμοί κατηγορίας προϊόντων προκειμένου να προσθέσουν πληροφορίες με βάση πιο συγκεκριμένες υπο-κατηγορίες προϊόντων. Με αυτόν τον τρόπο, η ακεραιότητα μιας Περιβαλλοντικής Δήλωσης Προϊόντος (EPD) συνδέεται:

- με τον κανονισμό της κατηγορίας προϊόντος,
- τον υπο-κανονισμό κατηγορίας προϊόντος,

- και την ικανότητα των δημιουργών της EPD να ακολουθήσουν αυτές τις οδηγίες.

5.2.2 Κανόνες Κατηγορίας Προϊόντος για την Μαρμελάδα

Στην μελέτη μας χρησιμοποιήσαμε την PCR με τίτλο «*PREPARED AND PRESERVED VEGETABLE AND FRUIT PRODUCTS, INCLUDING JUICE*». Παρακάτω παρατίθεται ένας πίνακας με τα βασικά στοιχεία της PCR.

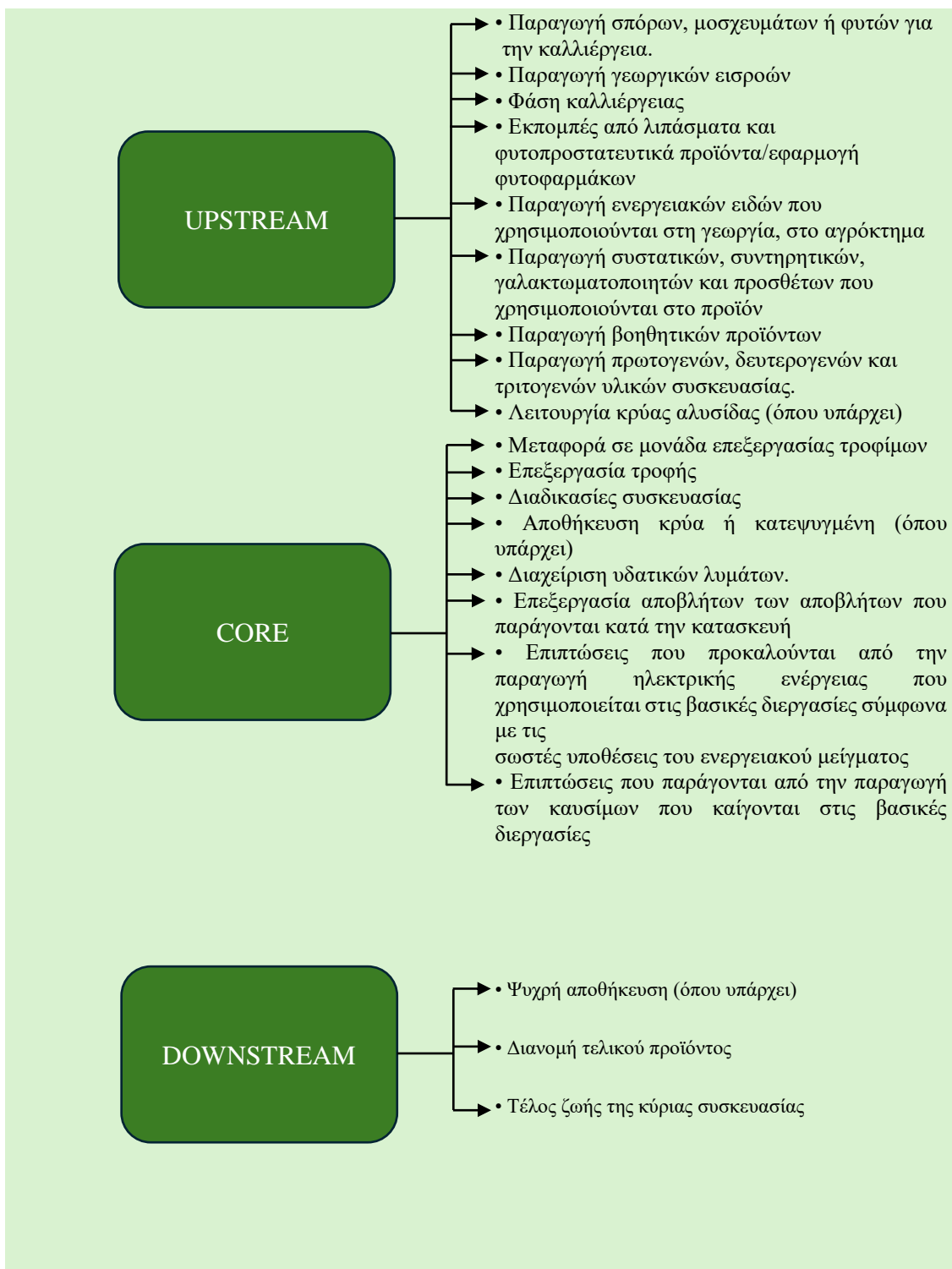
PRODUCT CATEGORY RULES (PCR)
DATE 2023-03-29
PREPARED AND PRESERVED VEGETABLE AND FRUIT PRODUCTS, INCLUDING JUICE
PRODUCT CATEGORY CLASSIFICATION: UN CPC 213, 214
2019:10
VERSION 2.0
VALID UNTIL 2027-03-29

Πίνακας 5-6: Στοιχεία του PCR που εφαρμόστηκε στην μελέτη

Η δηλωθείσα μονάδα θα είναι 1 κιλό συσκευασμένης μαρμελάδας φράουλας. Το βάρος της συσκευασίας δεν περιλαμβάνεται σε αυτό το 1 κιλό. Τα όρια του συστήματος ορίζονται με σαφήνεια στη PCR που χρησιμοποιήθηκε και είναι από την στιγμή που οι φυσικοί πόροι εξορύσσονται από το έδαφος και υποβάλλονται σε επεξεργασία μέχρι την χρήση και την τελική απόρριψη περιλαμβάνοντας όλα τα ενδιάμεσα στάδια. Ο κύκλος ζωής του προϊόντος χωρίζεται σε τρία στάδια:

- Διεργασίες από την εξόρυξη ή την απόκτηση των αρχικών πρώτων υλών έως την πύλη του εργοστασίου
- Βασικές Διεργασίες (διεργασίες που συμβαίνουν μέσα στο εργοστάσιο) συμπεριλαμβανομένης της παραγωγής, της συναρμολόγησης και της συσκευασίας του προϊόντος.
- Μεταγενέστερες διεργασίες (διεργασίες μετά το εργοστάσιο) όπως όπως η διανομή, η πώληση, η χρήση, η συντήρηση και το τελικό κατάληξη του προϊόντος.

Στο ακόλουθο σχήμα απεικονίζονται οι διεργασίες που θα συμπεριληφθούν στο σύστημα, χωρισμένες σε διεργασίες Upstream, core και downstream διεργασίες.

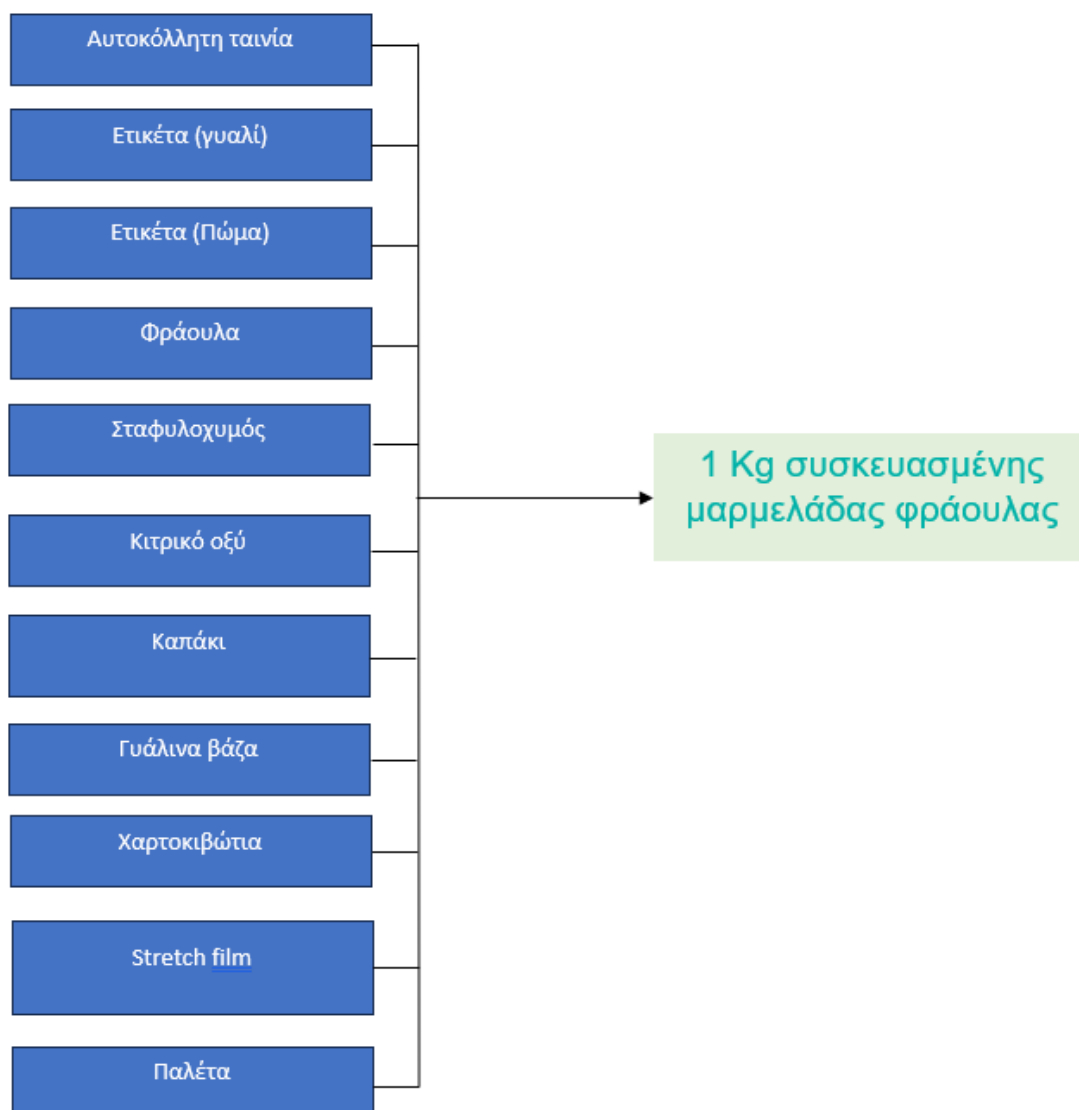


Σχήμα 5-3: Διεργασίες συστήματος

Σύμφωνα με την PCR θα υπολογιστούν οι περιβαλλοντικές επιδόσεις του προϊόντος που αφορούν:

- Περιβαλλοντικές επιπτώσεις
- Χρήση πόρων
- Παραγωγή αποβλήτων
- Άλλοι δείκτες.

Στη παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται τα υλικά που απαιτούνται για την παραγωγή ενός κιλού συσκευασμένης μαρμελάδας φράουλας. Η λειτουργική μονάδα μας καθορίζεται από το PCR. Παρέχεται ένα λεπτομερές δέντρο διεργασίας που σχετίζεται με αυτήν τη λειτουργική μονάδα, λαμβάνοντας υπόψη όλα τα δεδομένα που παρέχονται στο πρόβλημα. Σε κάθε μονάδα διεργασίας του δέντρου προσδιορίζεται το ποσό των υλικών που χρησιμοποιείται ανά λειτουργική μονάδα, δηλαδή το ποσό των ενδιάμεσων ροών ανά λειτουργική μονάδα. Βάσει του σχήματος, προκύπτει ότι για την παραγωγή 1 κιλού μαρμελάδας φράουλας απαιτούνται τρία υλικά: φράουλες, κιτρικό οξύ και σταφυλοχυμός. Η συσκευασία της μαρμελάδας περιλαμβάνει γυάλινα βάζα και καπάκια για επισφράγιση. Επίσης, χρησιμοποιούνται αυτοκόλλητες ταινίες που τοποθετούνται γύρω από το βάζο και πάνω στο καπάκι. Εν συνεχεία, αφού έχουν προηγηθεί τα προηγούμενα βήματα, τοποθετούνται τα βάζα σε χαρτοκιβώτια και φορτώνονται σε παλέτες. Τέλος περνούν με ένα ειδικό φιλμ για να είναι σταθερό το προϊόν ώστε να αποφευχθεί κάποια φθορά.



Εικόνα 5-10: Απαιτούμενα υλικά για την παραγωγή 1 κιλού μαρμελάδας φράουλας

5.3 Περιβαλλοντική Δήλωση Προϊόντος με την Μέθοδο της Ανάλυσης του Κύκλου Ζωής

Η Περιβαλλοντική Δήλωση με τη μέθοδο της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής είναι ένα εργαλείο που έχει γίνει αποδεκτό παγκοσμίως για πολλούς λόγους. Καταρχάς, η διαδικασία αυτή ακολουθεί συγκεκριμένους κανόνες, όπως αναφέρουν οι (Konradsen, Hansen, Ghose, & Pizzol, 2023), οι οποίοι εξασφαλίζουν την αξιοπιστία και τη συγκρισιμότητα των δηλώσεων. Ένας σημαντικός παράγοντας είναι η ύπαρξη των Κανόνων Προϊόντος PCR (Product Category Rules), οι οποίοι προσδιορίζουν τις διαδικασίες για τη σύνταξη μιας Περιβαλλοντικής Δήλωσης ανάλογα με τον τύπο του

προϊόντος. Αυτό εξασφαλίζει ότι οι δηλώσεις είναι συγκρίσιμες, καθώς χρησιμοποιούν κοινούς κανόνες και μεθοδολογίες για την αξιολόγηση των επιπτώσεων στο περιβάλλον. Η συγκρισιμότητα των Περιβαλλοντικών Δηλώσεων είναι κρίσιμη για την προώθηση της ζήτησης προϊόντων με βελτιωμένη περιβαλλοντική επίδοση. Όταν οι καταναλωτές και οι επιχειρήσεις μπορούν να συγκρίνουν διαφορετικά προϊόντα βάσει των περιβαλλοντικών τους επιδόσεων με σαφήνεια και αξιοπιστία, τότε είναι πιο πιθανό να επιλέξουν τα προϊόντα που έχουν λιγότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Επιπλέον, η δυνατότητα σύγκρισης ενθαρρύνει την υιοθέτηση πρακτικών και τεχνολογιών που συμβάλλουν στη βελτίωση της περιβαλλοντικής επίδοσης. Όταν οι επιχειρήσεις ανταγωνίζονται με βάση την περιβαλλοντική απόδοσή τους, τότε υπάρχει κίνητρο για την υιοθέτηση καινοτόμων πρακτικών που μειώνουν τον αντίκτυπο τους στο περιβάλλον. Συνολικά, η συγκρίσιμη και αξιόπιστη πληροφορία που παρέχουν οι Περιβαλλοντικές Δηλώσεις με τη μέθοδο της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής είναι ουσιώδης για την προώθηση της βιωσιμότητας και της πράσινης ανάπτυξης σε παγκόσμιο επίπεδο.

Χαρακτηριστικό	EPD (Περιβαλλοντική Δήλωση Προϊόντος)	LCA (Ανάλυση Κύκλου Ζωής)
Εστίαση	Συγκεκριμένο προϊόν ή κατηγορία προϊόντων	Συνολική αλυσίδα εφοδιασμού
Σκοπός	Διακριτή αξιολόγηση περιβαλλοντικής επίδοσης προϊόντος	Αξιολόγηση περιβαλλοντικής επίδρασης όλης της αλυσίδας εφοδιασμού
Ανάλυση	Προσανατολισμένη σε συγκεκριμένες εκπομπές ή επιπτώσεις	Συνολική ανάλυση εκπομπών και επιπτώσεων σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής
Κανόνες Προϊόντων	Περιλαμβάνει τους κανόνες για κατηγορίες προϊόντων και τη δημιουργία EPD, όπως το PCR.	-
Συγκρισιμότητα	Ναι	Δύσκολη

Πίνακας 5-7: Σύγκριση Περιβαλλοντικής Δήλωσης Προϊόντος και Ανάλυσης Κύκλου Ζωής

6 Ανάλυση του Κύκλου Ζωής μέσω του Λογισμικού OpenLCA

6.1 Λογισμικό OpenLCA

Η GreenDelta είναι μια εταιρεία που ειδικεύεται στην ανάπτυξη λογισμικού και παροχή υπηρεσιών που σχετίζονται με τη βιωσιμότητα και την αειφορία. Συγκεκριμένα, η GreenDelta είναι γνωστή για την ανάπτυξη λογισμικού OpenLCA που συνδέεται με την ανάλυση του κύκλου ζωής (Life Cycle Assessment - LCA) και τη διαχείριση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των προϊόντων. Επιπλέον, παρέχει υπηρεσίες συμβουλευτικές και εκπαίδευσης σχετικά με θέματα βιωσιμότητας και αειφορίας σε επιχειρήσεις και οργανισμούς που επιθυμούν να βελτιώσουν το περιβαλλοντικό τους ίχνος.

Η ανάλυση του κύκλου ζωής για το προϊόν που μελετάμε πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό openLCA. Το openLCA, σύμφωνα με τους (Ciroth, Di Noi, Lohse, & Srocka, 2020) είναι ένα εργαλείο με πολλαπλές δυνατότητες εφαρμογής, όπως η Ανάλυση Κύκλου Ζωής (LCA), η Διαχείριση Κόστους Κύκλου Ζωής (LCC), ο υπολογισμός εκπομπών CO₂ και κατανάλωσης νερού, η δημιουργία Περιβαλλοντικών Δηλώσεων Προϊόντος (EPD) κ.λπ. Το openLCA, σύμφωνα με τους (Asman, Raymond, Mohamad, & Bolong, 2023), είναι ένα πολύ δημοφιλές λογισμικό ανοιχτού κώδικα για τη μοντελοποίηση και την εκτέλεση Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (LCA) επιτρέποντας την εκτέλεση πλήρους ανάλυσης κύκλου ζωής, συμπεριλαμβανομένης της αναγνώρισης και της αξιολόγησης των επιπτώσεων του προϊόντος ή της υπηρεσίας σε ποικίλες κατηγορίες, όπως η κλιματική αλλαγή, η ρύπανση του αέρα, του νερού και του εδάφους, καθώς και η χρήση των φυσικών πόρων. Οι διεργασίες είναι ένα από τα κύρια στοιχεία του λογισμικού. Ορίζοντας μια διεργασία στο openLCA, καθορίζουμε τη ροή εισόδου και εξόδου ενός συστήματος, όπως ένα προϊόν ή μια υπηρεσία, και τον τρόπο με τον οποίο επηρεάζει το περιβάλλον. Μια διεργασία μπορεί να περιλαμβάνει πολλαπλά στάδια και δραστηριότητες, και μπορεί να αναπαραστήσει οτιδήποτε από την παραγωγή ενέργειας έως την κατασκευή προϊόντων. Οι διεργασίες είναι βασικό στοιχείο της μοντελοποίησης στο openLCA και βοηθούν στον προσδιορισμό του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των προϊόντων και των υπηρεσιών σε διάφορα στάδια τους.

Σύμφωνα με τους (Silva, Nunes, da Silva Moris, Moro, & Piekarski, 2017), το λογισμικό openLCA χρησιμοποιεί διάγραμμα Sankey και ραβδογράμματα για να παρουσιάσει τα αποτελέσματα από την Ανάλυση Κύκλου Ζωής. Επίσης, στο openLCA διατίθενται εγχειρίδια και εκπαιδευτικά βίντεο που βοηθούν τους χρήστες να εξοικειωθούν με το πρόγραμμα και τις διαδικασίες της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής.

6.2 Ανάλυση Κύκλου Ζωή για την Μαρμελάδα Φράουλα

6.2.1 Εποχικότητα

Γενικά, η ζήτηση για μαρμελάδες στην αγορά καθοδηγείται από μια εποχιακή τάση, όπου η μεγαλύτερη ζήτηση παρατηρείται τις χειμερινές περιόδους (από Νοέμβριο έως Φεβρουάριο). Ενώ τα περισσότερα είδη φρέσκων φρούτων, που απαιτούνται για την παραγωγή μαρμελάδας (π.χ. βερίκοκα, ροδάκινα, κεράσια κ.λπ.), συλλέγονται κυρίως την άνοιξη και το καλοκαίρι (από τον Μάιο έως τον Ιούνιο). Ως εκ τούτου, η παραγωγή μαρμελάδας φράουλας με χρήση φρέσκων φρούτων περιορίζεται προσωρινά στο χρονικό διάστημα συγκομιδής, απαιτώντας έτσι πλεονάζουσα παραγωγική ικανότητα, η οποία συχνά επιτυγχάνεται με τη χρήση αποκεντρωμένων στρατηγικών παραγωγής. Αντίθετα, εάν τα φρέσκα φρούτα μετατραπούν σε ημικατεργασμένο προϊόν, η παραγωγή μαρμελάδας φράουλας μπορεί να προγραμματιστεί στους επόμενους 9 - 12 μήνες. Το ημικατεργασμένο προϊόν επιτρέπει την διασπορά της παραγωγής μαρμελάδας σε μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, αποφεύγει την πλεονάζουσα παραγωγή, εξασφαλίζει πιο αποτελεσματική διαχείριση αποθεμάτων και μειώνει το λειτουργικό κόστος και τους κινδύνους λόγω απώλειας και σπατάλης τροφίμων. Ως εκ τούτου, η υιοθέτηση ημικατεργασμένων προϊόντων για παραγωγή μαρμελάδας στην κεντρική μονάδα παραγωγής είναι η πιο χρησιμοποιούμενη βιομηχανική τεχνική στις μέρες μας (Digiesi, Facchini and Silvestri, 2022).

Αν και τα πλεονεκτήματα αυτής της προσέγγισης είναι εύκολα αναγνωρίσιμα από οικονομική και διαχειριστική άποψη, η απόδοση της χρήσης ημικατεργασμένων προϊόντων, από περιβαλλοντικούς όρους, απαιτεί περισσότερη έρευνα. Οι θερμικές, αποξηραμένες και άσηπτες επεξεργασίες που απαιτούνται για τη μετατροπή των φρέσκων φρούτων σε ημικατεργασμένα προϊόντα απαιτούν ενέργεια (Digiesi, Facchini and Silvestri, 2022) και, σε πολλές περιπτώσεις, συμπεριλαμβάνουν την υιοθέτηση

φυσικών και χημικών επεξεργασιών (Rodolfi *et al.*, 2022) καθώς και ιονίζουσας ακτινοβολίας (Timakova *et al.*, 2018).

6.2.2 Στόχος και Πεδίο εφαρμογής

Ο στόχος αυτής της μελέτης είναι ο υπολογισμός των περιβαλλοντικών επιπτώσεων μέσω που προέρχονται από την παραγωγή ενός κιλού συσκευασμένης μαρμελάδας φράουλας με την υιοθέτηση της μεθόδου LCA.

Τα όρια του υπό εξέταση συστήματος περιλαμβάνουν τις φάσεις από την καλλιέργεια της συγκομισμένης φράουλας έως τη τελική χρήση του προϊόντος.

6.2.3 Λειτουργίες προμήθειας ακατέργαστων φρούτων πριν από τις διαδικασίες παραγωγής μαρμελάδας

Η προτεινόμενη έρευνα εξετάζει τις ανοδικές και τις κεντρικές διεργασίες μετά τη συγκομιδή. Οι εξεταζόμενες δραστηριότητες υλικοτεχνικής υποστήριξης εξαρτώνται από τη μεταφορά των καρπών που συγκομίζονται από την περιοχή καλλιέργειας του φυτού. Οι νωπές φράουλες έρχονται από την Μανωλάδα ενώ κατά την περίοδο που δεν υπάρχουν η εταιρεία αγοράζει κατεψυγμένες από εργοστάσιο το οποίο βρίσκεται στην Πολωνία. Σύμφωνα με αυτό το σκοπό, για τις κατεψυγμένες φράουλες θεωρείται ότι πρόκειται για οδική μεταφορά με φορτηγό το οποίο διαθέτει ψυγείο και η απόσταση που πρέπει να διανυθεί είναι σε εμβέλεια 2249 km. Οι περιορισμοί υποδομής έχουν παραμεληθεί. Αντίθετα, ένα φορτηγό 7.5-16 μετρικών τόνων χρησιμοποιείται για τη μεταφορά των νωπών φρούτων από την Μανωλάδα που πρόκειται να μεταποιηθούν και η απόσταση που πρέπει να διανυθεί είναι σε εμβέλεια 83.6 km.

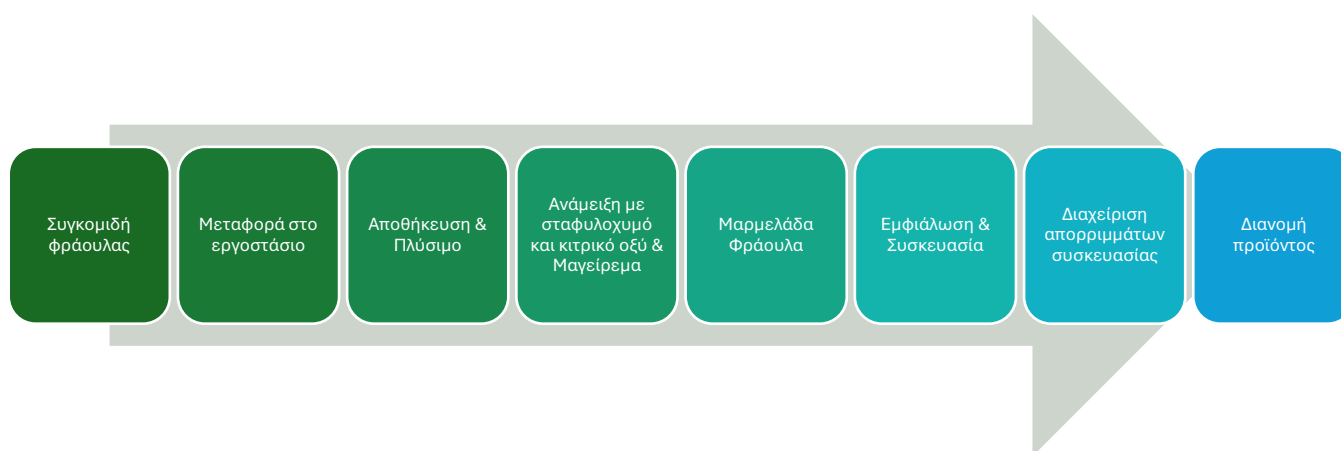
6.2.4 Διαδικασίες παραγωγής μαρμελάδας

Για την παραγωγή μαρμελάδας με φράουλα, ακολουθούνται, συνοπτικά, τα παρακάτω στάδια:

1. παράδοση των συγκομισμένων φρούτων,
2. επιλογή εισόδου και αποθήκευση σε ελεγχόμενη θερμοκρασία,
3. πλύσιμο των φραουλών για την αφαίρεση ακαθαρσιών.

4. ανάμειξη φρούτων με σταφυλοχυμό και κιτρικό οξύ και μαγείρεμα του προϊόντος για να ληφθεί η μαρμελάδα μετά από θερμική επεξεργασία,
5. εμφιάλωση της μαρμελάδας σε βάζα,
6. συσκευασία τελικών προϊόντων,
7. διαχείριση των απορριμμάτων που παράγονται από τη συσκευασία των προϊόντων.

Οι φάσεις που λαμβάνονται υπόψη στην επεξεργασία της μαρμελάδας φράουλας φαίνονται στο ακόλουθο σχήμα.



Σχήμα 6-4: Διαδικασία παραγωγής μαρμελάδας

6.2.5 Απογραφή Κύκλου Ζωής

Σύμφωνα με τα βήματα που περιγράφονται στην προηγούμενη υποενότητα, η περιβαλλοντική εκτίμηση έχει διεξαχθεί με βάση τα εξεταζόμενα συστήματα παραγωγής μαρμελάδας. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για το LCI συλλέχθηκαν από υπάρχουσες επιστημονικές μελέτες. Τα δεδομένα έχουν προσαρμοστεί και επανασχεδιαστεί σύμφωνα με τις διαδικασίες παραγωγής μαρμελάδας που περιλαμβάνονται στη βιβλιοθήκη της βάσης δεδομένων Ecoinvent v3.10, υποθέτοντας ότι η τοποθεσία παραγωγής στην Ελλάδα.

Παραγωγή Μαρμελάδας Φράουλας	Διαδικασία	Λεπτομέρειες και Παραδοχές
	Μεταφορά φρούτων στο εργοστάσιο	Μεταφορά με φορτηγό, φορτηγό 7.5-16 μετρικών τόνων, EURO5
	Ηλεκτρική Ενέργεια	Ελληνικό ενεργειακό μείγμα χαμηλής τάσης
	Αποθήκευση	παροχή ηλεκτρικής ενέργειας ένα πρόκειται για καταψυγμένες
	Πλύσιμο	Παροχή ηλεκτρικής ενέργειας και νερού
	Καθαρισμός από μη βρώσιμα στελέχη	Παροχή ηλεκτρικής ενέργειας
	Ανάμειξη με σταφυλοχυμό και κιτρικό οξύ	Προμήθεια σταφυλοχυμού και κιτρικού οξέος
	Μαγείρεμα	Παροχή ηλεκτρικής ενέργειας και παροχή θερμικής ενέργειας
	Εμφιάλωση	Παροχή ηλεκτρικής ενέργειας και υλικών
	Συσκευασία	Παροχή ηλεκτρικής ενέργειας, υποστηρικτικών υλικών και εξαρτημάτων
	Διανομή	Μεταφορά με φορτηγό, φορτηγό 16-32 μετρικών τόνων, EURO5

Πίνακας 6-8: Στρατηγική παραγωγής μαρμελάδας, λεπτομέρειες διαδικασίας και παραδοχές

Η μελέτη Περιβαλλοντικής Δήλωσης με την μέθοδο LCA αναπτύχθηκε χρησιμοποιώντας λογισμικό OpenLCA 2.1 που αναπτύχθηκε από την GreenDelta. Οι πληροφορίες σχετικά με τις διαδικασίες και τις ροές υλικών που απαιτούνται για την αξιολόγηση αναπτύχθηκαν λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά του εξοπλισμού που υιοθετήθηκε και υποθέτοντας κάθε διαδικασία μονάδας στο όριο συστήματος του συγκεκριμένου τοποθεσία παραγωγής μαρμελάδας.

7 Αποτελέσματα

7.1 Αξιολόγηση Περιβαλλοντικών Δεικτών για την Μελέτη Περίπτωσης

Η Περιβαλλοντική Δήλωση της μαρμελάδας φράουλας παρέχει μια ολοκληρωμένη αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων καθ' όλη τη διάρκεια της παραγωγής και της χρήσης του προϊόντος. Ακολουθώντας την τυπική μεθοδολογία LCA αλλά και τους Κανόνες Προϊόντος, η μελέτη εξετάζει όλα τα στάδια, από την προμήθεια των πρώτων υλών μέχρι τη μεταφορά, την επεξεργασία, τη συσκευασία και την τελική διάθεση του προϊόντος. Μέσα από τη διαδικασία αυτή, καταγράφηκαν και αναλύθηκαν διάφοροι περιβαλλοντικοί δείκτες, όπως οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, η κατανάλωση ενέργειας και η χρήση φυσικών πόρων. Τα προκαταρκτικά ευρήματα υποδεικνύουν κρίσιμα σημεία παρέμβασης που μπορούν να συμβάλλουν στη βελτίωση της περιβαλλοντικής απόδοσης της μαρμελάδας φράουλας. Η διεξοδική αυτή ανάλυση αναμένεται να προσφέρει πολύτιμες γνώσεις και να καθοδηγήσει τη λήψη αποφάσεων για βιώσιμες πρακτικές στον κλάδο.

Στους παρακάτω πίνακες αναγράφονται αναλυτικά όλοι οι δείκτες οι οποίοι έχουν υπολογιστεί με τις αντίστοιχες μονάδες μέτρησής τους. Επίσης, υπάρχει και η πληροφορία της μεθόδου που εφαρμόστηκε για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων.

PARAMETER		UNIT	Upstream	Core	Downstream	TOTAL	Method
Global warming potential (GWP)	Fossil	kg CO ₂ eq.	1.11	1.15	$3.86 \cdot 10^{-1}$	2.65	IPCC 2021
	Biogenic	kg CO ₂ eq.	$3.57 \cdot 10^{-3}$	$7.9 \cdot 10^{-4}$	$1.85 \cdot 10^{-3}$	$6.21 \cdot 10^{-3}$	IPCC 2021
	Land use and land transformation	kg CO ₂ eq.	$2.45 \cdot 10^{-3}$	$1.54 \cdot 10^{-3}$	$1.3 \cdot 10^{-4}$	$4.12 \cdot 10^{-3}$	IPCC 2021
	TOTAL	kg CO ₂ eq.	1.12	1.15	$3.88 \cdot 10^{-1}$	2.66	
Ozone layer depletion (ODP)		kg CFC 11 eq.	$1.63 \cdot 10^{-6}$	$4.62 \cdot 10^{-8}$	$7.52 \cdot 10^{-9}$	$1.68 \cdot 10^{-6}$	EF v.3.1
Acidification potential (AP)		mol H ⁺ eq.	$8.48 \cdot 10^{-3}$	$4.66 \cdot 10^{-3}$	$1.55 \cdot 10^{-3}$	$1.47 \cdot 10^{-2}$	EF v.3.1
Eutrophication potential (EP)	Aquatic freshwater	kg P eq.	$2.7 \cdot 10^{-4}$	$6.9 \cdot 10^{-4}$	$2.55 \cdot 10^{-5}$	$9.85 \cdot 10^{-4}$	EF v.3.1
	Aquatic marine	kg N eq.	$2.31 \cdot 10^{-3}$	$9.3 \cdot 10^{-4}$	$4.9 \cdot 10^{-4}$	$3.73 \cdot 10^{-3}$	EF v.3.1
	Aquatic terrestrial	mol N eq.	$1.90 \cdot 10^{-2}$	$8.69 \cdot 10^{-3}$	$5.28 \cdot 10^{-3}$	$3.31 \cdot 10^{-2}$	EF v.3.1
Photochemical oxidant formation: Human Health (POFH)		kg NMVOC eq.	$4.84 \cdot 10^{-3}$	$3.62 \cdot 10^{-3}$	$2.07 \cdot 10^{-3}$	$10.53 \cdot 10^{-3}$	EF v.3.1
Abiotic depletion potential (ADP)	Metals and minerals	kg Sb eq.	$1.44 \cdot 10^{-5}$	$2.54 \cdot 10^{-6}$	$1.20 \cdot 10^{-6}$	$1.81 \cdot 10^{-5}$	CML v.4.8 2016
	Fossil resources	MJ, net calorific value	13.32	15.30	5.16	33.78	CML v.4.8 2016
Water deprivation potential (WDP)		m ³ world eq. deprived	5.21	$9.89 \cdot 10^{-2}$	$2.82 \cdot 10^{-2}$	5.3	EF v.3.1

Πίνακας 7-9: Δείκτες Κατηγοριών Επιπτώσεων - Μαρμελάδα Φράουλα

PARAMETER	UNIT	Upstream	Core	Downstream	TOTAL
Carbon Footprint	kg CO ₂ eq	1.12	1.15	$3.88 \cdot 10^{-1}$	2.66
Water Footprint	m ³	$1.21 \cdot 10^{-1}$	$2.30 \cdot 10^{-3}$	$6.60 \cdot 10^{-3}$	$1.30 \cdot 10^{-1}$

Πίνακας 7-10: Carbon and Water Footprint- Μαρμελάδα Φράουλα

Σημαντικό είναι να επισημανθεί ότι σύμφωνα με το PCR που ακολουθήθηκε, ορισμένοι δείκτες δεν ήταν δυνατό να υπολογιστούν. Αυτό συνέβη επειδή για τον υπολογισμό των συγκεκριμένων δεικτών απαιτείται μια μέθοδος που βρίσκεται σε μια επιπρόσθετη βάση δεδομένων, την EN 15804. Οι δείκτες που δεν κατέστη εφικτό να υπολογιστούν είναι οι εξής:

- Πρωτογενείς πηγές ενέργειας – Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας
- Πρωτογενείς πηγές ενέργειας – Μη ανανεώσιμες
- Δευτερεύον υλικό
- Καθαρή χρήση γλυκού νερού
- Επικίνδυνα απόβλητα που απορρίπτονται
- Μη επικίνδυνα απόβλητα που διατίθενται

- Ραδιενεργά απόβλητα

7.2 Συγκριτική Ανάλυση Περιβαλλοντικών Δεικτών

Για να διασφαλιστεί η σύγκριση μεταξύ της μαρμελάδας φράουλας και ενός προϊόντος, είναι σημαντικό να βεβαιωθεί ότι οι Περιβαλλοντικές Δηλώσεις Προϊόντος (Environmental Product Declarations - EPDs) για τα δύο προϊόντα ακολουθούν το ίδιο PCR (Product Category Rules). Αυτό εξασφαλίζει ότι οι μεθοδολογίες και οι δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν για τη μέτρηση της περιβαλλοντικής επίδρασης είναι συγκρίσιμοι και αξιόπιστοι. Στον επόμενο πίνακα παρατίθενται τα αποτελέσματα για τους δείκτες που αφορούν την παραγωγή ενός κιλού συσκευασμένου χυμού ντομάτας, βάσει της Περιβαλλοντικής Δήλωσης Προϊόντος. Αυτοί οι δείκτες περιλαμβάνουν την περιβαλλοντική επίπτωση καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του προϊόντος, περιλαμβανομένης της παραγωγής, της μεταφοράς, της χρήσης και της διάθεσης. Αυτή η σύγκριση αποτελεί ένα ενδεικτικό παράδειγμα για την κατανόηση της περιβαλλοντικής επίπτωσης διαφόρων προϊόντων και την προώθηση πρακτικών βιώσιμης παραγωγής και κατανάλωσης.

Αν και το προϊόν που γίνεται η σύγκριση δεν απευθύνεται σε μαρμελάδα φράουλα, αλλά εξετάζει ένα ευρύτερο φάσμα προϊόντων, η σύγκριση με την παραγωγή ενός κιλού συσκευασμένου χυμού ντομάτας αποτελεί ένα ενδεικτικό παράδειγμα για να κατανοήσουμε τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις διαφορετικών προϊόντων. Σε αυτό το σημείο είναι καλό να αναφερθεί ότι τα

Η σύγκριση μεταξύ ομοειδών προϊόντων προσφέρει στους ενδιαφερόμενους τη δυνατότητα να κατανοήσουν και να επιλέξουν προϊόντα με βελτιωμένη περιβαλλοντική απόδοση, προωθώντας την αειφόρο ανάπτυξη και την επιλογή βιώσιμων επιλογών κατανάλωσης. Παρακάτω, παρουσιάζονται οι περιβαλλοντικοί δείκτες του προϊόντος σύγκρισης.

