



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΤΕΡΟΓΕΝΩΝ ΜΕΙΓΜΑΤΩΝ
ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΥΣΗΣ

**Συγκριτική ανάλυση κύκλου ζωής βιομηχανικής
παραγωγής γυαλιού**

Διπλωματική Εργασία

Παυλίδου Αναστασία

Επιβλέπουσα : Φούντη Μαρία
Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

Σεπτέμβριος 2015
ΑΘΗΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία είναι αποτέλεσμα εκτενούς δουλειάς που έγινε το ακαδημαϊκό έτος 2014-2015 στο εργαστήριο Ετερογενών Μειγμάτων και Συστημάτων Καύσης της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών του Ε.Μ.Π. και έχει αντικείμενο την «Συγκριτική ανάλυση κύκλου ζωής βιομηχανικής παραγωγής γυαλιού». Επιβλέφθηκε από τη διευθύντρια του εργαστηρίου και Καθηγήτρια Μαρία Φούντη και συνεπιβλέφθηκε από το Διδάκτορα και μέλος ΕΔΙΠ Δημήτρη Γιαννόπουλο.

Για την ευκαιρία εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ. Μαρία Φούντη και για την άψογη συνεργασία τον κ. Δημήτρη Γιαννόπουλο, χωρίς την βοήθεια και την καθοδήγηση του οποίου δεν θα ήταν δυνατή η διεκπεραίωσή της. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους με στήριξαν σε αυτήν την προσπάθεια.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να γίνει μια μελέτη γύρω από τη διαδικασία παραγωγής γυάλινων δοχείων ως προς την ενεργειακή κατανάλωση και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, με απώτερο σκοπό την αξιολόγηση της καινοτόμου τεχνολογίας τήξεως με μικροκύματα.

Η μελέτη αυτή πραγματοποιείται σε τρία στάδια: στο πρώτο γίνεται μια διερεύνηση των υφιστάμενων τεχνολογιών ως προς την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και το δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη, στο δεύτερο στάδιο εξετάζεται η παραγωγή της γυάλινης συσκευασίας συγκριτικά με ανταγωνιστικά υλικά συσκευασίας (πλαστικό και χαρτί) και τέλος γίνεται μία συγκριτική αξιολόγηση της πειραματικής χρήσης μικροκυμάτων στην παραγωγική διαδικασία των γυάλινων δοχείων. Στα πλαίσια της ανάλυσης αυτής εξετάζονται τα περιθώρια βελτίωσης της τεχνολογίας μικροκυμάτων ως προς την κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος συγκριτικά με τις υφιστάμενες τεχνολογίες αλλά και τα διαφορετικά υλικά, καθώς και η επίδοση των παραπάνω με χρήση της προβλεπόμενης παραγωγής ρεύματος το 2050 στην Ελλάδα, σύμφωνα με το σενάριο Μέτρων Μεγιστοποίησης ΑΠΕ του Υπουργείου Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής.

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για την μελέτη αυτή είναι η Ανάλυση Κύκλου Ζωής (AKZ). Η AKZ περιλαμβάνει πλήθος περιβαλλοντικών δεικτών που εξετάζουν διάφορες συνιστώσες της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης που μπορεί να επιφέρει ένα προϊόν ή μια διεργασία καθόλη την διάρκεια του κύκλου ζωής του. Στην παρούσα διπλωματική εργασία η μεθοδολογία της AKZ εφαρμόστηκε με χρήση του προγράμματος SimaPro 7.

Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά το περιεχόμενο, το δεύτερο κεφάλαιο αποτελείται από μια εκτενή περιγραφή της βιομηχανικής παραγωγής δοχείων συσκευασίας από γυαλί αλλά και από πλαστικό και χαρτί. Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μια παρουσίαση της μεθοδολογίας Ανάλυσης Κύκλου Ζωής και στο τέταρτο η εφαρμογή της στις περιπτώσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω. Τέλος, στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την παραπάνω μελέτη.

Τα βασικότερα συμπεράσματα που εξήχθησαν από την εν λόγω μελέτη είναι ότι η παραγωγή της χάρτινης συσκευασίας έχει μακράν την χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας και το μικρότερο δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη και η παραγωγή γυαλιού δεν μπορεί να την συναγωνιστεί. Προέκυψε επίσης ότι η τεχνολογία μικροκυμάτων με τα σημερινά δεδομένα δεν είναι συγκρίσιμη με την υφιστάμενη τεχνολογία τήξης και για να συμβεί αυτό θα πρέπει να μειωθεί η κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος κατά τουλάχιστον 30%. Τέλος, με χρήση ρεύματος του 2050 αυτό που ουσιαστικά αλλάζει είναι το ποσοστό της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας που προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές, το οποίο αυξάνεται σημαντικά στην τεχνολογία μικροκυμάτων και συνεπώς μειώνονται οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

ABSTRACT

The present thesis aims to study the procedure of glass container production in relation to the demand for energy and greenhouse gas emissions, with the objective to assess innovative microwave melting technology.

The study is organized in three parts; first, a review of existing technologies as far as the primary energy demand and global warming potential are concerned, secondly, an examination of packaging glass production in comparison with competitive packaging materials (plastic and paper) and finally, a comparative assessment of the experimental microwave use in the production of glass containers. Within the framework of the present analysis it is also examined whether there is room for improvement on microwave technology with regard to electric energy consumption, compared to both existing technologies and alternative materials as well as the performance of the above mentioned, taking under consideration the anticipated electricity mix in 2050 in Greece, according to the scenario about the maximization measures of Renewable Energy Sources (RES) of the Ministry of Environment Energy and Climate Change.

The methodology employed for the present study is the Life Cycle Assessment (LCA). LCA involves a variety of environmental indicators that examine various aspects of environmental degradation, which can be induced by a product or a process during its life cycle. The LCA methodology was implemented with SimaPro7 software.

More specifically, concerning the content, the second chapter consists of an extensive description of the industrial production of glass containers, plastic containers and liquid packaging board containers. The third chapter consists of an exposition of Life Cycle Assessment methodology; subsequently the fourth chapter revolves around its implementation in the above mentioned cases. Finally, the conclusions drawn from the study are presented in the fifth chapter.

The main conclusions drawn from the above study, are; liquid packaging board container production has the lowest energy demand and the lowest global warming potential therefore, glass container production cannot be competitive. Another conclusion is that microwave technology in its present state cannot be compared to existing technology and in order for this to happen there should be a 30% reduction of electric energy consumption. At last, by using the electricity mix of 2050 what actually changes is the percentage of primary energy demand coming from renewable resources, which is significantly increased in the microwave technology thus, reducing green-house gas emissions.

Περιεχόμενα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ABSTRACT	4
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	7
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ.....	9
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	11
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	12
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΔΟΧΕΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΥΓΡΩΝ	12
2.1. Περιγραφή συμβατικών γραμμών παραγωγής γυαλιού	12
2.1.1. Διαχείριση πρώτων υλών και προετοιμασία μείγματος	14
2.1.2. Τήξη	16
2.1.4. Διαμόρφωση	22
2.1.5. Ψύξη- Έλεγχος- Πακετάρισμα	27
2.2. Περιγραφή Παραγωγής Αντίστοιχων Μέσων Μεταφοράς Υγρών	27
2.2.1. Πλαστική συσκευασία (ΠΕΤ)	27
2.2.2. Χάρτινη συσκευασία	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	33
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ	33
3.1. Ορισμός	33
3.2. Ιστορική αναδρομή.....	34
3.3. Διεθνή πρότυπα.....	36
3.4. Μεθοδολογία	37
3.4.1 Σκοπός και πλαίσιο της ΑΚΖ	38
3.4.2 Απογραφή δεδομένων	40
3.4.3 Εκτίμηση επιπτώσεων	42
3.4.4 Ερμηνεία αποτελεσμάτων - εκτίμηση βελτιώσεων	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	48
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ.....	48
4.1. Περιβαλλοντικοί Δείκτες.....	51
4.2. Μέρος 1^ο: Σύγκριση τεχνολογιών τήξης	53
4.2.1. Δεδομένα- Επεξεργασία- Παραδοχές.....	53
4.2.2. Αποτελέσματα	58
4.3. Μέρος 2^ο: Σύγκριση διαφορετικών υλικών	60
4.3.1. Δεδομένα- Επεξεργασία- Παραδοχές.....	60
4.3.2. Αποτελέσματα	65
4.4. Μέρος 3^ο: Αξιολόγηση πειραματικών δεδομένων	69
4.4.1. Το πρόγραμμα Darhne.....	69
4.4.2. Μέρος 3α: Σύγκριση πειραματικών δεδομένων με κατανάλωση ρεύματος τρέχουσας παραγωγής	73
4.4.3. Σενάριο ΜΕΑΠ	79

4.4.4. Μέρος 3β: Σύγκριση πειραματικών δεδομένων με κατανάλωση ρεύματος παραγωγής 2050	81
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	88
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	88
ΑΝΑΦΟΡΕΣ	90
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι	94
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ	99

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1: Σύσταση γυάλινων δοχείων [2, 4, 6].....	16
Πίνακας 2.2: Μέσος όρος σύνθεσης γυάλινων δοχείων 1980-2000 [7].....	16
Πίνακας 3.1: Τύποι παραγόντων που προβλέπονται από τις μεθόδους εκτίμησης επιπτώσεων [43].....	46
Πίνακας 3.2: Μέθοδοι εκτίμησης επιπτώσεων και τα χαρακτηριστικά τους [44].	46
Πίνακας 4.1. : Περιγραφή σταδίων εφαρμογής μεθοδολογίας.....	49
Πίνακας 4.2: Ονομασίες διεργασιών με την περιγραφή τους.....	51
Πίνακας 4.3: Πρώτες ύλες (αντίστοιχα με τα δεδομένα από το SimaPro)[9].....	54
Πίνακας 4.4: Κατανάλωση ενέργειας κατά την τήξη του γυαλιού για διαφορετικούς τύπους κλιβάνου και για 70% υαλόθραυσμα [4].....	54
Πίνακας 4.5: Θερμικές απαιτήσεις μονάδας Γιούλα Α.Ε. [1].....	55
Πίνακας 4.6: Σύγκριση τεχνολογιών ως προς την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας.....	58
Πίνακας 4.7: Σύγκριση τεχνολογιών ως προς το δυναμικό παγκόσμιας θέρμανσης.....	60
Πίνακας 4.8: Αντιστοιχίες μεγέθους- βάρους συσκευασιών [52].....	61
Πίνακας 4.9: Σύγκριση υλικών ως προς την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας.....	66
Πίνακας 4.10: Σύγκριση υλικών ως προς το δυναμικό παγκόσμιας θέρμανσης.....	67
Πίνακας 4.11: Δεδομένα κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας παρούσας και σχετικής μελέτης προς σύγκριση [52].....	68
Πίνακας 4.12: Δεδομένα δυναμικού υπερθέρμανσης του πλανήτη, παρούσας και σχετικής μελέτης προς σύγκριση [52].....	69
Πίνακας 4.13: Πειραματικά δεδομένα, κατανάλωση ενέργειας [53].....	73
Πίνακας 4.14: Σύγκριση υφιστάμενων τεχνολογιών και υλικών με τεχνολογία μικροκυμάτων ως προς την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας.....	75
Πίνακας 4.15: Σύγκριση υφιστάμενων τεχνολογιών και υλικών με τεχνολογία μικροκυμάτων ως προς το δυναμικό παγκόσμιας θέρμανσης.....	75
Πίνακας 4.16: Περιθώρια βελτίωσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας της τεχνολογίας μικροκυμάτων, ως προς την υφιστάμενη τεχνολογία.....	76
Πίνακας 4.17: Περιθώρια βελτίωσης στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου της τεχνολογίας μικροκυμάτων, ως προς την υφιστάμενη τεχνολογία.....	77
Πίνακας 4.18: Περιθώρια βελτίωσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας της τεχνολογίας μικροκυμάτων, ως προς τα διαφορετικά υλικά.....	78
Πίνακας 4.19: Περιθώρια βελτίωσης στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου της τεχνολογίας μικροκυμάτων, ως προς τα διαφορετικά υλικά.....	79
Πίνακας 4.20: Μείγμα ηλεκτρικού ρεύματος παραγόμενο στην Ελλάδα το 2050 [55].....	82
Πίνακας 4.21: Σύγκριση τεχνολογιών και υλικών με ρεύμα παραγωγής του 2050 ως προς την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας.....	83
Πίνακας 4.22: Σύγκριση τεχνολογιών και υλικών με ρεύμα παραγωγής του 2050 ως προς το δυναμικό παγκόσμιας θέρμανσης.....	83
Πίνακας 4.23: Περιθώρια βελτίωσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας της τεχνολογίας μικροκυμάτων, ως προς την υφιστάμενη τεχνολογία με εφαρμογή του σεναρίου ΜΕΑΠ.....	84

Πίνακας 4.24: Περιθώρια βελτίωσης στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου της τεχνολογίας μικροκυμάτων, ως προς την υφιστάμενη τεχνολογία με εφαρμογή του σεναρίου ΜΕΑΠ.	85
Πίνακας 4.25: Περιθώρια βελτίωσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας της τεχνολογίας μικροκυμάτων, ως προς τα διαφορετικά υλικά με εφαρμογή του σεναρίου ΜΕΑΠ.	86
Πίνακας 4.26: Περιθώρια βελτίωσης στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου της τεχνολογίας μικροκυμάτων, ως προς τα διαφορετικά υλικά με εφαρμογή του σεναρίου ΜΕΑΠ.	87

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 4.1: Σύγκριση τεχνολογιών ως προς την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας.....	58
Διάγραμμα 4.2: Σύγκριση τεχνολογιών ως προς το δυναμικό παγκόσμιας θέρμανσης.....	59
Διάγραμμα 4.3: Σύγκριση υλικών ως προς την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας.....	66
Διάγραμμα 4.4: Σύγκριση υλικών ως προς το δυναμικό παγκόσμιας θέρμανσης.....	67
Διάγραμμα 4.5: Σύγκριση αποτελεσμάτων με αποτελέσματα σχετικής μελέτης για την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας.....	68
Διάγραμμα 4.6: Σύγκριση αποτελεσμάτων με αποτελέσματα σχετικής μελέτης ως προς το δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη.....	68
Διάγραμμα 4.7: Σύγκριση υφιστάμενων τεχνολογιών και υλικών με τεχνολογία μικροκυμάτων ως προς την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας.....	74
Διάγραμμα 4.8: Σύγκριση υφιστάμενων τεχνολογιών και υλικών με τεχνολογία μικροκυμάτων ως προς το δυναμικό παγκόσμιας θέρμανσης.....	75
Διάγραμμα 4.9: Περιθώρια βελτίωσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας της τεχνολογίας μικροκυμάτων, ως προς την υφιστάμενη τεχνολογία.....	76
Διάγραμμα 4.10: Περιθώρια βελτίωσης στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου της τεχνολογίας μικροκυμάτων, ως προς την υφιστάμενη τεχνολογία.....	77
Διάγραμμα 4.11: Περιθώρια βελτίωσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας της τεχνολογίας μικροκυμάτων, ως προς τα διαφορετικά υλικά.....	78
Διάγραμμα 4.12: Περιθώρια βελτίωσης στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου της τεχνολογίας μικροκυμάτων, ως προς τα διαφορετικά υλικά.....	79
Διάγραμμα 4.13: Εξέλιξη των εκπομπών CO ₂ στον ενεργειακό τομέα ανά σενάριο πολιτικής μέχρι το 2050 [55].....	80
Διάγραμμα 4.14: Εξέλιξη της ηλεκτροπαραγωγής ανά καύσιμο σε κάθε εξεταζόμενο σενάριο [55].....	81
Διάγραμμα 4.15: Σύγκριση τεχνολογιών και υλικών με ρεύμα παραγωγής του 2050 ως προς την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας.....	82
Διάγραμμα 4.16: Σύγκριση τεχνολογιών και υλικών με ρεύμα παραγωγής του 2050 ως προς το δυναμικό παγκόσμιας θέρμανσης.....	83
Διάγραμμα 4.17: Περιθώρια βελτίωσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας της τεχνολογίας μικροκυμάτων, ως προς την υφιστάμενη τεχνολογία με εφαρμογή του σεναρίου ΜΕΑΠ.....	84
Διάγραμμα 4.18: Περιθώρια βελτίωσης στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου της τεχνολογίας μικροκυμάτων, ως προς την υφιστάμενη τεχνολογία με εφαρμογή του σεναρίου ΜΕΑΠ.....	85
Διάγραμμα 4.19: Περιθώρια βελτίωσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας της τεχνολογίας μικροκυμάτων, ως προς τα διαφορετικά υλικά με εφαρμογή του σεναρίου ΜΕΑΠ.....	86
Διάγραμμα 4.20: Περιθώρια βελτίωσης στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου της τεχνολογίας μικροκυμάτων, ως προς τα διαφορετικά υλικά με εφαρμογή του σεναρίου ΜΕΑΠ.....	87

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2.1: Γραμμή παραγωγής γυάλινων δοχείων [2].....	13
Σχήμα 2.2: Εγκατάσταση προετοιμασίας μείγματος [2].....	15
Σχήμα 2.3: Διεργασίες τήξης και φινιρίσματος [2].	17
Σχήμα 2.4: Κλίβανος εγκάρσιας καύσεως με αναγέννηση θερμότητας [4].	20
Σχήμα 2.5: Κλίβανος ακραίας καύσεως με αναγέννηση θερμότητας [4].	20
Σχήμα 2.6: Κλίβανος με εναλλάκτη ανάκτησης θερμότητας.....	21
Σχήμα 2.7: Σχηματισμός και μεταφορά «σταγόνων» [11].	24
Σχήμα 2.8: Σχηματισμός σταγόνων τεσσάρων σταδίων [8].....	24
Σχήμα 2.9: Μέθοδος πρεσαρίσματος- φυσήματος γυάλινου μπουκαλιού [8].	25
Σχήμα 2.10: Μέθοδος φυσήματος- φυσήματος και μέθοδος πρεσαρίσματος- φυσήματος [4].....	26
Σχήμα 2.11: Παραγωγή φιαλών από έτοιμα προπλάσματα [13].	29
Σχήμα 2.12: Τυπική σύσταση του laminate για τα χάρτινα κουτιά ασηπτικής συσκευασίας [16].....	32
Σχήμα 2.13: Προκατασκευασμένοι χάρτινοι περιέκτες [15].....	32
Σχήμα 3.1: Κύκλος ζωής προϊόντος [21].....	33
Σχήμα 3.2: Στάδια κύκλου ζωής [22].	34
Σχήμα 3.3: Στάδια εφαρμογής AKZ [22].....	37
Σχήμα 4.1: Δίκτυο διεργασιών παραγωγής γυάλινου μπουκαλιού για την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (απεικονίζονται διεργασίες με συνεισφορά από 10% και πάνω).....	56
Σχήμα 4.2: Δίκτυο διεργασιών παραγωγής γυάλινου μπουκαλιού για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (απεικονίζονται διεργασίες με συνεισφορά 5% και πάνω).....	57
Σχήμα 4.3: Δίκτυο διεργασιών παραγωγής χάρτινου κουτιού για την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (απεικονίζονται διεργασίες με συνεισφορά από 7,8% και πάνω).....	62
Σχήμα 4.4: Δίκτυο διεργασιών παραγωγής χάρτινου κουτιού για το δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη (απεικονίζονται διεργασίες με συνεισφορά από 22% και πάνω).	63
Σχήμα 4.5: Δίκτυο διεργασιών παραγωγής πλαστικού μπουκαλιού για την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (απεικονίζονται διεργασίες με συνεισφορά από 11% και πάνω).....	64
Σχήμα 4.6: Δίκτυο διεργασιών παραγωγής πλαστικού μπουκαλιού για το δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη (απεικονίζονται διεργασίες με συνεισφορά από 5,5% και πάνω).....	65
Σχήμα 4.7 : Διάγραμμα ροής παραγωγικής διαδικασίας γυαλιού [53].	70
Σχήμα 4.8: Σύστημα τροφοδοσίας με τις βασικές του διαστάσεις [53].	71
Σχήμα 4.9: Σύστημα προθέρμανσης [53].	71
Σχήμα 4.10: Τμήματα θέρμανσης με μικροκύματα με τις βασικές τους διαστάσεις [53].	72
Σχήμα 4.11: Σκίτσο της πειραματικής διάταξης παραγωγής γυαλιού με μικροκύματα [53].	73

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα γυάλινα δοχεία αποτελούν τον μεγαλύτερο τομέα της βιομηχανίας παραγωγής γυαλιού στην Ευρωπαϊκή Ένωση και αντιστοιχούν στο 50- 60 % της συνολικής παραγωγής γυαλιού. Χρησιμοποιούνται κυρίως στη συσκευασία ποτών και τροφίμων αλλά και καλλυντικών, φαρμακευτικών προϊόντων κ.α. Τις τελευταίες δεκαετίες η βιομηχανία γυαλιού αντιμετωπίζει αυξανόμενο ανταγωνισμό στον τομέα της συσκευασίας τροφίμων και ποτών από τα πλαστικά, και ειδικά το τερεφθαλικό πολυαιθυλαίνιο (PET), τις χάρτινες συσκευασίες αλλά και το αλουμίνιο. Τα κύρια πλεονεκτήματα των γυάλινων δοχείων είναι η υψηλή χημική αντοχή και η διαφύλαξη της ποιότητας του περιεχομένου τους, η ικανότητα επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης, καθώς και το γεγονός ότι οι πρώτες ύλες για την κατασκευή τους βρίσκονται άφθονες στην φύση. Από την άλλη, οι δύο μεγαλύτερες περιβαλλοντικές προκλήσεις για την βιομηχανία γυαλιού είναι η κατανάλωση ενέργειας και οι εκπομπές ρύπων στην ατμόσφαιρα. Η παραγωγή του γυαλιού είναι μια υψηλής θερμοκρασίας, ενεργοβόρα διεργασία που έχει ως αποτέλεσμα την εκπομπή προϊόντων λόγω καύσης και λόγω της υψηλής θερμοκρασίας οξειδωσης του ατμοσφαιρικού αζώτου.

Στόχος λοιπόν της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να γίνει μία μελέτη σχετικά με την διεργασία παραγωγής των γυάλινων δοχείων ως προς την ενεργειακή κατανάλωση και τις εκπομπές αερίων ρύπων. Σε πρώτο επίπεδο η μελέτη περιλαμβάνει μια διερεύνηση των υφιστάμενων τεχνολογιών, έπειτα εξετάζεται η παραγωγή της γυάλινης συσκευασίας συγκριτικά με τα ανταγωνιστικά υλικά συσκευασίας και τέλος γίνεται μία συγκριτική αξιολόγηση της πειραματικής χρήσης μικροκυμμάτων στην παραγωγική διαδικασία των γυάλινων δοχείων.

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για την μελέτη αυτή είναι η Ανάλυση Κύκλου Ζωής (AKZ). Η AKZ περιλαμβάνει πλήθος περιβαλλοντικών δεικτών που εξετάζουν διάφορες συνιστώσες της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης που μπορεί να επιφέρει ένα προϊόν ή μια διεργασία καθόλη την διάρκεια του κύκλου ζωής του. Στην παρούσα διπλωματική εργασία η μεθοδολογία της AKZ εφαρμόστηκε με χρήση του προγράμματος SimaPro. Συγκεκριμένα: το δεύτερο κεφάλαιο αποτελείται από μια εκτενή περιγραφή της βιομηχανικής παραγωγής δοχείων συσκευασίας από γυαλί αλλά και από πλαστικό (PET) και χαρτί. Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μια παρουσίαση της μεθοδολογίας Ανάλυσης Κύκλου Ζωής και στο τέταρτο η εφαρμογή της στις περιπτώσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΔΟΧΕΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΥΓΡΩΝ

2.1. Περιγραφή συμβατικών γραμμών παραγωγής γυαλιού

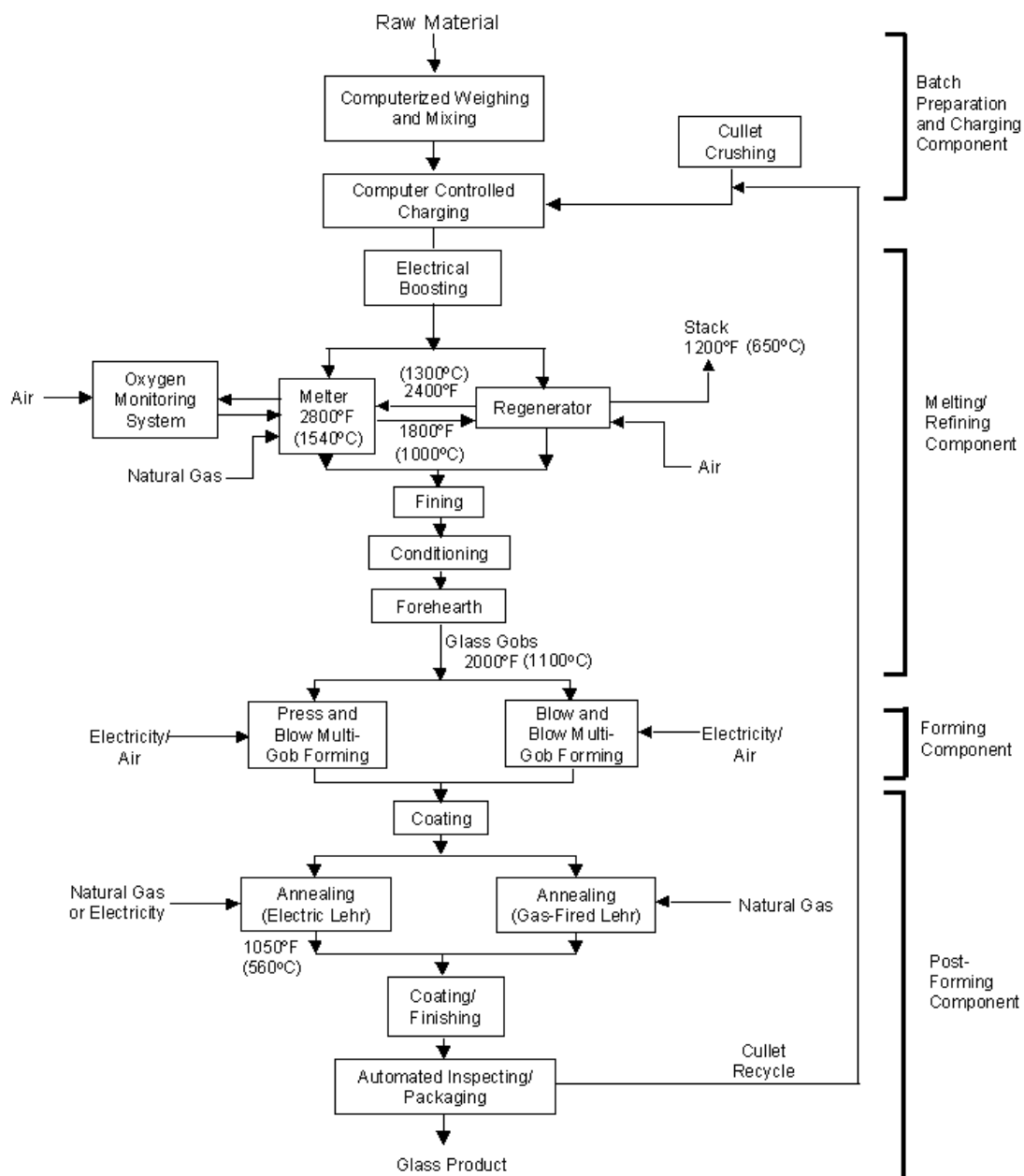
Η παρασκευή γυάλινων δοχείων είναι ο μεγαλύτερος κλάδος της υαλουργίας και αντιπροσωπεύει το 50-60% της συνολικής παραγωγής γυαλιού. Καλύπτει την παρασκευή γυαλιών συσκευασίας, για τη συσκευασία φαγητού, ποτών, καλλυντικών και αρωμάτων, φαρμακευτικών ειδών και τεχνικών προϊόντων (βάζα, μπουκάλια).

Το γυαλί είναι στερεό υλικό και λόγω της απουσίας κρυσταλλικότητας στη δομή του, είναι άμορφο. Παρασκευάζεται με σύντηξη χαλαζιακής άμμου η οποία ουσιαστικά αποτελεί τον διαμορφωτή και ενός ή περισσοτέρων σταθεροποιητών προκειμένου να μην είναι το γυαλί εύθρυπτο και να μην αποσθρώνεται από το νερό. Το κοινό γυαλί παρασκευάζεται με σύντηξη χαλαζιακής άμμου (SiO_2), ανθρακικού νατρίου (Na_2CO_3), οξειδίου του καλίου (K_2O), ανθρακικού ασβεστίου (ασβεστόλιθου) (CaCO_3), και ανθρακικού μαγνησίου (MgCO_3) και οξειδίου του αργιλίου (Al_2O_3)(σταθεροποιητές). Ανάλογα με τον τύπο και το ποσοστό των βασικών συστατικών και των σταθεροποιητών λαμβάνονται και οι διάφοροι τύποι γυαλιού [1].

Η παραγωγή γυαλιού, ανεξαρτήτως του τελικού προϊόντος, πραγματοποιείται σε τέσσερα βασικά στάδια επεξεργασίας: προετοιμασία μείγματος, τήξη και φινίρισμα, διαμόρφωση, και διεργασίες κατάντι του σταδίου της διαμόρφωσης [2].

Η προετοιμασία του μείγματος είναι το στάδιο όπου οι πρώτες ύλες για την παραγωγή γυαλιού αναμιγνύονται για να επιτευχθεί το επιθυμητό τελικό γυάλινο προϊόν. Ενώ τα κύρια συστατικά του γυαλιού είναι η υψηλής ποιότητας άμμος (πυρίτιο), ασβεστόλιθος, και ανθρακικό νάτριο, υπάρχουν πολλά άλλα που μπορούν να προστεθούν.

Μόλις αναμιχθούν, ένας κλίβανος τήξης τροφοδοτείται με το μείγμα. Η τήξη του μείγματος μπορεί να επιτευχθεί σε πολλούς διαφορετικούς τύπους και μεγέθη κλιβάνων, ανάλογα με την ποσότητα και τον τύπο του γυαλιού που πρόκειται να παραχθεί. Το στάδιο της τήξης ολοκληρώνεται όταν το γυαλί απαλλαχθεί από κάθε κρυσταλλικό υλικό. Το φινίρισμα είναι ο συνδυασμός μιας φυσικής και χημικής διεργασίας που συμβαίνει στον θάλαμο τήξης κατά τη διάρκεια της οποίας το μείγμα και το τηγμένο γυαλί απαλλάσσονται από φυσαλίδες, ομογενοποιούνται, σταθεροποιούνται και ρυθμίζεται η θερμοκρασία τους (heat conditioned).



Σχήμα 2.1: Γραμμή παραγωγής γυάλινων δοχείων [2].

Μετά το φινίρισμα, το τηγμένο γυαλί περνάει στις διεργασίες διαμόρφωσης. Η διαμόρφωση είναι το στάδιο όπου το τελικό προϊόν αρχίζει να παίρνει σχήμα και μπορεί να περιλαμβάνει χύτευση, φύσημα κτλ. Οι διαδικασίες διαμόρφωσης ποικίλλουν ευρέως, ανάλογα με το ζητούμενο τελικό προϊόν.

Κάποια προϊόντα απαιτούν διαδικασίες κατάντι της διαμόρφωσης, που και αυτές ποικίλλουν ανάλογα με το τελικό προϊόν. Αυτές μπορεί να περιλαμβάνουν διαδικασίες οι οποίες αλλάζουν τις ιδιότητες του γυαλιού, όπως η ανόπτηση, βαφές, ελασματοποίηση και εφαρμογές επιστρώσεων [2].

Παρακάτω αναλύονται οι διεργασίες του κάθε σταδίου παραγωγής ξεχωριστά.

2.1.1. Διαχείριση πρώτων υλών και προετοιμασία μείγματος

Το στάδιο της διαχείρισης και προετοιμασίας των πρώτων υλών περιλαμβάνει τον θρυμματισμό, την ξήρανση, την κονιορτοποίηση, το κοσκίνισμα, την δοσομέτρηση και ανάμειξη του μείγματος [3]. Η ποικιλία στην βιομηχανία γυαλιού έχει ως αποτέλεσμα την χρήση ενός ευρέως φάσματος πρώτων υλών. Η πλειοψηφία αυτών των υλικών είναι στερεές ανόργανες ενώσεις, είτε φυσικά ορυκτά, είτε τεχνητά προϊόντα. Ποικίλλουν από πολύ χονδροειδή υλικά μέχρι και λεπτοδιαμερισμένες σκόνες. Υγρά και, σε μικρότερο βαθμό, αέρια χρησιμοποιούνται επίσης στους περισσότερους τομείς [4].

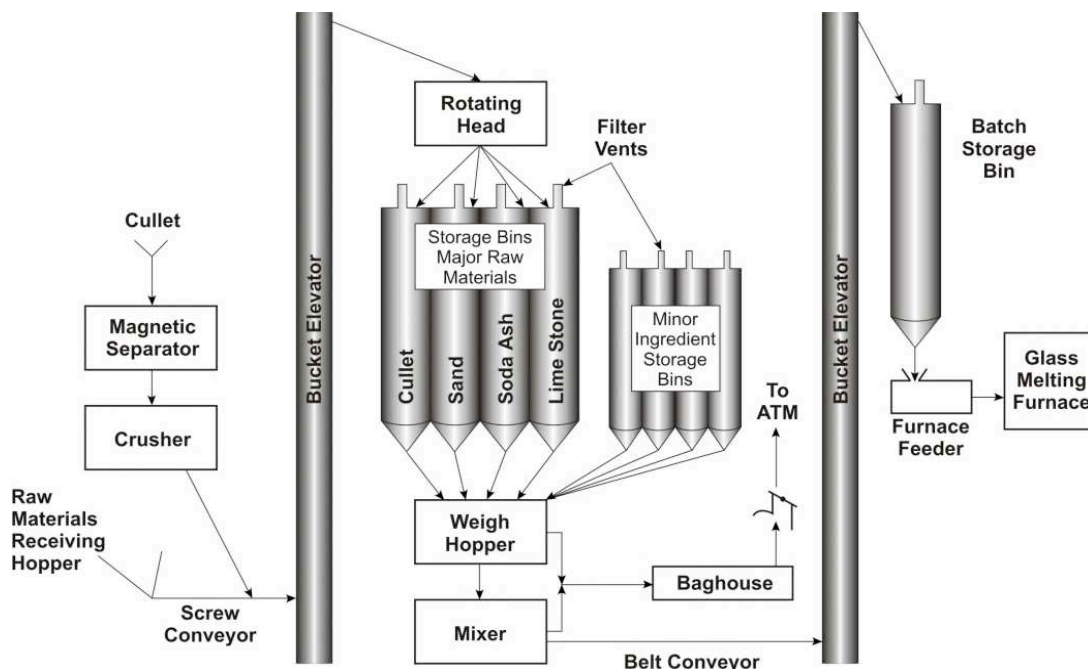
Τα αέρια που χρησιμοποιούνται περιέχουν υδρογόνο, άζωτο, οξυγόνο, διοξείδιο του θείου, προπάνιο, βουτάνιο και φυσικό αέριο. Αυτά αποθηκεύονται και διακινούνται με συμβατικούς τρόπους, για παράδειγμα μέσω αγωγών, ειδική αποθήκευση χύδην και κυλίνδρους. Ένα ευρύ φάσμα υγρών υλικών χρησιμοποιείται, συμπεριλαμβανομένων μερικών τα οποία απαιτούν προσεκτικό χειρισμό, όπως η φαινόλη και τα ισχυρά ανόργανα οξέα. Στη βιομηχανία χρησιμοποιούνται όλες οι τυποποιημένες μορφές αποθήκευσης και χειρισμού, π.χ. χύδην αποθήκευση προϊόντων, ενδιάμεσα κοντέινερ μεταφοράς χύδην φορτίων (IBC), τύμπανα και μικρότερα κοντέινερ.

Οι κοκκώδεις και σε σκόνη πρώτες ύλες παραδίδονται με βυτιοφόρα ή μέσω σιδηροδρομικού δικτύου σε ανάλογο όχημα και μεταφέρονται είτε πνευματικά είτε μηχανικά σε σιλό αποθήκευσης χύδην υλικών. Η πνευματική μεταφορά των υλικών αυτών απαιτεί να είναι ξηρά. Ο μετατοπισμένος αέρας από τα σιλό συνήθως φιλτράρεται. Υλικά μικρότερου όγκου μπορεί να παραδοθούν σε σάκους ή βαρέλια και συνήθως τροφοδοτούνται μέσω μηχανισμών που λειτουργούν με τη βαρύτητα, στα δοχεία ανάμιξης [4].

Παρά τις πολλές διαφορές στα γυάλινα προϊόντα, όλες οι γραμμές παραγωγής γυαλιού ξεκινάνε με το ζύγισμα και την ανάμειξη των ξηρών συστατικών ώστε να δημιουργηθεί μια συγκεκριμένη ποσότητα μείγματος που θα τροφοδοτήσει τον κλίβανο τήξης [2].

Σε μεγάλες συνεχείς διεργασίες, οι πρώτες ύλες μεταφέρονται σε μικρότερα ενδιάμεσα σιλό από όπου ζυγίζονται, συχνά αυτόματα, για να προκύψει η δόση μείγματος με την ακριβή σύνθεση. Η δόση αυτή τότε αναμιγνύεται και μεταφέρεται στην περιοχή του κλιβάνου, όπου τροφοδοτείται στον κλίβανο μέσω μίας ή περισσότερων χοανών. Στην βιομηχανία συναντώνται διάφοροι μηχανισμοί τροφοδοσίας που κυμαίνονται από εντελώς ανοικτά συστήματα μέχρι πλήρως κλειστά συστήματα ελικοειδών μεταφορέων. Για την μείωση της σκόνης κατά τη διάρκεια της μεταφοράς και την μεταφορά των λεπτών σωματιδίων έξω από τον φούρνο, μπορεί να προστεθεί ένα ποσοστό νερού στη δόση, συνήθως 0-4% (σε ορισμένες διεργασίες, π.χ., παραγωγή βοριοπυριτικό γυαλιού, χρησιμοποιούνται ξηρά τα υλικά). Το νερό μπορεί να εισαχθεί ως ατμός στο τέλος της διαδικασίας ανάμιξης, αλλά και οι πρώτες ύλες μπορεί να έχουν

μία εγγενή περιεκτικότητα σε νερό. Στην παραγωγή γυαλιού νατρίου-ασβεστίου, ο ατμός χρησιμοποιείται μερικές φορές για να κρατήσει τη θερμοκρασία πάνω από τους 37 ° C και για να αποφευχθεί η ξήρανση της δόσης λόγω της ενυδάτωσης του ανθρακικού νατρίου [4].



Σχήμα 2.2: Εγκατάσταση προετοιμασίας μείγματος [2].

Σε ασυνεχείς διεργασίες, οι εγκαταστάσεις είναι πολύ μικρότερες και συχνά λειτουργούν χειροκίνητα. Μετά την ανάμιξη, το μείγμα μπορεί να αποθηκευτεί σε μικρές κινητές χοάνες κάθε μία από τις οποίες θα περιέχει μία φόρτωση για τον κλίβανο. Κάποιες φορές, διάφορες φορτώσεις θα έχουν διαφορετικές συνθέσεις και θα είναι αποθηκευμένες κοντά στον κλίβανο για χρήση κατά την διάρκεια μιας συγκεκριμένης περιόδου. Όπως και στην μεγάλης κλίμακας τήξη, το μείγμα δεν μπορεί να μείνει αποθηκευμένο για μεγάλο διάστημα πριν την χρήση γιατί τα διάφορα συστατικά μπορεί να διαχωριστούν, και άρα να μην εξασφαλιστεί ένα ομοιογενές τήγμα. Η παρουσία του νερού στο μείγμα βοηθά στο να μετριαστεί αυτή η τάση [4].

Η δόση του μείγματος περιέχει διαμορφωτές, ρευστοποιητές, σταθεροποιητές και κάποιες φορές χρωστικές. Μια άλλη πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται στην παραγωγή γυαλιού είναι το υαλόθραυσμα. Το υαλόθραυσμα είναι ανακυκλωμένο γυαλί που λαμβάνεται από το εσωτερικό της μονάδας (απορριφθέντα προϊόντα, απορρίμματα γυαλιού κτλ) και από εξωτερικές εταιρείες ανακύκλωσης [2]. Η χρήση υαλοθραύσματος αυξάνει πολύ την αποδοτικότητα της εγκατάστασης, αφού πέραν της εξοικονόμησης πρώτων υλών, μειώνει τις ενεργειακές απαιτήσεις παραγωγής γυαλιού καθώς όταν χρησιμοποιείται απαιτείται λιγότερη ενέργεια στον κλίβανο [1]. Το υαλόθραυσμα μπορεί να αποτελεί το 10-80% της δόσης του μείγματος, ανάλογα

με τον τύπο του γυαλιού που παράγεται [2]. Οι τεχνολογίες συλλογής και επεξεργασίας ανακυκλώσιμου γυαλιού που έχουν αναπτυχθεί επιτρέπουν έναν μέσο όρο ποσοστών ανακύκλωσης γυάλινων δοχείων για την Ε.Ε. γύρω στο 60%, ενώ κάποιες χώρες υπερβαίνουν το 80%. [5]

Λόγω της τραχιάς φύσης του και του μεγαλύτερου μεγέθους των σωματιδίων του, το υαλόθραυσμα από ανακυκλωμένο γυαλί συνήθως το διαχειρίζονται ξεχωριστά από τις πρώτες ύλες της δόσης και μπορεί να τροφοδοτείται στον κλίβανο, σε μετρημένες ποσότητες, μέσω ενός ξεχωριστού συστήματος τροφοδοσίας [4].

Παρακάτω δίνονται η τυπική σύσταση γυάλινων δοχείων και η σύστασή τους ανάλογα με το τελικό χρώμα τους (διάφανο, πράσινο, καφέ).

Συστατικά		%
οξείδιο του πυριτίου	SiO ₂	71-73%
οξείδιο του νατρίου	Na ₂ O	12-14%
οξείδιο του ασβεστίου	CaO	9-12%
οξείδιο του μαγνησίου	MgO	0.2-3.5%
οξείδιο του αλουμινίου	Al ₂ O ₃	1-3%
οξείδιο του καλίου	K ₂ O	0.3-1.5%
τριοξείδιο του θείου	SO ₃	0.05-0.3
νερό	H ₂ O	0-4%

Πίνακας 2.1: Σύσταση γυάλινων δοχείων [2, 4, 6].