PARAMETER		UNIT	Upstream	Core	Downstream	TOTAL
Global warming potential (GWP)	Fossil	kg CO ₂ eq.	$45.94 \cdot 10^{-2}$	$4.83 \cdot 10^{-1}$	$7.78 \cdot 10^{-2}$	1.02
	Biogenic	kg CO ₂ eq.	$3.3175 \cdot 10^{-3}$	$3.06 \cdot 10^{-4}$	$5.56 \cdot 10^{-5}$	$3.68 \cdot 10^{-3}$
	Land use and land transformation	kg CO ₂ eq.	$7.23 \cdot 10^{-4}$	$3.11 \cdot 10^{-5}$	$1.91 \cdot 10^{-5}$	$7.73 \cdot 10^{-4}$
	TOTAL	kg CO ₂ eq.	$4.63 \cdot 10^{-1}$	$4.83 \cdot 10^{-1}$	$7.79 \cdot 10^{-2}$	1.02
Ozone layer depletion (ODP)		kg CFC 11 eq.	$9.27 \cdot 10^{-8}$	$6.55 \cdot 10^{-8}$	$1.72 \cdot 10^{-8}$	$1.75 \cdot 10^{-7}$
Acidification potential (AP)		mol H ⁺ eq.	$2.98 \cdot 10^{-3}$	$8.21 \cdot 10^{-4}$	$3.79 \cdot 10^{-4}$	$3.18 \cdot 10^{-3}$
Eutrophication potential (EP)	Aquatic freshwater	kg P eq.	$1.23 \cdot 10^{-4}$	$1.11 \cdot 10^{-5}$	$8.88 \cdot 10^{-7}$	$1.35 \cdot 10^{-4}$
	Aquatic marine	kg N eq.	$1.42 \cdot 10^{-3}$	$3.97 \cdot 10^{-4}$	$1.31 \cdot 10^{-4}$	$1.42 \cdot 10^{-3}$
	Aquatic terrestrial	mol N eq.	$8.88 \cdot 10^{-3}$	$2.30 \cdot 10^{-3}$	$1.44 \cdot 10^{-3}$	$1.26 \cdot 10^{-2}$
Photochemical oxidant formation: Human Health (POFH)		kg NMVOC eq.	$1.87 \cdot 10^{-3}$	$7.46 \cdot 10^{-4}$	$3.79 \cdot 10^{-4}$	$2.99 \cdot 10^{-3}$
Abiotic depletion potential (ADP)	Metals and minerals	kg Sb eq.	$1.98 \cdot 10^{-6}$	$3.84 \cdot 10^{-9}$	$4.82 \cdot 10^{-9}$	$1.99 \cdot 10^{-6}$
	Fossil resources	MJ	7.11	7.21	1,16	15.5
Water deprivation potential (WDP)		m ³ world eq. deprived	3.88	$1.12 \cdot 10^{-1}$	$1.87 \cdot 10^{-3}$	4.01

Πίνακας 7-11: Δείκτες Κατηγοριών Επιπτώσεων -Χυμός Ντομάτας

PARAMETER	UNIT	Upstream m	Core	Downstream m	TOTAL
Carbon Footprint	kg CO ₂ eq	0.464	0.483	0.078	1.025
Water Footprint	m ³	0.087	0.002	<0.002	0.090

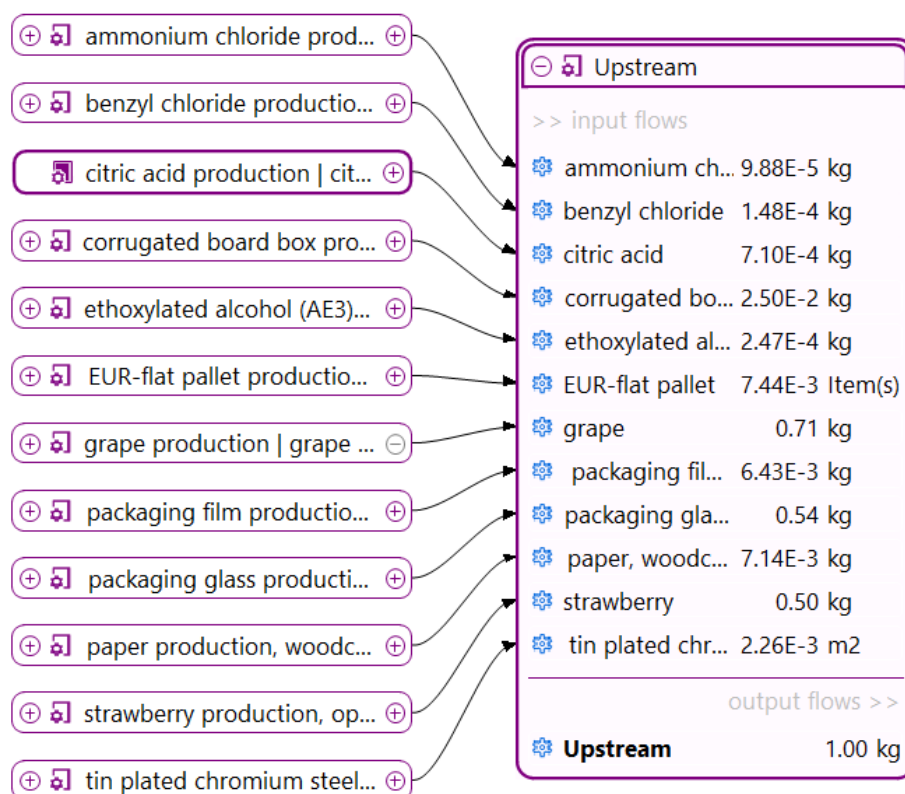
Πίνακας 7-12: Carbon and Water Footprint- Χυμός Ντομάτας

Με βάση τη σύγκριση που πραγματοποιήθηκε ανάμεσα στο προϊόν μαρμελάδας φράουλας και το προϊόν του ντοματοχυμού, προέκυψε ότι το προϊόν που μελετήθηκε εμφανίζει μεγαλύτερη περιβαλλοντική επίπτωση σε ορισμένους σημαντικούς δείκτες. Αυτό υποδεικνύει ότι η διαδικασία παραγωγής μαρμελάδας φράουλας ενδέχεται να επιβαρύνει περισσότερο το περιβάλλον σε σύγκριση με άλλα προϊόντα. Αυτά τα ευρήματα είναι σημαντικά για την ανάλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της παραγωγής και την ανάγκη υιοθέτησης βιώσιμων πρακτικών και τεχνολογιών για τη μείωση αυτών των επιπτώσεων στο μέλλον.

7.3 Ανάλυση Δεικτών στις Ανοδικές Διεργασίες (Upstream Processes)

Η ανάλυση δεικτών στις ανοδικές διεργασίες (upstream processes), σύμφωνα με τους (Pimenta & Ball, 2015), αναφέρεται στη μελέτη και αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και της βιωσιμότητας σε στάδια που προηγούνται της τελικής παραγωγής ή παροχής ενός προϊόντος ή υπηρεσίας. Αυτά τα στάδια περιλαμβάνουν την απόκτηση πρώτων υλών, την εξόρυξη, και την παραγωγή τους πριν από την τελική επεξεργασία ή χρήση.

Παρουσιάζεται σε μερική ανάπτυξη το γραφικό μοντέλο των εισροών στις ανοδικές διεργασίες, καθότι η πλήρης ανάπτυξη όλων των διεργασιών οδηγεί σε διάγραμμα ροής το οποίο δεν είναι ευανάγνωστο λόγω της μεγάλης του έκτασης και των πολλών λεπτομερειών που εμπεριέχει. Επισημαίνεται εκ νέου ότι η ανάλυση που απεικονίζεται σταματά στις πρωτογενείς διεργασίες για λόγους αναγνωσιμότητας.



Εικόνα 7-11: Γραφικό μοντέλο εισροών στις Upstream Processes

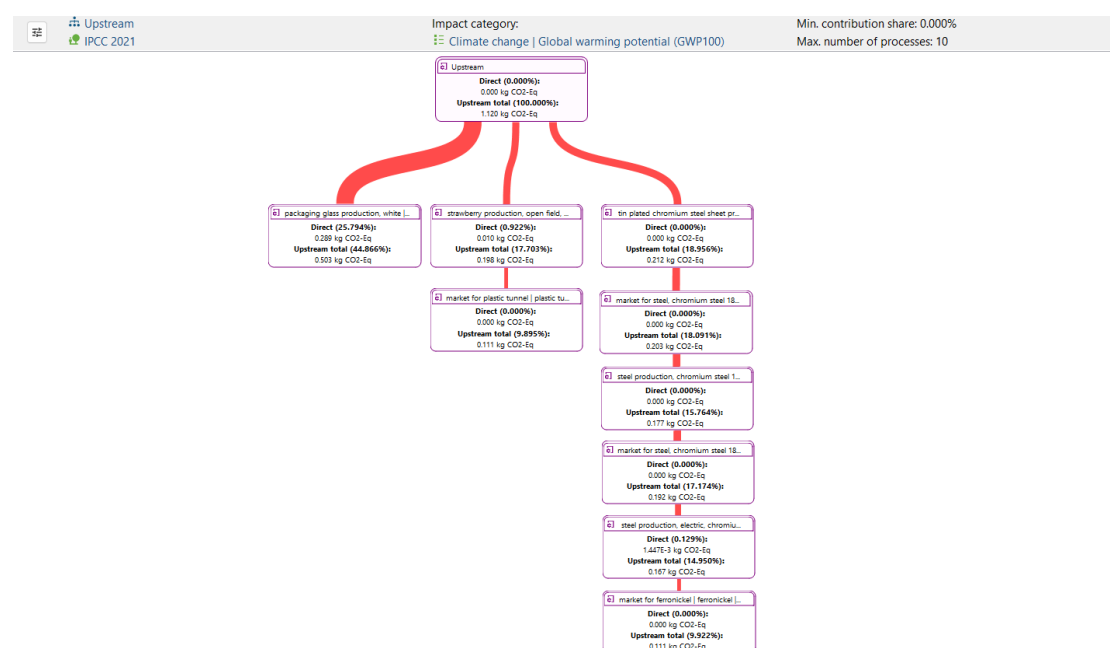
Σε κάθε δείκτη περιβαλλοντικής επίδρασης επισημαίνονται οι συγκεκριμένες διεργασίες που έχουν τη μεγαλύτερη επίπτωση στον εν λόγω δείκτη.

Global warming potential (GWP)

Ο δείκτης "Global Warming Potential" (GWP), ή Δυναμικό Παγκόσμιας Θέρμανσης, σύμφωνα με τους (Sand, et al., 2023), είναι ένα μέτρο της σχετικής συνεισφοράς ενός αερίου θερμοκηπίου (GHG) στην παγκόσμια θέρμανση σε σύγκριση με το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το οποίο χρησιμοποιείται ως σημείο αναφοράς με GWP ίσο με 1. Ο δείκτης GWP λαμβάνει υπόψη δύο κύριες παραμέτρους:

1. Απορροφητική Ικανότητα Θερμότητας: Το πόσο αποτελεσματικά ένα αέριο θερμοκηπίου απορροφά και εκπέμπει θερμότητα στην ατμόσφαιρα.
2. Χρόνος Παραμονής στην Ατμόσφαιρα: Το πόσο χρόνο παραμένει το αέριο στην ατμόσφαιρα πριν αποσυντεθεί ή απορροφηθεί από φυσικές διεργασίες.

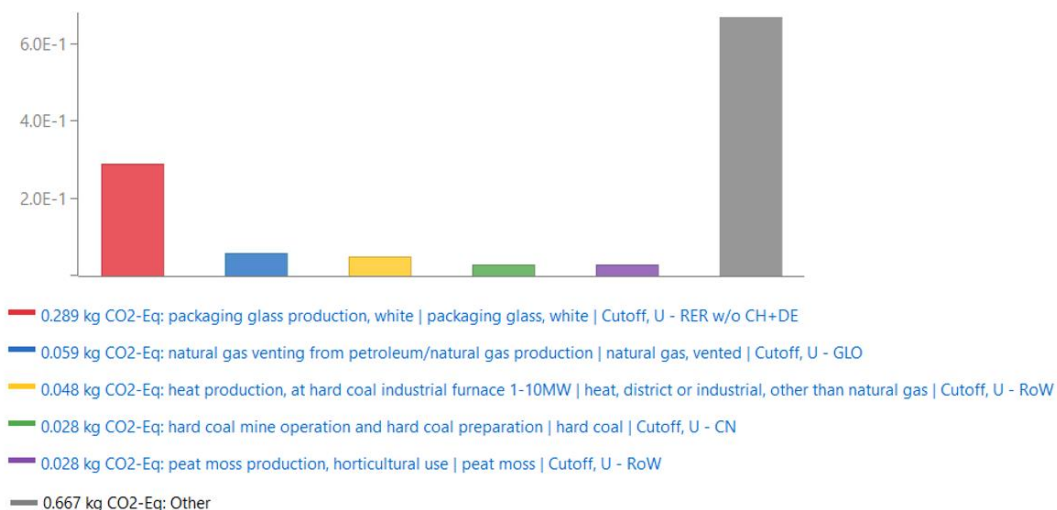
Εν συνεχεία, απεικονίζεται το διάγραμμα Sankey, το οποίο κατά τους (Schmidt, 2008) είναι ένα εργαλείο οπτικοποίησης που χρησιμοποιείται για να δείξει τη ροή πόρων ή ενέργειας σε ένα σύστημα ανάλυσης κύκλου ζωής (LCA). Τα Sankey διαγράμματα είναι ιδιαίτερα χρήσιμα για την αναπαράσταση των εισροών, των εκροών και των μετασχηματισμών ενέργειας ή υλικών σε ένα σύστημα με μια γραφική μορφή που κάνει την κατανομή των ροών εύκολα κατανοητή.



Εικόνα 7-12: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Global Warming Potential» (GWP) στις Upstream Processes

Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη GWP στις ανοδικές διεργασίες είναι:

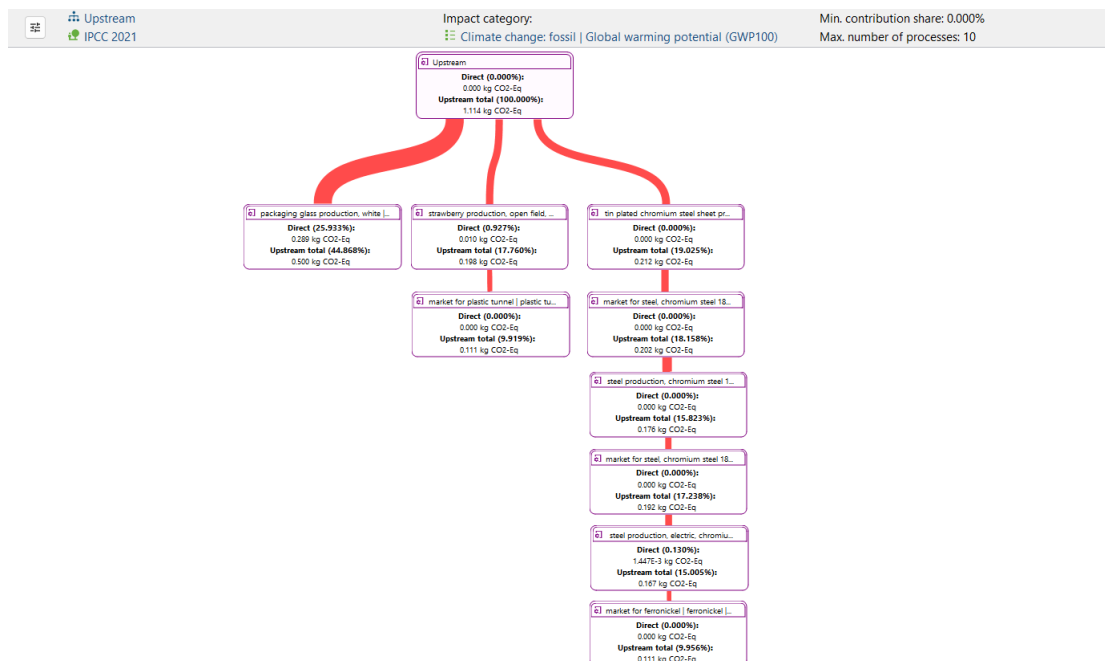
- packaging glass production, white | packaging glass (παραγωγή γυαλιού συσκευασίας, λευκό | γυαλί συσκευασίας): 0.28893 kg CO₂-Eq
- natural gas venting from petroleum/natural gas production (αερισμός φυσικού αερίου από την παραγωγή πετρελαίου/φυσικού αερίου): 0.05897 kg CO₂-Eq
- heat production, at hard coal industrial furnace (παραγωγή θερμότητας, σε βιομηχανική κάμινο λιθάνθρακα): 0.04830 kg CO₂-Eq



Εικόνα 7-13: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Global Warming Potential» (GWP) στις Upstream Processes

Fossil

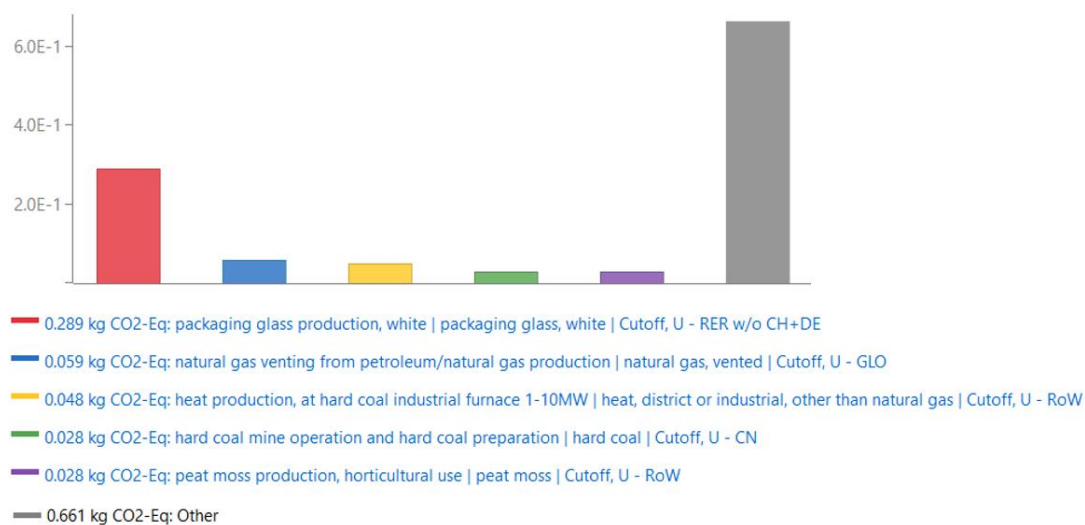
Ο δείκτης «Global Warming – Fossil» (Παγκόσμια Θέρμανση - Ορυκτά) αφορά τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου που προέρχονται αποκλειστικά από την καύση ορυκτών καυσίμων, όπως ο άνθρακας, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Αυτός ο δείκτης χρησιμοποιείται για να εκτιμήσει την επίπτωση αυτών των εκπομπών στην κλιματική αλλαγή.



Εικόνα 7-14: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Global Warming- Fossil» στις Upstream Processes

Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη «Global Warming- Fossil» στις ανοδικές διεργασίες είναι:

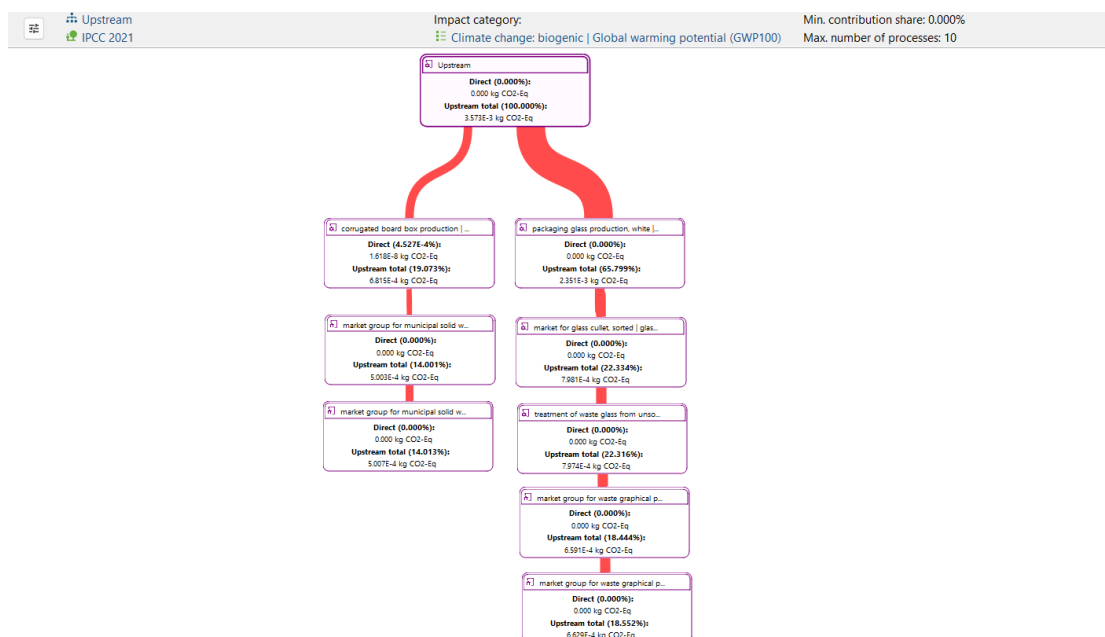
- packaging glass production, white | packaging glass (παραγωγή γυαλιού συσκευασίας, λευκό | γυαλί συσκευασίας): 0.28893 kg CO2-Eq
- natural gas venting from petroleum/natural gas production (αερισμός φυσικού αερίου από την παραγωγή πετρελαίου/φυσικού αερίου): 0.05897 kg CO2-Eq
- heat production, at hard coal industrial furnace (παραγωγή θερμότητας, σε βιομηχανική κάμινο λιθάνθρακα): 0.04830 kg CO2-Eq



Εικόνα 7-15: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Global Warming- Fossil» στις Upstream Processes

Biogenic

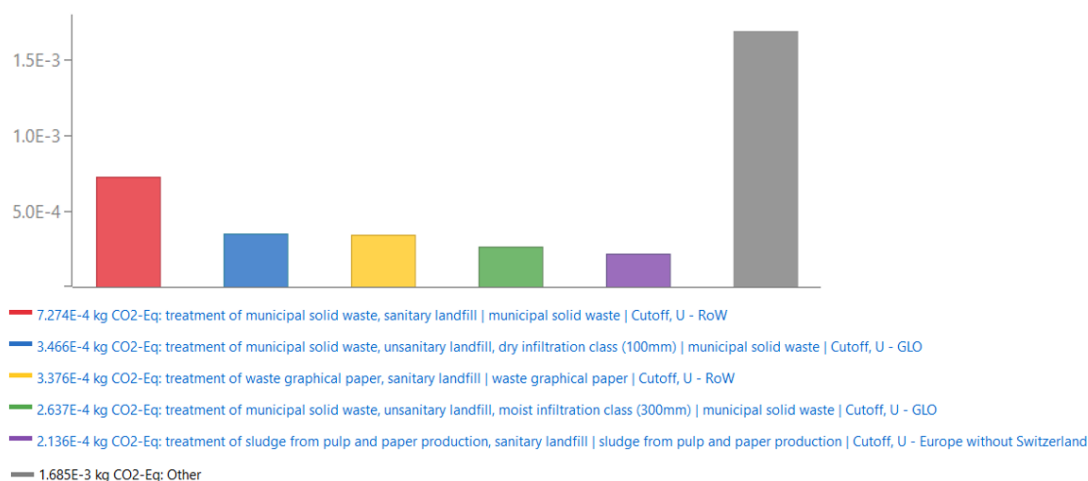
Ο δείκτης «Global Warming – Biogenic» (Παγκόσμια Θέρμανση - Βιογενής) αφορά τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου που προέρχονται από βιογενείς (βιολογικές) πηγές. Οι βιογενείς εκπομπές περιλαμβάνουν αέρια θερμοκηπίου που προέρχονται από την καύση, την αποσύνθεση ή άλλες διεργασίες βιολογικών υλικών, όπως φυτά, ζώα και απόβλητα βιολογικής προέλευσης.



Εικόνα 7-16: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Global Warming- Biogenic» στις Upstream Processes

Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη «Global Warming- Biogenic» στις ανοδικές διεργασίες είναι:

- treatment of municipal solid waste, sanitary landfill | municipal solid waste (επεξεργασία αστικών στερεών αποβλήτων, υγειονομική ταφή | αστικά στερεά απόβλητα): 0.00073 kg CO₂- Eq
- treatment of municipal solid waste, unsanitary landfill, dry infiltration class | municipal solid waste (επεξεργασία αστικών στερεών αποβλήτων, ανθυγιεινή υγειονομική ταφή, κατηγορία ξηρής διείσδυσης | αστικά στερεά απόβλητα): 0.00035 kg CO₂- Eq
- treatment of waste graphical paper, sanitary landfill (επεξεργασία απορριμμάτων γραφικού χαρτιού, ΧΥΤΑ): 0.00034 kg CO₂- Eq

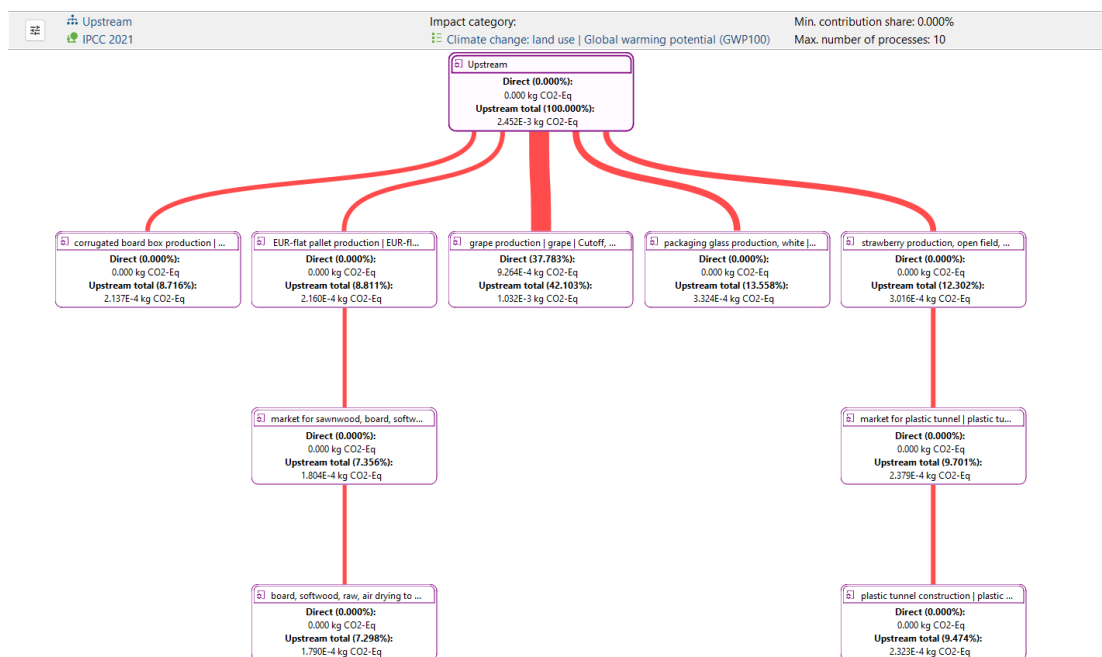


Εικόνα 7-17: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Global Warming- Biogenic» στις Upstream Processes

Land use and land transformation

Ο δείκτης «Global Warming - Land Use and Land Transformation» (Παγκόσμια Θέρμανση - Χρήση Γης και Μετατροπή Γης) αφορά τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου που προκύπτουν από τις αλλαγές στη χρήση γης και τη μετατροπή γης. Αυτές οι εκπομπές προκύπτουν από δραστηριότητες όπως η αποψίλωση των δασών, η αποστράγγιση υδροτόπων, η μετατροπή φυσικών εκτάσεων σε γεωργικές ή αστικές περιοχές, καθώς και η διαχείριση των γαιών.

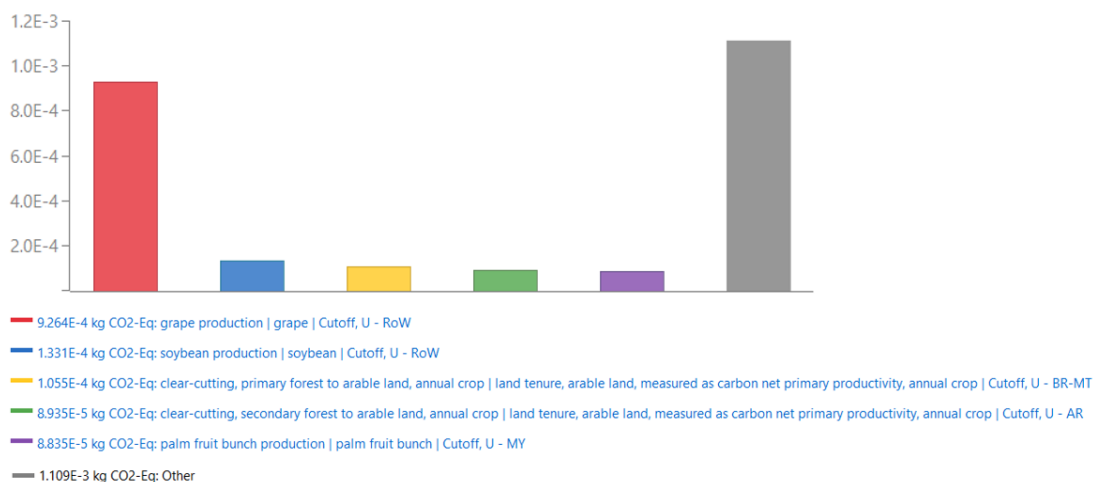
Ο δείκτης «Global Warming - Land Use and Land Transformation» είναι κρίσιμος για την κατανόηση του ρόλου που παίζουν οι αλλαγές στη χρήση γης και η μετατροπή γης στην παγκόσμια θέρμανση. Οι δραστηριότητες που σχετίζονται με τη χρήση και τη μετατροπή γης συμβάλλουν σημαντικά στις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, και η κατανόηση αυτών των επιπτώσεων είναι ουσιώδης για την ανάπτυξη στρατηγικών μετριασμού της κλιματικής αλλαγής.



Εικόνα 7-18: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Global Warming- Land use and land transformation» στις Upstream Processes

Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη «Global Warming- Land use and land transformation» στις ανοδικές διεργασίες είναι:

- grape production (παραγωγή σταφυλιού): 0.00093 kg CO₂-Eq
- soybean production (παραγωγή σόγιας): 0.00013 kg CO₂-Eq
- clear-cutting, primary forest to arable land, annual crop (καθαρό, πρωτογενές δάσος έως αρόσιμη γη, ετήσια καλλιέργεια): 0.00011 kg CO₂-Eq

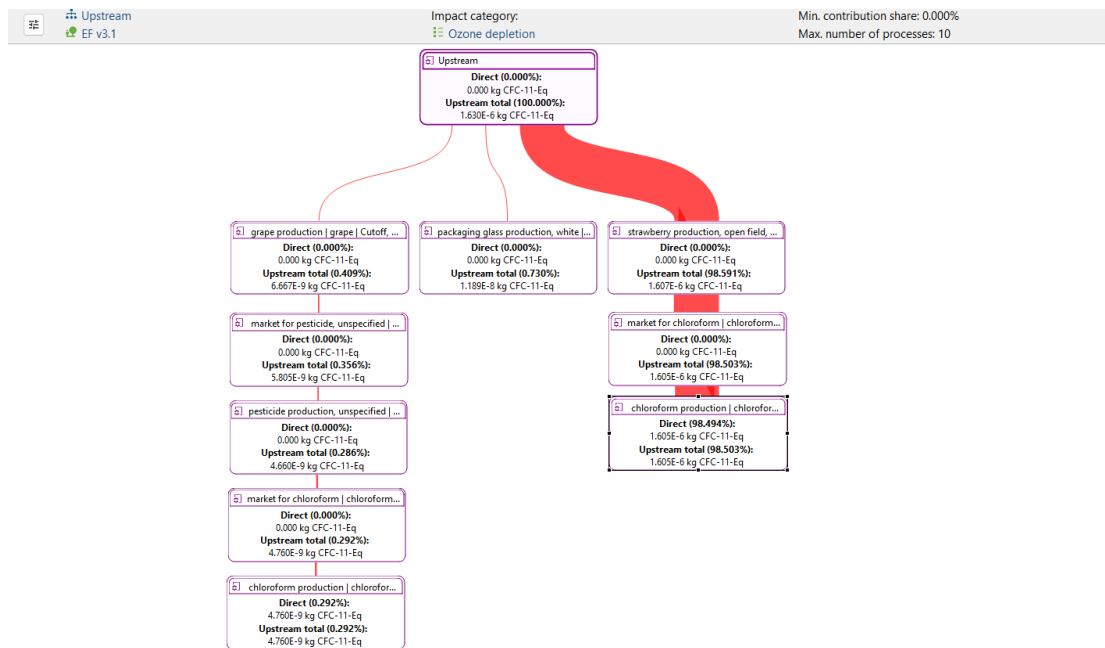


Εικόνα 7-19: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Global Warming- Land use and land transformation» στις Upstream Processes

Ozone layer depletion (ODP)

Ο δείκτης «Ozone Depletion Potential» (ODP), ή «Δυναμικό Εξάντλησης του Όζοντος», είναι ένα μέτρο της ικανότητας μιας ουσίας να καταστρέφει το στρώμα του όζοντος στη στρατόσφαιρα σε σύγκριση με το τριχλωροφθορομεθάνιο (CFC-11), το οποίο χρησιμοποιείται ως σημείο αναφοράς και έχει ODP ίσο με 1. Κατά τους (Anwar, Chaudhry, Nazeer, Zaman, & Azam, 2015), το στρώμα του όζοντος προστατεύει τη γη από την επιβλαβή υπεριώδη ακτινοβολία (UV-B) του ήλιου.

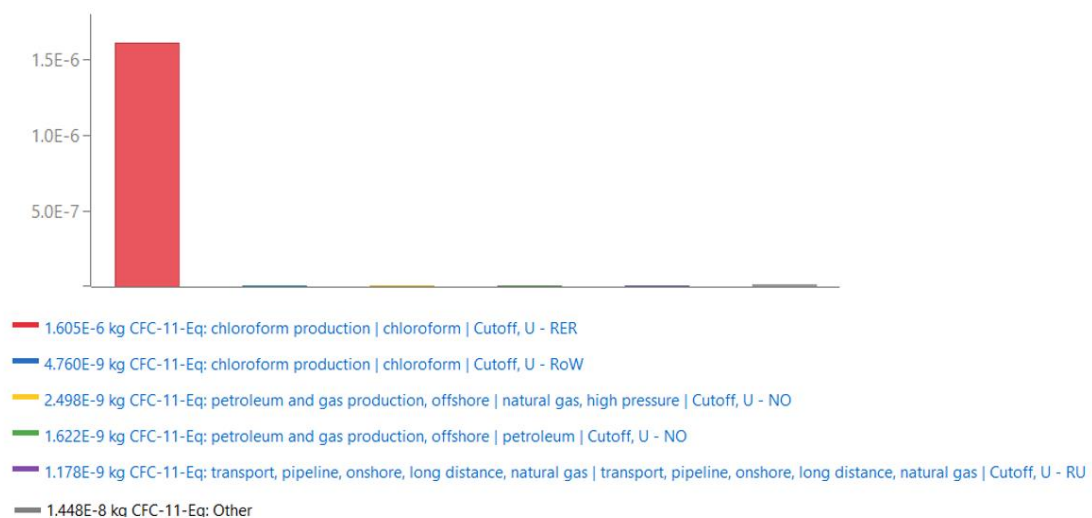
Ο δείκτης ODP είναι ζωτικής σημασίας για την προστασία της στρώσης του όζοντος, η οποία παίζει κρίσιμο ρόλο στη διατήρηση της ζωής στη γη μειώνοντας την ποσότητα της υπεριώδους ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια του πλανήτη. Η αυξημένη έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία μπορεί να προκαλέσει αυξημένα περιστατικά καρκίνου του δέρματος, καταρράκτη και να βλάψει τα οικοσυστήματα.



Εικόνα 7-20: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Ozone Layer Depletion» (ODP) στις Upstream Processes

Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη ODP στις ανοδικές διεργασίες είναι:

- chloroform production (παραγωγή χλωροφορμίου): 1.6295E-6 kg CFC-11-Eq
- chloroform production (παραγωγή χλωροφορμίου): 4.760E-9 kg CFC-11-Eq
- petroleum and gas production, offshore | natural gas (παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου, υπεράκτια | φυσικό αέριο): 2.49758E-9 kg CFC-11-Eq

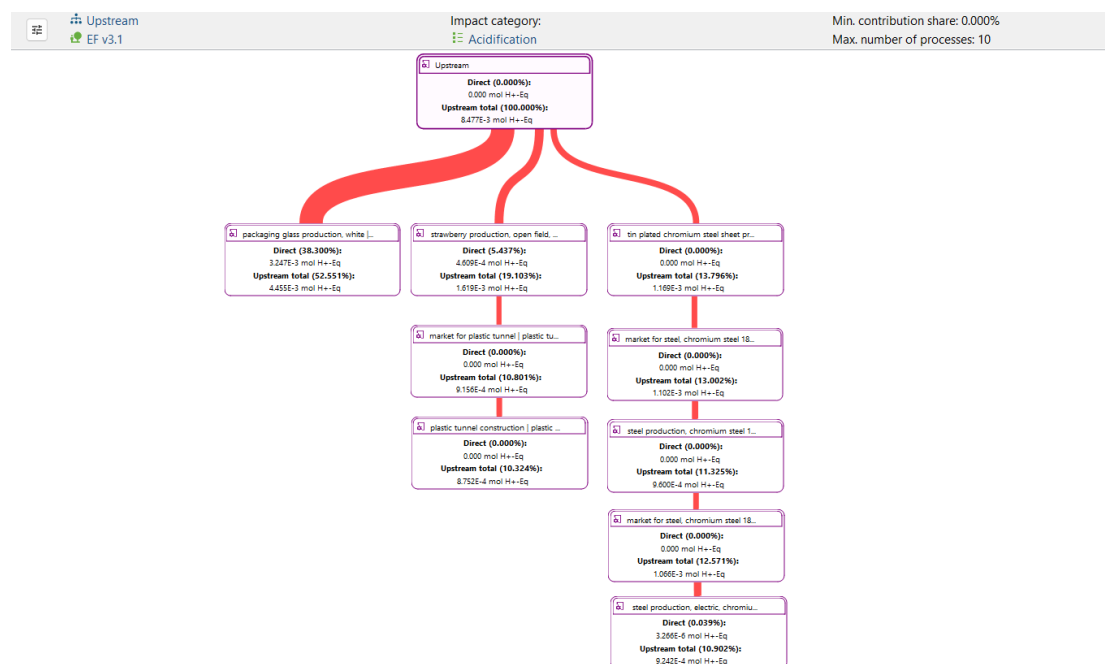


Εικόνα 7-21: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Ozone Depletion Potential» στις Upstream Processes

Acidification Potential (AP)

Ο δείκτης «Acidification Potential» (AP), ή «Δυναμικό Οξίνισης», είναι ένα μέτρο της ικανότητας των εκπομπών διαφόρων ουσιών να προκαλούν οξίνιση στο περιβάλλον. Η οξίνιση επηρεάζει το έδαφος, τα υδάτινα σώματα και τα οικοσυστήματα και μπορεί να έχει σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις στη χλωρίδα, την πανίδα και τις ανθρώπινες κατασκευές.

Ο δείκτης «Acidification Potential» είναι ένα βασικό εργαλείο για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και τη διαμόρφωση στρατηγικών για τη μείωση των επιπτώσεων αυτών. Μέσω της παρακολούθησης και της διαχείρισης των εκπομπών όξινων ρύπων, είναι δυνατή η προστασία των οικοσυστημάτων και η διασφάλιση της βιώσιμης ανάπτυξης.

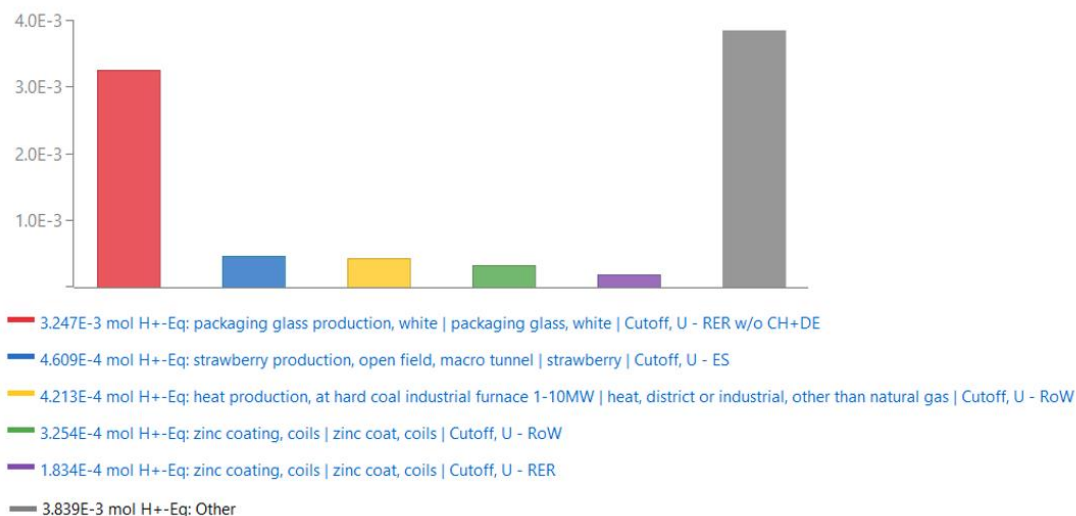


Εικόνα 7-22: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Acidification Potential» (AP) στις Upstream Processes

Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη AP στις ανοδικές διεργασίες είναι:

- packaging glass production, white | packaging glass (παραγωγή γυαλιού συσκευασίας, λευκό | γυαλί συσκευασίας): 0.00325 mol H+-Eq
- strawberry production, open field, macro tunnel (Παραγωγή φράουλας, ανοιχτό πεδίο, macro τούνελ): 0.00046 mol H+-Eq

- heat production, at hard coal industrial furnace (παραγωγή θερμότητας, σε βιομηχανική κάμινο λιθάνθρακα): 0.00042 mol H⁺-Eq



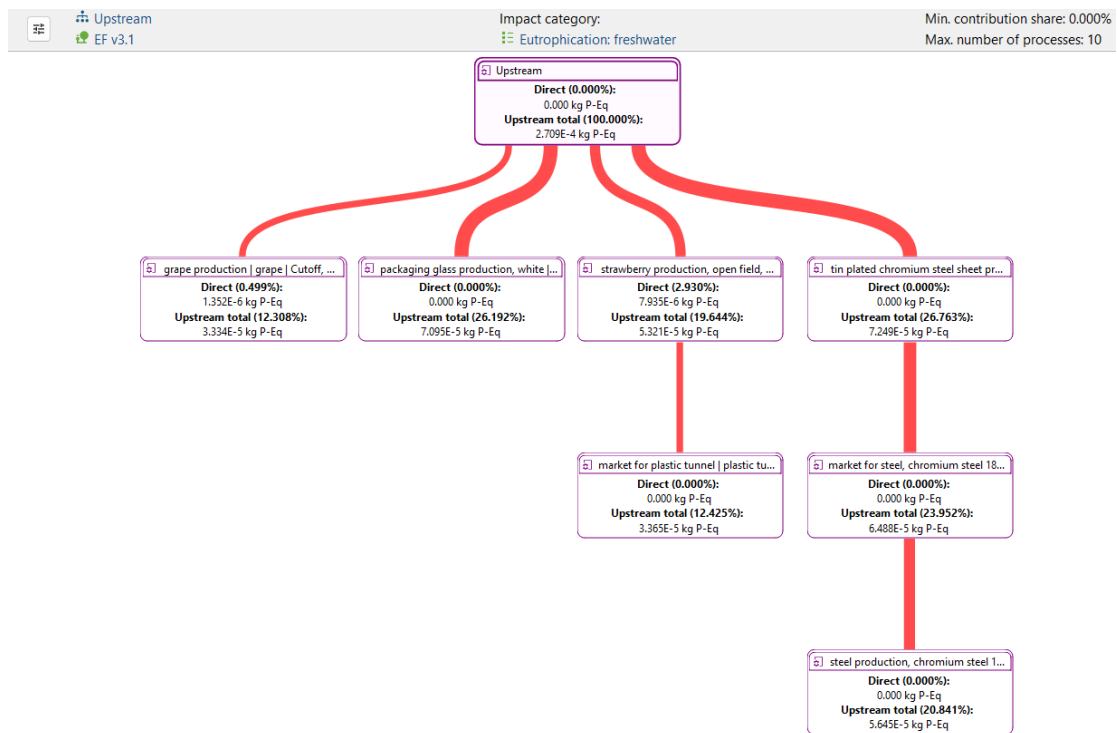
Εικόνα 7-23: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Acidification Potential» στις Upstream Processes

Eutrophication Potential (EP)

Aquatic Freshwater

Ο δείκτης «Eutrophication Potential - Aquatic Freshwater» (Δυναμικό Ευτροφισμού - Υδάτινο Γλυκό Νερό) αφορά την εκτίμηση των επιπτώσεων των θρεπτικών ουσιών, όπως το άζωτο και ο φώσφορος, στα γλυκά νερά. Ο ευτροφισμός είναι η διαδικασία υπερβολικού εμπλουτισμού των υδάτων με θρεπτικά συστατικά, η οποία οδηγεί σε υπερβολική ανάπτυξη φυκών και άλλων υδρόβιων φυτών. Αυτό μπορεί να έχει σοβαρές επιπτώσεις στην ποιότητα του νερού, τα οικοσυστήματα και τη βιοποικιλότητα.

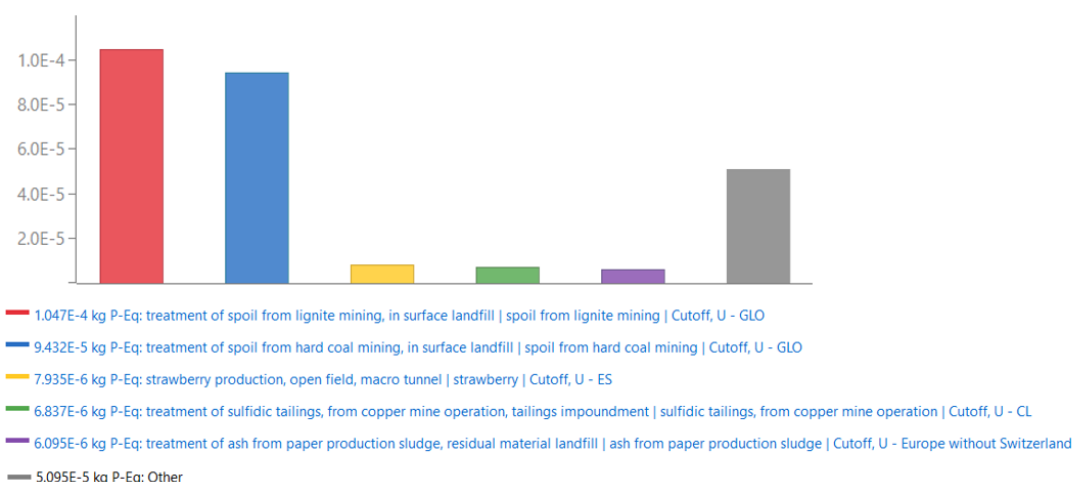
Ο δείκτης «Eutrophication Potential - Aquatic Freshwater» είναι ένα κρίσιμο εργαλείο για την κατανόηση των επιπτώσεων των θρεπτικών ουσιών στα γλυκά νερά και την ανάπτυξη στρατηγικών για τη μείωση αυτών των επιπτώσεων, διασφαλίζοντας την προστασία των υδάτινων οικοσυστημάτων και την βιώσιμη διαχείριση των υδάτινων πόρων.



Εικόνα 7-24: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Eutrophication Freshwater» στις Upstream Processes

Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη «Eutrophication Freshwater» στις ανοδικές διεργασίες είναι:

- treatment of spoil from lignite mining, in surface landfill (επεξεργασία απορριμμάτων από εξόρυξη λιγνίτη, σε επιφανειακή χωματερή): 0.00010 kg P-Eq
- treatment of spoil from hard coal mining, in surface landfill (Επεξεργασία λάφυρας από εξόρυξη λιθάνθρακα, σε επιφανειακή χωματερή): 9.43220E-5 kg P-Eq
- strawberry production, open field, macro tunnel (Παραγωγή φράουλας, ανοιχτό πεδίο, macro τούνελ): 7.93536E-6 kg P-Eq

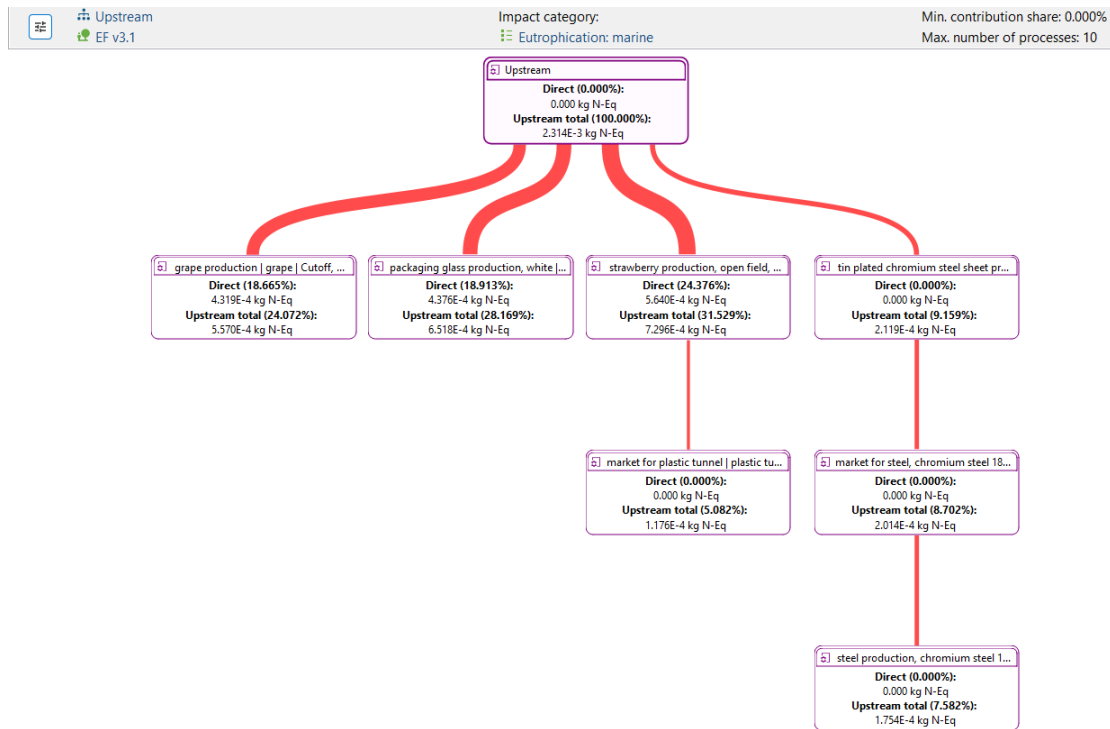


Εικόνα 7-25: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Eutrophication Freshwater» στις Upstream Processes

Aquatic Marine

Ο δείκτης «Eutrophication Potential - Aquatic Marine» (Δυναμικό Ευτροφισμού - Θαλάσσια Υδάτινα Συστήματα) αφορά την εκτίμηση των επιπτώσεων των θρεπτικών ουσιών, όπως το άζωτο και ο φώσφορος, στα θαλάσσια οικοσυστήματα. Ο ευτροφισμός είναι η διαδικασία υπερβολικού εμπλουτισμού των υδάτων με θρεπτικά συστατικά, που οδηγεί σε υπερβολική ανάπτυξη φυτοπλαγκτού και άλλων υδρόβιων φυτών. Αυτό μπορεί να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα στη θαλάσσια ζωή και την ποιότητα του νερού.

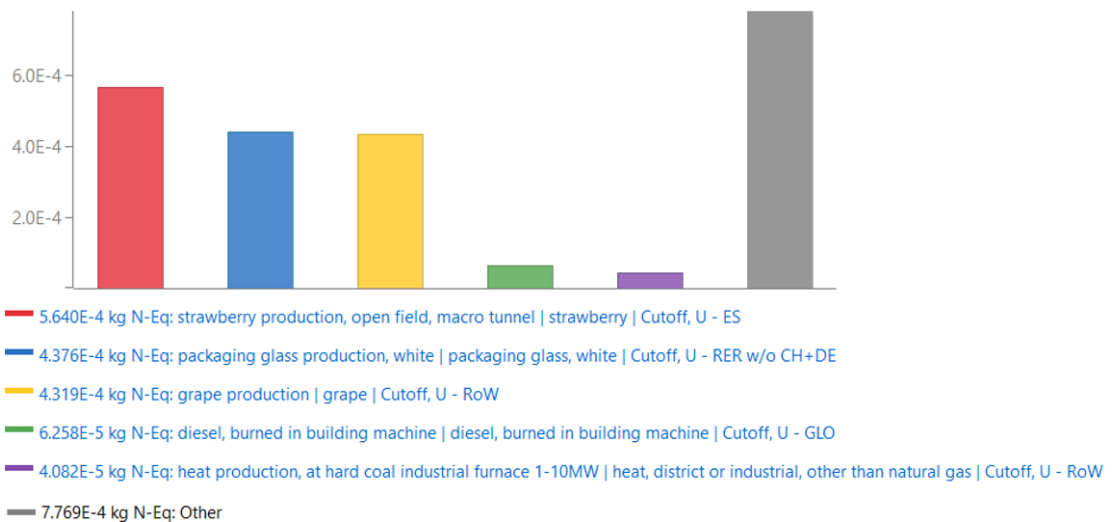
Ο δείκτης «Eutrophication Potential - Aquatic Marine» είναι κρίσιμος για την κατανόηση των επιπτώσεων των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στα θαλάσσια οικοσυστήματα. Η αντιμετώπιση του ευτροφισμού είναι ουσιαστική για τη διατήρηση της ποιότητας του νερού, την προστασία της θαλάσσιας βιοποικιλότητας και τη διασφάλιση της υγείας των θαλάσσιων οικοσυστημάτων.



Εικόνα 7-26: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Eutrophication Marine» στις Upstream Processes

Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη «Eutrophication Marine» στις ανοδικές διεργασίες είναι:

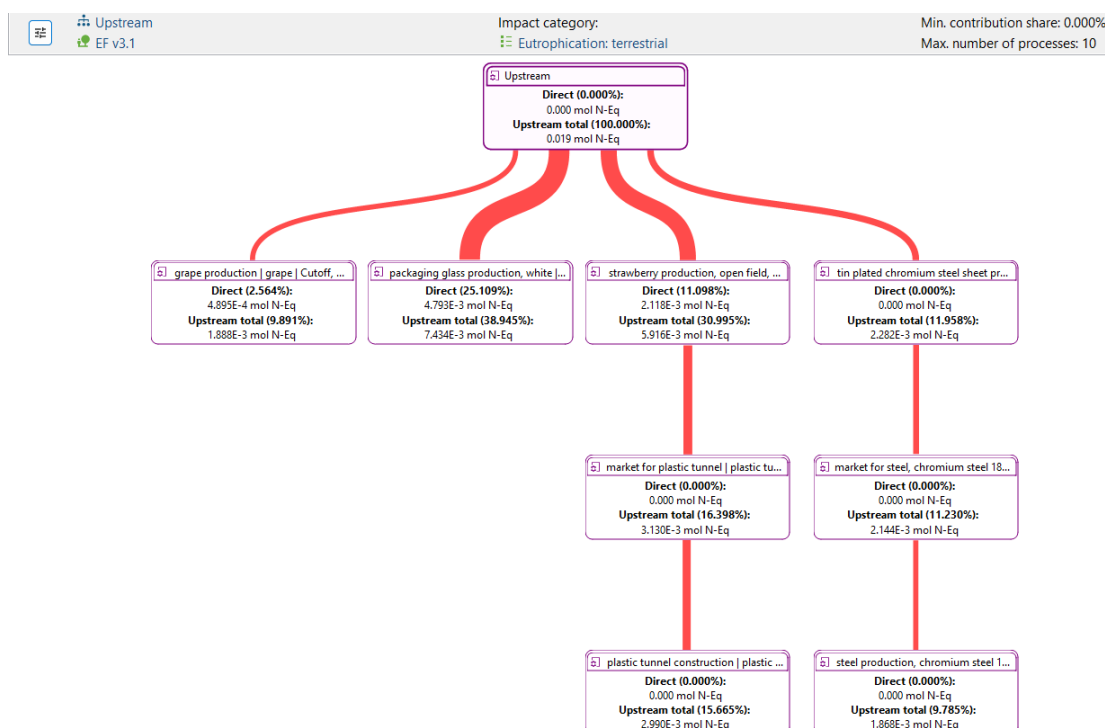
- strawberry production, open field, macro tunnel | strawberry (παραγωγή φράουλας, ανοιχτό πεδίο, μακροσήραγγα | φράουλα): 0.00056 kg N-Eq
- packaging glass production, white | packaging glass (παραγωγή γυαλιού συσκευασίας, λευκό | γυαλί συσκευασίας): 0.00044 kg N-Eq
- grape production (παραγωγή σταφυλιού): 0.00043 kg N-Eq



Εικόνα 7-27: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Eutrophication Potential - Aquatic Marine» στις Upstream Processes

Aquatic Terrestrial

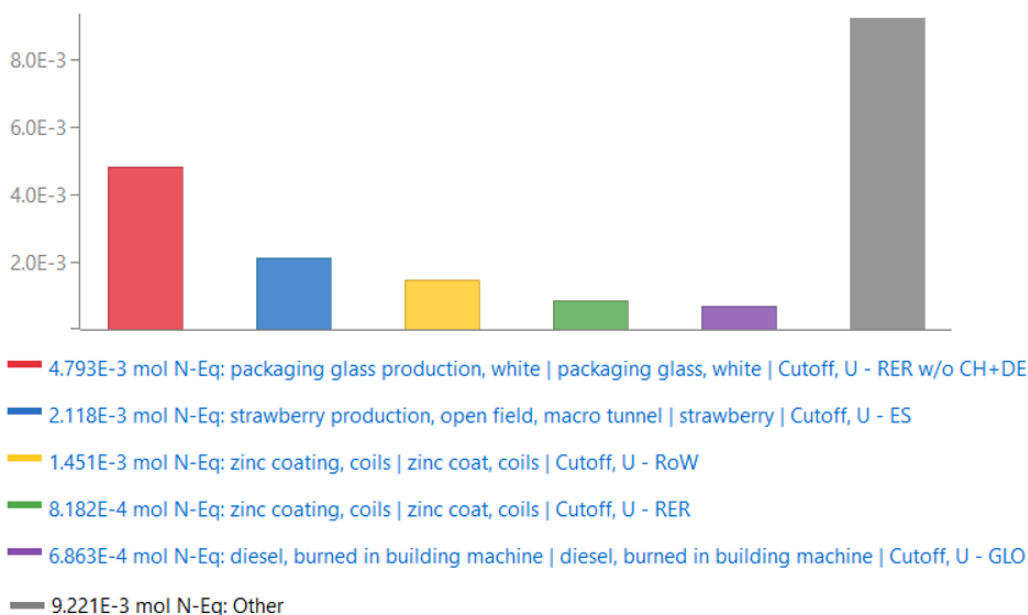
Ο δείκτης «Eutrophication Potential - Aquatic Terrestrial» (Δυναμικό Ευτροφισμού - Υδάτινα Εδάφη) αφορά την εκτίμηση των επιπτώσεων των θρεπτικών ουσιών, όπως το άζωτο και ο φώσφορος, στα γλυκά νερά και τα χερσαία οικοσυστήματα. Η ευτροφία, στην περίπτωση αυτή, αναφέρεται στον εμπλουτισμό των εδαφών και των γλυκών υδάτων με θρεπτικά συστατικά, που οδηγεί σε υπερβολική ανάπτυξη φυτών και φυκών, με αρνητικές συνέπειες για τα οικοσυστήματα και τη βιοποικιλότητα. Ο δείκτης «Eutrophication Potential - Aquatic Terrestrial» είναι σημαντικός για την κατανόηση των επιπτώσεων των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στα γλυκά νερά και τα χερσαία οικοσυστήματα. Η αντιμετώπιση του ευτροφισμού είναι ουσιαστική για τη διατήρηση της ποιότητας του νερού και του εδάφους, την προστασία της βιοποικιλότητας και τη διασφάλιση της υγείας των οικοσυστημάτων.



Εικόνα 7-28: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Eutrophication Terrestrial» στις Upstream Processes

Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη «Eutrophication Terrestrial» στις ανοδικές διεργασίες είναι:

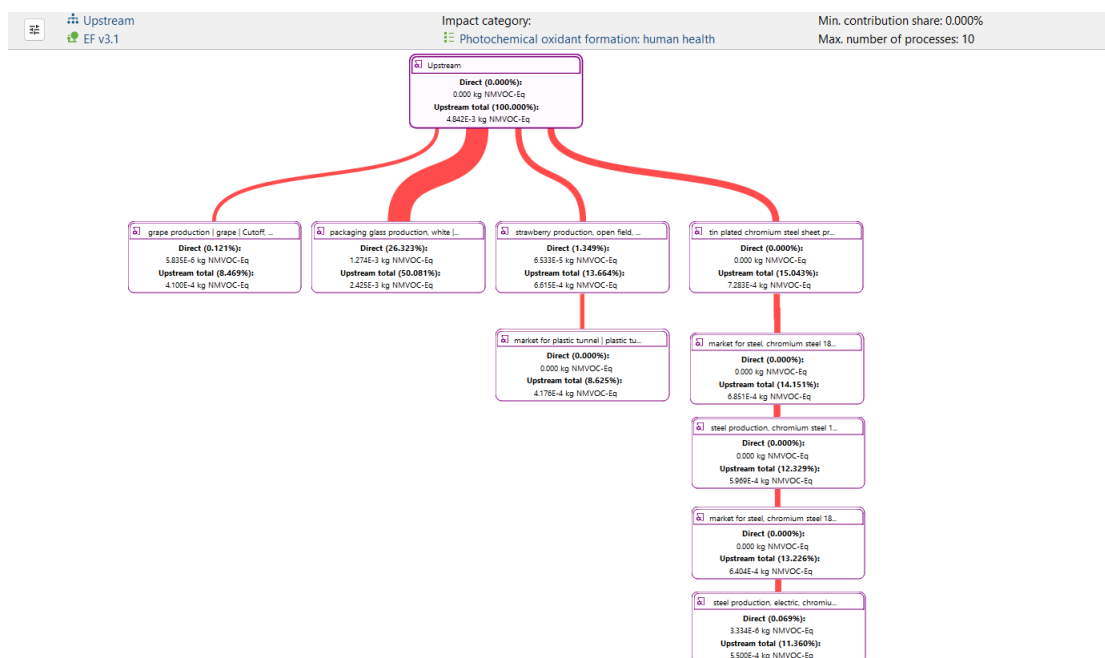
- packaging glass production, white | packaging glass (παραγωγή γυαλιού συσκευασίας, λευκό | γυαλί συσκευασίας): 0.00479 mol N- Eq
- strawberry production, open field, macro tunnel | strawberry (παραγωγή φράουλας, ανοιχτό πεδίο, μακροσήραγγα | φράουλα): 0.00212 mol N- Eq
- zinc coating, coils | zinc coat, coils (επίστρωση ψευδαργύρου, πηνία | επίστρωση ψευδαργύρου, κουλούρες): 0.00145 mol N- Eq



Εικόνα 7-29: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Eutrophication Potential - Aquatic Terrestrial» στις Upstream Processes

Photochemical oxidant formation: Human Health (POFH)

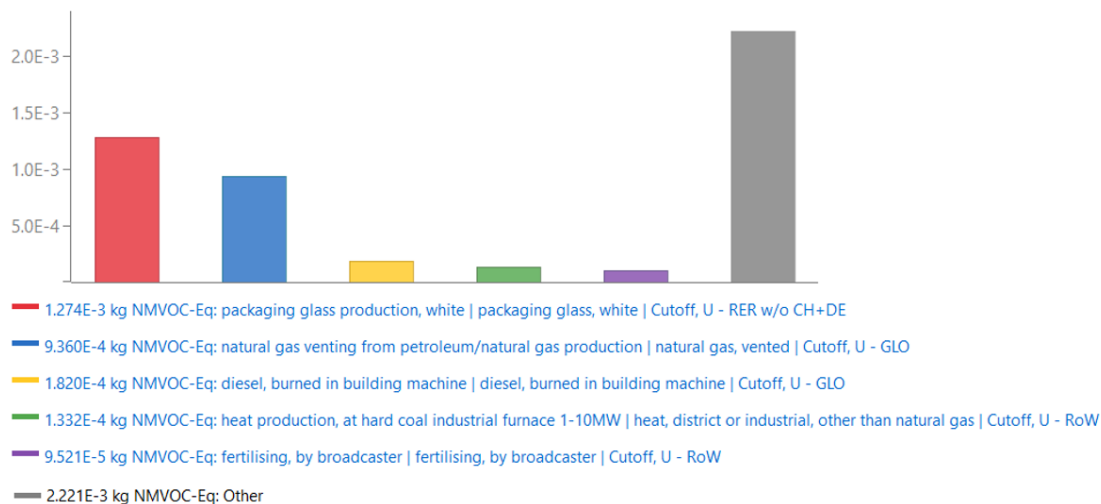
Ο δείκτης «Photochemical Oxidant Formation: Human Health» (POFH), ή «Σχηματισμός Φωτοχημικών Οξειδωτικών: Υγεία του Ανθρώπου», αφορά την εκτίμηση των επιπτώσεων των φωτοχημικών οξειδωτικών ενώσεων, όπως το όζον (O_3) και άλλες αντιδραστικές οξείες ουσίες, στην ανθρώπινη υγεία. Αυτές οι ενώσεις σχηματίζονται μέσω φωτοχημικών αντιδράσεων στην ατμόσφαιρα όταν ρύποι όπως τα οξείδια του αζώτου (NO_x) και οι πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs) εκτίθενται στο ηλιακό φως. Ο δείκτης «Photochemical Oxidant Formation: Human Health» είναι ένα ουσιαστικό εργαλείο για την κατανόηση και την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της φωτοχημικής ρύπανσης στην ανθρώπινη υγεία, προωθώντας τη βιώσιμη διαχείριση της ποιότητας του αέρα και τη λήψη μέτρων για την προστασία της δημόσιας υγείας.



Εικόνα 7-30: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Photochemical oxidant Formation: Human Health» (POFH) στις Upstream Processes

Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη POFH στις ανοδικές διεργασίες είναι:

- packaging glass production, white | packaging glass (παραγωγή γυαλιού συσκευασίας, λευκό | γυαλί συσκευασίας): 0.00127 kg NMVOC-Eq
- natural gas venting from petroleum/natural gas production (εξαερισμός φυσικού αερίου από παραγωγή πετρελαίου/φυσικού αερίου): 0.00094 kg NMVOC-Eq
- diesel, burned in building machine (ντίζελ, καμένο σε οικοδομικό μηχανήμα): 0.00018 kg NMVOC-Eq



Abiotic Depletion Potential (ADP)

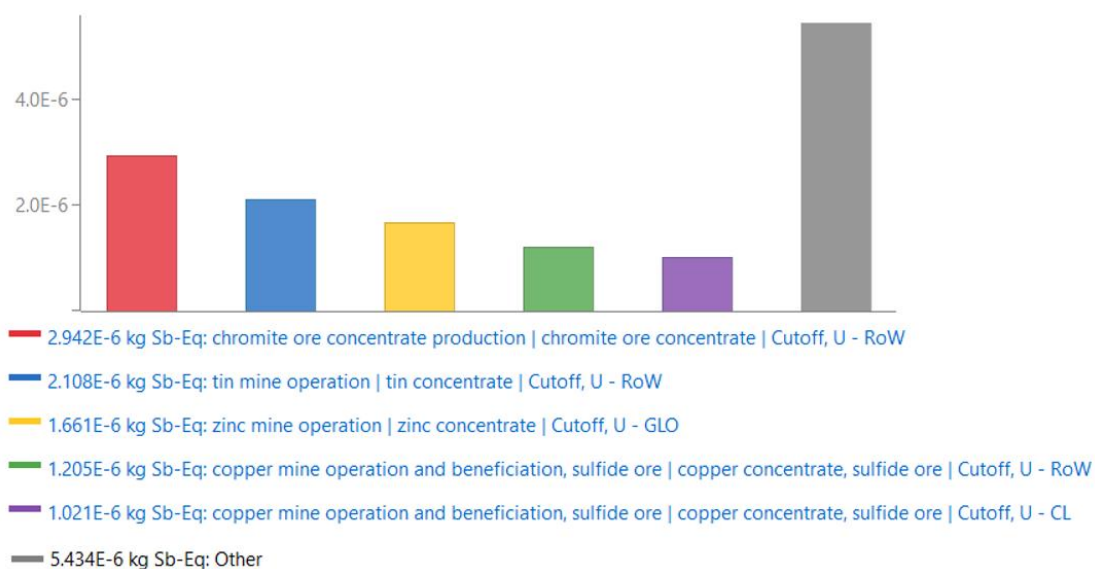
Ο δείκτης «Abiotic Depletion - Metals and Minerals» (Εξάντληση Αβιοτικών Πόρων - Μέταλλα και Ορυκτά) αφορά την εκτίμηση της εξάντλησης των μη ανανεώσιμων φυσικών πόρων, όπως τα μέταλλα και τα ορυκτά. Αυτός ο δείκτης αξιολογεί την απομείωση των αποθεμάτων αυτών των πόρων λόγω της ανθρώπινης εκμετάλλευσης, λαμβάνοντας υπόψη την εξόρυξη και τη χρήση τους σε διάφορες βιομηχανικές και καταναλωτικές εφαρμογές.

Ο δείκτης «Abiotic Depletion - Metals and Minerals» είναι σημαντικός για την κατανόηση και τη διαχείριση της εξάντλησης των μη ανανεώσιμων φυσικών πόρων. Η βιώσιμη χρήση των μετάλλων και των ορυκτών είναι κρίσιμη για την εξασφάλιση της διαθεσιμότητάς τους για τις μελλοντικές γενιές και την προστασία του περιβάλλοντος.



Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη «Materials recourse- Metals and Minerals» στις ανοδικές διεργασίες είναι:

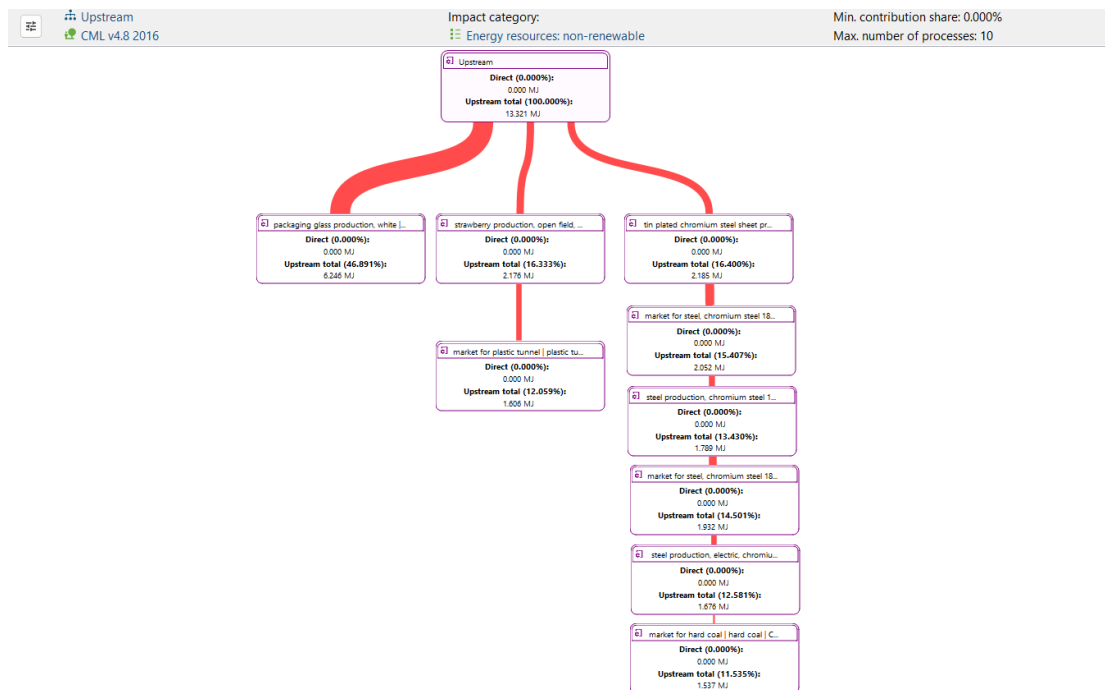
- chromite ore concentrate production (παραγωγή συμπυκνώματος μεταλλεύματος χρωμίτη) : $2.9418\text{E-}6$ kg Sb-Eq
- tin mine operation | tin concentrate (λειτουργία ορυχείου κασσίτερου | συμπύκνωμα κασσίτερου): $2.10759\text{E-}6$ kg Sb-Eq
- zinc mine operation | zinc concentrate (λειτουργία ορυχείου ψευδαργύρου | συμπύκνωμα ψευδαργύρου): $1.66068\text{E-}6$ kg Sb-Eq



Εικόνα 7-33: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Abiotic Depletion - Metals and Minerals» στις Upstream Processes

Fossils Resources

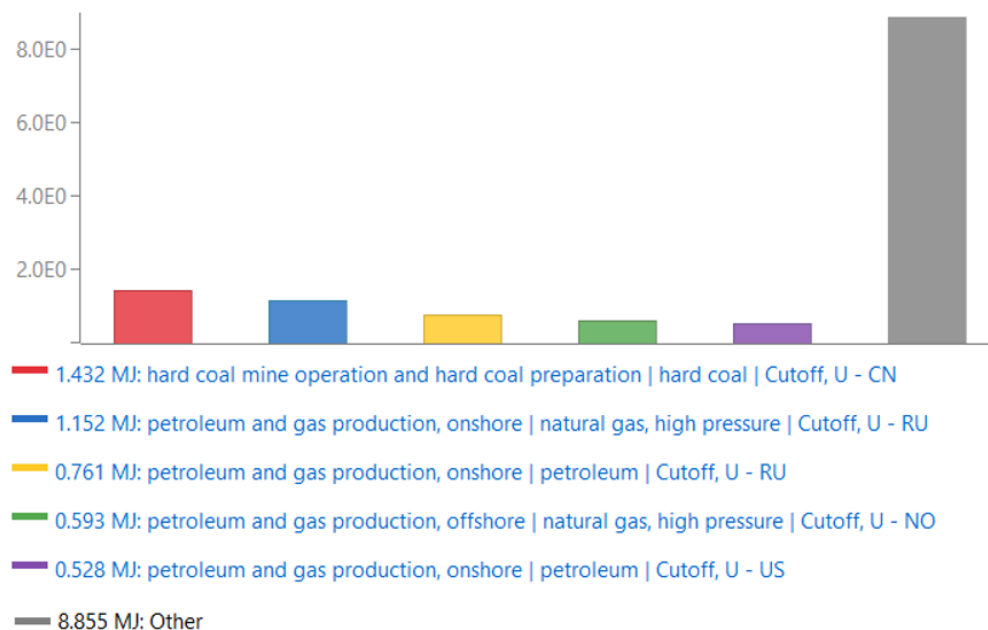
Ο δείκτης «Abiotic Depletion - Fossil Resources» (Εξάντληση Αβιοτικών Πόρων - Ορυκτοί Πόροι) αφορά την εκτίμηση της εξάντλησης των μη ανανεώσιμων ορυκτών καυσίμων, όπως το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο και ο άνθρακας. Αυτός ο δείκτης αξιολογεί την απομείωση των αποθεμάτων αυτών των πόρων λόγω της ανθρώπινης εκμετάλλευσης για την παραγωγή ενέργειας και άλλων χρήσεων. Ο δείκτης «Abiotic Depletion - Fossil Resources» παρέχει κρίσιμες πληροφορίες για τη διαχείριση των μη ανανεώσιμων ορυκτών καυσίμων, προωθώντας πρακτικές που ενισχύουν τη βιωσιμότητα και μειώνουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της εξόρυξης και της κατανάλωσης αυτών των πόρων.