Glass	White	Green	Amber	Average
No of analyses	67	57	55	179
SiO ₂ /wt%	72,28	71,21	71,75	71,75
Al ₂ O ₃ /wt%	1,83	2,27	2,03	2,05
Fe ₂ O ₃ /wt%	0,09	0,36	0,26	n/a
CaO/wt%	9,69	9,3	9,3	9,45
MgO/wt%	1,6	2,27	1,98	1,95
Na ₂ O/wt%	13,47	13,37	13,83	13,55
K ₂ O/wt%	0,54	0,74	0,57	0,62
SO ₃ /wt%	0,21	0,13	0,02	n/a

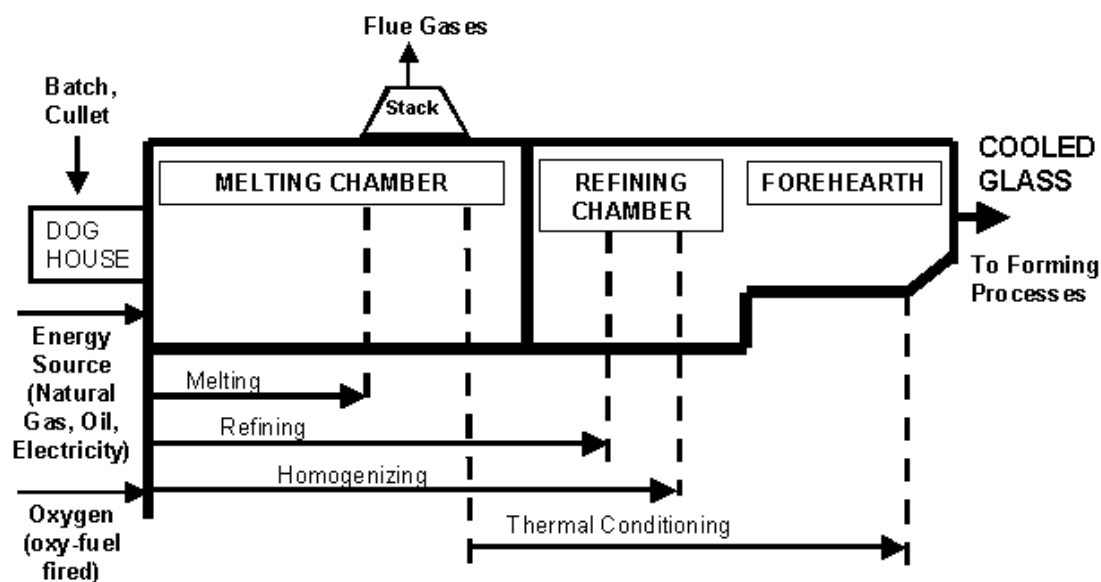
Πίνακας 2.2: Μέσος όρος σύνθεσης γυάλινων δοχείων 1980-2000 [7].

2.1.2. Τήξη

Η τήξη αποτελεί το κεντρικό στάδιο στην διαδικασία παραγωγής γυαλιού. Υπάρχουν πολλοί τρόποι να λιώσει το γυαλί, ανάλογα με το επιθυμητό προϊόν,

την τελική του χρήση, το μέγεθος την επιχείρησης και τους κυρίαρχους εμπορικούς παράγοντες. Η σύνθεση του γυαλιού, οι πρώτες ύλες, η τεχνική τήξης, η επιλογή καυσίμου και το μέγεθος του κλιβάνου, θα εξαρτηθούν όλα από αυτούς τους παράγοντες [4].

Κάθε κλίβανος χωρίζεται σε τρεις ζώνες: τη ζώνη τήξης, τη ζώνη φινιρίσματος και τη ζώνη ομογενοποίησης [8].



Σχήμα 2.3: Διεργασίες τήξης και φινιρίσματος [2].

Ο χρόνος παραμονής του τήγματος στον κλίβανο ποικίλει σημαντικά ανάλογα με τον τύπο του γυαλιού που παράγεται. Ο ελάχιστος χρόνος παραμονής είναι μια κρίσιμη παράμετρος για την εξασφάλιση της ποιότητας του γυαλιού. Κανονικά, όσο υψηλότερη η ποιότητα του γυαλιού που παράγεται, τόσο μεγαλύτερος ο χρόνος παραμονής, ώστε να εξασφαλιστεί μια τέλεια ομογενοποίηση και η εξάλειψη εμφάνισης φυσαλίδων, πετρών κτλ, τα οποία θα επηρέαζαν τις ιδιότητες του τελικού προϊόντος. Η διαφορά στον χρόνο παραμονής του τήγματος στον κλίβανο συνδέεται άμεσα με την ειδική κατανάλωση ενέργειας· επομένως, για δεδομένη χωρητικότητα κλιβάνου, ο τύπος του γυαλιού που παράγεται μπορεί να συσχετισθεί με μια σημαντικά διαφορετική κατανάλωση ενέργειας [4].

Η διαδικασία τήξης είναι ένας πολύπλοκος συνδυασμός χημικών αντιδράσεων και φυσικών διεργασιών. Μπορεί να χωριστεί σε διάφορες φάσεις που όλες απαιτούν πολύ στενό έλεγχο και αναλύονται παρακάτω.

Θέρμανση

Ο συμβατικός και πιο κοινός τρόπος παροχής θερμότητας για την τήξη του γυαλιού γίνεται με καύση ορυκτών καυσίμων πάνω από το στρώμα ή τους σωρούς του μείγματος και πάνω από το τηγμένο γυαλί. Το μείγμα τροφοδοτείται συνεχώς στον κλίβανο και μετά βγαίνει σε ρευστή κατάσταση

από αυτόν. Η απαραίτητη θερμοκρασία για την τήξη και το φινίρισμα του γυαλιού εξαρτάται από την ακριβή σύνθεσή του και κυμαίνεται μεταξύ 1300 και 1500 °C. Σε αυτές τις θερμοκρασίες η μεταφορά θερμότητας γίνεται κυρίως μέσω ακτινοβολίας και συγκεκριμένα από τη στεφάνη του κλιβάνου η οποία θερμαίνεται από τις φλόγες και φτάνει μέχρι και τους 1650 °C, αλλά και από τις ίδιες τις φλόγες. Σε κάθε σχεδιασμό κλιβάνου, η είσοδος θερμότητας προσαρμόζεται και ελέγχεται προκειμένου να δημιουργηθούν θερμοκρασιακές διαφορές στο τήγμα γυαλιού και να προκληθεί ανακυκλοφορία των ελεύθερων ροών συναγωγής μέσα στο τήγμα, ώστε να εξασφαλισθεί σταθερή ομοιογένεια του τελικού γυαλιού που θα τροφοδοτηθεί στην διαδικασία διαμόρφωσης. Η μάζα του τηγμένου γυαλιού που περιέχεται στον κλίβανο διατηρείται σταθερή και ο μέσος χρόνος παραμονής είναι της τάξεως των 24 ωρών από την παραγωγή.

Βασική τήξη

Λόγω της χαμηλής θερμικής αγωγιμότητας των πρώτων υλών, η διαδικασία τήξης είναι αρχικά αρκετά αργή, επιτρέποντας έτσι στις πολυάριθμες χημικές και φυσικές διεργασίες να συμβούν. Καθώς τα υλικά θερμαίνονται, η υγρασία εξατμίζεται, κάποιες από τις πρώτες ύλες αποσυντίθενται και τα αέρια που είναι παγιδευμένα στα υλικά διαφεύγουν. Οι πρώτες αντιδράσεις συμβαίνουν γύρω στους 500 °C. Οι πρώτες ύλες αρχίζουν να λιώνουν μεταξύ των 750 και 1200 °C. Πρώτα η άμμος αρχίζει να διαλύεται υπό την επίδραση των παραγόντων ρευστοποίησης. Το πυρίτιο από την άμμο ενώνεται με το οξείδιο του νατρίου από το ανθρακικό νάτριο καθώς και με άλλα υλικά του μείγματος για να σχηματιστούν πυριτικά άλατα. Ταυτόχρονα, μεγάλες ποσότητες αερίων διαφεύγουν μέσω της αποσύνθεσης των ένυδρων, ανθρακικών, νιτρικών και θεικών αλάτων· δίνοντας νερό, διοξείδιο του άνθρακα, οξείδια του αζώτου και οξείδια του θείου. Το τήγμα τελικά γίνεται διαφανές και το στάδιο της τήξης ολοκληρώνεται. Ο όγκος του τήγματος είναι περίπου 35- 50% του όγκου του αρχικού μείγματος των πρώτων υλών λόγω της απώλειας των αερίων και της εξάλειψης ενδιάμεσων χώρων [4].

Σημειώνεται ότι αφού ολοκληρωθεί η φάση της τήξης, αν έχουμε να διαχειριστούμε λευκό γυαλί, προστίθενται τα διαυγαστικά μέσα (οπτάνθρακας, οξείδιο του κοβαλτίου και μεταλλικό σελήνιο) αλλιώς περνάμε αμέσως στο επόμενο στάδιο που είναι η ομογενοποίηση του μίγματος [9].

Φινίρισμα και ομογενοποίηση

Αμέσως μετά την τήξη ή σύντηξη των πρώτων υλών, θα σχηματιστεί ένα ιξώδες τήγμα με διαλυμένα αέρια (αέρας, διοξείδιο του άνθρακα) και μικρότερες (σπόροι) ή μεγαλύτερες φυσαλίδες αερίων (κυψέλες). Η απομάκρυνση των αερίων από το τηγμένο γυαλί δεν περιορίζεται στην εξάλειψη των φυσαλίδων, κυψελών και σπόρων από το τήγμα, αλλά περιλαμβάνει και την αφαίρεση των διαλυμένων αερίων του τήγματος. Η αποτελεσματική αφαίρεση των αερίων από

το τηγμένο γυαλί, όπως το άζωτο και το διοξείδιο του άνθρακα, θα μειώσει τον κίνδυνο του «επαναβρασμού» (σχηματισμός νέων φυσαλίδων στο τήγμα) και του σχηματισμού φυσαλίδων κατάντι της βασικής διαδικασίας φινιρίσματος, για παράδειγμα λόγω αλληλεπίδρασης του τήγματος με πυρίμαχα υλικά.

Γενικά το τήγμα γυαλιού πρέπει να είναι πλήρως ομογενοποιημένο και χωρίς φυσαλίδες πριν μπορέσει να σχηματιστεί σε προϊόντα. Η πλήρης διάλυση και η ομοιόμορφη κατανομή όλων των συστατικών, καθώς και η εξάλειψη των φυσαλίδων από το λιωμένο γυαλί, είναι απαραίτητα για τα περισσότερα γυάλινα προϊόντα. Η εξάλειψη των φυσαλίδων από το τήγμα ορίζεται ως διαδικασία φινιρίσματος, αποτελούμενη από το βασικό φινίρισμα και το δευτερεύον.

Ο μηχανισμός του βασικού φινιρίσματος ενός τήγματος γυαλιού περιλαμβάνει την αφαίρεση των φυσαλίδων με την αύξηση του μεγέθους τους και την ενισχυμένη άνοδό τους στην επιφάνεια του τήγματος, σε συνδυασμό με την αφαίρεση αερίων (με απορρόφησή τους από τις φυσαλίδες). Το δευτερεύον φινίρισμα λαμβάνει χώρα κατά την διάρκεια ελεγχόμενης ψύξης του τηγμένου γυαλιού, όταν γίνεται επαναπορρόφηση των παραμενουσών φυσαλίδων με αποτέλεσμα την μείωση του μεγέθους τους ή την πλήρη διάλυσή τους.

Σταθεροποίηση και ρύθμιση θερμοκρασίας (conditioning)

Η φάση σταθεροποίησης και ρύθμισης της θερμοκρασίας σε χαμηλότερες τιμές, ακολουθεί την κύρια τήξη και τα στάδια φινιρίσματος. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, όλες οι παραμένουσες φυσαλίδες απορροφώνται από το μείγμα. Ταυτόχρονα το τήγμα ψύχεται αργά σε θερμοκρασία μεταξύ 900 και 1350° C, στην οποία θα είναι επεξεργάσιμο.

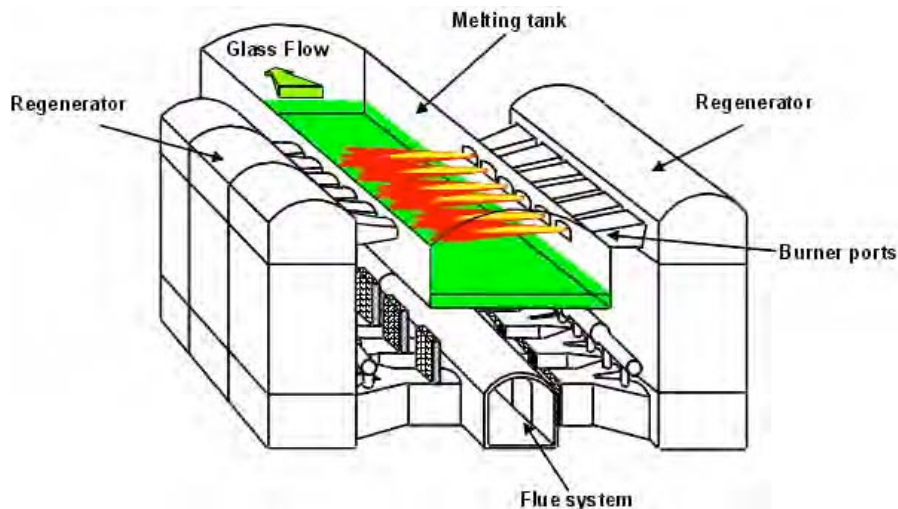
Τεχνικές τήξης

Η επιλογή της τεχνικής τήξης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, κυρίως από την απαιτούμενη χωρητικότητα, την σύνθεση του γυαλιού, τις τιμές των καυσίμων, τις υφιστάμενες υποδομές και τις περιβαλλοντικές επιδόσεις.

Κλίβανος με αναγέννηση θερμότητας (Regenerative furnace)

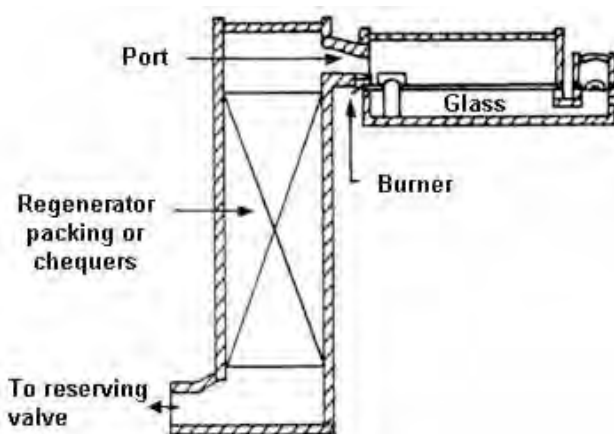
Ο όρος αναγέννηση αναφέρεται σε μια μορφή συστήματος ανάκτησης θερμότητας που χρησιμοποιείται στην κατασκευή γυαλιού. Οι καυστήρες που καίνε ορυκτά καύσιμα συνήθως τοποθετούνται μέσα ή κάτω από τις θύρες αέρα καύσης/ καυσαερίων. Η θερμότητα των καυσαερίων χρησιμοποιείται για την προθέρμανση του αέρα πριν από την καύση. Αυτό επιτυγχάνεται περνώντας τα καυσαέρια μέσα από έναν θάλαμο που περιέχει πυρίμαχο υλικό, το οποίο απορροφά την θερμότητα. Κάθε στιγμή πυροδοτείται μόνο το ένα από τα δύο σετ καυστήρων του κλιβάνου. Μετά από ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα, συνήθως 20 λεπτών, ο κύκλος πυροδότησης του κλιβάνου αντιστρέφεται και ο αέρας καύσης περνάει από τον θάλαμο που προηγουμένως θερμάνθηκε από τα καυσαέρια. Ο κλίβανος με αναγέννηση θερμότητας έχει δύο

θαλάμους· όταν ο ένας θερμαίνεται από τα καυσαέρια της καύσης, ο άλλος προθερμαίνει τον εισερχόμενο αέρα καύσης. Τυπικές θερμοκρασίες προθέρμανσης του αέρα (ανάλογα με τον αριθμό των θυρών) είναι από 1200-1350° C, μερικές φορές έως και 1400° C.



Σχήμα 2.4: Κλίβανος εγκάρσιας καύσεως με αναγέννηση θερμότητας [4].

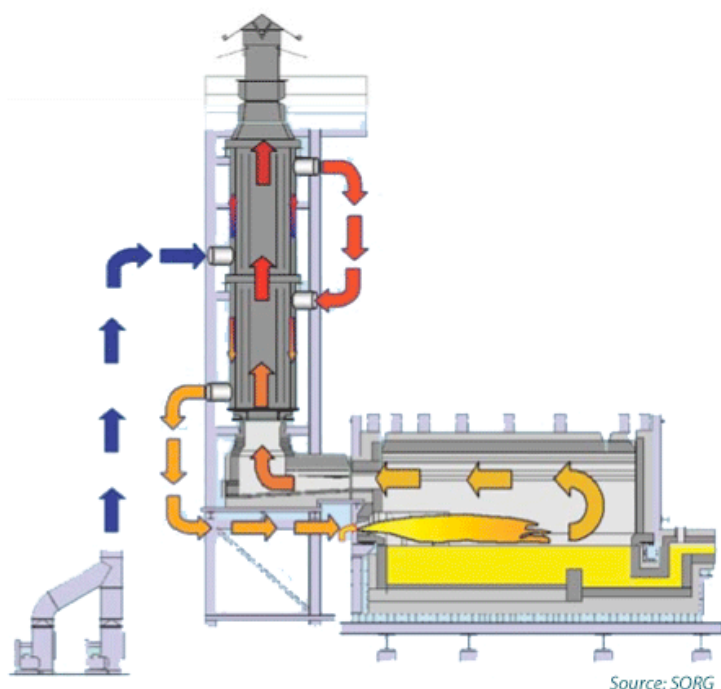
Στους κλιβάνους *εγκάρσιας καύσεως (cross fired) με αναγέννηση θερμότητας*, οι θύρες καύσης και οι καυστήρες τοποθετούνται κατά μήκος των πλευρών του φούρνου, οι θάλαμοι ανακόμισης τοποθετούνται εκατέρωθεν του κλιβάνου και συνδέονται μαζί του μέσω των θυρών. Η φλόγα περνάει πάνω από το τηγμένο υλικό και κατευθύνει στην απέναντι θύρα. Ο αριθμός των θυρών που χρησιμοποιούνται (μέχρι 8) είναι συνάρτηση του μεγέθους και της χωρητικότητας του κλιβάνου και του συγκεκριμένου σχεδιασμού του.



Σχήμα 2.5: Κλίβανος ακραίας καύσεως με αναγέννηση θερμότητας [4].

Στους κλιβάνους *ακραίας καύσεως (end fired)* οι αρχές λειτουργίας είναι οι ίδιες· ωστόσο, οι δυο θάλαμοι αναγέννησης τοποθετούνται στο ένα άκρο του

κλιβάνου, καθένας με μία μόνο θύρα. Η διαδρομή της φλόγας σχηματίζει ένα U επιστρέφοντας στον γειτονικό θάλαμο αναγέννησης μέσω της δεύτερης θύρας. Αυτή η διάταξη επιτρέπει ένα κάπως πιο αποδοτικό σύστημα αναγέννησης συγκριτικά με αυτό της εγκάρσιας καύσεως, αλλά έχει λιγότερη ευελιξία ως προς την προσαρμογή του θερμοκρασιακού προφίλ του κλιβάνου και συνεπώς δεν προτιμάται για μεγαλύτερους κλιβάνους.



Σχήμα 2.6: Κλιβανος με εναλλάκτη ανάκτησης θερμότητας.

Κλιβανος με εναλλάκτη ανάκτησης θερμότητας ή συνεχούς ροής θερμότητας (Recuperative furnace)

Ο εναλλάκτης ανάκτησης θερμότητας (recuperator) είναι άλλη μια μορφή συστήματος ανάκτησης θερμότητας που συνήθως χρησιμοποιείται σε μικρότερους κλιβάνους. Σε αυτού του είδους την διάταξη, ο εισερχόμενος κρύος αέρας προθερμαίνεται έμμεσα από μια συνεχή ροή καυσαερίου μέσω κάποιου μεταλλικού (ή κατ' εξαίρεση κεραμικού) εναλλάκτη θερμότητας. Οι θερμοκρασίες του αέρα προθέρμανσης περιορίζονται γύρω στους 800° C για μεταλλικούς εναλλάκτες, και άρα η θερμότητα που ανακτάται από αυτό το σύστημα είναι χαμηλότερη από αυτήν για τους κλιβάνους με αναγέννηση. Οι καυστήρες είναι τοποθετημένοι κατά μήκος κάθε πλευράς του κλιβάνου. Η συνεκτική ροή που δημιουργείται θα φέρει τα θερμά καυσαέρια πάνω από το σχετικά ψυχρό στρώμα μείγματος, πριν αυτά βγουν από τον θάλαμο καύσης μέσω της θύρας εξαγωγής. Αυτό θα δώσει τη μέγιστη μεταφορά θερμότητας στο τήγμα.

Τήξη με καύσιμο οξυγόνο

Αυτή η τεχνική περιλαμβάνει την αντικατάσταση του αέρα καύσης με οξυγόνο (>90% καθαρότητα). Η εξάλειψη της πλειοψηφίας του αζώτου από την ατμόσφαιρα της καύσης μειώνει τον όγκο των καυσαερίων που αποτελούνται σχεδόν εξ ολοκλήρου από διοξείδιο του άνθρακα και υδρατμούς, περίπου στα δύο τρίτα τους. Επομένως είναι δυνατή η εξοικονόμηση ενέργειας αφού δεν είναι απαραίτητο να θερμανθεί το ατμοσφαιρικό άζωτο στην θερμοκρασία των φλογών. Σε γενικές γραμμές, οι κλίβανοι με καύσιμο οξυγόνο έχουν τον ίδιο βασικό σχεδιασμό με τους κλιβάνους με εναλλάκτη θερμότητας (recuperator) και έχουν πολλαπλούς πλευρικούς καυστήρες και μία θύρα εξαγωγής καυσαερίων. Ωστόσο, οι κλίβανοι που σχεδιάζονται για καύση με οξυγόνο δεν χρησιμοποιούν συστήματα ανάκτησης θερμότητας για την προθέρμανση της παροχής οξυγόνου στους καυστήρες.

Ηλεκτρικός κλίβανος

Ένας ηλεκτρικός κλίβανος αποτελείται από ένα κουτί επενδεδυμένο με πυρίμαχο υλικό που υποστηρίζεται από ένα χαλύβδινο πλαίσιο με ηλεκτρόδια, τα οποία εισάγονται είτε από τα πλαϊνά, από την κορυφή ή συνηθέστερα από τον πυθμένα του κλιβάνου. Η ενέργεια για την τήξη παρέχεται από θέρμανση αντιστάσεως καθώς το ρεύμα περνάει μέσα από το λιωμένο γυαλί. Είναι ωστόσο απαραίτητη η χρήση ορυκτών καυσίμων όταν ο κλίβανος τίθεται αρχικά σε λειτουργία. Ο κλίβανος λειτουργεί συνεχώς και έχει διάρκεια ζωής μεταξύ 2-7 ετών. Το πάνω μέρος του τηγμένου γυαλιού καλύπτεται με ένα στρώμα του μείγματος πρώτων υλών, το οποίο σταδιακά λιώνει από τον πυθμένα προς τα πάνω, γι' αυτό και αποκαλείται «cold-top melter». Προστίθεται εκ νέου υλικό από το μείγμα πρώτων υλών στην κορυφή του κλιβάνου, συνήθως από ένα σύστημα μεταφοράς το οποίο κινείται κατά μήκος όλης της επιφάνειας. Οι περισσότεροι ηλεκτρικοί κλίβανοι είναι εφοδιασμένοι με σακόφιλτρα και τα υλικά που συλλέγονται ανακυκλώνονται στον κλίβανο.

2.1.4. Διαμόρφωση

Τα γυάλινα δοχεία παράγονται σε μια διεργασία χύτευσης δύο σταδίων με τη χρήση των τεχνικών πίεσης και φυσήματος. Υπάρχουν πέντε βασικά στάδια στην αυτόματη παραγωγή γυάλινων μπουκαλιών [4, 10, 11]:

1. λήψη μιας “σταγόνας” τηγμένου γυαλιού συγκεκριμένου βάρους και θερμοκρασίας, κατάλληλη για το προϊόν που θα σχηματισθεί.
2. σχηματισμός του αρχικού σχήματος σε ένα πρώτο καλούπι (κενό καλούπι) με πίεση από συμπιεσμένο αέρα (φύσημα) ή από ένα μεταλλικό έμβολο (πρεσάρισμα).
3. μεταφορά του πρωταρχικού σχήματος (παρισόν) στο τελικό καλούπι.

4. ολοκλήρωση της διαδικασίας σχηματισμού με εμφύσηση συμπιεσμένου αέρα στο δοχείο μέχρι να πάρει το σχήμα του τελικού καλούπιου.
5. αφαίρεση του τελικού προϊόντος για να ακολουθήσουν οι μεταμορφωτικές διεργασίες.



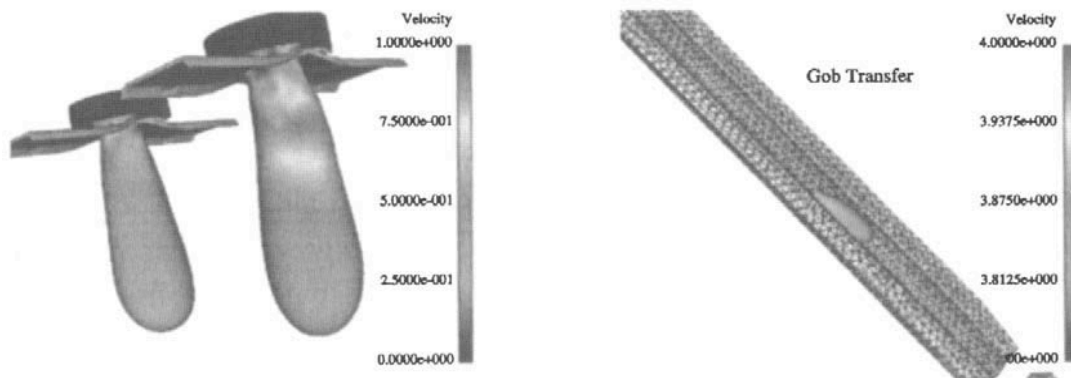
Εικόνα 2.1: Έξοδος διάπυρων φιαλών από τα καλούπια [12].

Το τηγμένο γυαλί ρέει από τον κλίβανο κατά μήκος μιας εμπρόσθιας εστίας σε μία λεκάνη συλλογής. Από τον πυθμένα της λεκάνης αυτής σχηματίζονται από μία μέχρι τρεις παράλληλες ροές του γυαλιού μέσω στομιών κατάλληλου μεγέθους. Οι ροές του τηγμένου γυαλιού, ρυθμιζόμενες από ένα μηχανικό σύστημα εμβόλου, κόβονται σε ακριβή μήκη από έναν μηχανισμό διάτμησης ώστε να σχηματιστούν οι αρχικές μάζες (σταγόνες). Ολόκληρο το σύστημα για τον σχηματισμό αυτών των μαζών αποκαλείται «μηχανισμός τροφοδοσίας». Οι «σταγόνες» (gobs) κόβονται ταυτόχρονα από τις παράλληλες ροές γυαλιού και σχηματίζονται ταυτόχρονα σε παράλληλα καλούπια στον μηχανισμό διαμόρφωσης. Αυτές ονομάζονται μονές, διπλές, τριπλές ή τετραπλές μηχανές διαμόρφωσης, με τις τελευταίες να προσαρμόζονται σε υψηλού όγκου παραγωγές μικρότερων δοχείων. Οι διπλές μηχανές διαμόρφωσης είναι οι συνηθέστερες. Οι κλίβανοι των γυάλινων δοχείων τροφοδοτούν δύο ή περισσότερες τέτοιες μηχανές διαμόρφωσης, κάθε μία μέσω μιας αποκλειστικής εμπρόσθιας εστίας [4].

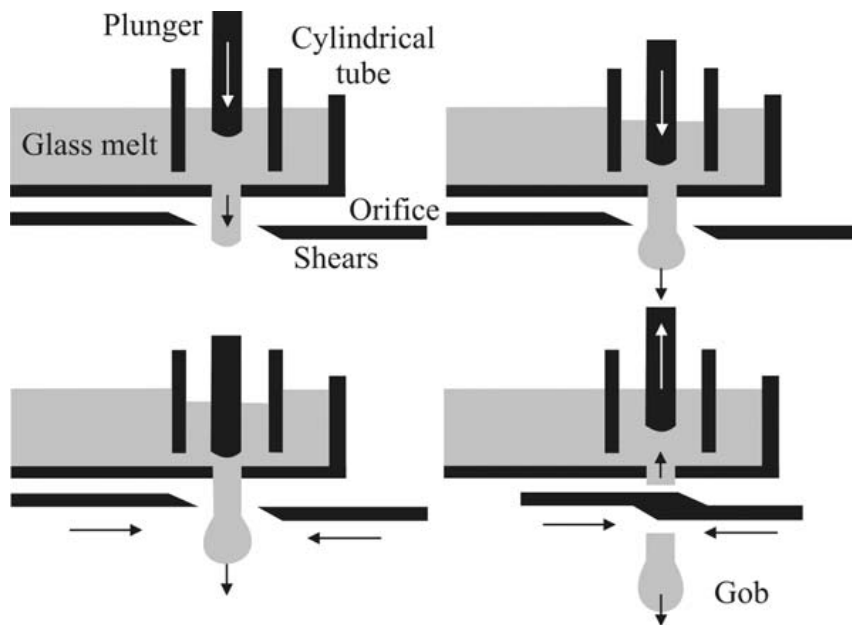
Σημειώνεται εδώ ότι ο χρωματισμός του γυαλιού μπορεί να γίνει τοπικά σε κάθε μηχανή διαμόρφωσης (μετά την ομογενοποίηση και πριν την διαμόρφωση). Η επιλογή αυτή δίνει την δυνατότητα παραγωγής περιεκτών διαφορετικών χρωμάτων συγχρόνως [9].

Ένα μείγμα από νερό και διαλυτό λάδι ψεκάζεται στα ψαλίδια για να διασφαλιστεί ότι δεν θα υπερθερμανθούν και ότι το γυαλί δεν θα κολλήσει πάνω

τους. Από τον μηχανισμό τροφοδοσίας, οι «σταγόνες» καθοδηγούνται μέσω ενός συστήματος ολισθητήρων στα κενά καλούπια στη μηχανή διαμόρφωσης [4].

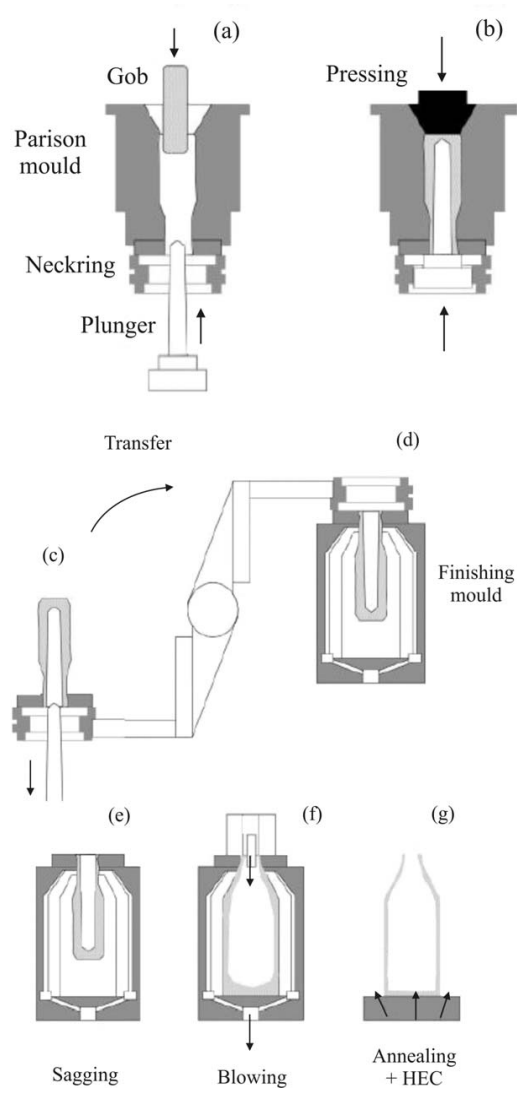


Σχήμα 2.7: Σχηματισμός και μεταφορά «σταγόνων» [11].

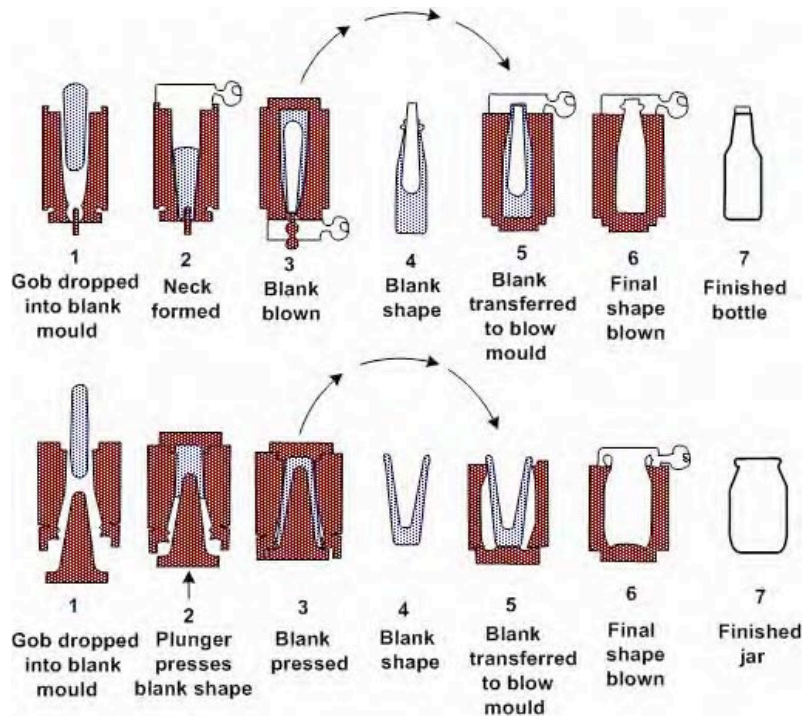


Σχήμα 2.8: Σχηματισμός σταγόνων τεσσάρων σταδίων [8].

Η μέθοδος σχηματισμού εκτελείται σε δύο στάδια. Ο αρχικός σχηματισμός στο κενό καλούπι μπορεί να γίνει είτε πιέζοντας με ένα έμβολο, ή με εμφύσηση συμπιεσμένου αέρα, ανάλογα με τον τύπο του δοχείου. Η τελική χύτευση είναι πάντα με εμφύσηση για να ληφθεί το τελικό κοίλο σχήμα. Οι δύο αυτές διεργασίες αποκαλούνται αντίστοιχα «πρεσάρισμα- φύσημα» και «φύσημα- φύσημα». Τα σχηματισμένα δοχεία τοποθετούνται σε έναν συνεχή μεταφορέα για τα στάδια επεξεργασίας που ακολουθούν την διαδικασία διαμόρφωσης. Η μέθοδος «πρεσάρισμα - φύσημα» χρησιμοποιείται για παραγωγή ελαφριών μπουκαλιών ενώ η μέθοδος «φύσημα- φύσημα» είναι πιο ευέλικτη και χρησιμοποιείται για παραγωγή μπουκαλιών τυπικού βάρους και πιο πολύπλοκων μορφών [4].



Σχήμα 2.9: Μέθοδος πρεσαρίσματος- φυσήματος γυάλινου μπουκαλιού [8].



Σχήμα 2.10: Μέθοδος φυσήματος- φυσήματος και μέθοδος πρεσαρίσματος- φυσήματος [4].



Εικόνα 2.2: Παραγωγή γυάλινων δοχείων [10].

Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας διαμόρφωσης, η θερμοκρασία του γυαλιού μειώνεται στους 600° C για να εξασφαλιστεί ότι τα δοχεία έχουν στερεοποιηθεί επαρκώς όταν λαμβάνονται από τον μεταφορέα. Η μείωση της θερμότητας επιτυγχάνεται με μεγάλους όγκους αέρα που εμφυσάται κατά και μέσω των καλουπιών. Για να αποφευχθεί το γυαλί να κολλήσει στα καλούπια εφαρμόζονται, σε συγκεκριμένα τμήματα των καλουπιών, διάφοροι παράγοντες/ μέσα αποδέσμευσης υψηλής θερμοκρασίας, με βάση τον γραφίτη. Τα καλούπια απαιτούν περιοδικό καθαρισμό και συντήρηση [4].

2.1.5. Ψύξη- Έλεγχος- Πακετάρισμα

Έπειτα από το στάδιο της διαμόρφωσης, τα δοχεία διέρχονται μέσω μιας συνεχούς εστίας ανόπτωσης, όπου αναθερμαίνονται στους 550° C και κατόπιν ψύχονται κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες για την αποφυγή δημιουργίας τάσεων –και άρα ευθραυστότητας. Μόλις ψυχθούν επαρκώς, τα δοχεία επιθεωρούνται με αυτόματο έλεγχο για απόρριψη λόγω αντοχής και άλλων θεμάτων ποιότητας [4]. Ο αυτόματος έλεγχος των προϊόντων πραγματοποιείται από μηχανικά συστήματα διαλογής. Τα προϊόντα που δεν συμμορφώνονται με τις προδιαγραφές που έχουν τεθεί απορρίπτονται ως υαλόθραυσμα. Τα υπόλοιπα προϊόντα οδηγούνται στο τμήμα συσκευασίας [9], όπου τοποθετούνται σε παλέτες και πακετάρονται [4].

Για να βελτιωθεί η απόδοση των προϊόντων και προκειμένου να κλείσουν πιθανές οπές (σε κλίμακα μερικών μικρών) και να ενισχυθεί η αντοχή του υλικού [9], μπορούν να εφαρμοστούν επιφανειακές επιστρώσεις, στην εξωτερική πλευρά τους, αμέσως μετά το στάδιο της διαμόρφωσης όταν τα αντικείμενα είναι ακόμα στους 500° C (hot- end coating, συνήθως SnO₂) ή μετά την ανόπτωση (cold- end coating, επικάλυψη με πολυμερή). Σχεδόν πάντα χρησιμοποιείται ένας συνδυασμός των δύο [4].

Για την πρόληψη ζημιών μεταξύ των δοχείων κατά την μεταφορά, το πακετάρισμα κτλ, και για να μπορέσουν να ολισθαίνουν στα συστήματα καθοδήγησης χωρίς ζημιές, μπορεί να εφαρμοστεί κάποια λιπαντική ουσία στο προϊόν μετά την εστία ανόπτωσης.

2.2. Περιγραφή Παραγωγής Αντίστοιχων Μέσων Μεταφοράς Υγρών

2.2.1. Πλαστική συσκευασία (PET)

Τα δοχεία PET παράγονται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο δημιουργούνται προπλάσματα σε σχήμα δοκιμαστικού σωλήνα από κόκκους PET με τη χρήση των μηχανών εγχύσεως και στο δεύτερο στάδιο τα προπλάσματα φουσκώνονται σε φιάλες ή βάζα.

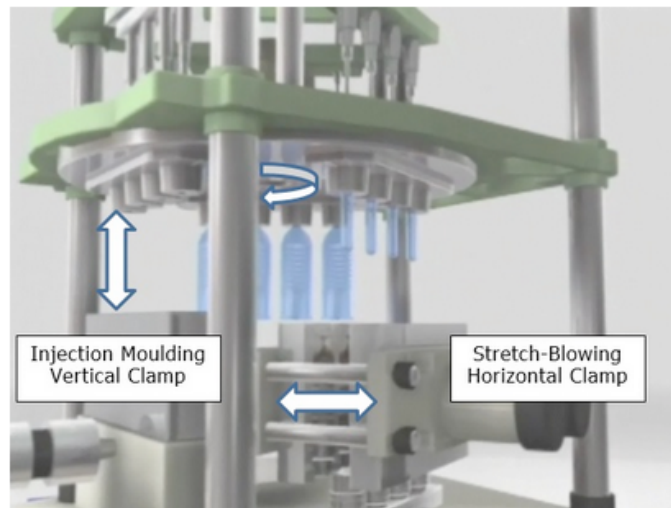


Εικόνα 2.3: Στάδια παραγωγής πλαστικού μπουκαλιού [13].

Υπάρχουν δύο διαφορετικές διαδικασίες (τύποι μηχανών) που χρησιμοποιούνται συνήθως για την παραγωγή φιαλών και βάζων PET.

Συμβατική διαδικασία ενός σταδίου (One-step, hot preform method)

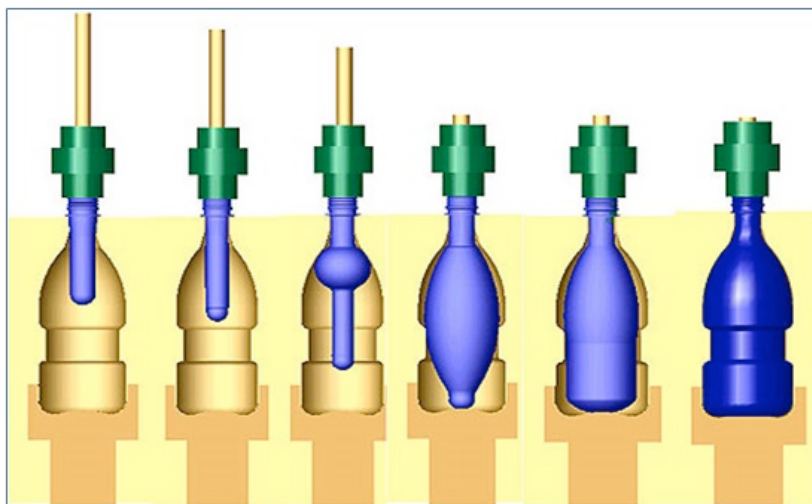
Η λειτουργία της μηχανής αυτής περιλαμβάνει όλες τις φάσεις επεξεργασίας ξεκινώντας από πρώτη ύλη PET για την έγχυση των προπλάσμάτων, μέχρι το φούσκωμα τους σε φιάλες ή βάζα [13]. Το πρόπλασμα εξέρχεται από το καλούπι έγχυσης και στη συνέχεια ενώ είναι ακόμα ζεστό προωθείται στο φουσητό καλούπι για να παραχθεί ο περιέκτης. Η μέθοδος αυτή έχει ως πλεονέκτημα το γεγονός ότι τα προπλάσματα δεν αποθηκεύονται και έτσι αποφεύγονται προβλήματα φθοράς (γρατζουνιές, χτυπήματα κλπ) αλλά από την άλλη πλευρά έχει το μειονέκτημα της χαμηλής ταχύτητας παραγωγής [14]. Τα μηχανήματα ενός σταδίου είναι κατάλληλα για χαμηλές και μέτριες παραγωγές, καθώς και για δοχεία με μη-τυποποιημένα στόμια, για τα οποία τα προπλάσματα δεν είναι άμεσα διαθέσιμα στην αγορά. Περίπου το 20% των φιαλών και βάζων PET που παράγονται σε παγκόσμιο επίπεδο γίνονται με μηχανές ενός σταδίου. Τέτοια μηχανήματα έχουν συνήθως τρεις ή τέσσερις σταθμούς για έγχυση, θέρμανση, φούσκωμα και αφαίρεση δοχείων, με ένα περιστροφικό τραπέζι για τη μεταφορά των προπλάσμων μεταξύ των σταθμών. Υπάρχουν ξεχωριστά κλειστικά για το άνοιγμα και το κλείσιμο των καλουπιών έγχυσης (κάθετο κλειστικό) και των καλουπιών φουσκώματος (οριζόντιο κλειστικό).



Εικόνα 2.4: Κάθετο και οριζόντιο κλειστικό [13].

Διαδικασία δύο σταδίων (*Two-step, cold preform method*)

Οι φιάλες παράγονται σε μηχανήματα τα οποία εφαρμόζουν το δεύτερο στάδιο, ξεκινώντας με έτοιμα προπλάσματα, τα οποία θερμαίνονται και φουσκώνονται σε φιάλες. Τα μηχανήματα δύο σταδίων χρησιμοποιούνται συνήθως για μαζικές παραγωγές φιαλών, με τη χρήση προπλασμάτων PET τα όποια έχουν τυποποιημένη διάμετρο στομίου και είναι διαθέσιμα στην αγορά σε μεγάλες ποσότητες. Περίπου το 80% των δοχείων PET που παράγονται παγκοσμίως γίνονται σε μηχανές δύο σταδίων [13].



Σχήμα 2.11: Παραγωγή φιαλών από έτοιμα προπλάσματα [13].

Διαμόρφωση περιέκτη PET

Το θερμό πρόπλασμα (preform) με τη βοήθεια αέρα εκτείνεται σε όλη την επιφάνεια ενός καλουπιού με συγκεκριμένο σχήμα (με τον τρόπο αυτό προσανατολίζονται οι κρύσταλλοι και αυξάνεται η αντοχή του PET). Το PET θερμαίνεται σε τέτοια θερμοκρασία όπου τα μόρια της αλυσίδας του έχουν τη

δυνατότητα να εκτυλιχθούν, και όχι να σπάσουν, και να προσανατολισθούν με έκταση. Η έκταση του υλικού είναι διαξονική και ομοιογενής. Τα μόρια του προσανατολισμένου PET έχουν την ικανότητα να ενεργούν ομαδικά και όχι ατομικά δίνοντας έτσι τη δυνατότητα στον παραγόμενο περιέκτη να έχει λεπτό τοίχωμα, αυξημένη ικανότητα μηχανικής αντοχής, διαπερατότητας και χημικής αντίστασης.

Ακολουθεί η εξέλαση του περιέκτη όπου το τελικό προϊόν εκβάλλεται από το καλούπι [14].

2.2.2. Χάρτινη συσκευασία

Όταν μιλάμε για χάρτινη συσκευασία τροφίμων μιλάμε για μια συσκευασία η οποία σαν πρώτο υλικό παρασκευής της έχει το χαρτί και το χαρτόνι. Το χαρτί (paper) και το χαρτόνι (board) είναι υλικά σε μορφή φύλλου που παράγονται από ίνες ή τμήματα ινών κυτταρίνης, οι οποίες διαπλέκονται και συνδέονται μεταξύ τους κατά τέτοιο τρόπο ώστε να αποτελούν ένα συνεκτικό και ενιαίο σύνολο [15].

Η μεγάλη πλειοψηφία των διάφορων ειδών χαρτιού και χαρτονιού που χρησιμοποιούνται στη συσκευασία των τροφίμων παράγονται από το ξύλο, ενώ χρησιμοποιούνται επίσης και διάφορα χαρτόνια που παράγονται από ανακυκλωμένο χαρτί αλλά ποτέ ως πρωτογενής συσκευασία. Τα περισσότερα είδη χαρτιού που χρησιμοποιούνται στη πρωτογενή συσκευασία υπόκεινται σε ειδική κατεργασία ή επικαλύπτονται με διάφορες ουσίες, όπως για παράδειγμα το κερί, τα βερνίκια, οι ρητίνες κ.α., για τη βελτίωση των φυσικών και χημικών τους ιδιοτήτων και της εμφάνισής τους [16].

Πλέον το 97% της παγκόσμιας παραγωγής χαρτιού/ χαρτονιού προέρχεται από τον χαρτοπολτό του ξύλου και το 85% αυτού παράγεται από τα κωνοφόρα δέντρα (έλατα και πεύκα), καθώς διαθέτουν μεγάλες ίνες κυτταρίνης, γεγονός που με τη σειρά του συνεπάγεται μεγαλύτερη αντοχή [15].

Ο χαρτοπολτός του ξύλου λαμβάνεται είτε με μηχανική επεξεργασία από την άλεση του ξύλου (mechanical or ground wood pulp) είτε με χημική επεξεργασία (chemical pulp). Το χαρτί που χρησιμοποιείται για την συσκευασία των τροφίμων προέρχεται κυρίως από χημική επεξεργασία καθώς με αυτές τις μεθόδους παράγεται χαρτί υψηλής αντοχής.

Η παραγωγή του πολτού μέσω χημικής επεξεργασίας γίνεται με δύο βασικές μεθόδους. α) Με την επεξεργασία σε θειικά άλατα (sulfate process or Kraft process) που γίνεται σε αλκαλικό περιβάλλον με τη χρήση καυστικού νατρίου και θειικού νατρίου και β) με την επεξεργασία σε θειώδη άλατα (sulfite process) σε όξινο περιβάλλον με τη χρήση διοξειδίου του θείου και θειώδους ασβεστίου. Μετά την χημική επεξεργασία ο πολτός υπόκειται σε λεύκανση με διάλυμα υπεροξειδίου του υδρογόνου (H₂O₂) και συνεχές «κτύπημα» (beating) [16].

Τέλος, για να μπορέσει η χάρτινη συσκευασία να ανταποκριθεί επάξια στις πολλαπλές απαιτήσεις της συσκευασίας των τροφίμων, είναι δυνατόν να υποστεί κάποιες επιπλέον επεξεργασίες που σκοπό έχουν τη βελτίωση των ιδιοτήτων της. Οι κύριες μέθοδοι βελτίωσης των ιδιοτήτων της χάρτινης επεξεργασίας είναι [15]:

- Το κολλάρισμα (sizing), δηλαδή η προσθήκη διάφορων χημικών ουσιών όταν το χαρτί βρίσκεται στο στάδιο της μηχανικής του επεξεργασίας και πριν τη μορφοποίηση του σε φύλλο. Το κολλάρισμα επιβραδύνει την απορρόφηση του χαρτιού και γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιείται κυρίως στη συσκευασία υγρών τροφίμων ή τροφίμων που θα συντηρηθούν σε υγρό περιβάλλον (π.χ. ψύξη).
- Η επίστρωση με συγκολλητική ουσία και κάλυψη με εύκαμπτο υλικό (lamination) για να εξασφαλιστεί πλήρης στεγανότητα από την υγρασία, το οξυγόνο, τις λιπαρές ουσίες κ.λ.π. Ως κύρια υλικά κάλυψης είναι τα φύλλα αλουμινίου, το λαδόχαρτο και το χαρτί γλασέ.
- Κάλυψη με πλαστικές μεμβράνες για να εξασφαλιστεί πλήρης στεγανότητα από την υγρασία και τα λίπη, αλλά και αντοχή στη θέρμανση. Οι κύριες πλαστικές μεμβράνες που χρησιμοποιούνται για τους λόγους αυτούς είναι πολυαιθυλένιο (PE), το πολυπροπυλένιο (PP), ο πολυτερεφθαλικός αιθυλεστέρας (PET), και η αιθυλενοβινυλική αλκοόλη (EVOH) με τα πολυαμίδια (Nylon).

Χάρτινη ασηπτική συσκευασία

Η χάρτινη ασηπτική συσκευασία είναι μια σύνθετη συσκευασία που κατασκευάζεται από πολύφυλλες μεμβράνες (laminates) οι οποίες έχουν ως βάση το χαρτί. Τα στρώματα μιας χάρτινης ασηπτικής συσκευασίας εξαρτώνται από τη φύση του προϊόντος που πρόκειται να συσκευαστεί όμως σε γενικές γραμμές [17] αποτελούνται από χαρτόνι υψηλής ποιότητας μη ανακυκλωμένο, φύλλα αλουμινίου και πλαστικού τα οποία είναι ενωμένα μεταξύ τους υπό ισχυρή πίεση κυλίνδρων [18].

Σύμφωνα με στοιχεία που προέρχονται από την Tetra Pak (πολυεθνική εταιρεία σουηδικής προέλευσης, που επεξεργάζεται και συσκευάζει τρόφιμα, γνωστή για την τετράεδρη συσκευασία "Tetra Classic" που εφευρέθηκε από τον Έρικ Βάλενμπεργκ), για την παραγωγή των υλικών συσκευασίας, χρησιμοποιούνται: χαρτόνι (73%), πλαστικό (22%) και -για τις ασηπτικές συσκευασίες- φύλλα αλουμινίου (5%).

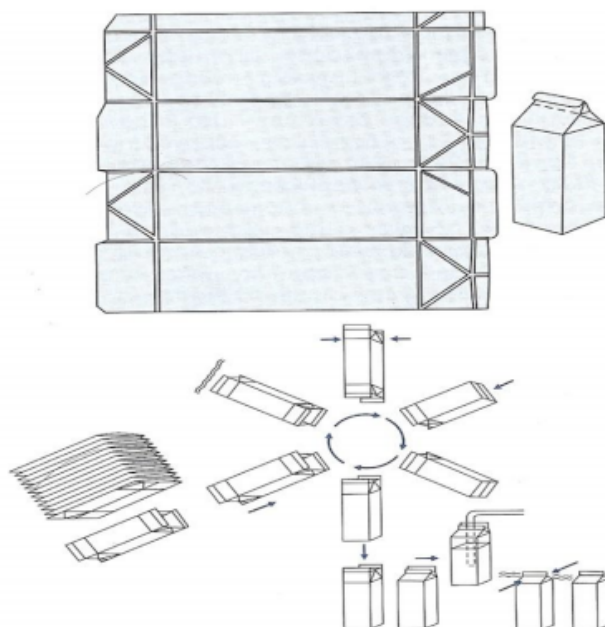
Το πλαστικό (πολυαιθυλένιο) χρησιμοποιείται σε στρώσεις και από τις δύο πλευρές του χαρτονιού για να προστατεύει τη συσκευασία από την εξωτερική και εσωτερική υγρασία.

Οι χάρτινες συσκευασίες που έχουν σχεδιαστεί για μεγάλη διάρκεια ζωής ή για όξινο περιεχόμενο περιλαμβάνουν και στρώσεις αλουμινίου. Αυτή η στρώση προσφέρει πρόσθετη προστασία του περιεχομένου από το οξυγόνο, τα βακτήρια, διάφορες οσμές και γεύσεις και το φως [19].



Σχήμα 2.12: Τυπική σύσταση του laminate για τα χάρτινα κουτιά ασηπτικής συσκευασίας [16].

Δύο είναι τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας που ακολουθούνται έτσι ώστε να κατασκευαστούν οι χάρτινες συσκευασίες. Το πρώτο περιλαμβάνει την κατασκευή του ειδικού σύνθετου χαρτιού και την εκτύπωσή του. Στη συνέχεια, κατά το δεύτερο πραγματοποιείται η μορφοποίηση του εκτυπωμένου χαρτιού σε κουτί [18].



Σχήμα 2.13: Προκατασκευασμένοι χάρτινοι περιέκτες [15].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ

3.1. Ορισμός

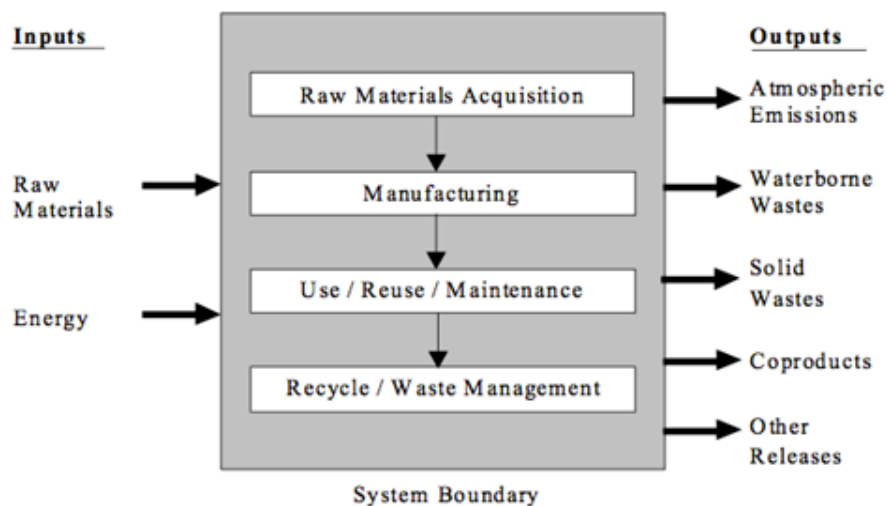
Σύμφωνα με τον οργανισμό SETAC (Society of Environmental Toxicology And Chemistry) η διαδικασία της ανάλυσης κύκλου ζωής ορίζεται ως εξής:

Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής (ΑΚΖ) είναι μια τεχνική μέσω της οποίας εκτιμώνται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συνδέονται με κάποιο προϊόν, διεργασία ή δραστηριότητα, προσδιορίζοντας και ποσοτικοποιώντας την ενέργεια και τα υλικά που χρησιμοποιούνται, καθώς και τα απόβλητα που απελευθερώνονται στο περιβάλλον· αξιολογούνται οι επιπτώσεις από τη χρήση αυτής της ενέργειας και των υλικών καθώς και των αποβλήτων· προσδιορίζονται και εκτιμώνται οι δυνατότητες περιβαλλοντικών βελτιώσεων [20].



Σχήμα 3.1: Κύκλος ζωής προϊόντος [21].

Η ανάλυση περιλαμβάνει ολόκληρο τον κύκλο ζωής του προϊόντος, της διεργασίας ή της δραστηριότητας, δηλαδή την εξαγωγή και επεξεργασία πρώτων υλών, την κατασκευή, μεταφορά, διανομή, χρήση, επαναχρησιμοποίηση, συντήρηση, ανακύκλωση και τελική απόρριψή του [20].



Σχήμα 3.2: Στάδια κύκλου ζωής [22].

Το κίνητρο ανάπτυξης της ΑΚΖ συγκεντρώνεται γύρω από την ανάγκη για σύγκριση υλικών και διεργασιών προκειμένου να προσδιοριστεί το βέλτιστο από περιβαλλοντικής άποψης, καταγράφοντας και ελέγχοντας όλα τα στάδια της ζωής τους. Με δεδομένο ότι όλα τα στάδια της ζωής ενός προϊόντος/ συστήματος συνεισφέρουν στους συνολικούς ρύπους, οποιαδήποτε αλλαγή σε κάποιο από τα στάδια αυτά είναι πιθανόν να έχει θετικές ή αρνητικές συνέπειες στα υπόλοιπα στάδια τόσο στις εκπομπές ρύπων, όσο και στην κατανάλωση ενέργειας και πρώτων υλών. Η πρακτική που συνήθως ακολουθείται αφορά την εστίαση σε συγκεκριμένο μέσο (αέρα, ύδατα ή έδαφος) με αποτέλεσμα να παραβλέπεται η «μεταφορά ρύπων» από ένα μέσο σε άλλο (π.χ. δέσμευση αέριων ρύπων μέσω καταιονιστήρων) [23, 24].

Γενικός σκοπός της ΑΚΖ είναι να αποτιμήσει τις επιδράσεις από τη χρήση ενέργειας και την επεξεργασία υλικών, συμπεριλαμβανομένης της απόρριψης αποβλήτων στο περιβάλλον και να εκτιμήσει τις δυνατότητες επίτευξης περιβαλλοντικών βελτιώσεων σε συνδυασμό με την ορθολογική χρήση πρώτων υλών και ενέργειας σε κάθε στάδιο του κύκλου ζωής ενός προϊόντος [24].

3.2. Ιστορική αναδρομή

Η ΑΚΖ αρχίζει να απασχολεί ευρύτερα την διεθνή κοινότητα στη δεκαετία του 1960, καθώς αυτή την περίοδο εμφανίζεται εντονότερο το πρόβλημα της μείωσης των ενεργειακών αποθεμάτων, των πρώτων υλών και της διαθέσιμης ενέργειας, οπότε παρουσιάζεται η ανάγκη αντικειμενικής καταγραφής της ενέργειας και των πρώτων υλών που θα απαιτηθούν στο μέλλον [25, 26]. Συνέπεια λοιπόν αυτού του γεγονότος είναι ότι η διαρκώς αυξανόμενη ζήτηση αγαθών και ενέργειας θα οδηγούσε σε εξάντληση των φυσικών πόρων, με αποτέλεσμα την ανάγκη για λεπτομερείς μελέτες των βιομηχανικών διαδικασιών. Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του '60 και στις αρχές της

δεκαετίας του '70 πραγματοποιούνται οι πρώτες μελέτες που αφορούν τον κύκλο ζωής των προϊόντων και επικεντρώνονται σε ζητήματα όπως η ενεργειακή αποδοτικότητα, η κατανάλωση πρώτων υλών και η διάθεση των αποβλήτων. Μια από τις πρώτες εργασίες που δημοσιεύτηκαν ήταν η εργασία του Harold Smith (1963), η οποία επιχειρούσε να υπολογίσει την συνολική ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή διαφόρων χημικών προϊόντων. Ακλούθησε το 1969 μια μελέτη χρηματοδοτούμενη από την Coca-Cola που αφορούσε τη σύγκριση πόρων και περιβαλλοντικών εκπομπών κατά τη διαδικασία εμφιάλωσης. Στη συνέχεια ακολούθησαν διάφορες μελέτες στις Η.Π.Α και την Ευρώπη από μεγάλες εταιρίες που στόχευαν στη σύγκριση διαφορετικών εναλλακτικών πηγών ενέργειας. Αν και η ανάλυση έδινε έμφαση κυρίως σε ενεργειακά χαρακτηριστικά, συμπεριλήφθηκαν στην χρήση των πηγών αυτών εκτιμήσεις σχετικές με τους ρυπαντές της ατμόσφαιρας και των υδάτων [26, 27]. Το 1970 εκπονήθηκε στη Βρετανία από τους Boustead και Hancock (1970), μια λεπτομερής ανάλυση για την απαιτούμενη ενέργεια και τις αναγκαίες σε πρώτες ύλες για την παραγωγή και την χρήση ειδών συσκευασίας, για λογαριασμό του Βρετανικού Συμβουλίου διαχείρισης των απορριμμάτων, ενώ το 1972 εκπονήθηκε η πρώτη μελέτη με αντικείμενο την βιομηχανία γυαλιού.

Λόγω της ενεργειακής και πετρελαϊκής κρίσης, το ενδιαφέρον για τα ζητήματα της ενέργειας μειώθηκε αλλά το ενδιαφέρον για την AKZ παραμένει σταθερό αλλά χωρίς σημαντική πρόοδο. Κατά την περίοδο αυτή οι μελέτες που αφορούσαν την AKZ εκπονήθηκαν με αργό ρυθμό και με έμφαση των περισσότερων από αυτές σε ενεργειακές ανάγκες, με αποτέλεσμα την βελτίωση της μεθοδολογίας [28]. Από την δεκαετία του '80 αυξήθηκε ξανά το ενδιαφέρον λόγω της αύξησης των πιέσεων από τις οικολογικές κινήσεις και της δημιουργίας της Ευρωπαϊκής Επιτροπής της Γενικής Διεύθυνσης Περιβάλλοντος. Παρόλη την πρόοδο που αφορούσε την AKZ, στα τέλη της δεκαετίας του '80 αρχίζει να παρατηρείται μια σχετική σύγχυση καθώς περιβαλλοντικές εκθέσεις σε παρόμοια προϊόντα συχνά περιείχαν αντικρουόμενα αποτελέσματα αφού ήταν βασισμένα σε διαφορετικές μεθόδους, δεδομένα και ορολογία. Γίνεται λοιπόν, επιτακτική η ανάγκη για τυποποίηση της μεθοδολογίας και της ορολογίας που αφορούσε την AKZ. Στην αρχή του 1990, διάφορες οργανώσεις όπως ο SETAC και από το 1993 ο οργανισμός International Standards Organization (ISO) προσέγγισαν τον αναδυόμενο τομέα με στόχο την ανάπτυξη μεθοδολογίας και την διάδοση της [26]. Θεωρείται λοιπόν ότι η καθιέρωσή της ως περιβαλλοντικό εργαλείο έγινε μόλις στα τέλη της δεκαετίας του '90 με την έκδοση της σχετικής σειράς διεθνών προτύπων ISO 14040- 14049 [24, 29].

Η ανάπτυξη της μεθοδολογίας AKZ στην Ευρώπη προωθήθηκε περαιτέρω και υποστηρίχθηκε μεταξύ των άλλων από τη Society for the Promotion of LCA Development (SPOLD). Την ίδια περίοδο άρχισε να σχεδιάζεται και το λογισμικό που θα καθιστούσε την AKZ ένα περιβαλλοντικό εργαλείο φιλικό προς το

χρήστη. Ο τομέας αυτός βρίσκεται ακόμα υπό εξέλιξη και αναπτύσσονται συνεχώς νέα λογισμικά [26].

3.3. Διεθνή πρότυπα

Ο διεθνής οργανισμός προτυποποίησης (ISO) στην προσπάθεια του να βοηθήσει ώστε η μεθοδολογία της ανάλυσης κύκλου ζωής να εξελιχθεί δομημένα σε ένα πρακτικό, εύχρηστο και πάνω από όλα αξιόπιστο εργαλείο, δημιούργησε τα 4 πρότυπα (14040, 14041, 14042, 14043) τα οποία εντάσσονται στην οικογένεια προτύπων περιβαλλοντικής διαχείρισης ISO14040.

- International Standard ISO 14040 (1997): βασικές αρχές
- International Standard ISO 14041 (1998): καθορισμός σκοπού και αντικειμένου της μελέτης και απογραφή δεδομένων
- International Standard ISO 14042 (2000): εκτίμηση επιπτώσεων κύκλου ζωής.
- International Standard ISO 14043 (2000): εκτίμηση βελτιώσεων κύκλου ζωής.

Επίσης, έχουν εξελιχθεί τα πρότυπα που αφορούν την εφαρμογή της μεθόδου της AKZ (International Standard / TRISO TR 14062, 2000). Ο διεθνής οργανισμός SETAC "Society of Environmental Toxicology and Chemistry's" έχει προτείνει και αυτός ένα συγκεκριμένο πλαίσιο για την AKZ, με τη βασική διαφορά ότι η εκτίμηση βελτιώσεων που υπήρχε ως ξεχωριστό στάδιο, πλέον στα πρότυπα ISO δεν θεωρείται επιπλέον αλλά προστίθεται στην μεθοδολογία ISO το στάδιο της Ερμηνείας αποτελεσμάτων που αλληλεπιδρά με τα υπόλοιπα 3 στάδια [30].

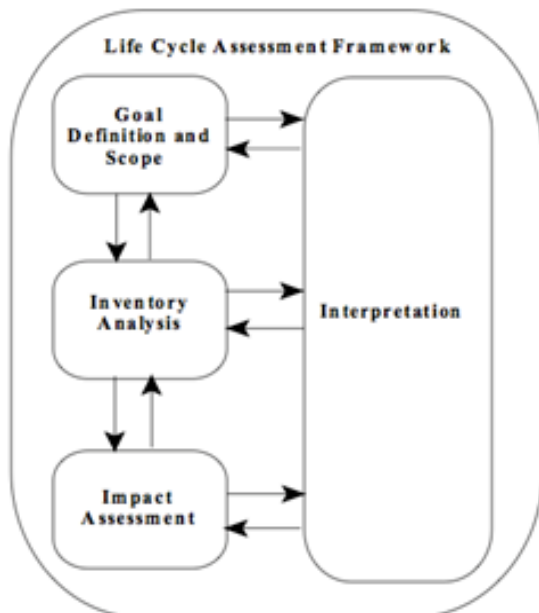
Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα της AKZ αποτελεί η συστηματική προσέγγιση του αντικειμένου της μελέτης, που έχει ως συνέπεια την αποφυγή της μετάθεσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από το ένα στάδιο του κύκλου ζωής σε άλλο, όπως και τον συνυπολογισμό των έμμεσων επιπτώσεων εκτός τοπικών- εθνικών ορίων. Στον αντίποδα, το βασικό μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι απαιτεί μεγάλο αριθμό λεπτομερών δεδομένων, χρόνο και εξειδικευμένη γνώση για την εφαρμογή της. Επίσης, βασικό περιορισμό της AKZ αποτελεί το ότι δεν λαμβάνει υπόψη στοιχεία με κόστη ή τεχνική αποδοτικότητα. Κατά συνέπεια, εντός ενός πλαισίου συνολικής αξιολόγησης, καθίσταται αναγκαίος ο συνδυασμός της AKZ με μεθοδολογίες/ πηγές που συνεισφέρουν την αντίστοιχη πληροφορία [31].

Η τεχνική εφαρμογής της AKZ βασίζεται στη δημιουργία ενός είδους μοντέλου ρεαλιστικής καταγραφής των ενδιάμεσων σταδίων του κύκλου ζωής ενός συστήματος. Το στατικό μοντέλο προσομοίωσης της AKZ αποτελείται από διεργασίες, η κάθε μια από τις οποίες αντιπροσωπεύει μια ή περισσότερες δραστηριότητες [24].

3.4. Μεθοδολογία

Η ΑΚΖ είναι μια συστηματική προσέγγιση σε φάσεις και αποτελείται από τέσσερις συνιστώσες- στάδια [20, 22, 24, 32]:

- Προσδιορισμός του σκοπού και του αντικειμένου της μελέτης (Goal Definition and Scoping). Περιγράφεται το προϊόν, η διαδικασία ή η υπηρεσία η οποία θα αναλυθεί, ορίζεται το πλαίσιο στο οποίο θα κινηθεί η ανάλυση και καθορίζονται τα όρια αυτής όπως και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που θα ληφθούν υπόψη.
- Απογραφή δεδομένων (Inventory Analysis). Αναγνωρίζονται και ποσοτικοποιούνται η ενέργεια, το νερό και οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται, καθώς και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις.
- Εκτίμηση επιπτώσεων κύκλου ζωής (Impact Assessment). Αποτιμώνται οι επιπτώσεις παραμέτρων που απογράφηκαν, στον άνθρωπο και το περιβάλλον. Η εκτίμηση των επιπτώσεων αποτελείται από τρία μέρη: α) ταξινόμηση β) χαρακτηρισμό γ) αξιολόγηση.
- Ερμηνεία αποτελεσμάτων (Interpretation). Αξιολογούνται τα αποτελέσματα των δύο προηγούμενων σταδίων ώστε να επιλεγεί το προτιμώμενο προϊόν, διαδικασία ή υπηρεσία, με πλήρη κατανόηση των αβεβαιοτήτων και υποθέσεων που έγιναν για να προκύψει το συγκεκριμένο αποτέλεσμα.



Σχήμα 3.3: Στάδια εφαρμογής ΑΚΖ [22].

3.4.1 Σκοπός και πλαίσιο της AKZ

Ο καθορισμός του σκοπού και του πλαισίου της ανάλυσης είναι ένα ιδιαίτερα σημαντικό στάδιο στην εφαρμογή της τεχνικής γιατί από αυτό εξαρτώνται οι απαιτήσεις σε χρόνο, ανθρώπινο δυναμικό και οικονομικούς πόρους. Επιπρόσθετα, το μοντέλο του κύκλου ζωής αναπόφευκτα περιέχει πλήθος απλοποιήσεων και παραδοχών. Ο ξεκάθαρος ορισμός του σκοπού και πλαισίου της ανάλυσης είναι για τον χρήστη ένα κομβικό σημείο κατά το οποίο θα πρέπει να βεβαιωθεί ότι οι παραδοχές και απλοποιήσεις αυτές θα είναι τέτοιες που δεν θα επιφέρουν σημαντική αλλοίωση στο τελικό αποτέλεσμα [24].

Σημαντικά ζητήματα που συνδέονται με τον σκοπό και το πλαίσιο της AKZ είναι [24, 29, 33]:

- Η ακριβής αποτύπωση του σκοπού εφαρμογής της AKZ
- Ο λεπτομερής καθορισμός του κύκλου ζωής και της χρήσης του προϊόντος
- Ο καθορισμός της λειτουργικής μονάδας
- Ο ορισμός και περιγραφή των ορίων του συστήματος
- Ο καθορισμός του σκοπού και του πλαισίου της μελέτης
- Η συλλογή και καταγραφή των δεδομένων (εισροές και εκροές)
- Η αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων
- Η ερμηνεία και κατανόηση των πληροφοριών, δεδομένων και αποτελεσμάτων της AKZ
- Ο καθορισμός των ποιοτικών προδιαγραφών για τα στοιχεία που θα χρησιμοποιηθούν
- Οι υποθέσεις, περιορισμοί και απαιτήσεις για την επακόλουθη ερμηνεία
- Το ακροατήριο στο οποίο τα αποτελέσματα θα διαχυθούν και ο τρόπος που θα εφαρμοστούν
- Ο τύπος και η μορφή της έκθεσης για τη μελέτη

Πιο συγκεκριμένα λοιπόν και σύμφωνα με τα πρότυπα ISO τα βήματα που ακολουθούνται είναι τα εξής [26]:

- Καθορίζεται το αντικείμενο της μελέτης, δηλαδή ποιο προϊόν ή ποια λειτουργία πρόκειται να μελετηθεί. Θα πρέπει να προσδιοριστεί η ποσότητα του προϊόντος, η λειτουργία του και η χρονική περίοδος που διεξήχθη η μελέτη. Επίσης, αν απαιτείται από το είδος του εξεταζόμενου προϊόντος, περιγράφονται τα υλικά συσκευασίας ή η συμπεριφορά του καταναλωτή. Το αντικείμενο της μελέτης πρέπει να ορίζεται εξ' αρχής με λεπτομέρεια, ώστε να εξασφαλίζει ότι το εύρος και το βάθος της ανάλυσης είναι ικανά και επαρκή να ικανοποιήσουν τον προκαθορισμένο σκοπό της μελέτης
- Αναφορικά με την εξεταζόμενη ποσότητα, αυτή ποικίλει ανάλογα με το είδος του εξεταζόμενου προϊόντος. Συνήθως συνίστανται μεγάλες ποσότητες που καθιστούν ευκολότερους τους υπολογισμούς. Σύμφωνα

με τον SETAC η ποσότητα του προϊόντος που μελετάται ονομάζεται «λειτουργική μονάδα». Η λειτουργική μονάδα θέτει την κλίμακα για την σύγκριση δύο ή περισσότερων προϊόντων συμπεριλαμβάνοντας την βελτίωση σε ένα προϊόν και έχει ιδιαίτερη σημασία σε συγκριτικές μελέτες καθώς προσφέρει το κοινό σημείο αναφοράς, δηλαδή συντελεί στην δημιουργία μιας βάσης σύγκρισης μεταξύ διαφορετικών κύκλων ζωής παρόμοιων προϊόντων

- Επίσης μελετάται και η έκταση της μελέτης, δηλαδή πόσο λειτουργική και αξιόπιστη θα είναι η μελέτη αλλά και πόσο λεπτομερειακή. Σε αυτό το βήμα καθορίζονται οι απαιτούμενες λεπτομέρειες, δηλαδή αν λαμβάνεται υπόψη αν το προϊόν άλλαξε κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών ή και αν υπάρχουν ποικίλες μέθοδοι παραγωγής.
- Είναι σημαντικό να αναφέρεται το κοινό στο οποίο απευθύνεται η μελέτη. Το εάν δηλαδή τα αποτελέσματα της μελέτης προορίζονται για εσωτερική χρήση σε μια εταιρεία και για την βελτίωση των περιβαλλοντικών της επιπτώσεων ή αντιθέτως πρόκειται να δημοσιοποιηθούν με στόχο ένα ευρύτερο κοινό.
- Να βαθμολογηθούν οι σχετικές συνεισφορές συγκεκριμένων σταδίων του Κύκλου Ζωής. Ένας εύκολος διαχωρισμός του συστήματος μπορεί να γίνει με βάση τα στάδια του κύκλου ζωής. Τα στάδια σε ένα κύκλο ζωής μπορούν να θεωρηθούν ως υποσυστήματα του συνολικού συστήματος. Αντιμετωπίζοντας τα στάδια ως υποσυστήματα, διευκολύνεται η συγκέντρωση των δεδομένων για την αναλυτική απογραφή του όλου συστήματος. Όλα τα δεδομένα που συλλέγονται στην φάση απογραφής αφορούν την λειτουργική μονάδα [34].
- Επίσης, θα πρέπει να κατανοηθούν τα σχετικά περιβαλλοντικά φορτία των ανταγωνιστικών προϊόντων ή δραστηριοτήτων
- Να καθοριστεί η γραμμή βάσης/αναφοράς για συγκεκριμένα προϊόντα και δραστηριότητες.
- Τέλος, θα πρέπει να καθοριστεί ο τύπος, η δομή και η μορφή καταγραφής των αποτελεσμάτων. Οι αποφάσεις που πρόκειται να ληφθούν από τα αποτελέσματα της μελέτης, δηλαδή το πώς θα χρησιμοποιηθούν τα αποτελέσματα, πρέπει να είναι σαφώς προσδιορισμένες.

Ο καθορισμός του σκοπού και του παλισίου προκύπτει από την ανάγκη για συνέπεια κατά τη διάρκεια της εφαρμογής της AKZ. Στην πράξη, το πλαίσιο της μελέτης είναι ο προσδιορισμός του επιπέδου λεπτομέρειας που απαιτείται για την εφαρμογή των αποτελεσμάτων. Το αποτέλεσμα της μελέτης εξαρτάται κυρίως από την ακρίβεια των στοιχείων που εισάγονται [24, 32].

3.4.2 Απογραφή δεδομένων

Ουσιαστικά στην απογραφή δεδομένων πρέπει να καταγράφονται όλα τα εισερχόμενα στοιχεία και όλα τα εξερχόμενα από το υπό μελέτη σύστημα. Παρόλα αυτά, πολλές φορές η αναγκαιότητα της μελέτης για λήψεις άμεσων αποφάσεων, η έλλειψη χρόνου και η δευτερεύουσα σημασία κάποιων αποτελεσμάτων που έχουν αμελητέα επίδραση στο τελικό αποτέλεσμα της μελέτης οδηγούν τον μελετητή στην απαλοιφή κάποιων δεδομένων. Επομένως, θα πρέπει να λαμβάνονται αποφάσεις σχετικά με τις διεργασίες που θα διαμορφωθούν σύμφωνα με την μελέτη και το επίπεδο λεπτομέρειας που αυτές θα μελετηθούν. Επιπλέον, θα πρέπει να καθοριστούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που θα εκτιμηθούν καθώς και το επίπεδο λεπτομέρειας αυτής της εκτίμησης. Οι κανόνες απόφασης που χρησιμοποιούνται κατά την επιλογή των εισροών και εκροών πρέπει να είναι σαφώς κατανοητοί και να περιγράφονται με σαφήνεια. Οποιαδήποτε παράλειψη των σταδίων κύκλου ζωής, διεργασιών ή απαιτούμενων δεδομένων πρέπει να δηλώνεται και να αιτιολογείται.

Η απογραφή δεδομένων αποτελεί την ποσοτική περιγραφή όλων των ροών και ανταλλαγών μάζας και ενέργειας από και προς το σύστημα. Πολλές φορές δεν υπάρχουν δεδομένα για όλα τα στάδια του συστήματος. Αυτό το γεγονός αποτελεί εμπόδιο για την εκτέλεση μιας λεπτομερούς ΑΚΖ, εντούτοις η μελέτη βασίζεται στα στάδια του κύκλου ζωής για τα οποία υπάρχουν δεδομένα. Οι όποιες ελλείψεις πρέπει να επισημαίνονται εκ των προτέρων ώστε να δίνεται μία σαφής εικόνα για τις παραδοχές που έγιναν [26].

3.4.2.1 Καθορισμός και οριοθέτηση συστήματος- Κατασκευή διαγράμματος ροής

Στο στάδιο της απογραφής δεδομένων κάθε προϊόν παρουσιάζεται ως σύστημα, δηλαδή ένα σύνολο διεργασιών που συσχετίζονται άμεσα ή έμμεσα με την κατανάλωση ενέργειας και μάζας [35]. Η απογραφή δεδομένων έχει ως στόχο την ποσοτική περιγραφή των στοιχείων εισόδου και εξόδου από το σύστημα. Τα όρια του συστήματος καθορίζουν τις διεργασίες, τις εισροές και τις εκροές που λαμβάνονται υπόψη στην ΑΚΖ. Η εισροή μπορεί να είναι η συνολική εισροή σε μια παραγωγή καθώς και η εισροή σε μια ξεχωριστή διεργασία. Ομοίως ορίζεται και η εκροή. Ως εκ τούτου το σύστημα θα πρέπει να χωρίζεται σε υποσυστήματα όπου το κάθε ένα θα έχει για είσοδο την έξοδο της προηγούμενης διεργασίας και η έξοδος της μια διεργασίας θα γίνεται αυτόματα η είσοδος για την επόμενη διεργασία που θα ακολουθεί. Ο ορισμός κάθε συστήματος είναι σχετικός, δεν υπάρχει ένας και μόνο τρόπος ούτε συγκεκριμένα κριτήρια για όλες τις μελέτες. Τα κριτήρια προκύπτουν από την ίδια τη μελέτη, δηλαδή το σκοπό της ΑΚΖ, λαμβάνοντας υπ' όψιν τα πρότυπα από βάσεις δεδομένων καθώς και την σχετική βιβλιογραφία.

Ένα διάγραμμα ροής αναπαριστά τις διασυνδέσεις μεταξύ των διαφόρων υποσυστημάτων, δείχνει όλα τα κύρια στοιχεία, όσα δηλαδή έχουν συμπεριληφθεί εντός ορίων του συστήματος, κατά την διάρκεια ζωής ενός προϊόντος. Με τον τρόπο αυτό η αναγνώριση των ορίων του συστήματος γίνεται εύκολα και παραστατικά. Η ανάλυση ακόμα και των απλούστερων συστημάτων συχνά απαιτεί δεδομένα από μια ευρύτατη γκάμα διαφορετικών βιομηχανιών, οι οποίες μπορεί και να βρίσκονται μακριά από το εξεταζόμενο σύστημα [36]. Η ανάπτυξη ενός διαγράμματος ροής αποτελεί τον καλύτερο τρόπο παρουσίασης των στοιχείων που απαρτίζουν ένα σύστημα και τον τρόπο διασύνδεσης των υποσυστημάτων. Για τα περισσότερα βιομηχανικά συστήματα, ένα διάγραμμα ροής αποτελείται από τρεις βασικές ομάδες διεργασιών: τη σειρά της βασικής παραγωγής, την προαγωγή βοηθητικών υλών και τις βιομηχανίες παραγωγής καυσίμου [35].

3.4.2.2 Συλλογή δεδομένων

Η συλλογή αξιόπιστων δεδομένων αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην επιτυχία μιας μελέτης AKZ. Τα δεδομένα πρέπει να συλλέγονται από τις αντίστοιχες πηγές πρωτογενών δεδομένων ώστε να επιτυγχάνεται η μεγαλύτερη δυνατή αξιοπιστία και εγκυρότητα. Αρκετές φορές βέβαια, αυτό δεν είναι εφικτό, με αποτέλεσμα η εύρεση δεδομένων από άλλες δευτερογενείς πηγές να είναι απαραίτητη. Ένας τρόπος ελέγχου της πληροφορίας είναι να σχεδιαστούν ισοζύγια για κάθε διεργασία, λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι οι συνολικές εισροές μιας διεργασίας είναι ισοδύναμες με τις συνολικές εκροές, στις οποίες συμπεριλαμβάνονται και τα απόβλητα. Τα ισοζύγια δεν είναι ποτέ ακριβή αλλά παρέχουν μια ένδειξη για το που και πως εμφανίζονται οι αποκλίσεις. Είναι σημαντικό να λαμβάνεται υπόψη ότι η αξιοπιστία του τελικού αποτελέσματος θα εξαρτηθεί από την ποιότητα των δεδομένων [37].

Τα δεδομένα συλλέγονται ως: μέσες τιμές, μικτά δεδομένα, σταθερά δεδομένα και κανονικοποιημένα δεδομένα. Ενώ αυτά μπορούν να παραχθούν από: ακριβείς μετρήσεις, δείγματα-εκτιμήσεις καθώς και υπολογισμούς [26].

3.4.2.3 Ποιότητα Δεδομένων

Η ποιότητα των δεδομένων ορίζεται ως ο βαθμός αξιοπιστίας ανάμεσα σε δεδομένα εισόδου και εξόδου ξεχωριστά, και στα δεδομένα σαν σύνολο, και τελικά στις αναφορές που βασίζονται στην χρήση των δεδομένων [35]. Η ποιότητα των δεδομένων είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την ποιότητα των αποτελεσμάτων της AKZ.

Η ποιότητα των δεδομένων επηρεάζεται από τους εξής παράγοντες:

- την πηγή των δεδομένων
- τη μέθοδο συλλογής των δεδομένων
- τον τρόπο παραγωγής τους

- το κόστος και τον χρόνο συλλογής τους.

Σημαντικό ρόλο παίζει ακόμα η προέλευση των δεδομένων, η ηλικία τους, η χρονική περίοδος και ο χώρος αναφοράς τους καθώς και αν τα δεδομένα προέρχονται από μετρήσεις, υπολογισμούς ή κατά προσέγγιση εκτιμήσεις. Οι πηγές των δεδομένων μπορεί να είναι πρωτογενείς (όπως για τα δεδομένα που συλλέγονται για ειδικές διαδικασίες) ή δευτερογενείς (όπως για αυτά που συλλέγονται από αναφορές ή άλλες δημοσιευμένες πηγές). Αυτές προέρχονται από:

- βιομηχανικές και κρατικές αναφορές
- δεδομένα εργαστηριακών δοκιμών
- βιβλία αναφοράς
- δημοσιεύσεις και βάσεις δεδομένων
- λίστες θεσμοθετημένων ορίων
- συμβούλους και εμπορικούς συνδέσμους
- παρόμοιες μελέτες ΑΚΖ

Κάθε ΑΚΖ παρουσιάζει αβεβαιότητες και κενά στο στάδιο της απογραφής δεδομένων. Οι παραπάνω παράμετροι πρέπει να αναλύονται και να παρουσιάζονται στο στάδιο του καθορισμού του σκοπού της μελέτης. Η ανάλυση ευαισθησίας των δεδομένων κρίνεται απαραίτητη ώστε να επισημαίνονται έγκαιρα οι περιορισμοί της μελέτης και να κρίνονται ανάλογα τα αποτελέσματα της. Ορισμένες φορές η συλλογή περισσότερων δεδομένων είναι αναγκαία για την ολοκλήρωση της ανάλυσης ευαισθησίας ενώ υπάρχουν και οι περιπτώσεις που μπορεί να απαιτηθεί απόρριψη κάποιων δεδομένων.

Τέλος, όπου και εφόσον κριθεί απαραίτητο με βάση τα δεδομένα, όσα στάδια του κύκλου ζωής ενός προϊόντος διεργασίας είναι επουσιώδη τότε αυτά τα στάδια πρέπει να αφαιρούνται αρκεί η απόφαση αυτή να δικαιολογείται επαρκώς στη τελική έκθεση. Χρήσιμο είναι τα δεδομένα να καταγράφονται και να παρουσιάζονται σε μονάδες SI [26].

3.4.3 Εκτίμηση επιπτώσεων

Το στάδιο της εκτίμησης επιπτώσεων (Life Cycle Impact Assessment, LCIA) στοχεύει στην αξιολόγηση των πιθανών περιβαλλοντολογικών επιπτώσεων «από το λίκνο μέχρι τον τάφο» (“from cradle-to-grave”). Αυτή η εκτίμηση μπορεί να γίνει με διάφορες μεθόδους [38]. Είναι μια διαδικασία ποσοτική ή/και ποιοτική [35]. Η εκτίμηση επιπτώσεων συνήθως περιγράφεται ως μια βήμα προς βήμα ερμηνεία του σταδίου της απογραφής [34]: Απογραφή, Ταξινόμηση, Χαρακτηρισμός, Κανονικοποίηση, Αξιολόγηση.

Οι φάσεις της εκτίμησης επιπτώσεων είναι οι εξής:

- Κατηγοριοποίηση
- Χαρακτηρισμός

- Κανονικοποίηση
- Ομαδοποίηση
- Στάθμιση

Οι τρεις τελευταίες φάσεις είναι προαιρετικές και διευκολύνουν την ερμηνεία της ανάλυσης στο επόμενο στάδιο της εκτίμησης βελτιώσεων. Η διαδικασία αυτή είναι μια διαδικασία πολύπλοκη και αμφιλεγόμενη αφού πρόκειται για μια διαδικασία συσχέτισης αξιών που αντανακλά τις κοινωνικές αξίες και προτιμήσεις [39].