Εικόνα 7-34: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Fossils Resources» στις Upstream Processes

Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη «Fossils Resources» στις ανοδικές διεργασίες είναι:

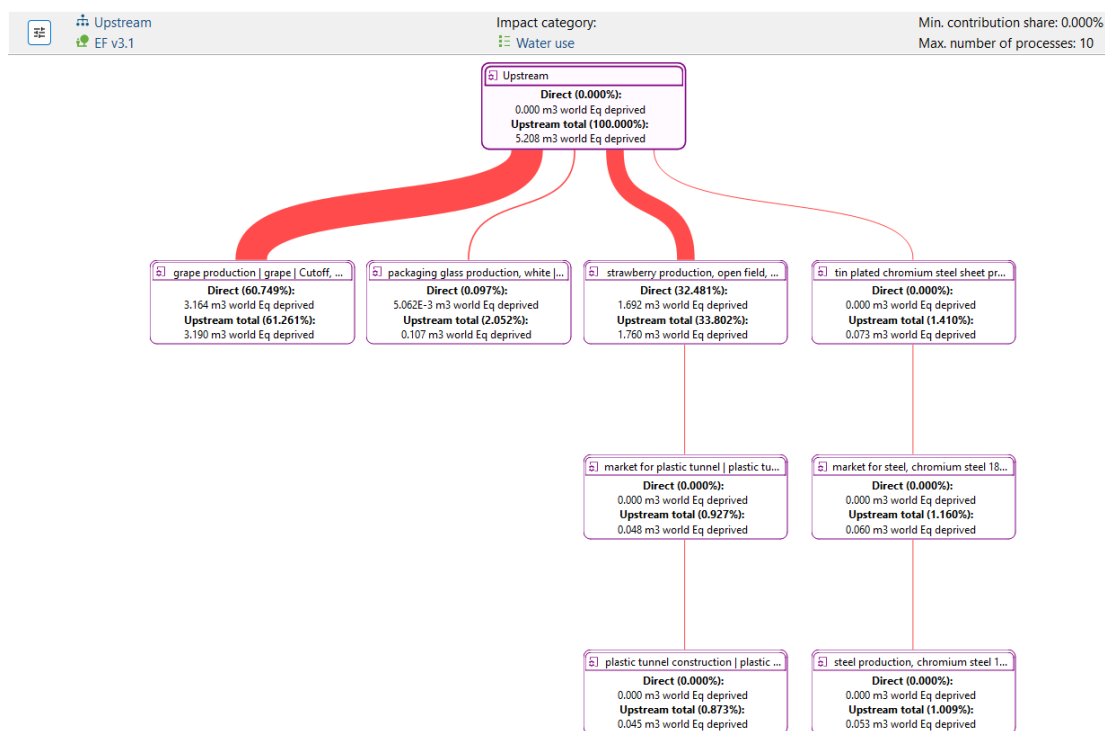
- hard coal mine operation and hard coal preparation | hard coal (Λειτουργία ανθρακωρυχείου και προετοιμασία λιθάνθρακα | λιθάνθρακα): 1.43231 MJ
- petroleum and gas production, onshore | natural gas (παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου, στην ξηρά | φυσικό αέριο): 1.15224 MJ
- petroleum and gas production, onshore | petroleum (παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου, στην ξηρά | πετρέλαιο): 0.76086 MJ



Εικόνα 7-35: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Abiotic Depletion - Fossil Resources» στις Upstream Processes

Water deprivation potential (WDP)

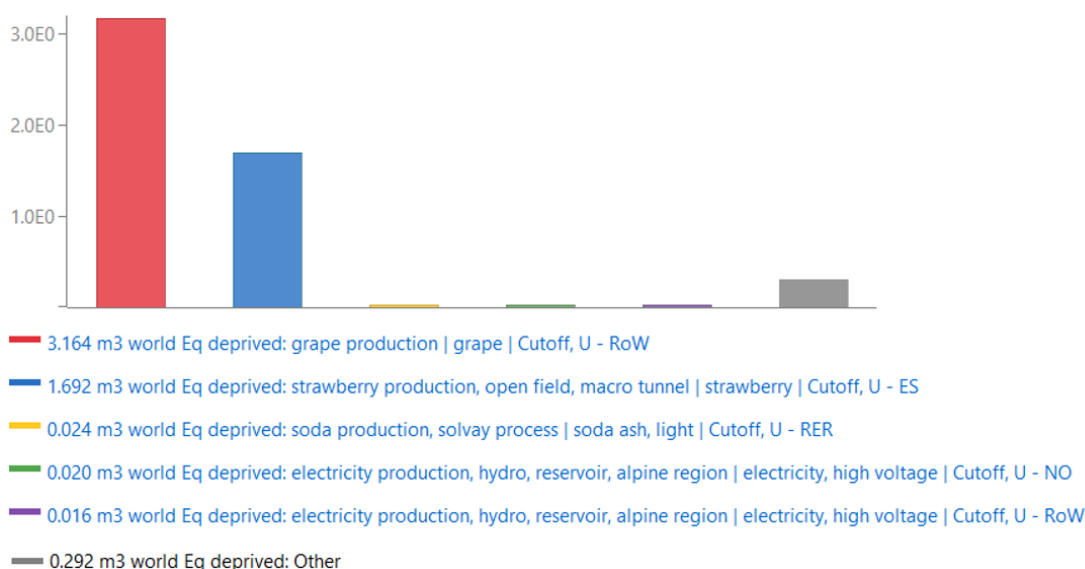
Ο δείκτης «Water Deprivation Potential» (WDP), ή "Δυναμικό Στέρησης Νερού", αφορά την εκτίμηση της επίδρασης της κατανάλωσης νερού στην διαθέσιμη ποσότητα νερού σε μια συγκεκριμένη περιοχή. Αυτός ο δείκτης αξιολογεί την πίεση που ασκείται στους υδατικούς πόρους λόγω της χρήσης νερού από διάφορες δραστηριότητες, όπως η γεωργία, η βιομηχανία και η οικιακή χρήση. Ο δείκτης «Water Deprivation Potential» είναι σημαντικός για την κατανόηση της επίδρασης της κατανάλωσης νερού στην διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων και την ποιότητα ζωής των ανθρώπων και των οικοσυστημάτων. Η βιώσιμη χρήση του νερού είναι κρίσιμη για την προστασία των υδατικών πόρων, τη διασφάλιση της διαθεσιμότητας νερού για τις μελλοντικές γενιές και τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.



Εικόνα 7-36: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Water Deprivation Potential» WDP στις Upstream Processes

Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη WDP στις ανοδικές διεργασίες είναι:

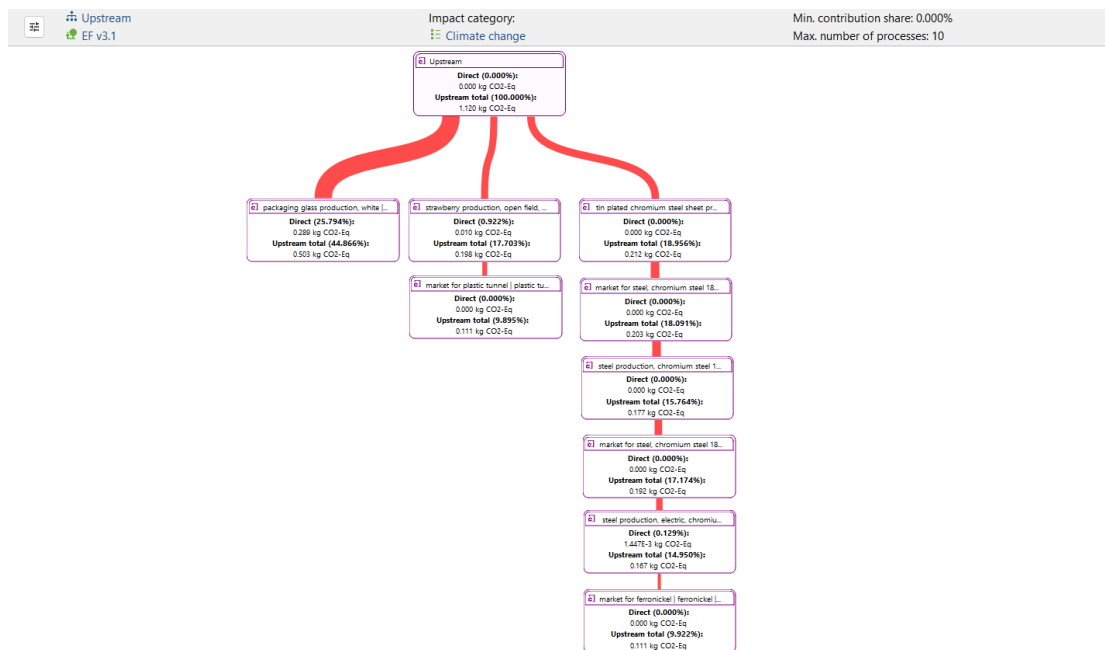
- grape production (παραγωγή σταφυλιού): 3.16362 m^3 World Eq deprived
- strawberry production, open field, macro tunnel | strawberry (παραγωγή φράουλας, ανοιχτό πεδίο, μακροσήραγγα | φράουλα): 1.69152 m^3 World Eq deprived
- soda production, solvay process | soda ash, light (παραγωγή σόδας, διαδικασία solvay | σόδα, ελαφρύ): 0.02445 m^3 World Eq deprived



Εικόνα 7-37: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Water Deprivation Potential» στις Upstream Processes

Carbon Footprint

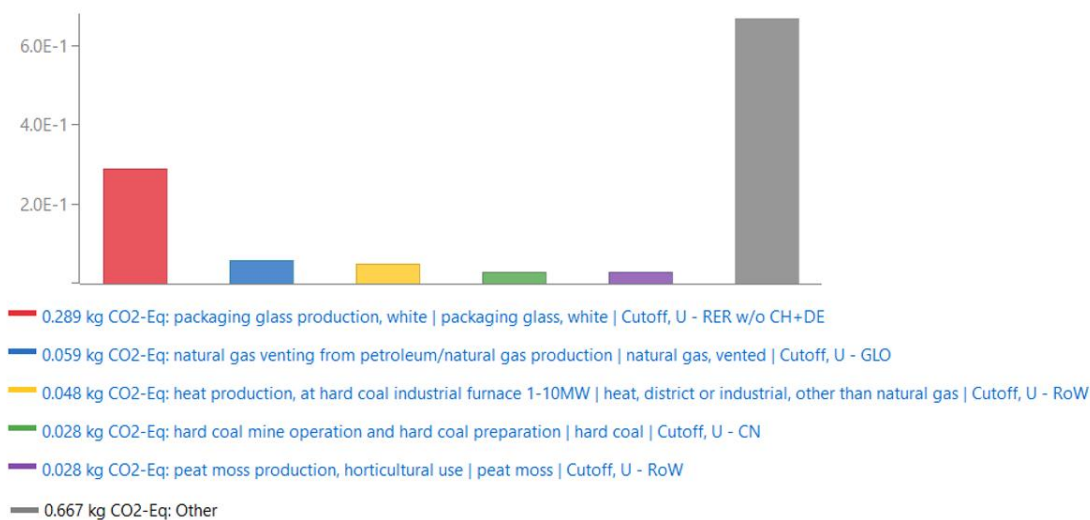
Ο όρος «Carbon Footprint» (Αποτύπωμα Άνθρακα) αναφέρεται στο συνολικό ποσό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) και άλλων αερίων του θερμοκηπίου που προκαλούνται άμεσα ή έμμεσα από μια δραστηριότητα, ένα άτομο, έναν οργανισμό, ένα προϊόν ή μια διαδικασία. Ο δείκτης αυτός αποτελεί έναν σημαντικό τρόπο για την ποσοτικοποίηση των επιπτώσεων των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων στην κλιματική αλλαγή. Ο δείκτης «Carbon Footprint» είναι κρίσιμος για την κατανόηση και τη διαχείριση των επιπτώσεων των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων στην κλιματική αλλαγή. Η μείωση του αποτυπώματος άνθρακα είναι απαραίτητη για τη μείωση των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και την προώθηση βιώσιμων πρακτικών.



Εικόνα 7-38: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Carbon Footprint» στις Upstream Processes

Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη «Carbon Footprint» στις ανοδικές διεργασίες είναι:

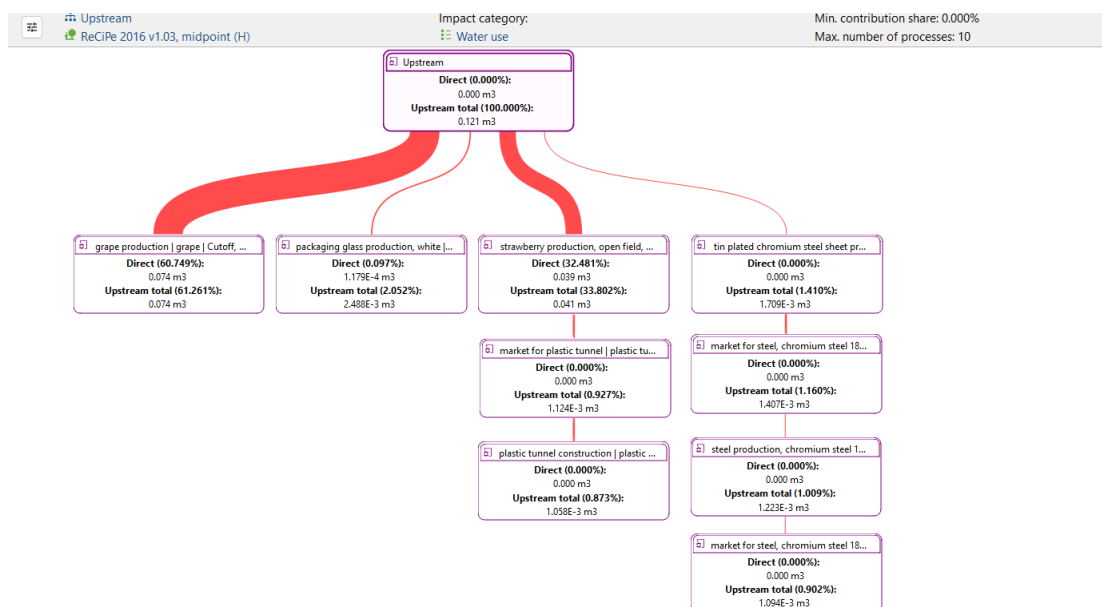
- packaging glass production, white | packaging glass (παραγωγή γυαλιού συσκευασίας, λευκό | γυαλί συσκευασίας): 0.28893 kg CO2-Eq
- natural gas venting from petroleum/natural gas production | natural gas, vented (εξαερισμός φυσικού αερίου από παραγωγή πετρελαίου/φυσικού αερίου | φυσικό αέριο, αεριζόμενο): 0.05897 kg CO2-Eq
- heat production, at hard coal industrial furnace 1-10MW | heat, district or industrial, other than natural gas (παραγωγή θερμότητας, σε βιομηχανικό φούρνο λιθάνθρακα 1-10MW | θερμότητας, περιφερειακής ή βιομηχανικής χρήσης, εκτός από το φυσικό αέριο): 0.04830 kg CO2-Eq



Εικόνα 7-39: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Carbon Footprint» στις Upstream Processes

Water Footprint

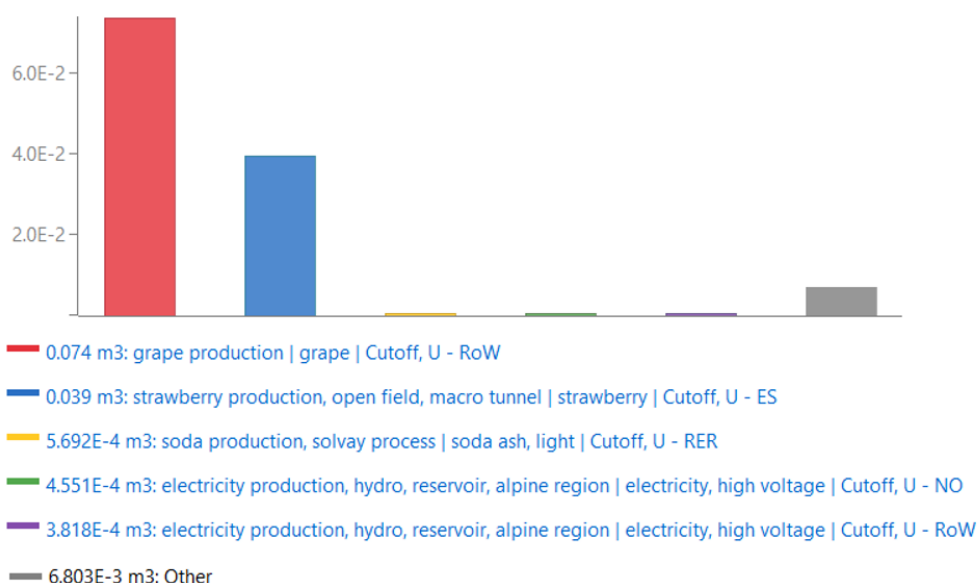
Ο όρος «Water Footprint» (Αποτύπωμα Νερού) αναφέρεται στον συνολικό όγκο νερού που χρησιμοποιείται άμεσα και έμμεσα για την παραγωγή αγαθών και υπηρεσιών που καταναλώνονται από έναν άνθρωπο ή μια κοινότητα ή που παράγονται από μια επιχείρηση. Είναι σημαντικός για την κατανόηση της χρήσης και της διαχείρισης των υδατικών πόρων. Βοηθά στην αναγνώριση των περιοχών όπου μπορεί να υπάρχει υπερβολική κατανάλωση νερού και στις στρατηγικές μείωσης της χρήσης νερού



Εικόνα 7-40: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Water Footprint» στις Upstream Processes

Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη Water Footprint στις ανοδικές διεργασίες είναι:

- grape production | grape (παραγωγή σταφυλιού | σταφύλι): 0.07366 m^3
- strawberry production, open field, macro tunnel | strawberry (παραγωγή φράουλας, ανοιχτό πεδίο, μακροσήραγγα | φράουλα): 0.03938 m^3
- soda production, solvay process | soda ash, light (παραγωγή σόδας, διαδικασία solvay | σόδα, ελαφρύ): 0.00057 m^3

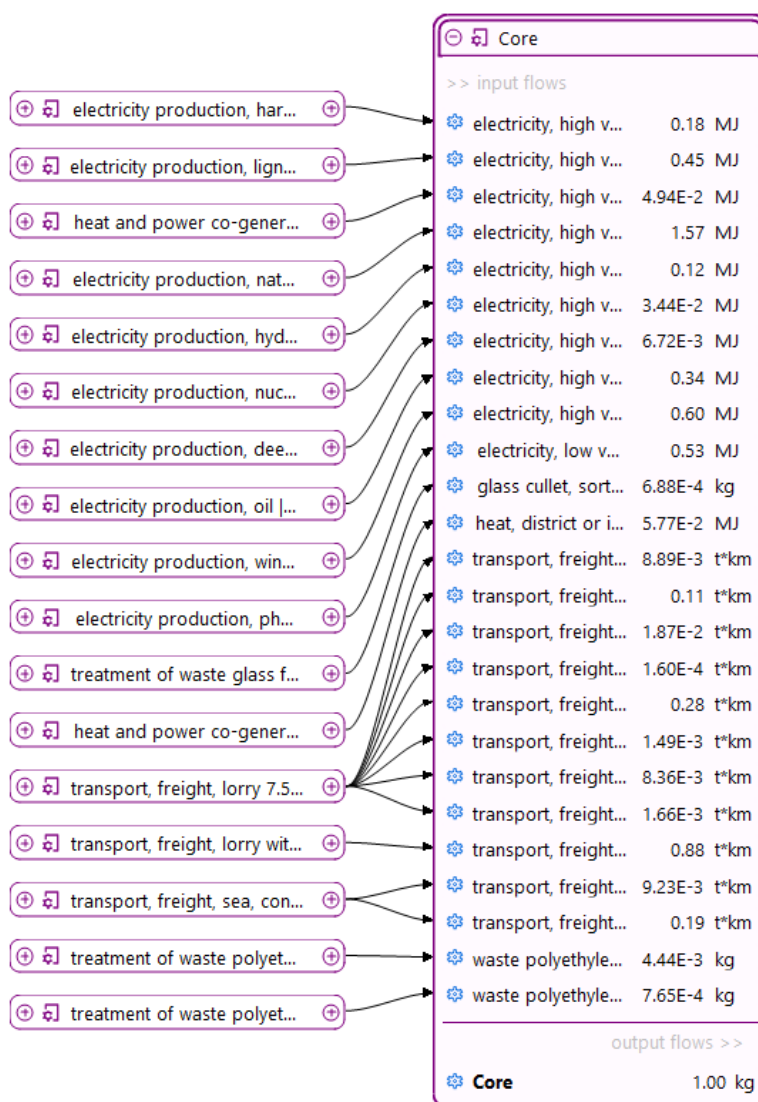


Εικόνα 7-41: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Water Footprint» στις Upstream Processes

7.4 Ανάλυση Δεικτών στις Κεντρικές Διεργασίες (Core Processes)

Η ανάλυση δεικτών στις κεντρικές διεργασίες (core processes) αφορά την αξιολόγηση των βασικών δραστηριοτήτων μιας παραγωγικής αλυσίδας ή ενός συστήματος. Σκοπός της ανάλυσης είναι η ποσοτικοποίηση των επιπτώσεων, ο εντοπισμός κρίσιμων σημείων που συμβάλλουν περισσότερο στις συνολικές επιπτώσεις, και η βελτιστοποίηση των διαδικασιών για τη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων και την αύξηση της αποδοτικότητας.

Παρακάτω απεικονίζεται το γραφικό μοντέλο εισροών που αφορά τις κεντρικές διεργασίες του συστήματός μας.



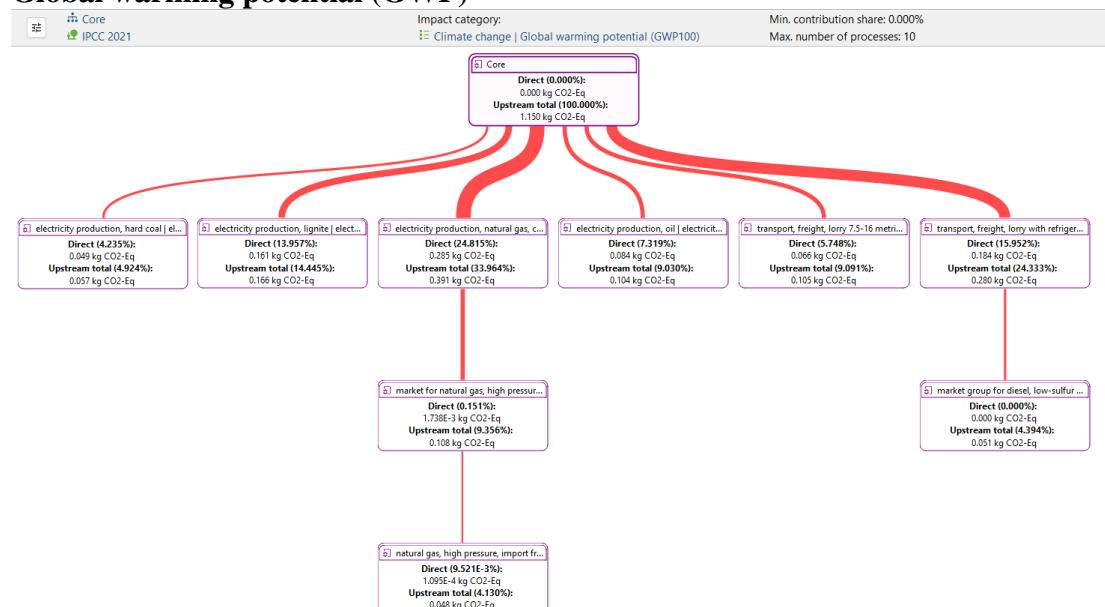
Εικόνα 7-42: Γραφικό μοντέλο εισροών στις Core Processes

Όπως και στις ανοδικές διεργασίες έτσι και εδώ, παρουσιάζεται σε μερική ανάπτυξη το γραφικό μοντέλο των εισροών στις κεντρικές διεργασίες, καθότι η πλήρης ανάπτυξη όλων των διεργασιών οδηγεί σε διάγραμμα ροής το οποίο δεν είναι ευανάγνωστο λόγω της μεγάλης του έκτασης και των πολλών λεπτομερειών που εμπεριέχει. Επισημαίνεται εκ νέου ότι η ανάλυση που απεικονίζεται σταματά στις πρωτόγεννης διεργασίες για λόγους αναγνωσιμότητας.

Για κάθε δείκτη περιβαλλοντικής επίδρασης, καθορίζονται οι συγκεκριμένες δραστηριότητες που έχουν τη μεγαλύτερη συνεισφορά στον εκάστοτε δείκτη.

Δεν θα γίνει περαιτέρω επεξήγηση των συγκεκριμένων δεικτών δεδομένου ότι έχουν αποσαφηνιστεί πλήρως στην παράγραφο 7.3 η οποία αναφέρεται στις ανοδικές διεργασίες.

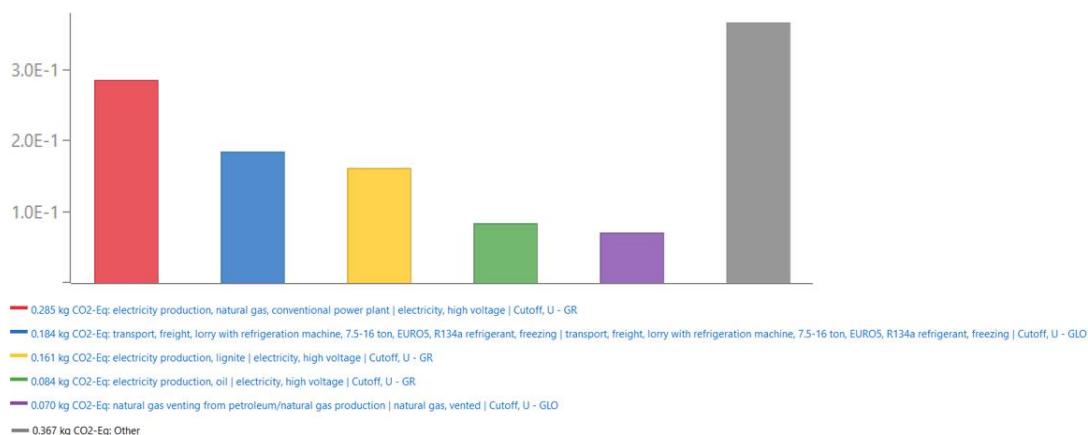
Global warming potential (GWP)



Εικόνα 7-43: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Global Warming Potential» (GWP) στις Core Processes

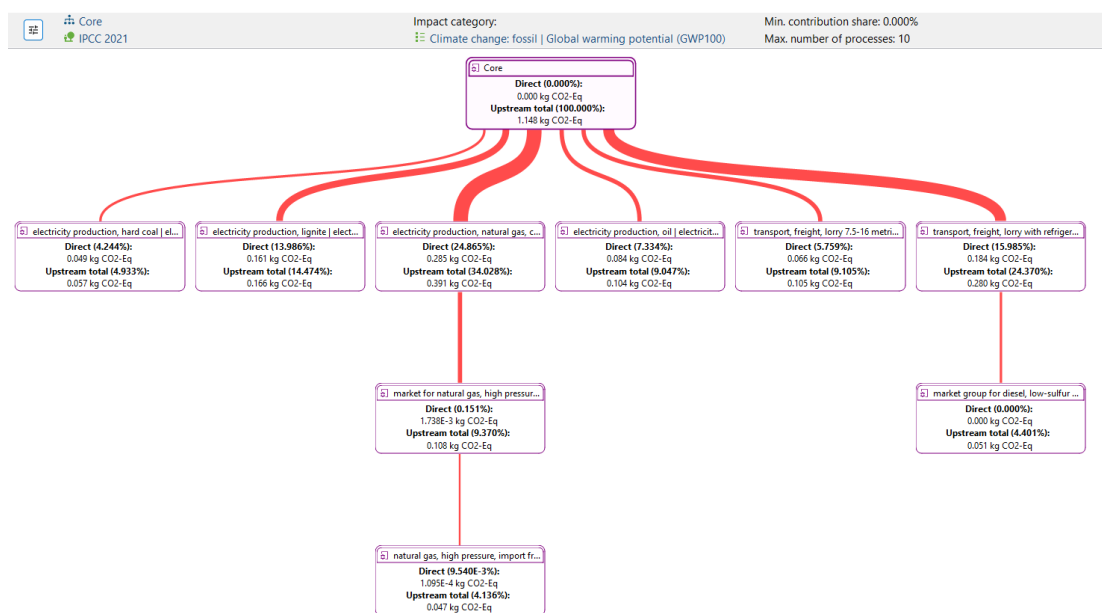
Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη GWP στις κεντρικές διεργασίες είναι:

- electricity production, natural gas, conventional power plant | electricity, high voltage (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, φυσικό αέριο, συμβατικός σταθμός ηλεκτροπαραγωγής | ρεύμα, υψηλή τάση): 0.28545 kg CO2-Eq
- transport, freight, lorry with refrigeration machine, 7.5-16 ton, EURO5, R134a refrigerant (μεταφορά, φορτίο, φορτηγό με ψυκτικό μηχανήμα, 7,5-16 τόνους, EURO5, R134a ψυκτικό): 0.18350 kg CO2-Eq
- electricity production, lignite | electricity, high voltage (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, λιγνίτης | ρεύμα, υψηλή τάση): 0.16056 kg CO2-Eq



Εικόνα 7-44: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Global Warming Potential» στις Core Processes

Fossil

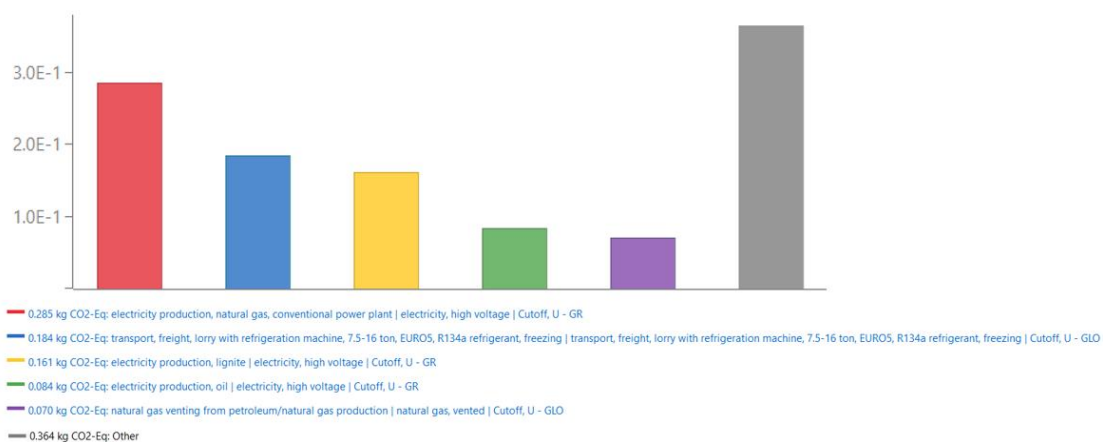


Εικόνα 7-45: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Global Warming-Fossil» στις Core Processes

Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη «Global Warming- Fossil» στις κεντρικές διεργασίες είναι:

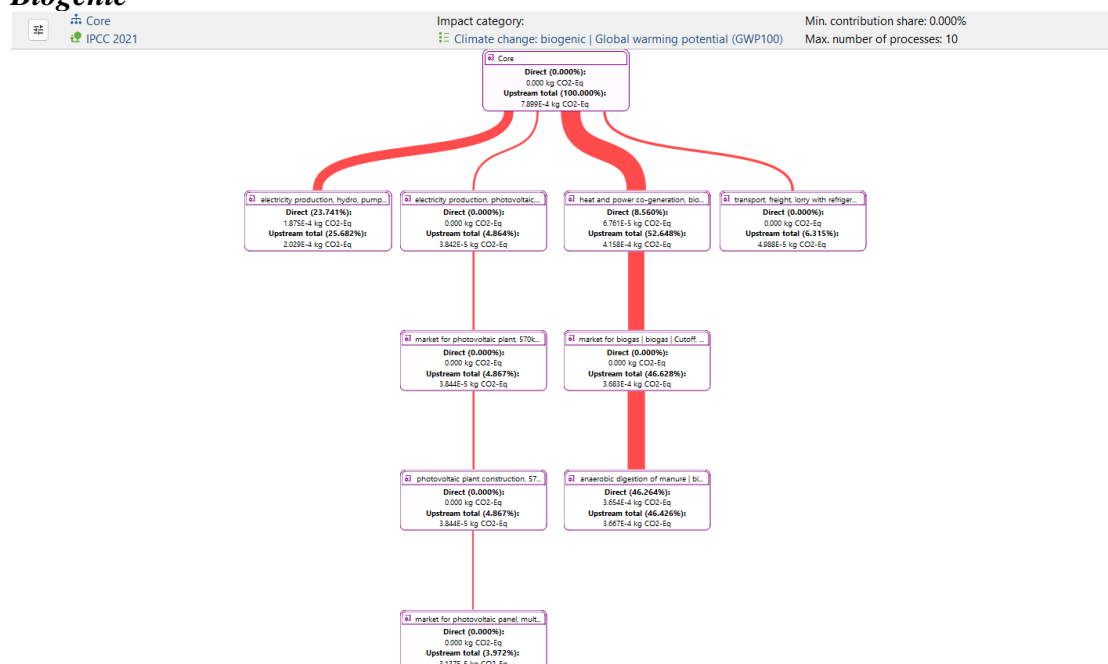
- electricity production, natural gas, conventional power plant | electricity, high voltage (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, φυσικό αέριο, συμβατικός σταθμός ηλεκτροπαραγωγής | ρεύμα, υψηλή τάση): 0.28545 kg CO2-Eq

- transport, freight, lorry with refrigeration machine, 7.5-16 ton, EURO5, R134a refrigerant, freezing (μεταφορά, φορτίο, φορτηγό με ψυκτικό μηχάνημα, 7,5-16 τόνους, EURO5, R134a ψυκτικό, ψυκτικό): 0.18350 kg CO₂-Eq
- electricity production, lignite | electricity, high voltage (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, λιγνίτης | ρεύμα, υψηλή τάση): 0.16056 kg CO₂-Eq



Εικόνα 7-46: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Global Warming-Fossil» στις Core Processes

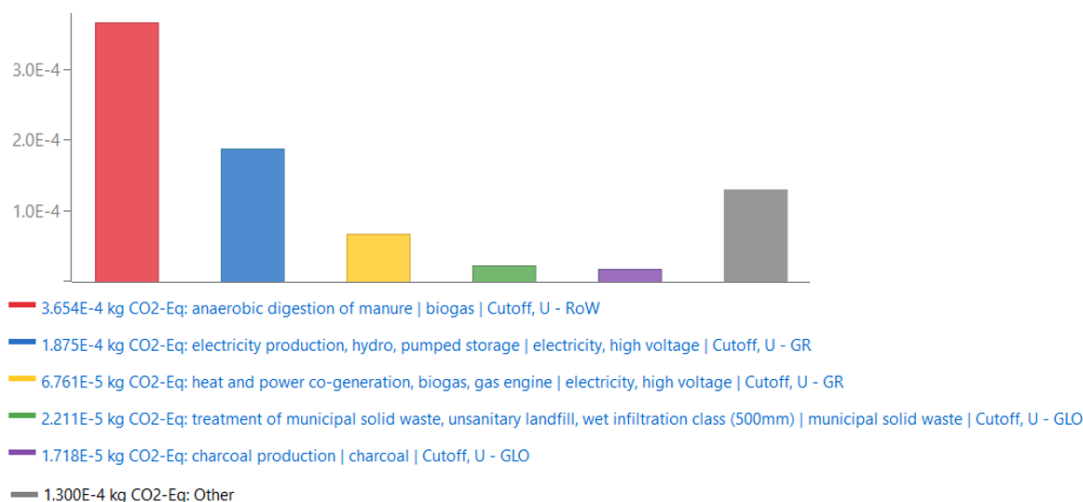
Biogenic



Εικόνα 7-47: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Global Warming- Biogenic» στις Core Processes

Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη «Global Warming- Biogenic» στις κεντρικές διεργασίες είναι:

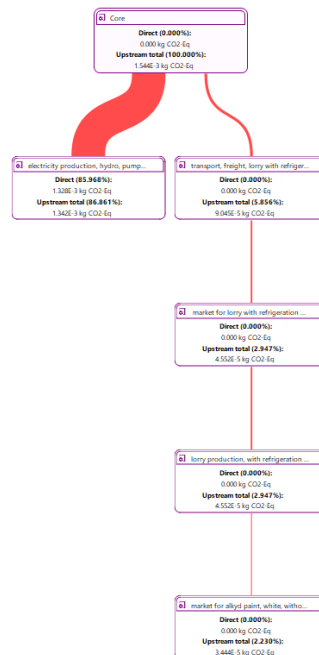
- anaerobic digestion of manure | biogas (αναερόβια χώνευση κοπριάς | βιοαέριο): 0.00037 kg CO₂-Eq
- electricity production, hydro, pumped storage | electricity, high voltage (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, υδροηλεκτρικά, αντλιοστάσια | ρεύμα, υψηλή τάση): 0.00019 kg CO₂-Eq
- heat and power co-generation, biogas, gas engine | electricity, high voltage: 6.76147E-5 kg CO₂-Eq



Εικόνα 7-48: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Global Warming- Biogenic» στις Core Processes

Land use and land transformation

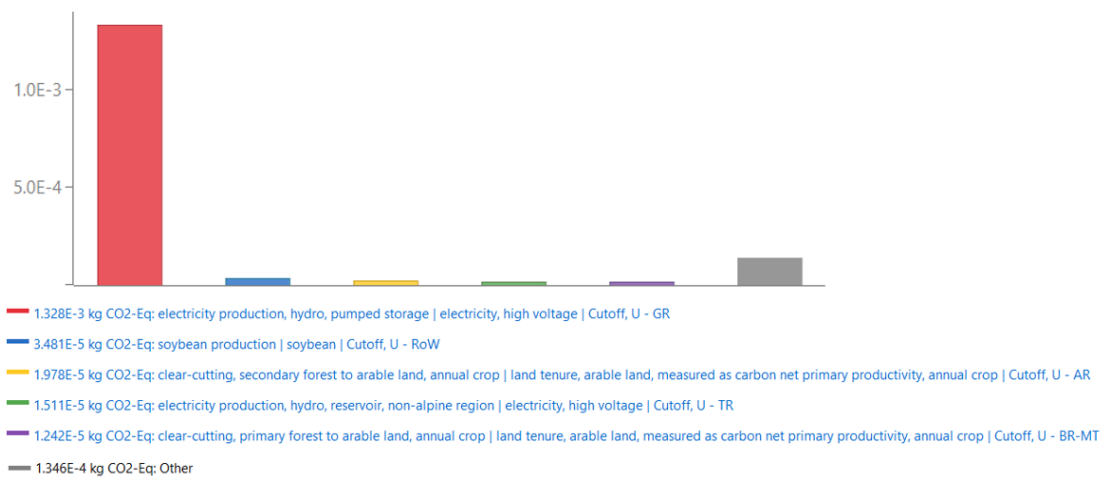
Impact category: Climate change: land use | Global warming potential (GWP100) Min. contribution share: 0.000% Max. number of processes: 10



Εικόνα 7-49: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Global Warming- Land use and land transformation» στις Core Processes

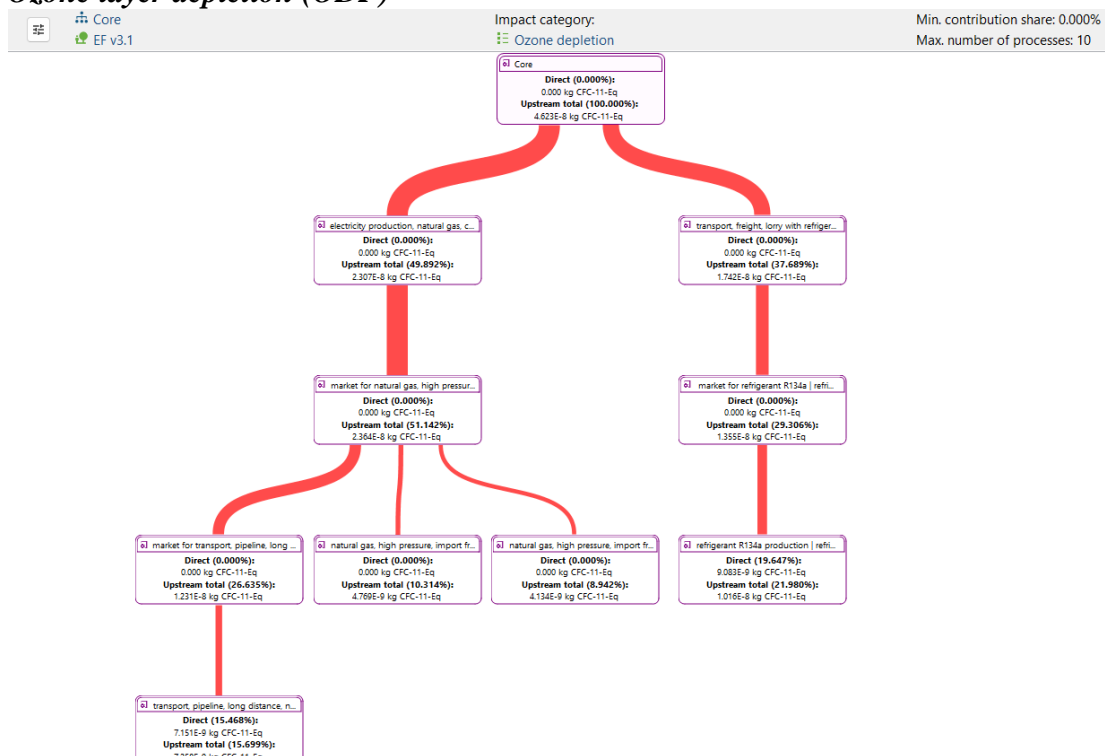
Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη «Global Warming- Land use and land transformation» στις κεντρικές διεργασίες είναι:

- electricity production, hydro, pumped storage | electricity, high voltage (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, υδροηλεκτρικά, αντλιοστάσια | ρεύμα, υψηλή τάση): 0.00133
- soybean production (παραγωγή σόγιας): 3.48064E-5
- clear-cutting, secondary forest to arable land, annual crop | land tenure, arable land, measured as carbon net primary productivity (καθαρό, δευτερεύον δάσος σε αρόσιμη γη, ετήσια καλλιέργεια | κατοχή γης, καλλιεργήσιμη γη, μετρούμενη ως πρωτογενής παραγωγικότητα καθαρού άνθρακα): 1.97824E-5



Εικόνα 7-50: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Global Warming- Land use and land transformation» στις Core Processes

Ozone layer depletion (ODP)

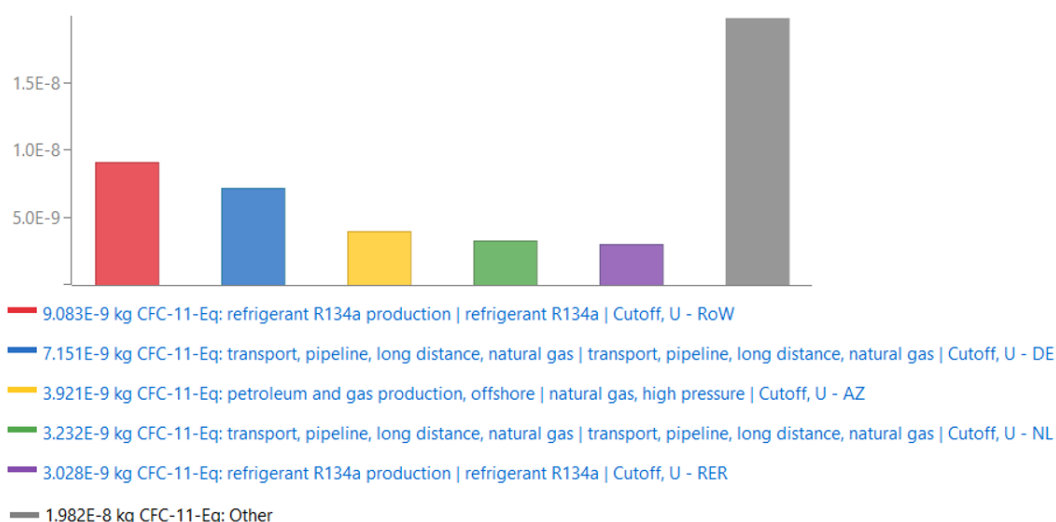


Εικόνα 7-51: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Ozone Layer Depletion» (ODP) στις Core Processes

Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη ODP στις κεντρικές διεργασίες είναι:

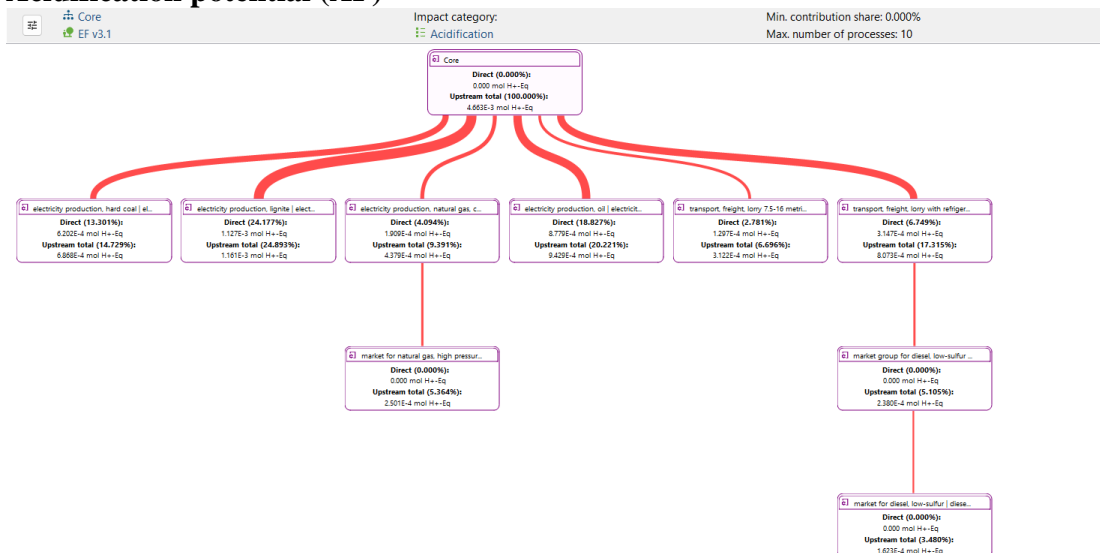
- refrigerant R134a production (παραγωγή ψυκτικού R134a): 9.08349E-9 kg CFC-11-Eq

- transport, pipeline, long distance, natural gas (μεταφορά, αγωγός, υπεραστική, φυσικό αέριο): $7.15141\text{E-}9$ kg CFC-11-Eq
- petroleum and gas production, offshore | natural gas (παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου, υπεράκτια | φυσικό αέριο): $3.92056\text{E-}9$ kg CFC-11-Eq



Εικόνα 7-52: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Ozone Layer Deplation» στις Core Processes

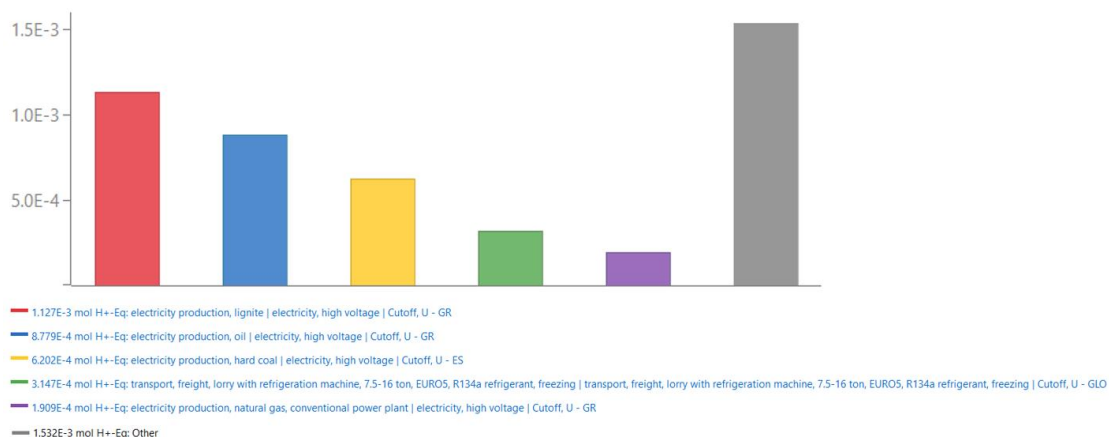
Acidification potential (AP)



Εικόνα 7-53: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Acidification Potential» (AP) στις Core Processes

Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη AP στις κεντρικές διεργασίες είναι:

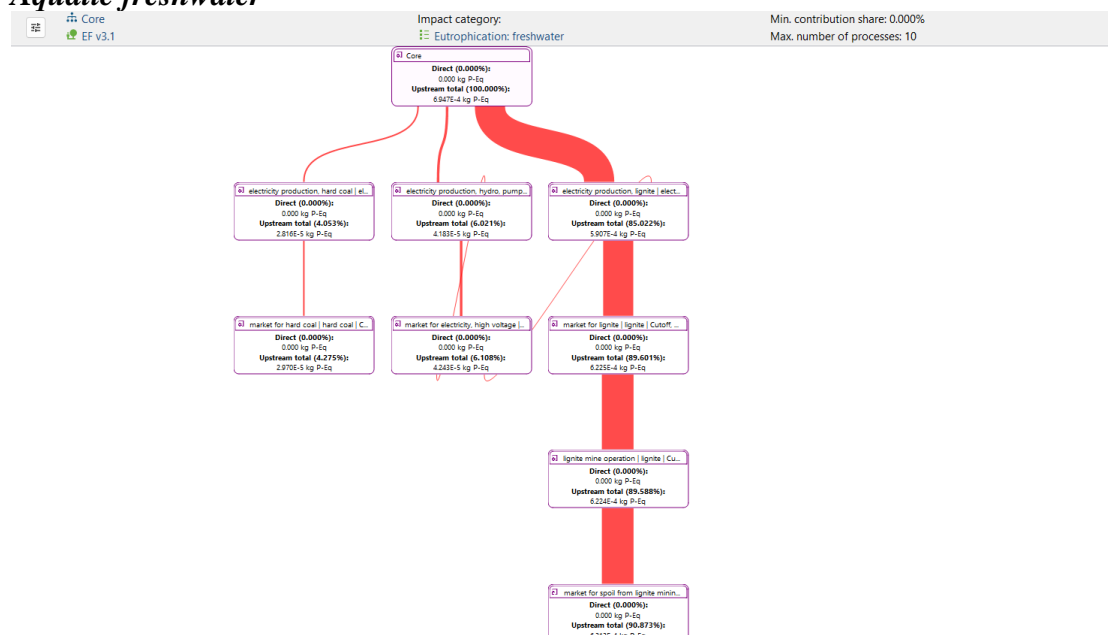
- electricity production, lignite | electricity, high voltage (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, λιγνίτης | ρεύμα, υψηλή τάση): 0.00113 mol H⁺-Eq
- electricity production, oil | electricity, high voltage (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, πετρελαίου | ρεύμα, υψηλή τάση): 0.00088 mol H⁺-Eq
- electricity production, hard coal | electricity, high voltage (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, λιθάνθρακας | ρεύμα, υψηλή τάση): 0.00062 mol H⁺-Eq



Εικόνα 7-54: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Acidification Potential» στις Core Processes

Eutrophication potential (EP)

Aquatic freshwater



Εικόνα 7-55: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Eutrophication Freshwater» στις Core Processes

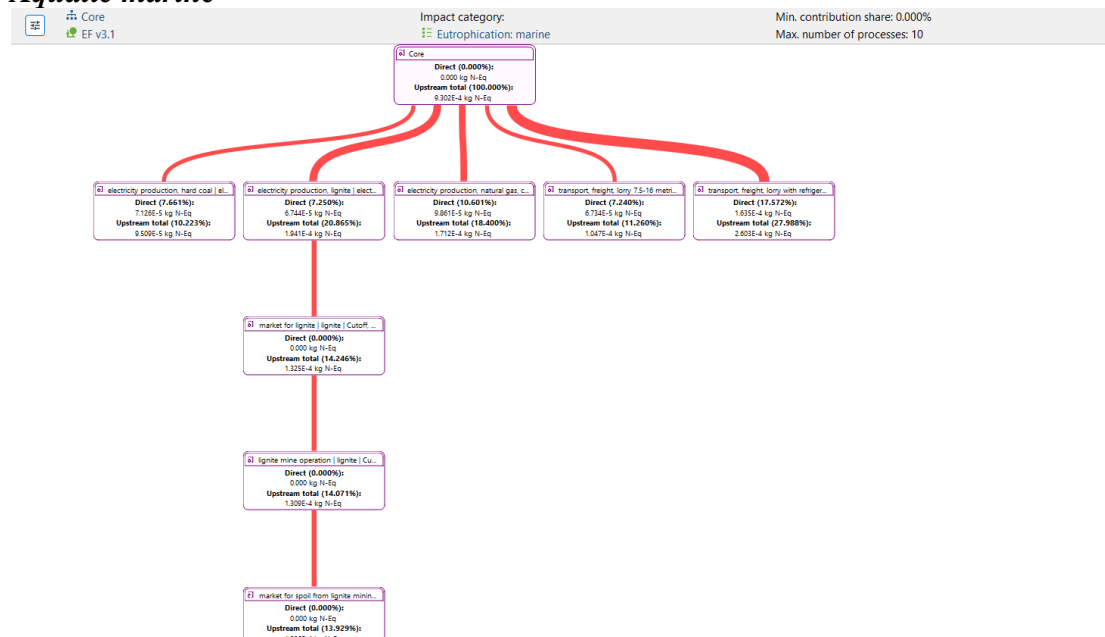
Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη «Eutrophication Freshwater» στις κεντρικές διεργασίες είναι:

- treatment of spoil from lignite mining, in surface landfill (επεξεργασία απορριμμάτων από εξόρυξη λιγνίτη, σε επιφανειακή χωματερή): 0.00063 kg P-Eq
- treatment of spoil from hard coal mining, in surface landfill (επεξεργασία απορριμμάτων από εξόρυξη λιθάνθρακα, σε επιφανειακή χωματερή): 4.59091E-5 kg P-Eq
- treatment of lignite ash, opencast refill | lignite ash (επεξεργασία τέφρας λιγνίτη, αναπλήρωση υπαίθριου | τέφρα λιγνίτη): 2.56299 E-6 kg P-Eq



Εικόνα 7-56: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Eutrophication Freshwater» στις Core Processes

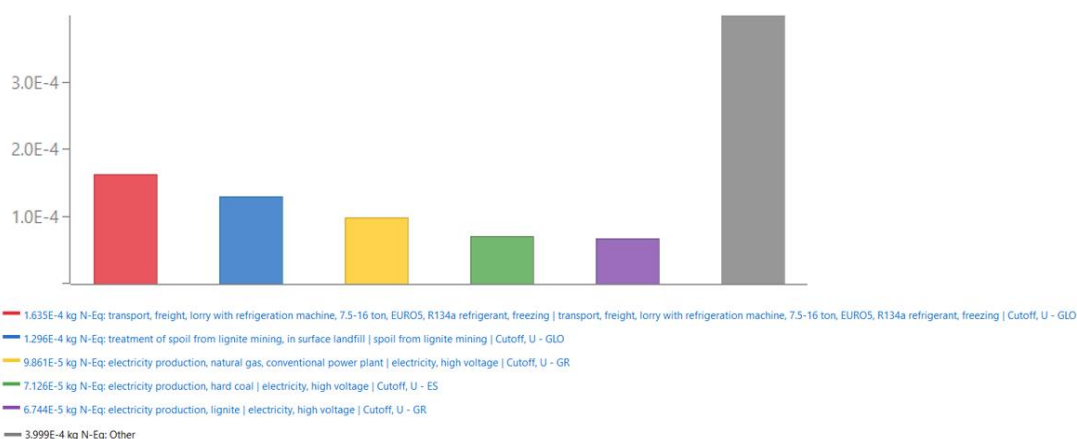
Aquatic marine



Εικόνα 7-57: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Eutrophication Marine» στις Core Processes

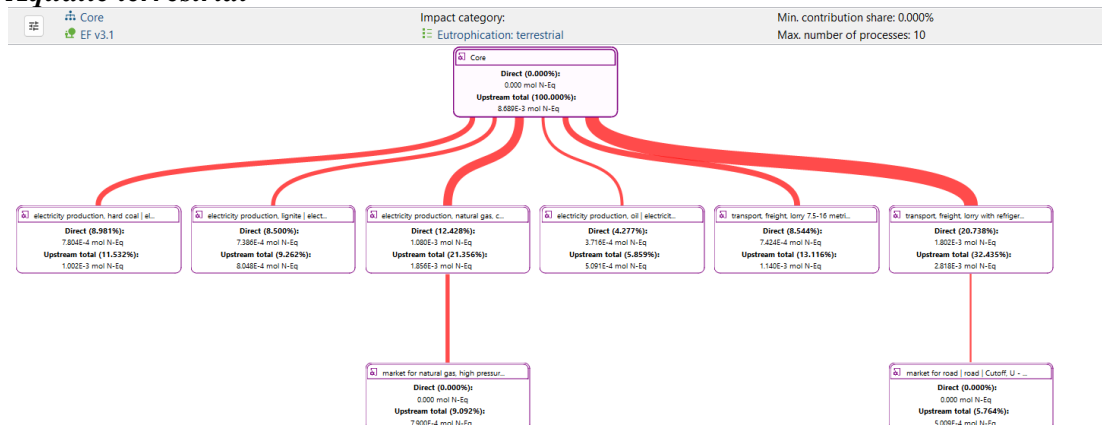
Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη «Eutrophication Marine» στις κεντρικές διεργασίες είναι:

- transport, freight, lorry with refrigeration machine, 7.5-16 ton, EURO5, R134a refrigerant, freezing (μεταφορά, φορτίο, φορτηγό με ψυκτικό μηχανήμα, 7,5-16 τόνων, EURO5, R134a ψυκτικό, ψυκτικό): 0.00016 kg N-Eq
- treatment of spoil from lignite mining, in surface landfill (επεξεργασία απορριμμάτων από εξόρυξη λιγνίτη, σε επιφανειακή χωματερή): 0.00013 kg N-Eq
- electricity production, natural gas, conventional power plant (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, φυσικό αέριο, συμβατικός σταθμός ηλεκτροπαραγωγής | ρεύμα, υψηλή τάση): 9.86090 E-5 kg N-Eq



Εικόνα 7-58: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Eutrophication Marine» στις Core Processes

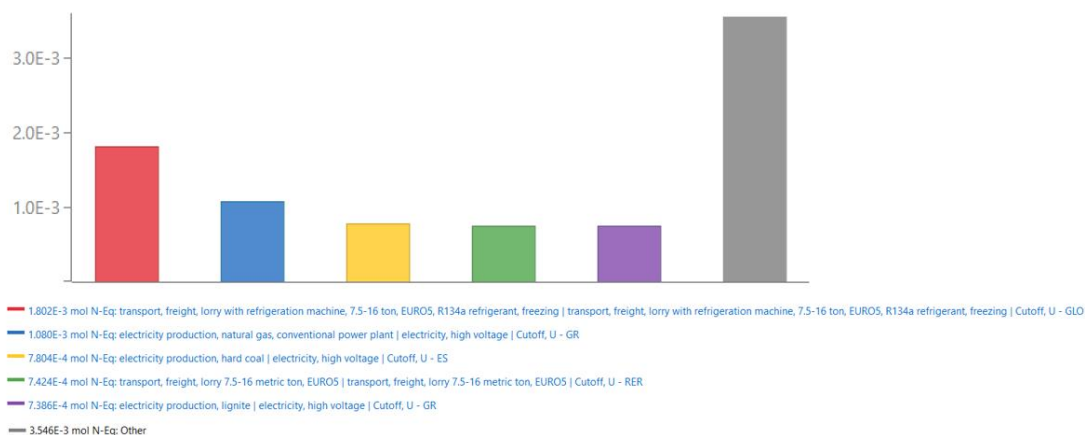
Aquatic terrestrial



Εικόνα 7-59: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Eutrophication Terrestrial» στις Core Processes

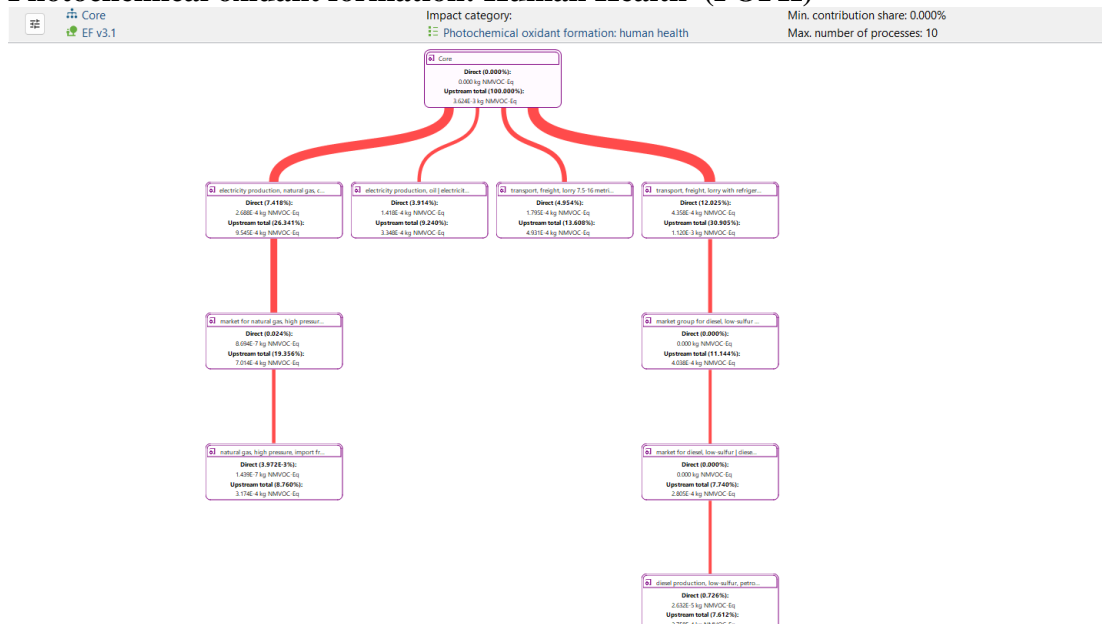
Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη «Eutrophication Terrestrial» στις κεντρικές διεργασίες είναι:

- transport, freight, lorry with refrigeration machine, 7.5-16 ton, EURO5, R134a refrigerant, freezing (μεταφορά, φορτίο, φορτηγό με ψυκτικό μηχάνημα, 7,5-16 τόνων, EURO5, R134a ψυκτικό, ψυκτικό): 0.00180 mol N-Eq
- electricity production, natural gas, conventional power plant | electricity, high voltage (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, φυσικό αέριο, συμβατικός σταθμός ηλεκτροπαραγωγής | ρεύμα, υψηλή τάση): 0.00108 mol N-Eq
- electricity production, hard coal | electricity, high voltage (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, λιθάνθρακας | ρεύμα, υψηλή τάση): 0.00078 mol N-Eq



Εικόνα 7-60: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Eutrophication Terrestrial» στις Core Processes

Photochemical oxidant formation: Human Health (POFH)

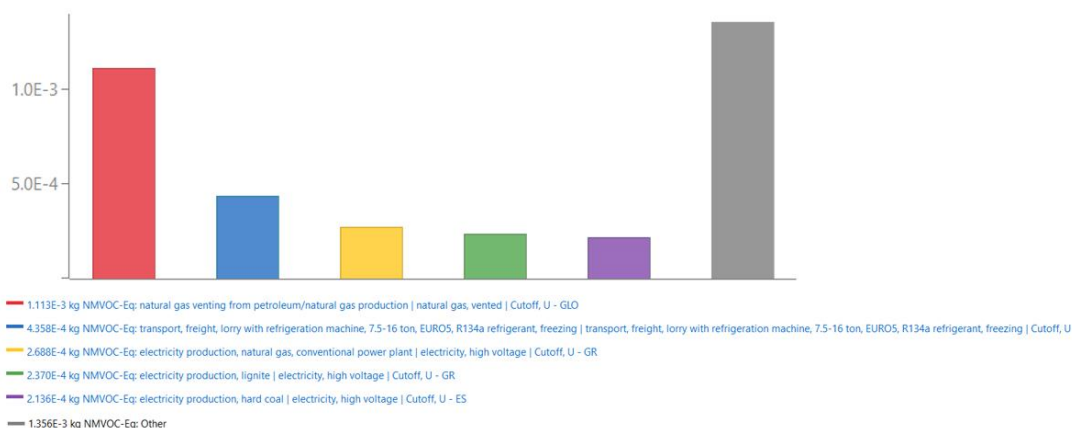


Εικόνα 7-61: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Photochemical Oxidant Formation: Human Health» (POFH) στις Core Processes

Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη POFH στις κεντρικές διεργασίες είναι:

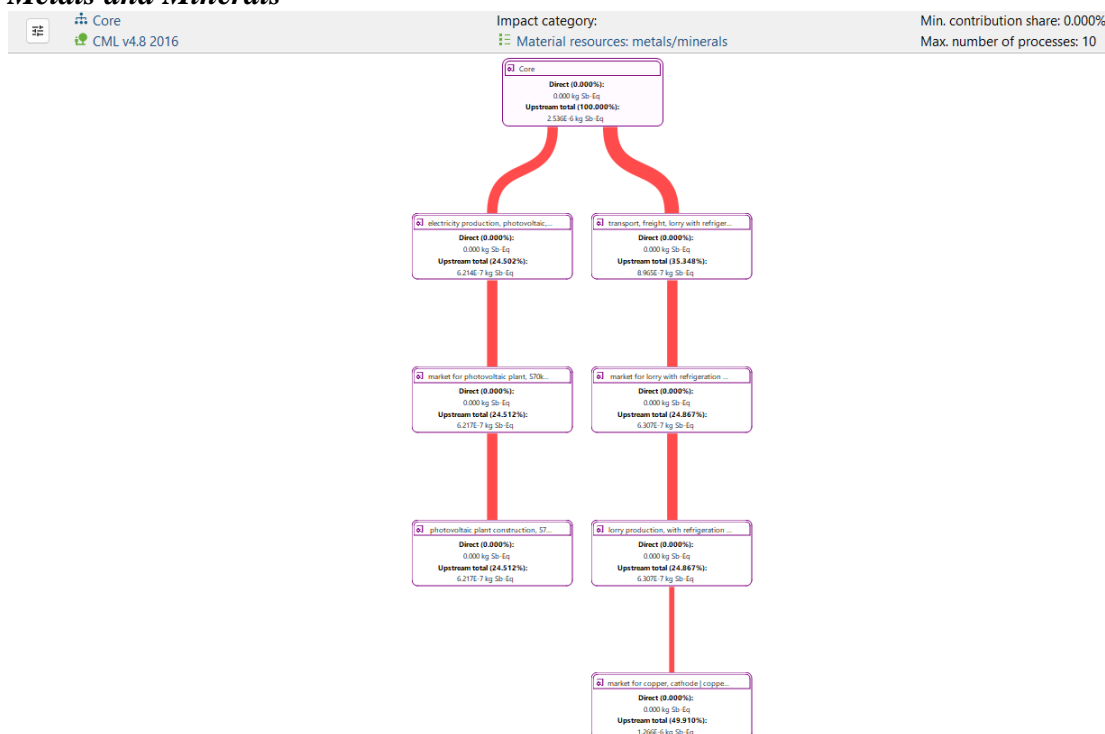
- natural gas venting from petroleum/natural gas production | natural gas, vented (εξαερισμός φυσικού αερίου από παραγωγή πετρελαίου/φυσικού αερίου | φυσικό αέριο, αεριζόμενο): 0.00111 kg NMVOC-Eq
- transport, freight, lorry with refrigeration machine, 7.5-16 ton, EURO5, R134a refrigerant, freezing (μεταφορά, φορτίο, φορτηγό με ψυκτικό μηχάνημα, 7,5-16 τόνων, EURO5, R134a ψυκτικό, ψυκτικό): 0.00044 kg NMVOC-Eq

- electricity production, natural gas, conventional power plant | electricity, high voltage (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, φυσικό αέριο, συμβατικός σταθμός ηλεκτροπαραγωγής | ρεύμα, υψηλή τάση): 0.00027 kg NMVOC-Eq



Εικόνα 7-62: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Photochemical Oxidant Formation: Human Health» στις Core Processes

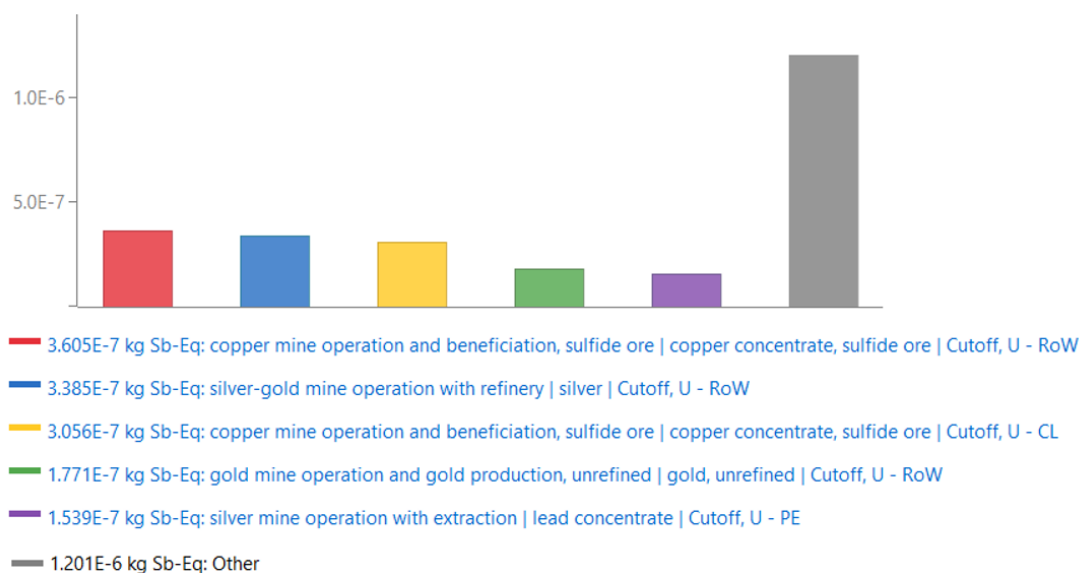
Abiotic depletion potential (ADP) Metals and Minerals



Εικόνα 7-63: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Material Resources- Metals and Minerals» στις Core Processes

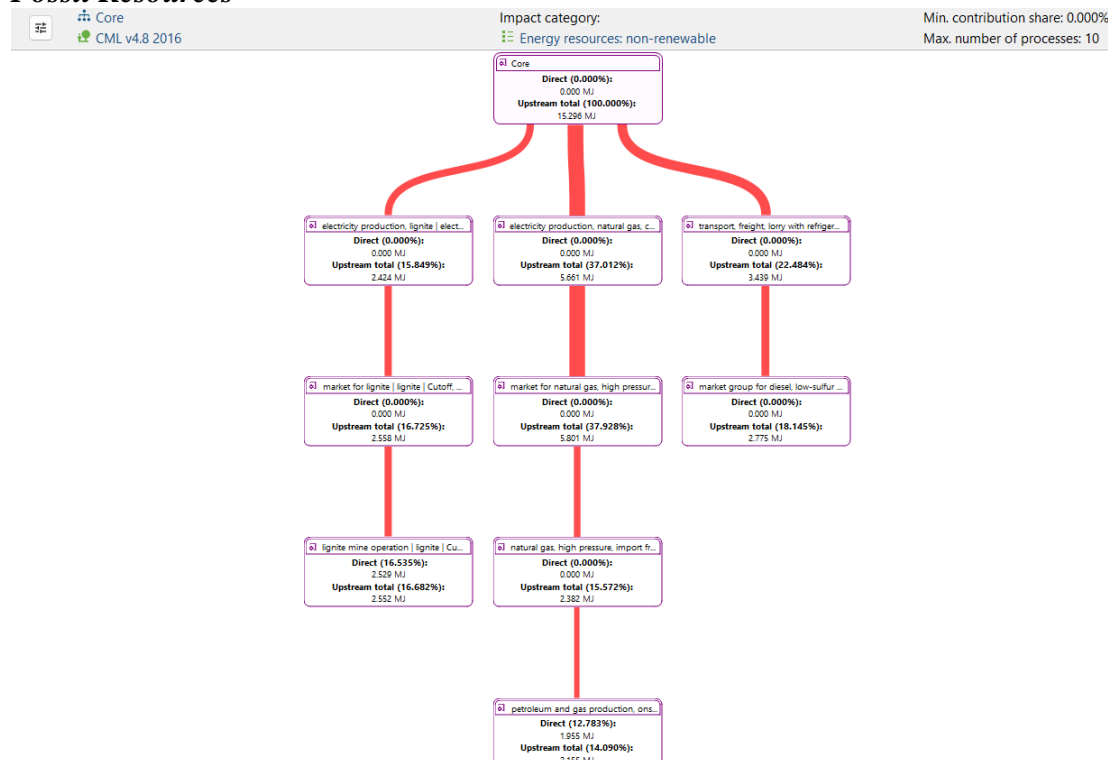
Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη «Material Resources- Metals and Minerals» στις κεντρικές διεργασίες είναι:

- copper mine operation and beneficiation, sulfide ore | copper concentrate, sulfide ore (Λειτουργία και εμπλουτισμός ορυχείου χαλκού, θειούχο μετάλλευμα | συμπύκνωμα χαλκού, θειούχο μετάλλευμα): 3.60453E-7 kg Sb-Eq
- silver-gold mine operation with refinery | silver (Λειτουργία ορυχείου αργύρου-χρυσού με διωλιστήριο | ασήμι): 3.38503E-7 kg Sb-Eq
- copper mine operation and beneficiation, sulfide ore | copper concentrate, sulfide ore (Λειτουργία και εμπλουτισμός ορυχείου χαλκού, θειούχο μετάλλευμα | συμπύκνωμα χαλκού, θειούχο μετάλλευμα): 3.05614E-7 kg Sb-Eq



Εικόνα 7-64: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Material Resources- Metals and Minerals» στις Core Processes

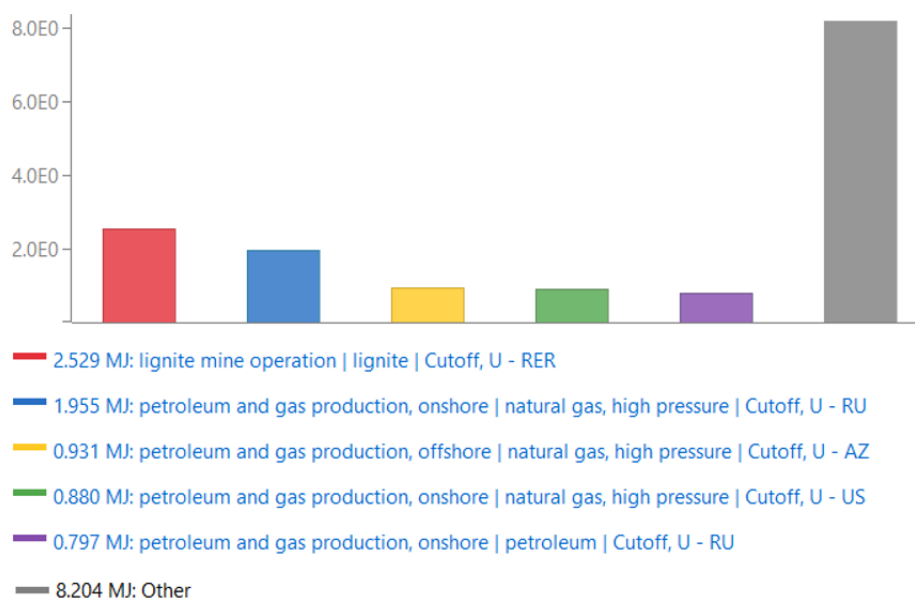
Fossil Resources



Εικόνα 7-65: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Fossil Resources» στις Core Processes

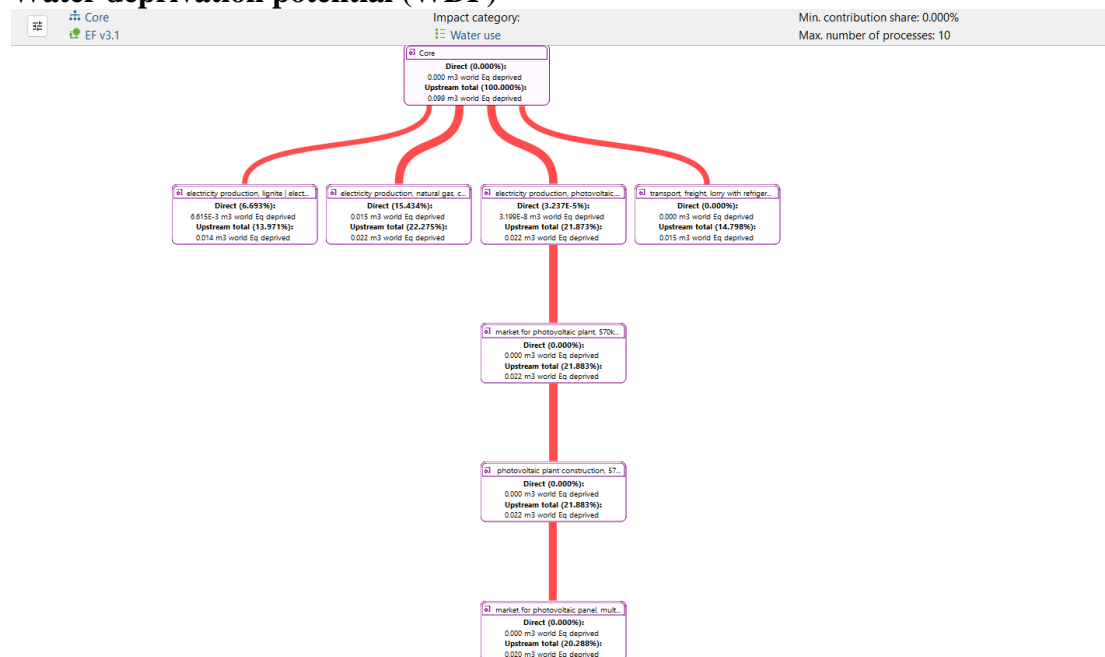
Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη «Fossil Resources» στις κεντρικές διεργασίες είναι:

- lignite mine operation | lignite (λειτουργία λιγνιτωρυχείου | λιγνίτης): 2.52910 MJ
- petroleum and gas production, onshore | natural gas, high pressure (παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου, στην ξηρά | φυσικό αέριο, υψηλή πίεση): 1.95532 MJ
- petroleum and gas production, offshore | natural gas, high pressure (παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου, υπεράκτια | φυσικό αέριο, υψηλή πίεση): 0.93095 MJ



Εικόνα 7-66: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Fossil Resources» στις Core Processes

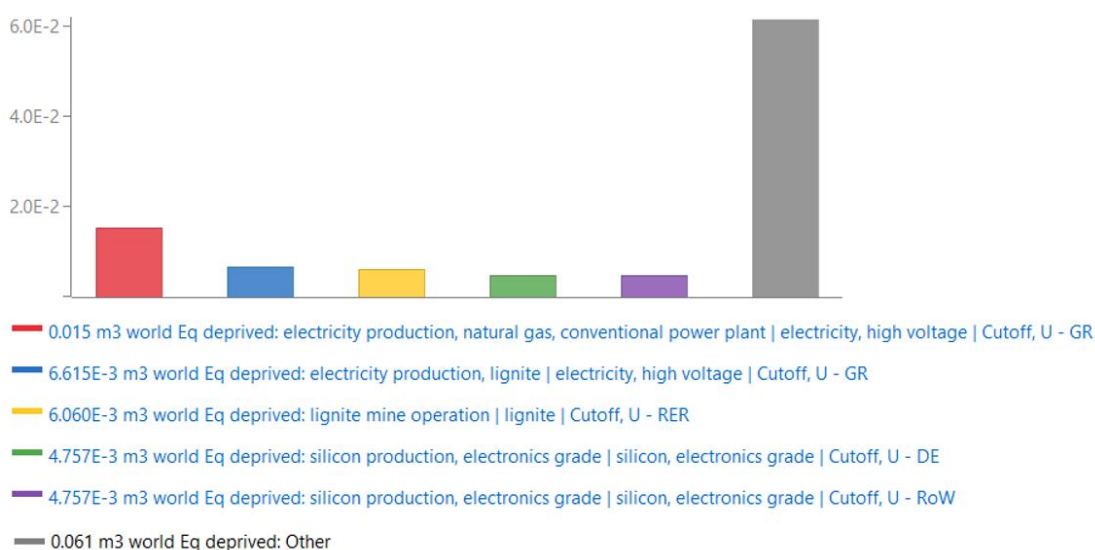
Water deprivation potential (WDP)



Εικόνα 7-67: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Water Deprivation Potential» (WDP) στις Core Processes