Σύμφωνα με το πρότυπο ISO 14042, το οποίο αφορά στην εκτίμηση επιπτώσεων, τρεις είναι οι μεγάλες κατηγορίες επιπτώσεων που θα πρέπει να λαμβάνονται πάντα υπόψη σε μια μελέτη AKZ και αυτές είναι:

- Επιπτώσεις στο οικοσύστημα
- Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία
- Επιπτώσεις στους φυσικούς πόρους

3.4.3.1 Κατηγοριοποίηση/ Ταξινόμηση

Σε αυτή τη φάση ξεχωρίζονται οι επιπτώσεις ανάλογα με τους βασικούς στρεσογόνους περιβαλλοντολογικούς παράγοντες. Τα βασικά περιβαλλοντολογικά προβλήματα είναι τα εξής [37]:

- Η αβιοτική εξασθένιση (Abiotic Depletion Potential, ADP) η οποία μετριέται σε σχέση με τα αποθέματα σε παγκόσμιο επίπεδο
- Η εξασθένιση της ενέργειας (Energy Depletion Potential, EDP) ή το ενεργειακό περιεχόμενο που μετριέται σε Mj/kg ή σε Mj/m³
- Το φαινόμενο του θερμοκηπίου (Global Warming Potential, GWP) που μετριέται σε σχέση με την επίδραση που έχει 1kg CO₂
- Το φωτοχημικό νέφος (Photochemical oxidant formation, POCP) που μετριέται σε σχέση με την επίδραση που έχει 1kg αιθυλενίου
- Η οξίνιση του περιβάλλοντος (Acidification Potential, AP) που μετριέται σε σχέση με την επίδραση που έχει 1kg SO₂
- Η τοξικότητα (Human Toxicity, HT) μετριέται σε σχέση με την ποσότητα του βάρους του ανθρώπινου σώματος που μπορεί να εκτεθεί στο επιτρεπόμενο τοξικά όριο ενός κιλού της ουσίας
- Η οικοτοξικότητα του νερού (Aquatic Ecotoxicity, ECA) η οποία αφορά στη ποσότητα του νερού που θα μολυνθεί έως ένα κρίσιμο επίπεδο από 1kg ουσίας
- Η εδαφική οικοτοξικότητα (Terrestrial ecotoxicity, ECT) αφορά στην επιβάρυνση του εδάφους έως ένα κρίσιμο επίπεδο από 1kg ουσίας
- Ο ευτροφισμός (Nutrification, NP) που μετριέται σε σχέση με την επίδραση που έχει 1kg φωσφόρου
- Η εξασθένιση της στοιβάδας του όζοντος (Ozone Depletion, ODP) που μετριέται σε σχέση με την επίδραση που έχει 1kg CFC-11.

Περιβαλλοντικοί δείκτες

Η ανάλυση επιπτώσεων για να γίνει χρειάζεται πρώτα να οριστούν οι περιβαλλοντικοί δείκτες με βάση τους οποίους θα αναδειχθούν τα προβλήματα όπου υπάρχουν και στον τομέα που ενδιαφέρουν τον μελετητή. Η εκτίμηση των επιπτώσεων με βάση τους καθορισμένους δείκτες γίνεται στους άξονες πίεσης - κατάστασης - αντίδρασης [40].

Τα τρία κυριότερα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει κάθε περιβαλλοντικός δείκτης είναι [36, 41]:

α) Χρησιμότητα: Να προσφέρει την αντιπροσωπευτική εικόνα των περιβαλλοντικών συνθηκών που χαρακτηρίζει με απλότητα, να είναι εύκολα αντιληπτός και να μπορεί να έχει χρονικές διακυμάνσεις, να είναι ευαίσθητος στις αλλαγές των περιβαλλοντικών συνθηκών που χαρακτηρίζει, να αποτελεί τη βάση αναφοράς για διεθνείς συγκρίσεις και να έχει μια τιμή αναφοράς έτσι ώστε όλες οι συγκρίσεις να γίνονται με βάση αυτή.

β) Αναλυτική Βάση: Να ορίζεται πολύ καλά θεωρητικά με βάση τεχνικούς και επιστημονικούς όρους, να στηρίζεται σε διεθνή πρότυπα να έχει διεθνή αναγνώριση και αξιοπιστία του και να συνδέεται εύκολα με οικονομικά - κοινωνικά μοντέλα και πληροφοριακά συστήματα.

γ) Μετρησιμότητα: Τα δεδομένα που απαιτούνται για τον ορισμό του δείκτη θα πρέπει να είναι διαθέσιμα με καλή σχέση κόστους/ οφέλους, να είναι καλά τεκμηριωμένα με δεδομένη ποιότητα και να ανανεώνονται κατά τακτά χρονικά διαστήματα με βάση αξιόπιστες πηγές και διαδικασίες.

3.4.3.2 Χαρακτηρισμός

Ο χαρακτηρισμός είναι η διαδικασία κατά την οποία πραγματοποιείται ποσοτικοποίηση της συνεισφοράς όλων των δεδομένων της απογραφής στις κατηγορίες των περιβαλλοντικών προβλημάτων. Η διαδικασία περιλαμβάνει την κατάρτιση μιας λίστας που περιέχει τους ισοδύναμους συντελεστές οι οποίοι αντιστοιχούν σε κάθε μια από τις ουσίες που υπάρχουν στο σύστημα για κάθε περιβαλλοντικό πρόβλημα. Στη συνέχεια πολλαπλασιάζονται τα δεδομένα της απογραφής για κάθε ουσία του συστήματος με τους ισοδύναμους συντελεστές κάθε περιβαλλοντικού προβλήματος και προστίθενται τα αποτελέσματα που προκύπτουν ώστε να καταγραφούν τα συνολικά αποτελέσματα για κάθε περιβαλλοντικό πρόβλημα για όλες τις ουσίες που υπάρχουν στο σύστημα. Ο χαρακτηρισμός δίνει τη δυνατότητα άμεσης σύγκρισης των αποτελεσμάτων της απογραφής σε κάθε κατηγορία περιβαλλοντικού προβλήματος. Δηλαδή, οι ισοδύναμοι συντελεστές ερμηνεύουν τις εισροές της απογραφής σε άμεσα συγκρίσιμους δείκτες [37]. Είναι σημαντικό στο σημείο αυτό να υπογραμμιστεί ότι τα χαρακτηρισμένα δεδομένα μπορεί να συγκριθούν μόνο σε μία κατηγορία επίδρασης. Για παράδειγμα τα αποτελέσματα της υδάτινης οικοτοξικότητας δεν μπορούν να συγκριθούν άμεσα

με τα αποτελέσματα της οξίνησης διότι οι ισοδύναμοι συντελεστές υπολογίζονται με χρήση διάφορων επιστημονικών μεθόδων [26].

3.4.3.3 Κανονικοποίηση

Τα αποτελέσματα για κάθε περιβαλλοντικό πρόβλημα μπορεί να κανονικοποιηθούν με διαφορετικούς τρόπους έτσι ώστε να συσχετιστούν με μια τιμή αναφοράς. Η κανονικοποίηση είναι ένα εργαλείο με τη βοήθεια του οποίου δίνεται η δυνατότητα σύγκρισης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκαλεί το προϊόν που μελετάται με τις εκπομπές σε παγκόσμιο επίπεδο. Η κανονικοποίηση γίνεται με τη διαίρεση των συνολικών αποτελεσμάτων για κάθε περιβαλλοντικό πρόβλημα για όλες τις ουσίες που υπάρχουν στο σύστημα, τα οποία έχουν προκύψει από το βήμα του χαρακτηρισμού, με μια επιλεγμένη τιμή για κάθε περιβαλλοντικό πρόβλημα. Υπάρχουν πολλές μέθοδοι επιλογής της τιμής όπως για παράδειγμα οι συνολικές εκπομπές ή η χρήση των τιμών σε μια δεδομένη περιοχή (σε παγκόσμιο, τοπικό ή περιφερειακό επίπεδο) [37].

3.4.3.4 Ομαδοποίηση

Σε αυτή τη φάση ομαδοποιούνται οι κατηγορίες επιπτώσεων με κατηγοριοποίηση τους σε ομάδες με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά (π.χ. εκπομπές) και ταξινομούνται με ιεραρχική κλιμάκωση όπως π.χ. υψηλή, μεσαία και χαμηλή επίπτωση.

3.4.3.5 Στάθμιση

Η στάθμιση των αποτελεσμάτων αν και προαιρετική στην AKZ προσφέρει την δυνατότητα σύγκρισης ανάμεσα στις διάφορες κατηγορίες επιπτώσεων. Τα κανονικοποιημένα αποτελέσματα (ή μη κανονικοποιημένα) πολλαπλασιάζονται με τους συντελεστές στάθμισης για να διαμορφώσουν το τελικό αποτέλεσμα.

3.4.3.6 Μέθοδοι εκτίμησης επιπτώσεων

Στην πραγματικότητα δεν υπάρχει μια γενικώς αποδεκτή μέθοδος εκτίμησης επιπτώσεων για τον προσδιορισμό των κατάλληλων περιβαλλοντικών δεικτών για το περιβαλλοντολογικό αποτύπωμα των διεργασιών. Παρ' όλα αυτά, έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι όπως οι: CML 2001, Eco-Indicator 99 και IMPACT 2002+ [42]. Αυτές οι μέθοδοι βασίζονται στις φάσεις εκτίμησης επιπτώσεων που αναλύθηκαν παραπάνω και στις κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Στον πίνακα παρακάτω παρουσιάζονται οι τύποι παραγόντων που προβλέπονται από τις διάφορες μεθόδους εκτίμησης επιπτώσεων.

Όνομα Συντελεστή	Περιγραφή
Συντελεστής Χαρακτηρισμού	Χαρακτηρίζεται με ένα συντελεστή, η σημασία της κάθε ροής της διεργασίας σε σχέση με μια συγκεκριμένη βασική ροή.
Συντελεστής Κανονικοποίησης	Ένας άλλος συντελεστής (πχ ένας συντελεστής χαρακτηρισμού) κανονικοποιείται διαιρώντας το σύνολο των χαρακτηρισμένων ροών σε συγκεκριμένη περιοχή και χρονική περίοδο.
Συντελεστής Στάθμισης	Η πιθανή επίπτωση που οφείλεται σε μια εκπομπή περιγράφεται από αυτόν το συντελεστή. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει μια μοντελοποίηση για το μέλλον του περιβάλλοντος, ένα χαρακτηρισμό μιας σύστασης και μια τελική στάθμιση.

Πίνακας 3.1: Τύποι παραγόντων που προβλέπονται από τις μεθόδους εκτίμησης επιπτώσεων [43].

Οι διάφορες μέθοδοι αξιολόγησης χρησιμοποιούν τους παραπάνω παράγοντες για τον υπολογισμό των αποτυπωμάτων των συστατικών που απογράφηκαν στο στάδιο της απογραφής δεδομένων. Ο υπολογισμός των περιβαλλοντικών επιπτώσεων έγκειται είτε στις κύριες κατηγορίες επιπτώσεων (mid-point) είτε στις τελικές κατηγορίες επιπτώσεων (end-point) επιπτώσεων, είτε και στις δύο ανάλογα με τη μέθοδο όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα.

Μέθοδος ΑΚΖ	Χώρα Προέλευσης	Επίπτωση		Κανονικοποίηση
		mid-point	end-point	
CML 92	Ολλανδία	x		x
Eco-indicator 99	Ολλανδία		x	x
IMPACT 2002+	Ελβετία	x	x	x

Πίνακας 3.2: Μέθοδοι εκτίμησης επιπτώσεων και τα χαρακτηριστικά τους [44].

3.4.4 Ερμηνεία αποτελεσμάτων - εκτίμηση βελτιώσεων

Μία πολύ σημαντική ενέργεια κατά την Ανάλυση Κύκλου Ζωής ενός προϊόντος ή ενός συστήματος γενικότερα είναι η ερμηνεία των δεδομένων και των αποτελεσμάτων όλων των επιμέρους σταδίων από το μελετητή έτσι ώστε να ληφθούν τα απαραίτητα συμπεράσματα με τον κατά το δυνατόν σωστότερο τρόπο.

Η ερμηνεία είναι η διαδικασία προσδιορισμού, ελέγχου και εκτίμησης των πληροφοριών από τα συμπεράσματα της ανάλυσης απογραφής δεδομένων ή και την εκτίμηση των επιδράσεων ενός συστήματος και παρουσιάζονται προκειμένου να καλυφθούν οι απαιτήσεις της εφαρμογής, όπως περιγράφονται στη φάση προσδιορισμού του σκοπού και του αντικειμένου της μελέτης. Είναι μια διαδικασία επικοινωνίας και έχει σχεδιαστεί για να δώσει αξιοπιστία στα αποτελέσματα των περισσότερων τεχνικών φάσεων της AKZ, δηλαδή στη φάση της καταγραφής δεδομένων και τη φάση της εκτίμησης, και έχει μορφή που είναι και κατανοητή και χρήσιμη στους υπεύθυνους αποφάσεων. Η ερμηνεία περιέχει τον προσδιορισμό σημαντικών περιβαλλοντικών ζητημάτων και την εκτίμηση των συμπερασμάτων.

Η ερμηνεία εκτελείται παράλληλα με τις άλλες φάσεις της AKZ. Εάν τα αποτελέσματα της φάσης απογραφής δεδομένων ή της φάσης εκτίμησης επιπτώσεων δεν ικανοποιούν τις απαιτήσεις που καθορίζονται στη φάση προσδιορισμού του σκοπού, η φάση καταγραφής δεδομένων πρέπει να βελτιωθεί με π.χ. επιθεώρηση των ορίων του συστήματος, περαιτέρω συλλογή δεδομένων κλπ. και εν συνεχεία να ακολουθήσει μια πιο βελτιωμένη εκτίμηση επιπτώσεων. Αυτή η επαναληπτική διαδικασία πρέπει να αναπαράγεται έως ότου ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις της φάσης προσδιορισμού σκοπού και πλαισίου της μελέτης [45, 46, 47].

Ο οργανισμός SETAC ορίζει την εκτίμηση βελτιώσεων ως εξής: "Η εκτίμηση βελτιώσεων αποτελεί μια συστηματική αξιολόγηση των αναγκών και δυνατοτήτων για την μείωση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης που συνδέεται με τη χρήση ενέργειας, πρώτων υλών και τις περιβαλλοντικές εκπομπές καθ' ολη την διάρκεια του κύκλου ζωής των προϊόντων, των διεργασιών και υπηρεσιών. Η ανάλυση αυτή είναι δυνατό να περιέχει τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά μέτρα βελτίωσης, όπως αλλαγές στο προϊόν, στην διεργασία, στο σχεδιασμό, στην χρήση των πρώτων υλών, στην χρήση από τον καταναλωτή και στην διαχείριση των απορριμμάτων".

Η εκτίμηση βελτιώσεων, το τέταρτο και τελευταίο στάδιο της μεθοδολογίας, με γνώμονα τα αποτελέσματα της ανάλυσης καταλήγει στην λήψη αποφάσεων ώστε να δρομολογηθούν δραστηριότητες που θα ωφελήσουν την παραγωγική διαδικασία σε συνδυασμό με την προστασία του περιβάλλοντος. Τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί στο στάδιο της απογραφής δεδομένων χρησιμοποιούνται για να εντοπιστούν τα σημεία που επιδέχονται βελτίωση.

Η αξιολόγηση μιας διεργασίας στο σύνολο της γίνεται ώστε να εξισορροπούνται τα υπέρ και τα κατά μεταξύ περιβαλλοντικών, οικονομικών και τεχνολογικών ή μηχανικών παραγόντων [26, 30].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει εφαρμογή της μεθοδολογίας Ανάλυσης Κύκλου Ζωής, που περιγράφηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, με σκοπό να μελετηθούν η συμβατική και η καινοτόμος διαδικασία παραγωγής γυάλινων μπουκαλιών, καθώς και να συγκριθούν με συσκευασίες υγρών από διαφορετικά υλικά. Η μελέτη αυτή θα εφαρμοστεί σε τρία στάδια:

- σύγκριση υφιστάμενων τεχνολογιών τήξης,
- σύγκριση γυάλινου μπουκαλιού με συσκευασίες ανταγωνιστικών υλικών,
- σύγκριση καινοτόμου τεχνολογίας για την παραγωγή γυάλινου μπουκαλιού με υφιστάμενες αλλά και με τις συσκευασίες διαφορετικών υλικών.

Η μεθοδολογία εφαρμόστηκε με χρήση του προγράμματος SimaPro 7. Ο παρακάτω πίνακας δίνει μια συνοπτική περιγραφή των σταδίων.

Στάδιο	Παράγραφος	Σκοπός σταδίου	Περιγραφή	Αποτέλεσμα	Συνεισφορά
1	4.2. Σύγκριση τεχνολογιών τήξης	Αξιολόγηση κύκλου ζωής γυάλινου μπουκαλιού, Σύγκριση διεργασίας ελληνικών δεδομένων με μέσο όρο E.E., Σύγκριση τεσσάρων διαφορετικών τύπων κλιβάνων τήξης.	Εξεταζόμενα σενάρια αναφοράς για διάφορους τύπους συμβατικών κλιβάνων τήξης :Α. Εξόρυξη, επεξεργασία και μεταφορά πρώτων υλών, καυσίμων. Παραγωγή ηλεκτρισμού Β. Βιομηχανική παραγωγή (ανάμιξη, τήξη, διαμόρφωση)	Δείκτες που υπολογίζονται: CED (Cumulative Energy Demand/ Αθροιστική ενεργειακή απαίτηση), GWP (Global Warming Potential/ Δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη)	Προσαρμογή πρωτογενών στοιχείων από Ecoinvent στα ελληνικά δεδομένα και ανάπτυξη νέων datasets για τις διάφορες τεχνολογίες τήξης.

Στάδιο	Παράγραφος	Σκοπός σταδίου	Περιγραφή	Αποτέλεσμα	Συνεισφορά
2	4.3. Σύγκριση διαφορετικών υλικών	Αξιολόγηση κύκλου ζωής πλαστικού μπουκαλιού και χάρτινου κουτιού, Σύγκριση διεργασιών διαφορετικών υλικών	Εξεταζόμενα σενάρια αναφοράς για εναλλακτικά υλικά συσκευασίας: Α. Εξόρυξη, επεξεργασία και μεταφορά πρώτων υλών, καυσίμων. Παραγωγή ηλεκτρισμού Β. Βιομηχανική παραγωγή	Δείκτες που υπολογίζονται: CED (Cumulative Energy Demand/ Αθροιστική ενεργειακή απαίτηση), GWP (Global Warming Potential/ Δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη)	Προσαρμογή πρωτογενών στοιχείων από Ecoinvent στα ελληνικά δεδομένα και ανάπτυξη νέων datasets για τα εναλλακτικά υλικά συσκευασίας, Προσαρμογή datasets γυαλιού σε συσκευασία των 500 ml.
3	4.4. Αξιολόγηση πειραματικών δεδομένων	Σύγκριση υφιστάμενης με καινοτόμο τεχνολογία	Εξεταζόμενα σενάρια αναφοράς για συμβατική και καινοτόμος τεχνολογία τήξης και εναλλακτικά υλικά συσκευασίας και για μείγμα ρεύματος 2050: Α. Εξόρυξη, επεξεργασία και μεταφορά πρώτων υλών, καυσίμων. Παραγωγή ηλεκτρισμού Β. Βιομηχανική παραγωγή		Ανάπτυξη νέων datasets για καινοτόμος τεχνολογία παραγωγής γυαλιού και για ρεύμα μείγματος 2050, Προσαρμογή όλων των datasets σε ρεύμα μείγματος 2050.

Πίνακας 4.1. : Περιγραφή σταδίων εφαρμογής μεθοδολογίας.

Έπειτα παρουσιάζουμε σε έναν πίνακα συγκεντρωμένες τις ονομασίες των διεργασιών όπως καταχωρήθηκαν στο SimaPro με την αντίστοιχη περιγραφή τους.

Ονομασία στο SimaPro	Περιγραφή
Glass, white, 1	Παραγωγή 1kg διαφανου γυάλινου μπουκαλιού με τήξη σε κλίβανο ακραίας καύσεως με αναγέννηση θερμότητας.
Glass, white, 2	Παραγωγή 1kg διαφανου γυάλινου μπουκαλιού με τήξη σε κλίβανο εγκάρσιας καύσεως με αναγέννηση θερμότητας.
Glass, white, 3	Παραγωγή 1kg διαφανου γυάλινου μπουκαλιού με τήξη σε κλίβανο με εναλλάκτη ανάκτησης θερμότητας.
Glass, white, 4	Παραγωγή 1kg διαφανου γυάλινου μπουκαλιού με τήξη σε ηλεκτρικό κλίβανο.
Glass, white, Gioula	Παραγωγή 1kg διαφανου γυάλινου μπουκαλιού με τήξη σε κλίβανο ακραίας καύσεως με αναγέννηση θερμότητας στην Γιούλα Α.Ε.
glass bottle 1 (500 ml)	Παραγωγή ενός διαφανου γυάλινου μπουκαλιού χωρητικότητας 500 ml με την διεργασία Glass, white, 1.
glass bottle 3 (500 ml)	Παραγωγή ενός διαφανου γυάλινου μπουκαλιού χωρητικότητας 500 ml με την διεργασία Glass, white, 3.
glass bottle 4 (500 ml)	Παραγωγή ενός διαφανου γυάλινου μπουκαλιού χωρητικότητας 500 ml με την διεργασία Glass, white, 4.
glass bottle MW (500 ml)	Παραγωγή ενός διαφανου γυάλινου μπουκαλιού χωρητικότητας 500 ml, τήξη με χρήση μικροκυμάτων.
glass bottle MW-1 (500 ml)	Παραγωγή ενός διαφανου γυάλινου μπουκαλιού χωρητικότητας 500 ml, τήξη με χρήση μικροκυμάτων με μειωμένη κατανάλωση ρεύματος ώστε να είναι συγκρίσιμη με το glass bottle 1 (500 ml) ως προς την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας.
glass bottle MW-2 (500 ml)	Παραγωγή ενός διαφανου γυάλινου μπουκαλιού χωρητικότητας 500 ml, τήξη με χρήση μικροκυμάτων με μειωμένη κατανάλωση ρεύματος ώστε να είναι συγκρίσιμη με το PET bottle (500 ml) ως προς την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας.
glass bottle MW-3 (500 ml)	Παραγωγή ενός διαφανου γυάλινου μπουκαλιού χωρητικότητας 500 ml, τήξη με χρήση μικροκυμάτων με μειωμένη κατανάλωση ρεύματος ώστε να είναι συγκρίσιμη με το glass bottle 1 (500 ml) ως προς τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.
glass bottle MW-4 (500 ml)	Παραγωγή ενός διαφανου γυάλινου μπουκαλιού χωρητικότητας 500 ml, τήξη με χρήση μικροκυμάτων με μειωμένη κατανάλωση ρεύματος ώστε να είναι συγκρίσιμη με το PET bottle (500 ml) ως προς τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.
glass bottle 1 (500 ml) 2050	Παραγωγή ενός διαφανου γυάλινου μπουκαλιού χωρητικότητας 500 ml με την διεργασία Glass, white, 1 και μείγμα ρεύματος του 2050.

Όνομασία στο SimaPro	Περιγραφή
glass bottle 3 (500 ml) 2050	Παραγωγή ενός διάφανου γυάλινου μπουκαλιού χωρητικότητας 500 ml με την διεργασία Glass, white, 3 και μείγμα ρεύματος του 2050.
glass bottle 4 (500 ml) 2050	Παραγωγή ενός διάφανου γυάλινου μπουκαλιού χωρητικότητας 500 ml με την διεργασία Glass, white, 4 και μείγμα ρεύματος του 2050.
glass bottle MW (500 ml) 2050	Παραγωγή ενός διάφανου γυάλινου μπουκαλιού χωρητικότητας 500 ml, τήξη με χρήση μικροκυμάτων και μείγμα ρεύματος του 2050.
lpb (500 ml)	Παραγωγή ενός χάρτινου κουτιού χωρητικότητας 500 ml.
lpb (500 ml) 2050	Παραγωγή ενός χάρτινου κουτιού χωρητικότητας 500 ml με μείγμα ρεύματος του 2050.
PET bottle (500 ml)	Παραγωγή ενός πλαστικού μπουκαλιού χωρητικότητας 500 ml.
PET bottle (500 ml) 2050	Παραγωγή ενός πλαστικού μπουκαλιού χωρητικότητας 500 ml με μείγμα ρεύματος του 2050.
Electricity, production mix GR/GR U 2050	Μείγμα παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος στην Ελλάδα το 2050.

Πίνακας 4.2: Ονομασίες διεργασιών με την περιγραφή τους.

Όπως είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο και σύμφωνα με τη μεθοδολογία της AKZ μετά από τα στάδια του καθορισμού του σκοπού και αντικειμένου της μελέτης και της απογραφής δεδομένων, ακολουθεί η διαδικασία εκτίμησης επιπτώσεων που στην παρούσα μελέτη θα γίνει με τις μεθόδους «Cumulative Energy Demand» και «CML 2 baseline 2000». Παρακάτω αναλύονται οι δύο περιβαλλοντικοί δείκτες που θα εξεταστούν με τις παραπάνω μεθόδους και έπειτα εφαρμόζονται με τη σειρά όλα τα στάδια της μεθοδολογίας AKZ για την εκάστοτε περίπτωση.

4.1. Περιβαλλοντικοί Δείκτες

Αθροιστική Ενεργειακή Απαίτηση

Ο δείκτης Αθροιστικής Ενεργειακής Απαίτησης (Cumulative Energy Demand-CED) για ένα προϊόν εκφράζει την άμεση και έμμεση ενεργειακή χρήση που ενσωματώνεται σε αυτό, δηλαδή όλη την ενέργεια που χρειάζεται για να διανύσει το προϊόν όλο τον κύκλο ζωής του. Συμπεριλαμβάνονται σε αυτό το δείκτη και η ενέργεια που χρησιμοποιείται για την εξόρυξη, παρασκευή και απόθεση των πρώτων υλών (Ecoinvent report No. 3). Αποτελεί έναν αρκετά παλιό και ανεπτυγμένο δείκτη για το LCA. Είναι αρκετά αξιόπιστος για την επιλογή μεταξύ συγκεκριμένων αποφάσεων και απαιτεί αρκετές παραδοχές, ως προς τη μέτρηση της απαιτούμενης ενέργειας. Για παράδειγμα, μπορεί κάποιος

μελετητής να επιλέξει μετρώντας την Ανώτατη Θερμογόνο Δύναμη της πρωτογενούς ενέργειας ή την Κατώτατη Θερμογόνο Δύναμη. Το μέτρο αυτό φαίνεται αρκετά χρήσιμο στη σύγκριση των αποτελεσμάτων μιας μελέτης LCA, όπου χρησιμοποιούνται μόνο πρωτογενείς πηγές ενέργειας. Παρολαυτά, έχει αναπτυχθεί αρκετά, ώστε να χειρίζεται πυρηνική και υδροηλεκτρική ενέργεια. Το μειονέκτημα του είναι πως δεν έχει τυποποιηθεί ακόμα ο τρόπος μελέτης και μέτρησης του. Η έννοια και ο τρόπος μέτρησης του CED εκφράζονται πάλι από το Ecoinvent Report No.3, όπου το CED χωρίζεται σε 2 μεγάλες κατηγορίες ενεργειακών πηγών: τις ανανεώσιμες και τις μη ανανεώσιμες. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας χωρίζονται σε 5 υποκατηγορίες: βιομάζα, αιολική ενέργεια, υδροηλεκτρική ενέργεια, ηλιακή και γεωθερμική. Η μη ανανεώσιμες χωρίζονται σε 3 υποκατηγορίες: ορυκτά καύσιμα, πυρηνικά και πρωτογενή ξυλεία (primary forest). Η παραδοχή που γίνεται εδώ είναι πως όλοι οι ενεργειακοί φορείς έχουν μια εγγενή τιμή. Αυτή η εγγενής τιμή καθορίζεται από την ενέργεια που παραλαμβάνεται από το περιβάλλον, η οποία πρέπει να είναι κοινή και για τις 8 υποκατηγορίες. Γι' αυτό και το CED εκφράζεται σε ισοδύναμα MJ, MJ- eq. Ο λόγος που εκφράζεται με αυτή τη μονάδα μέτρησης είναι ώστε να είναι κοινός ο ορισμός της ενέργειας για όλες τις πηγές. Έτσι, λοιπόν η τελική ενέργεια που χρησιμοποιείται για τον Κύκλο Ζωής ενός προϊόντος δεν αποτελείται από την πρωτογενή ενέργεια της ενεργειακής πηγής (της εκάστοτε υποκατηγορίας) μόνο, αλλά και π.χ. από την ενέργεια που έχει δαπανηθεί για τη μεταφορά των πρώτων υλών στο εργοστάσιο κ.τ.λ. Για παράδειγμα, για κάθε MJ που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενός κιλού μιας ουσίας να δαπανώνται 3MJ πρωτογενούς ενέργειας και 2,5 MJ ενέργεια για μεταφορές. Τότε στην παραγωγή του αυτό το προϊόν έχει 5,5 MJ-eq. Τυπικές τιμές για το δείκτη αυτό είναι από 50-200 MJ- eq. .[48]

Δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη

«Δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη» ή «GWP»: το δυναμικό θέρμανσης του κλίματος ενός αερίου του θερμοκηπίου σε σχέση με το αντίστοιχο δυναμικό του διοξειδίου του άνθρακα («CO₂»), που υπολογίζεται ως το δυναμικό θέρμανσης, εντός 100 ετών, ενός χιλιογράμμου αερίου του θερμοκηπίου σε σχέση με ένα χιλιόγραμμο CO₂, όπως ορίζεται στους πίνακες του παραρτήματος I στο τέλος της εργασίας [49].

Η ιδέα του Δυναμικού Παγκόσμιας Θέρμανσης (ΔΠΘ, global warming potential) αναπτύχθηκε για να συγκρίνει την ικανότητα κάθε αερίου του θερμοκηπίου σε σχέση με την ικανότητα του CO₂ να απορροφήσει την ακτινοβολία στην ατμόσφαιρα και να συμβάλει έτσι στην παγκόσμια θέρμανση. Το δυναμικό του CO₂ ορίστηκε 1, με την υπόθεση ότι ο μέσος χρόνος παραμονής του στην ατμόσφαιρα είναι 100 χρόνια. Έτσι, για την ίδια ποσότητα εκπομπών, η σειρά (από μεγαλύτερες τιμές) του ΔΠΘ είναι: CFC>N₂O>CH₄>CO₂. Δεν έχουν προταθεί ΔΠΘ για τους ρυπαντές CO, NO_x, μη μεθανιούχες οργανικές ουσίες και

SO₂, επειδή δεν υπάρχει αξιόπιστη μέθοδος εκτίμησης της άμεσης ή έμμεσης επίδρασής τους [50].

Το GWP εξαρτάται από χαρακτηριστικά όπως: (α) η απορροφητικότητα του αερίου στην υπέρυθρη περιοχή του φάσματος, (β) τη φασματοσκοπική περιοχή απορρόφησης και (γ) από τον χρόνο ζωής του αερίου στην ατμόσφαιρα [51].

Το GWP μετριέται, στην παρούσα περίπτωση, με τον ορισμό που δίνεται από το Ecoinvent Report No.3 (Implementation of Life Cycle Assessment Methods) και με ισοδύναμα CO₂ ανά μονάδα μάζας της μελετώμενης ουσίας (Ecoinvent report No. 3) . Δηλαδή, το GWP μετριέται σε μάζα του CO₂ σε kg, που έχει το ίδιο GWP όσο και 1 kg της μελετώμενης ουσίας. Όταν μια ουσία έχει, για παράδειγμα GWP=10 kg CO₂-eq, σημαίνει πως 1kg της μελετώμενης ουσίας προκαλεί στο φαινόμενο του θερμοκηπίου την ίδια επιβάρυνση όσο και 10kg CO₂. Είναι κατανοητό, ο λόγος που χρησιμοποιείται το CO₂ σαν αέριο αναφοράς, μιας και είναι το πιο γνωστό και καλά μελετημένο θερμοκηπικό αέριο. Τυπικές τιμές για το δείκτη αυτό 1-10 [48].

4.2. Μέρος 1^ο: Σύγκριση τεχνολογιών τήξης

Σκοπός του πρώτου σεναρίου σύγκρισης είναι να μελετηθεί και να αξιολογηθεί ο κύκλος ζωής ενός γυάλινου μπουκαλιού, να συγκριθεί η διεργασία παραγωγής του, με δεδομένα που αντιστοιχούν με τον μέσο όρο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, με μία αντίστοιχη ελληνικών προδιαγραφών, καθώς και να συγκριθούν οι τέσσερις διαφορετικοί τύποι κλιβάνου τήξης γυαλιού ως προς την ενεργειακή και περιβαλλοντική τους επίδοση.

Ως *λειτουργική μονάδα* σε αυτήν την μελέτη ορίζεται το ένα κιλό (1 kg) έτοιμου (γυάλινου) μπουκαλιού.

Όρια συστήματος: Το σύστημα που μελετάται πέρα από τα στάδια της παραγωγής γυαλιού και της μορφοποίησής του σε μπουκάλι, περιλαμβάνει και την παραγωγή, επεξεργασία και μεταφορά των πρώτων υλών και των καυσίμων στο εργοστάσιο και φτάνει μέχρι την συσκευασία των έτοιμων μπουκαλιών προς αποστολή και παράδοση.

4.2.1. Δεδομένα- Επεξεργασία- Παραδοχές

Σε αυτό λοιπόν το πρώτο μέρος της εφαρμογής της μεθοδολογίας AKZ συγκρίνουμε έξι περιπτώσεις παραγωγής λευκού (διάφανου) γυαλιού. Ξεκινώντας από τα δεδομένα της διεργασίας «Packaging glass, white, at plant/RER U», για την παραγωγή ενός κιλού λευκού γυάλινου μπουκαλιού για συσκευασία, που υπάρχουν στην βάση δεδομένων «EcoInvent» του προγράμματος SimaPro 7, και θεωρώντας την την πρώτη από τις εξεταζόμενες έξι περιπτώσεις, δημιουργήθηκαν άλλα πέντε datasets αλλάζοντας τα δεδομένα

που αφορούν την κατανάλωση ενέργειας και τις ποσότητες των πρώτων υλών και διατηρώντας τα υπόλοιπα ως έχουν.

Σε όλες τις εναλλακτικές περιπτώσεις τα δεδομένα των πρώτων υλών είναι τα παρακάτω:

Πρώτες ύλες	(tn)
chemicals inorganic	525
soda	11759
limestone	6074
sand	36647
dolomite	8057
feldspar	5479
Σύνολο:	68541

Πίνακας 4.3: Πρώτες ύλες (αντίστοιχα με τα δεδομένα από το SimaPro)[9].

Παρόλο που υπήρχαν δεδομένα για τις πρώτες ύλες σε πολλές πηγές, ήταν τα μόνα που μπόρεσαν να χρησιμοποιηθούν γιατί προέρχονται από εργοστασιακά δεδομένα (υαλουργία Γιούλα Α.Ε.) και άρα αναφέρονται με την εμπορική τους ονομασία (με την οποία μπορούν να καταχωρηθούν στο SimaPro), ενώ τα υπόλοιπα περιγράφονται από χημικές ενώσεις που προκύπτουν αφού έχουν πρώτα λάβει μέρος κάποιες αντιδράσεις και δεν υπάρχει αντιστοιχία με τις εισροές που έχει καταχωρημένες το πρόγραμμα.

Για τις πρώτες τέσσερις εναλλακτικές περιπτώσεις τα δεδομένα για τις ενεργειακές καταναλώσεις είναι τα εξής:

Τύπος κλιβάνου	Μέση τιμή (GJ net calorific value/melted tonne) (70%υαλοθρ.)
End-fired regenerative	3.8
Cross-fired regenerative	4.2
Recuperative	5
Electric	2.65

Πίνακας 4.4: Κατανάλωση ενέργειας κατά την τήξη του γυαλιού για διαφορετικούς τύπους κλιβάνου και για 70% υαλόθραυσμα [4].

Αυτό που εξετάζεται όπως προαναφέρθηκε, είναι η ενεργειακή επίδοση τεσσάρων διαφορετικών τύπων κλιβάνων: 1) κλίβανος ακραίας καύσεως με αναγέννηση θερμότητας (end-fired regenerative), 2) κλίβανος εγκάρσιας καύσεως με αναγέννηση θερμότητας (cross-fired regenerative), 3) Κλίβανος με εναλλάκτη ανάκτησης θερμότητας (recuperative) και 4) ηλεκτρικός κλίβανος (electric). Τα παραπάνω δεδομένα για την κατανάλωση ενέργειας αντιστοιχούν

σε ποσοστό υαλοθραύσματος 70% του μείγματος, το οποίο επιλέχθηκε για να υπάρχει αντιστοιχία με αυτό στα δεδομένα του προγράμματος.

Από την σχετική βιβλιογραφία [4] είναι γνωστό ότι το 79-82% της συνολικής ενέργειας για την παραγωγή γυαλιού, καταναλώνεται στον κλίβανο για την τήξη και το υπόλοιπο 18-21% στα διάφορα άλλα στάδια της παραγωγής. Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας έχουμε υποθέσει ότι η ενέργεια τήξης αντιστοιχεί σε ποσοστό 79% της συνολικής και ότι προέρχεται αποκλειστικά από την καύση φυσικού αερίου (για τις τρεις πρώτες) και την κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος (για την τελευταία). Το υπόλοιπο 21% θεωρούμε ότι προέρχεται από κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος και άρα θεωρούμε αμελητέα την κατανάλωση άλλων ορυκτών καυσίμων.

Στην πέμπτη και τελευταία εναλλακτική περίπτωση τα ενεργειακά δεδομένα είναι εργοστασιακές μετρήσεις, αφορούν επίσης την υαλουργία Γιούλα Α.Ε., και είναι τα παρακάτω:

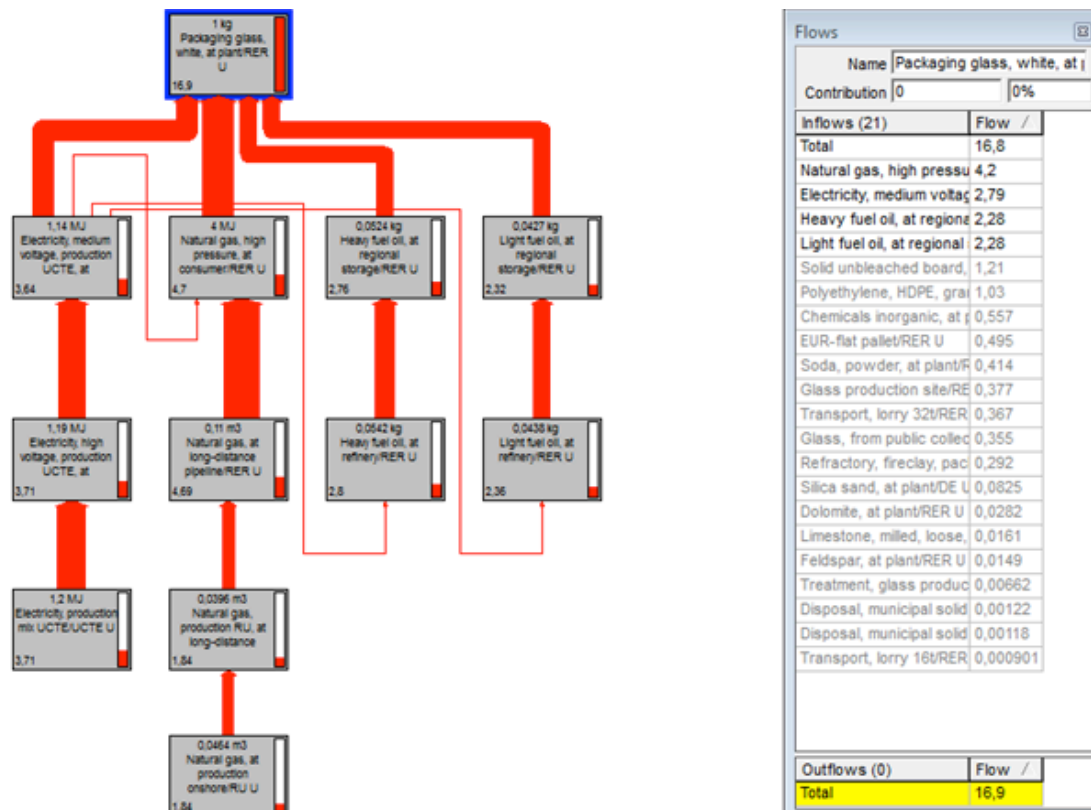
Θερμικές απαιτήσεις (kJ/kg παραγόμενου γυαλιού)
4184

Πίνακας 4.5: Θερμικές απαιτήσεις μονάδας Γιούλα Α.Ε. [1].

Και στις πέντε εναλλακτικές όσον αφορά την κατανάλωση φυσικού αερίου, έχει επιλεγεί το dataset «Natural gas, burned in industrial furnace >100kW/RER U», αντί του «Natural gas, high pressure, at consumer/RER U» της αρχικής περίπτωσης, και ταυτόχρονα έχουν μηδενιστεί οι εκπομπές λόγω καύσης στον αέρα ώστε να μην υπολογισθούν δύο φορές.

Τέλος, και στις πέντε εναλλακτικές περιπτώσεις έχει επιλεγεί ηλεκτρικό ρεύμα ελληνικής παραγωγής, σε αντίθεση με τον ευρωπαϊκό μέσο όρο που είναι προεπιλεγμένος στο αρχικό dataset βάσει του οποίου δημιουργήθηκαν οι εναλλακτικές, αφού τα δεδομένα αφορούν εργοστασιακή μονάδα στην Ελλάδα. Τα datasets και για τις 6 περιπτώσεις που εξετάζονται βρίσκονται στο παράρτημα.

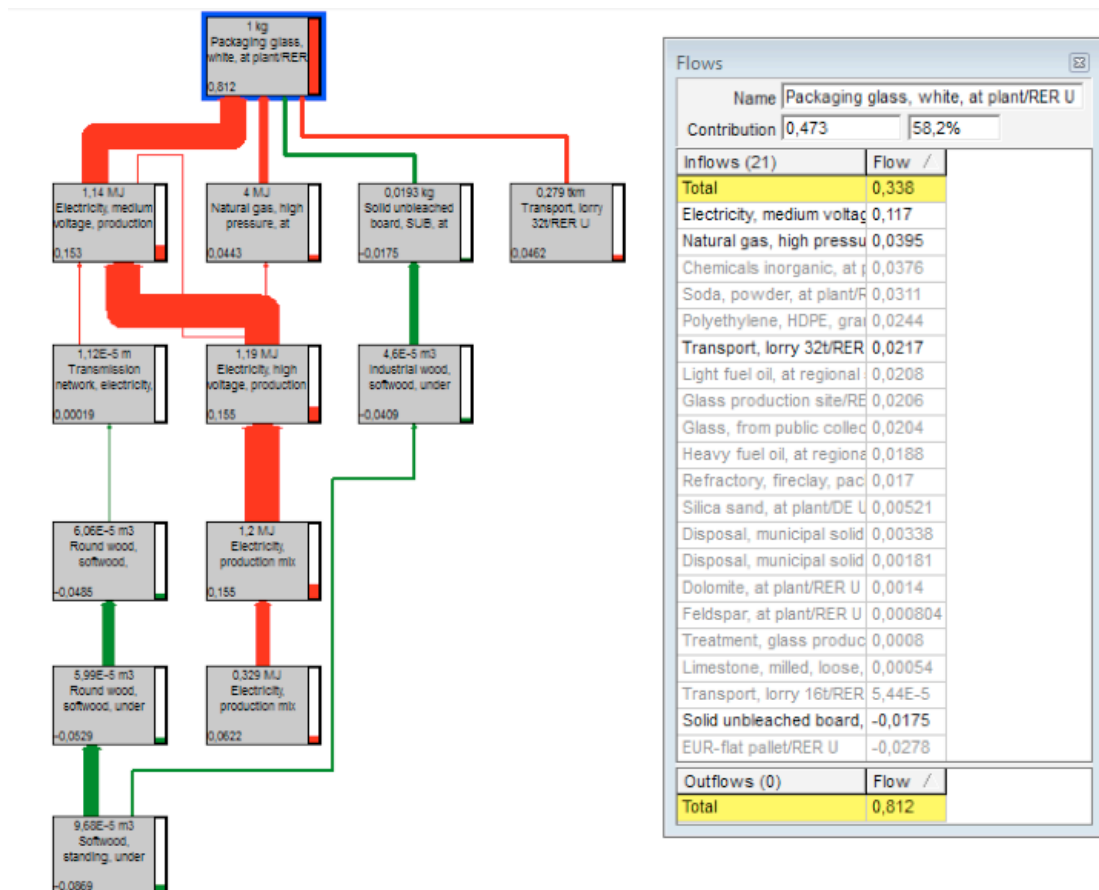
Αρχικά θα δούμε το δίκτυο που κατασκευάζει το SimaPro για τη διεργασία «Packaging glass, white, at plant/RER U», το αρχικό από τη βάση δεδομένων του προγράμματος, επιλέγοντας τη μέθοδο «Comulative Energy Demand» για τις ενεργειακές καταναλώσεις.



Σχήμα 4.1: Δίκτυο διεργασιών παραγωγής γυάλινου μπουκαλιού για την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (απεικονίζονται διεργασίες με συνεισφορά από 10% και πάνω).

Παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό ενεργειακής κατανάλωσης αντιστοιχεί στην παραγωγή, μεταφορά και κατανάλωση φυσικού αερίου, ακολουθεί το ηλεκτρικό ρεύμα και τέλος τα υγρά καύσιμα. Από το πινακάκι με τις ροές στα δεξιά μπορούμε να δούμε ότι έπεται η παραγωγή και χρήση των υλικών συσκευασίας αλλά και των πρώτων υλών για την κατασκευή του γυαλιού.

Έπειτα θα εξετάσουμε το αντίστοιχο δίκτυο που προκύπτει για την ίδια διεργασία αλλά με τη μέθοδο «CML 2 baseline 2000» για την συνεισφορά των διεργασιών στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.



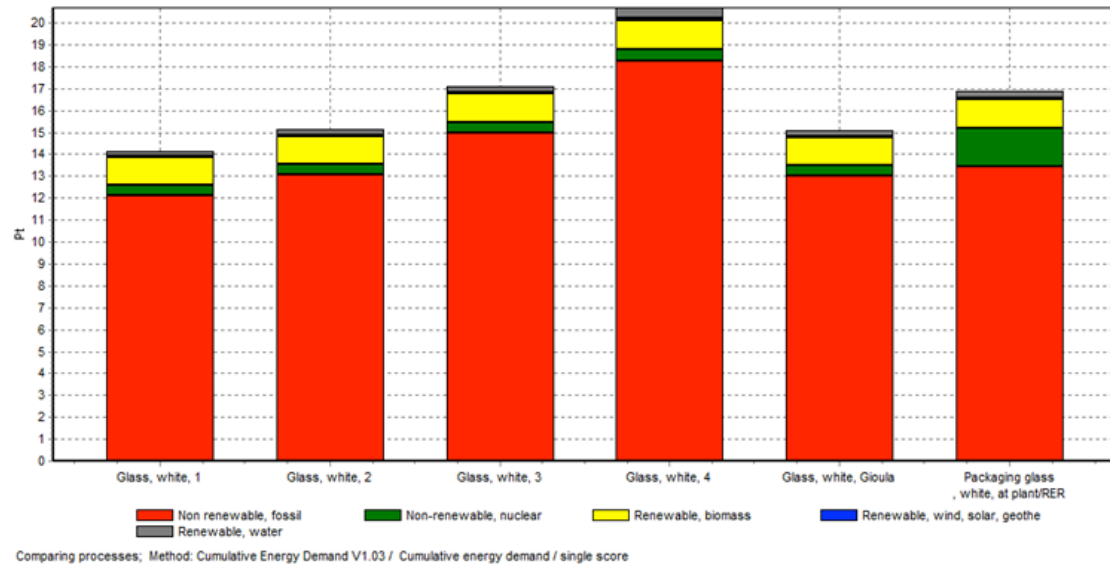
Σχήμα 4.2: Δίκτυο διεργασιών παραγωγής γυάλινου μπουκαλιού για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (απεικονίζονται διεργασίες με συνεισφορά 5% και πάνω).

Για την παραγωγή ενός κιλού λευκού μπουκαλιού εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα 0,812 kg CO₂ eq. Βλέπουμε ότι η μεγαλύτερη συνεισφορά στα αέρια θερμοκηπίου αντιστοιχεί στην παραγωγή και κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος και ακολουθούν σε πολύ μικρότερο ποσοστό οι υπόλοιπες διεργασίες για την παραγωγή γυαλιού. Εδώ αξίζει να σημειωθεί η αρνητική συνεισφορά στα αέρια του θερμοκηπίου που έχουν η παραγωγή του χαρτονιού και των παλετών για την συσκευασία των μπουκαλιών. Αυτό συμβαίνει διότι θεωρείται ότι το εκπεμπόμενο διοξείδιο του άνθρακα, κατά τις διεργασίες αυτές, αντισταθμίζεται με εκείνο που έχει δεσμευτεί από τα δέντρα κατά την διάρκεια ζωής τους.

Αφού λοιπόν έχουμε φτιάξει όλα τα datasets με τα δεδομένα που συλλέχθηκαν και αφού είδαμε τη συνεισφορά στην κατανάλωση ενέργειας και στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου των επιμέρους διεργασιών της παραγωγής γυαλιού για έναν μέσο όρο στην ευρωπαϊκή ένωση, θα προχωρήσουμε σε μια σύγκριση των έξι περιπτώσεων που περιγράφηκαν παραπάνω.

4.2.2. Αποτελέσματα

Όπως και πριν, πρώτα εξετάζονται οι έξι περιπτώσεις με τη μέθοδο «Cumulative Energy Demand» που δείχνει την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας.



Διάγραμμα 4.1: Σύγκριση τεχνολογιών ως προς την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας.

Impact category	Unit	Glass, white, 1	Glass, white, 2	Glass, white, 3	Glass, white, 4	Glass, white, Gioula	Packaging glass, white, at plant/RER
Total	Pt	14,1	15,1	17,1	20,7	15,1	16,9
Non renewable, fossil	Pt	12,1	13,1	15	18,3	13	13,5
Non-renewable, nuclear	Pt	0,468	0,476	0,493	0,545	0,475	1,72
Renewable, biomass	Pt	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,32
Renewable, wind, solar, geoth	Pt	0,0484	0,0525	0,0608	0,137	0,0522	0,0432
Renewable, water	Pt	0,22	0,232	0,256	0,452	0,231	0,307

Πίνακας 4.6: Σύγκριση τεχνολογιών ως προς την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας.

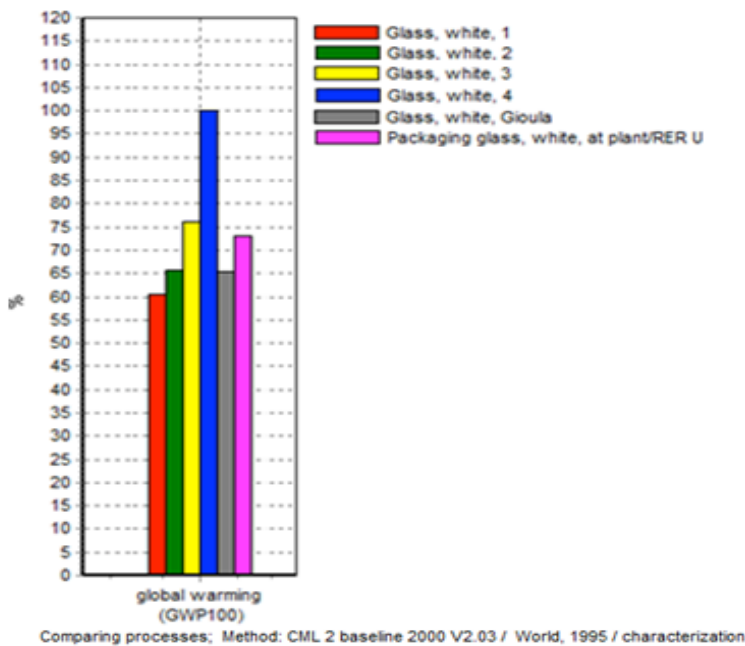
Στις τρεις πρώτες εξεταζόμενες περιπτώσεις βλέπουμε ότι αυτό που αλλάζει είναι η κατανάλωση ορυκτών καυσίμων, στην συγκεκριμένη περίπτωση φυσικού αερίου, ενώ το ποσό σε ανανεώσιμες και πυρηνική ενέργεια παραμένει σχεδόν σταθερό και αυτό συμβαίνει λόγω της διαφοράς στην κατανάλωση ενέργειας στο στάδιο της τήξης στους τρεις διαφορετικούς κλιβάνους. Έπειτα παρατηρούμε ότι η τέταρτη περίπτωση που αντιστοιχεί σε ηλεκτρικό κλίβανο τήξης έχει τη μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας συνολικά. Πέραν της συνολικής βλέπουμε ειδικότερα ότι είναι αυξημένη η κατανάλωση ενέργειας που προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές όπως τα υδροηλεκτρικά, αιολικά, φωτοβολταϊκά και γεωθερμία, σχεδόν διπλάσια από εκείνη στις τρεις πρώτες περιπτώσεις, που είναι αναμενόμενο αφού έχουμε θεωρήσει ότι χρησιμοποιείται εξ ολοκλήρου ηλεκτρικό ρεύμα.

Για τις τρεις πρώτες περιπτώσεις βλέπουμε επίσης ότι ο κλίβανος με αναγέννηση θερμότητας (1,2) έχει καλύτερη ενεργειακή επίδοση σε σχέση με τον κλίβανο ανάκτησης θερμότητας (3), και συγκεκριμένα ο ακραίας καύσεως (1) έχει τη μικρότερη ενεργειακή κατανάλωση από όλους.

Παρατηρούμε επίσης ότι ο κλίβανος της Γιούλα Α.Ε. έχει την ίδια κατανάλωση με τον κλίβανο αναγέννησης θερμότητας εγκάρσιας καύσεως (2) και άρα μεγαλύτερη από τον κλίβανο αναγέννησης θερμότητας ακραίας καύσεως (1) κάτι που ήταν αναμενόμενο αφού, παρόλο που από την σχετική βιβλιογραφία [1] γνωρίζουμε ότι η Γιούλα Α.Ε. διαθέτει κλίβανο ίδιου τύπου με τον (1), ο τελευταίος προκύπτει από μετρήσεις με χρήση των βέλτιστων διαθέσιμων τεχνικών (BAT, Best Available Techniques).

Τέλος, όσον αφορά την τελευταία περίπτωση στο παραπάνω διάγραμμα, είναι φανερό ότι υπάρχει αρκετά μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας που προέρχεται από πυρηνικά και αυτό δικαιολογείται αφού σε όλες τις άλλες περιπτώσεις έχει επιλεγεί ηλεκτρικό ρεύμα που παράγεται στην Ελλάδα, ενώ σε αυτό το dataset είναι προεπιλεγμένος ένας μέσος όρος παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος της Ε.Ε. όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω.

Ακολουθεί η αντίστοιχη σύγκριση όσον αφορά τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου με την μέθοδο «CML 2 baseline 2000».



Διάγραμμα 4.2: Σύγκριση τεχνολογιών ως προς το δυναμικό παγκόσμιας θέρμανσης.

Impact category	Unit	Glass, white, 1	Glass, white, 2	Glass, white, 3	Glass, white, 4	Glass, white, Gioula	Packaging glass, white, at plant/RER
global warming (GWP100)	kg CO2 eq	0,672	0,731	0,848	1,11	0,728	0,812

Πίνακας 4.7: Σύγκριση τεχνολογιών ως προς το δυναμικό παγκόσμιας θέρμανσης.

Όπως είδαμε και από το αντίστοιχο δίκτυο η μεγαλύτερη συνεισφορά στα αέρια θερμοκηπίου αντιστοιχεί στην παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος οπότε τα αποτελέσματα εδώ είναι αναμενόμενα σύμφωνα με τα παραπάνω. Έτσι λοιπόν τη μεγαλύτερη συνεισφορά έχει η περίπτωση (4) αφού χρησιμοποιείται μόνο ηλεκτρικό ρεύμα και ακολουθούν οι υπόλοιπες με καλύτερη την (1).

4.3. Μέρος 2^ο: Σύγκριση διαφορετικών υλικών

Σκοπός του δεύτερου σεναρίου σύγκρισης είναι να μελετηθούν τρία διαφορετικά υλικά για συσκευασία υγρών και να αξιολογηθεί ο κύκλος ζωής τους ως προς την ενεργειακή και περιβαλλοντική τους επίδοση.

Ως λειτουργική μονάδα σε αυτήν την μελέτη ορίζεται μια συσκευασία (μπουκάλι ή κουτί) περιεκτικότητας 500 ml.

Όρια συστήματος: Τα όρια των συστημάτων που μελετώνται παραμένουν ίδια με το προηγούμενο σενάριο.

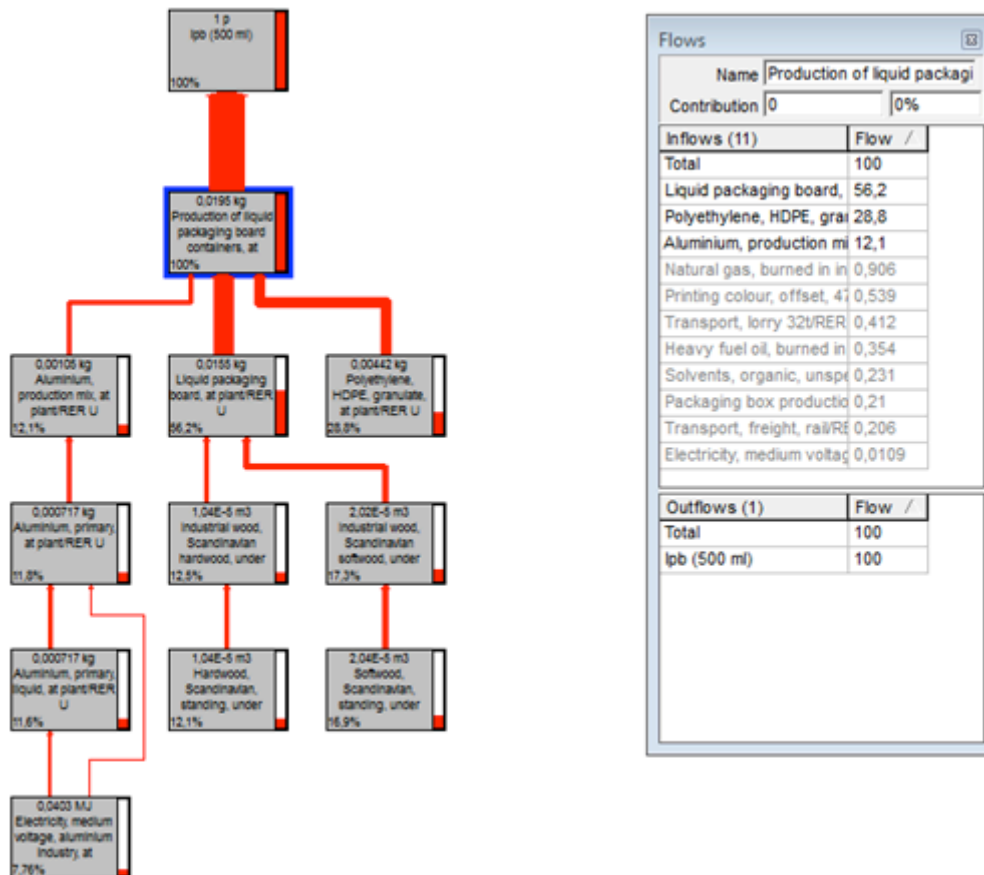
4.3.1. Δεδομένα- Επεξεργασία- Παραδοχές

Σε αυτό το σενάριο εφαρμογής της μεθοδολογίας AKZ θα συγκριθούν τρία είδη συσκευασίας για υγρά, από διαφορετικά υλικά: γυαλί, χαρτόνι και πλαστικό. Θα εξεταστεί όπως και προηγουμένως, η ενεργειακή και περιβαλλοντική επίδοση ενός γυάλινου μπουκαλιού, ενός χάρτινου κουτιού και ενός πλαστικού μπουκαλιού, όλα περιεκτικότητας 500 ml. Από τις περιπτώσεις που εξετάστηκαν παραπάνω για το γυαλί θα επιλέξουμε δύο, εκείνη με την καλύτερη ενεργειακή και περιβαλλοντική επίδοση (1) και εκείνη με την χειρότερη. Αν και η χειρότερη ήταν ο ηλεκτρικός κλίβανος, λόγω του ότι αφορά κυρίως μικρές μονάδες παραγωγής και δεν είναι ιδιαίτερα διαδεδομένος, επιλέγεται τελικά η αμέσως επόμενη (3). Από τον παρακάτω πίνακα παίρνουμε τις αντιστοιχίες της περιεκτικότητας (ml) της εκάστοτε συσκευασίας με το βάρος της. Άρα π.χ. ένα γυάλινο μπουκάλι των 500 ml ζυγίζει 406 γρ και ούτω καθεξής. Έτσι λοιπόν, δημιουργούνται τέσσερα καινούρια datasets που αντιστοιχούν στην παραγωγή ενός τεμαχίου των 500 ml για κάθε υλικό τα οποία θα έχουν ως εισροή το υλικό στην ανάλογη ποσότητα σύμφωνα με τα παραπάνω.

Packages	Size (ml)	Weight including opening (g)	Chilled / ambient	Opening
Grab & Go, 250–500 ml				
Tetra Prisma Aseptic	250	10.3	Ambient	Pulltab
Tetra Brik Aseptic	250	9.76	Ambient	–
Tetra Prisma Aseptic	500	22.7	Ambient	StreamCap
Tetra Top HAAD	250	14.2	Ambient	S38
APET bottle	500	26.1	Ambient	Screwcap
Glass bottle	250	203	Ambient	Metal screwcap
PET bottle filled in the UK	250	21.8	Chilled	Screwcap
HDPE bottle	380	34	Chilled	Screwcap

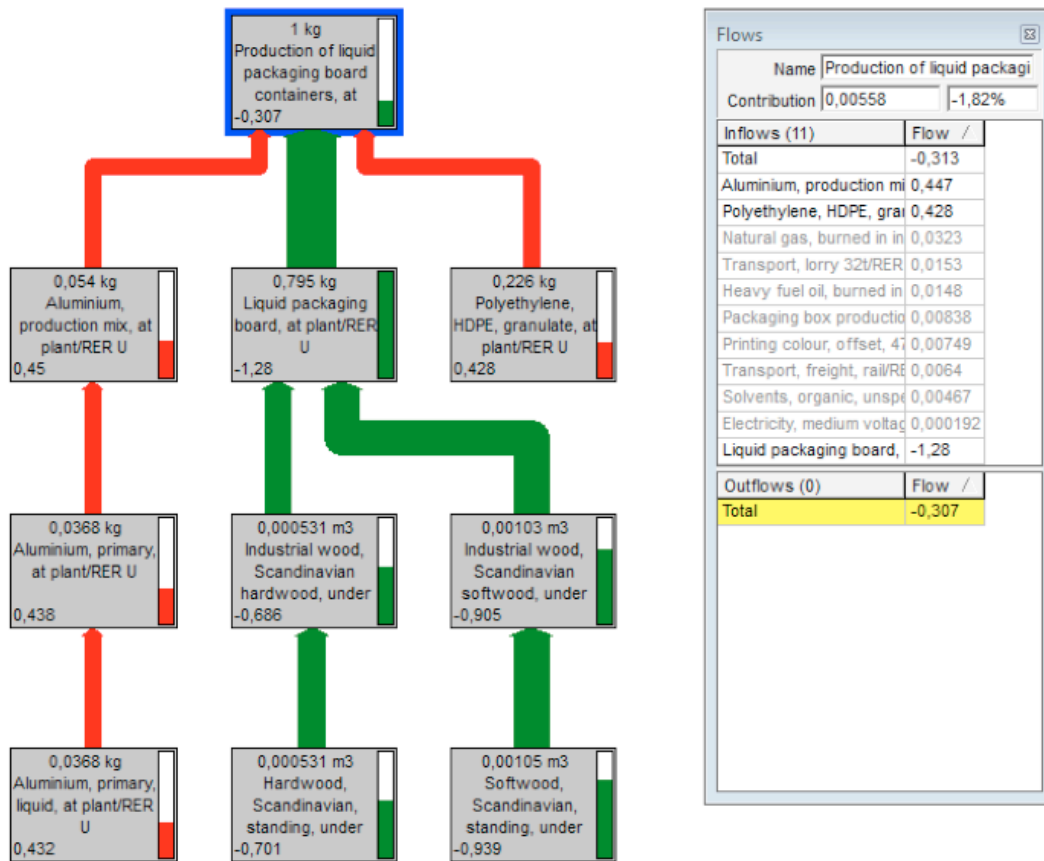
Πίνακας 4.8: Αντιστοιχίες μεγέθους- βάρους συσκευασιών [52].

Για το χάρτινο κουτί και το πλαστικό μπουκάλι, δημιουργήθηκαν τα datasets παίρνοντας ως δεδομένα τα ήδη υπάρχοντα από τις βάσεις δεδομένων του προγράμματος, «Production of liquid packaging board containers, at plant/RER U» από την «Ecoinvent» και «PET bottles FAL» από την «FAL98 USA PET» αντίστοιχα, αλλάζοντας μόνο το ρεύμα, όπου επιλέχθηκε όπως και στην παραγωγή του γυαλιού, ρεύμα που παράγεται στην Ελλάδα. Παρακάτω παρουσιάζονται τα αντίστοιχα δίκτυα για την παραγωγή ενός χάρτινου κουτιού και ενός πλαστικού μπουκαλιού των 500 ml με τις μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν και παραπάνω. Τα datasets των διεργασιών βρίσκονται στο παράρτημα.



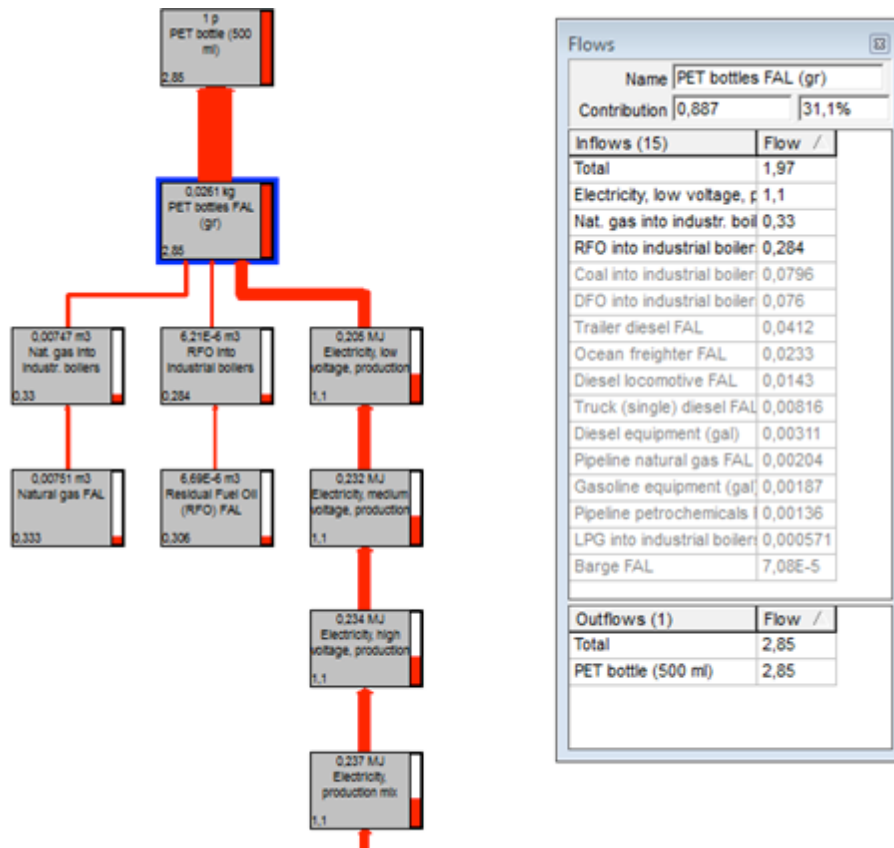
Σχήμα 4.3: Δίκτυο διεργασιών παραγωγής χάρτινου κουτιού για την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (απεικονίζονται διεργασίες με συνεισφορά από 7,8% και πάνω).

Παρατηρούμε ότι η μεγαλύτερη συνεισφορά στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας αντιστοιχεί στη παραγωγή του χαρτονιού, ακολουθεί η παραγωγή πλαστικού και τέλος του αλουμινίου.

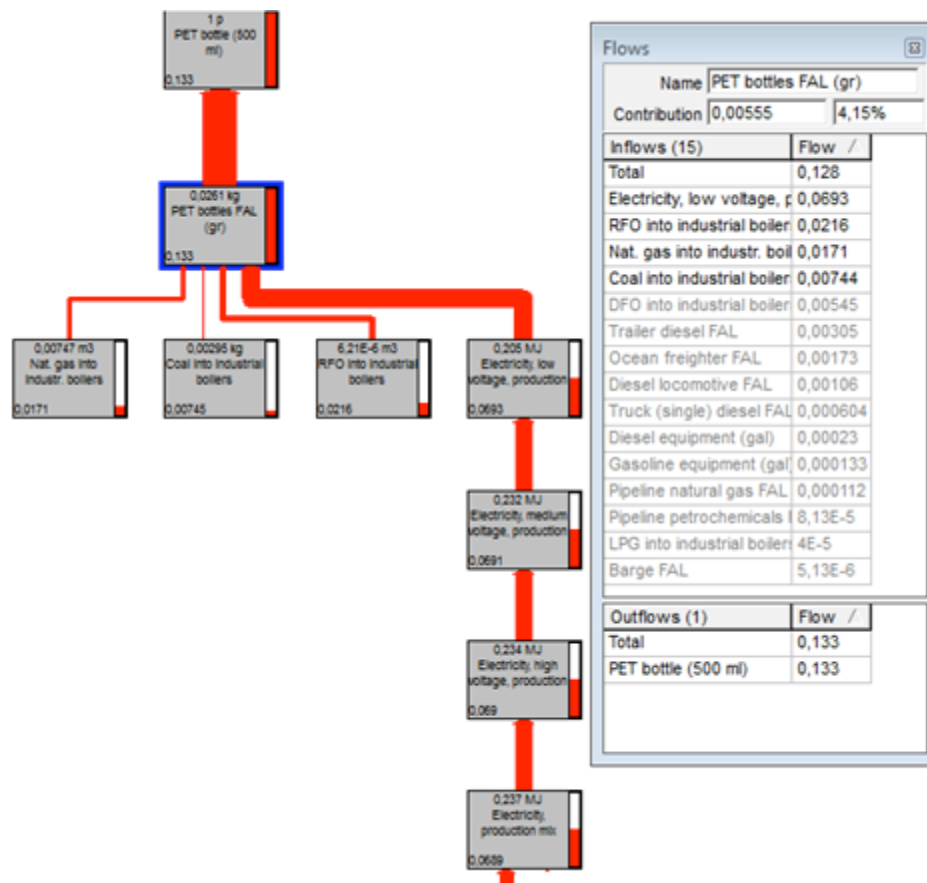


Σχήμα 4.4: Δίκτυο διεργασιών παραγωγής χάρτινου κουτιού για το δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη (απεικονίζονται διεργασίες με συνεισφορά από 22% και πάνω).

Όσον αφορά την συνεισφορά της διεργασίας για την παραγωγή ενός χάρτινου κουτιού στα αέρια του θερμοκηπίου, βλέπουμε ότι είναι αρνητική. Αυτό συμβαίνει διότι, όπως είδαμε και στο προηγούμενο σενάριο, στην διεργασία παραγωγής χαρτονιού έχει ληφθεί υπόψη το διοξείδιο του άνθρακα που έχει δεσμευτεί από τα δέντρα κατά την διάρκεια ζωής τους.



Σχήμα 4.5: Δίκτυο διεργασιών παραγωγής πλαστικού μπουκαλιού για την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (απεικονίζονται διεργασίες με συνεισφορά από 11% και πάνω).

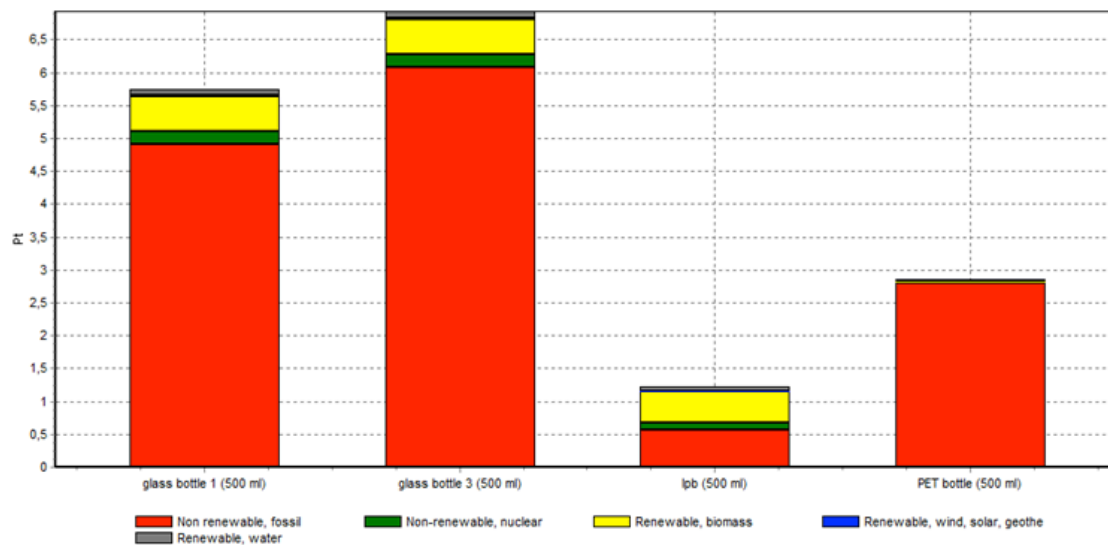


Σχήμα 4.6: Δίκτυο διεργασιών παραγωγής πλαστικού μπουκαλιού για το δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη (απεικονίζονται διεργασίες με συνεισφορά από 5,5% και πάνω).

Αντίστοιχα λοιπόν για το πλαστικό μπουκάλι, παρατηρούμε ότι η μεγαλύτερη συνεισφορά ενεργειακά αλλά και στα αέρια του θερμοκηπίου αντιστοιχεί στην παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος με την παραγωγή και κατανάλωση φυσικού αερίου να ακολουθεί.

4.3.2. Αποτελέσματα

Η διαδικασία εκτίμησης επιπτώσεων γίνεται όπως και προηγουμένως με χρήση των μεθόδων «Cumulative Energy Demand» και «CML 2 baseline 2000».



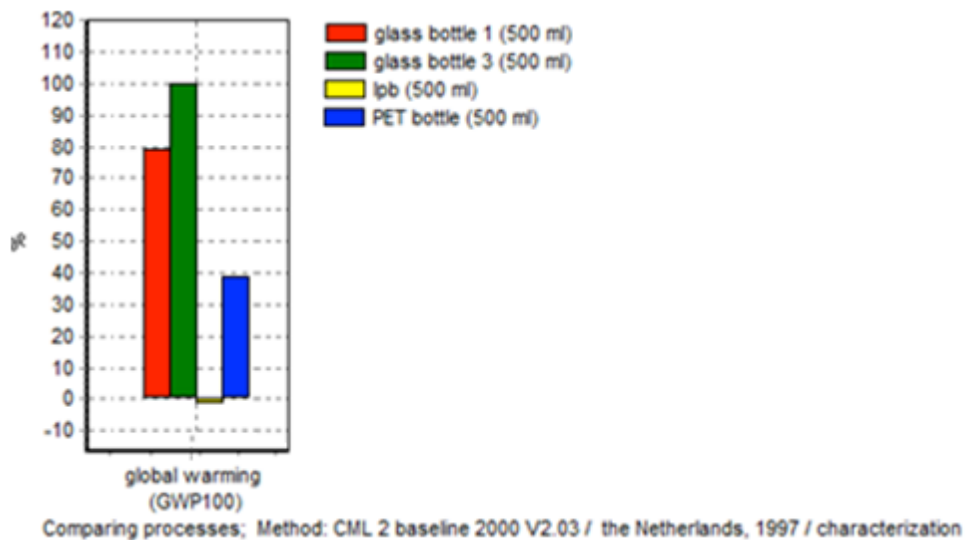
Comparing processes; Method: Cumulative Energy Demand V1.03 / Cumulative energy demand / single score

Διάγραμμα 4.3: Σύγκριση υλικών ως προς την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας.

Impact category	Unit	glass bottle 1 (500 ml)	glass bottle 3 (500 ml)	lpb (500 ml)	PET bottle (500 ml)
Total	Pt	5,74	6,93	1,22	2,85
Non renewable, fossil	Pt	4,92	6,08	0,57	2,81
Non-renewable, nuclear	Pt	0,19	0,2	0,103	0,0139
Renewable, biomass	Pt	0,527	0,528	0,478	0,000862
Renewable, wind, solar, geoth	Pt	0,0197	0,0247	0,00282	0,00886
Renewable, water	Pt	0,0892	0,104	0,0685	0,0244

Πίνακας 4.9: Σύγκριση υλικών ως προς την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας.

Συνολικά τώρα, από τη σύγκριση των τεσσάρων περιπτώσεων είναι φανερό ότι η παραγωγή της γυάλινης συσκευασίας έχει την μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση ενώ αντίθετα η μικρότερη αντιστοιχεί στην χάρτινη, όπου μάλιστα περίπου η μισή ενέργεια προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές. Αντιθέτως, παρόλο που η ενεργειακή κατανάλωση κατά την παραγωγή της πλαστικής συσκευασίας είναι περίπου η μισή συγκριτικά με τη γυάλινη, βλέπουμε ότι προέρχεται επί το πλείστον από μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.



Διάγραμμα 4.4: Σύγκριση υλικών ως προς το δυναμικό παγκόσμιας θέρμανσης.

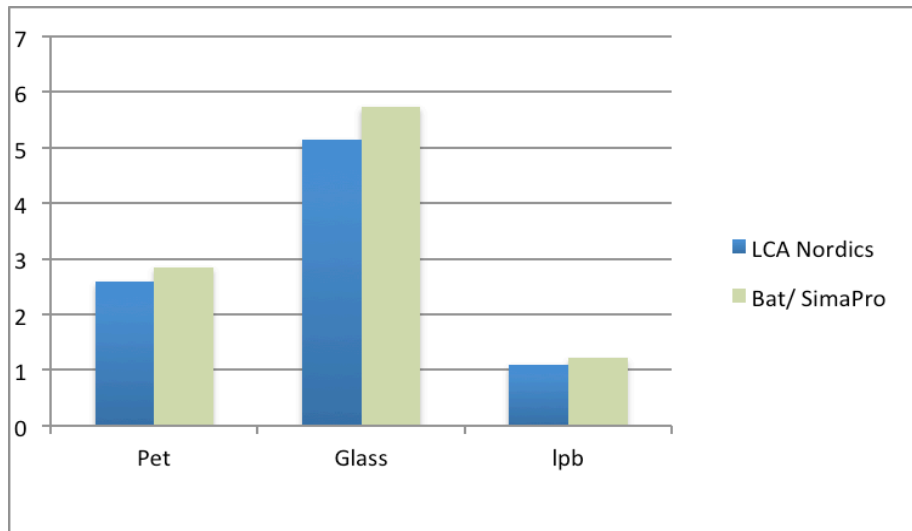
Impact category	Unit	glass bottle 1 (500 ml)	glass bottle 3 (500 ml)	lpb (500 ml)	PET bottle (500 ml)
global warming (GWP100)	kg CO2 eq	0,273	0,344	-0,00599	0,133

Πίνακας 4.10: Σύγκριση υλικών ως προς το δυναμικό παγκόσμιας θέρμανσης.

Όπως είδαμε και παραπάνω από το αντίστοιχο δίκτυο, το δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη που αντιστοιχεί στην παραγωγή της χάρτινης συσκευασίας είναι αρνητικό. Αμέσως μετά έρχεται εκείνο της πλαστικής συσκευασίας και ακολουθεί της γυάλινης, περίπου στο διπλάσιο της τελευταίας.

Σε αυτό το σημείο θα γίνει μια αναφορά σε σχετική μελέτη [52] που έγινε για τις συσκευασίες προϊόντων της αγοράς των Σκανδιναβικών χωρών. Ένα μέρος της μελέτης αυτής αφορά τα ίδια υλικά συσκευασίας που μελετώνται στην παρούσα διπλωματική εργασία και έτσι θα κάνουμε μια σύγκριση για επιβεβαίωση των αποτελεσμάτων μας.

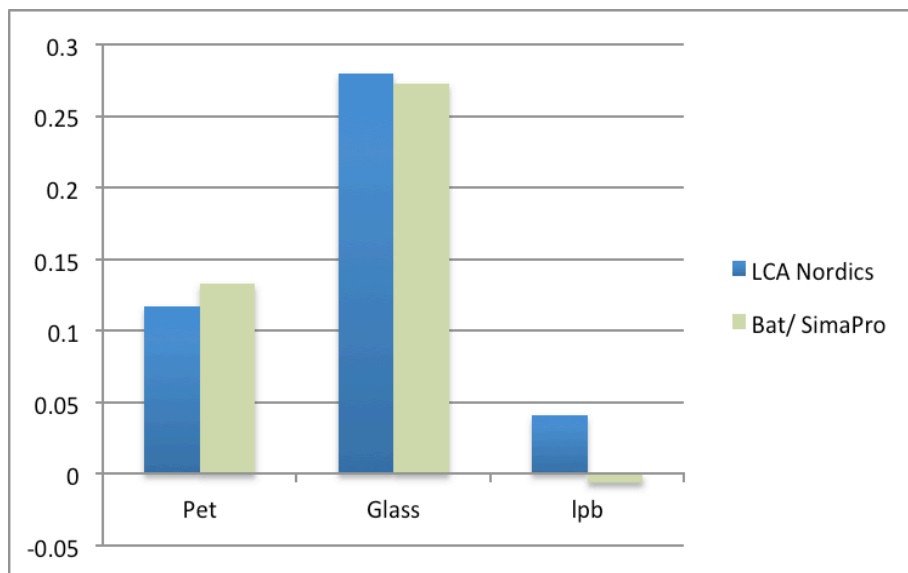
Όπως βλέπουμε από τα διαγράμματα και τους πίνακες που ακολουθούν, τα αποτελέσματα είναι πολύ κοντά και όπως παρατηρούμε με μέγιστη διαφορά κατά 10% που δικαιολογείται δεδομένου του ηλεκτρικού ρεύματος διαφορετικής παραγωγής. Αυτό που φαίνεται να έχει μια σημαντικά μεγαλύτερη διαφορά είναι το δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη της παραγωγής χάρτινου κουτιού που όμως είναι αναμενόμενη αφού στα δεδομένα από την μελέτη των Σκανδιναβικών χωρών δεν έχουν υπολογιστεί οι εκπομπές που θεωρείται ότι έχουν αποφευχθεί όπως στην περίπτωση δέσμησης διοξειδίου του άνθρακα από τα δέντρα (όπως είδαμε παραπάνω).



Διάγραμμα 4.5: Σύγκριση αποτελεσμάτων με αποτελέσματα σχετικής μελέτης για την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας.

Primary energy demand (MJ/ 0,5 lt)			
	Pet	Glass	lpb
LCA Nordics	2.6	5.15	1.1
Bat/ SimaPro	2.85	5.74	1.22

Πίνακας 4.11: Δεδομένα κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας παρούσας και σχετικής μελέτης προς σύγκριση [52].



Διάγραμμα 4.6: Σύγκριση αποτελεσμάτων με αποτελέσματα σχετικής μελέτης ως προς το δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη.

Global Warming potential (kg CO ₂ eq/ 0,5 lt)			
	Pet	Glass	lpb
LCA Nordics	0.117	0.28	0.041
Bat/ SimaPro	0.133	0.273	-0.00599

Πίνακας 4.12: Δεδομένα δυναμικού υπερθέρμανσης του πλανήτη, παρούσας και σχετικής μελέτης προς σύγκριση [52].

4.4. Μέρος 3^ο: Αξιολόγηση πειραματικών δεδομένων

Στο τρίτο και τελευταίο σενάριο σύγκρισης σκοπός είναι να αξιολογηθούν τα πειραματικά αποτελέσματα του προγράμματος Daphne για την παραγωγή γυαλιού με χρήση μικροκυμάτων, κάνοντας μια σύγκριση με την υπάρχουσα τεχνολογία αλλά και με τις αντίστοιχες συσκευασίες χαρτιού και πλαστικού.

4.4.1. Το πρόγραμμα Daphne

Το πρόγραμμα DAPhNE με τίτλο « Ανάπτυξη προσαρμοστικών συστημάτων παραγωγής για υψηλής απόδοσης, φιλικές προς το περιβάλλον διεργασίες καύσης», συγκεντρώνει τρεις παραγωγικούς τομείς (κεραμικά, γυαλί και τσιμέντο) με κοινά προβλήματα σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας στις διεργασίες καύσης τους, αναζητώντας κοινές λύσεις μέσω της εφαρμογής τεχνολογιών μικροκυμάτων υψηλών θερμοκρασιών βασιζόμενες σε αυτοπροσαρμοζόμενα συστήματα ελέγχου και παρακολούθησης.

Η διεπιστημονική σύμπραξη απαρτίζεται από εφτά εταίρους του χώρου της βιομηχανίας και μία εταιρεία η οποία δραστηριοποιείται στον τομέα της τεχνολογίας που θα συνεργαστούν με μία ομάδα εννέα ερευνητικών οργανισμών.

Ο στόχος του προγράμματος είναι να αναπτύξει και να παρουσιάσει μία ολοκληρωμένη λύση για τις ενεργοβόρες διεργασίες καύσης, οι οποίες βασίζονται στον συντονισμό των τεχνολογιών μικροκυμάτων ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των υλικών, και σε έξυπνα συστήματα ελέγχου προκειμένου να παρέχουν πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο τόσο για την κατανάλωση ενέργειας όσο και για την ποιότητα των προϊόντων. Τα συστήματα ελέγχου θα είναι ικανά να μεγιστοποιούν την αυτονομία και την δυνατότητα αλληλεπίδρασης με τον υπάρχοντα εξοπλισμό, διασφαλίζοντας τη δυνατότητα επανάχρησης των υφιστάμενων υποδομών.

Η θέρμανση με μικροκύματα είναι μια αναγνωρισμένη και καθιερωμένη τεχνική που χρησιμοποιείται σε πολλούς βιομηχανικούς τομείς που περιλαμβάνουν διεργασίες χαμηλών θερμοκρασιών και χαμηλής κατανάλωσης

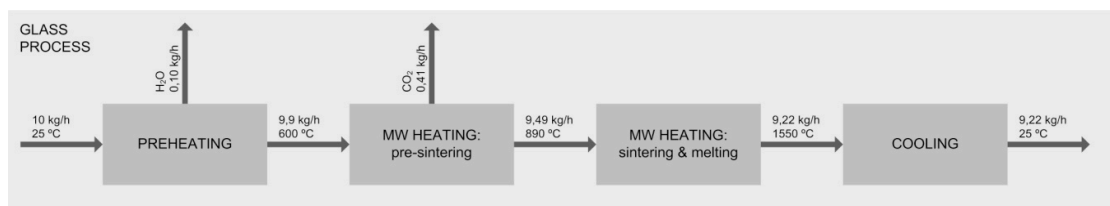
ενέργειας. Ωστόσο, η θέρμανση σε υψηλές θερμοκρασίες με χρήση μικροκυμάτων δεν έχει εφαρμοστεί πλήρως σε βιομηχανικές διεργασίες.

Έτσι λοιπόν, η χρήση μικροκυμάτων για την τήξη του γυαλιού ή και την προθέρμανση των πρώτων υλών του δεν εφαρμόζεται ευρέως στη βιομηχανία μέχρι στιγμής, παρά το γεγονός πως κάποια άρθρα παρουσιάζουν κρίσιμες διαφορές ανάμεσα στη συμβατική επεξεργασία γυαλιού και σε εκείνη με χρήση μικροκυμάτων [53]. Πειράματα που εκτελέστηκαν [54] για να διερευνηθεί το κατά πόσο η χρήση μικροκυμάτων είναι αποτελεσματική για την διαδικασία παραγωγής γυαλιού στα επιμέρους στάδιά της, έδειξαν ότι τα βασικά πλεονεκτήματά της είναι ο μικρός χρόνος θέρμανσης και η δυνατότητα θέρμανσης συγκεκριμένων τμημάτων του γυαλιού με την ταυτόχρονη δυνατότητα να αφήσουν ανεπηρέαστα τα υπόλοιπα τμήματα.

Ο έλεγχος της ομοιομορφίας και του ρυθμού θέρμανσης ήταν οι βασικές δυσκολίες που προκαλούν προβλήματα στην αντοχή του γυαλιού (ρωγμές λόγω ανομοιόμορφης θερμοκρασιακής κατανομής) και άρα ο λόγος που η χρήση μικροκυμάτων για την θέρμανση του γυαλιού σε βιομηχανικό επίπεδο δεν είναι ακόμη εφικτή.

Στα πλαίσια του προγράμματος DAPhNE κατασκευάστηκε μια πειραματική διάταξη για την παραγωγή των προϊόντων που προαναφέρθηκαν (γυαλί, κεραμικά και τσιμέντο) και ένα μοντέλο που προσομοιώνει την διαδικασία παραγωγής βασισμένο στην εν λόγω πειραματική διάταξη. Η διάταξη αποτελείται από τα παρακάτω μέρη:

- Σύστημα τροφοδοσίας
- Σύστημα προθέρμανσης
- Μονάδες θέρμανσης με μικροκύματα
- Σύστημα ψύξης



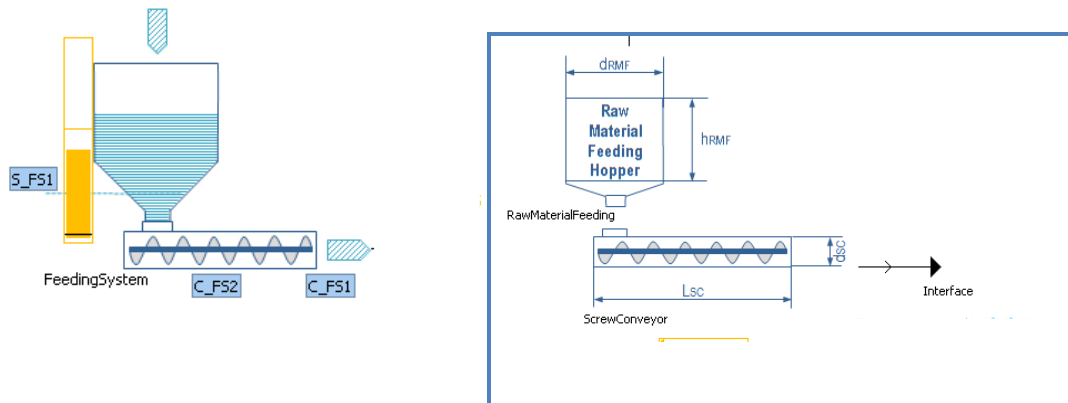
Σχήμα 4.7 : Διάγραμμα ροής παραγωγικής διαδικασίας γυαλιού [53].

Περιγραφή μονάδων διάταξης

Σύστημα τροφοδοσίας

Το σύστημα τροφοδοσίας είναι η πρώτη μονάδα επεξεργασίας στην αλυσίδα της παραγωγικής διαδικασίας του DAPhNE. Στόχος του συστήματος αυτού είναι να τροφοδοτεί τη διεργασία με τις απαραίτητες πρώτες ύλες και να ελέγχει τον ρυθμό ροής τους. Το εύρος της ροής των πρώτων υλών για την διάταξη ορίζεται σε 1- 10 kg/h, με ονομαστική ροή τα 5 kg/h και όλα τα υλικά σε στερεή μορφή. Η μονάδα αυτή επιτρέπει συνεχή λειτουργία του συστήματος παραγωγής

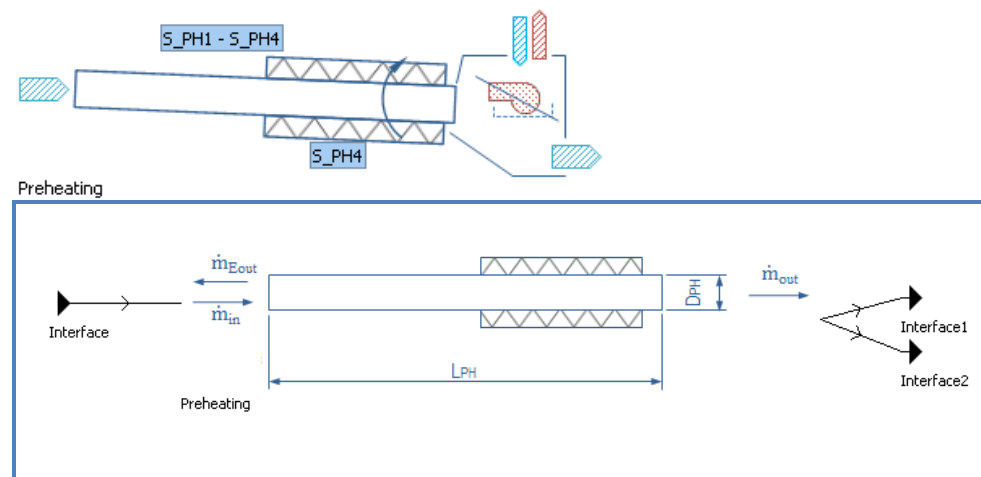
DAPhNE. Το σύστημα τροφοδοσίας αποτελείται από μια χοάνη και έναν κοχλιωτό μεταφορέα.



Σχήμα 4.8: Σύστημα τροφοδοσίας με τις βασικές του διαστάσεις [53].

Σύστημα προθέρμανσης

Η μονάδα προθέρμανσης είναι το δεύτερο βήμα της παραγωγικής διαδικασίας του DAPhNE, όπου οι πρώτες ύλες προθερμαίνονται ώστε να βελτιστοποιηθεί η διηλεκτρική τους συμπεριφορά στα ακόλουθα στάδια με τα μικροκύματα. Σε αυτό το στάδιο όλα τα υλικά παραμένουν στερεά και αναμένεται να εμφανιστούν λίγοι υδρατμοί. Το σύστημα προθέρμανσης είναι ουσιαστικά ένας ηλεκτρικός κλίβανος σε σχήμα αγωγού, από ανοξείδωτο χάλυβα, ο οποίος περιστρέφεται. Λόγω της ταχύτητας περιστροφής του, η μεταφορά υλικών θα ελέγχεται.



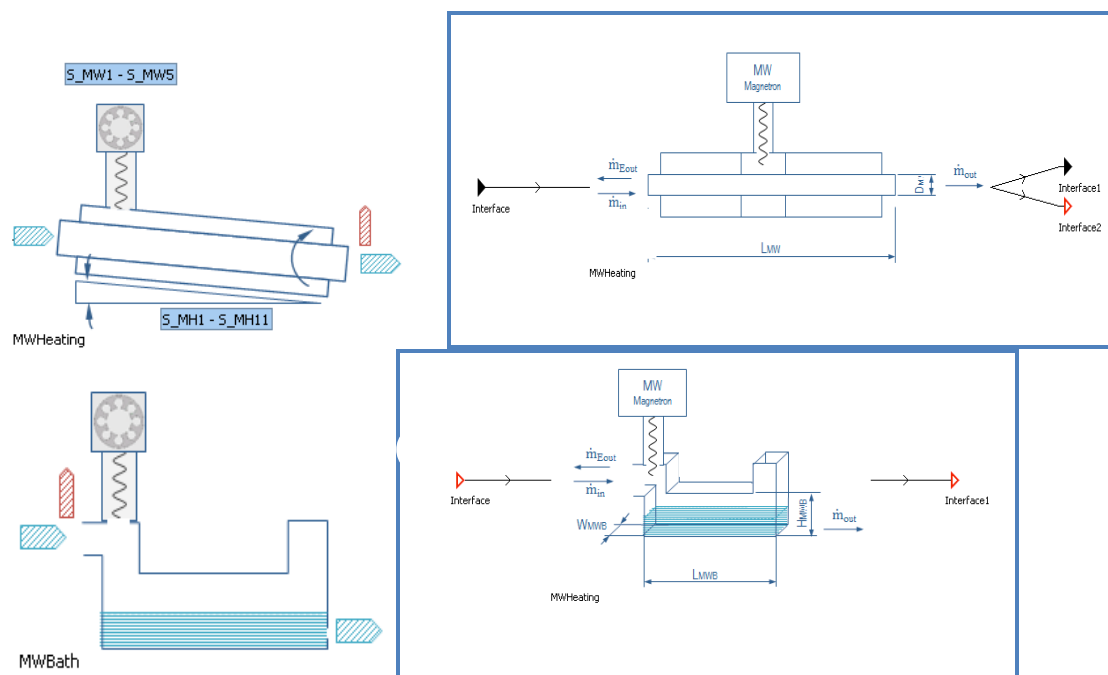
Σχήμα 4.9: Σύστημα προθέρμανσης [53].

Μονάδες θέρμανσης με μικροκύματα

Το πρώτο στάδιο της θέρμανσης προβλέπεται για όλα τα υλικά που εξετάζονται στο πρόγραμμα DAPhNE. Είναι μια μονάδα πυροσυσσωμάτωσης στην οποία τα υλικά θερμαίνονται μέχρι μια συγκεκριμένη θερμοκρασία, με

μέγιστη τους 900° C, η οποία εξαρτάται από την φύση του υλικού και τις συνθήκες της διεργασίας. Κατά το στάδιο αυτό τα υλικά παραμένουν στερεά. Η μονάδα αυτή αποτελείται από έναν εσωτερικά περιστρεφόμενο αγωγό με ελεγχόμενη κλίση όπου τα υλικά, λόγω της βαρύτητας και της περιστροφής, μετακινούνται μέσα στον αγωγό εκτίθενται στην ακτινοβολία των μικροκυμάτων και θερμαίνονται.

Στο δεύτερο στάδιο της θέρμανσης με μικροκύματα (για όσα υλικά το απαιτούν) τα υλικά θερμαίνονται περαιτέρω μέχρι να ρευστοποιηθούν φτάνοντας θερμοκρασίες μέχρι και 1550° C. Η μονάδα τήξης αποτελείται από δύο κάθετους κλάδους που ενώνονται με ένα οριζόντιο δοχείο τήξης. Όπως και προηγουμένως, ο θάλαμος μικροκυμάτων είναι κατασκευασμένος από ανακλαστικά υλικά (μεταλλικά τοιχώματα).



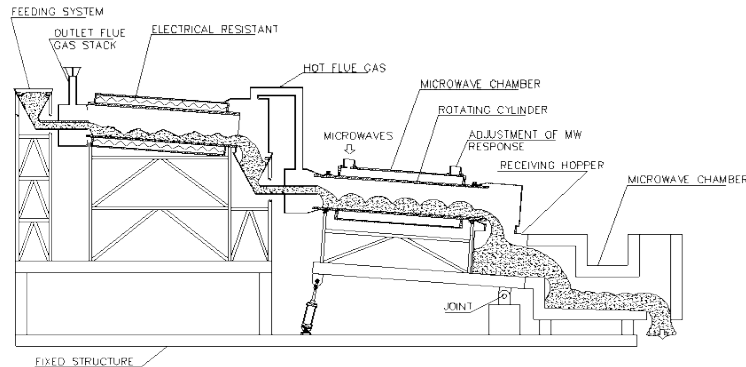
Σχήμα 4.10: Τμήματα θέρμανσης με μικροκύματα με τις βασικές τους διαστάσεις [53].

Σύστημα ψύξης

Σε βιομηχανικό επίπεδο κατά την παραγωγή γυαλιού, το σύστημα ψύξης δεν υφίσταται σε αυτό το σημείο λόγω του ότι το προϊόν χρησιμοποιείται για την παραγωγή μπουκαλιών. Σημειώνεται επίσης ότι δεν καλύπτεται ολόκληρη η διαδικασία θέρμανσης στην πειραματική διάταξη καθώς στο δεύτερο στάδιο απαιτείται μεγαλύτερος χρόνος παραμονής του υλικού (για ομογενοποίηση και απελευθέρωση των αερίων). Έτσι λοιπόν, το στάδιο φινιρίσματος δεν θα υποκατασταθεί με τις μονάδες μικροκυμάτων όμως θα καλυφθεί η θέρμανση μέχρι το σημείο τήξης των υλικών. Αυτό που αναμένεται ως προϊόν της συγκεκριμένης παραγωγικής διαδικασίας είναι μια ροή τηγμένου γυαλιού στους 1500° C. Για αυτό το παραγόμενο προϊόν λοιπόν, προβλέπεται η χρήση μιας συσκευής συλλογής δείγματός του ώστε να εξεταστεί, και η υπόλοιπη ροή θα

συλλέγεται σε ειδικό δοχείο που έχει κατασκευαστεί για τον σκοπό αυτό, από κατάλληλο υλικό για να αντέχει στις υψηλές θερμοκρασίες.

Για τα άλλα υλικά προβλέπονται διαφορετικοί μηχανισμοί ψύξης που όμως δεν θα αναφερθούν γιατί ξεφεύγουν από τα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας [53].



Σχήμα 4.11: Σκίτσο της πειραματικής διάταξης παραγωγής γυαλιού με μικροκύματα [53].

4.4.2. Μέρος 3α: Σύγκριση πειραματικών δεδομένων με κατανάλωση ρεύματος τρέχουσας παραγωγής

Η λειτουργική μονάδα και τα όρια των συστημάτων που μελετώνται παραμένουν ίδια με το δεύτερο σενάριο.

4.4.2.1. Δεδομένα- Επεξεργασία- Παραδοχές

Από τα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια του προγράμματος Darhne προέκυψαν τα παρακάτω δεδομένα για την κατανάλωση ενέργειας:

Specific Energy Consumption [kWh/kg]
0.834

Πίνακας 4.13: Πειραματικά δεδομένα, κατανάλωση ενέργειας [53].

Αυτό το νούμερο όμως έχει προκύψει από πειράματα, στα οποία χρησιμοποιήθηκαν οι πρώτες ύλες για την παραγωγή γυαλιού, χωρίς όμως καθόλου υαλόθραυσμα. Για να μπορέσει να γίνει η σύγκριση με τις υπάρχουσες τεχνολογίες θα πρέπει να υπολογιστεί η αντίστοιχη κατανάλωση σε περίπτωση που γίνεται χρήση υαλοθραύσματος κατά 70% της ποσότητας του μείγματος. Από την βιβλιογραφία ξέρουμε ότι για κάθε αύξηση της χρήσης του

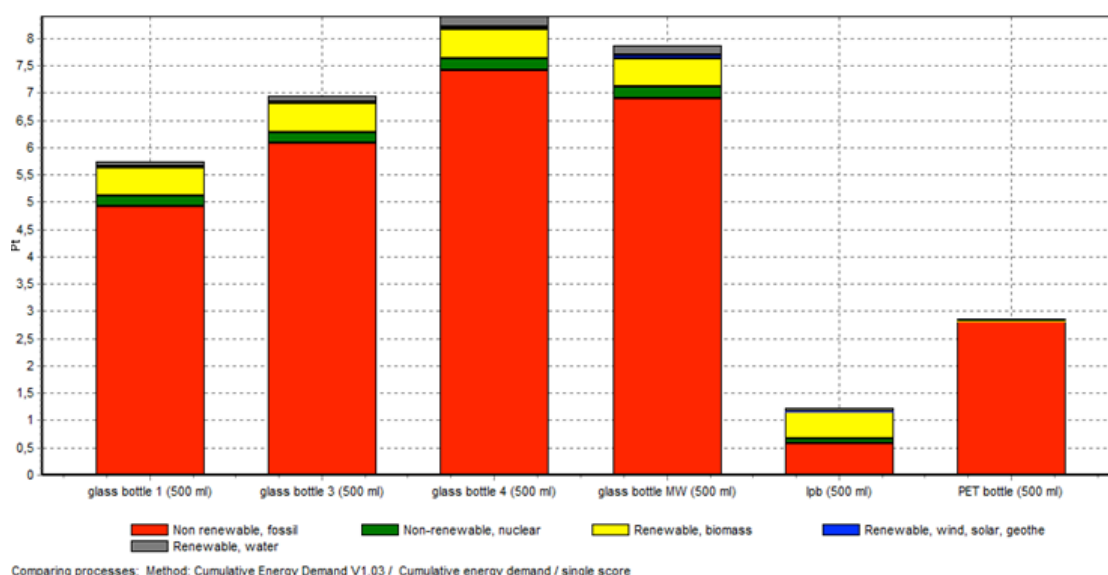
υαλοθραύσματος κατά 10% έχουμε μείωση στην κατανάλωση της ενέργειας κατά 2,5% [4]. Άρα για 70% υαλόθραυσμα θα έχουμε 17,5% μείωση της ενέργειας τήξης, δηλαδή 0,68805 kWh/kg.

Όπως και προηγουμένως θεωρούμε ότι η ενέργεια που καταναλώνεται στον κλίβανο για την τήξη του γυαλιού, αντιστοιχεί στο 79% της συνολικής. Έτσι τελικά η κατανάλωση της ενέργειας καθ' όλη τη διεργασία παραγωγής γυαλιού με χρήση μικροκυμάτων είναι 0,8709 kWh/kg.

Όπως είδαμε παραπάνω, η πειραματική διάταξη του προγράμματος Daphne και τα δεδομένα που έχουμε για αυτή αφορούν μόνο τις διαδικασίες προετοιμασίας του μείγματος και τήξης. Για να φτιάξουμε το dataset του Daphne πήραμε ως βάση εκείνο του ηλεκτρικού κλιβάνου (4) και θεωρώντας ότι η ενέργεια που καταναλώνεται καθ' όλη τη διεργασία είναι εξ ολοκλήρου από ηλεκτρικό ρεύμα αλλάξαμε μόνο την κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος, όπου βάλαμε το νούμερο που υπολογίσθηκε παραπάνω.

Σε αυτό το μέρος της εφαρμογής της AKZ θα γίνει εκτίμηση των επιπτώσεων, στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και στο περιβάλλον με τις μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν και προηγουμένως, έξι περιπτώσεων: της καλύτερης (1) και της χειρότερης (3), όπως προέκυψαν στο πρώτο σενάριο, για την παραγωγή γυαλιού, του ηλεκτρικού κλιβάνου (4) και του προγράμματος Daphne (MW) καθώς και της χάρτινης και πλαστικής συσκευασίας. Τα αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω.

4.4.3.1. Αποτελέσματα

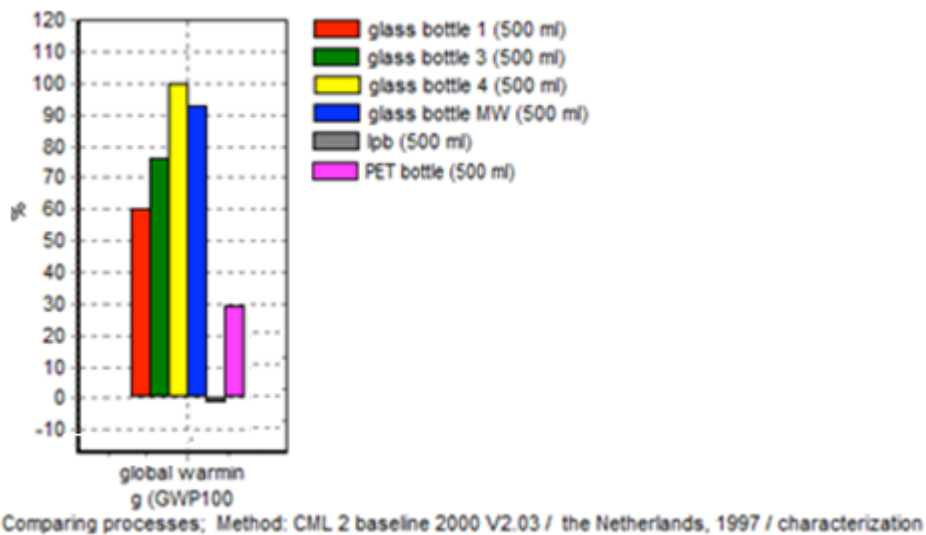


Διάγραμμα 4.7: Σύγκριση υφιστάμενων τεχνολογιών και υλικών με τεχνολογία μικροκυμάτων ως προς την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας.

Impact category	Unit	glass bottle 1 (500 ml)	glass bottle 3 (500 ml)	glass bottle 4 (500 ml)	glass bottle MW (500 ml)	lpb (500 ml)	PET bottle (500 ml)
Total	Pt	5,74	6,93	8,4	7,86	1,22	2,85
Non renewable, fossil	Pt	4,92	6,08	7,41	6,9	0,57	2,81
Non-renewable, nuclear	Pt	0,19	0,2	0,221	0,209	0,103	0,0139
Renewable, biomass	Pt	0,527	0,528	0,529	0,528	0,478	0,000862
Renewable, wind, solar, geothe	Pt	0,0197	0,0247	0,0556	0,0518	0,00282	0,00886
Renewable, water	Pt	0,0892	0,104	0,184	0,173	0,0685	0,0244

Πίνακας 4.14: Σύγκριση υφιστάμενων τεχνολογιών και υλικών με τεχνολογία μικροκυμάτων ως προς την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας.

Η τεχνολογία των μικροκυμάτων, αν και καλύτερη από την περίπτωση (4) του ηλεκτρικού κλιβάνου, παραμένει ψηλά στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας συγκριτικά με τα άλλα υλικά, χαρτί και πλαστικό, αλλά και ψηλότερα από την υφιστάμενη τεχνολογία για την τήξη του γυαλιού.



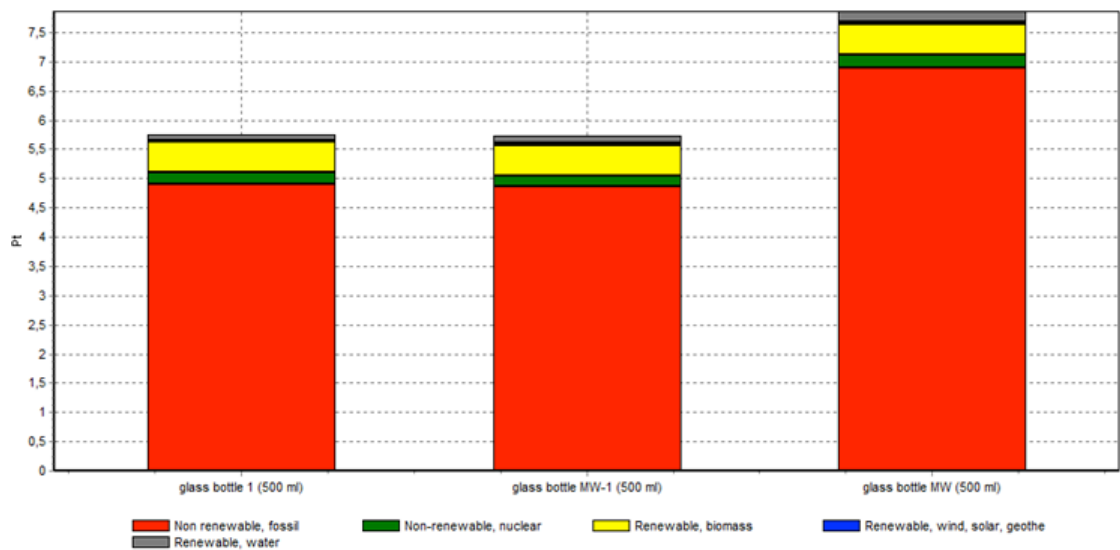
Διάγραμμα 4.8: Σύγκριση υφιστάμενων τεχνολογιών και υλικών με τεχνολογία μικροκυμάτων ως προς το δυναμικό παγκόσμιας θέρμανσης.

Impact category	Unit	glass bottle 1 (500 ml)	glass bottle 3 (500 ml)	glass bottle 4 (500 ml)	glass bottle MW (500 ml)	lpb (500 ml)	PET bottle (500 ml)
global warming (GWP100)	kg CO2 eq	0,273	0,344	0,452	0,419	-0,00599	0,133

Πίνακας 4.15: Σύγκριση υφιστάμενων τεχνολογιών και υλικών με τεχνολογία μικροκυμάτων ως προς το δυναμικό παγκόσμιας θέρμανσης.

Ανάλογα, όπως είναι αναμενόμενο, παραμένει ψηλότερα και στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

Σε αυτό το σημείο της μελέτης μας θα εξετάσουμε κάποια ενδεχόμενα περιθωρίων βελτίωσης της τεχνολογίας μικροκυμάτων, που εξετάζεται στα πλαίσια του προγράμματος Daphne. Αρχικά θα εξετάσουμε αν θα μπορούσε η νέα τεχνολογία εξελισσόμενη, να είναι συγκρίσιμη με την ήδη υπάρχουσα.



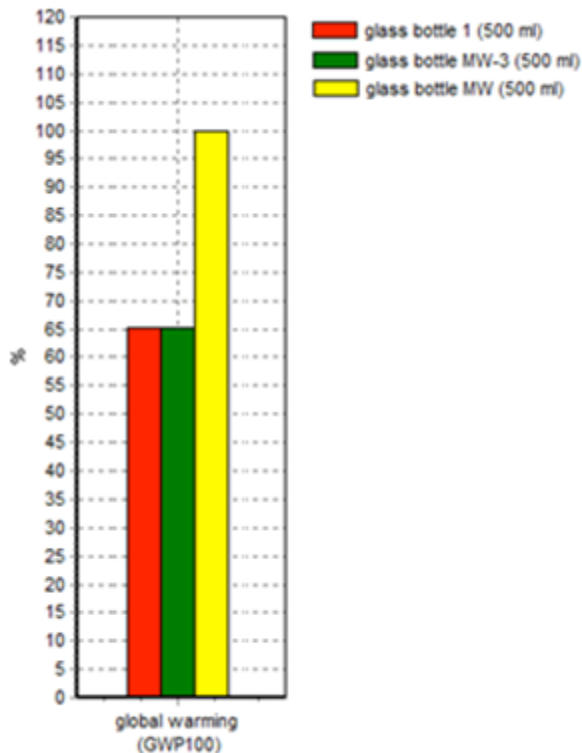
Comparing 1 p material 'glass bottle 1 (500 ml)' with 1 p material 'glass bottle MW-1 (500 ml)' and with 1 p material 'glass bottle MW (500 ml)'; Method: Cumulative Energy Demand V1.03 / Cumulative

Διάγραμμα 4.9: Περιθώρια βελτίωσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας της τεχνολογίας μικροκυμάτων, ως προς την υφιστάμενη τεχνολογία.

Impact category	Unit	glass bottle 1 (500 ml)	glass bottle MW-1 (500 ml)	glass bottle MW (500 ml)
Total	Pt	5,74	5,74	7,86
Non renewable, fossil	Pt	4,92	4,86	6,9
Non-renewable, nuclear	Pt	0,19	0,188	0,209
Renewable, biomass	Pt	0,527	0,527	0,528
Renewable, wind, solar, geothermal	Pt	0,0197	0,0347	0,0518
Renewable, water	Pt	0,0892	0,127	0,173

Πίνακας 4.16: Περιθώρια βελτίωσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας της τεχνολογίας μικροκυμάτων, ως προς την υφιστάμενη τεχνολογία.

Έπειτα από δοκιμές προέκυψε, ότι για να φτάσει η τεχνολογία μικροκυμάτων να έχει την ίδια κατανάλωση σε πρωτογενή ενέργεια με εκείνη της περίπτωσης (1) από τις εξεταζόμενες, θα πρέπει η κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος να μειωθεί σε 0,564 kWh/ kg παραγόμενου γαλίνου μπουκαλιού, που σημαίνει μείωσή της κατά 35,2%.



Comparing 1 p material 'glass bottle 1 (500 ml)' with 1 p material 'glass bottle MW-3 (500 ml)' and with 1 p material 'glass bottle MW (500 ml)'; Method: CML 2 baseline 2000 V2.03.

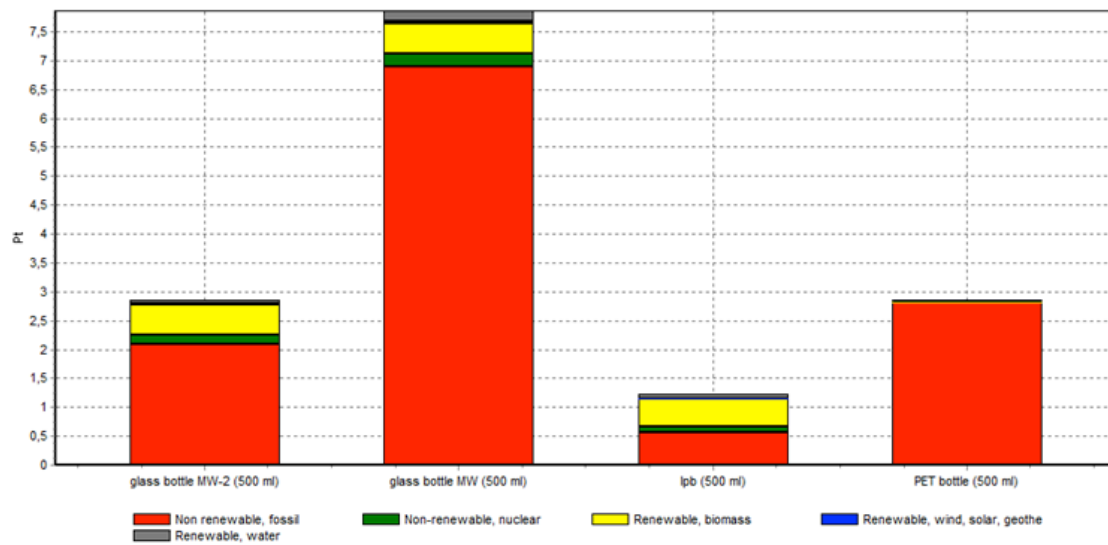
Διάγραμμα 4.10: Περιθώρια βελτίωσης στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου της τεχνολογίας μικροκυμάτων, ως προς την υφιστάμενη τεχνολογία.

Impact category	Unit	glass bottle 1 (500 ml)	glass bottle MW-3 (500 ml)	glass bottle MW (500 ml)
global warming (GWP100)	kg CO2 eq	0,273	0,273	0,419

Πίνακας 4.17: Περιθώρια βελτίωσης στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου της τεχνολογίας μικροκυμάτων, ως προς την υφιστάμενη τεχνολογία.

Όσον αφορά τις εκπομπές, θα έπρεπε να μειωθεί περαιτέρω στο 0,537 kWh/kg παραγόμενου γυάλινου μπουκαλιού, δηλαδή μείωσή της κατά 38,3%.

Θα δούμε τώρα το ενδεχόμενο να μπορέσει το γυαλί με τη νέα τεχνολογία με χρήση μικροκυμάτων, μετά από περαιτέρω έρευνα και βελτιώσεις, να είναι συγκρίσιμο, ως υλικό συσκευασίας υγρών, με το χαρτόνι και το πλαστικό.



Comparing processes; Method: Cumulative Energy Demand V1.03 / Cumulative energy demand / single score

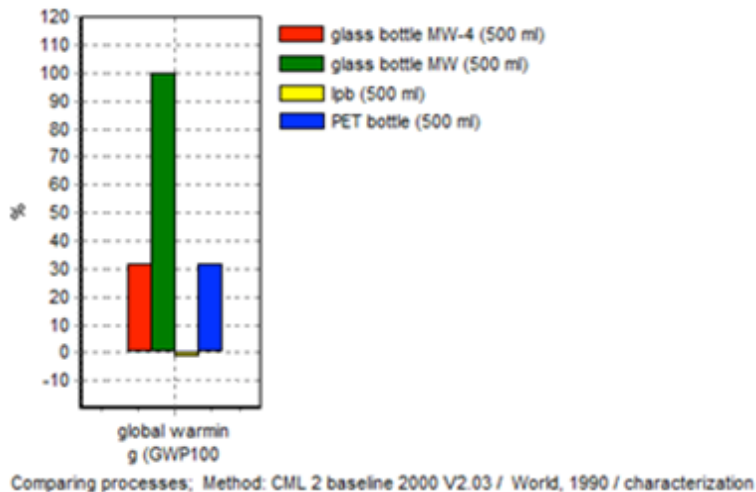
Διάγραμμα 4.11: Περιθώρια βελτίωσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας της τεχνολογίας μικροκυμάτων, ως προς τα διαφορετικά υλικά.

Impact category	Unit	glass bottle MW-2 (500 ml)	glass bottle MW (500 ml)	lpb (500 ml)	PET bottle (500 ml)
Total	Pt	2,85	7,86	1,22	2,85
Non renewable, fossil	Pt	2,09	6,9	0,57	2,81
Non-renewable, nuclear	Pt	0,159	0,209	0,103	0,0139
Renewable, biomass	Pt	0,526	0,528	0,478	0,000862
Renewable, wind, solar, geoth	Pt	0,0113	0,0518	0,00282	0,00886
Renewable, water	Pt	0,0628	0,173	0,0685	0,0244

Πίνακας 4.18: Περιθώρια βελτίωσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας της τεχνολογίας μικροκυμάτων, ως προς τα διαφορετικά υλικά.

Μετά από δοκιμές είδαμε ότι ακόμα και αν μηδενίσουμε την κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος στην περίπτωση του Darhne, η ενέργεια που χρειάζεται για τις λοιπές διεργασίες είναι μεγαλύτερη από εκείνη για την παραγωγή ενός χάρτινου κουτιού. Έτσι αυτό που μπορέσαμε να εξετάσουμε είναι αν μπορεί να ισοσταθμιστεί με την παραγωγή ενός πλαστικού μπουκαλιού και είδαμε ότι αυτό μπορεί να συμβεί όταν η κατανάλωση μειωθεί κατά 83,2% και φτάσει τις 0,146 kWh/ kg παραγόμενου γυάλινου μπουκαλιού.

Όπως είδαμε στο δεύτερο σενάριο, η χάρτινη συσκευασία έχει αρνητική συνεισφορά στα αέρια του θερμοκηπίου άρα μένει κι εδώ να εξετάσουμε την απαραίτητη μείωση για να ισοσταθμιστεί με την πλαστική.



Διάγραμμα 4.12: Περιθώρια βελτίωσης στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου της τεχνολογίας μικροκυμάτων, ως προς τα διαφορετικά υλικά.

Impact category	Unit	glass bottle MW-4 (500 ml)	glass bottle MW (500 ml)	lpb (500 ml)	PET bottle (500 ml)
global warming (GWP100)	kg CO2 eq	0,133	0,419	-0,00599	0,133

Πίνακας 4.19: Περιθώρια βελτίωσης στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου της τεχνολογίας μικροκυμάτων, ως προς τα διαφορετικά υλικά.

Μετά από δοκιμές βλέπουμε ότι το ζητούμενο προκύπτει για μείωση της κατανάλωσης κατά 75,3%, δηλαδή στις 0,215 kWh/ kg παραγόμενου γαλίνου μπουκαλιού. Παρατηρούμε ότι για να είναι συγκρίσιμο με το πλαστικό ως προς την περιβαλλοντική τους επίδοση, το γυαλί απαιτεί μικρότερη μείωση από όση απαιτείται για την ενεργειακή. Αυτό συμβαίνει διότι με ίδια ενεργειακή κατανάλωση, για το πλαστικό γίνεται χρήση εξ ολοκλήρου ορυκτών καυσίμων ενώ για το γυαλί χρησιμοποιούνται και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

4.4.3. Σενάριο ΜΕΑΠ

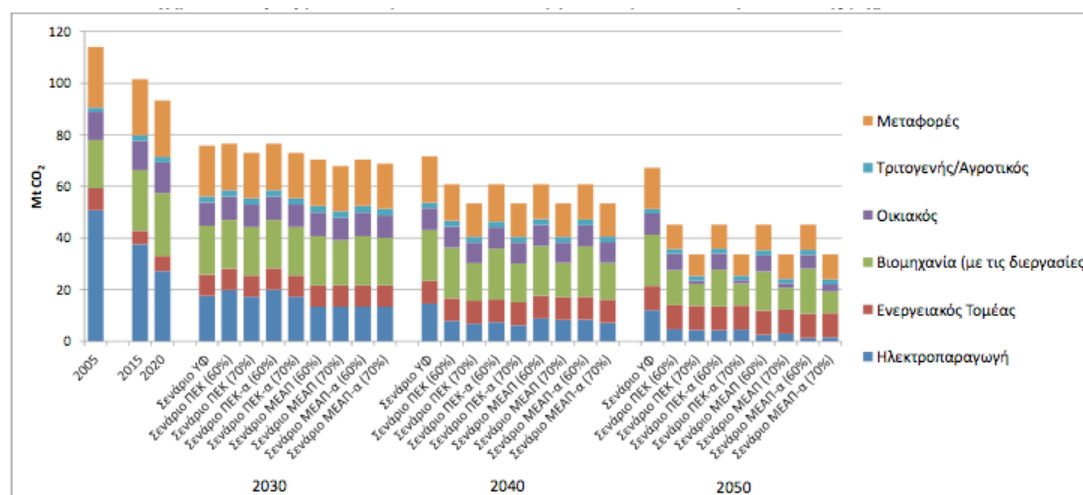
Στα πλαίσια της διερεύνησης για ενδεχόμενη βελτίωση στην επίδοση της τεχνολογίας μικροκυμάτων, θα εξετάσουμε την περίπτωση του σεναρίου «Μέτρων Μεγιστοποίησης ΑΠΕ» ΜΕΑΠ [55]:

Με αφετηρία το 1ο Σχέδιο Δράσης για τις ΑΠΕ, η Εθνική Επιτροπή Ενεργειακής Στρατηγικής του Υπουργείου Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής επιμελήθηκε μια σε βάθος και με μακροχρόνιο ορίζοντα ανάλυση του Ελληνικού Ενεργειακού Συστήματος με στόχο τη διαμόρφωση του Ενεργειακού Χάρτη Πορείας της Ελλάδας για την περίοδο 2020- 2050.

Η μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενη ενέργεια κυρίως μέσω της μεγιστοποίησης της διείσδυσης των ΑΠΕ και της βέλτιστης αξιοποίησης των

εγχώριων ενεργειακών πόρων τόσο στην ηλεκτροπαραγωγή, όσο και συνολικά, καθώς και η επίτευξη σημαντικής μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα μέχρι το 2050 σε σχέση με τις αντίστοιχες εκπομπές του 2005, παραμένουν οι βασικοί άξονες σχεδιασμού λαμβάνοντας ωστόσο παράλληλα υπόψη και τις απαιτήσεις σε επίπεδο εθνικής οικονομίας για την επίτευξη αυτών των ενεργειακών και περιβαλλοντικών στόχων. Επιπροσθέτως, ουσιαστική επιλογή είναι η μηδενική αξιοποίηση πυρηνικής ενέργειας καθώς και η περιορισμένη χρήση της τεχνολογίας συλλογής και αποθήκευσης άνθρακα (CCS), λόγω τεχνικοοικονομικών αβεβαιοτήτων.

Το Σενάριο «Μέτρων Μεγιστοποίησης ΑΠΕ» (Σενάριο ΜΕΑΠ) υποθέτει τη μεγιστοποίηση της διείσδυσης των ΑΠΕ στα επίπεδα του 100% στην ηλεκτροπαραγωγή και σε πολύ μεγάλη κλίμακα συνολικά, με στόχο τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 60%-70%, με μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια και τις μεταφορές. Το ίδιο σενάριο εξετάζεται με χρήση εισαγωγών ηλεκτρικής ενέργειας που θα φέρουν μείωση του κόστους στον τομέα ηλεκτρισμού λόγω λιγότερων επενδύσεων και αγορών ηλεκτρικής ενέργειας σε χαμηλότερες τιμές (Σενάριο ΜΕΑΠ-α).

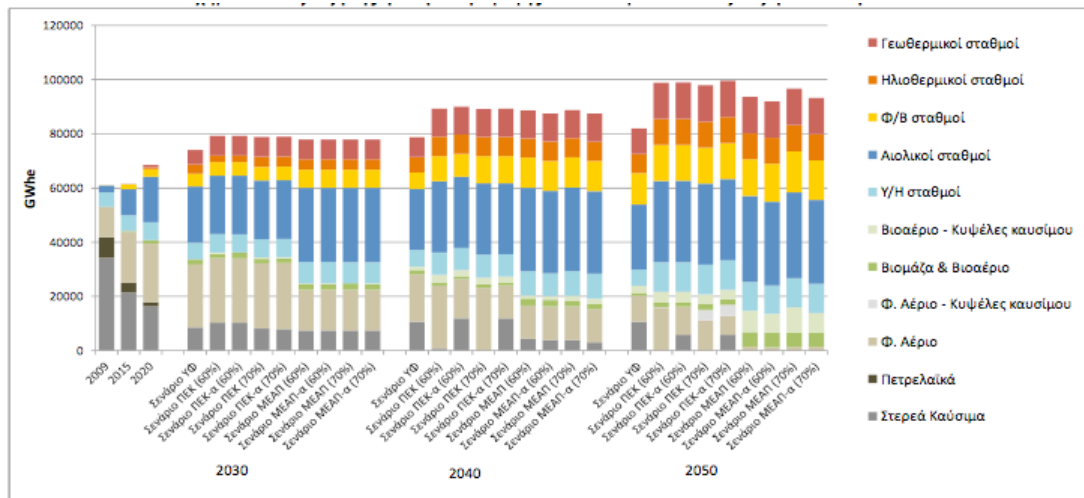


Διάγραμμα 4.13: Εξέλιξη των εκπομπών CO2 στον ενεργειακό τομέα ανά σενάριο πολιτικής μέχρι το 2050 [55].

Ο τομέας της ηλεκτροπαραγωγής αναμένεται ότι θα εμφανίσει σημαντικές διαφοροποιήσεις την περίοδο έως το 2050, καθώς ένας μεγάλος αριθμός των μέτρων που αφορούν στην χάραξη εθνικής πολιτικής, αναφέρεται στο συγκεκριμένο τομέα.

Όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα .12, η συνολική παραγωγή ηλεκτρισμού στη χώρα θα αυξηθεί σε σχέση με τα σημερινά επίπεδα έως και κατά 63% έως το 2050 και θα βασίζεται σε όλα τα σενάρια σε «καθαρότερες» πηγές. Συγκεκριμένα, ενώ σήμερα, το 56% της ηλεκτροπαραγωγής προέρχεται από σταθμούς παραγωγής με καύσιμο το λιγνίτη, σύμφωνα με το Σενάριο ΥΦ το

μερίδιο του λιγνίτη θα μειωθεί στο 13% το 2050, ενώ στα υπόλοιπα σενάρια θα μηδενιστεί.



Διάγραμμα 4.14: Εξέλιξη της ηλεκτροπαραγωγής ανά καύσιμο σε κάθε εξεταζόμενο σενάριο [55].

Αντίστοιχα, το μερίδιο των πετρελαιοειδών στην ηλεκτροπαραγωγή θα μηδενιστεί έως το 2030, γεγονός που αποδίδεται στην απόσυρση των πετρελαϊκών σταθμών που είναι εγκατεστημένοι στα μη διασυνδεδεμένα νησιά έπειτα από την επικείμενη διασύνδεσή τους με το ηπειρωτικό σύστημα.

Το φυσικό αέριο θα σημειώσει σταδιακή μείωση, με τη συμμετοχή του να κυμαίνεται στο 10%-16% για τα Σενάρια ΠΕΚ και ΠΕΚ-α, ενώ στα Σενάρια ΜΕΑΠ και ΜΕΑΠ-α δεν θα υπάρχει συμμετοχή φυσικού αερίου στο ηλεκτρικό μίγμα του 2050 παρά μόνο σε μονάδες συμπαραγωγής με συνολικό μερίδιο που δε θα ξεπερνάει το 1% στην ηλεκτροπαραγωγή [55].

4.4.4. Μέρος 3β: Σύγκριση πειραματικών δεδομένων με κατανάλωση ρεύματος παραγωγής 2050

Η λειτουργική μονάδα και τα όρια των συστημάτων που μελετώνται παραμένουν ίδια.

4.4.4.1. Δεδομένα- Επεξεργασία- Παραδοχές

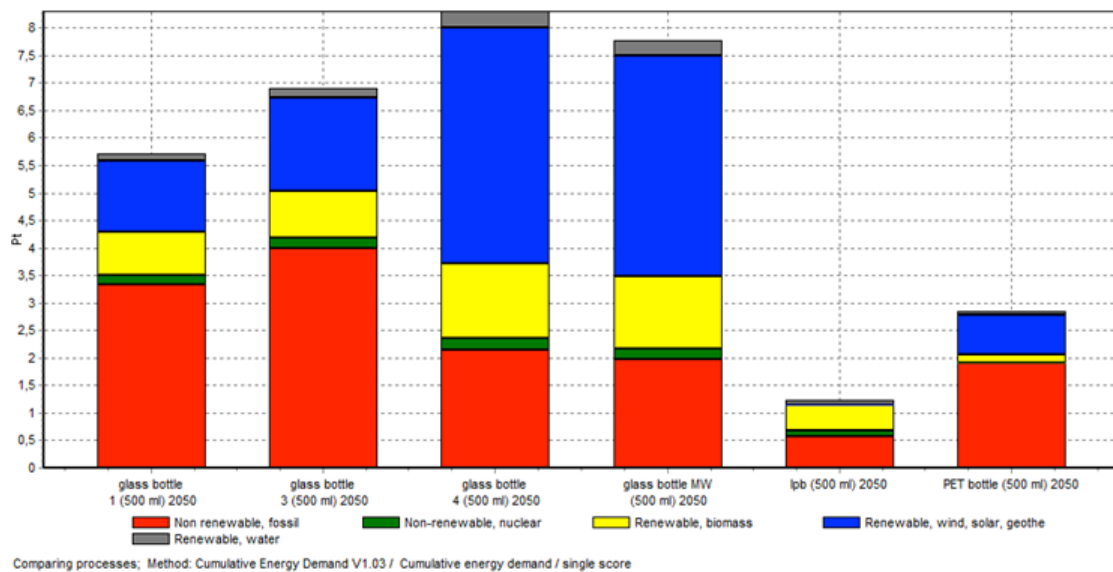
Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω, το 2050 αναμένεται να παράγεται στην Ελλάδα ένα μείγμα ηλεκτρικής ενέργειας με την παρακάτω σύσταση:

Products	
Electricity, production mix GR/GR U 2050	1 kWh
Materials/fuels	
Electricity, hydropower, at power plant/GR U	0.133 kWh
Electricity, hydropower, at pumped storage power plant/GR U	0 kWh
Electricity, lignite, at power plant/GR U	0 kWh
Electricity, natural gas, at power plant/UCTE U	0.176 kWh
Electricity, oil, at power plant/GR U	0 kWh
Electricity, at wind power plant/RER U	0.34 kWh
Electricity, at cogen ORC 1400kWth, wood, allocation exergy/CH U	0.083 kWh
Electricity, production mix photovoltaic, at plant/CH U	0.268 kWh

Πίνακας 4.20: Μείγμα ηλεκτρικού ρεύματος παραγόμενο στην Ελλάδα το 2050 [55].

Αφού φτιάξαμε έξι καινούρια datasets όπου το μόνο που αλλάξαμε είναι το ρεύμα και βάλαμε το παραπάνω μείγμα του 2050, προχωρήσαμε στη σύγκριση που ακολουθεί.

4.4.4.2. Αποτελέσματα

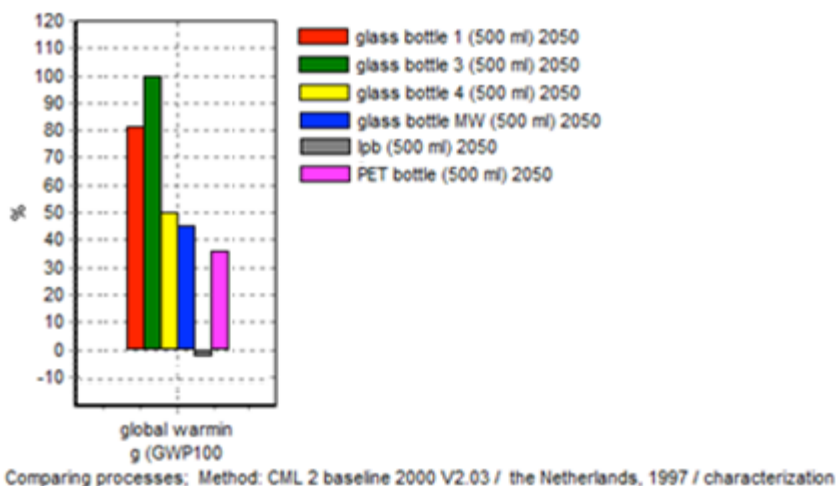


Διάγραμμα 4.15: Σύγκριση τεχνολογιών και υλικών με ρεύμα παραγωγής του 2050 ως προς την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας.

Impact category	Unit	glass bottle 1 (500 ml) 2050	glass bottle 3 (500 ml) 2050	glass bottle 4 (500 ml) 2050	glass bottle MW (500 ml) 2050	pb (500 ml) 2050	PET bottle (500 ml) 2050
Total	Pt	5,71	6,89	8,3	7,77	1,22	2,84
Non renewable, fossil	Pt	3,33	3,99	2,15	1,99	0,57	1,91
Non-renewable, nuclear	Pt	0,183	0,192	0,2	0,189	0,103	0,0103
Renewable, biomass	Pt	0,777	0,856	1,36	1,3	0,478	0,142
Renewable, wind, solar, geothe	Pt	1,3	1,7	4,29	4,01	0,0029	0,731
Renewable, water	Pt	0,124	0,15	0,299	0,282	0,0685	0,0442

Πίνακας 4.21: Σύγκριση τεχνολογιών και υλικών με ρεύμα παραγωγής του 2050 ως προς την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας.

Παρατηρούμε ότι με την αλλαγή στο μείγμα παραγωγής ρεύματος αλλάζει τελείως η σύσταση των δεικτών για την απαίτηση πρωτογενούς ενέργειας. Παρόλο που οι περιπτώσεις (4) και (MW) συνεχίζουν να απαιτούν την μεγαλύτερη συνολική ενέργεια, βλέπουμε ότι έχουν το μικρότερο ποσό σε μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας συγκριτικά με τις υπόλοιπες τεχνολογίες παραγωγής γυαλιού και σχεδόν το ίδιο με το πλαστικό, γεγονός που από μόνο του καθιστά πλέον το γυαλί συγκρίσιμο με το πλαστικό. Το χαρτόνι δείχνει να μην έχει επηρεαστεί καθόλου από την αλλαγή στη σύσταση του ρεύματος αλλά εξακολουθεί να μένει το χαμηλότερο σε συνολική κατανάλωση ενέργειας.



Διάγραμμα 4.16: Σύγκριση τεχνολογιών και υλικών με ρεύμα παραγωγής του 2050 ως προς το δυναμικό παγκόσμιας θέρμανσης.

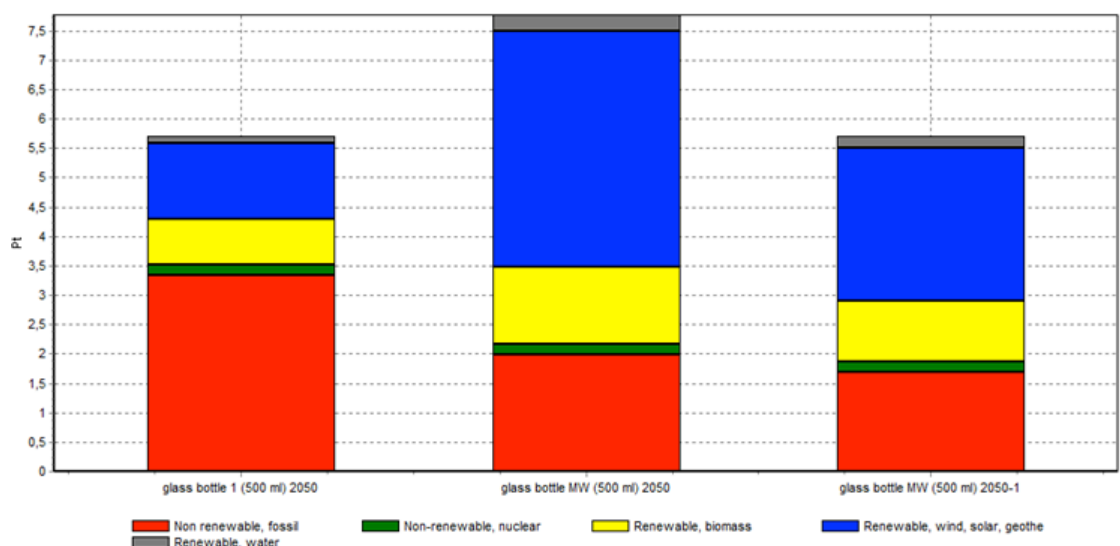
Impact category	Unit	glass bottle 1 (500 ml) 2050	glass bottle 3 (500 ml) 2050	glass bottle 4 (500 ml) 2050	glass bottle MW (500 ml) 2050	pb (500 ml) 2050	PET bottle (500 ml) 2050
global warming (GWP100)	kg CO2 eq	0,168	0,207	0,104	0,0932	-0,006	0,0742

Πίνακας 4.22: Σύγκριση τεχνολογιών και υλικών με ρεύμα παραγωγής του 2050 ως προς το δυναμικό παγκόσμιας θέρμανσης.

Τα αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά για την τεχνολογία μικροκυμάτων και ως προς τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Οι εκπομπές των περιπτώσεων (MW) και (4) αντιστοιχούν στις μισές των υπόλοιπων τεχνολογιών παραγωγής γυαλιού, και είναι πολύ κοντά με εκείνες του πλαστικού. Οι εκπομπές κατά την

διεργασία παραγωγής του χάρτινου κουτιού παραμένουν φυσικά αρνητικές για λόγους που έχουμε εξηγήσει παραπάνω.

Θα εξετάσουμε και τώρα, όπως προηγουμένως, το ενδεχόμενο περιθωρίων βελτίωσης της τεχνολογίας μικροκυμάτων μειώνοντας και πάλι την κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος αρχικά για να δούμε σε τι ποσοστό μείωσης επέρχεται ισοστάθμιση με την υπάρχουσα εγκατεστημένη τεχνολογία παραγωγής γυαλιού.



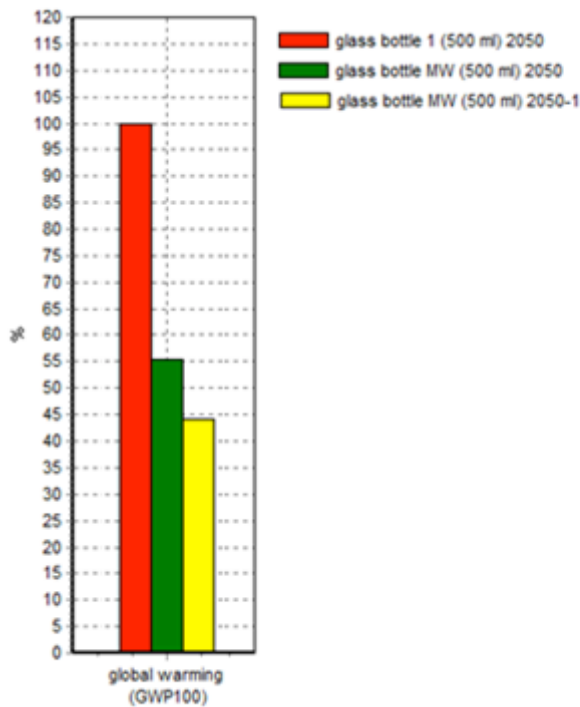
Comparing 1 p material 'glass bottle 1 (500 ml) 2050' with 1 p material 'glass bottle MW (500 ml) 2050' and with 1 p material 'glass bottle MW (500 ml) 2050-1'; Method: Cumulative Energy Demand V1

Διάγραμμα 4.17: Περιθώρια βελτίωσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας της τεχνολογίας μικροκυμάτων, ως προς την υφιστάμενη τεχνολογία με εφαρμογή του σεναρίου ΜΕΑΠ.

Impact category	Unit	glass bottle 1 (500 ml) 2050	glass bottle MW (500 ml) 2050	glass bottle MW (500 ml) 2050-1
Total	Pt	5,71	7,77	5,71
Non-renewable, fossil	Pt	3,33	1,99	1,69
Non-renewable, nuclear	Pt	0,183	0,189	0,175
Renewable, biomass	Pt	0,777	1,3	1,03
Renewable, wind, solar, geothermal	Pt	1,3	4,01	2,62
Renewable, water	Pt	0,124	0,282	0,198

Πίνακας 4.23: Περιθώρια βελτίωσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας της τεχνολογίας μικροκυμάτων, ως προς την υφιστάμενη τεχνολογία με εφαρμογή του σεναρίου ΜΕΑΠ.

Μετά από δοκιμές προκύπτει ότι αν η κατανάλωση ρεύματος μειωθεί στις 0,568 kWh/ kg παραγόμενου γυάλινου μπουκαλιού, δηλαδή κατά 34,8%, η τεχνολογία μικροκυμάτων έχει την ίδια συνολική κατανάλωση ενέργειας με την περίπτωση (1) και με ρεύμα μείγματος του 2050. Τότε και πάλι τα μικροκύματα θα έχουν καλύτερη σύσταση, δηλαδή πολύ μεγαλύτερο ποσοστό ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (γύρω στο 67,3% σε αντίθεση με το 38,5% του (1)).



Comparing 1 p material 'glass bottle 1 (500 ml) 2050' with 1 p material 'glass bottle MW (500 ml) 2050' and with 1 p material 'glass bottle MW (500 ml) 2050-1'; Method: CML 2 baseline 2000 V2.03

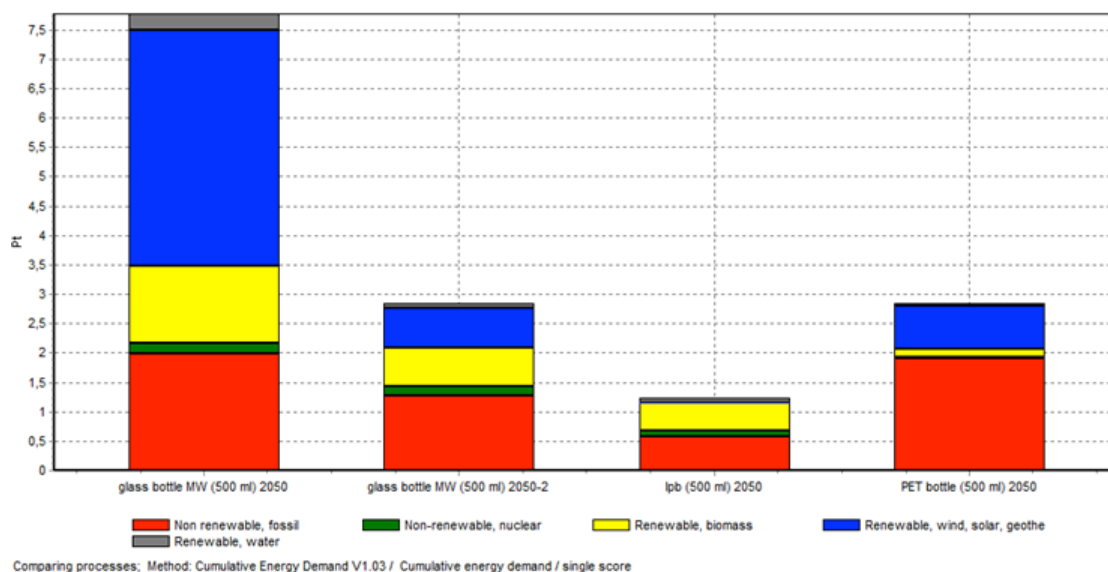
Διάγραμμα 4.18: Περιθώρια βελτίωσης στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου της τεχνολογίας μικροκυμάτων, ως προς την υφιστάμενη τεχνολογία με εφαρμογή του σεναρίου ΜΕΑΠ.

Impact category	Unit	glass bottle 1 (500 ml) 2050	glass bottle MW (500 ml) 2050	glass bottle MW (500 ml) 2050-1
global warming (GWP100)	kg CO2 eq	0,168	0,0932	0,0744

Πίνακας 4.24: Περιθώρια βελτίωσης στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου της τεχνολογίας μικροκυμάτων, ως προς την υφιστάμενη τεχνολογία με εφαρμογή του σεναρίου ΜΕΑΠ.

Όσον αφορά τις εκπομπές, για την τεχνολογία μικροκυμάτων σε συνδυασμό με το ρεύμα του 2050 είναι ήδη πολύ χαμηλότερα και σχεδόν οι μισές από αυτές της (1) και άρα δεν χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση.

Θα ελέγξουμε τώρα το περιθώριο βελτίωσης ώστε να πογκύψει το (MW) συγκρίσιμο με το πλαστικό, μιας και, όπως και στην αντιστοιχη διερεύνηση παραπάνω, δεν υφίσταται σύγκριση με το χαρτόνι.



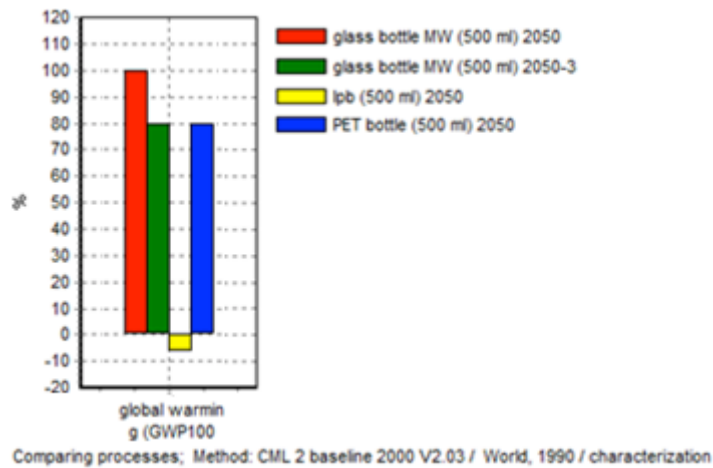
Διάγραμμα 4.19: Περιθώρια βελτίωσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας της τεχνολογίας μικροκυμάτων, ως προς τα διαφορετικά υλικά με εφαρμογή του σεναρίου ΜΕΑΠ.

Impact category	Unit	glass bottle MW (500 ml) 2050	glass bottle MW (500 ml) 2050-2	lpb (500 ml) 2050	PET bottle (500 ml) 2050
Total	Pt	7,77	2,84	1,22	2,84
Non renewable, fossil	Pt	1,99	1,27	0,57	1,91
Non-renewable, nuclear	Pt	0,189	0,156	0,103	0,0103
Renewable, biomass	Pt	1,3	0,657	0,478	0,142
Renewable, wind, solar, geothe	Pt	4,01	0,68	0,0029	0,731
Renewable, water	Pt	0,282	0,0812	0,0685	0,0442

Πίνακας 4.25: Περιθώρια βελτίωσης στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας της τεχνολογίας μικροκυμάτων, ως προς τα διαφορετικά υλικά με εφαρμογή του σεναρίου ΜΕΑΠ.

Στην περίπτωση αυτή βλέπουμε με τις δοκιμές που έγιναν στο SimaPro, ότι μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος κατά 83,1%, δηλαδή 0,147 kWh/ kg παραγόμενου γυάλινου μπουκαλιού, ισοσταθμίζει την συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του (MW) με εκείνη του πλαστικού. Αξίζει όμως να σημειωθεί ότι στο πλαστικό έχουμε 32,4% κατανάλωση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενώ στα μικροκύματα 49,8%.

Αντίστοιχη διερεύνηση θα γίνει και για τους δείκτες εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.



Διάγραμμα 4.20: Περιθώρια βελτίωσης στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου της τεχνολογίας μικροκυμάτων, ως προς τα διαφορετικά υλικά με εφαρμογή του σεναρίου ΜΕΑΠ.

Impact category	Unit	glass bottle MW (500 ml) 2050	glass bottle MW (500 ml) 2050-3	lpb (500 ml) 2050	PET bottle (500 ml) 2050
global warming (GWP100)	kg CO2 eq	0,0932	0,0742	-0,006	0,0742

Πίνακας 4.26: Περιθώρια βελτίωσης στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου της τεχνολογίας μικροκυμάτων, ως προς τα διαφορετικά υλικά με εφαρμογή του σεναρίου ΜΕΑΠ.

Εδώ μία μείωση της τάξης του 35% της κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος και φτάνοντας στις 0,565 kWh/ kg παραγόμενου γυάλινου μπουκαλιού επιφέρει 20% μείωση στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου της διεργασίας παραγωγής γυαλιού με μικροκύματα, που γίνονται ίσες με εκείνες του πλαστικού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκε η βιομηχανική παραγωγή γυαλιού, και ειδικότερα του γυάλινου μπουκαλιού, ως προς την ενεργειακή και περιβαλλοντική επίδοσή της. Η μελέτη έγινε σε τρία επίπεδα· σύγκριση των υφιστάμενων τεχνολογιών τήξης, σύγκριση με αντίστοιχη πλαστική και χάρτινη συσκευασία υγρών και τέλος σύγκριση της τεχνολογίας μικροκυμάτων, που βρίσκεται ακόμα σε πειραματικό στάδιο, με τις υφιστάμενες τεχνολογίες τήξης και τα εναλλακτικά υλικά, και σε δεύτερη φάση η ίδια σύγκριση αλλά με το προβλεπόμενο παραγόμενο ρεύμα στην Ελλάδα το 2050, σύμφωνα με το σενάριο «Μέτρων Μεγιστοποίησης ΑΠΕ» του Υπουργείου Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής.

Από όλα τα σχετικά διαγράμματα της AKZ φαίνεται ότι η παραγωγή χαρτονιού και η μορφοποίησή του σε χάρτινη συσκευασία υγρών είναι η διεργασία με την μικρότερη συνολική κατανάλωση ενέργειας και ταυτόχρονα εκείνη με τις χαμηλότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου οι οποίες μάλιστα προέκυψαν αρνητικές. Με την διερεύνηση που έγινε είναι φανερό ότι, όσον αφορά αυτούς τους δύο παράγοντες, η διεργασία παραγωγής του γυαλιού, με οποιαδήποτε τεχνολογία τήξης, δεν μπορεί να φτάσει τα επίπεδα εκείνης του χαρτιού και αυτό γιατί η τελευταία έχει συνολική κατανάλωση ενέργειας μικρότερη του κάτω ορίου δεικτών του γυαλιού που περιλαμβάνει τα υλικά, τις μεταφορές και τις υποδομές.

Το πλαστικό φαίνεται να ακολουθεί αμέσως μετά το χαρτί σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα, στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας αλλά και στην συνεισφορά στην υπερθέρμανση του πλανήτη, αλλά και αυτό με μεγάλη διαφορά από το γυαλί. Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης επιβεβαιώνονται από μια παρόμοια που έχει γίνει για την Σκανδιναβική αγορά.

Ένα άλλο συμπέρασμα που μπορούμε να βγάλουμε είναι για τα αποτελέσματα της σύγκρισης των υπαρχουσών τεχνολογιών τήξης γυαλιού με την τεχνολογία μικροκυμάτων. Όπως είδαμε τα μικροκύματα υπερέχουν μόνο σε σχέση με τον ηλεκτρικό κλίβανο τήξης, ενώ σε σύγκριση με τις υπόλοιπες τεχνολογίες καταναλώνουν περισσότερη ενέργεια και έχουν περισσότερες εκπομπές αερίων ρύπων. Μία μείωση της τάξης του 30- 35% στην κατανάλωση του ηλεκτρικού ρεύματος, που είναι ένα εφικτό σενάριο, θα μπορούσε να καταστήσει την τεχνολογία των μικροκυμάτων συγκρίσιμη με την πιο αποδοτική από τις υφιστάμενες. Για να γίνει συγκρίσιμη με το πλαστικό, η μείωση που θα πρέπει να επέλθει στην κατανάλωση ρεύματος είναι πολύ μεγαλύτερη, γύρω στο 80%, και μοιάζει μάλλον αδύνατη.

Με χρήση του μείγματος ηλεκτρικού ρεύματος του 2050 είδαμε ότι αλλάζουν πολύ τα ποσοστά της χρήσης ενέργειας από ΑΠΕ και άρα μειώνονται κατά πολύ οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε όλες τις διεργασίες. Η μεγαλύτερη διαφορά παρατηρήθηκε στον ηλεκτρικό κλίβανο και σε εκείνον με μικροκύματα και αυτό γιατί λειτουργούν αποκλειστικά με ηλεκτρικό ρεύμα. Αυτό που αξίζει να σημειωθεί είναι ότι το ποσό χρήσης των μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις δύο αυτές περιπτώσεις είναι μικρότερο από τις υπόλοιπες, σχεδόν στο μισό, και περίπου ίσο με εκείνο στην περίπτωση του πλαστικού.

Τέλος, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η παραπάνω μελέτη έγινε λαμβάνοντας υπόψη δύο παράγοντες· την κατανάλωση άμεσης και έμμεσης ενέργειας και την συνεισφορά των διεργασιών στο δυναμικό παγκόσμιας θέρμανσης. Αυτό σημαίνει ότι τα αποτελέσματα και συμπεράσματα αυτής της μελέτης προέκυψαν χωρίς να ληφθούν υπόψη παράγοντες όπως το κόστος ή η ποιότητα των υλικών.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] Ζούρου, Κ. (2013), *Τεχνο-οικονομική μελέτη συστήματος ανάκτησης θερμότητας στη βιομηχανία γυαλιού*, Διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- [2] Energetics Inc. (2002), *Energy and Environmental Profile of the U.S. Glass Industry*, Columbia, Maryland.
- [3] Trifonova, T. A. and Ishun'kina, N. A. (2007), *Eco-compatibility assessment of container glass production*, Glass and Ceramics, Vol. 64, Nos. 5 – 6.
- [4] Scalet, B. M., Garcia Munoz, M., Sissa, A. Q., Roudier, S., Delgado Sancho, L. (2013), Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Manufacture of Glass, Industrial Emissions Directive 2010/75/EU, Integrated Pollution Prevention and Control, Joint Research Centre, European Union.
- [5] Smrc'ek, A., Vold'rich, F. (1994), Sklá'rské suroviny, Informatorium Prague, in Frederick T. Wallenberger and Paul A. Bingham (eds), *Fiberglass and Glass Technology*, Springer.
- [6] New Zealand Institute of Chemistry, *Glass Manufacture*, <http://nzic.org.nz/ChemProcesses/inorganic/9A.pdf>
- [7] Smrc'ek, A. (2005), Glass Sci. Technol., 78 (5), 230, in Frederick T. Wallenberger and Paul A. Bingham (eds), *Fiberglass and Glass Technology*, Springer.
- [8] Kovac'ec, M., Pilipovic', A., S'tefanic', N. (2010), *Improving the quality of glass containers production with plunger process control*, CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, Vol. 3, Is. 4, 304–310.
- [9] Κορκοβέλου, Β. (2013), *Προετοιμασία και προδιαγραφή του προτύπου ISO 14001 και εφαρμογή του στην υαλουργία ΓΙΟΥΛΑ Α.Ε.*, Διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- [10] Χαλόφτης, Λ., *Οδηγός Ορθής Πρακτικής για την παραγωγή συσκευασιών τροφίμων και ποτών από γυαλί*, Υαλουργική Βιομηχανία ΓΙΟΥΛΑ Α.Ε.
- [11] Hyre, M., Taylor, R., Harris, M. (2004), Dynamic Computational Modeling of the Glass Container Forming Process, Virginia Military Institute, Lexington, Virginia, USA, in . A. Barbosa-P6noa and H. Matos (eds), *European Symposium on Computer-Aided Process Engineering- 14*, Elsevier B.V.
- [12] Βέκιος, Γ., Βέκιου, Τ. (2011), *Παρουσίαση της υαλουργίας ΓΙΟΥΛΑ Α.Ε.*
- [13] <http://cypet.eu/technology-2/pet-processing>
- [14] <http://www.petkentrakis.gr/company/history-pet/>
- [15] Μπλούκας, Ι., Γ. (2004), *Συσκευασία Τροφίμων*, Σταμούλη Α.Ε, Αθήνα.
- [16] Παπαδάκης, Σ., Ε. (2010), *Συσκευασία Τροφίμων*, Τζιόλα, Αθήνα.
- [17] Κόκας, Χ. (2014), *Παράγοντες που επηρεάζουν τη Συσκευασία Τροφίμων*, Διπλωματική εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.

[18] Παρλιάρου, Α. (2005), *Χάρτινη και πλαστική συσκευασία του φρέσκου γάλακτος: Διερεύνηση της συμπεριφοράς του καταναλωτή*, Διπλωματική εργασία, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα.

[19] https://el.wikipedia.org/wiki/Tetra_Pak

[20] SETAC – Society of Environmental Toxicology and Chemistry (1993), *Guidelines for Life Cycle Assessment: A "Code of Practice"*, SETAC.

[21] Τσαγκαροπούλου, Γ. (2014), *Μοντέλα πρόβλεψης Ανάλυσης Κύκλου Ζωής Προϊόντων Βιοδιυλιστηρίου Βασισμένα στη Μοριακή τους Δομή*, Διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

[22] Scientific Applications International Corporation (SAIC) (2006), *Life Cycle Assessment: Principles and Practice*, National Risk Management Research Laboratory, Cincinnati, Ohio.

[23] Καρβούνης, Σ. και Γεωργακέλος, Δ. (2003), *Διαχείριση Περιβάλλοντος-Επιχειρήσεις και Βιώσιμη Ανάπτυξη*, Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα.

[24] Γιαννόπουλος, Δ. (2012), *Ανάπτυξη μεθοδολογίας πολυκριτηριακής αξιολόγησης καινοτόμων ενεργειακών τεχνολογιών σε περιβάλλον αβεβαιότητας*, Διδακτορική διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

[25] Curran, M.A. (1993), *Broad – Based Environmental Life Cycle Assessment*, Environ. Sci. Technol., Vol 27, No 3, 430-436.

[26] Μπακογιάννη, Δ. (2013), *Μελέτη επιπτώσεων μονάδας παραγωγής νιοντίζελ από χρησιμοποιημένα μαγειρικά έλαια με τη μεθοδολογία της ανάλυσης κύκλου ζωής*, Διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

[27] Fava, J.A., Denison, R., Jones, B., Curran, M.A. and Vigon, B. (1991), *A Technical Framework for Life Cycle Assessments*, SETAC Foundation, Vermont.

[28] Hunt, R.G., Sellers, J.D., and Franklin, W.E. (1992), *Resource and Environmental Profile Analysis: A Life Cycle Environmental Assessment for Products and Procedures*, Environ. Impact Assess. Rev., No 12, 245-269.

[29] Curran, M. A. (1996), *Environmental Life-Cycle Assessment*, McGraw-Hill.

[30] Rebitzer, G., Ekvall, T., Frischknecht, R., Hunkeler, D., Norris, G., Rydberg, T., Schmidt, W.-P., Suh, S., Weidema, B.P., Pennington, D.W. (2004), *Life cycle assessment Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis and applications*, Environment International, Vol. 30, No 5, 701-720.

[31] WEC (World Energy Council) (2004), *Comparison of energy systems using life cycle assessment*, WEC, <http://www.worldenergy.org>

[32] EPA U.S. Environmental Protection Agency and Science Applications International Corporation (2001), *LCAccess – LCA 101*.

[33] Λάζογλου, Κ. (2009), *Συγκριτική ανάλυση απορριμάτων του νομού Ξάνθης βάσει ανάλυσης κύκλου ζωής*, Μεταπτυχιακή διατριβή, Εθνικό μετσόβιο Πολυτεχνείο, Διεπιστημονικό- διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη», Αθήνα.

[34] Κορωναίος, Χρ., *Ανάλυση Κύκλου Ζωής: Η ολοκληρωμένη Περιβαλλοντική Προσέγγιση στην Ολοκληρωμένη Ανάπτυξη*, 6ο Διεπιστημονικό

Διαπανεπιστημιακό Συνέδριο του Ε.Μ.Π. και του ΜΕ.Κ.Δ.Ε. του Ε.Μ.Π. "Η ολοκληρωμένη ανάπτυξη των ορεινών περιοχών", Μέτσοβο, 16-19 Σεπτεμβρίου 2010.

[35] Μουσιόπουλος, Ν. και Μπούρα, Α. (1999), *Ανάλυση Κύκλου Ζωής*, Εργαστήριο Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσ/νίκης.

[36] Αμπελιώτης, Κ., *Η εφαρμογή της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής στη Διαχείριση των Συσκευασιών*, 1ο Διεθνές Συνέδριο για τη Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων της Ελληνικής Εταιρείας Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων, Αθήνα, 28 Φεβρουαρίου- 1 Μαρτίου 2002.

[37] Μάγειρα, Α. (2004), *Η Ανάλυση Κύκλου Ζωής: Εφαρμογή στη βιομηχανία συσκευασίας και τσιμέντου*, Διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

[38] ISO 14040:2006, *Environmental management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework*, International organization for standardization 1997.

[39] Τσουκαλά, Β.Κ. (2009), *Ανάλυση Κύκλου Ζωής*, Διαφάνειες διατμηματικού μαθήματος ΕΜΠ, Περιβάλλον και ανάπτυξη 8ου εξαμήνου.

[40] Χατζηκυριάκου, Θ. (2013), *Ανάλυση Επιπτώσεων Οικοβιομηχανικού Πάρκου με την Μεθοδολογία Ανάλυσης Κύκλου Ζωής*, Διπλωματική εργασία, Αθήνα.

[41] Αμπελιώτης, Κ. (2002), *Ανάλυση Κύκλου ζωής Προϊόντων*, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις Χαροκοπέιου Πανεπιστημίου, 503.

[42] Guinée, J. B. (2002), *Life Cycle Assessment: An operational guide to the ISO standards*, Eco-Efficiency in Industry and Science, Vol 7, Springer, Netherlands.

[43] Frischknecht, R. et al. (2007), *Implementation of life cycle impact assessment methods*, Ecoinvent report No. 3, v2.0., Dübendorf.

[44] Pieragostini, C., Mussati, M. C. and Aguirre, P. (2012), *On process optimization considering LCA methodology*, Journal of environmental management, Vol 96, No 1, 43–54.

[45] Clift, R. et al. (2000), *The application of Life Cycle Assessment to integrated solid waste management Part 1 - Methodology*, Process Safety and Environmental Protection, Vol 78, No 4, 279–287, IChemE.

[46] Pap N., Pongracz E. (2004), *Introduction to Life Cycle Assessment (LCA)*, University of Oulu.

[47] Παπαδημητρίου, Χ. (2004), *Ανάλυση κύκλου ζωής διαχείρισης αστικών στερεών αποβλήτων με χρήση βιολογικών και θερμικών μεθόδων επεξεργασίας*, Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

[48] Μπαξεβανίδης, Π. (2014), *Ανάπτυξη Μοντέλων Ανάλυσης Κύκλου Ζωής για Βέλτιστο Σχεδιασμό Καινοτόμων Χημικών Προϊόντων*, Διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

[49] Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, *Κανονισμός (ΕΕ) αριθ. 517/2014 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16ης Απριλίου*

2014 για τα φθοριούχα αέρια του θερμοκηπίου και για την κατάργηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 842/2006

[50] Ανδρίτσος, Ν. (2008), *Ενέργεια και περιβάλλον*, Διδακτικές Σημειώσεις, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

[51] http://www.chem.uoa.gr/chemicals/chem_CH4.htm

[52] Jelse, K., Eriksson, E. and Einarson, E. (2009), *Life Cycle Assessment of consumer packaging for liquid food, LCA of Tetra Pak and alternative packaging on the Nordic market*, IVL Swedish Environmental Research Institute.

[53] DAPhNE, “*Development of adaptive Production systems for Eco-efficient firing processes*”, Project funded by the European Commission under the 7th European Framework within the FoF.NMP.2012-1 topic of the Cooperation Programme.

[54] Knox, M., P., Copley, G., J. (1997), *Use of microwave radiation for the processing of glass*, *Glass technology*, ;38(3):91-6.

[55] Επιτροπή Εθνικού Ενεργειακού Σχεδιασμού για το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (2012), *Εθνικός Ενεργειακός Σχεδιασμός- Οδικός Χάρτης για το 2050*

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΥΠΕΡΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΠΛΑΝΗΤΗ

ΦΘΟΡΙΟΥΧΑ ΑΕΡΙΑ ΤΟΥ ΘΕΡΜ ΟΚΗΠΙΟΥ ΤΟΥ ΑΡΘΡΟΥ 2 ΣΗΜΕΙΟ 1)

Ουσία			GWP (°)
Βιομηχανική ονομασία	Χημική ονομασία (Κοινή ονομασία)	Χημικός τύπος	
Τμήμα 1: Υδροφθοράνθρακες (HFC)			
HFC-23	τριφθορομεθάνιο (φθιοροφόρμιο)	CHF ₃	14 800
HFC-32	διφθορομεθάνιο	CH ₂ F ₂	675
HFC-41	φθορομεθάνιο (μεθυλοφθορίδιο)	CH ₃ F	92
HFC-125	πενταφθοροαιθάνιο	CHF ₂ CF ₃	3 500
HFC-134	1,1,2,2-τετραφθοροαιθάνιο	CHF ₂ CHF ₂	1 100
HFC-134a	1,1,1,2-τετραφθοροαιθάνιο	CH ₂ FCF ₃	1 430
HFC-143	1,1,2-τριφθοροαιθάνιο	CH ₂ FCHF ₂	353
HFC-143a	1,1,1-τριφθοροαιθάνιο	CH ₃ CF ₃	4 470
HFC-152	1,2-διφθοροαιθάνιο	CH ₂ FCH ₂ F	53
HFC-152a	1,1-διφθοροαιθάνιο	CH ₃ CHF ₂	124
HFC-161	φθοροαιθάνιο (αιθυλοφθορίδιο)	CH ₃ CH ₂ F	12
HFC-227ea	1,1,1,2,3,3,3-επταφθοροπροπάνιο	CF ₃ CHFCF ₃	3 220
HFC-236cb	1,1,1,2,2,3-εξαφθοροπροπάνιο	CH ₂ FCF ₂ CF ₃	1 340
HFC-236ea	1,1,1,2,3,3-εξαφθοροπροπάνιο	CHF ₂ CHFCF ₃	1 370
HFC-236fa	1,1,1,3,3,3-εξαφθοροπροπάνιο	CF ₃ CH ₂ CF ₃	9 810
HFC-245ca	1,1,2,2,3-πενταφθοροπροπάνιο	CH ₂ FCF ₂ CHF ₂	693
HFC-245fa	1,1,1,3,3-πενταφθοροπροπάνιο	CHF ₂ CH ₂ CF ₃	1 030

Ουσία			GWP (*)
Βιομηχανική ονομασία	Χημική ονομασία (Κοινή ονομασία)	Χημικός τύπος	
HFC-365 mfc	1,1,1,3,3-πενταφθοροβουτάνιο	CF ₃ CH ₂ CF ₂ CH ₃	794
HFC-43-10 mee	1,1,1,2,2,3,4,5,5,5-δεκαφθοροπεντάνιο	CF ₃ CHFCHF ₂ CF ₃	1 640

Τμήμα 2: Υπερφθοράνθρακες (PFC)

PFC-14	Τετραφθορομεθάνιο (υπερφθορομεθάνιο, τετραφθορίδιο του άνθρακα)	CF ₄	7 390
PFC-116	Εξαφθοροαιθάνιο (υπερφθοροαιθάνιο)	C ₂ F ₆	12 200
PFC-218	Οκταφθοροπροπάνιο (υπερφθοροπροπάνιο)	C ₃ F ₈	8 830
PFC-3-1-10 (R-31-10)	Δεκαφθοροβουτάνιο (υπερφθοροβουτάνιο)	C ₄ F ₁₀	8 860
PFC-4-1-12 (R-41-12)	Δωδεκαφθοροπεντάνιο (υπερφθοροπεντάνιο)	C ₅ F ₁₂	9 160
PFC-5-1-14 (R-51-14)	Δεκατετραφθοροεξάνιο υπερφθοροεξάνιο	C ₆ F ₁₄	9 300
PFC-c-318	Οκταφθοροκυκλοβουτάνιο (υπερφθοροκυκλοβουτάνιο)	c-C ₄ F ₈	10 300

Τμήμα 3: Άλλες υπερφθοριωμένες ενώσεις

	εξαφθοριούχο θείο	SF ₆	22 800
--	-------------------	-----------------	--------

(*) Με βάση την τέταρτη έκθεση αξιολόγησης (TAR) που ενέκρινε η Διακυβερνητική Ομάδα για την κλιματική αλλαγή, εκτός εάν αναφέρεται διαφορετικά.

ΆΛΛΑ ΦΘΟΡΙΟΥΧΑ ΑΕΡΙΑ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΠΟΥ ΕΜΠΠΤΟΥΝ ΣΤΗΝ ΥΠΟΧΡΕΩΣΗ ΥΠΟΒΟΛΗΣ ΕΚΘΕΣΕΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΑΡΘΡΟ 19

Ουσία		GWP (*)
Κοινή ονομασία/βιομηχανική ονομασία	Χημικός τύπος	

Τμήμα 1: Ακόρεστοι υδρο(χλωρο)φθοράνθρακες

HFC-1234yf	CF ₃ CF = CH ₂	4 (?)
HFC-1234ze	trans — CHF = CHCF ₃	7 ²
HFC-1336mzz	CF ₃ CH = CHCF ₃	9
HCFC-1233zd	C ₃ H ₂ C ₁ F ₃	4,5
HCFC-1233xf	C ₃ H ₂ C ₁ F ₃	1 (?)

Ουσία		GWP (°)
Κοινή ονομασία/βιομηχανική ονομασία	Χημικός τύπος	

Τμήμα 2: Φθοριωμένοι αιθέρες και αλκοόλες

HFE-125	CHF_2OCF_3	14 900
HFE-134 (HG-00)	$\text{CHF}_2\text{OCHF}_2$	6 320
HFE-143a	CH_3OCF_3	756
HCFE-235da2 (ισοφλουράνιο)	$\text{CHF}_2\text{OCHClCF}_3$	350
HFE-245cb2	$\text{CH}_3\text{OCF}_2\text{CF}_3$	708
HFE-245fa2	$\text{CHF}_2\text{OCH}_2\text{CF}_3$	659
HFE-245cb2	$\text{CH}_3\text{OCF}_2\text{CHF}_2$	359
HFE-347 mcc3 (HFE-7000)	$\text{CH}_3\text{OCF}_2\text{CF}_2\text{CF}_3$	575
HFE-347pcf2	$\text{CHF}_2\text{CF}_2\text{OCH}_2\text{CF}_3$	580
HFE-356pcc3	$\text{CH}_3\text{OCF}_2\text{CF}_2\text{CHF}_2$	110
HFE-449sl (HFE-7100)	$\text{C}_4\text{F}_9\text{OCH}_3$	297
HFE-569sf2 (HFE-7200)	$\text{C}_4\text{F}_9\text{OC}_2\text{H}_5$	59
HFE-43-10pccc124 (H-Galden 1040x) HG-11	$\text{CHF}_2\text{OCF}_2\text{OC}_2\text{F}_4\text{OCHF}_2$	1 870
HFE-236ca12 (HG-10)	$\text{CHF}_2\text{OCF}_2\text{OCHF}_2$	2 800
HFE-338pcc13 (HG-01)	$\text{CHF}_2\text{OCF}_2\text{CF}_2\text{OCHF}_2$	1 500
HFE-347mmy1	$(\text{CF}_3)_2\text{CFOCH}_3$	343
2,2,3,3,3-πενταφθοροπροπανόλη	$\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CH}_2\text{OH}$	42
δισ (τριφθορομεθυλο)-μεθανόλη	$(\text{CF}_3)_2\text{CHOH}$	195
HFE-227ea	$\text{CF}_3\text{CHFOCF}_3$	1 540
HFE-236ea2 (δεσφλουράνιο)	$\text{CHF}_2\text{OCHF}_2\text{CF}_3$	989
HFE-236fa	$\text{CF}_3\text{CH}_2\text{OCF}_3$	487

Ουσία		GWP (*)
Κοινή ονομασία/βιομηχανική ονομασία	Χημικός τύπος	
HFE-245fa1	CHF ₂ CH ₂ OCF ₃	286
HFE 263fb2	CF ₃ CH ₂ OCH ₃	11
HFE-329 mcc2	CHF ₂ CF ₂ OCF ₂ CF ₃	919
HFE-338 mcf2	CF ₃ CH ₂ OCF ₂ CF ₃	552
HFE-338mmz1	(CF ₃) ₂ CHOCHF ₂	380
HFE-347 mcf2	CHF ₂ CH ₂ OCF ₂ CF ₃	374
HFE-356 mec3	CH ₃ OCF ₂ CHF ₂ CF ₃	101
HFE-356mm1	(CF ₃) ₂ CHOCH ₃	27
HFE-356pcf2	CHF ₂ CH ₂ OCF ₂ CHF ₂	265
HFE-356pcf3	CHF ₂ OCH ₂ CF ₂ CHF ₂	502
HFE 365 mcf3	CF ₃ CF ₂ CH ₂ OCH ₃	11
HFE-374pc2	CHF ₂ CF ₂ OCH ₂ CH ₃	557
	- (CF ₂) ₄ CH (OH) -	73

Τμήμα 3: Άλλες υπερφθοριωμένες ενώσεις

υπερφθοροπολυμεθυλοισοπροπυλαιθέρας (PFPMIE)	CF ₃ OCF(CF ₃)CF ₂ OCF ₂ OCF ₃	10 300
τριφθορίδιο του αζώτου	NF ₃	17 200
τριφθορο-μεθυλ-πενταφθοριούχο θείο	SF ₅ CF ₃	17 700
υπερφθοροκυκλοπροπάνιο	c-C ₃ F ₆	17 340 (*)

(*) Με βάση την τέταρτη έκθεση αξιολόγησης (TAR) που ενέκρινε η Διακυβερνητική Ομάδα για την κλιματική αλλαγή, εκτός εάν αναφέρεται διαφορετικά.

(*) GWP σύμφωνα με την Έκθεση του 2010 σχετικά με την αξιολόγηση της Επιτροπής Επιστημονικής Αξιολόγησης (SAP) του πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ, πίνακες 1-11, με δύο αξιολογήσεις από ομοτίμους επιστημονικές παραπομπές. http://ozone.unep.org/Assessment_Panels/SAP/Scientific_Assessment_2010/index.shtml

(*) Προκαθορισμένη τιμή, το δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη δεν είναι ακόμη διαθέσιμο.

(*) Ελάχιστη τιμή σύμφωνα με την τέταρτη έκθεση αξιολόγησης που ενέκρινε η διακυβερνητική ομάδα για την κλιματική αλλαγή.

ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ GWP ΕΝΟΣ ΜΕΙΓΜΑΤΟΣ

Το GWP ενός μείγματος υπολογίζεται ως ο σταθμισμένος μέσος όρος που προκύπτει από το άθροισμα των κατά βάρος κλασμάτων των επιμέρους ουσιών επί το αντίστοιχό τους GWP, εκτός εάν άλλως ορίζεται, συμπεριλαμβανομένων των ουσιών που δεν είναι φθοριούχα αέρια του θερμοκηπίου.

$$\Sigma (\text{Ουσία } X \% \times \text{GWP}) + (\text{Ουσία } Y \% \times \text{GWP}) + \dots (\text{Ουσία } N \% \times \text{GWP}),$$

όπου % είναι η αναλογία κατά βάρος με ανοχή βάρους +/- 1 %.

Παράδειγμα εφαρμογής του ως άνω τύπου σε μείγμα αερίων αποτελούμενο κατά 60 % από διμεθυλικό αιθέρα, κατά 10 % από HFC-152a και κατά 30 % από ισοβουτάνιο:

$$\Sigma (60 \% \times 1) + (10 \% \times 124) + (30 \% \times 3)$$

→ Συνολικό GWP = 13,9

Τα GWP των ακόλουθων μη φθοριούχων ουσιών χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των GWP των μειγμάτων. Για άλλες ουσίες που δεν περιλαμβάνονται στο παρόν παράρτημα ισχύει η προκαθορισμένη τιμή 0.

Ουσία			GWP (1)
Συνήθης ονομασία	Βιομηχανική ονομασία	Χημικός τύπος	
μεθάνιο		CH ₄	25
υποξείδιο του αζώτου		N ₂ O	298
διμεθυλαιθέρας		CH ₃ OCH ₃	1
δεχλωρομεθάνιο		CH ₂ Cl ₂	9
μεθυλοχλωρίδιο		CH ₃ Cl	13
χλωροφόρμιο		CHCl ₃	31
αιθάνιο	R-170	CH ₃ CH ₃	6
προπάνιο	R-290	CH ₃ CH ₂ CH ₃	3
βουτάνιο	R-600	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃	4
ισοβουτάνιο	R-600a	CH(CH ₃) ₂ CH ₃	3
πεντάνιο	R-601	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃	5 (?)
ισοπεντάνιο	R-601a	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ CH ₃	5 (?)
αιθοξυαιθάνιο (διαδυλαιθέρας)	R-610	CH ₃ CH ₂ OCH ₂ CH ₃	4
μυρμηκικό μεθύλιο	R-611	HCOOCH ₃	25
υδρογόνο	R-702	H ₂	6
αμμωνία	R-717	NH ₃	0
αιθυλένιο	R-1150	C ₂ H ₄	4
προπυλένιο	R-1270	C ₃ H ₆	2
κυκλοπεντάνιο		C ₅ H ₁₀	5 (?)

(1) Με βάση την τέταρτη έκθεση αξιολόγησης που ενέκρινε η Διακυβερνητική Ομάδα για την κλιματική αλλαγή, εκτός εάν αναφέρεται διαφορετικά.

(?) Ουσία που δεν απαριθμείται στην τέταρτη έκθεση αξιολόγησης που ενέκρινε η Διακυβερνητική Ομάδα για την κλιματική αλλαγή.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

DATASETS

Products				
Packaging glass, white, at plant/RER U	1 kg	Glass	Glass\Packaging	Europe
Resources				
Water, unspecified natural origin/m3	in water	0,00198 m3	(1,2,1,1,3,5); average value from EU-IPPC report	
Materials/fuels				
Chemicals inorganic, at plant/GLO U	0,022 kg	(1,2,1,1,3,5); average value from EU-IPPC report		
Soda, powder, at plant/RER U	0,0725 kg	(1,2,1,1,3,5); average value from DE & CH datasets		
Limestone, milled, loose, at plant/CH U	0,0415 kg	(1,2,1,1,3,5); average value from DE & CH datasets		
Silica sand, at plant/DE U	0,248 kg	(1,2,1,1,3,5); average value from DE & CH datasets		
Refractory, fireclay, packed, at plant/DE U	0,0143 kg	(1,2,1,1,3,5); average value from EU-IPPC report		
Dolomite, at plant/RER U	0,0527 kg	(1,2,1,1,3,5); average value from DE & CH datasets		
Feldspar, at plant/RER U	0,0226 kg	(1,2,1,1,3,5); average value from DE & CH datasets		
Electricity, medium voltage, production UCTE, at grid/UCTE U	0,244 kWh	(1,2,1,1,3,5); average value from EU-IPPC report		
Glass production site/RER/I U	1,25E-10 p	(5,4,1,3,4,5); own estimation		
Glass, from public collection, unsorted/RER U	0,605 kg	(1,2,1,1,3,5); average value from DE & CH datasets		
Natural gas, high pressure, at consumer/RER U	3,57 MJ	(1,2,1,1,3,5); average value from EU-IPPC report		
Heavy fuel oil, at regional storage/RER U	0,0433 kg	(1,2,1,1,3,5); average value from EU-IPPC report		
Light fuel oil, at regional storage/RER U	0,0419 kg	(1,2,1,1,3,5); average value from EU-IPPC report		
Solid unbleached board, SUB, at plant/RER U	0,0193 kg	(1,4,1,3,1,5); estimation from data of 1 European producer		
Polyethylene, HDPE, granulate, at plant/RER U	0,0129 kg	(1,4,1,3,1,5); estimation from data of 1 European producer		
Transport, lorry 16t/RER U	0,000147 tkm	(1,4,1,3,1,5); estimation from data of 1 European producer		
Transport, lorry 32t/RER U	0,131 tkm	(1,4,1,3,1,5); estimation from data of 1 European producer		
EUR-flat pallet/RER U	0,000787 p	(1,4,1,3,1,5); estimation from data of 1 European producer		
Emissions to air				
Antimony	6,74E-08 kg	(1,4,1,3,1,5); estimation from data of 1 European producer		
Arsenic	6,74E-08 kg	(1,4,1,3,1,5); estimation from data of 1 European producer		
Cadmium	6,74E-08 kg	(1,4,1,3,1,5); estimation from data of 1 European producer		
Carbon dioxide, fossil	0,473 kg	(1,2,1,1,3,5); average value from EU-IPPC report		
Chromium	6,74E-08 kg	(1,4,1,3,1,5); estimation from data of 1 European producer		
Cobalt	6,74E-08 kg	(1,4,1,3,1,5); estimation from data of 1 European producer		
Copper	6,74E-08 kg	(1,4,1,3,1,5); estimation from data of 1 European producer		
Heat, waste	8,63 MJ	(1,2,1,1,3,5); calculated from the energy input (with upper heating values for fuels)		
Hydrogen chloride	0,0000497 kg	(1,2,1,1,3,5); average value from EU-IPPC report		
Hydrogen fluoride	0,000018 kg	(1,2,1,1,3,5); average value from EU-IPPC report		
Lead	7,72E-07 kg	(1,4,1,3,1,5); estimation from data of 1 European producer		
Manganese	6,74E-08 kg	(1,4,1,3,1,5); estimation from data of 1 European producer		
Nickel	6,74E-08 kg	(1,4,1,3,1,5); estimation from data of 1 European producer		
Nitrogen oxides	0,0021 kg	(1,2,1,1,3,5); average value from EU-IPPC report		
Particulates, < 2.5 um	0,000252 kg	(1,2,1,1,3,5); total from EU-IPPC report, split up according to US-EPA		
Particulates, > 10 um	0,000016 kg	(1,2,1,1,3,5); total from EU-IPPC report, split up according to US-EPA		
Particulates, > 2.5 um, and < 10um	0,000013 kg	(1,2,1,1,3,5); total from EU-IPPC report, split up according to US-EPA		
Selenium	7,33E-06 kg	(1,4,1,3,1,5); estimation from data of 1 European producer		
Sulfur dioxide	0,00344 kg	(1,2,1,1,3,5); average value from EU-IPPC report		
Waste to treatment				
Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to municipal incineration/CH U	0,00275 kg	(1,2,1,1,3,5); average value from EU-IPPC report		
Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CH U	0,00275 kg	(1,2,1,1,3,5); average value from EU-IPPC report		
Treatment, glass production effluent, to wastewater treatment, class 2/CH U	0,00176 m3	(1,2,1,1,3,5); average value from EU-IPPC report		

Products				
Glass, white, 1	1 kg	100 Glass	Glass\Packaging	Europe
Resources				
Water, unspecified natural origin/m3	in water	0,00198 m3	(1,2,1,1,3,5); average value from EU-IPPC report	
Materials/fuels				
Chemicals inorganic, at plant/GLO U	0,0035 kg	Korkovelou		
Soda, powder, at plant/RER U	0,0788 kg	Korkovelou		
Limestone, milled, loose, at plant/CH U	0,0407 kg	Korkovelou		
Silica sand, at plant/DE U	0,245 kg	Korkovelou		
Refractory, fireclay, packed, at plant/DE U	0,0143 kg	(1,2,1,1,3,5); average value from EU-IPPC report		
Dolomite, at plant/RER U	0,05399 kg	Korkovelou		
Feldspar, at plant/RER U	0,0367 kg	Korkovelou		
Electricity, medium voltage, production GR, at grid/GR U	0,281 kWh	BAT		
Glass production site/RER/I U	1,25E-10 p	(5,4,1,3,4,5); own estimation		
Glass, from public collection, unsorted/RER U	0,605 kg	(1,2,1,1,3,5); average value from DE & CH datasets		
Natural gas, burned in industrial furnace >100kW/RER U	3,8 MJ	BAT		
Heavy fuel oil, at regional storage/RER U	0 kg			
Light fuel oil, at regional storage/RER U	0 kg	BAT		
Solid unbleached board, SUB, at plant/RER U	0,0193 kg	(1,4,1,3,1,5); estimation from data of 1 European producer		
Polyethylene, HDPE, granulate, at plant/RER U	0,0129 kg	(1,4,1,3,1,5); estimation from data of 1 European producer		
Transport, lorry 16t/RER U	0,000147 tkm	(1,4,1,3,1,5); estimation from data of 1 European producer		
Transport, lorry 32t/RER U	0,131 tkm	(1,4,1,3,1,5); estimation from data of 1 European producer		
EUR-flat pallet/RER U	0,000787 p	(1,4,1,3,1,5); estimation from data of 1 European producer		
Waste to treatment				
Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to municipal incineration/CH U	0,00275 kg	(1,2,1,1,3,5); average value from EU-IPPC report		
Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CH U	0,00275 kg	(1,2,1,1,3,5); average value from EU-IPPC report		
Treatment, glass production effluent, to wastewater treatment, class 2/CH U	0,00176 m3	(1,2,1,1,3,5); average value from EU-IPPC report		

Products				
Glass, white, 2	1 kg	100 Glass	Glass\Packaging	Europe
Resources				
Water, unspecified natural origin/m3	in water	0,00198 m3	(1,2,1,1,3,5); average value from EU-IPPC report	
Materials/fuels				
Chemicals inorganic, at plant/GLO U	0,0035 kg	Korkovelou		
Soda, powder, at plant/RER U	0,0788 kg	Korkovelou		
Limestone, milled, loose, at plant/CH U	0,0407 kg	Korkovelou		
Silica sand, at plant/DE U	0,245 kg	Korkovelou		
Refractory, fireclay, packed, at plant/DE U	0,0143 kg	(1,2,1,1,3,5); average value from EU-IPPC report		
Dolomite, at plant/RER U	0,05399 kg	Korkovelou		
Feldspar, at plant/RER U	0,0367 kg	Korkovelou		
Electricity, medium voltage, production GR, at grid/GR U	0,31 kWh	BAT		
Glass production site/RER/I U	1,25E-10 p	(5,4,1,3,4,5); own estimation		
Glass, from public collection, unsorted/RER U	0,605 kg	(1,2,1,1,3,5); average value from DE & CH datasets		
Natural gas, burned in industrial furnace >100kW/RER U	4,2 MJ	BAT		
Heavy fuel oil, at regional storage/RER U	0 kg			
Light fuel oil, at regional storage/RER U	0 kg	BAT		
Solid unbleached board, SUB, at plant/RER U	0,0193 kg	(1,4,1,3,1,5); estimation from data of 1 European producer		
Polyethylene, HDPE, granulate, at plant/RER U	0,0129 kg	(1,4,1,3,1,5); estimation from data of 1 European producer		
Transport, lorry 16t/RER U	0,000147 tkm	(1,4,1,3,1,5); estimation from data of 1 European producer		
Transport, lorry 32t/RER U	0,131 tkm	(1,4,1,3,1,5); estimation from data of 1 European producer		
EUR-flat pallet/RER U	0,000787 p	(1,4,1,3,1,5); estimation from data of 1 European producer		
Waste to treatment				
Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to municipal incineration/CH U	0,00275 kg	(1,2,1,1,3,5); average value from EU-IPPC report		
Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CH U	0,00275 kg	(1,2,1,1,3,5); average value from EU-IPPC report		
Treatment, glass production effluent, to wastewater treatment, class 2/CH U	0,00176 m3	(1,2,1,1,3,5); average value from EU-IPPC report		

Products				
Glass, white, 3	1 kg	100 Glass	Glass\Packaging	Europe
Resources				
Water, unspecified natural origin/m3	in water	0,00198 m3	(1,2,1,1,3,5); average value from EU-IPPC report	
Materials/fuels				
Chemicals inorganic, at plant/GLO U	0,0035 kg	Korkovelou		
Soda, powder, at plant/RER U	0,0788 kg	Korkovelou		
Limestone, milled, loose, at plant/CH U	0,0407 kg	Korkovelou		
Silica sand, at plant/DE U	0,245 kg	Korkovelou		
Refractory, fireclay, packed, at plant/DE U	0,0143 kg	(1,2,1,1,3,5); average value from EU-IPPC report		
Dolomite, at plant/RER U	0,05399 kg	Korkovelou		
Feldspar, at plant/RER U	0,0367 kg	Korkovelou		
Electricity, medium voltage, production GR, at grid/GR U	0,369 kWh	BAT		
Glass production site/RER/I U	1,25E-10 p	(5,4,1,3,4,5); own estimation		
Glass, from public collection, unsorted/RER U	0,605 kg	(1,2,1,1,3,5); average value from DE & CH datasets		
Natural gas, burned in industrial furnace >100kW/RER U	5 MJ	BAT		
Heavy fuel oil, at regional storage/RER U	0 kg			
Light fuel oil, at regional storage/RER U	0 kg	BAT		
Solid unbleached board, SUB, at plant/RER U	0,0193 kg	(1,4,1,3,1,5); estimation from data of 1 European producer		
Polyethylene, HDPE, granulate, at plant/RER U	0,0129 kg	(1,4,1,3,1,5); estimation from data of 1 European producer		
Transport, lorry 16t/RER U	0,000147 tkm	(1,4,1,3,1,5); estimation from data of 1 European producer		
Transport, lorry 32t/RER U	0,131 tkm	(1,4,1,3,1,5); estimation from data of 1 European producer		
EUR-flat pallet/RER U	0,000787 p	(1,4,1,3,1,5); estimation from data of 1 European producer		
Waste to treatment				
Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to municipal incineration/CH U	0,00275 kg	(1,2,1,1,3,5); average value from EU-IPPC report		
Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CH U	0,00275 kg	(1,2,1,1,3,5); average value from EU-IPPC report		
Treatment, glass production effluent, to wastewater treatment, class 2/CH U	0,00176 m3	(1,2,1,1,3,5); average value from EU-IPPC report		

Products				
Glass, white, 4	1 kg	100 Glass	Glass\Packaging	Europe
Resources				
Water, unspecified natural origin/m3	in water	0,00198 m3	(1,2,1,1,3,5); average value from EU-IPPC report	
Materials/fuels				
Chemicals inorganic, at plant/GLO U	0,0035 kg	Korkovelou		
Soda, powder, at plant/RER U	0,0788 kg	Korkovelou		
Limestone, milled, loose, at plant/CH U	0,0407 kg	Korkovelou		
Silica sand, at plant/DE U	0,245 kg	Korkovelou		
Refractory, fireclay, packed, at plant/DE U	0,0143 kg	(1,2,1,1,3,5); average value from EU-IPPC report		
Dolomite, at plant/RER U	0,05399 kg	Korkovelou		
Feldspar, at plant/RER U	0,0367 kg	Korkovelou		
Electricity, medium voltage, production GR, at grid/GR U	0,9318 kWh	BAT		
Glass production site/RER/I U	1,25E-10 p	(5,4,1,3,4,5); own estimation		
Glass, from public collection, unsorted/RER U	0,605 kg	(1,2,1,1,3,5); average value from DE & CH datasets		
Natural gas, high pressure, at consumer/RER U	0 MJ	BAT		
Heavy fuel oil, at regional storage/RER U	0 kg			
Light fuel oil, at regional storage/RER U	0 kg	BAT		
Solid unbleached board, SUB, at plant/RER U	0,0193 kg	(1,4,1,3,1,5); estimation from data of 1 European producer		
Polyethylene, HDPE, granulate, at plant/RER U	0,0129 kg	(1,4,1,3,1,5); estimation from data of 1 European producer		
Transport, lorry 16t/RER U	0,000147 tkm	(1,4,1,3,1,5); estimation from data of 1 European producer		
Transport, lorry 32t/RER U	0,131 tkm	(1,4,1,3,1,5); estimation from data of 1 European producer		
EUR-flat pallet/RER U	0,000787 p	(1,4,1,3,1,5); estimation from data of 1 European producer		
Waste to treatment				
Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to municipal incineration/CH U	0,00275 kg	(1,2,1,1,3,5); average value from EU-IPPC report		
Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CH U	0,00275 kg	(1,2,1,1,3,5); average value from EU-IPPC report		
Treatment, glass production effluent, to wastewater treatment, class 2/CH U	0,00176 m3	(1,2,1,1,3,5); average value from EU-IPPC report		

Products				
Glass, white, Gioula	1 kg	100 Glass	Glass/Packaging	Europe
Resources				
Water, unspecified natural origin/m3	in water	0,00198 m3	(1,2,1,1,3,5); average value from EU-IPPC report	
Materials/fuels				
Chemicals inorganic, at plant/GLO U	0,0035 kg	Korkovelou		
Soda, powder, at plant/RER U	0,0788 kg	Korkovelou		
Limestone, milled, loose, at plant/CH U	0,0407 kg	Korkovelou		
Silica sand, at plant/DE U	0,245 kg	Korkovelou		
Refractory, fireclay, packed, at plant/DE U	0,0143 kg	(1,2,1,1,3,5); average value from EU-IPPC report		
Dolomite, at plant/RER U	0,05399 kg	Korkovelou		
Feldspar, at plant/RER U	0,0367 kg	Korkovelou		
Electricity, medium voltage, production GR, at grid/GR U	0,308 kWh	BAT		
Glass production site/RER/I U	1,25E-10 p	(5,4,1,3,4,5); own estimation		
Glass, from public collection, unsorted/RER U	0,605 kg	(1,2,1,1,3,5); average value from DE & CH datasets		
Natural gas, burned in industrial furnace >100kW/RER U	4,184 MJ	zourou		
Heavy fuel oil, at regional storage/RER U	0 kg			
Light fuel oil, at regional storage/RER U	0 kg	BAT		
Solid unbleached board, SUB, at plant/RER U	0,0193 kg	(1,4,1,3,1,5); estimation from data of 1 European producer		
Polyethylene, HDPE, granulate, at plant/RER U	0,0129 kg	(1,4,1,3,1,5); estimation from data of 1 European producer		
Transport, lorry 16t/RER U	0,000147 tkm	(1,4,1,3,1,5); estimation from data of 1 European producer		
Transport, lorry 32t/RER U	0,131 tkm	(1,4,1,3,1,5); estimation from data of 1 European producer		
EUR-flat pallet/RER U	0,000787 p	(1,4,1,3,1,5); estimation from data of 1 European producer		
Waste to treatment				
Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to municipal incineration/CH U	0,00275 kg	(1,2,1,1,3,5); average value from EU-IPPC report		
Disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill/CH U	0,00275 kg	(1,2,1,1,3,5); average value from EU-IPPC report		
Treatment, glass production effluent, to wastewater treatment, class 2/CH U	0,00176 m3	(1,2,1,1,3,5); average value from EU-IPPC report		

Products				
Production of liquid packaging board containers, at plant/RER U (gr)	1 kg	Cardboard	Europe	
Resources				
Water, unspecified natural origin/m3	in water	0,000571 m3	(1,3,1,3,1,3); average of several european producer	
Materials/fuels				
Solvents, organic, unspecified, at plant/GLO U	0,0022 kg	(4,3,1,3,4,3); estimated based on input for cartonboard box		
Electricity, medium voltage, production GR, at grid/GR U	0,0004 kWh	reuma paragomeno stin ellada		
Aluminium, production mix, at plant/RER U	0,0537 kg	(1,3,1,3,1,3); average of several european producer		
Natural gas, burned in industrial furnace >100kW/RER U	0,477 MJ	(1,3,1,3,1,3); average of several european producer		
Heavy fuel oil, burned in industrial furnace 1MW, non-modulating/RER U	0,165 MJ	(1,3,1,3,1,3); average of several european producer		
Printing colour, offset, 47.5% solvent, at plant/RER U	0,0045 kg	(1,3,1,3,1,3); average of several european producer		
Liquid packaging board, at plant/RER U	0,795 kg	(1,3,1,3,1,3); average of several european producer		
Packaging box production unit/RER/I U	1,43E-09 p	(4,na,na,na,na,na); own assumption		
Polyethylene, HDPE, granulate, at plant/RER U	0,226 kg	(1,3,1,3,1,3); average of several european producer		
Transport, lorry 32t/RER U	0,0922 tkm	(4,5,na,na,na,na); standard distances		
Transport, freight, rail/RER U	0,172 tkm	(4,5,na,na,na,na); standard distances		
Emissions to air				
Heat, waste	high. pop.	0,00144 MJ	(1,3,1,3,1,3); average of several european producer	
Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301	high. pop.	4,85E-07 kg	(1,3,1,3,1,3); average of several european producer	
Methane, trichlorofluoro-, CFC-11	high. pop.	4,85E-07 kg	(1,3,1,3,1,3); average of several european producer	
NM VOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin	high. pop.	0,00104 kg	(1,3,1,3,1,3); average of several european producer	

Products			
PET bottles FAL (gr)	1000 lb	PET	(1000 pounds= 453.59 kilograms)
Resources			
Oil, crude, feedstock, 42 MJ per kg, in ground	in ground	610 lb	
Gas, natural, feedstock, 46.8 MJ per kg, in ground	in ground	179 lb	
Oxygen, in air	in air	242 lb	
Materials/fuels			
Nat. gas into industr. boilers	4580 cuft		
LPG into industrial boilers	0,1 gal*	gal*= US liquid gallon	
Coal into industrial boilers	113 lb		
DFO into industrial boilers	8,31 gal*		
RFO into industrial boilers	28,5 gal*		
Gasoline equipment (gal)	0,24 gal*		
Diesel equipment (gal)	0,34 gal*		
Electricity/heat			
Electricity, low voltage, production GR, at grid/GR U	991 kWh		
Trailer diesel FAL	480 tmi*	(1 tmi*= 1 US ton (=908 kg) x 1 mile)	
Truck (single) diesel FAL	33,7 tmi*		
Diesel locomotive FAL	654 tmi*		
Barge FAL	2,7 tmi*		
Ocean freighter FAL	1236 tmi*		
Pipeline natural gas FAL	12,3 tmi*		
Pipeline petrochemicals FAL	86,7 tmi*		
Emissions to air			
Particulates, unspecified	0,7 lb		
Nitrogen oxides	0,55 lb		
NMVOOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin	9,85 lb		
Sulfur oxides	7,33 lb		
Carbon monoxide	9,33 lb		
Aldehydes, unspecified	0,5 lb		
Methane	1,53 lb		
Organic substances, unspecified	5,77 lb		
Ammonia	0,0032 lb		
Ethylene oxide	0,097 lb		
Lead	8,5E-07 lb		
Chlorine	0,00013 lb		
Hydrogen chloride	9,7E-05 lb		
Carbon dioxide, fossil	163 lb		
Ethylene glycol	0,68 lb		
Emissions to water			
Acids, unspecified	0,026 lb		
Metallic ions, unspecified	0,015 lb		
Solved solids	11,8 lb		
Suspended solids, unspecified	0,29 lb		
BOD5, Biological Oxygen Demand	0,44 lb		
COD, Chemical Oxygen Demand	1,56 lb		
Phenol	0,00014 lb		
Sulfide	0,012 lb		
Oils, unspecified	0,23 lb		
Cyanide	7,3E-07 lb		
Chromium	0,00076 lb		
Iron	0,00025 lb		
Mercury	3,9E-08 lb		
Lead	1,2E-06 lb		
Phosphate	0,0013 lb		
Zinc, ion	0,00042 lb		
Ammonia	0,72 lb		
Organic substances, unspecified	0,066 lb		
Cadmium, ion	0,0005 lb		
Organic carbon	0,032 lb		
Sulfate	0,39 lb		
Chloride	0,51 lb		
Final waste flows			
Waste, solid	26,1 lb		

Products			
glass hottie 3 (500 ml)	1 p	Glass\Packaging\Natassa	500 ml
Materials/fuels			
Glass, white, 3	406 g		

Products			
glass hottie 3 (500 ml) 2050	1 p	Glass\Packaging\Natassa	500 ml
Materials/fuels			
Glass, white, 3 2050	406 g		

Products			
glass hottie 4 (500 ml)	1 p	Glass\Packaging\Natassa	500 ml
Materials/fuels			
Glass, white, 4	406 g		

Products			
glass hottie 4 (500 ml) 2050	1 p	Glass\Packaging\Natassa	500 ml
Materials/fuels			
Glass, white, 4 2050	406 g		

Products			
glass hottie MW-1 (500 ml)	1 p	Glass\Packaging\Natassa	500 ml
Materials/fuels			
Glass, white, microwave 1	406 g		

Products			
glass hottie MW-2 (500 ml)	1 p	Glass\Packaging\Natassa	500 ml
Materials/fuels			
Glass, white, microwave 2	406 g		

Products			
glass hottie MW-3 (500 ml)	1 p	Glass\Packaging\Natassa	500 ml
Materials/fuels			
Glass, white, microwave 3	406 g		

Products			
glass hottie MW-4 (500 ml)	1 p	Glass\Packaging\Natassa	500 ml
Materials/fuels			
Glass, white, microwave 4	406 g		

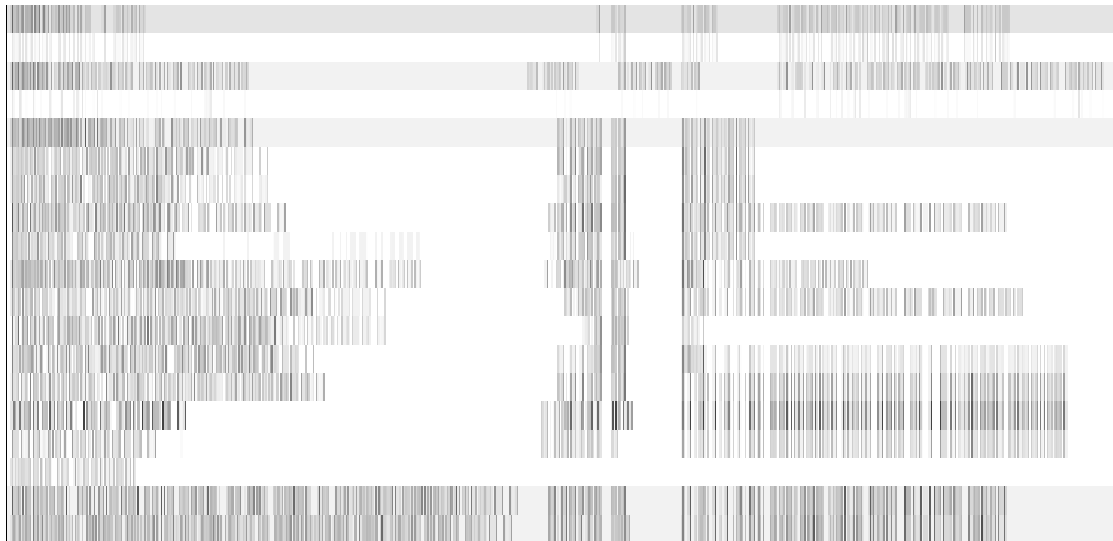
Products			
glass hottie MW (500 ml)	1 p	Glass\Packaging\Natassa	500 ml
Materials/fuels			
Glass, white, microwave	406 g		

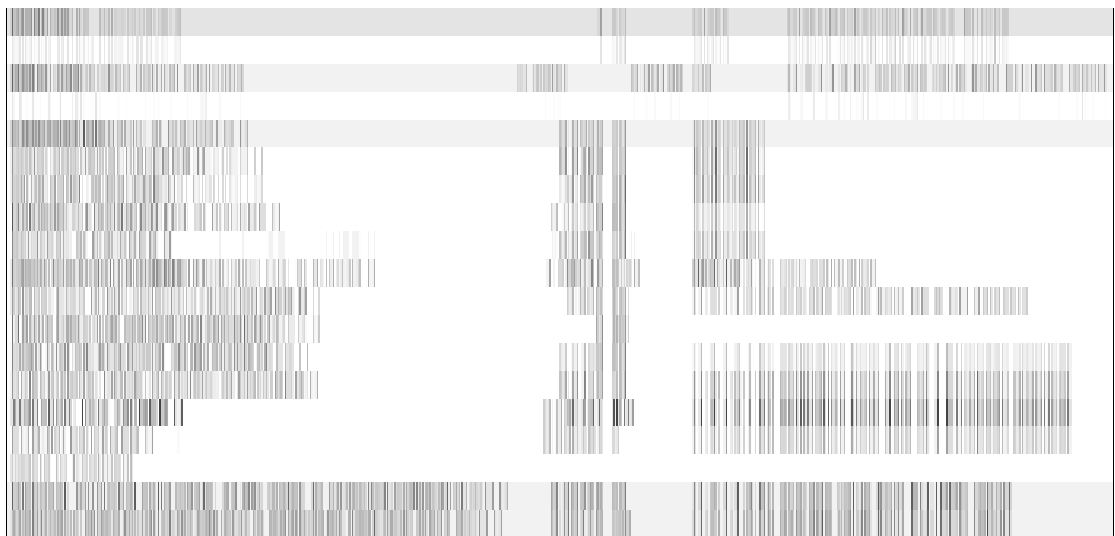
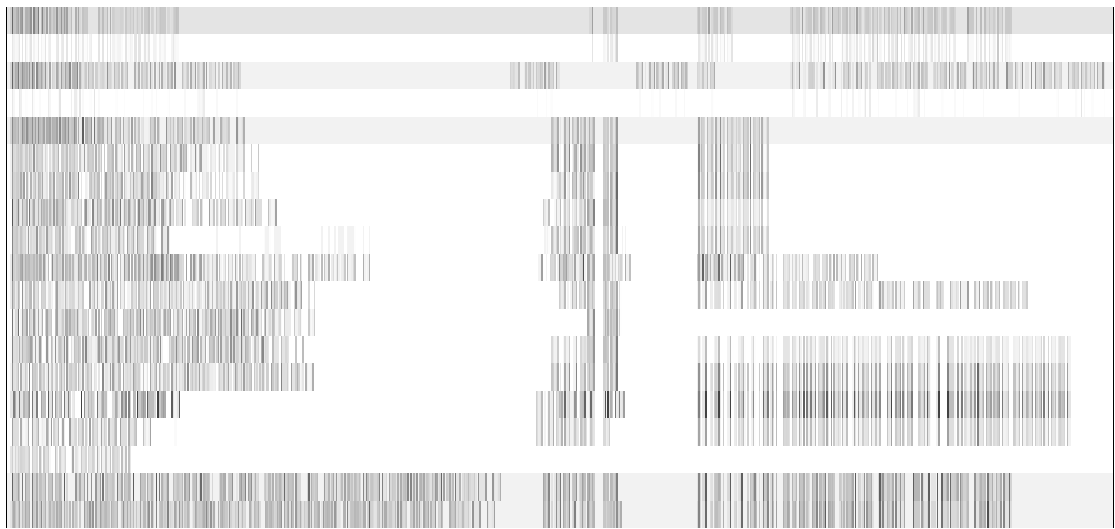
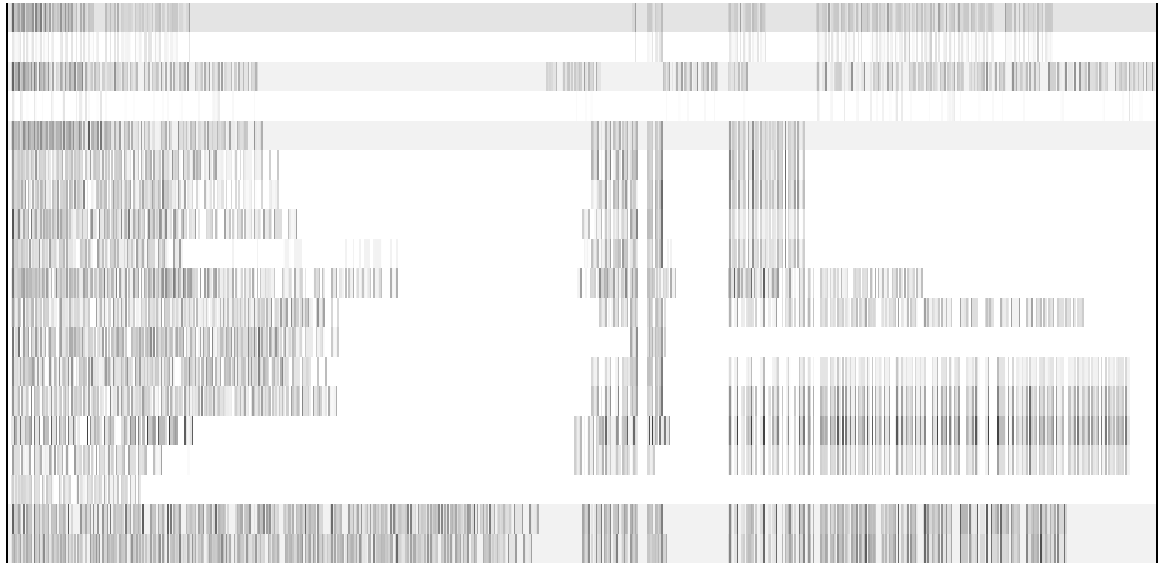
Products				
glass hottie MW (500 ml) 2050	1	p	Glass/Packaging/Natassa	500 ml
Materials/fuels				
Glass, white, microwave 2050	406	g		

Products				
glass hottie MW (500 ml) 2050-1	1	p	Glass/Packaging/Natassa	500 ml
Materials/fuels				
Glass, white, microwave 2050-1	406	g		

Products				
glass hottie MW (500 ml) 2050-2	1	p	Glass/Packaging/Natassa	500 ml
Materials/fuels				
Glass, white, microwave 2050-2	406	g		

Products				
glass hottie MW (500 ml) 2050-3	1	p	Glass/Packaging/Natassa	500 ml
Materials/fuels				
Glass, white, microwave 2050-3	406	g		





		2018	2019	2020
1. Income before taxes 2. Provision for income taxes 3. Income tax expense 4. Income tax benefit 5. Income tax credit 6. Income tax refund				

		2018	2019	2020
1. Income before taxes 2. Provision for income taxes 3. Income tax expense 4. Income tax benefit 5. Income tax credit 6. Income tax refund				

		2018	2019	2020
1. Income before taxes 2. Provision for income taxes 3. Income tax expense 4. Income tax benefit 5. Income tax credit 6. Income tax refund				

Products		
lpb (500 ml)	1 p	Glass\Packaging\Natassa
Materials/fuels		
Production of liquid packaging board containers, at plant/RER U (qr)	19.02	g

Products		
lpb (500 ml) 2050	1 p	Glass\Packaging\Natassa
Materials/fuels		
Production of liquid packaging board containers, at plant/RER U (qr) 2050	19.52	g

Products		
lpb (500 ml)	1 p	Glass\Packaging\Natassa
Materials/fuels		
Production of liquid packaging board containers, at plant/RER U (qr)	19.02	g

Products		
lpb (500 ml) 2050	1 p	Glass\Packaging\Natassa
Materials/fuels		
Production of liquid packaging board containers, at plant/RER U (qr) 2050	19.52	g

Products			
PET bottle (500 ml)	1	p	Glass\Packaging\Natassa
Materials/fuels			
PET bottles FAL (gr)	26.1		g

Products			
PET bottle (500 ml) 2050	1	p	Glass\Packaging\Natassa
Materials/fuels			
PET bottles FAL (gr) 2050	26.1		g

Products			
PET bottle (500 ml) 2050	1	p	Glass\Packaging\Natassa
Materials/fuels			
PET bottles FAL (gr) 2050	26.1		g

Products			
PET bottle (500 ml) 2050	1	p	Glass\Packaging\Natassa
Materials/fuels			
PET bottles FAL (gr) 2050	26.1		g

No.	Name of the Party	Symbol	Percentage of Valid Votes
1	Indian National Congress	Lotus	34.5
2	Bharatiya Janata Party	Elephant	28.7
3	All India Forward Bloc	None	12.3
4	Communist Party of India (Marxist)	None	8.9
5	Nationalist Congress Party	None	15.6
6	Bahujan Samaj Party	None	7.2
7	Democratic Front	None	1.8
8	Independent Candidates	None	10.0
9	Indian National Congress (Secular)	None	0.5
10	Bharatiya Janata Party (Secular)	None	0.3
11	All India Forward Bloc (Secular)	None	0.2
12	Communist Party of India (Marxist) (Secular)	None	0.1
13	Nationalist Congress Party (Secular)	None	0.4
14	Bahujan Samaj Party (Secular)	None	0.2
15	Democratic Front (Secular)	None	0.1
16	Independent Candidates (Secular)	None	0.5
17	Indian National Congress (Secular) (Reserve)	None	0.1
18	Bharatiya Janata Party (Secular) (Reserve)	None	0.1
19	All India Forward Bloc (Secular) (Reserve)	None	0.1
20	Communist Party of India (Marxist) (Secular) (Reserve)	None	0.1
21	Nationalist Congress Party (Secular) (Reserve)	None	0.1
22	Bahujan Samaj Party (Secular) (Reserve)	None	0.1
23	Democratic Front (Secular) (Reserve)	None	0.1
24	Independent Candidates (Secular) (Reserve)	None	0.1