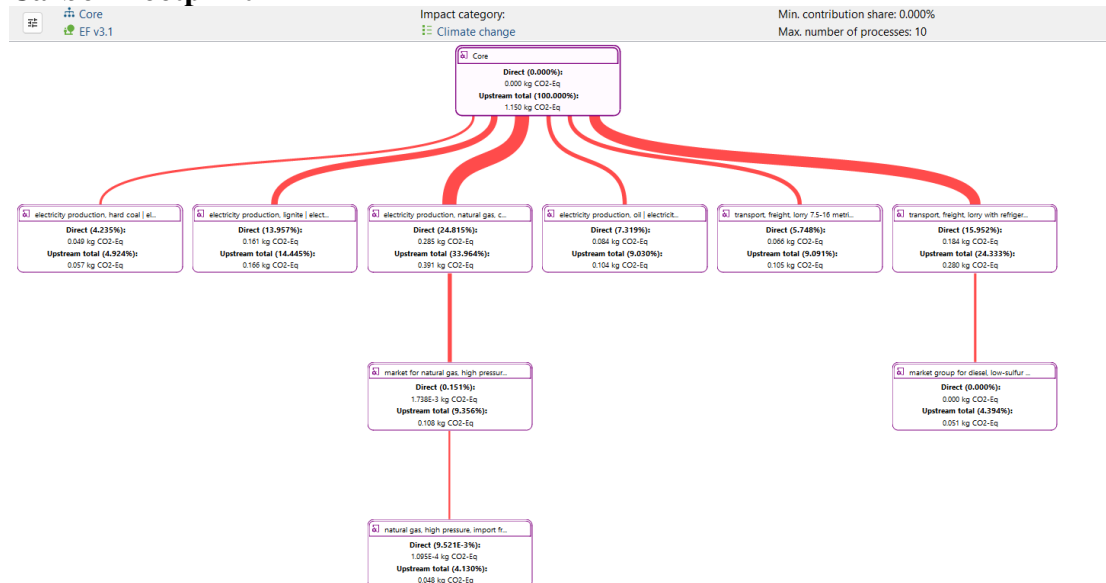
Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη WDP στις κεντρικές διεργασίες είναι:

- electricity production, natural gas, conventional power plant | electricity, high voltage (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, φυσικό αέριο, συμβατικός σταθμός ηλεκτροπαραγωγής | ρεύμα, υψηλή τάση): 0.01526 m^3 world Eq deprived
- electricity production, lignite | electricity, high voltage (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, λιγνίτης | ρεύμα, υψηλή τάση): 0.00662 m^3 world Eq deprived
- lignite mine operation | lignite (λειτουργία λιγνιτωρυχείου | λιγνίτης): 0.00606 m^3 world Eq deprived



Εικόνα 7-68: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Water Deprivation Potential» στις Core Processes

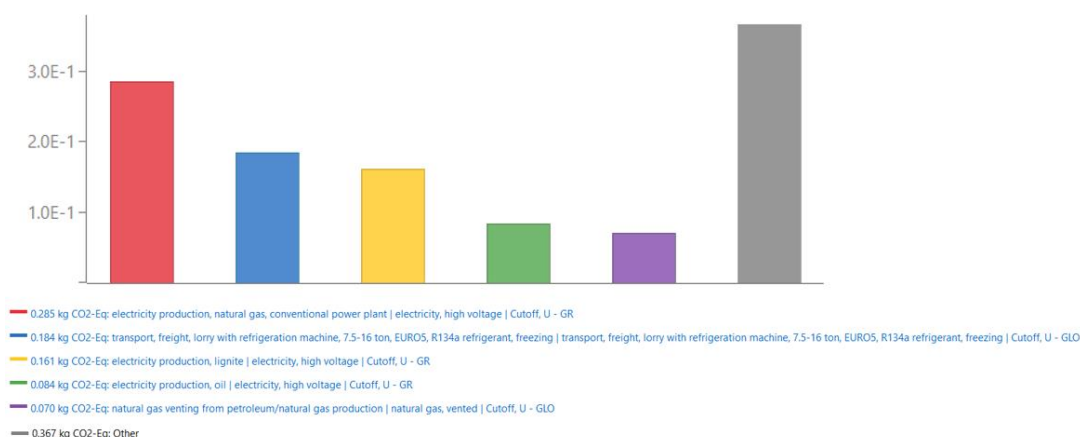
Carbon Footprint



Εικόνα 7-69: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Carbon Footprint» στις Core Processes

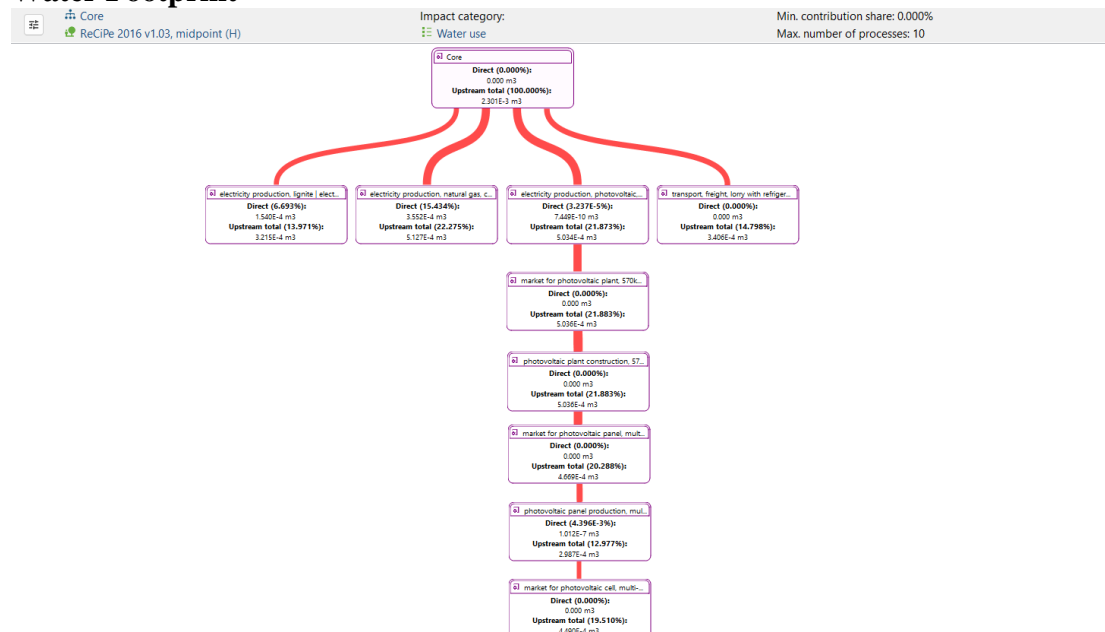
Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη «Carbon Footprint» στις κεντρικές διεργασίες είναι:

- electricity production, natural gas, conventional power plant | electricity, high voltage (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, φυσικό αέριο, συμβατικός σταθμός ηλεκτροπαραγωγής | ρεύμα, υψηλή τάση): 0.28545 kg CO2-Eq
- transport, freight, lorry with refrigeration machine, 7.5-16 ton, EURO5, R134a refrigerant, freezing | transport, freight, lorry with refrigeration machine, 7.5-16 ton, EURO5, R134a refrigerant, freezing (μεταφορά, φορτίο, φορτηγό με ψυκτικό μηχάνημα, 7,5-16 τόνοι, EURO5, R134a ψυκτικό, κατάψυξη | μεταφορά, φορτίο, φορτηγό με ψυκτικό μηχάνημα, 7,5-16 τόνοι, EURO5, R134a ψυκτικό, ψυκτικό): 0.18350 kg CO2-Eq
- electricity production, lignite | electricity, high voltage (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, λιγνίτης | ρεύμα, υψηλή τάση): 0.16056 kg CO2-Eq



Εικόνα 7-70: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Carbon Footprint» στις Core Processes

Water Footprint

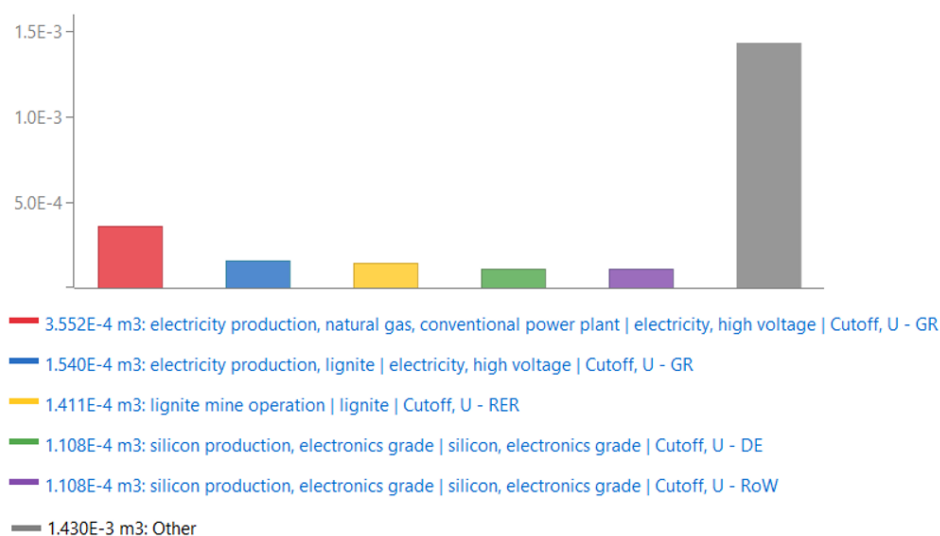


Εικόνα 7-71: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Water Footprint» στις Core Processes

Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη «Water Footprint» στις κεντρικές διεργασίες είναι:

- electricity production, natural gas, conventional power plant | electricity, high voltage (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, φυσικό αέριο, συμβατικός σταθμός ηλεκτροπαραγωγής | ρεύμα, υψηλή τάση): 0.00036 m^3
- electricity production, lignite | electricity, high voltage (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, λιγνίτης | ρεύμα, υψηλή τάση) 0.00015 m^3

- lignite mine operation | lignite (λειτουργία λιγνιτωρυχείου | λιγνίτης): 0.00014 m^3

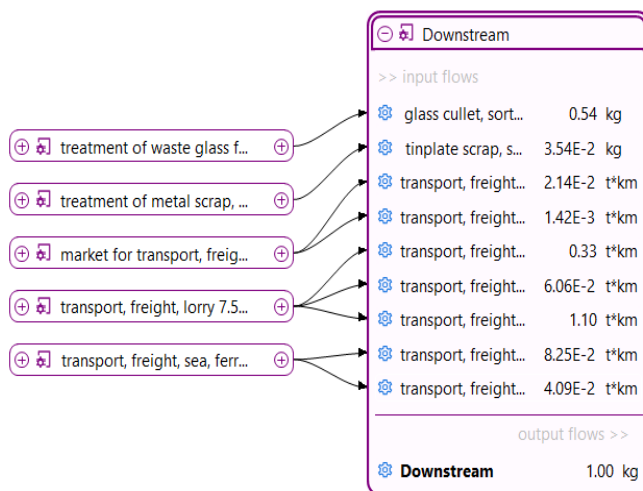


Εικόνα 7-72: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Water Footprint» στις Core Processes

7.5 Ανάλυση Δεικτών στις Μεταγενέστερες Διεργασίες (Downstream Processes)

Η ανάλυση δεικτών στις μεταγενέστερες διεργασίες (Downstream Processes), σύμφωνα με τους (Salemdeeb, Bin Daina, Reynolds, & Al-Tabbaa, 2018), αφορά την αξιολόγηση των δραστηριοτήτων που λαμβάνουν χώρα μετά την παραγωγή και τη μεταποίηση ενός προϊόντος, δηλαδή από το στάδιο της διανομής μέχρι την τελική κατανάλωση και διάθεση. Αυτή η ανάλυση επικεντρώνεται στις επιπτώσεις των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με τη διανομή, την πώληση, τη χρήση και τη διαχείριση των αποβλήτων των προϊόντων.

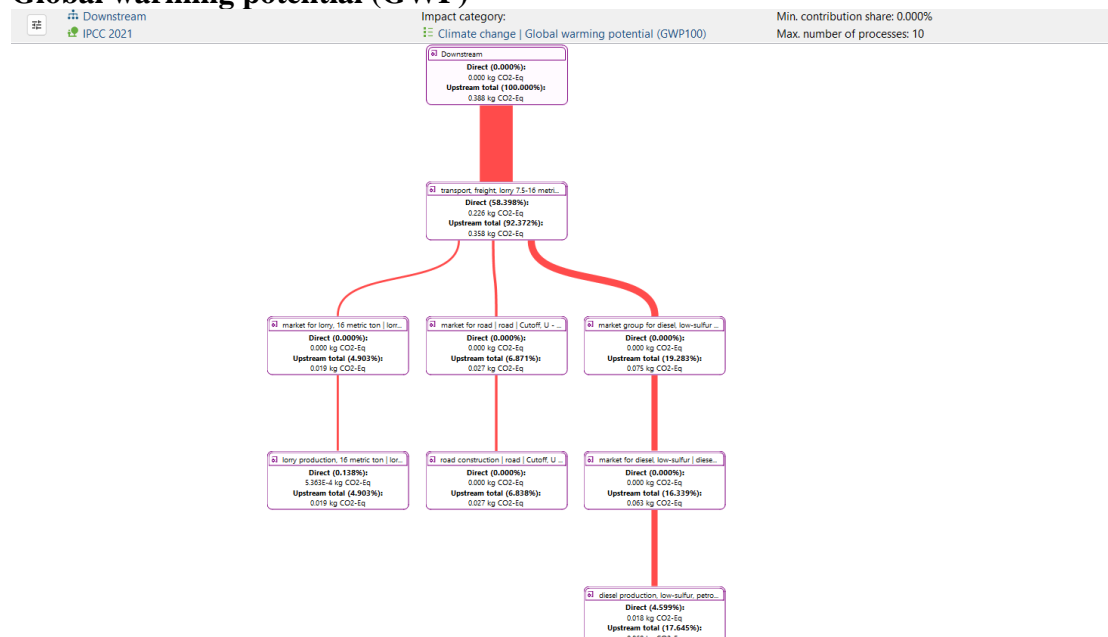
Παρακάτω παρουσιάζεται το γραφικό μοντέλο των εισροών για τις μεταγενέστερες διεργασίες. Παρουσιάζεται σε μερική ανάπτυξη το γραφικό μοντέλο των εισροών στις μεταγενέστερες διεργασίες, καθώς η πλήρης ανάπτυξη όλων των διεργασιών οδηγεί σε διάγραμμα ροής το οποίο δεν είναι ευανάγνωστο λόγω της μεγάλης του έκτασης και των πολλών λεπτομερειών που εμπεριέχει. Επισημαίνεται και εδώ, ότι η ανάλυση που απεικονίζεται σταματά στις πρωτόγενής διεργασίες για λόγους αναγνωσιμότητας.



Εικόνα 7-73: Γραφικό μοντέλο εισροών στις Downstream Processes

Εν συνεχεία παρουσιάζονται οι δείκτες με τις αντίστοιχες διεργασίες οι οποίες συμβάλουν περισσότερο στον εκάστοτε δείκτη.

Global warming potential (GWP)



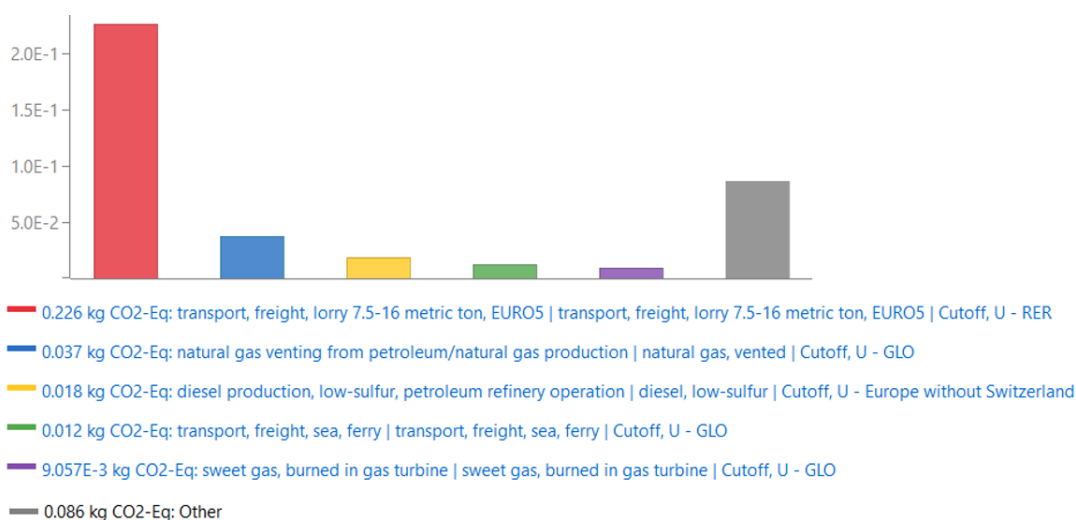
Εικόνα 7-74: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Global Warming Potential» (GWP) στις Downstream Processes

Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη GWP στις μεταγενέστερες διεργασίες είναι:

- transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO5 | transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO5 (μεταφορές, φορτηγά, φορτηγά 7,5-16 μετρικοί τόνοι,

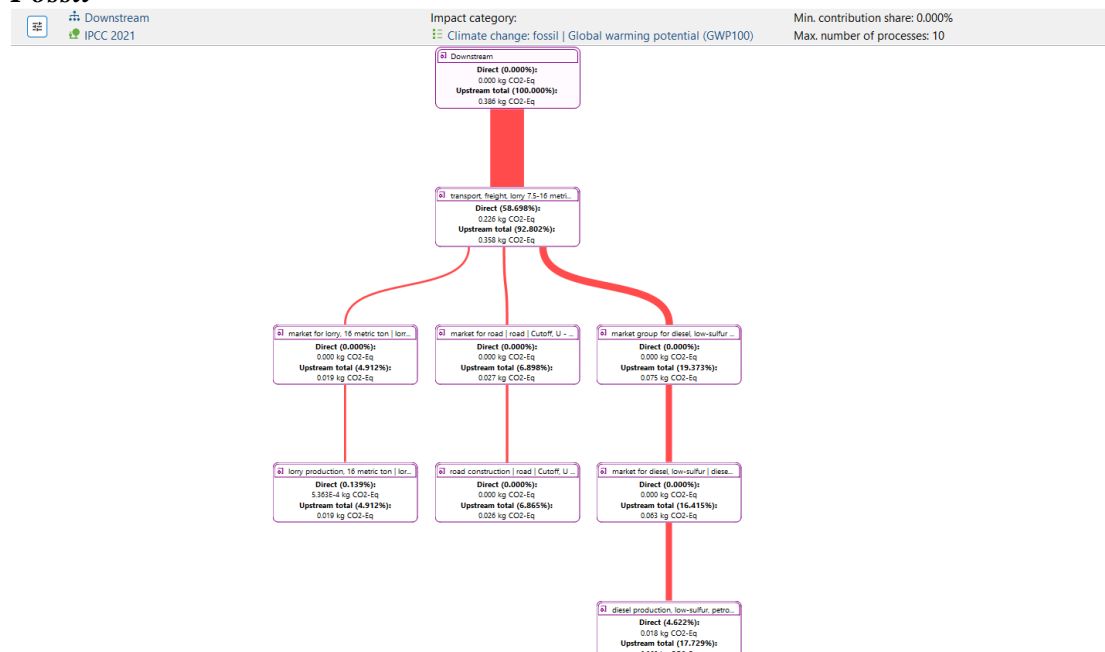
EURO5 | μεταφορές, φορτηγά, φορτηγό 7,5-16 μετρικοί τόνοι, EURO5):
0.22638 kg CO₂-Eq

- natural gas venting from petroleum/natural gas production | natural gas, vented (εξαερισμός φυσικού αερίου από παραγωγή πετρελαίου/φυσικού αερίου | φυσικό αέριο, αεριζόμενο): 0.03671 kg CO₂-Eq
- diesel production, low-sulfur, petroleum refinery operation | diesel, low-sulfur (παραγωγή ντίζελ, χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο, λειτουργία δυλιστηρίου πετρελαίου | ντίζελ, χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο): 0.01783 kg CO₂-Eq



Εικόνα 7-75: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Global Warming Potential» στις Downstream Processes

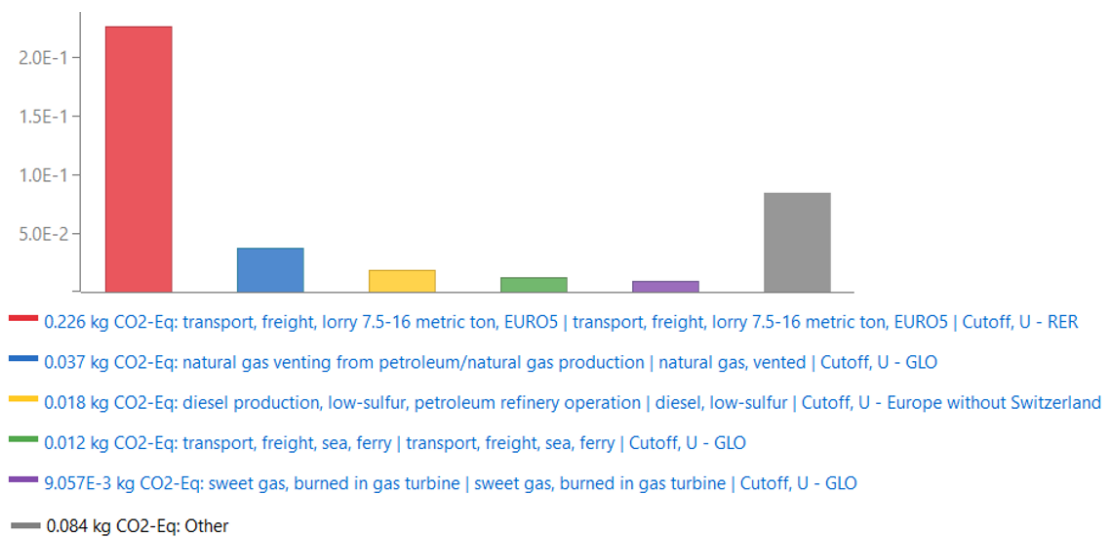
Fossil



Εικόνα 7-76: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Global Warming- Fossil» στις Downstream Processes

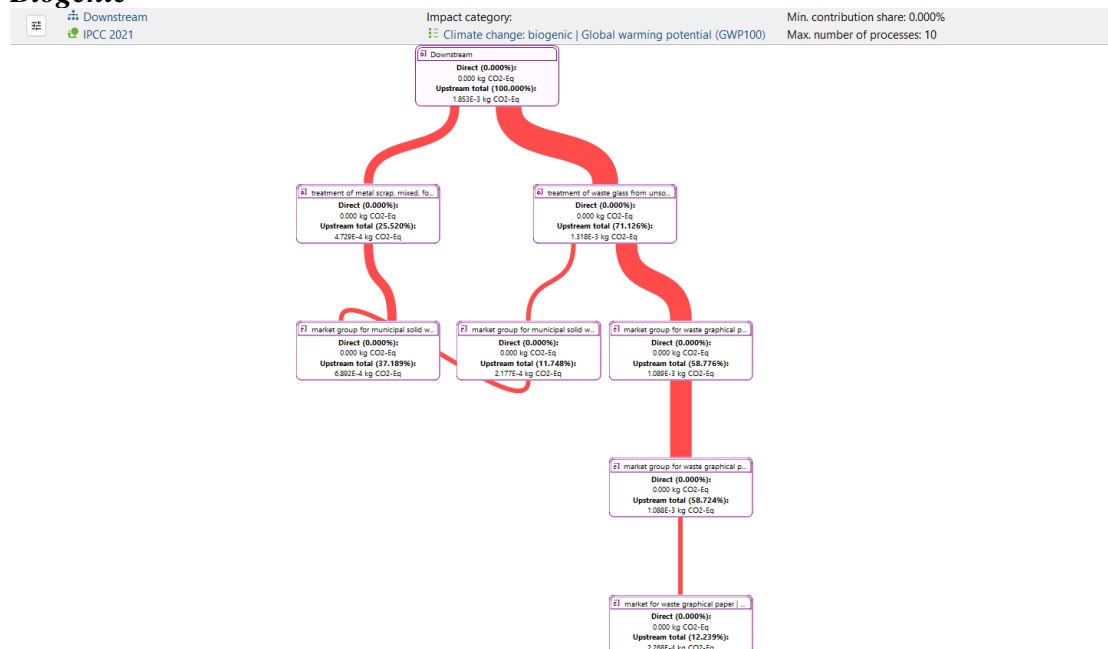
Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη «Global Warming- Fossil» στις μεταγενέστερες διεργασίες είναι:

- transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO5 | transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO5 (μεταφορές, φορτηγά, φορτηγά 7,5-16 μετρικοί τόνοι, EURO5 | μεταφορές, φορτηγά, φορτηγό 7,5-16 μετρικοί τόνοι, EURO5): 0.22638 kg CO₂-Eq
- natural gas venting from petroleum/natural gas production | natural gas, vented (εξαερισμός φυσικού αερίου από παραγωγή πετρελαίου/φυσικού αερίου | φυσικό αέριο, αεριζόμενο): 0.03671 kg CO₂-Eq
- diesel production, low-sulfur, petroleum refinery operation | diesel, low-sulfur (παραγωγή ντίζελ, χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο, λειτουργία δυλιστηρίου πετρελαίου | ντίζελ, χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο): 0.01783 kg CO₂-Eq



Εικόνα 7-77: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Global Warming- Fossil» στις Downstream Processes

Biogenic

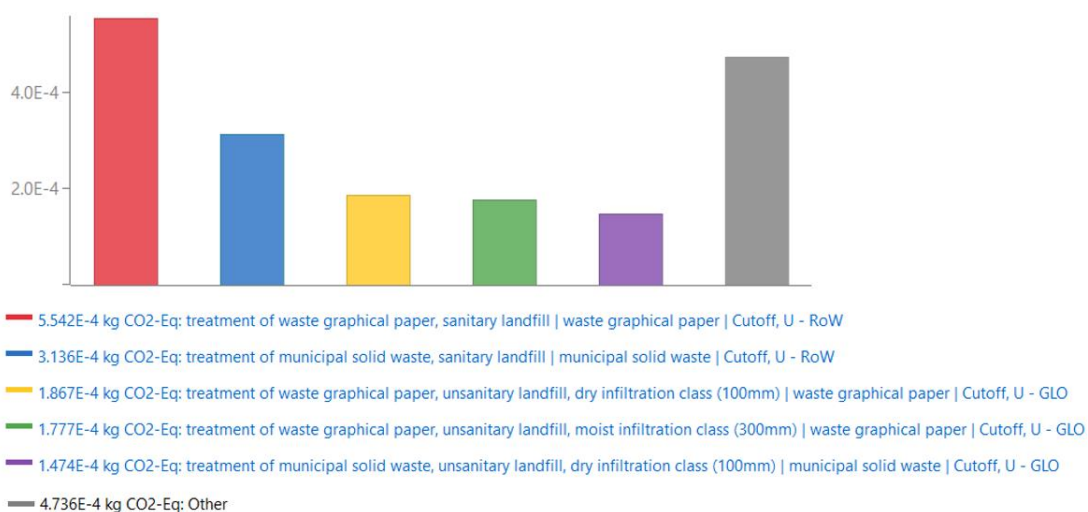


Εικόνα 7-78: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Global Warming- Biogenic» στις Downstream Processes

Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη «Global Warming- Biogenic» στις μεταγενέστερες διεργασίες είναι:

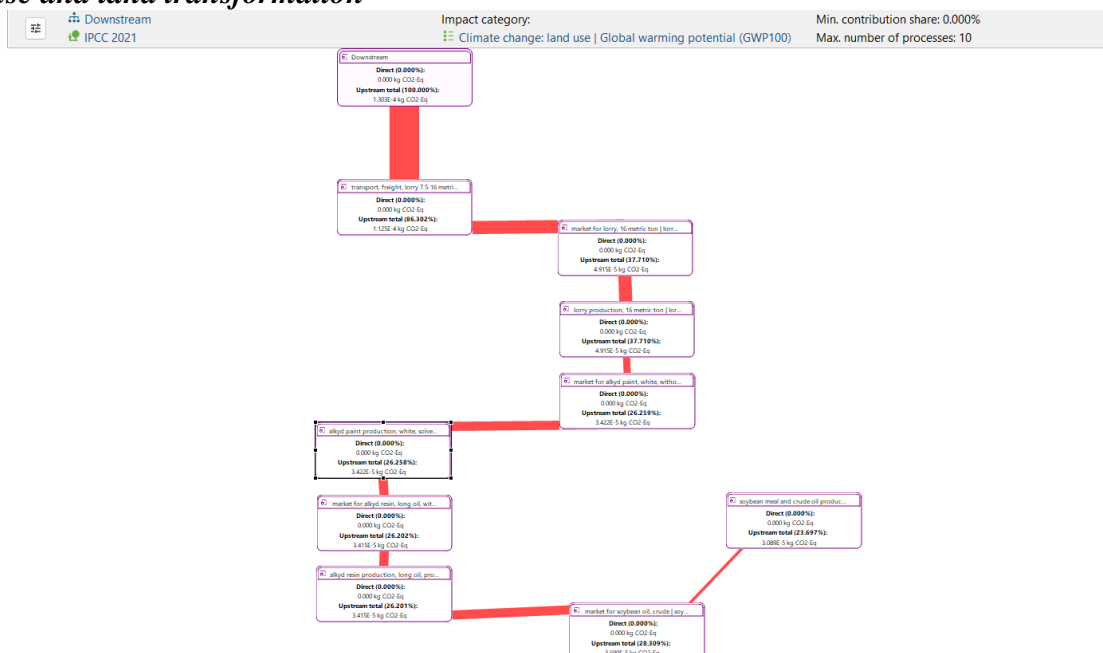
- treatment of waste graphical paper, sanitary landfill | waste graphical paper (επεξεργασία απορριμμάτων γραφικού χαρτιού, ΧΥΤΑ | απορρίμματα γραφικού χαρτιού): 0.00055 kg CO2-Eq

- treatment of municipal solid waste, sanitary landfill | municipal solid waste (επεξεργασία αστικών στερεών αποβλήτων, υγειονομική ταφή | αστικά στερεά απόβλητα): 0.00031 kg CO₂-Eq
- treatment of waste graphical paper, unsanitary landfill, dry infiltration class (100mm) | waste graphical paper (επεξεργασία απορριμμάτων γραφικού χαρτιού, ανθυγιεινή χωματερή, κατηγορία διείσδυσης ξηρού (100 mm) | απορρίμματα γραφικού χαρτιού): 0.00019 kg CO₂-Eq



Εικόνα 7-79: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Global Warming- Biogenic» στις Downstream Processes

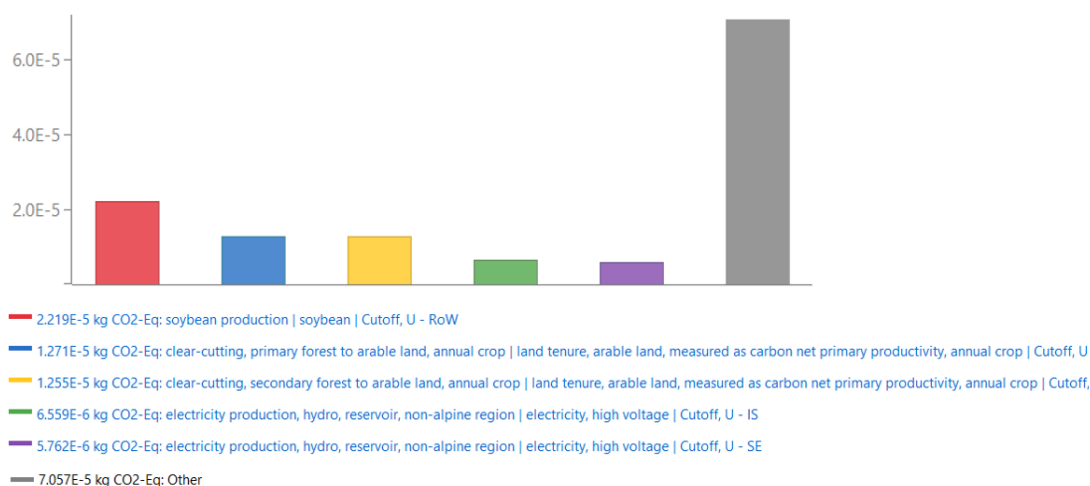
Land use and land transformation



Εικόνα 7-80: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Global Warming- Land use and land transformation» στις Downstream Processes

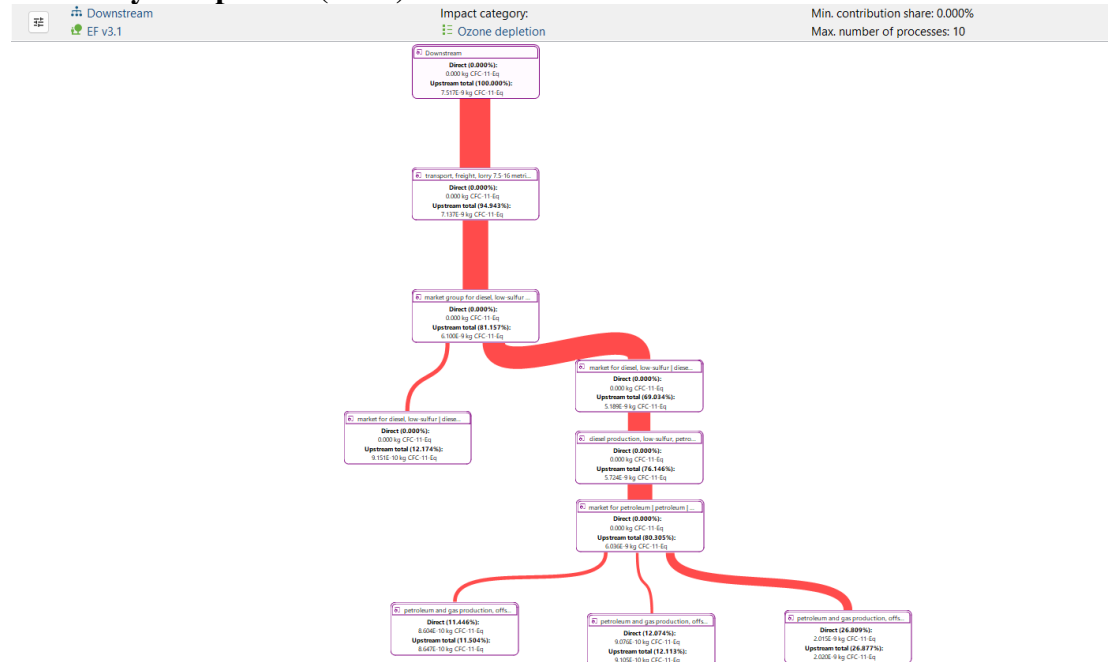
Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη «Global Warming- Land use and land transformation» στις μεταγενέστερες διεργασίες είναι:

- soybean production | soybean (παραγωγή σόγιας | κύαμος σόγιας): 2.21898×10^{-5} kg CO₂-Eq
- clear-cutting, primary forest to arable land, annual crop | land tenure, arable land, measured as carbon net primary productivity, annual crop (καθαρό, πρωτογενές δάσος έως αρόσιμη γη, ετήσια καλλιέργεια | κατοχή γης, καλλιεργήσιμη γη, μετρούμενη ως πρωτογενής παραγωγικότητα καθαρού άνθρακα, ετήσια καλλιέργεια): 1.27078×10^{-5} kg CO₂-Eq
- clear-cutting, secondary forest to arable land, annual crop | land tenure, arable land, measured as carbon net primary productivity, annual crop (καθαρό, δευτερεύον δάσος σε αρόσιμη γη, ετήσια καλλιέργεια | κατοχή γης, καλλιεργήσιμη γη, μετρούμενη ως πρωτογενής παραγωγικότητα καθαρού άνθρακα, ετήσια καλλιέργεια): 1.25488×10^{-5} kg CO₂-Eq



Εικόνα 7-81: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Global Warming- Land use and land transformation» στις Downstream Processes

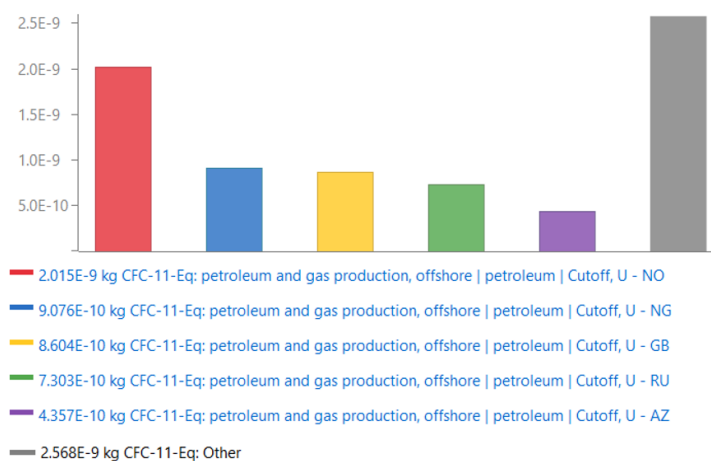
Ozone layer depletion (ODP)



Εικόνα 7-82: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Ozone Layer Depletion» (ODP) στις Downstream Processes

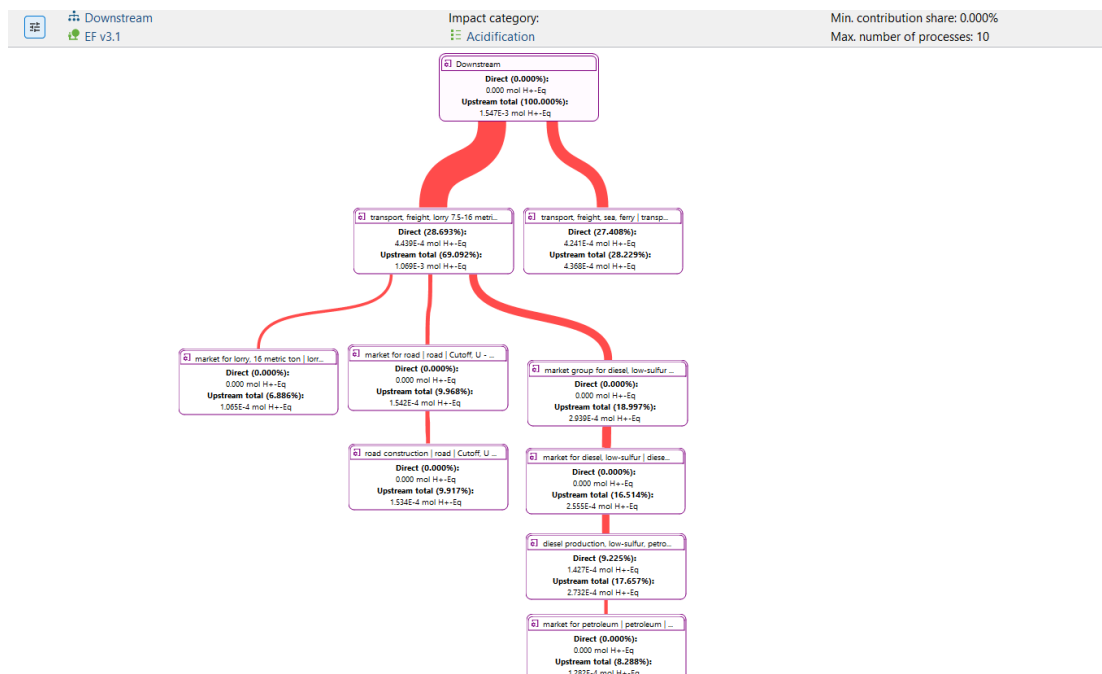
Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη ODP στις μεταγενέστερες διεργασίες είναι:

- petroleum and gas production, offshore | petroleum (παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου, υπεράκτια | πετρέλαιο): 2.01518 E-9 kg CFC-11-Eq
- petroleum and gas production, offshore | petroleum (παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου, υπεράκτια | πετρέλαιο): 9.07554 E-10 kg CFC-11-Eq
- petroleum and gas production, offshore | petroleum (παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου, υπεράκτια | πετρέλαιο): 8.60406 E-10 kg CFC-11-Eq



Εικόνα 7-83: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Ozone Layer Deplation» στις Downstream Processes

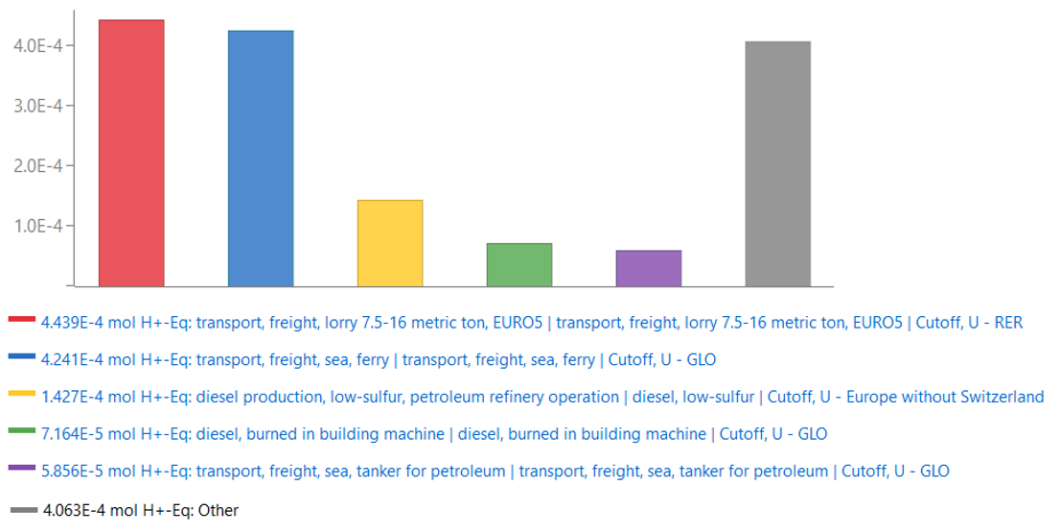
Acidification potential (AP)



Εικόνα 7-84: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Acidification Potential» (AP) στις Downstream Processes

Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη AP στις μεταγενέστερες διεργασίες είναι:

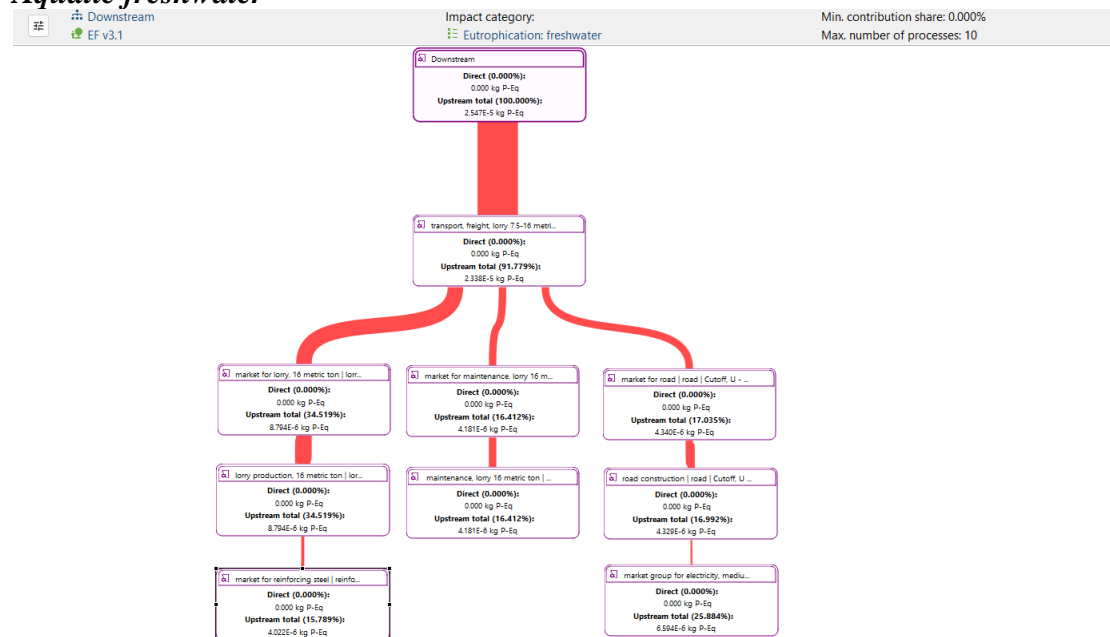
- transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO5 | transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO5 (μεταφορές, φορτηγά, φορτηγά 7,5-16 μετρικοί τόνοι, EURO5 | μεταφορές, φορτηγά, φορτηγό 7,5-16 μετρικοί τόνοι, EURO5): 0.00044 mol H+-Eq
- transport, freight, sea, ferry | transport, freight, sea, ferry (μεταφορές, φορτία, θαλάσσια, πορθμεία | μεταφορά, φορτίο, θάλασσα, πλοίο): 0.00042 mol H+-Eq
- diesel production, low-sulfur, petroleum refinery operation | diesel, low-sulfur (παραγωγή ντίζελ, χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο, λειτουργία διυλιστηρίου πετρελαίου | ντίζελ, χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο): 0.00014 mol H+-Eq



Εικόνα 7-85: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Acidification Potential» στις Downstream Processes

Eutrophication potential (EP)

Aquatic freshwater

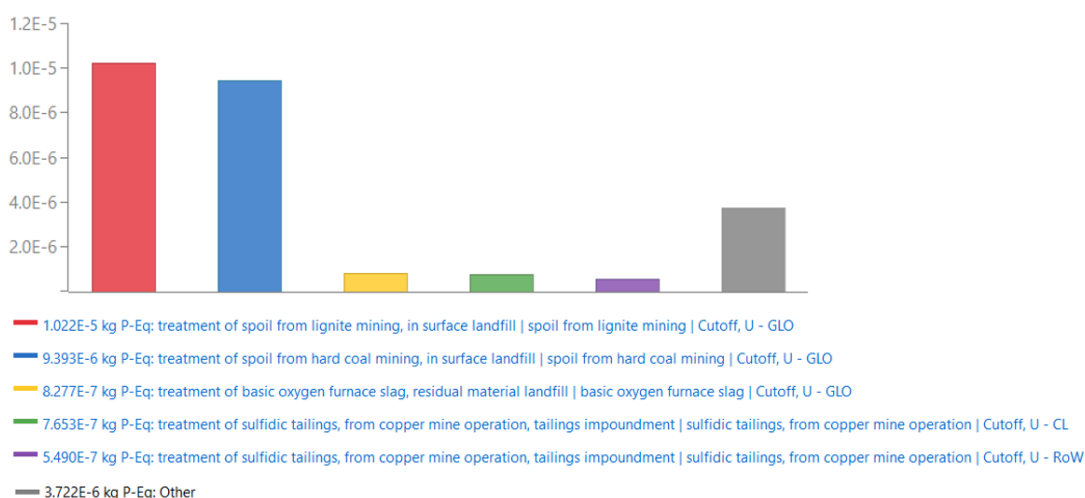


Εικόνα 7-86: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Eutrophication Freshwater» στις Downstream διεργασίες

Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη «Eutrophication Freshwater» στις μεταγενέστερες διεργασίες είναι:

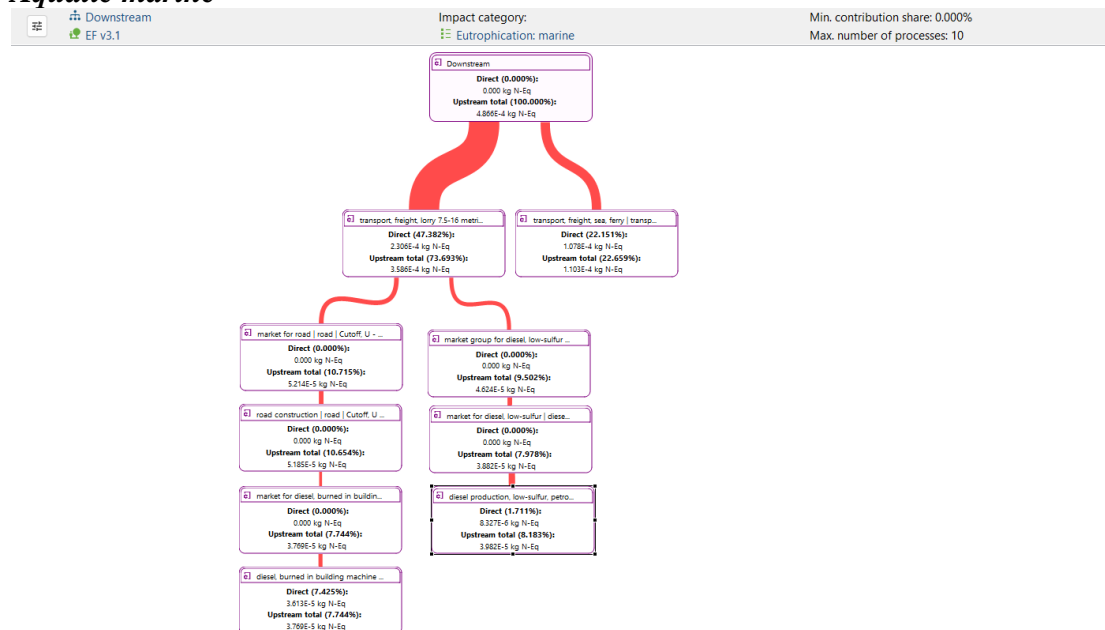
- treatment of spoil from lignite mining, in surface landfill | spoil from lignite mining (επεξεργασία απορριμμάτων από εξόρυξη λιγνίτη, σε επιφανειακή χωματερή | φθορά από την εξόρυξη λιγνίτη): 1.02171E-5 kg P-Eq

- treatment of spoil from hard coal mining, in surface landfill | spoil from hard coal mining (επεξεργασία απορριμάτων από εξόρυξη λιθάνθρακα, σε επιφανειακή χωματερή | φθορά από την εξόρυξη λιθάνθρακα): $9.39342\text{E-}6$ kg P-Eq
- treatment of basic oxygen furnace slag, residual material landfill | basic oxygen furnace slag (επεξεργασία βασικής σκωρίας κλιβάνου οξυγόνου, χωματερή υπολειμματικού υλικού | βασική σκωρία κλιβάνου οξυγόνου): $8.27671\text{E-}7$ kg P-Eq



Εικόνα 7-87: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Eutrophication Freshwater» στις Downstream Processes

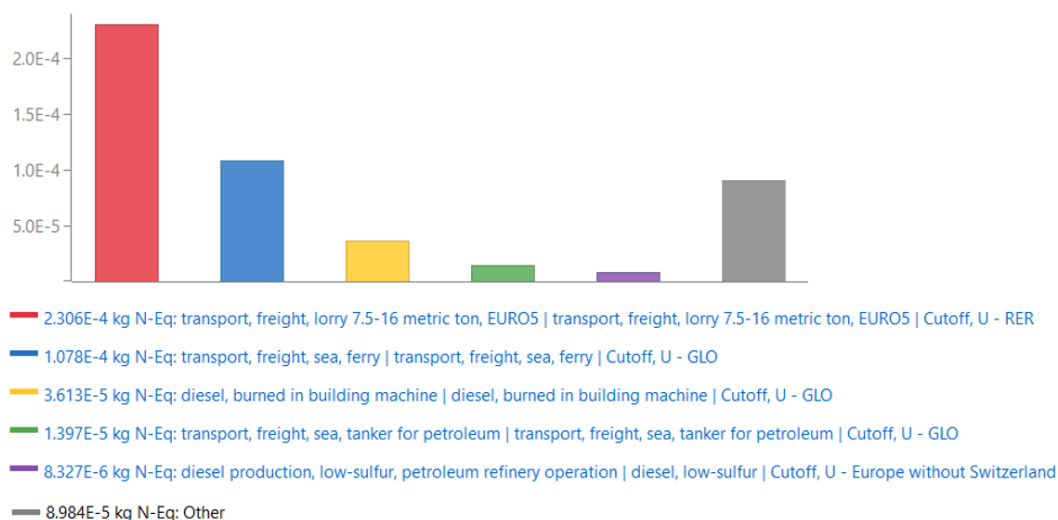
Aquatic marine



Εικόνα 7-88: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Eutrophication Marine» στις Downstream Processes

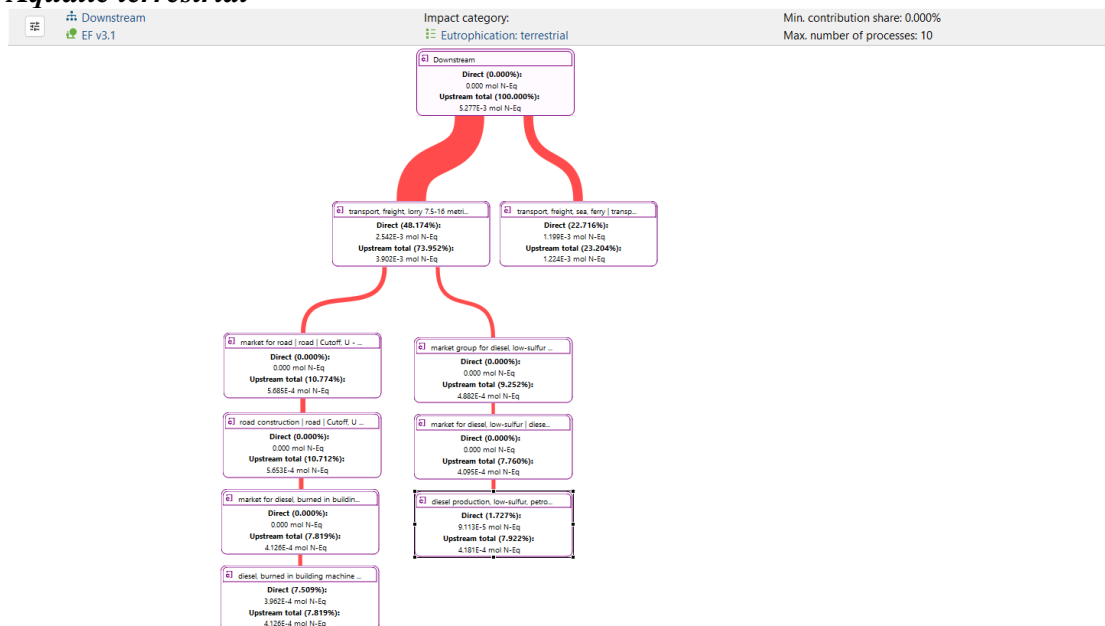
Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη «Eutrophication Marine» στις μεταγενέστερες διεργασίες είναι:

- transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO5 | transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO5 (μεταφορές, φορτηγά, φορτηγά 7,5-16 μετρικοί τόνοι, EURO5 | μεταφορές, φορτηγά, φορτηγό 7,5-16 μετρικοί τόνοι, EURO5): 0.00023 kg N-Eq
- transport, freight, sea, ferry | transport, freight, sea, ferry (μεταφορές, φορτία, θαλάσσια, πορθμεία | μεταφορά, φορτίο, θάλασσα, πλοίο): 0.00011 kg N-Eq
- diesel, burned in building machine | diesel, burned in building machine (ντίζελ, καμένο σε οικοδομική μηχανή | ντίζελ, κήκε σε οικοδομική μηχανή): 3.61320 E-5 kg N-Eq



Εικόνα 7-89: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Eutrophication Marine» στις Downstream Processes

Aquatic terrestrial

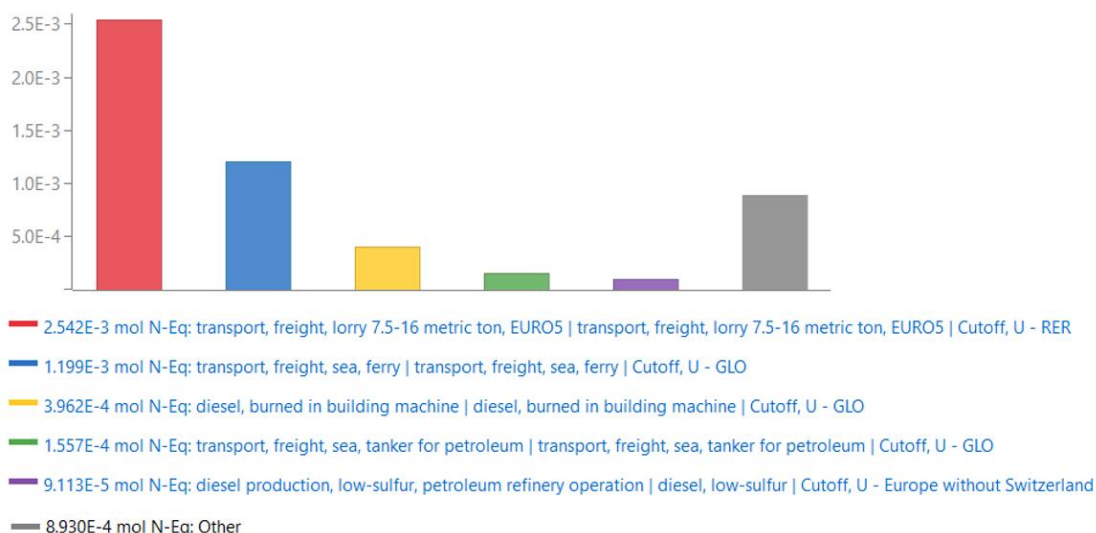


Εικόνα 7-90: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Eutrophication Terrestrial» στις Downstream Processes

Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη «Eutrophication Terrestrial» στις μεταγενέστερες διεργασίες είναι:

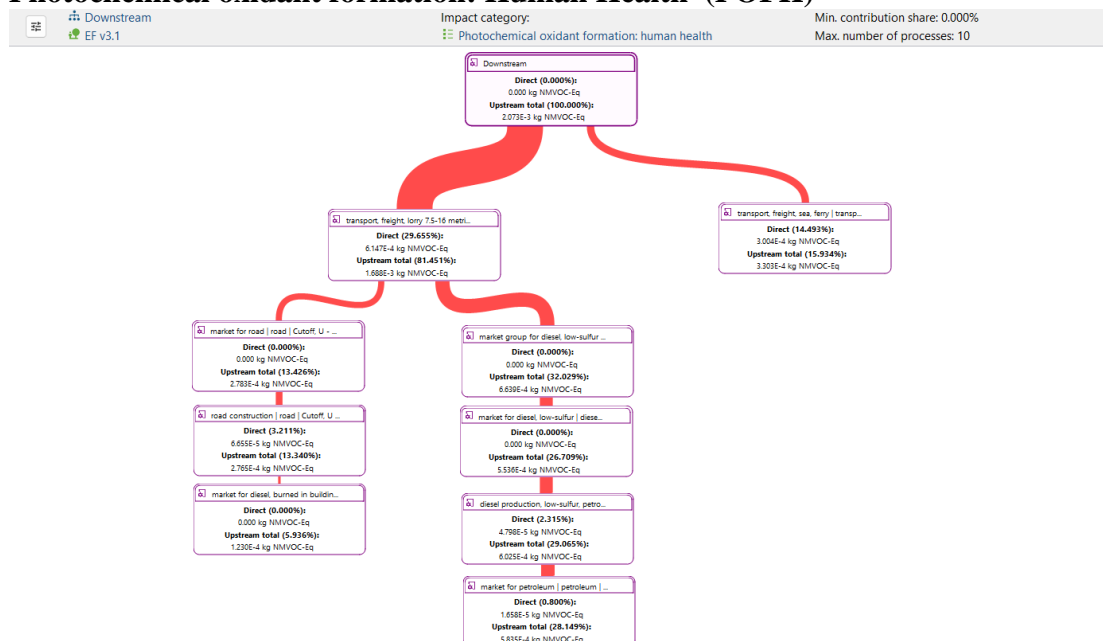
- transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO5 | transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO5 (μεταφορές, φορτηγά, φορτηγά 7,5-16 μετρικοί τόνοι, EURO5 | μεταφορές, φορτηγά, φορτηγό 7,5-16 μετρικοί τόνοι, EURO5): 0.00254 mol N-Eq

- transport, freight, sea, ferry | transport, freight, sea, ferry (μεταφορές, φορτία, θαλάσσια, πορθμεία | μεταφορά, φορτίο, θάλασσα, πλοίο): 0.00120 mol N-Eq
- diesel, burned in building machine | diesel, burned in building machine (ντίζελ, καμένο σε οικοδομική μηχανή | ντίζελ, κάηκε σε οικοδομική μηχανή): 0.00040 mol N-Eq



Εικόνα 7-91: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Eutrophication Terrestrial» στις Downstream Processes

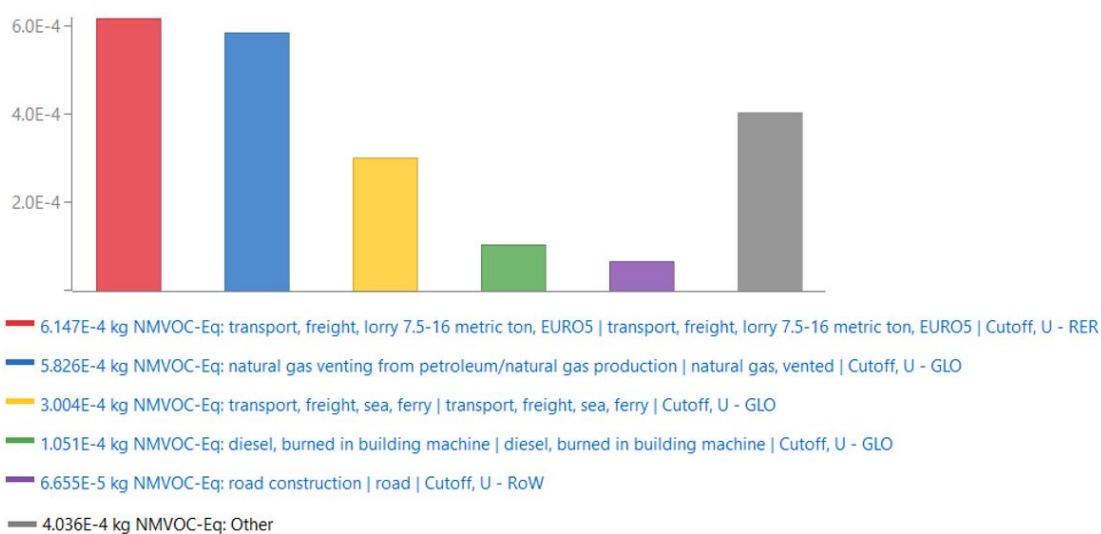
Photochemical oxidant formation: Human Health (POFH)



Εικόνα 7-92: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Photochemical Oxidant Formation: Human Health» (POFH) στις Downstream Processes

Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη POFH στις μεταγενέστερες διεργασίες είναι:

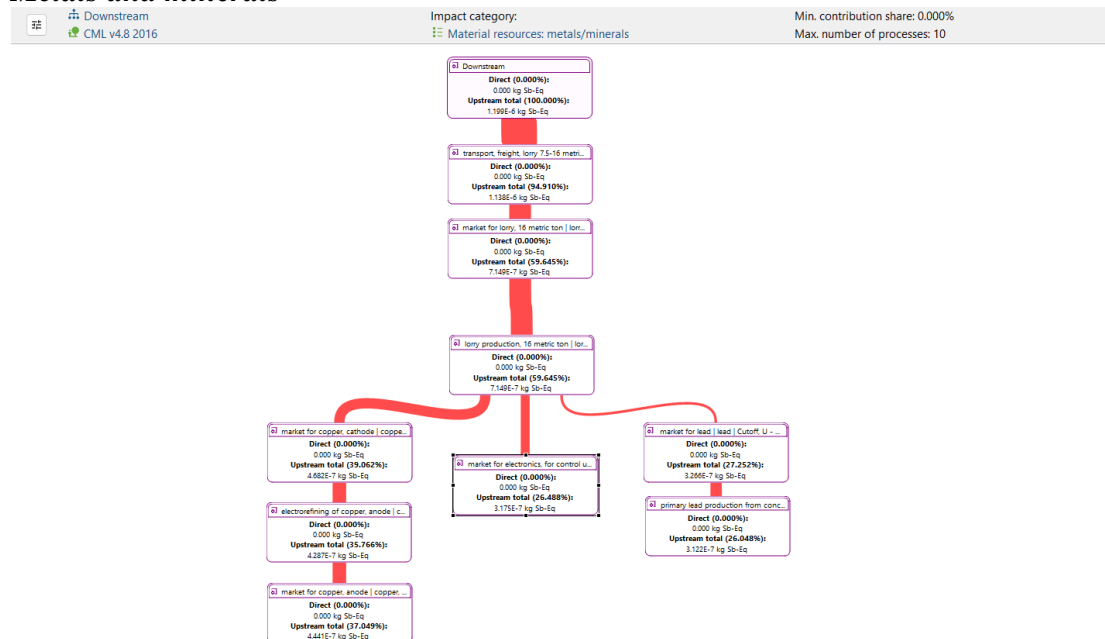
- transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO5 | transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO5 (μεταφορές, φορτηγά, φορτηγά 7,5-16 μετρικοί τόνοι, EURO5 | μεταφορές, φορτηγά, φορτηγό 7,5-16 μετρικοί τόνοι, EURO5): 0.00061 kg NMVOC-Eq
- natural gas venting from petroleum/natural gas production | natural gas, vented (εξαερισμός φυσικού αερίου από παραγωγή πετρελαίου/φυσικού αερίου | φυσικό αέριο, αεριζόμενο): 0.00058 kg NMVOC-Eq
- transport, freight, sea, ferry | transport, freight, sea, ferry (μεταφορές, φορτία, θαλάσσια, πορθμεία | μεταφορά, φορτίο, θάλασσα, πλοίο): 0.00030 kg NMVOC-Eq



Εικόνα 7-93: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Photochemical Oxidant Formation: Human Health» στις Downstream Processes

Abiotic depletion potential (ADP)

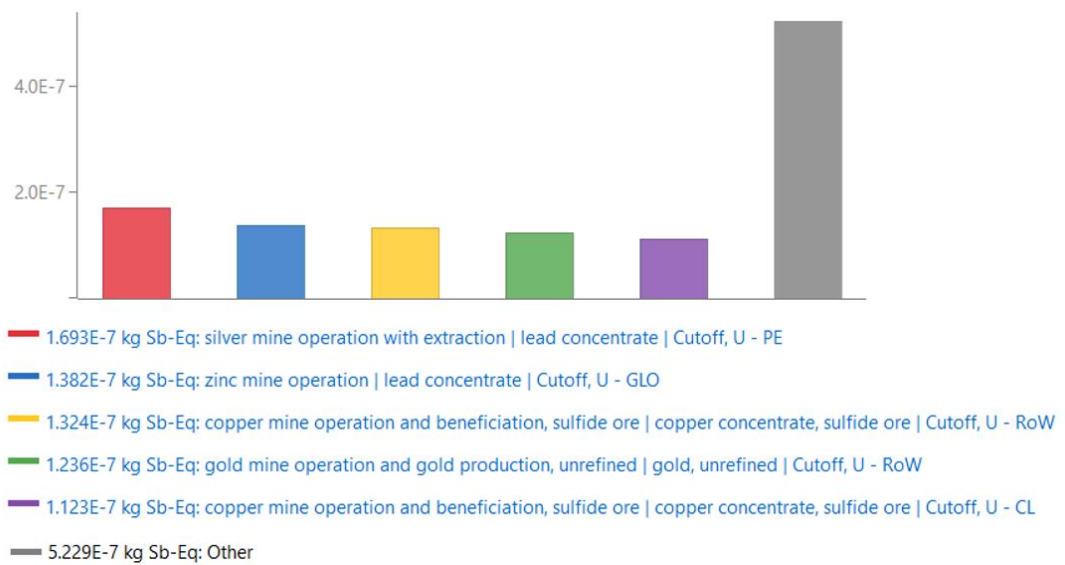
Metals and minerals



Εικόνα 7-94: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Material Resources- Metals and Minerals» στις Downstream Processes

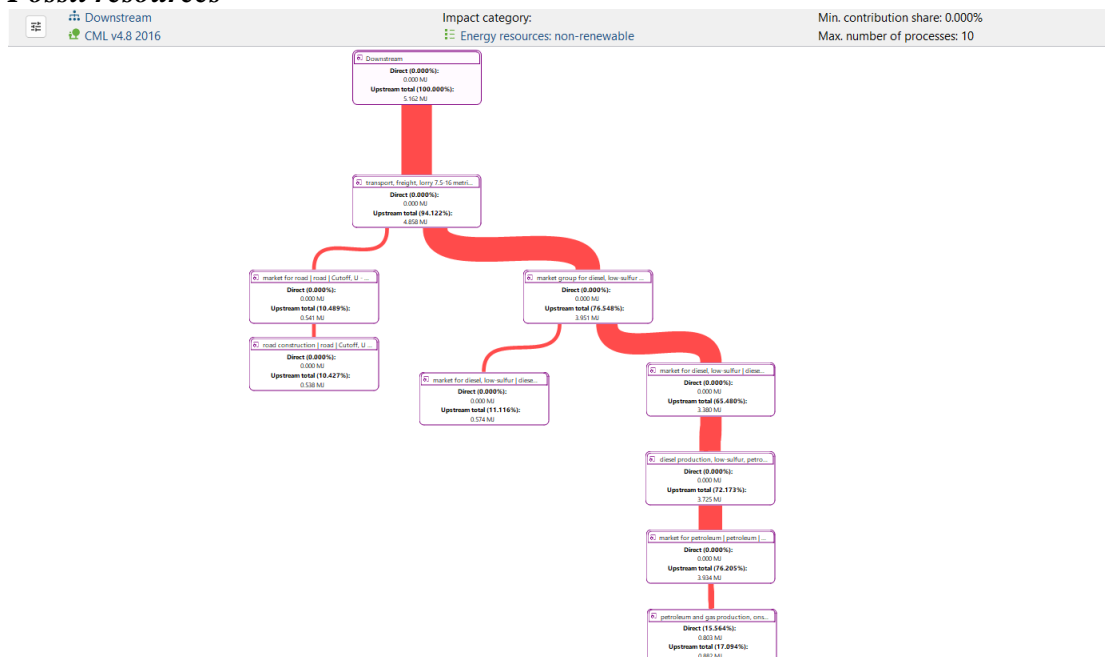
Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη «Material Resources- Metals and Minerals» στις μεταγενέστερες διεργασίες είναι:

- silver mine operation with extraction | lead concentrate (Λειτουργία ορυχείου αργύρου με εξόρυξη | συμπύκνωμα μολύβδου): 1.69270E-6 kg Sb-Eq
- zinc mine operation | lead concentrate (λειτουργία ορυχείου ψευδαργύρου | συμπύκνωμα μολύβδου): 1.38155E-7 kg Sb-Eq
- copper mine operation and beneficiation, sulfide ore | copper concentrate, sulfide ore (Λειτουργία και εμπλουτισμός ορυχείου χαλκού, θειούχο μεταλλευμα | συμπύκνωμα χαλκού, θειούχο μεταλλευμα): 1.32423E-7 kg Sb-Eq



Εικόνα 7-95: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Material Recourses- Metals and Minerals» στις Downstream Processes

Fossil resources

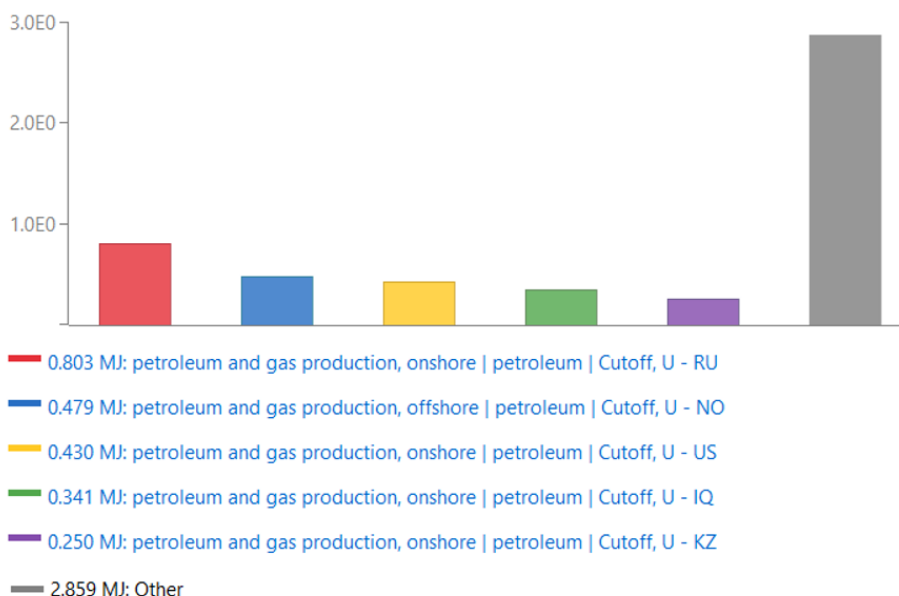


Εικόνα 7-96: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Fossil Resources» στις Downstream Processes

Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη «Fossil Recourses» στις μεταγενέστερες διεργασίες είναι:

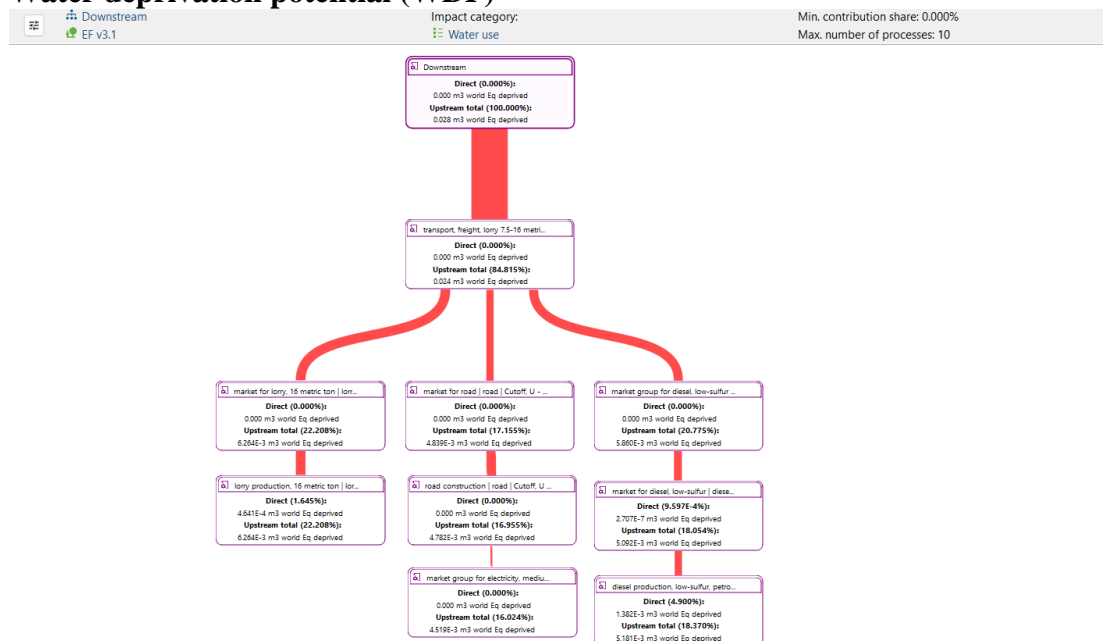
- petroleum and gas production, onshore | petroleum (παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου, στην ξηρά | πετρέλαιο): 0.80337 MJ

- petroleum and gas production, offshore | petroleum (παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου, υπεράκτια | πετρέλαιο): 0.47853 MJ
- petroleum and gas production, onshore | petroleum (παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου, στην ξηρά | πετρέλαιο): 0.43015 MJ



Εικόνα 7-97: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Fossil Resources» στις Downstream Processes

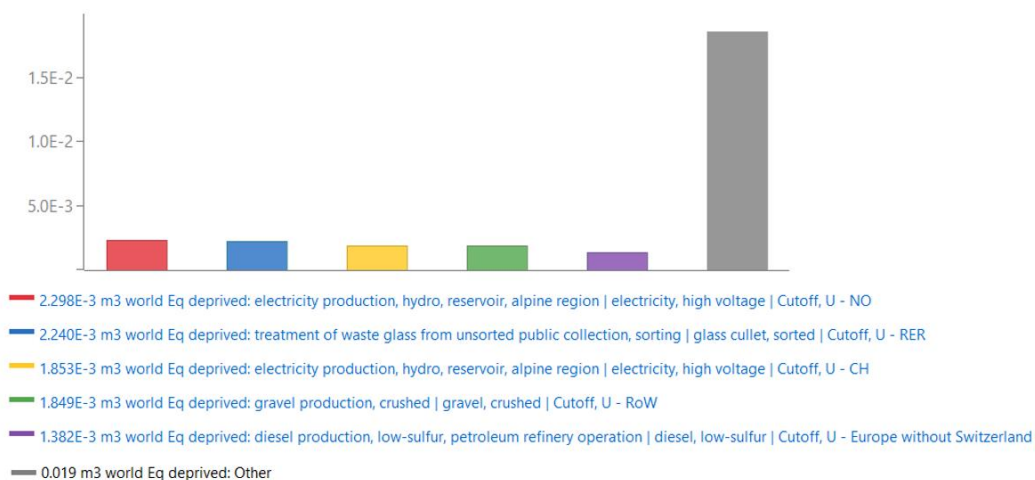
Water deprivation potential (WDP)



Εικόνα 7-98: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Water Deprivation Potential» (WDP) στις Downstream Processes

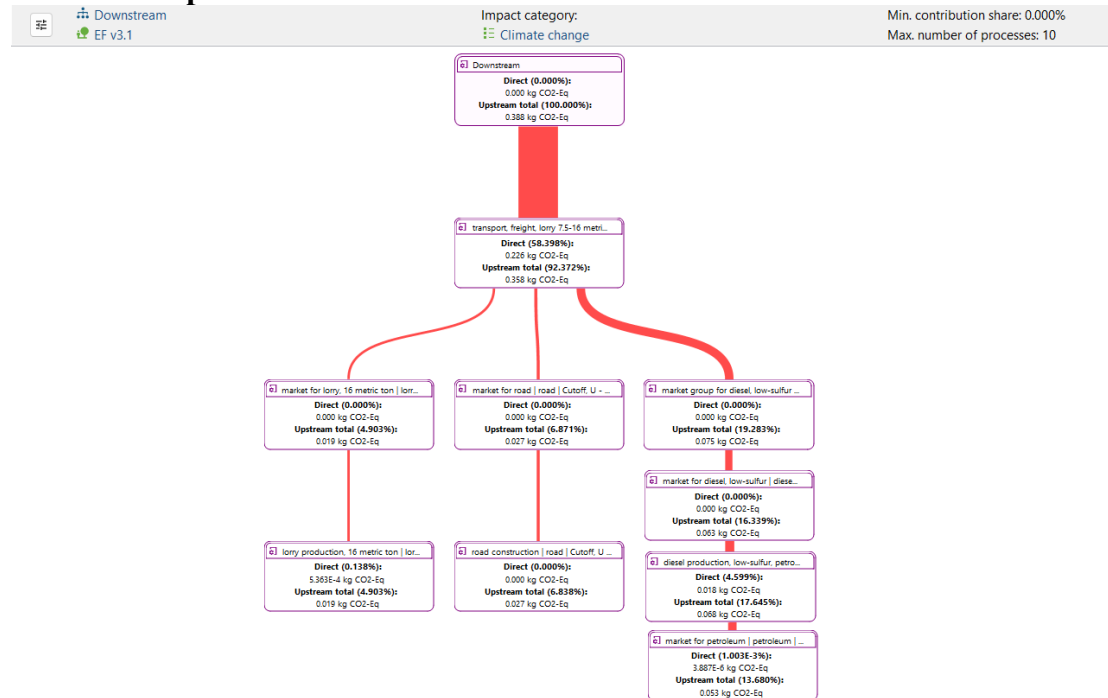
Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη WDP στις μεταγενέστερες διεργασίες είναι:

- electricity production, hydro, reservoir, alpine region | electricity, high voltage (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, υδροηλεκτρική ενέργεια, δεξαμενή, αλπική περιοχή | ρεύμα, υψηλή τάση): 0.00230 m^3 world Eq deprived
- treatment of waste glass from unsorted public collection, sorting | glass cullet, sorted (επεξεργασία απορριμμάτων γυαλιού από μη διαλογή δημόσια συλλογή, διαλογή | γυάλινο υαλοθάλαμο, ταξινομημένο): 0.00224 m^3 world Eq deprived
- electricity production, hydro, reservoir, alpine region | electricity, high voltage (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, υδροηλεκτρική ενέργεια, δεξαμενή, αλπική περιοχή | ρεύμα, υψηλή τάση): 0.00185 m^3 world Eq deprived



Εικόνα 7-99: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Water Deprivation Potential» στις Downstream Processes

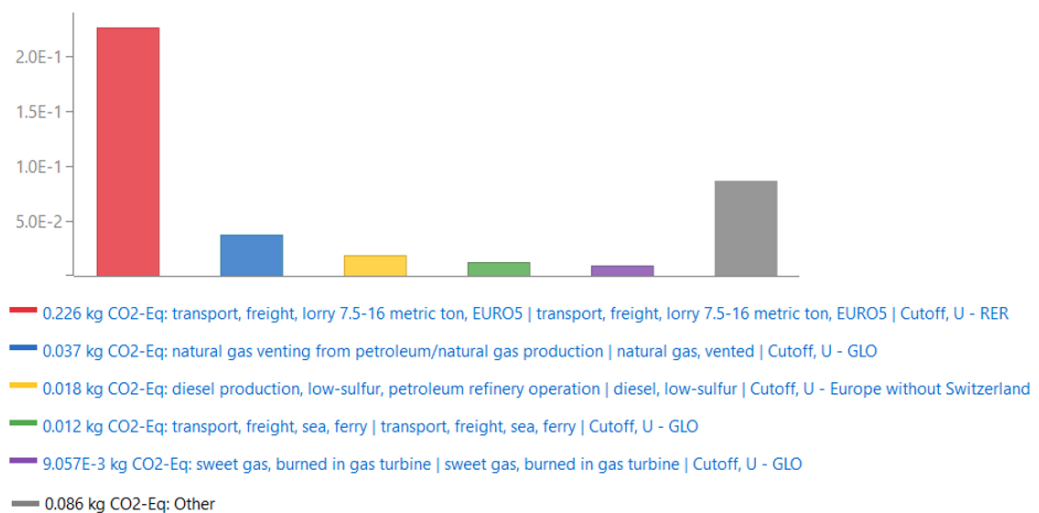
Carbon Footprint



Εικόνα 7-100: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Carbon Footprint» στις Downstream Processes

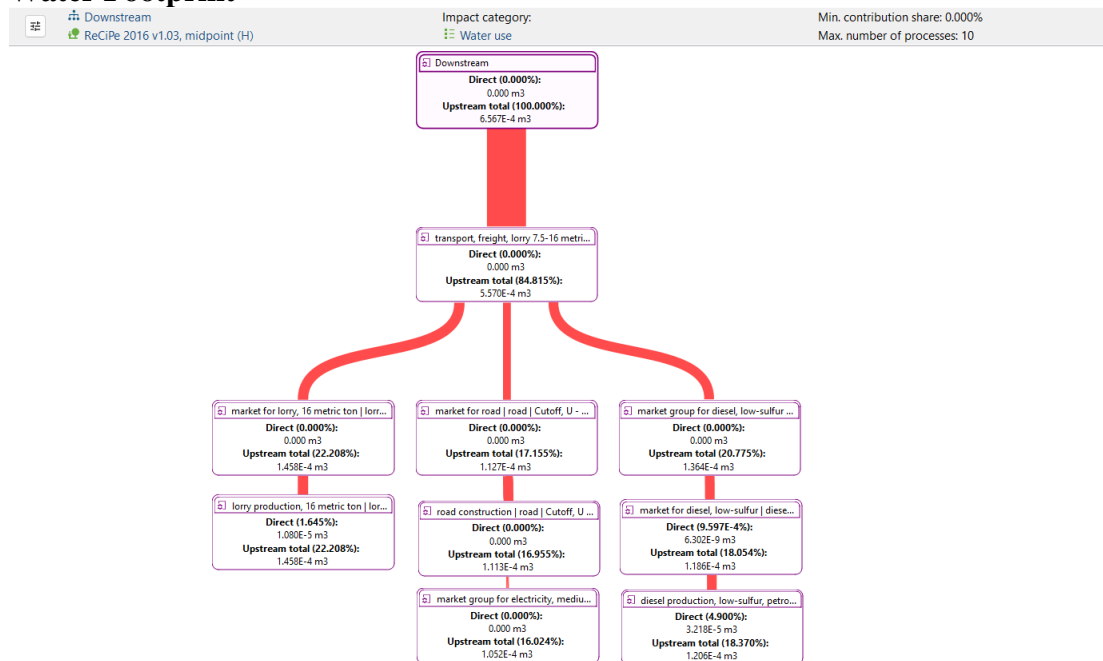
Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη «Carbon Footprint» στις μεταγενέστερες διεργασίες είναι:

- transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO5 | transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO5
- natural gas venting from petroleum/natural gas production | natural gas, vented
- diesel production, low-sulfur, petroleum refinery operation | diesel, low-sulfur



Εικόνα 7-101: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Carbon Footprint» στις Downstream Processes

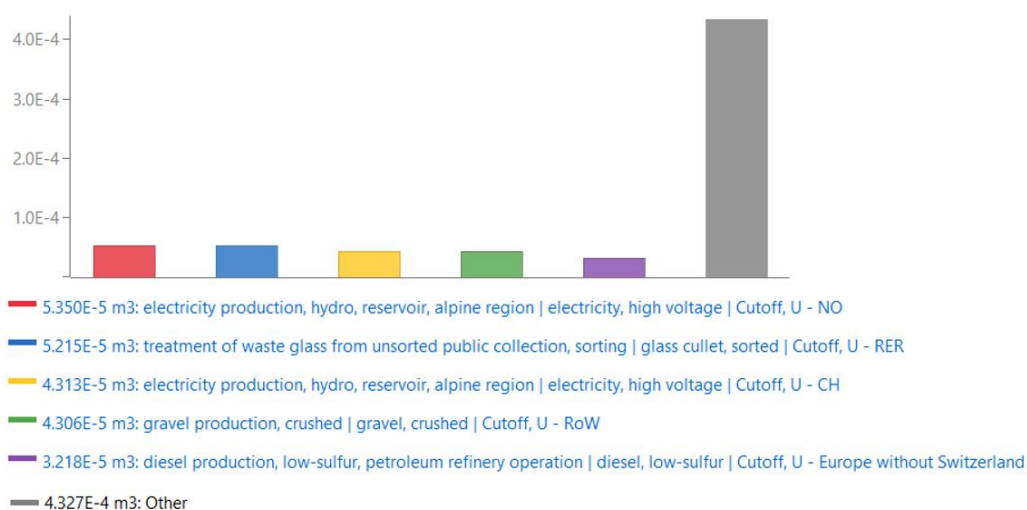
Water Footprint



Εικόνα 7-102: Διάγραμμα Sankey του δείκτη «Water Footprint» στις Downstream Processes

Οι τρεις κύριες διεργασίες που συνεισφέρουν στην αύξηση του δείκτη «Water Footprint» στις μεταγενέστερες διεργασίες είναι:

- electricity production, hydro, reservoir, alpine region | electricity, high voltage (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, υδροηλεκτρική ενέργεια, δεξαμενή, αλπική περιοχή | ρεύμα, υψηλή τάση): $5.35033E-5 \text{ m}^3$
- treatment of waste glass from unsorted public collection, sorting | glass cullet, sorted (επεξεργασία απορριμμάτων γυαλιού από μη διαλογή δημόσια συλλογή, διαλογή | γυάλινο υαλοθάλαμο, ταξινομημένο): $5.21483E-5 \text{ m}^3$
- electricity production, hydro, reservoir, alpine region | electricity, high voltage (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, υδροηλεκτρική ενέργεια, δεξαμενή, αλπική περιοχή | ρεύμα, υψηλή τάση): $4.31338E-5 \text{ m}^3$



Εικόνα 7-103: Ραβδόγραμμα πέντε (5) διεργασιών με τις μεγαλύτερες ποσότητες εκπομπών που συμβάλλουν στον δείκτη «Water Footprint» στις Downstream Processes

8 Συμπεράσματα

Γενικά

Ο αγροδιατροφικός τομέας είναι υπεύθυνος για τις σχετικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, στις οποίες σημαντική ευθύνη έχουν οι βιομηχανικές διεργασίες τροφίμων. Αρκετές τεχνολογίες και οργανωτικές καινοτομίες επιτρέπουν τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και η χρήση εργαλείων αξιολόγησης αντιπροσωπεύει μια ευκαιρία για την καθοδήγηση βιώσιμων στρατηγικών επιλογών.

Ορισμένα απόβλητα και λύματα με περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προέρχονται από τη γεωργική βιομηχανία και τη βιομηχανία επεξεργασίας τροφίμων είναι αναπόφευκτα. Η σύνθεσή τους ποικίλλει εξαιρετικά ανάλογα τόσο με τη φύση του προϊόντος όσο και με τις τεχνικές παραγωγής που χρησιμοποιούνται, με αποτέλεσμα να παρατηρούνται διάφορες επιπτώσεις ρύπανσης από τις διάφορες βιομηχανίες επεξεργασίας τροφίμων.

Η αξιολόγηση του κύκλου ζωής (LCA) είναι το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο εργαλείο για την περιβαλλοντική διαχείριση. Για τη διεξαγωγή μιας μελέτης LCA, θα πρέπει να καθοριστούν διαφορετικά στάδια, όπως ο ορισμός του στόχου και του πεδίου εφαρμογής, η λειτουργική μονάδα, η απογραφή ή η συλλογή δεδομένων, η ανάλυση ή η επεξεργασία δεδομένων απογραφής και η αξιολόγηση ή εκτίμηση επιπτώσεων. Για να επιτευχθεί η συγκρισιμότητα γίνονται μελέτες EPD οι οποίες βασίζονται στην μεθοδολογία LCA χρησιμοποιώντας καθορισμένα PCR, ανάλογα το προϊόν.

Η Περιβαλλοντική Δήλωση Προϊόντος με την μέθοδο της LCA επιτρέπει την αξιολόγηση (και τον ποσοτικό προσδιορισμό) των σχετικών περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων για ένα δεδομένο προϊόν, διαδικασία ή δραστηριότητα, λαμβάνοντας υπόψη την πλήρη πορεία του από την απόκτηση πρώτων υλών έως την παραγωγή, τη χρήση και τη διάθεση. Αυτό σημαίνει ότι, με αυτήν την προοπτική (δηλαδή, από το «cradle to grave»), οι περιβαλλοντικές ανησυχίες δεν περιορίζονται πλέον σε μια συγκεκριμένη βιομηχανική μονάδα. Είναι επίσης απαραίτητο να καθοριστεί ποιο μέρος της ρύπανσης προέρχεται από την προ και μετά την επεξεργασία του προϊόντος, συμπεριλαμβανομένης της μεταφοράς του. Συνεπώς, η ευθύνη της εταιρείας εκτείνεται ανάντη και κατάντη κατά μήκος της αλυσίδας προϊόντων, συμπεριλαμβανομένου του αντίκτυπου της συμπεριφοράς του προϊόντος στην τελική χρήση του.

Σήμερα, απαιτούνται ενημερωμένα εργαλεία LCA προκειμένου να δίνονται ακριβείς απαντήσεις σε διαφορετικούς τομείς που απαιτούν περισσότερες περιβαλλοντικές πληροφορίες αυτού του είδους. Λαμβάνοντας υπόψη ότι δεν είναι σύνθηες να υπάρχουν όλα τα απαραίτητα δεδομένα για τη διεξαγωγή μιας EPD, έχει κυκλοφορήσει μεγάλος αριθμός βάσεων δεδομένων και λογισμικού LCI. Η καταλληλότερη επιλογή εξαρτάται από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε περίπτωσης, ιδίως λαμβάνοντας υπόψη τον στόχο, το πεδίο εφαρμογής και τους διαθέσιμους πόρους και χρόνο

Αντικείμενο της παρούσας μελέτης

Σε αυτή την προοπτική, η EPD με την μέθοδο LCA χρησιμοποιείται στην παρούσα διπλωματική για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που σχετίζονται με την παραγωγή μαρμελάδας φράουλας, δίνοντας μας την δυνατότητα να αναγνωρίσουμε διεργασίες οι οποίες συμβάλουν στην αύξηση των δεικτών κατά τα διάφορα στάδια, πράγμα που κρίνει σκόπιμο την παρουσία διορθωτικών ενεργειών προκειμένου να αμβλυνθούν οι περιβαλλοντικές συνέπειες του εν λόγω προϊόντος.

Συγκεκριμένα, στην παρούσα διπλωματική εργασία, χρησιμοποιήθηκε λογισμικό ανοιχτού κώδικα προκειμένου να εκπονηθεί μια πλήρης μελέτη EPD για την αξιολόγηση της περιβαλλοντικής επίδοσης ενός σκευάσματος μαρμελάδας φράουλας που παράγεται στην Ελλάδα. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε η βιβλιοθήκη Ecoinvent v3.10 ενώ προηγήθηκε εκτεταμένη και λεπτομερής συλλογή όλων των απαραίτητων δεδομένων για την διεξαγωγή της ανάλυσης.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση με την βοήθεια του υιοθετούμενου λογισμικού openLCA και την χρήση της βάσης δεδομένων Ecoinvent v3.10, είναι σαφώς συγκρίσιμα με αντίστοιχες μετρήσεις που αφορούν παρεμφερή προϊόντα και είναι διαθέσιμα στο διαδίκτυο και την βιβλιογραφία.

Προτάσεις βελτίωσης

Από τα ανάλυση που προηγήθηκε προέκυψαν πολλές διεργασίες και στα τρία στάδια που επηρεάζουν τους περιβαλλοντικούς μας δείκτες. Παρακάτω, αναφέρονται διεργασίες στις οποίες η επιχείρηση μπορεί να επέμβει βελτιώνοντας έτσι την περιβαλλοντική επίδοση του προϊόντος που μελετήθηκε. Στις ανοδικές διεργασίες (upstream processes), σημαντικό ρόλο μπορεί να παίζει η βελτίωση της αλυσίδας εφοδιασμού. Χρησιμοποιώντας τοπικές πρώτες ύλες, μπορούμε να μειώσουμε

σημαντικά τις ανάγκες για μεταφορά, μειώνοντας έτσι τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και άλλων αερίων του θερμοκηπίου. Επιπλέον, η αποφυγή της χρήσης κατεψυγμένων φραουλών είναι κρίσιμη, καθώς η διαδικασία μεταφοράς τους με φορτηγά ψυγείων έχει σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Συγκεκριμένα, η μεταφορά κατεψυγμένων φραουλών επηρεάζει αρνητικά πολλούς δείκτες λόγω της ενέργειας που απαιτείται για την ψύξη και τη διατήρησή τους σε χαμηλές θερμοκρασίες κατά τη μεταφορά. Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι η προμήθεια καθαρά βιολογικών φραουλών θα δράσει καταλυτικά για την βελτίωση σημαντικών δεικτών σχετικών τόσο με το CO₂ όσο και με τα χημικά απόβλητα και παραπροϊόντα που μπορούν να έχουν εξαιρετικά αρνητικό αντίκτυπο στο περιβάλλον.

Όσον αφορά τις κεντρικές διεργασίες (core processes), παρατηρούμε ότι η αύξηση των περιβαλλοντικών δεικτών οφείλεται κυρίως στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μέσα στο εργοστάσιο, προερχόμενη από μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η εξάρτηση από αυτές τις πηγές ενέργειας αυξάνει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και άλλων αερίων του θερμοκηπίου, επιβαρύνοντας το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της παραγωγής μαρμελάδας. Για να μειωθεί αυτός ο αντίκτυπος, είναι απαραίτητο να στραφούμε σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η ηλιακή ή η αιολική ενέργεια. Η ενσωμάτωση συστημάτων εξοικονόμησης ενέργειας και η βελτιστοποίηση των διαδικασιών παραγωγής μπορούν επίσης να συμβάλουν στη μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και, κατά συνέπεια, στην ελάττωση των περιβαλλοντικών δεικτών.

Για τη βελτιστοποίηση της διανομής και της μεταφοράς στις μεταγενέστερες διεργασίες (Downstream processes), η βελτίωση στην αποδοτικότητα της διανομής επιλέγοντας πιο πράσινες μεθόδους μεταφοράς, όπως η ηλεκτροκίνηση ή τα βιοκαύσιμα θα ανέβαζε την περιβαλλοντική επίδοση του προϊόντος. Επίσης η ελαχιστοποίηση των διαδρομών μεταφοράς μέσω καλύτερου σχεδιασμού της αλυσίδας εφοδιασμού, διασφαλίζοντας ότι οι μεταφορές είναι όσο το δυνατόν πιο άμεσες και αποδοτικές θα ήταν μια καλή πρακτική. Όσον αφορά τη συσκευασία και την απόρριψη, πρέπει να χρησιμοποιούνται φιλικά προς το περιβάλλον υλικά συσκευασίας που είναι ανακυκλώσιμα ή βιοδιασπώμενα.

Γενικά, πρέπει να δοθεί προσοχή στην ελαχιστοποίηση των αποβλήτων μέσω προηγμένων πρακτικών παραγωγής και στην εποικοδομητική χρησιμοποίηση του

αναπόφευκτου αποβλήτου, με την ανακύκλωση και τη βιοεπεξεργασία υποπροϊόντων και απορριμμάτων σε βρώσιμα τρόφιμα, ζωοτροφές, καύσιμα και χημικά με βιομηχανική εφαρμογή, προκειμένου να αποφευχθεί η ρύπανση και να ελαχιστοποιηθεί τις επιπτώσεις των λυμάτων στο περιβάλλον.

Προοπτικές

Η παρούσα μελέτη αντιπροσωπεύει μια προκαταρκτική αξιολόγηση της περιβαλλοντικής διαχείρισης της βιομηχανικής διαδικασίας μετατροπής και συντήρησης τροφίμων. Θα χρειαστεί περαιτέρω αξιολόγηση για τον προσδιορισμό των καταλληλότερων στρατηγικών για το σχεδιασμό μιας πιο βιώσιμης αλυσίδας εφοδιασμού τροφίμων. Υπό αυτή την προοπτική, νέες στρατηγικές λειτουργίας καθώς και νέες καινοτόμες συσκευές θα υποστηρίξουν την αλλαγή των βιομηχανικών παραδειγμάτων στον αγροδιατροφικό τομέα, που θεωρείται μία από τις κύριες προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν σε ένα νέο όραμα κυκλικής οικονομίας.

Στην εποχή μας με έντονη την περιβαλλοντική ανησυχία, απαιτούνται πολύ μεγαλύτερες προσπάθειες για την επίλυση των προβλημάτων των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, των απορρίψεων υδάτων και των υπερβολικών αποβλήτων. Οι κατάλληλες τεχνολογίες, τεχνικές, διαδικασίες και μέθοδοι επεξεργασίας είναι διαθέσιμες σε μεγάλο βαθμό για τους διαφορετικούς τύπους της βιομηχανίας επεξεργασίας τροφίμων. Ωστόσο, απαιτείται περαιτέρω περιβαλλοντική έρευνα για να αξιολογηθούν: (α) η ποιοτική και ποσοτική χημική σύνθεση των στερεών, υγρών και αερίων υποπροϊόντων και αποβλήτων, καθώς και ο βαθμός στον οποίο απελευθερώνονται στο περιβάλλον, (β) τα περιβαλλοντικά μέσα στα οποία απορρίπτονται, (γ) οι ποιοτικές και ποσοτικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις των αποβλήτων και των υποπροϊόντων της βιομηχανίας επεξεργασίας τροφίμων, (δ) οι διαθέσιμες τεχνικές ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης αποβλήτων και αποτελεσματικές μέθοδοι βιομετατροπής και αναβάθμισης αποβλήτων προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η περιβαλλοντική ρύπανση, (ε) βελτιωμένες τεχνολογίες συσκευασίας για τη μείωση της ποσότητας των στερεών αποβλήτων και των περιβαλλοντικών επιπτώσεών τους, (στ) εναλλακτικές λύσεις αντί των τοξικών χημικών που χρησιμοποιούνται σε εργασίες επεξεργασίας γεωργικών προϊόντων και τροφίμων, και (ζ) επιλογές πολιτικής και αρχής που πρέπει να στοχεύουν στον έλεγχο και την

ενίσχυση των υφιστάμενων περιβαλλοντικών κανονισμών ή ακόμη και στην επιβολή αυστηρότερων απαιτήσεων.

Τέλος, πρέπει να επικεντρωθούν αυξημένες προσπάθειες στα κίνητρα των καταναλωτών, των παραγωγών και των αρχών να εξοικονομήσουν ενέργεια, νερό και πρώτες ύλες και να ελαχιστοποιήσουν την παραγωγή αποβλήτων με επαναχρησιμοποίηση και αναβάθμιση τεχνικών και, κατά συνέπεια, για την πρόληψη της ρύπανσης του περιβάλλοντος. Συμπερασματικά, μπορεί να υποθεθεί ότι με μια συστηματική προσέγγιση όλων των περιβαλλοντικών προβλημάτων που σχετίζονται με τη βιομηχανία γεωργικών προϊόντων και τροφίμων, αυτά μπορούν να μειωθούν σε πολύ χαμηλά επίπεδα τόσο οικονομικά όσο και τεχνικά, με την προϋπόθεση ότι υπάρχει αρμόδια νομοθετική, επιστημονική έρευνα, διεθνής συνεργασία, ετοιμότητα του κλάδου και ευαισθητοποίηση του κοινού.

Σε επίπεδο Ανάλυσης Κύκλου Ζωής, παρόλο που η EPD με την μέθοδο LCA είναι ένα ισχυρό εργαλείο για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων προϊόντων/ δραστηριοτήτων/ υπηρεσιών, έχουν εντοπιστεί ορισμένοι περιορισμοί. Η κύρια δυσκολία σχετίζεται με τη μεθοδολογική προσέγγιση LCA, ιδιαίτερα την ποιότητα και τη συλλογή δεδομένων (όπως η επιλογή μεταξύ μέσου και οριακού δεδομένων ή προβλήματα κατανομής), ο ορισμός του συστήματος, τα χρονικά όρια και η μοντελοποίηση διαδικασίας. Ο τεράστιος όγκος λεπτομερών δεδομένων που απαιτούνται για την ολοκλήρωση μιας πλήρους EPD μπορεί να αποθαρρύνει ορισμένους επαγγελματίες από τη χρήση της ως εργαλείου υποστήριξης λήψης αποφάσεων. Η επέκταση των ορίων και η ποιότητα και η διαθεσιμότητα δεδομένων (όπως οι ακόμα σπάνιες τοξικολογικές πληροφορίες που επηρεάζουν το περιβάλλον) επηρεάζουν σημαντικά τα αποτελέσματα. Επομένως το προτεινόμενο μοντέλο επιδέχεται περεταίρω βελτιώσεις όπως:

- η εισαγωγή επιπλέον έστω και όχι τόσο σημαντικών ποσοτικά δεδομένων που δύναται να αποκτηθούν έπειτα από πολύχρονη εποπτεία των διεργασιών παραγωγής,
- η χρήση στοχαστικότητας για δεδομένα τα οποία δεν δύναται να προσδιοριστούν καθοριστικά πάρα μόνο μέσω της χρήση στατιστικών ευρών,

- η χρήση νέων μεθόδων όπως είναι η τεχνητή νοημοσύνη και η μηχανική μάθηση για την βελτιστοποίηση τόσο των εισερχόμενων δεδομένων όσο και των τελικών συμπερασμάτων.
- Η εισαγωγή στο μοντέλο πιο ευέλικτων βιβλιοθηκών για τον εμπλουτισμό των αναλύσεων των διεργασιών.

Από όλα τα παραπάνω εξάγεται το συμπέρασμα ότι η παρούσα εργασία αποτελεί μία ολοκληρωμένη μελέτη σε ένα μοντέρνο επιστημονικό τομέα , η οποία μπορεί να συμβάλλει στην εμπορική ανάδειξη ενός τοπικού προϊόντος, συνεισφέρει στον εντοπισμό διεργασιών παραγωγής του που επιβαρύνουν το περιβάλλον και άρα επιδέχονται βελτίωσης, ενώ πέρα από την επιστημονική κατάρτιση που παρείχε στον συγγραφέα προσδίδει παράλληλα τα εχέγγυα για μελλοντική προηγμένη έρευνα σε ανάλογους τομείς.

9 Βιβλιογραφία

- Anwar, F., Chaudhry, F. N., Nazeer, S., Zaman, N., & Azam, S. (2015). Causes of ozone layer depletion and its effects on human. *Atmospheric and Climate Sciences*, σσ. 129-134.
- Asman, N. S., Raymond, M. B., Mohamad, H. M., & Bolong, N. (2023). Life cycle assessment of plastic waste into furniture using open LCA software. *Transactions on Science and Technology*, σσ. 88-94.
- Bovea, M. D., Ibáñez-Forés, V., & Agustí-Juan, I. (2014). Environmental product declaration (EPD) labelling of construction and building materials. *n Eco-efficient construction and building materials*, σσ. 125-150.
- BUTCARU, A. C., CĂTUNEANU, I. L., STĂNICĂ, F., & BĂDULESCU, L. (2021). EVALUATION OF THE ENVIRONMENTAL IMPACTS OF FRUIT PRODUCTION USING LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA). *Scientific Papers. Series B. Horticulture*.
- Celauro, C., Cardella, A., & Guerrieri, M. (2023). LCA of Different Construction Choices for a Double-Track Railway Line for Sustainability Evaluations. *Sustainability*.
- Chau, C. K., Leung, T. M., & Ng, W. Y. (2015). A review on life cycle assessment, life cycle energy assessment and life cycle carbon emissions assessment on buildings. *Applied energy*, σσ. 395-413.
- Ciroth, A., Di Noi, C., Lohse, T., & Srocka, M. (2020). openLCA 1.10. GreenDelta GmbH. Available online at https://www.openlca.org/wp-content/uploads/2020/02/openLCA_1.10_User-Manual.pdf.
- Cowie, A.L., Brandão, M. and Soimakallio, S. (2019) ‘Quantifying the climate effects of forest-based bioenergy’, in *Managing Global Warming*. Elsevier, pp. 399–418. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814104-5.00013-2>.
- Chryssolouris, G. (2006) *Manufacturing Systems: Theory and Practice*. New York: Springer-Verlag (Mechanical Engineering Series). Available at: <https://doi.org/10.1007/0-387-28431-1>.
- Curran, M.A. (2014) ‘Strengths and Limitations of Life Cycle Assessment’, in W. Klöpffer (ed.) *Background and Future Prospects in Life Cycle Assessment*. Dordrecht: Springer Netherlands (LCA Compendium – The Complete World of

- Life Cycle Assessment), pp. 189–206. Available at: https://doi.org/10.1007/978-94-017-8697-3_6.
- Del Borghi, A. (2013) ‘LCA and communication: Environmental Product Declaration’, *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(2), pp. 293–295. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11367-012-0513-9>.
- Del Borghi, A. *et al.* (2008) ‘Development of PCR for WWTP based on a case study’, *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 13(6), pp. 512–521. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11367-008-0023-y>.
- Del Borghi, A., Moreschi, L. and Gallo, M. (2020) ‘Life cycle assessment in the food industry’, in *The Interaction of Food Industry and Environment*. Elsevier, pp. 63–118. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816449-5.00003-5>.
- Digiesi, S., Facchini, F. and Silvestri, B. (2022) ‘Green strategies to reduce the environmental impact of jam production’, *Transportation Research Procedia*, 67, pp. 72–82. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.12.037>.
- ECOIL (2004) *Life Cycle Assessment (LCA)*. Technical University of Crete. Available at: <http://www.ecoil.tuc.gr/LCA-2.pdf>.
- FAO (2018) *World Food and Agriculture - Statistical Pocketbook 2018*. FAO. Available at: <https://doi.org/10.4060/CA1796EN>.
- Farjana, S.H., Mahmud, M.A.P. and Huda, N. (2021) ‘Introduction to Life Cycle Assessment’, in *Life Cycle Assessment for Sustainable Mining*. Elsevier, pp. 1–13. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85451-1.00001-9>.
- Gasa, G., Prieto, C., Lopez-Roman, A., & Cabeza, L. F. (2022). Life cycle assessment (LCA) of a concentrating solar power (CSP) plant in tower configuration with different storage capacity in molten salts. *Journal of Energy Storage*.
- Gaur, A., Gurjar, S.K. and Chaudhary, S. (2022) ‘Circular system of resource recovery and reverse logistics approach: key to zero waste and zero landfill’, in *Advanced Organic Waste Management*. Elsevier, pp. 365–381. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85792-5.00008-3>.
- Harvey, J. T., & Butt, A. A. (2023). *Recommended Approach for Use of Cradle-to-Gate Environmental Product Declarations (EPDs) in Procurement of Civil Infrastructure Materials*.

- Hiederer, R. (2011) *International reference life cycle data system (ILCD) handbook: general guide for life cycle assessment: provisions and action steps*. First edition. Luxembourg: Publications Office.
- Hillege, L. (2024) ‘Impact Categories (LCA) – The complete overview’, *Ecochain*. Available at: <https://ecochain.com/blog/impact-categories-lca/>.
- Hospido, A., Rivela, B. and Gazulla, C. (2022) ‘Life cycle methods and experiences of environmental sustainability assessments in the wine sector’, in *Improving Sustainable Viticulture and Winemaking Practices*. Elsevier, pp. 351–370. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85150-3.00018-9>.
- Ibáñez-Forés, V. *et al.* (2016) ‘Environmental Product Declarations: exploring their evolution and the factors affecting their demand in Europe’, *Journal of Cleaner Production*, 116, pp. 157–169. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.078>.
- Ige, O. E., Olanrewaju, O. A., Duffy, K. J., & Obiora, C. (2021). A review of the effectiveness of Life Cycle Assessment for gauging environmental impacts from cement production. *Journal of Cleaner Production*.
- Ingwersen, W.W. and Stevenson, M.J. (2012) ‘Can we compare the environmental performance of this product to that one? An update on the development of product category rules and future challenges toward alignment’, *Journal of Cleaner Production*, 24, pp. 102–108. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.10.040>.
- Konradsen, F., Hansen, K. S., Ghose, A., & Pizzol, M. (2023). Same product, different score: how methodological differences affect EPD results. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, σσ. 1-17.
- Kosseva, M.R. (2020) ‘Sources, characteristics and treatment of plant-based food waste’, in *Food Industry Wastes*. Elsevier, pp. 37–66. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817121-9.00003-6>.
- Kroyer, G.Th. (1995) ‘Impact of food processing on the environment—an overview’, *LWT - Food Science and Technology*, 28(6), pp. 547–552. Available at: [https://doi.org/10.1016/0023-6438\(95\)90000-4](https://doi.org/10.1016/0023-6438(95)90000-4).
- Lalonde, E. (2024) ‘Environmental Product Declaration (EPD) – The complete guide’, *Ecochain*. Available at: <https://ecochain.com/blog/environmental-product-declaration-epd-basics/>.

- Laurent, A., Weidema, B. P., Bare, J., Liao, X., Maia de Souza, D., Pizzol, M., . . . Verones, F. (χ.χ.). Methodological review and detailed guidance for the life cycle interpretation phase. *Journal of industrial ecology*, σσ. 986-1003.
- Liu, H., Li, B. and Tang, W. (2019) ‘Manufacturing oriented topology optimization of 3D structures for carbon emission reduction in casting process’, *Journal of Cleaner Production*, 225, pp. 755–770. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.163>.
- Lüdemann, L., Bona, M. S., & Golder, M. (2019). Development of a Product Category Rule (PCR) for Environmental Product Declaration (EPD) of Conveyor Chain Systems. In *Proceedings of XXII International Conference MHCL*, σσ. 127-134.
- Malone, N. (ed.) (2014) *Strawberries: cultivation, antioxidant properties and health benefits*. New York: Nova Publishers (Nutrition and diet research progress).
- Moré, F. B., Galindro, B. M., & Soares, S. R. (2022). Assessing the completeness and comparability of environmental product declarations. *Journal of Cleaner Production*.
- Muralikrishna, I.V. and Manickam, V. (2017) ‘Life Cycle Assessment’, in *Environmental Management*. Elsevier, pp. 57–75. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811989-1.00005-1>.
- Muthu, S.S. (2020) ‘Ways of measuring the environmental impact of textile processing’, in *Assessing the Environmental Impact of Textiles and the Clothing Supply Chain*. Elsevier, pp. 33–56. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819783-7.00002-8>.
- Najjar, M. K., Figueiredo, K., E. A., Hammad, A. W., Tam, V. W., & Haddad, A. (2022). Life cycle assessment methodology integrated with BIM as a decision-making tool at early-stages of building design. *International Journal of Construction Management*, σσ. 541-555.
- Nemecek, T. et al. (2014) *World Food LCA Database Methodological Guidelines for the Life Cycle Inventory of Agricultural Products*. Version 2.0. Lausanne and Zurich, Switzerland: Quantis and Agroscope. Available at: https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/ueber-uns/mitarbeitende/_jcr_content/par/externalcontent.external.exturl.html/aHR0cHM6Ly9pcmEuYWdyb3Njb3BILmNoL2VuLVVTL1B1Ymxpa2F0aW9uP2Vpbnp1bHB1Ymxpa2F0aW9uSWQ9MzQxNDQmcGFyZW50VXJsPSUyRmVu

LVVTJTJGUHVibGlrYXRpb25zbGlzdGUIMkZJbm/RleE1pdGFyYmVpdGVy
JTNGYWdyb3Njb3BISWQIM0Q1MTI2.html.

- Nemecek, T. *et al.* (2020) *Methodological Guidelines for the Life Cycle Inventory of Agricultural Products*. Version 3.5. Lausanne and Zurich, Switzerland: Quantis and Agroscope. Available at: https://simapro.com/wp-content/uploads/2020/11/WFLDB_MethodologicalGuidelines_v3.5.pdf.
- Ngo, A.K. (2012) ‘Environmental Accountability: A New Paradigm for World Trade is Emerging’, in M.A. Curran (ed.) *Life Cycle Assessment Handbook*. 1st edn. Wiley, pp. 563–584. Available at: <https://doi.org/10.1002/9781118528372.ch24>.
- Nielsen, P.H. *et al.* (2003) *LCA food data base*. Danish Institute of Agricultural Sciences.
- Panagiotopoulou, V.C., Stavropoulos, P. and Chrysosolouris, G. (2022) ‘A critical review on the environmental impact of manufacturing: a holistic perspective’, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 118(1–2), pp. 603–625. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00170-021-07980-w>.
- Petrakis, T. *et al.* (2024) ‘Growth and Physiological Characteristics of Strawberry Plants Cultivated under Greenhouse-Integrated Semi-Transparent Photovoltaics’, *Plants*, 13(6), p. 768. Available at: <https://doi.org/10.3390/plants13060768>.
- Pimenta, H. C., & Ball, P. D. (2015). Analysis of environmental sustainability practices across upstream supply chain management. *Procedia Cirp*, 26, σσ. 677-682.
- Rodolfi, M. *et al.* (2022) ‘Hop green sprouts preservation and valorisation as semi-finished and finished products: impact of different treatments on microstructural, physical and chemical traits’, *European Food Research and Technology*, 248(5), pp. 1203–1215. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03956-y>.
- Salemdeeb, R., Bin Daina, M., Reynolds, C., & Al-Tabbaa, A. (2018). An environmental evaluation of food waste downstream management options: a hybrid LCA approach. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, σσ. 217-229.
- Samani, P. (2023). Synergies and gaps between circularity assessment and Life Cycle Assessment (LCA). *Science of The Total Environment*.
- Sand, M., Skeie, R., Sandstad, M., Krishnan, S., Myhre, G., Bryant, H. D., . . . Stevenson, D. (2023). A multi-model assessment of the Global Warming Potential of hydrogen. *Communications Earth & Environment*.

- Schaubroeck, T., Schrijvers, D., Schaubroeck, S., Moretti, C., Zamagni, A., Pelletier, N., . . . Brandão, M. (2022). Definition of product system and solving multifunctionality in ISO 14040–14044: inconsistencies and proposed amendments—toward a more open and general LCA framework. *Frontiers in Sustainability*.
- Schmidt, M. (2008). The Sankey diagram in energy and material flow management: part II: methodology and current applications. *Journal of industrial ecology*, σσ. 173-185.
- Sevigné-Itoiz, E., Mwabonje, O., Panoutsou, C., & Woods, J. (2021). Life cycle assessment (LCA): informing the development of a sustainable circular bioeconomy? *Philosophical Transactions of the Royal Society A*.
- Silva, D., Nunes, A. O., da Silva Moris, A., Moro, C., & Piekarski, T. O. (2017). How important is the LCA software tool you choose Comparative results from GaBi, openLCA, SimaPro and Umberto. *In Proceedings of the VII Conferencia Internacional de Análisis de Ciclo de Vida en Latinoamérica, Medellin, Colombia*, σσ. 10-15.
- Strazza, C. *et al.* (2010) ‘Definition of the methodology for a Sector EPD (Environmental Product Declaration): case study of the average Italian cement’, *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 15(6), pp. 540–548. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11367-010-0198-x>.
- Strazza, C., Del Borghi, A. and Gallo, M. (2013) ‘Development of Specific Rules for the Application of Life Cycle Assessment to Carbon Capture and Storage’, *Energies*, 6(3), pp. 1250–1265. Available at: <https://doi.org/10.3390/en6031250>.
- Timakova, R.T. *et al.* (2018) ‘EFFECT OF VARIOUS DOSES OF IONIZING RADIATION ON THE SAFETY OF MEAT SEMI-FINISHED PRODUCTS’, *Foods and Raw materials*, 6(1), pp. 120–127. Available at: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-1-120-127>.
- Torabi, F. and Ahmadi, P. (2020) ‘Battery technologies’, in *Simulation of Battery Systems*. Elsevier, pp. 1–54. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816212-5.00005-2>.
- UNEP (2011) *Global guidance principles for life cycle assessment databases: a basis for greener processes and products*. UNEP. Available at:

<https://www.lifecycleinitiative.org/wp-content/uploads/2012/12/2011%20-%20Global%20Guidance%20Principles.pdf>.

UNEP/SETAC (2012) *Towards a life cycle sustainability assessment - Making informed choices on products*. UNEP. Available at:
<https://www.lifecycleinitiative.org/wp-content/uploads/2012/12/2011%20-%20Towards%20LCSA.pdf>.

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης.