Εθνικό **Μ**ετσόβιο **Π**ολυτεχνείο

ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Τομέας Ανάλυσης, Σχεδιασμού και Ανάπτυξης Διεργασιών και Συστημάτων

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ανάπτυξη και Ανάλυση Συμβιωτικών Δικτύων με τη χρήση σημειολογικών προτύπων, βασισμένων σε οντολογίες και προγραμματισμό : Εφαρμογή, εκτίμηση του δυναμικού βιοενέργειας σε βιομηχανικά λιμάνια της Ευρώπης

Επιβλέπων καθηγητής: κ. Κοκόσης Αντώνης

Τσούτη Χριστίνα

Αθήνα, 2015

Ευχαριστίες

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στον κ. Κοκόση Αντώνη υπό την επίβλεψη του οποίου πραγματοποιήθηκε η παρούσα διπλωματική εργασία. Τον ευχαριστώ για την ανάθεση της εργασίας αυτής και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, καθώς και για τη βοήθειά του. Επίσης, ευχαριστώ ιδιαιτέρως τον υποψήφιο διδάκτορα κ. Λιγνό Γεώργιο για τις συμβουλές, την καθοδήγηση και τη στήριξη που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας. Ευχαριστώ, ακόμα, τον κ. Κοτζαμπάση Βασίλη για τη βοήθειά του σε σημεία για τη διατύπωση της γλώσσας SPARQL, αλλά και τον κ. Stancari_Simone της εταιρίας AGIRE για την εξαιρετική συνεργασία που είχαμε, στο πλαίσιο του EPIC 2020. Τέλος, στην οικογένειά μου, στους φίλους μου και κυρίως στην αδελφή μου Σοφία οφείλω ευγνωμοσύνη για τη στήριξή τους.

Σκοπός

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η συστημική προσέγγιση ανάπτυξης βιομηχανικών δικτύων συμβίωσης, με στόχο την αξιοποίηση βιομάζας, βιο-εκμεταλλεύσιμων αποβλήτων, αλλά και την παραγόμενη από αυτά βιοενέργεια. Επιπλέον, επιδιώκεται η δημιουργία ενός εργαλείου που θα περιέχει όλες τις πιθανές συνδέσεις, που θα έχουν ως βάση τη βιοενέργεια, για την ανάπτυξη συμβιωτικών δικτύων.

Όλα τα παραπάνω, εφαρμόζονται σε τέσσερα βιομηχανικά λιμάνια της Ευρώπης. Στόχος είναι η συλλογή ποσοτικών δεδομένων για την εκτίμηση δυναμικού βιοενέργειας σε καθένα από τα τέσσερα αυτά λιμάνια. Παρέχεται μια πιο απτή εικόνα, με αυτόν τον τρόπο, των συμβιωτικών δικτύων και των δυνατοτήτων τους. . Με καταγραφή, ταξινόμηση και οργάνωση της γνώσης, εν συνεχεία, προσεγγίζεται η ανάπτυξη συμβιωτικών δικτύων με χρήση οντολογιών.

Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκε και πραγματοποιήθηκε η ανάπτυξη και ανάλυση συμβιωτικών δικτύων, με χρήση σημειολογικών προτύπων, βασισμένων σε οντολογίες και προγραμματισμό. Επιπλέον, παρουσιάζεται και η εφαρμογή της μελέτης αυτής σε τέσσερα λιμάνια της Ευρώπης με άξονα δράσης το δυναμικό τους σε βιοενέργεια. Η μελέτη της παρούσας διπλωματικής εστιάζει σε συμβιωτικά δίκτυα που αναπτύσσονται με βάση το δυναμικό βιοενέργειας. Αρχικά, μελετώνται τέσσερα ευρωπαϊκά λιμάνια και η ευρύτερη περιοχή γύρω από αυτά, καταγράφονται οι βιομηχανίες, που εδρεύουν σε αυτά, και συλλέγονται δεδομένα ροών βιομάζας και ενέργειας. Υπολογίζεται το δυναμικό σε βιοενέργεια με μοντέλα που αναπτύχθηκαν από τη μελέτη της βιβλιογραφίας. Στη συνέχεια, αναπτύσσονται και αναλύονται τα συμβιωτικά δίκτυα με τη γνώση που έχει προκύψει από τη βιβλιογραφία και τα δεδομένα που υπήρχαν στη διάθεσή μας. Αρχικά δεν χρησιμοποιούνται οντολογίες και τα δίκτυα αναπτύσσονται πρακτικά με το χέρι. Αναπτύσσεται, εν συνεχεία, μια οντολογία με πεδίο τη βιοενέργεια. Η οντολογία αυτή αναπτύσσεται από το μηδέν και εισάγονται δεδομένα που αφορούν τα είδη βιομάζας, τις τεχνολογίες μετατροπής της, τις ροές ενέργειας, καθώς και τους τελικούς αποδέκτες της βιοενέργειας. Θέτοντας ερωτήσεις στο προγραμματιστικό εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη της οντολογίας, ελέγχεται η ορθή λειτουργία της οντολογίας.

Από την παρούσα μελέτη προέκυψε ότι υπάρχει μεγάλος όγκος αναξιοποίητης βιομάζας στις εξεταζόμενες περιοχές. Το δυναμικό βιοενέργειας που υπολογίστηκε εμφανίζεται αρκετό, ώστε να καλύψει μεγάλο μέρος των ενεργειακών αναγκών των περιοχών αυτών. Παρατηρείται ότι η ανάπτυξη συμβιωτικών δικτύων αποτελεί μια πολύπλοκη διαδικασία, η οποία γίνεται πιο δυσχερής όσο αυξάνεται ο όγκος των προς διαχείριση πληροφοριών. Είναι, λοιπόν, αναγκαία η ανάπτυξη οντολογιών για την ευκολότερη και πιο ολοκληρωμένη ανάπτυξη συμβιωτικών δικτύων. Τέλος, μέσα από τη μελέτη που έγινε, αναδεικνύονται οι προκλήσεις, αλλά και οι μελλοντικές προοπτικές γύρω από την ανάπτυξη συμβιωτικών δικτύων μέσω των οντολογιών.

Abstract

In this thesis is studied and performed the development and analysis of symbiotic networks, using semantic standards, based on ontologies and programming. Moreover, it is presented the application of this study in four ports of Europe focusing action on their potential in bioenergy. The study of this thesis focuses on symbiotic networks development based on the potential of bioenergy. Initially four European ports were studied and their surrounding area, industries were listed, located on them, and biomass and energy flow data were collected. The potential bioenergy was calculated based on models developed from the bibliographic study. Then symbiotic networks were developed and analyzed with the knowledge that has emerged from the literature and the data that was available to us. Initially ontologies were not used and networks developed practically by hand. Subsequently, an ontology is builded for the field of bioenergy. The ontology is builded from scratch and data concerning the different biomass types, the biomass conversion technologies, the energy flows, and the final recipients of bioenergy. Posing questions to the programming tool used for building the ontology, the proper functioning of the ontology is checked.

The present study has revealed that there is a great volume of spare biomass in the regions concerned. The potential of bioenergy calculated appears to be enough to cover a large part of the energy needs in these areas. It is noted that the development of symbiotic networks is a complex process, which becomes more difficult as the amount of information to be managed increases. It is, therefore, necessary to develop ontologies for easier and more complete development of symbiotic networks. Finally, through the study, the challenges are highlighted, but also the future prospects on the development of symbiotic networks through ontologies.

Περιεχόμενα

Περίληψη……4

Abstract……5

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

1.1 Περιβάλλον έρευνας……8
1.2 Δομή εργασίας……8

Κεφάλαιο 2. Βιομηχανική Συμβίωση

2.1 Η ιδέα της Βιομηχανικής Οικολογίας (ΒΟ)……10

2.2 Η έννοια της Βιομηχανικής Συμβίωσης (ΒΣ)……13

2.3 Μοντέλα Βιομηχανικής Συμβίωσης ……16

2.3.1 Κλειστά μοντέλα: το εξαιρετικό παράδειγμα του Kalundborg ……16

2.3.2 Ανοιχτά μοντέλα……18

2.4 Λιμάνι και Βιομηχανική Συμβίωση……19

Κεφάλαιο 3. Οντολογίες

3.1 Εισαγωγή στις οντολογίες……21

3.2 Πλεονεκτήματα οντολογιών και Βασικές Αρχές Σχεδιασμού……23

3.3 Δομικές ενότητες της οντολογίας……24

3.4 Γλώσσα αναπαράστασης οντολογίας και εργαλείο ανάπτυξης και διαχείρισης……25

Κεφάλαιο 4. Μεθοδολογία

4.1 Συλλογή και επεξεργασία δεδομένων……29

4.2 Εισαγωγή στις τεχνολογίες……32

4.3 Ανάπτυξη οντολογίας……37

Κεφάλαιο 5. Τα λιμάνια του EPIC2020-Αναλυτική εφαρμογή για το λιμάνι της Mantua (Ιταλία)

5.1 Αναλυτική εφαρμογή στο λιμάνι της Mantua (Ιταλία)……40

5.1.1 Εισαγωγικά……40

5.1.2 Δεδομένα……42

5.1.3 Εκτίμηση δυναμικού βιοενέργειας……44

5.2 Αστακός, Malmö, Wismar……50

5.2.1 Το λιμάνι του Αστακού (Akarport)……50

5.2.2 Το λιμάνι του Malmö (Σουηδία)……53

5.2.3 Το λιμάνι του Wismar (Γερμανία)……56

Κεφάλαιο 6. Οντολογία Βιομηχανικής Συμβίωσης

6.1 Σκοπός της οντολογίας……59

6.2 Ορολογία και ονοματολογία στην οντολογία……60

6.3 Οργάνωση και κατηγοριοποίηση δεδομένων……...62

6.4 Σε ποια ερωτήματα χρειάζεται να απαντά η οντολογία;……65

6.5 Η τελική οντολογία……...……70

Κεφάλαιο 7. Αποτελέσματα οντολογίας

7.1 Ανάπτυξη δικτύων συμβίωσης……..……....73

7.1.1 Mantua……..……..…73

7.1.2 Astakos……....78

7.1.3 Malmö……..…79

7.1.4 Wismar……..……..80

7.2 Αποτελέσματα οντολογίας……....81

Κεφάλαιο 8. Συμπεράσματα και Συζήτηση

8.1 Συμπεράσματα……....91

8.2 Συζήτηση……....92

8.2.1 Μελλοντικές προοπτικές……..……93

8.2.2 Προκλήσεις……..……..93

Βιβλιογραφία……...……....94

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

1.1 Περιβάλλον έρευνας

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του ευρωπαϊκού προγράμματος EPIC 2020 (Symbiotic bio-**E**nergy **P**ort **I**ntegration with **C**ities by 2020). Στόχος του EPIC 2020 είναι η προώθηση της χρήσης του ανεκμετάλλευτου δυναμικού πόρων βιοενέργειας στα λιμάνια και στην ευρύτερη περιοχή αυτών με την προσέγγιση της βιομηχανικής συμβίωσης.

Στρατηγικούς στόχους του προγράμματος αποτελούν :

- η δικτύωση και η ανταλλαγή γνώσης
- η συμβιωτική χρήση των ροών βιοενέργειας
- ανάπτυξη επιχειρήσεων βιοενέργειας
- η αλληλεπίδραση πόλης-λιμανιού

Στόχος του EPIC 2020 είναι να δημιουργηθούν πλατφόρμες για την μετατροπή των λιμενικών ζωνών σε ολοκληρωμένα αστικά ενεργειακά συστήματα, όπου οι τοπικές πηγές βιοενέργειας χρησιμοποιούνται με βιώσιμο τρόπο.

1.2 Δομή εργασίας

Στην αρχή κάθε κεφαλαίου προηγείται του κυρίως κειμένου μια σύντομη περίληψη αυτού. Συνοπτικά, στο *κεφάλαιο 2* γίνεται αναφορά στην ιδέα της βιομηχανικής συμβίωσης. Στο *κεφάλαιο 3* δίνεται έμφαση στις οντολογίες. Στο *κεφάλαιο 4* παρουσιάζεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Στο *κεφάλαιο 5* γίνεται η εκτίμηση του δυναμικού βιοενέργειας. Στο *κεφάλαιο 6* δίνεται βήμα προς βήμα η ανάπτυξη της οντολογίας. Στο *κεφάλαιο 7* παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας που έγινε στη διπλωματική εργασία. Τέλος, στο *κεφάλαιο 8* παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την έρευνα αυτή.

Κεφάλαιο 2. Βιομηχανική Συμβίωση

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η έννοια της Βιομηχανικής Συμβίωσης (ΒΣ). Πριν, όμως, γίνει αυτό θεωρείται αναγκαίο να εισαχθεί και η έννοια της Βιομηχανικής Οικολογίας (ΒΟ), καθώς η ΒΣ αποτελεί ένα ΄΄μέσο΄΄ για να επιτευχθεί η ΒΟ. Υπάρχει πληθώρα ορισμών στη βιβλιογραφία όσον αφορά τη ΒΣ και τη ΒΟ. Στόχος του παρόντος κεφαλαίου είναι η εξήγηση των εννοιών αυτών. Έτσι, γίνεται εισαγωγή στις έννοιες Βιομηχανική Οικολογία και Βιομηχανική Συμβίωση. Στη συνέχεια, δίνεται μια εικόνα για τα μοντέλα συμβίωσης που διακρίνονται, αλλά και παρουσιάζεται το εξαιρετικό παράδειγμα συμβίωσης του Kalundborg. Τέλος, παρουσιάζεται ο ρόλος που μπορούν να έχουν τα βιομηχανικά λιμάνια στη ΒΣ.

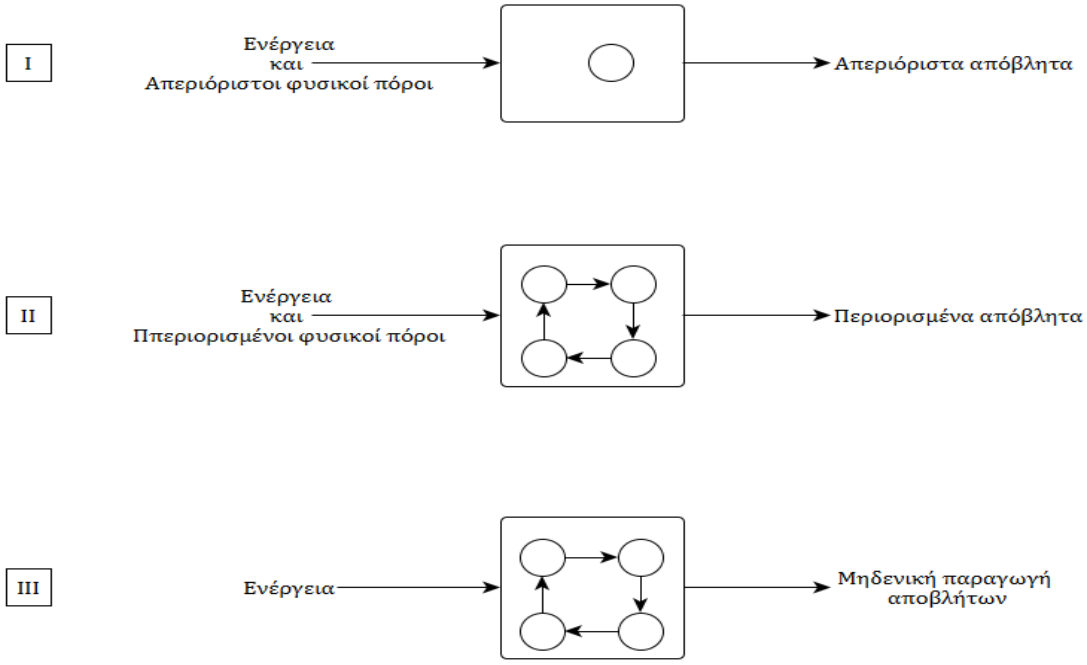
2.1 Η ιδέα της Βιομηχανικής Οικολογίας (ΒΟ)

Η ιδέα της Βιομηχανικής Συμβίωσης άρχισε να αναπτύσσεται με την εξέλιξη και ανάπτυξη τόσο των βιομηχανιών όσο και των τεχνολογιών που αυτές χρησιμοποιούσαν. Οι βιομηχανικές κοινωνίες άρχισαν να γίνονται υπερκαταναλωτικές χρησιμοποιώντας αλόγιστα τους φυσικούς πόρους. Επιπλέον, οδηγήθηκαν σε μεγάλη παραγωγή αποβλήτων, τα οποία και δεν εκμεταλλεύονταν. Άρχισε, λοιπόν, να παρατηρείται μια διατάραξη της ισορροπίας μεταξύ των βιομηχανικών, κυρίως, κοινωνιών με το φυσικό περιβάλλον. Ξεκινάει, έτσι, μια διαδικασία εύρεσης τρόπων για την επαναφορά της ισορροπίας αυτής. Η ΒΟ έρχεται να προτείνει ένα πλαίσιο λύσεων, με συστημική προσέγγιση, στη θεώρηση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των βιομηχανικών και οικολογικών συστημάτων.

Πολλοί συγγραφείς υποστηρίζουν πως η δομή και η λειτουργία της βιομηχανικής δραστηριότητας θα έπρεπε να προσομοιάζει σε αυτή του φυσικού οικοσυστήματος. Αυτό σημαίνει ότι όπως τα φυσικά οικοσυστήματα χαρακτηρίζονται από υψηλό βαθμό αλληλοεξάρτησης και ολοκλήρωσης, έτσι και τα βιομηχανικά ΄΄οικοσυστήματα΄΄ δεν πρέπει να παράγουν απόβλητα, αλλά δευτερογενείς πόρους που θα τροφοδοτούν άλλες δραστηριότητες.

Σύμφωνα με τους *Jelinski et al. (1992)* η εξέλιξη στις ροές ενός βιομηχανικού συστήματος προσομοιάζει την εξέλιξη των ροών ενός φυσικού οικοσυστήματος, στην οποία διακρίνονται τρεις τύποι. [23]

- **Τύπος Ι** : Αναφέρεται στην εποχή που η παρουσία ζωής σε πλανητικό επίπεδο ήταν αμελητέα και οι φυσικοί πόροι ακόμα ανεκμετάλλευτοι. Πρακτικά, λοιπόν, οι ποσότητες των διαθέσιμων φυσικών πόρων παρέμεναν πρακτικά ανεπηρέαστες, ακόμη και αν ακολουθούνταν γραμμικές ροές που παρήγαγαν συνεχώς απόβλητα.
- **Τύπος ΙΙ** : Εδώ υπάρχει ο πολλαπλασιασμός των βιολογικών ειδών και η αύξηση των πληθυσμών τους. Παρατηρούνται περιορισμοί και πιθανές ελλείψεις φυσικών πόρων. Το γεγονός αυτό οδηγεί τα μέλη των οικοσυστημάτων σε διαδικασίες επαναχρησιμοποίησης πόρων και υπολειμμάτων, με την παραγωγή των αποβλήτων να περιορίζεται αλλά όχι να εξαλείφεται.
- **Τύπος ΙΙΙ** : Εδώ τα απόβλητα που παράγονται από κάποιο μέλος του οικοσυστήματος είναι πλήρως αξιοποιήσιμα από τα άλλα μέλη του οικοσυστήματος σε βαθμό τέτοιο που δεν παράγονται απόβλητα και δεν απαιτείται η χρήση νέων φυσικών πόρων.



Εικόνα 2. 1 *Τύποι εξέλιξης ροών ενός οικοσυστήματος (προσαρμοσμένο από Jelinski J.M., Graedel T., Laudise R., McCall D. and Patel C)*

Με βάση το επιστημονικό περιοδικό *«Journal_of_Industrial_Ecology»* ως Βιομηχανική Οικολογία ορίζεται : *«Ένα γρήγορα αναπτυσσόμενο γνωστικό πεδίο που εξετάζει συστηματικά τοπικά, περιφερειακά και παγκόσμια τις χρήσεις και τις ροές υλικών και ενέργειας σε προϊόντα, διεργασίες, βιομηχανικούς κλάδους και οικονομίες. Εστιάζει στον πιθανό ρόλο της βιομηχανίας στη μείωση των περιβαλλοντικών φορτίων καθ΄ όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του προϊόντος –από την εξόρυξη των πρώτων υλών ως την παραγωγή των αγαθών- τη χρήση αυτών των αγαθών και τη διαχείριση των παραγόμενων αποβλήτων».*

Πολλοί ορισμοί έχουν δοθεί για τη ΒΟ, με τους περισσοτέρους να έχουν κοινά στοιχεία. Σύμφωνα με τον *Erkman (Korhonen et al., 2004)* υπάρχουν τουλάχιστον τρία βασικά κοινά στοιχεία, τα οποία είναι τα εξής [24]:

- Η συστημική θεώρηση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ βιομηχανικού και οικολογικού συστήματος.
- Η έμφαση στη μελέτη των φυσικών ροών ενέργειας και υλικών σε συνδυασμό με τις οικονομικές ροές.
- Η αποδοχή των νέων τεχνολογιών και πολιτικών, που διευκολύνουν τη μετάβαση σε μια αειφόρο κοινωνία.

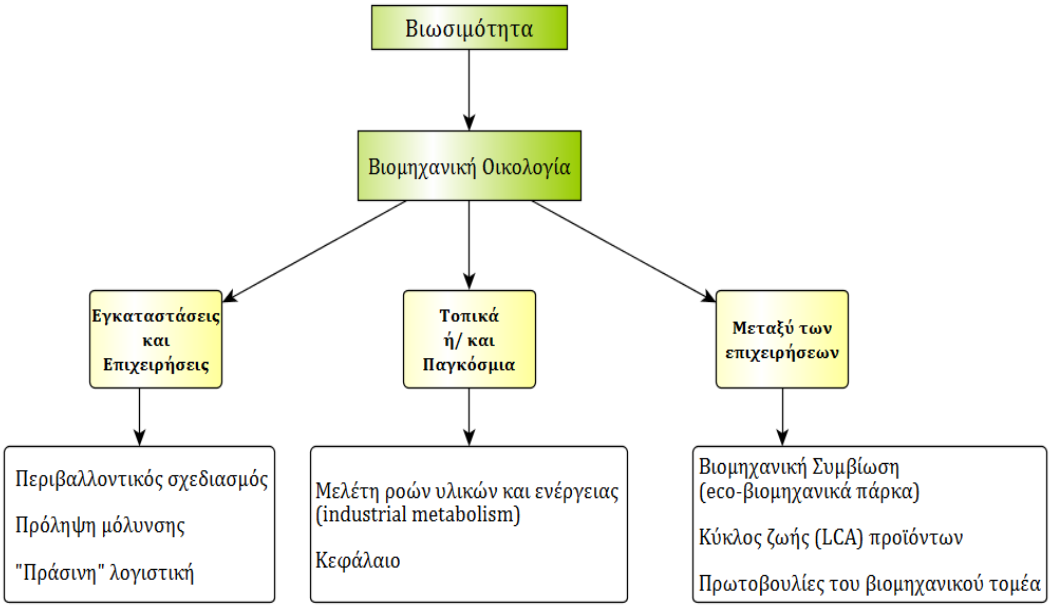
Τελικός στόχος, λοιπόν, της ΒΟ είναι να επιτευχθούν στα βιομηχανικά συστήματα απόλυτα κυκλικές ροές, όπως συμβαίνει σε ένα ισορροπημένο φυσικό οικοσύστημα. Ένα βιομηχανικό σύστημα όπου τα υλικά επαναχρησιμοποιούνται και η ενέργεια αξιοποιείται με τον πλέον αποδοτικό τρόπο.

Σύμφωνα με τον *Roberts B.H (2004)* οι βασικές αρχές της ΒΟ είναι [34]:

- Η δημιουργία ευκαιριών αξιοποίησης των αποβλήτων των βιομηχανικών συστημάτων μέσω της εφαρμογής ανάκτησης υλικών και ενέργειας.
- Ο εντοπισμός και η χωροθέτηση βιομηχανιών με τέτοιο τρόπο, ώστε να βελτιστοποιείται η συλλογή και συγκέντρωση των παραγόμενων υποπροϊόντων, αποβλήτων και μη χρησιμοποιούμενης ενέργειας. Επιπλέον, να διευκολύνεται η διάθεσή τους σε βιομηχανίες που θα εκμεταλλευτούν τις συγκεκριμένες ροές με τρόπο ώστε να προκύπτουν αμοιβαία οφέλη για τους συμμετέχοντες.
- Η διάθεση ενός ΄΄καταλύτη΄΄ ο οποίος θα οδηγήσει σε συνεργασίες και συνέργειες και τελικά σε ένα περιβάλλον το οποίο θα ευνοεί την τεχνολογική ανάπτυξη προς μια κατεύθυνση καθαρότερης παραγωγής (cleaner production), της αξιοποίησης των αποβλήτων και της βιωσιμότητας/ αειφορίας των βιομηχανικών συστημάτων.
- Η ενίσχυση των προσπαθειών για την υλοποίηση συνεργασιών και την ανάπτυξη δεσμών μεταξύ των τοπικών κοινωνιών και της κυβέρνησης με επιχειρήσεις και βιομηχανίες που υιοθετούν αειφόρες πρακτικές.
- Η παροχή κινήτρων και η υποστήριξη πολιτικών, οι οποίες ενισχύουν τη βιομηχανική καινοτομία, τη συνεργασία μεταξύ βιομηχανικών μονάδων και την εμπορική χρήση νέων και βελτιωμένων προϊόντων τα οποία προέρχονται από την εκμετάλλευση της περίσσειας υλικών και ενέργειας.
- Η υποστήριξη των οφελών των βιομηχανιών, οι οποίες διακρίνονται για την αειφόρο ανάπτυξή τους.

Οι αρχές αυτές μπορούν να τεθούν σε πρακτική εφαρμογή μέσω της Βιομηχανικής Συμβίωσης, ενώ ο αποδοτικότερος χώρος εφαρμογής τους είναι τα eco-Βιομηχανικά Πάρκα, χωρίς να εξαιρούνται άλλες περιπτώσεις.

Η ουσία της Βιομηχανικής Οικολογίας είναι ο συνδυασμός της τεχνολογίας με την κοινωνία. Η ΒΟ λειτουργεί σε τρία διαφορετικά επίπεδα : το παγκόσμιο επίπεδο, το ενδοεταιρικό (δηλαδή μεταξύ των επιχειρήσεων) και το επίπεδο των ατομικών εγκαταστάσεων και επιχειρήσεων. [4]



Εικόνα 2. 2 *Πεδία δράσης Βιομηχανικής Οικολογίας (προσαρμοσμένο από Robert U. Ayres and Leslie W. Ayres)*

2.2 Η έννοια της Βιομηχανικής Συμβίωσης (ΒΣ)

Πολλοί ορισμοί έχουν δοθεί και για τη Βιομηχανική Συμβίωση.

Ο ορισμός της Βιομηχανικής Συμβίωσης που απαντάται συχνότερα στη βιβλιογραφία είναι αυτός της *Chertow (2000)*, σύμφωνα με τον οποίο : *«ΒΣ είναι η συμμετοχή παραδοσιακά ξεχωριστών βιομηχανιών σε μια συλλογική προσέγγιση για ανταγωνιστικό πλεονέκτημα, που συνεπάγεται τη φυσική ανταλλαγή υλικών, ενέργειας, νερού και υποπροϊόντων. Το κλειδί για τη ΒΣ είναι η συνεργασία και η δυνατότητα συνέργειας που προσφέρει η γεωγραφική εγγύτητα»*.[11]

Προκειμένου να διαχωρισθεί η έννοια της ΒΣ από άλλους τύπους ανταλλαγής ροών και υλικών, όπως για παράδειγμα η ανακύκλωση, η *Chertow και οι συνεργάτες της* πρότειναν και υιοθέτησαν μια νέα προσέγγιση όσον αφορά στα κριτήρια για ύπαρξη ΒΣ. Πρότειναν: *«…μια ΄΄3-2 ευρετική΄΄ ως ελάχιστο κριτήριο. Με αυτό τον τρόπο, το λιγότερο τρεις διαφορετικές οντότητες πρέπει να συμμετέχουν στην ανταλλαγή το λιγότερο δύο διαφορετικών πόρων, έτσι ώστε να μπορούν να λογίζονται ως βασικός τύπος συμβίωσης. Συμπεριλαμβάνοντας τρεις οντότητες, καμία από τις οποίες δεν δραστηριοποιείται κατά κύριο λόγο στην ανακύκλωση, αρχίζουν να διακρίνονται σύνθετες σχέσεις ανταλλαγών και όχι μόνο γραμμικές ανταλλαγές μονής κατεύθυνσης.»*.[10]

Από τον *van Berkel (2003)* γίνεται κατηγοριοποίηση των περιφερειακών συνεργειών σε [30]:

- **Συνέργειες αλυσίδας εφοδιασμού** *(supply chain synergies)*: Περιλαμβάνουν τοπικούς παραγωγούς και τροφοδότες των αντιδραστηρίων για βασικές βιομηχανίες επεξεργασίας.
- **Συνέργειες παραπροϊόντων** *(by-product synergies)*: Περιλαμβάνουν τη χρήση των, μέχρι πρότινος, αποκρυπτόμενων, από μια επιχείρηση, παραπροϊόντων (στερεών, υγρών, αερίων) από μια άλλη επιχείρηση για την παραγωγή αξιοποιήσιμων προϊόντων.
- **Συνέργειες κοινής ωφέλειας** *(utility synergies)*: Περιλαμβάνουν την κοινή χρήση υποδομών κοινής ωφέλειας, κυρίως νερό και ενέργεια.

Οι Mirata & Emtairah μιλούν για τη βιομηχανική συμβίωση δικτύων υπό το πρίσμα της καινοτομίας. Υποστηρίζουν πως η ΒΣ μπορεί να συμβάλει στην ενίσχυση της περιβαλλοντικής καινοτομίας σε τοπικό ή περιφερειακό επίπεδο, ενισχύοντας τον συλλογικό ορισμό των προβλημάτων, την παροχή διατομεακών διασυνδέσεων, καθώς και στην προώθηση της οργάνωσης της συνεργασίας με προσανατολισμό τις περιβαλλοντικές προκλήσεις. Όπως παρατηρούν, τα οφέλη που προκύπτουν από τη ΒΣ για τις επιχειρήσεις που την εφαρμόζουν είναι πολλαπλά και εκτείνονται σε περιβαλλοντικό, οικονομικό, εταιρικό και κοινωνικό επίπεδο.[28]

Οφέλη	**Ανάλυση οφελών**
Περιβαλλοντικά	Συνδέονται με τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας της χρήσης των πόρων, tη μείωση της χρήσης των μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και τη μείωση των εκπομπών ρύπων
Οικονομικά	Προκύπτουν από τη μείωση του κόστους παραγωγής για τις εισροές πόρων, μείωση του κόστους διαχείρισης των αποβλήτων και την ύπαρξη πρόσθετου εισοδήματος λόγω των υψηλότερων τιμών των ρευμάτων των υποπροϊόντων και των απόβλητων
Επιχειρησιακά	Προώθηση μιας ΄΄πράσινης΄΄ εικόνας της εταιρίας προς τους καταναλωτές, βελτίωση των σχέσεων με άλλες επιχειρήσεις, παραγωγή νέων προϊόντων, άνοιγμα σε νέες αγορές
Κοινωνικά	Από τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και τη βελτίωση της ποιότητας των υφιστάμενων θέσεων εργασίας και δημιουργώντας ένα καθαρότερο, ασφαλέστερο, φυσικό και εργασιακό περιβάλλον

Πίνακας 2. 1 *Συνοπτικά τα οφέλη από την ΒΟ (σύμφωνα με Mirata & Emtairah)*

Από τους *Lambert & Boons* περιγράφεται η βιώσιμη ανάπτυξη (συμπεριλαμβανομένης της βιομηχανικής συμβίωσης) των βιομηχανικών πάρκων ως μια κοινωνική διαδικασία με βάση οικολογικές, κοινωνικές και οικονομικές πτυχές. Επιπλέον, περιγράφονται δύο βασικές δυσκολίες της ανάπτυξης προς την αειφορία. Πρώτον, είναι δύσκολο να επιτευχθούν κοινωνικές αλλαγές που όμως δεν είναι επιφανειακές και βραχυπρόθεσμες, καθώς οι κοινωνικοί φορείς έχουν την τάση να επιστρέφουν στα παλιά πρότυπα. Δεύτερον, παρουσιάζεται δυσκολία στο να διασφαλιστεί η αλλαγή του συστήματος αντί για τη βελτιστοποίησή του. Πρέπει, δηλαδή, το σύστημα να βγει από την υπάρχουσα κατάσταση και όλοι οι φορείς να συμμετέχουν στη διαδικασία αυτή. Υπογραμμίζεται ότι στην πράξη, το να κατευθυνθούμε προς τη βιωσιμότητα είναι ιδιαίτερα δύσκολο, λόγω των αντικρουόμενων συμφερόντων των εμπλεκόμενων φορέων, την έλλειψη των συλλογικών οργανώσεων και της ελάχιστης εμπειρίας συνεργασίας.[25]

Στη θεωρία της ΒΟ διακρίνονται δύο κατηγορίες εφαρμογής της ΒΣ. Η πρώτη κατηγορία είναι η έξωθεν σχεδιασμένες (engineered) προσπάθειες δικτύωσης και η δεύτερη κατηγορία είναι οι αυτό-οργανωμένες (self-organized) προσπάθειες δικτύωσης. Στην πρώτη κατηγορία εμπίπτουν τα δίκτυα βιομηχανικής συμβίωσης που αποτελούν κατά βάση στρατηγικές διασύνδεσης, οι οποίες ενσωματώνουν καινοτόμες τεχνικές λύσεις, με στόχο ένα βιομηχανικό σύστημα που είναι πιο κοντά στην αειφορία. Στη δεύτερη κατηγορία εμπίπτουν τα δίκτυα βιομηχανικής συμβίωσης που εστιάζουν σε διμερείς, επικερδείς και περιβαλλοντικά ασφαλείς συνδέσεις μεταξύ των επιχειρήσεων και της τοπικής κοινότητας, κυρίως με τη μορφή eco-Βιομηχανικών Πάρκων, καθώς η γεωγραφική εγγύτητα προσφέρει τη μεγιστοποίηση της απόδοσης του δικτύου.[20]

2.3 Μοντέλα Βιομηχανικής Συμβίωσης

2.3.1 Κλειστά μοντέλα: το εξαιρετικό παράδειγμα του Kalundborg

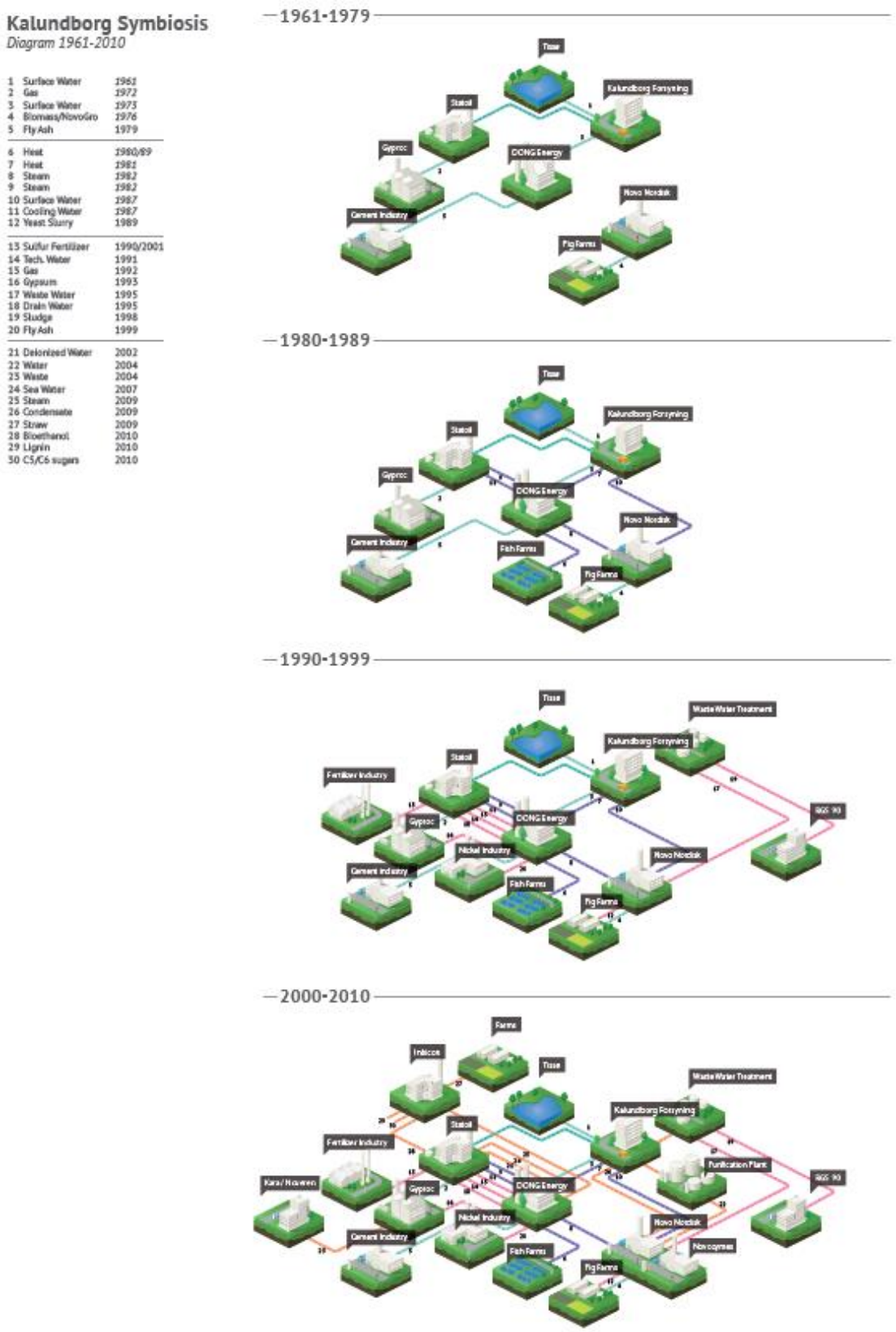
Ο όρος Βιομηχανική Συμβίωση χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά το 1989 για να περιγράψει τη συνεργασία μεταξύ των επιχειρήσεων στο δήμο του Kalundborg στη Δανία. Όμως, η έννοια της ΒΣ είχε αρχίσει να εφαρμόζεται σε αυτό το δήμο ήδη από το 1961. Τότε η εταιρεία Statoil(πρώην Esso) έψαχνε τρόπο να καλύψει τις ανάγκες του διυλιστηρίου της σε νερό. Οι ανάγκες αυτές θα καλύπτονταν από τη λίμνη Tissø, που βρισκόταν σε κοντινή απόσταση.

Το 1972 πραγματοποιείται και η πρώτη ανταλλαγή ροών μεταξύ εταιριών, ενώ το 1973 προστίθεται και τρίτος εταίρος στη συμβίωση του Kalundborg. Ξεκίνησε, έτσι, στο δήμο του Kalundborg μια αλληλεπίδραση των εταιριών τόσο με το φυσικό περιβάλλον, όσο και με την κοινωνία του Kalundborg, αλλά και μεταξύ των. Με τα χρόνια όλο και περισσότερες εταιρίες άρχισαν να συνδέονται στο δίκτυο συμβίωσης του Kalundborg.

Συγκεκριμένα, στο Kalundborg, οι διαχειριστές ανήκαν σε ένα οργανισμό, που έφερε το όνομα Environmental Club και σε έναν οργανισμό, συντονιστικού χαρακτήρα, με την ονομασία Symbiosis Institute. Στόχος και των δύο αποτελούσε η επιτάχυνση του αριθμού και της πολυπλοκότητας των νέων ανταλλαγών.

Το δίκτυο συμβίωσης του Kalundborg είναι ένα βιομηχανικό οικοσύστημα, όπου τα παραπροϊόντα μιας επιχείρησης χρησιμοποιούνται ως πόρος από μια άλλη επιχείρηση, ***σε κλειστό κύκλο.*** *Εδώ, η ΒΣ αποτελεί μια συνεργασία σε τοπικό επίπεδο, όπου δημόσιες και ιδιωτικές επιχειρήσεις πωλούν και αγοράζουν τα υπολειμματικά προϊόντα, έχοντας ως αποτέλεσμα αμοιβαία οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη.* Συνολικά, το συμβιωτικό δίκτυο του Kalundborg αριθμεί στην πράξη 20 διαφορετικές ανταλλαγές παραπροϊόντων.

Η εξέλιξη του δικτύου συμβίωσης του Kalundborg, όπως έχει εξελιχθεί με τα χρόνια, δίνεται στην *εικόνα 2.3*.



Εικόνα 2. 3 *Η εξέλιξη με το χρόνο του δικτύου συμβίωσης στο δήμο του Kalundborg*

Ενδεικτικά, μόνο οι ανταλλαγές αποβλήτων ανέρχονται σε 2,9 εκατομμύρια τόνους κάθε χρόνο, ενώ η κατανάλωση του νερού έχει μειωθεί κατά 25%. Ακόμα, από τα 4.500 σπίτια που λαμβάνουν τηλεθέρμανση, στα 3.500 αυτή αντικαθιστά οικιακές μονάδες πετρελαίου.

Σύμφωνα με την *Chertow,* προκύπτουν δύο βασικά συμπεράσματα από τη μελέτη της ΒΣ στο Kalundborg. Πρώτον, η ΒΣ στο Kalundborg ξεκίνησε από την αυτό-οργάνωση και την πρωτοβουλία του ιδιωτικού τομέα με σκοπό να επιτευχθεί μείωση του κόστους, αύξηση των εσόδων, καθώς και την εξασφάλιση πρόσβασης σε νερό και ενέργεια μακροπρόθεσμα. Δεύτερον, διαπιστώνεται ότι ήταν απαραίτητη η μια μονάδας συντονισμού για την οργάνωση των ανταλλαγών και την προώθησή τους.[10]

Όπως επισημαίνεται και στην επίσημη ιστοσελίδα για τη ΒΣ του Kalundborg :

«***Τα συστήματα το καθιστούν δυνατό, οι άνθρωποι το πραγματοποιούν.***

Κατά την ανάπτυξη του δικτύου βιομηχανικής συμβίωσης του Kalundborg, το σημαντικότερο στοιχείο ήταν η υγιής επικοινωνία και η καλή συνεργασία μεταξύ των συμμετεχόντων. Η συμβίωση στηρίχτηκε στις ανθρώπινες σχέσεις και τη γόνιμη συνεργασία μεταξύ των εργαζομένων, που κατέστησαν δυνατή την ανάπτυξη συμβιωτικού δικτύου.»

2.3.2 Ανοιχτά μοντέλα

Στον αντίποδα των κλειστών μοντέλων ΒΣ, όπως αυτό του Kalundborg, βρίσκεται η ανάπτυξη των ανοιχτών μοντέλων ΒΣ. Τα ανοιχτά μοντέλα επιτρέπουν την ευρεία και χωρίς περιορισμού συμμετοχή εταίρων, ενώ παράλληλα θέτουν και πιο ανταγωνιστικούς όρους στην ανταλλαγή υλικών και ενέργειας. Επιπλέον, επιχειρείται η παρακολούθηση και η μέτρηση των δεικτών αειφορίας, που σχετίζονται με τον όγκο και τον τύπο των υλικών που ανταλλάσσονται, τα περιβαλλοντικά οφέλη που προκύπτουν από τις ανταλλαγές αυτές, τα κέρδη, αλλά και το οικονομικό κόστος, καθώς και τα κοινωνικά οφέλη.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα ανοιχτού μοντέλου ΒΣ αποτελεί το Εθνικό Πρόγραμμα Βιομηχανικής Συμβίωσης που αναπτύχθηκε στο Ηνωμένο Βασίλειο (***N****ational* ***I****ndustrial* ***S****ymbiosis* ***P****rogramme, NISP*). Αναπτύχθηκε το 2005 ως ανεξάρτητος φορέας, με σκοπό να βοηθήσει επιχειρήσεις από διάφορους κλάδους και διαφορετικού δυναμικού, ώστε να υπάρξει μεταξύ τους συνεργασία για τη χρήση των ανεπιθύμητων υλικών. Οι επιχειρήσεις μπορούν να ΄΄μοιραστούν΄΄ μέσω του *NISP* πληροφορίες για τους διαθέσιμους πόρους, ακόμα και πληροφορίες τεχνογνωσίας. Με αυτό τον τρόπο, στόχευε στο να εκτρέψει σημαντική ποσότητα αποβλήτων από την υγειονομική ταφή και να παράξει νέα οφέλη για τις εταιρίες, μέσω της μείωσης των εξόδων διάθεσης και της εμφάνισης νέων εμπορικών ευκαιριών.

Τα τελευταία οχτώ χρόνια το NISP έχει καταφέρει να παρέχει μια ισχυρή βάση στοιχείων, έτσι ώστε να υποστηρίξει το ρόλο που διαδραματίζει η ΒΣ στη βελτίωση της κερδοφορίας των επιχειρήσεων, στην τόνωση της ανταγωνιστικότητάς τους εμπορικά, καθώς και στη βελτίωση των περιβαλλοντικών τους επιδόσεων.

Τα παρακάτω στοιχεία παρουσιάζονται όπως ακριβώς δίνονται στην επίσημη ιστοσελίδα του NISP:

- Εξοικονόμηση κόστους £1.000.000.000
- £1.400.000.000 από επιπρόσθετες πωλήσεις
- Πάνω από 10.000 θέσεις εργασίας δημιουργήθηκαν ή διατηρήθηκαν
- 45 εκατομμύρια τόνοι υλικών ανακτήθηκαν και επαναχρησιμοποιήθηκαν
- 71 εκατομμύρια τόνοι βιομηχανικών λυμάτων εξοικονομήθηκαν
- 39 εκατομμύρια τόνοι βιομηχανικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα μειώθηκαν

2.4 Λιμάνι και Βιομηχανική Συμβίωση

Τα βιομηχανικά λιμάνια αποτελούν φυσικό σύνορο μεταξύ των βιομηχανιών και των κοινοτήτων, γύρω από αυτές. Αν και το λιμάνι, αυτό καθαυτό, μπορεί να παράξει περιορισμένο όγκο ροών, είτε υλικών είτε βιοενέργειας, παρόλα αυτά μπορεί να αποτελέσει σημείο διέλευσης για τη μεταφορά αγαθών και πόρων προς τις κοντινές βιομηχανικές, αστικές και γεωργικές εγκαταστάσεις. Έτσι, τα λιμάνια, παρά την περιορισμένη έκτασή τους, έχουν πρόσβαση σε πληθώρα αποβλήτων, πρωτογενών υλών, ροών ενέργειας που προέρχονται και από γειτονικές σε αυτά δραστηριότητες.

Καθώς παρατηρείται όλο και μεγαλύτερη βιομηχανική δραστηριότητα στην εγγύτερη περιοχή των λιμανιών, ο όγκος αναξιοποίητων ροών υλικών και ενέργειας συνεχώς αυξάνει. Τα λιμάνια αποτελούν πρόσφορο έδαφος για την εφαρμογή βιομηχανικής συμβίωσης, καθώς συνδυάζουν την ύπαρξη πολλών επιχειρήσεων σε κοντινές αποστάσεις ή και εντός των ορίων τους, αλλά και την αλληλεπίδραση με το φυσικό περιβάλλον. Μπορούν να αναπτυχθούν δίκτυα συμβίωσης όχι μόνο μεταξύ των επιχειρήσεων που εδρεύουν στο λιμάνι, αλλά και μεταξύ του λιμανιού ως μια ενιαία μονάδα με την ευρύτερη τοπική κοινωνία γύρω από αυτό. Δηλαδή δίνεται η δυνατότητα μέσω της συμβίωσης να αλληλεπιδράσουν με τις αστικές, δημόσιες και ιδιωτικές, επιχειρήσεις, τις γεωργικές μονάδες και φυσικά τους κατοίκους της κοινωνίας στην οποία είναι μέλη. Πρέπει να σημειωθεί ότι, με δεδομένο ότι αποτελούν θύρες εισαγωγής και εξαγωγής αγαθών, μπορούν να συνδεθούν και να αναπτύξουν δίκτυα συμβίωσης και με επιχειρήσεις και κοινωνίες εκτός της δικής τους χωροταξικής ακτίνας, μέσω άλλων λιμανιών. Μπορούν, δηλαδή, να αποτελέσουν κόμβους για την ανάπτυξη συμβιωτικών δικτύων, με την ευρύτερη έννοια, και για απομακρυσμένες περιοχές και επιχειρήσεις, ακόμα και μεταξύ διαφορετικών χωρών.

Τέλος, το γεγονός ότι, όπως αναφέρθηκε, τα λιμάνια αποτελούν θύρες διόδου αγαθών σε συνδυασμό με τη δυνατότητά τους να συμμετέχουν σε ευρύτερα δίκτυα συμβίωσης, μπορεί να έχει σημαντικά περιβαλλοντικά, αλλά και οικονομικά οφέλη για την τοπική κοινωνία.

Κεφάλαιο 3. Οντολογία

Στον παρόν κεφάλαιο γίνεται λόγος για την έννοια της οντολογίας και κάποια βασικά στοιχεία που τη χαρακτηρίζουν. Στην παρούσα διπλωματική η οντολογία χρησιμοποιήθηκε ως εργαλείο καταγραφής, οργάνωσης και απεικόνισης της γνώσης γύρω από τη βιομηχανική συμβίωση με άξονα τη βιοενέργεια. Πιο συγκεκριμένα, το κεφάλαιο αυτό θα επικεντρωθεί στην παρουσίαση των βασικών στοιχείων μιας οντολογίας. Αρχικά, δίνονται κάποια γενικά στοιχεία που αφορούν τον ορισμό της έννοιας «οντολογία», καθώς και οι γενικές αρχές δόμησης μιας οντολογίας. Στη συνέχεια, αλλά τώρα πιο συγκεκριμένα στα όσα χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διπλωματική, παρουσιάζονται σύντομα οι δομικές ενότητες, η γλώσσα αναπαράστασης και, τέλος, το εργαλείο επεξεργασίας της οντολογίας.

3.1 Εισαγωγή στις οντολογίες

Μελετώντας τη βιβλιογραφία, παρατηρείται πως ο όρος «Οντολογία» μπορεί να μελετηθεί γύρω από δύο βασικούς άξονες. Ο ένας είναι ο άξονας προσέγγισης της φιλοσοφίας και ο άλλος είναι ο άξονας προσέγγισης της επιστήμης της πληροφορικής.

Στη φιλοσοφία, με τον όρο «Οντολογία» νοείται η θεώρηση του όντος, δηλαδή η μελέτη της φύσης και της ουσίας του. Πρώτος ασχολήθηκε με την έννοια των όντων ο Παρμενίδης ο Ελεάτης. Ακολούθησαν ο Πλάτων και οι φιλόσοφοι της πλατωνικής σχολής. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η θεώρηση του φιλοσόφου Αριστοτέλη για την οντολογία. Ο Αριστοτέλης της δίνει την έννοια ως του λόγου περί του όντος και επιχειρεί να δώσει απαντήσεις σε ερωτήματα όπως : ΄΄τι είναι ύπαρξη;΄΄, ΄΄ποιες είναι οι μορφές της ύπαρξης;΄΄, ΄΄ποια είναι η ουσία κάθε όντος;΄΄, ΄΄υπάρχουν και ποια είναι τα κοινά χαρακτηριστικά των όντων;΄΄. Στην προσπάθειά του, λοιπόν, να ταξινομήσει οτιδήποτε υπάρχει στον κόσμο, διέκρινε διάφορες μορφές ύπαρξης : την ύλη, την ενέργεια, το χώρο, το χρόνο, την ποσότητα, την ποιότητα, τη σχέση, το συναίσθημα.

Στην επιστήμη της πληροφορικής, στον όρο «Οντολογία» έχει αποδοθεί πληθώρα ορισμών.

- ***Neches (1991):*** *«Μια οντολογία ορίζει τους βασικούς όρους και τις σχέσεις, που αποτελούν το λεξικό μιας περιοχής ενδιαφέροντος, καθώς και τους κανόνες για το συνδυασμό των όρων και των σχέσεων με σκοπό την επέκταση του λεξικού».* [29]

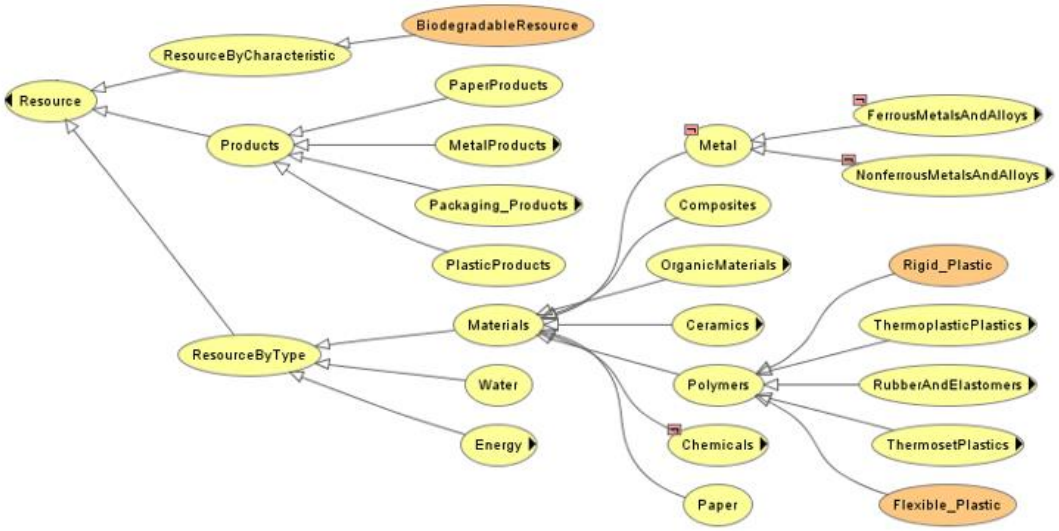
- ***Thomas R. Gruber (1993):*** *«Οντολογία είναι ένας τυπικός και σαφής ορισμός μιας κοινά αποδεκτής εννοιολογικής μορφοποίησης».* Με τον όρο εννοιολογική μορφοποίηση εννοείται μια απλοποιημένη αντίληψη του γνωστικού αντικειμένου ή του χώρου τον οποίο θέλουμε να περιγράψουμε.[18]

- ***N. Guarino:*** *«Οντολογία είναι ένα σύνολο λογικών αξιωμάτων, που δίνονται για να αποδώσουν το επιδιωκόμενο νόημα ενός λεξικού».*[19]

- ***Ding, Peng & Pan (2004):*** *«Οντολογία ορίζεται το σύνολο του λεξιλογίου και των εννοιών για την περιγραφή και την αναπαράσταση της επίνοιας μιας θεματικής περιοχής».* Η επίνοια (conceptualization) είναι η απλοποιημένη μορφή του κόσμου που είναι επιθυμητό να αναπαρασταθεί (Gruber, 1993) και αποτελείται από αντικείμενα που υπάρχουν σε ένα κόσμο και από τις μεταξύ τους σχέσεις (Mizoguchi & Bourdeau, 2000). Η αναπαράσταση αφορά στην κωδικοποίηση της περιγραφής με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή, ενώ με τον όρο περιγραφή εννοείται ο συνδυασμός των όρων που χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν τις μεταξύ τους σχέσεις (Βαλαράκος, 2005). [6],[13],[17]

Ένας πιο αυστηρός ορισμός είναι εκείνος κατά τους *Ehriq και Staab (2004).* Εδώ μια οντολογία ορίζεται ως μια εξάδα, που αποτελείται από τα έξι παρακάτω στοιχεία[14]:

- Ένα σύνολο κατηγοριών, που μοιράζονται κοινές ιδιότητες, οργανώνονται σε μια ιεραρχική υπαλληλία ανά αντικείμενα οντοτήτων. Τα ονόματα των κατηγοριών είναι μοναδικά.
- Ένα σύνολο ιδιοτήτων που αφορά τα δεδομένα (data properties) και χαρακτηρίζουν τις κατηγορίες και ένα σύνολο ιδιοτήτων που αφορά τα αντικείμενα (object properties) και δίνει τη δυνατότητα πρόσθετων συνδέσεων μεταξύ των κατηγοριών.
- Η υπαλληλία των ιδιοτήτων οργανώνεται με τη μορφή «ιδιότητα-υποιδιότητα» και, έτσι, επιτρέπεται η περαιτέρω υποδιαίρεση της αντίστοιχης έννοιας.
- Κάθε κατηγορία μπορεί να περιέχει περιπτώσεις. Οι κατηγορίες χωρίς περιπτώσεις, δηλαδή οι άδειες κατηγορίες, μπορούν πάραυτα να περιέχουν ιδιότητες ώστε να ενισχύσουν τις σημασιολογικές πτυχές της οντολογίας.
- Ένα σύνολο αξιών που συμπληρώνουν τις ιδιότητες μιας κατηγορίας, της οποίας η εκάστοτε περίπτωση είναι μέλος.
- Ένα σύνολο αξιωμάτων, περιορισμών των ιδιοτήτων, με σκοπό να περιορίσουν το εύρος των ιδιοτήτων του αντικειμένου (object properties), να καθοριστεί ο πληθάριθμος επί των ιδιοτήτων αντικειμένου ή δεδομένου και να καθοριστούν ακριβείς τιμές των περιπτώσεων για τις ιδιότητες αντικειμένου (object properties) και ακριβείς τιμές δεδομένων για τις ιδιότητες δεδομένου (data properties).



Εικόνα 3. 1 *Παράδειγμα οντολογίας (από F. Cecelja, T. Raafat, N. Trokanas, S. Innes, A. Yang, M. Smith, Y. Zorgios, X. Bymi, Z. Palaskas, N.Markatos, and A. Kokossis)*

Πιο απλά, μια οντολογία είναι μια τυπική αναπαράσταση, ένα αυστηρά εννοιολογικό σχήμα, μια ιεραρχική δομή μιας θεματικής περιοχής που περιέχει τις σχετικές οντότητες και τις σχέσεις μεταξύ τους, καθώς και τους κανόνες που διέπουν τη θεματική περιοχή. Μια οντολογική ανάλυση αποσαφηνίζει τη δομή της πληροφορίας, παραλληλίζοντας την πραγματικότητα μιας θεματικής περιοχής και τον τρόπο αναπαράστασης αυτής μέσω των οντολογιών. Η οντολογία, λοιπόν, σε μια θεματική περιοχή συγκροτεί και αποτελεί τη βάση ενός συστήματος αναπαράστασης και διαχείρισης γνώσης, προσθέτοντας νόημα στην πληροφορία, για να παρέχεται «η σωστή πληροφορία, στο σωστό άτομο τη σωστή στιγμή και με το σωστό τρόπο».

3.2 Πλεονεκτήματα οντολογιών και Βασικές Αρχές Σχεδιασμού

Οι οντολογίες χρησιμοποιούνται προκειμένου να μοιραστεί και να διευρυνθεί η γνώση στις κοινωνίες και μέσω του διαδικτύου. Οι σημασιολογικές πτυχές τους καθιστούν δυνατή την ενσωμάτωσή τους με άλλες οντολογίες, την επικαιροποίησή τους χωρίς την ανάγκη επανασχεδιασμού και τη συνεχή καταγραφή σε αυτές νέων στοιχείων.

Πλεονεκτήματα από την ανάπτυξη τεχνολογιών (Natalya F. Noy, Deborah L. McGuinness) [32]:

- ***Κοινή χρήση της δομής της πληροφορίας ανάμεσα σε ανθρώπους και μηχανές.*** Με τη βοήθεια μιας οντολογίας δίνεται η δυνατότητα στις εφαρμογές να συνδυάσουν όγκο πληροφοριών για να απαντήσουν στις αναζητήσεις του χρήστη.
- ***Επαναχρησιμοποίηση της γνώσης μιας περιοχής.*** Μια οντολογία καλώς ορισμένη σε μια περιοχή από κάποια ομάδα είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί και σε άλλες περιοχές από άλλες ομάδες. Επιπλέον, δίνεται η δυνατότητα ανάπτυξης νέων οντολογιών, που αποτελούν συνένωση ήδη υπαρχουσών επιμέρους οντολογιών.
- ***Σαφής ορισμός των αξιωμάτων μιας γνωστικής περιοχής.*** Αυτό βοηθά τους χρήστες της οντολογίας να κατανοήσουν την υπάρχουσα γνώση.
- ***Διαχωρισμός της γνώσης μιας περιοχής από τη λειτουργική γνώση.***
- ***Ανάλυση της γνώσης.*** Η ανάλυση της γνώσης καθίσταται δυνατή με χρήση όρων που είναι διαθέσιμοι και οι οποίοι πρέπει να έχουν παραχθεί από μια τυπική διαδικασία ανάλυσης.

Με τον όρο Βασικές Αρχές Σχεδιασμού μιας οντολογίας εννοούνται τα αντικειμενικά εκείνα κριτήρια τα οποία δείχνουν το ΄΄μονοπάτι΄΄ για την ανάπτυξη μιας οντολογίας. Για το σκοπό αυτό, αναγνωρίζονται οι παρακάτω βασικές αρχές σχεδιασμού οντολογιών [38]:

- ***Σαφήνεια και αντικειμενικότητα (clarity and objectivity):*** Μια οντολογία πρέπει να δίδει όσο το δυνατόν πιο αποτελεσματικά (σαφέστερα) την επιδιωκόμενη έννοια των όρων που περιέχει. Οι ορισμοί πρέπει να είναι αντικειμενικοί, δηλαδή ανεξάρτητοι από το κοινωνικό πλαίσιο και τις υπολογιστικές απαιτήσεις.

- ***Συνοχή-συνέπεια (coherence):*** Μια οντολογία πρέπει να είναι συνεπής, δηλαδή τα συμπεράσματα που χρησιμοποιεί να είναι σε συμφωνία με τους ορισμούς. Σε μια συνεπή οντολογία τα αξιώματα και οι ορισμοί έχουν λογική συνέχεια και συνέπεια. Μια μη συνεπής οντολογία, δηλαδή μια ασυνεπής οντολογία, οδηγεί σε συμπεράσματα που αντικρούουν κάποιον ορισμό ή αξίωμα.
- ***Επεκτασιμότητα (extensibility):*** Μια οντολογία πρέπει να σχεδιάζεται ώστε να δίνεται η δυνατότητα να επεκτείνεται και να εξειδικεύεται ως προς τις έννοιες και τις σχέσεις που εμπεριέχονται σε αυτή. Πρέπει κάποιος να είναι σε θέση, βασιζόμενος στο υπάρχον λεξικό, να καθορίσει νέους όρους, τέτοιους ώστε να μην απαιτείται η αναθεώρηση των υπαρχόντων ορισμών.
- ***Ελαχιστοποίηση της εξειδίκευσης στην κωδικοποίηση (minimal encoding bias):*** Η οντολογία ασχολείται με το γνωστικό αντικείμενο και απώτερος σκοπός της είναι η επαναχρησιμοποίησή της από διαφορετικά συστήματα με διαφορετικές προσεγγίσεις. Για το λόγο αυτό, η κωδικοποίηση της οντολογίας θα πρέπει να γίνεται με τρόπο απλό απαιτώντας όσο το δυνατόν μικρότερους και απλούστερους κώδικες, οι οποίοι να μην επηρεάζουν την πληροφορία.
- ***Ελαχιστοποίηση της οντολογικής δέσμευσης (minimal ontological commitment):*** Τα αξιώματα που εμπεριέχονται στην οντολογία πρέπει να είναι γενικευμένα. Καλό είναι να αποφεύγεται η σαφής αναφορά στο πεδίο ενδιαφέροντος που μοντελοποιείται, προκειμένου να υπάρχει ελευθερία για εξειδίκευση και εφαρμογή σε συγκεκριμένες περιοχές, καθώς και για την επαναχρησιμοποίηση της οντολογίας σε άλλα πεδία ενδιαφέροντος.

3.3 Δομικές ενότητες της οντολογίας

Εδώ θα αναφερθούν οι δομικές ενότητες μιας τυπικής οντολογίας.[2]

- **Κλάσεις (Classes):** Οι Κλάσεις αναπαριστούν τις έννοιες. Μια κλάση ή κύρια κλάση μπορεί να έχει υποκλάσεις, οι οποίες αντιπροσωπεύουν έννοιες οι οποίες είναι πιο συγκεκριμένες από την έννοια που καθορίζεται από την κύρια κλάση. Οι ιδιότητες των κύριων κλάσεων ή υπερκλάσεων περνούν και στις υποκλάσεις τους και κατ' επέκταση στις υποκλάσεις των υποκλάσεων και ούτω καθεξής.
- **Στιγμιότυπα (Individuals):** Είναι τα στοιχειώδη αντικείμενα που βρίσκονται στο χαμηλότερο επίπεδο της ιεράρχησης.
- **Ιδιότητες (Properties):** Εδώ περιγράφονται οι ιδιότητες των κλάσεων και των στιγμιότυπων. Εκφράζουν τους τρόπους με τους οποίους συνδέονται και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους οι κλάσεις και τα στιγμιότυπα. Οι οντολογίες περιέχουν κυρίως δυαδικές σχέσεις, των οποίων το πρώτο όρισμα είναι το πεδίο της σχέσης (domain) και το δεύτερο όρισμα η εμβέλεια (range).
- **Αξιώματα (Axioms):** Κανόνες και προτάσεις που είναι πάντοτε αληθείς. Όλα μαζί εκφράζουν τη θεωρία που περιγράφει η οντολογία.

- **Περιορισμοί (Restrictions):** αποτελούν τυπικά ορισμένες περιγραφές για το τι πρέπει να ισχύει προκειμένου κάποιο στιγμιότυπο να ανήκει σε μια κλάση.
- **Κανόνες (Rules):** αποτελούν δηλώσεις στη μορφή προτάσεων αν-τότε (if-then) , δηλαδή υπόθεση – συμπέρασμα, που περιγράφουν τα λογικά συμπεράσματα που μπορούν να εξαχθούν με βάση συγκεκριμένες υποθέσεις.

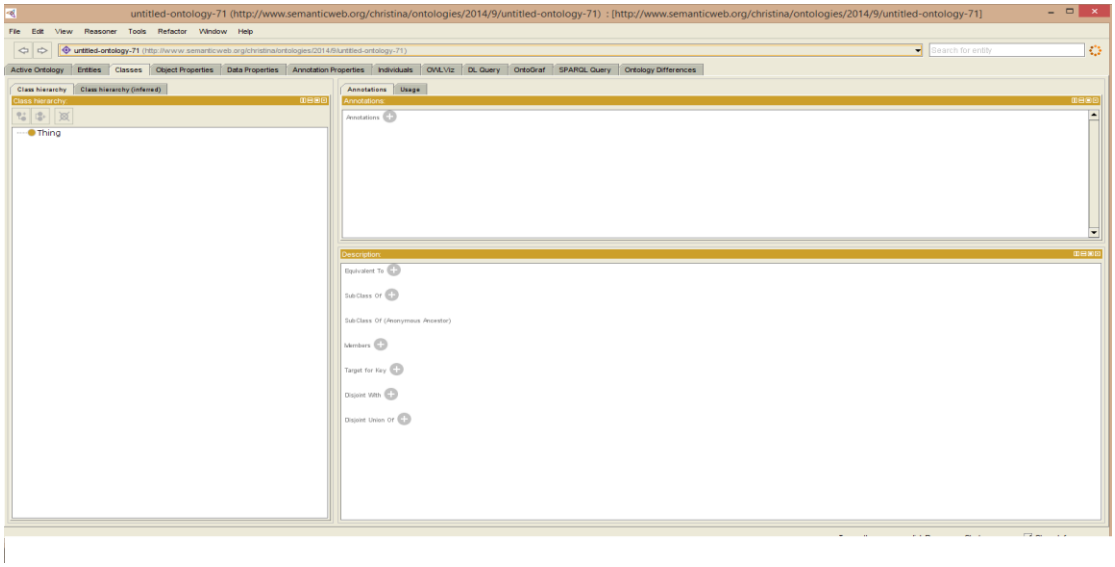
Στην παρούσα διπλωματική εργασία αναπτύχθηκαν, κατά το χτίσιμο της οντολογίας, όχι το συνολικό πλήθος των δομικών ενοτήτων μιας οντολογίας. Τρεις είναι οι δομικές ενότητες που αναπτύχθηκαν, οι εξής: **Κλάσεις (Classes)**, οι **Ιδιότητες (Properties)** και τα **Στιγμιότυπα (Individuals)**.

3.4 Γλώσσα αναπαράστασης οντολογίας και εργαλείο ανάπτυξης και διαχείρισης

Η γλώσσα *RDF (Resource Description Framework)* αναπτύχθηκε από το *W3C (World Wide Web Consortium)*, για την περιγραφή πηγών του ιστού και βασίστηκε στη σημασιολογία του δικτύου. Η *RDF* δεν παρέχει μηχανισμούς για τον καθορισμό σχέσεων, έτσι δημιουργήθηκε η *RDFS (RDF-Schema),* που αποτελεί μια επέκταση της *RDF*. Ο συνδυασμός των δύο αυτών γλωσσών δημιούργησε μια νέα γλώσσα αναπαράστασης οντολογιών, την *RDF(S).* Η *RDF(S)* επιτρέπει την αναπαράσταση εννοιών, ταξινομήσεων εννοιών και δυαδικών σχέσεων.

Πάνω στην *RDF(S)* δημιουργήθηκε και η γλώσσα *OWL (Web Ontology Language).* Εδώ προστίθεται επιπλέον λεξιλόγιο για την περιγραφή ιδιοτήτων και κλάσεων. Επιπλέον, παρέχει μηχανισμούς για τη δημιουργία εννοιών, στιγμιότυπων, σχέσεων και αξιωμάτων.

Το *Protégé* αποτελεί ένα ευρέως διαδεδομένο εργαλείο δημιουργίας οντολογιών και το οποίο αναπτύχθηκε στο πανεπιστήμιο του Stanford. Είναι ένα «ανοιχτού κώδικα» (open-source) εργαλείο βασισμένο σε JAVA, το οποίο παρέχεται δωρεάν. Μέσω ενός γραφικού περιβάλλοντος επιτρέπει τη δημιουργία σύνθετων οντολογιών και την περιήγηση σε αυτές.



Εικόνα 3. 2 *Το περιβάλλον του Protégé*

Όπως στα περισσότερα εργαλεία μοντελοποίησης, η αρχιτεκτονική του *Protégé* είναι χωρισμένη στο τμήμα του «μοντέλου» και στο τμήμα της «απεικόνισης». Το «μοντέλο» είναι ο μηχανισμός εσωτερικής αναπαράστασης για οντολογίες και βάσεις γνώσης. Τα εργαλεία της «απεικόνισης» παρέχουν ένα περιβάλλον για απεικόνιση και επεξεργασία του μοντέλου της γνώσης. Γενικά, είναι σε θέση να αναπαριστά οντολογίες που αποτελούνται από κλάσεις, ιδιότητες, χαρακτηριστικά των ιδιοτήτων και στιγμιότυπα.

Στην παρούσα διπλωματική χρησιμοποιήθηκε η εφαρμογή *Protégé-OWL Editor* . Η εφαρμογή αυτή επιτρέπει στους χρήστες :

- Να φορτώνουν και να σώζουν *OWL* και *RDF* οντολογίες.
- Να συντάσσουν και να απεικονίζουν κλάσεις και ιδιότητες.
- Να εκτελούν λογικούς συλλογισμούς.
- Να συντάσσουν την *OWL* με στόχο την οικοδόμηση του Σημασιολογικού Ιστού.

Η γλώσσα που χρησιμοποιείται για την εξαγωγή της γνώσης είναι η *SPARQL (SPARQL Protocol and RDF Query Language)*. Η *SPARQL* αποτελεί γλώσσα υπερωτήσεων προς *RDF* σχήματα. Με τη γλώσσα αυτή, η οντολογική γνώση που έχει αναπαρασταθεί σε *RDF* μπορεί εύκολα να ερωτηθεί, να αποκοπεί, να μετασχηματισθεί ή να συγκεντρωθεί.

Κεφάλαιο 4. Μεθοδολογία

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται η παρουσίαση της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Αρχικά παρουσιάζεται ο τρόπος συλλογής και επεξεργασίας των δεδομένων. Τα δεδομένα αποτελούν διάφορα είδη βιομάζας που εμφανίζονται σε λιμάνια που μελετήθηκαν στο πλαίσιο του ευρωπαϊκού προγράμματος EPIC2020. Στη συνέχεια δίνεται έμφαση στη μελέτη των τεχνολογιών μετατροπής βιομάζας, που συνδέονται άμεσα με τα δεδομένα μας, και στη σύντομη παρουσίασή τους. Τέλος, δίνεται μια σύντομη ανάλυση του τρόπου ανάπτυξης και δημιουργίας της τελικής οντολογίας.

Στην αρχή της παρούσας διπλωματικής εργασίας στόχος ήταν η εφαρμογή βιομηχανικής συμβίωσης μεταξύ των εγκατεστημένων, στα τέσσερα επιλεγμένα λιμάνια, βιομηχανιών.

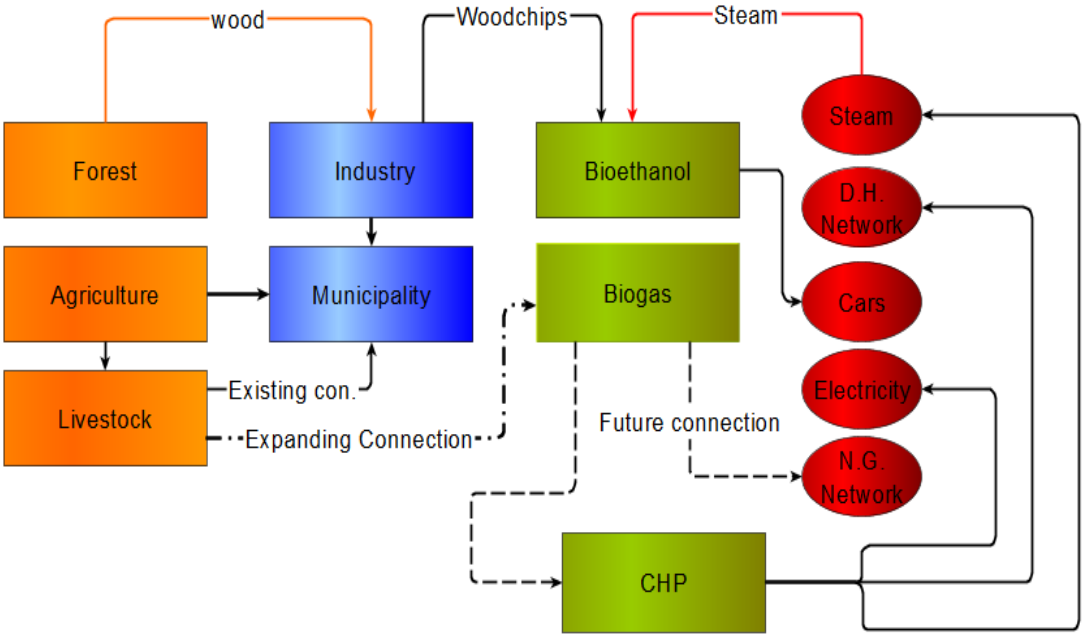
Μελετώντας τα λιμάνια και τις βιομηχανίες τους, ως προς το δυναμικό της βιοενέργειας, παρατηρήθηκε ότι οι βιομηχανίες μόνο δεν παρουσίαζαν μεγάλο δυναμικό. Έτσι, ξεκίνησε η αναζήτηση ΄΄πηγών΄΄ βιοενέργειας και εκτός των βιομηχανιών. Συμπεριλήφθηκαν, με πρόταση του υπ. Διδάκτορα κ. Λιγνού Γεωργίου, στη μελέτη αγροτικές, αλλά και κτηνοτροφικές μονάδες, καθώς οι μονάδες αυτές παρουσιάζουν σημαντική παραγωγή ανεκμετάλλευτης βιομάζας. Ο πρωτογενής τομέας και ο δευτερογενής τομέας διαχωρίζονται, παρόλο που και οι δύο αποτελούν ΄΄πηγές΄΄ βιομάζας. Στο *διάγραμμα 4.1* ο πρωτογενής τομέας παρουσιάζεται με το πορτοκαλί χρώμα, ενώ ο δευτερογενής τομέας , δηλαδή οι βιομηχανίες και οι δήμοι, με μπλε.

Επιπλέον, εκτός των αγρο-κτηνοτροφικών μονάδων, εισάγονται στην ιδέα της συμβίωσης και οι τελικοί αποδέκτες -ή μονάδες χρήσης- της παραγόμενης βιοενέργειας. Η ιδέα των τελικών αποδεκτών -παρουσιάζονται με κόκκινο χρώμα στο *διάγραμμα 4.1*- εισήχθη από τον υπ. Διδάκτορα, κ. Λιγνό Γεώργιο, και έγινε με γνώμονα το κατά πόσο αποτελούν σίγουρη αγορά βιοενέργειας.

Όσον αφορά τις τεχνολογίες που μελετήθηκαν, και παρουσιάζονται με πράσινο χρώμα στο *διάγραμμα 4.1*, επιλέχθηκαν οι ίδιες για κάθε λιμάνι. Αυτό θα βοηθήσει στην ομοιόμορφη εκτίμηση δυναμικού βιοενέργειας για κάθε λιμάνι. Επιλέχθηκαν ώριμες, δοκιμασμένες και με μεγάλη απόδοση τεχνολογίες μετατροπής βιομάζας. Αυτές, όπως θα αναλυθεί και πιο κάτω, είναι οι αναερόβια χώνευση, ζύμωση και συμπαραγωγή. Άλλες τεχνολογίες, όπως η πυρόλυση και η αεριοποίηση, δε μελετήθηκαν λόγω έλλειψης επαρκών βιβλιογραφικών δεδομένων.

Εγείρεται, λοιπόν, η ανάγκη οι 4 αυτές ομάδες, που δημιουργήθηκαν, καθώς και οι επιμέρους οντότητές τους, να ενωθούν μεταξύ τους μέσω ανταλλασσόμενων ροών, έτσι ώστε να δημιουργηθούν τα δίκτυα συμβίωσης. Καταγράφονται οι ήδη υπάρχουσες ανταλλασσόμενες ροές *(current)*. Στη συνέχεια, προτείνονται καινούριες ή επεκτάσεις των ήδη εκμεταλλευόμενων ροών, με βάση την εφαρμογή κάποιας ώριμης τεχνολογίας μετατροπής *(expanding)*. Τέλος, προτείνονται και μελλοντικές συνδέσεις, είτε με βάση κάποια λιγότερο ώριμη τεχνολογία είτε με βάση την τελική χρήση της παραγόμενης βιοενέργειας *(future)*.

Στο *διάγραμμα 4.1* φαίνεται ο τρόπος ανάπτυξης των δικτύων βιομηχανικής συμβίωσης στην παρούσα διπλωματική εργασία, με βάση τα όσα αναπτύχθηκαν πιο πάνω.



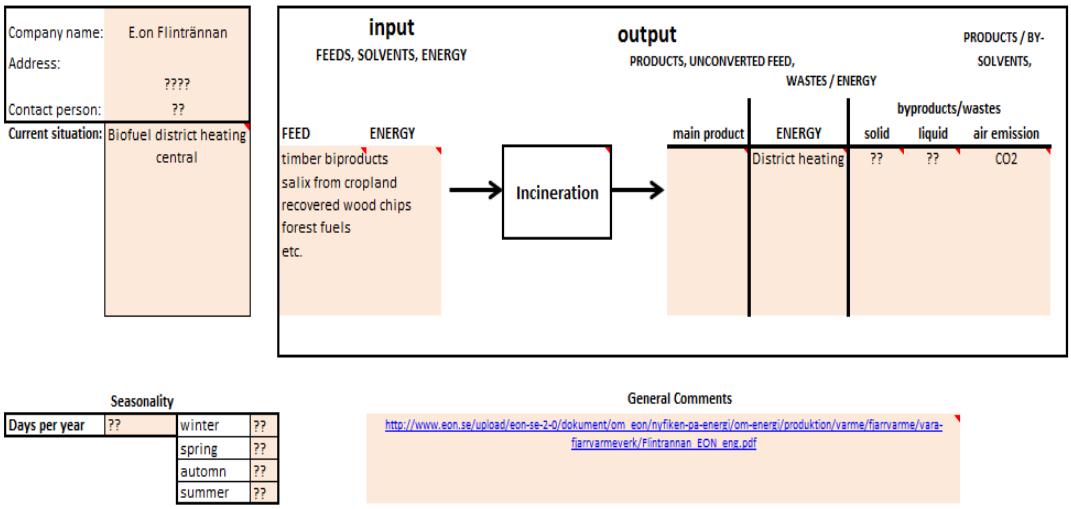
Διάγραμμα 4.1 *Ανάπτυξη δικτύων συμβίωσης*

4.1 Συλλογή και επεξεργασία δεδομένων

Η συλλογή και η επεξεργασία των δεδομένων έγινε στο πλαίσιο του ευρωπαϊκού προγράμματος EPIC2020. Τα λιμάνια που συμμετείχαν είναι Wismar (Γερμανία), Malmo (Σουηδία), Mantua (Ιταλία) και Akarport (Ελλάδα).

Πρώτο στάδιο ήταν η συλλογή των δεδομένων. Η συλλογή δεδομένων αφορούσε σε πρώτες ύλες και απόβλητα του πρωτογενούς, καθώς και του δευτερογενούς τομέα. Όσον αφορά τον πρωτογενή τομέα, συλλέχθηκαν δεδομένα για τα απόβλητα που προκύπτουν από την κτηνοτροφική δραστηριότητα των περιοχών, καθώς και την αγροτική. Αυτό περιλαμβάνει φάρμες και καλλιέργειες μικρής, αλλά και μεγάλης κλίμακας, δασικές περιοχές, εκτροφεία, σφαγεία. Τα δεδομένα αυτά προέκυψαν από τη συνεργασία των τοπικών αρχών και των ιδιωτών με εταιρίες διαχείρισης αποβλήτων, σε κάθε λιμάνι και την ευρύτερη περιοχή.

Τα δεδομένα του δευτερογενούς τομέα συλλέχθηκαν από πληροφορίες που παρείχαν οι ίδιες οι βιομηχανίες, οι οποίες δραστηριοποιούνται στην περιοχή γύρω από το εκάστοτε λιμάνι. Τα δεδομένα αυτά αφορούσαν σε ροές ενέργειας-ηλεκτρικής, θερμικής, ατμού- τόσο σε επίπεδο παραγωγής όσο και κατανάλωσης, πρώτες ύλες και προϊόντα παραγωγής της βιομηχανίας, καθώς και τα απόβλητά της. Τα δεδομένα του δευτερογενούς τομέα συμπληρώνονταν από τις βιομηχανίες σε φόρμες που είχαν τη μορφή που παρουσιάζεται πιο κάτω.



Εικόνα 4.1 *Φόρμα καταγραφής δεδομένων των βιομηχανιών*

Όπως φαίνεται στην *εικόνα 4.1* ζητήθηκε από τις βιομηχανίες που συμμετείχαν στο πρόγραμμα να συμπληρώσουν τα στοιχεία τους και την περίοδο λειτουργίας τους. Στη συνέχεια, έπρεπε να συμπληρώσουν στοιχεία για την τροφοδοσία τους (Input), δηλαδή τις πρώτες ύλες που χρησιμοποιούν, τα προϊόντα (Output) που λαμβάνονται χωρισμένα στις κατηγορίες : Κύριο προϊόν (main product), Ενέργεια (ENERGY) και Παραπροϊόντα/ Απόβλητα (byproducts/wastes). Βασικό ήταν να μας υποδείξουν και μέσω ποιας διεργασίας γίνεται η μετατροπή των πρώτων υλών σε προϊόντα. Αυτό βοήθησε να ελεγχθούν τυχόν παραλείψεις, κυρίως στα προϊόντα και τα απόβλητα της κάθε βιομηχανίας.

Ένα πολύ σημαντικό στοιχείο της φόρμας αυτής είναι η ενότητα Γενικά Σχόλια (General Comments). Εκεί ζητήθηκε από τις βιομηχανίες να σημειώσουν την οποιαδήποτε ανταλλαγή ροών, είτε ενέργειας είτε υλικών, και τους συμμετέχοντες σε αυτή την ανταλλαγή. Αυτό έδωσε μια πρώτη εικόνα του κατά πόσο υπάρχουν μορφές συμβίωσης στα λιμάνια.

	E.on Flintrännan			input (per year)		Secondary data						
No.	PHASE	COMPONENT	DESCRIPTION	AMOUNT	UNITS	purity	supply pattern	Hazard / Toxicity	Mean of transport	Current solution	available stock	Occupied space
1	solid	timber biproducts	wmill chips, bark a	300000	m3	??	??	??	??	??	??	??
	solid	salix from cropland	forest grown on cr			??	??	??	??	??	??	??
	solid	recovered woodchips	wood waste from			??	??	??	??	??	??	??
	solid	forest fuels	, branches tops an			??	??	??	??	??	??	??
	gas	hot combustion gases	e incineration of s	??	??	??	??	??	??	??	??	??
						??	??	??	??	??	??	??

	E.on Flintrännan			output (per year)		Secondary data						
	PHASE	COMPONENT	DESCRIPTION	AMOUNT	UNITS	purity	supply pattern	Hazard / Toxicity	Mean of transport	Current solution	available stock	Occupied space
1	energy	district heating	Main Product	31850	MWh	??	??	??	??	??	??	??
	??	??	??	??	??	??	??	??	??	??	??	??
	??	??	??	??	??	??	??	??	??	??	??	??
	??	??	??	??	??	??	??	??	??	??	??	??
	??	??	??	??	??	??	??	??	??	??	??	??
	??	??	??	??	??	??	??	??	??	??	??	??

energy	district heating	Main Product	40	MW
gas	hot combustion gases	ration, extracted by	15	MW

31850 MWh 5484MWh of these came from hot combustion gases

Εικόνα 4.2 *Αναλυτική καταγραφή δραστηριότητας βιομηχανιών*

Στην *εικόνα 4.2* φαίνεται η δεύτερη φόρμα όπου ζητήθηκε να συμπληρωθούν, με πιο αναλυτικό τρόπο τώρα, τα στοιχεία της πρώτης φόρμας. Εδώ ζητείται από τις βιομηχανίες να παράσχουν και ποσοτικά δεδομένα, κάτι που δεν ήταν πάντα εφικτό. Όλα τα στοιχεία που δίνονται είναι σε ετήσια βάση. Ενδεικτικά, ζητήθηκαν στοιχεία για τις πρώτες ύλες, τα προϊόντα και τα απόβλητα που αφορούσαν στην καθαρότητα (purity), στην υπάρχουσα διάθεσή τους (current solution), στην επικινδυνότητα/τοξικότητα των υλών (Hazard/Toxicity).

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι τα δεδομένα δεν ήταν μόνο ποιοτικά, αλλά και ποσοτικά για κάθε περιοχή.

Δεύτερο στάδιο αποτέλεσε η επεξεργασία των δεδομένων. Αφού έγινε η συλλογή, ακολούθησε η επιλογή των δεδομένων. Η επιλογή των δεδομένων έγινε με βάση το αν αυτά μπορούν να αποτελέσουν πηγή για την παραγωγή βιοενέργειας. Η επιλογή εφαρμόστηκε κυρίως στο δευτερογενή τομέα, τόσο στα απόβλητα όσο και στις πρώτες ύλες που αποτελούν την τροφοδοσία των βιομηχανιών. Επιπλέον, ελέγχθηκε και ποσοτικά η διαθεσιμότητα της κάθε βιομάζας, ώστε να αποφασιστεί που θα εστιάσει η έρευνά μας, αλλά και σε ποιες περιπτώσεις μπορούν να γίνουν προτάσεις για μελλοντική επεξεργασία.

Επόμενο στάδιο αποτέλεσε η μελέτη κάθε βιομάζας και πως μπορεί να χρησιμοποιηθεί όσο πιο αποδοτικά γίνεται, με βάση τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της και τη διάθεσή την στις αναφερόμενες περιοχές. Ακόμα, ελήφθησαν υπόψιν οι ενεργειακές ανάγκες κάθε περιοχής , η προσφορά και η ζήτηση αγαθών και υλικών, καθώς και οι υπάρχουσες υποδομές σε κάθε περιοχή, έτσι ώστε να αποφασιστεί που θα επικεντρωθεί η έρευνα. Έγινε μια πρώτη προσέγγιση με ήδη δοκιμασμένες τεχνολογίες μετατροπής βιομάζας, κυρίως με γνώμονα την παραγωγή βιοαερίου και βιοαιθανόλης, αλλά και την παραγωγή ενέργειας μέσω καύσης. Με βάση όλα τα δεδομένα, αλλά και με μοντέλα που αναπτύχθηκαν από βιβλιογραφική μελέτη, έγινε για κάθε λιμάνι η εκτίμηση δυναμικού βιοενέργειας.

4.2 Εισαγωγή στις τεχνολογίες

Έχοντας συλλέξει όλα τα δεδομένα για τις πρώτες ύλες και τα απόβλητα που ήταν διαθέσιμα, έπρεπε να εξεταστεί με ποιο τρόπο αυτά τα δεδομένα μπορούν να οδηγηθούν στο τελικό προϊόν βιοενέργειας.

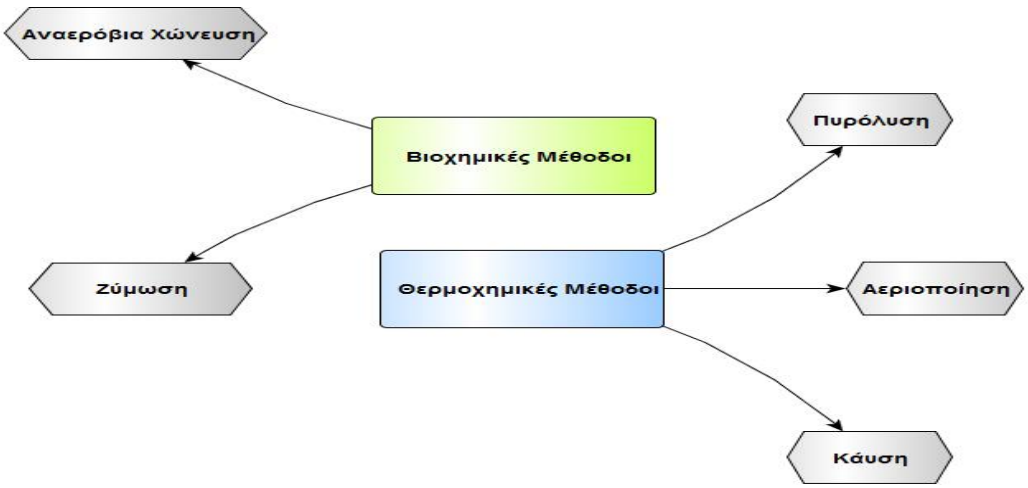
Εκτός από τις τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση του δυναμικού βιοενέργειας –εστιάζοντας στην παραγωγή βιοαερίου και βιοαιθανόλης- θεωρήθηκε σημαντικό να εξεταστούν και άλλες τεχνολογίες λιγότερο ή περισσότερο ανεπτυγμένες, είτε σε εργαστηριακή είτε σε βιομηχανική κλίμακα. Ήταν εξαιρετικά σημαντικό να μελετηθούν οι τεχνολογίες μετατροπής βιομάζας, ώστε να γίνει κατανοητή η κάθε διεργασία. Να μελετηθεί η εφαρμογή τους στα διάφορα είδη βιομάζας και να αποφασιστεί με ποιες από αυτές τις τεχνολογίες θα προχωρήσει η έρευνα.

Άρχισαν, λοιπόν, να εξετάζονται οι διαθέσιμες τεχνολογίες και παράλληλα οι πιο κατάλληλες για τα χαρακτηριστικά του κάθε λιμανιού. Η επιλογή της τεχνολογίας μετατροπής εξαρτάται από το είδος της πρώτης ύλης, καθώς και από τα επιθυμητά προϊόντα.

Η κάθε τεχνολογία εξετάστηκε και επιλέχθηκε με βάση τις ιδιαιτερότητες του κάθε λιμανιού. Λήφθηκαν υπόψιν :

- τα διαθέσιμα ήδη βιομάζας,
- οι ήδη υπάρχουσες εγκαταστάσεις παραγωγής βιοενέργειας και
- οι τελικοί καταναλωτές βιοενέργειας, καθώς και οι ανάγκες τους.

Στις ευρέως χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες μετατροπής βιομάζας ανήκουν η αναερόβια χώνευση (anaerobic digestion), η ζύμωση (fermentation) και η αεριοποίηση (gasification). Άλλες τεχνολογίες, ίσως λιγότερο ανεπτυγμένες στην μετατροπή βιομάζας, εξετάστηκαν, όπως η πυρόλυση (pyrolysis), που αποτελεί μια υπό έρευνα, αλλά πολλά υποσχόμενη τεχνολογία. Επιπλέον, εξετάστηκε και η συμπαραγωγή (Combined Heat and Power-CHP).



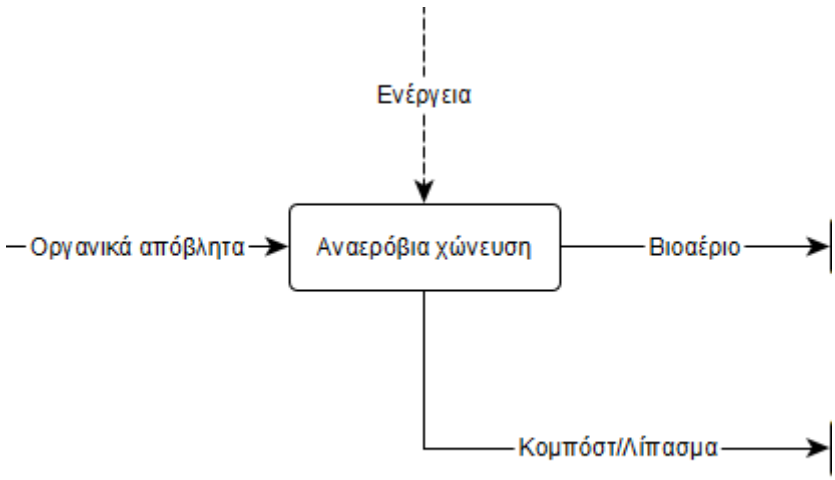
Διάγραμμα 4.2 *Κατηγοριοποίηση μεθόδων/τεχνολογιών*

Έτσι, μέσα από βιβλιογραφικές πηγές, έγινε μια πρώτη προσπάθεια απεικόνισης της λειτουργίας κάθε τεχνολογίας. Σχεδιάστηκαν, δηλαδή, απλά διαγράμματα ροής με σκοπό την καλύτερη κατανόηση της κάθε τεχνολογίας, αλλά και την ευκολότερη σύνδεσή της με τα είδη βιομάζας που είχαμε στη διάθεσή μας. Τα απλά διαγράμματα ροής, καθώς και μια σύντομη περιγραφή για τις τεχνολογίες που επιλέχθηκαν παρουσιάζονται παρακάτω.

- ✓ *Αναερόβια χώνευση (Anaerobic Digestion)*

Αναερόβια χώνευση είναι η διεργασία κατά την οποία οργανική ύλη διασπάται από μικροοργανισμούς μέσα σε κλειστές δεξαμενές απουσία οξυγόνου. Στην αναερόβια χώνευση δημιουργούνται συνθήκες τέτοιες που ευνοούν τη φυσική διάσπαση της οργανικής ύλης από βακτήρια, ελλείψει αέρα. Το κύριο προϊόν της αναερόβιας χώνευσης βιομάζας είναι το βιοαέριο, με περιεκτικότητα μεθανίου (CH_4) που κυμαίνεται στο 50-70%. Επίσης, παράγεται και ένα υγρό το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υγρό λίπασμα στις καλλιέργειες.

Τροφοδοσία της διεργασίας μπορεί να αποτελέσει οποιαδήποτε βιομάζα πλούσια σε οργανική ύλη. Τέτοια είδη βιομάζας είναι η ζωική κοπριά, απόβλητα σφαγείων, λύματα (ιλύς), η οργανική ύλη των αστικών στερεών απορριμμάτων (Municipal Solid Waste-MSW), αγροτικά απόβλητα και οργανικά απόβλητα από τις βιομηχανίες τροφίμων.

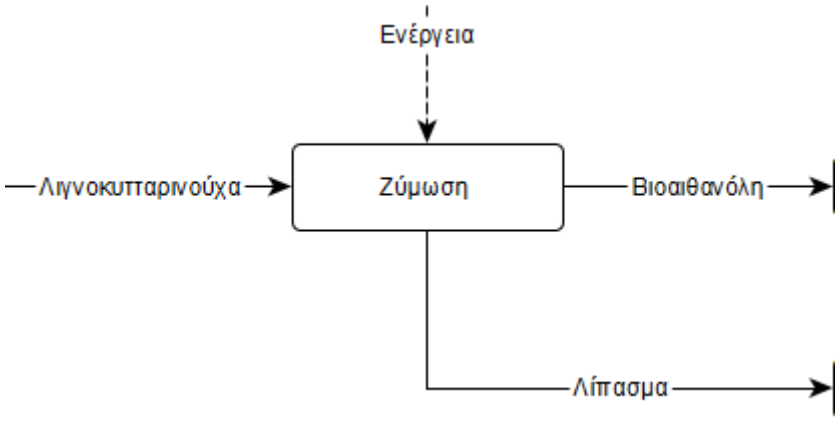


Διάγραμμα 4. 3 *Διάγραμμα ροής Αναερόβιας Χώνευσης*

- ✓ *Ζύμωση (Fermentation)*

Η ζύμωση διαλυμάτων σακχάρων που προέρχονται είτε από αμυλοκαλλιέργειες είτε από λιγνοκυτταρινούχα υλικά απαιτεί προ επεξεργασία της πρώτης ύλης, έτσι ώστε να απελευθερωθούν τα σάκχαρα από το εσωτερικό του φυτού. Το άμυλο υδρολύεται ενζυματικά για να παράξει διαλύματα πλούσια σε σάκχαρα και στη συνέχεια υπόκειται σε μικροβιακή ζύμωση για την παραγωγή βιοαιθανόλης.

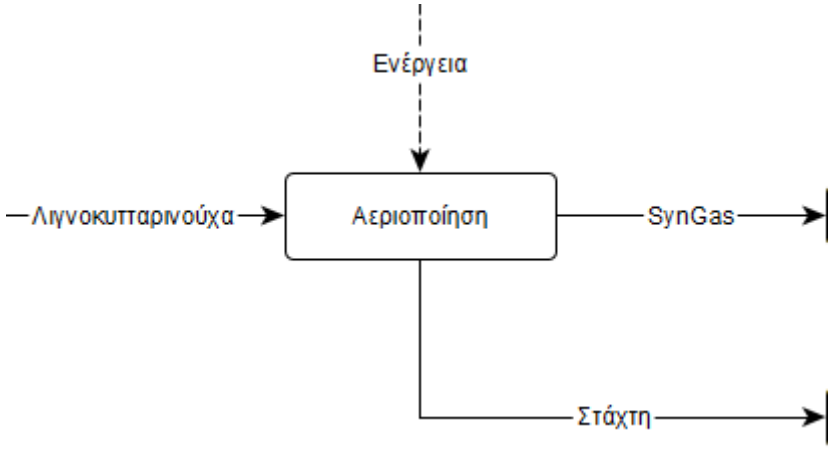
Η λιγνοκυτταρινούχα βιομάζα απαιτεί το διαχωρισμό του κυτταρινούχου και ημικυτταρινούχου υλικού από τη μη ζυμώσιμη λιγνίνη, πριν τη ζύμωση. Τα κυτταρινούχα και ημικυτταρινούχα υλικά υδρολύονται ενζυμικά για την παραγωγή διαλύματος σακχάρων και στη συνέχεια υπόκεινται ζύμωση, ενώ η λιγνίνη χρησιμοποιείται –προς το παρόν- για παραγωγή ενέργειας με καύση.



Διάγραμμα 4. 4 *Διάγραμμα ροής Ζύμωσης*

✓ *Αεριοποίηση (Gasification)*

Βασικό προϊόν της αεριοποίησης βιομάζας είναι το αέριο σύνθεσης (SynGas). Η διεργασία της αεριοποίησης βιομάζας επιτρέπει τη διάσπαση ανθρακούχων υλικών στις ενώσεις του αερίου σύνθεσής τους, δηλαδή σε H_2 και CO. Η αεριοποίηση επιτυγχάνεται μέσω θερμικής διάσπασης υπό την παρουσία περιορισμένης ποσότητας οξυγόνου. Το μίγμα H_2 και CO, που προκύπτει, μετατρέπεται στη συνέχεια στα επιθυμητά μόρια.

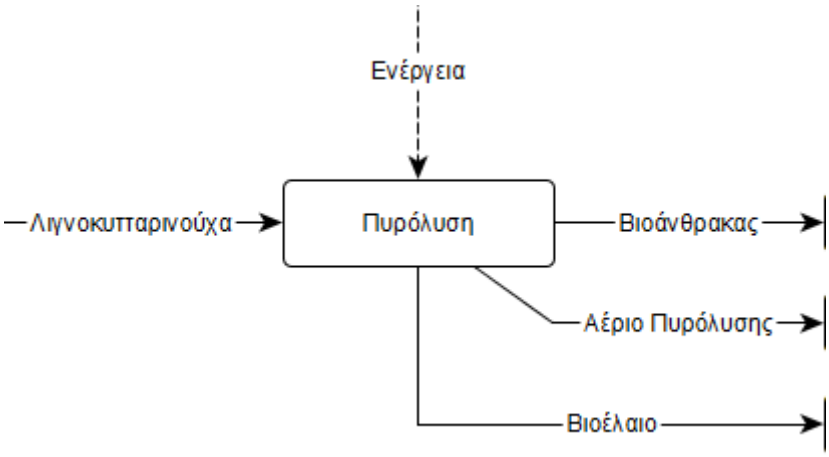


Διάγραμμα 4. 5 *Διάγραμμα ροής Αεριοποίησης*

✓ *Πυρόλυση (Pyrolysis)*

Όπως η αεριοποίηση, έτσι και η πυρόλυση αποτελεί διεργασία θερμικής διάσπασης. Η διεργασία γίνεται απουσία οξυγόνου ώστε να αποφευχθεί η καύση της βιομάζας. Υπάρχει πληθώρα παραλλαγών της διεργασίας της πυρόλυσης, με την ταχεία πυρόλυση (fast pyrolysis) να είναι η πιο διαδεδομένη. Στην πυρόλυση, η βιομάζα υπόκειται θερμική διάσπαση δίνοντας ένα συνδυασμό υγρού βιοελαίου, αερίου πυρόλυσης και στερεού βιοάνθρακα με θεωρητικές αποδόσεις της τάξης του 60%, 20% και 20% αντιστοίχως.

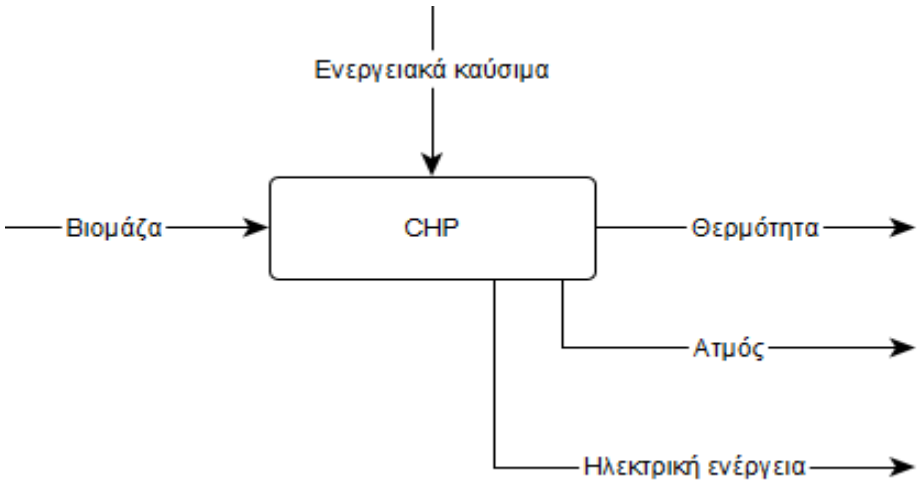
Το υγρό βιοέλαιο περιέχει διάφορους υδρογονάνθρακες και οξυγόνο σε περιεκτικότητα 35-40% και μπορεί να μετατραπεί μέσω υδρογόνωσης ή μέσω αεριοποίησης στον επιθυμητό υδρογονάνθρακα. Το αέριο πυρόλυσης είναι παρόμοιο στη σύνθεση με το SynGas που προκύπτει από την αεριοποίηση βιομάζας. Ο βιοάνθρακας μελετάται για τη συμβολή του στη μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2), ενώ προς το παρόν χρησιμοποιείται και ως λίπασμα σε αγροτικές καλλιέργειες.



Διάγραμμα 4. 6 *Διάγραμμα ροής Πυρόλυσης*

✓ *CHP (Combined Heat and Power)*

Με τον όρο συμπαραγωγή εννοείται η χρήση ενός θερμικού κινητήρα ή ενός σταθμού παραγωγής ενέργειας για την ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και χρήσιμης θερμότητας. Τροφοδοσία μιας τέτοιας διεργασίας μπορεί να αποτελούν τόσο βιομάζα με χαμηλό ποσοστό υγρασίας, καθώς και ενεργειακά καύσιμα όπως έλαιο (π.χ. βιοέλαιο) και αέρια (π.χ. βιοαέριο, SynGas, αέριο πυρόλυσης).



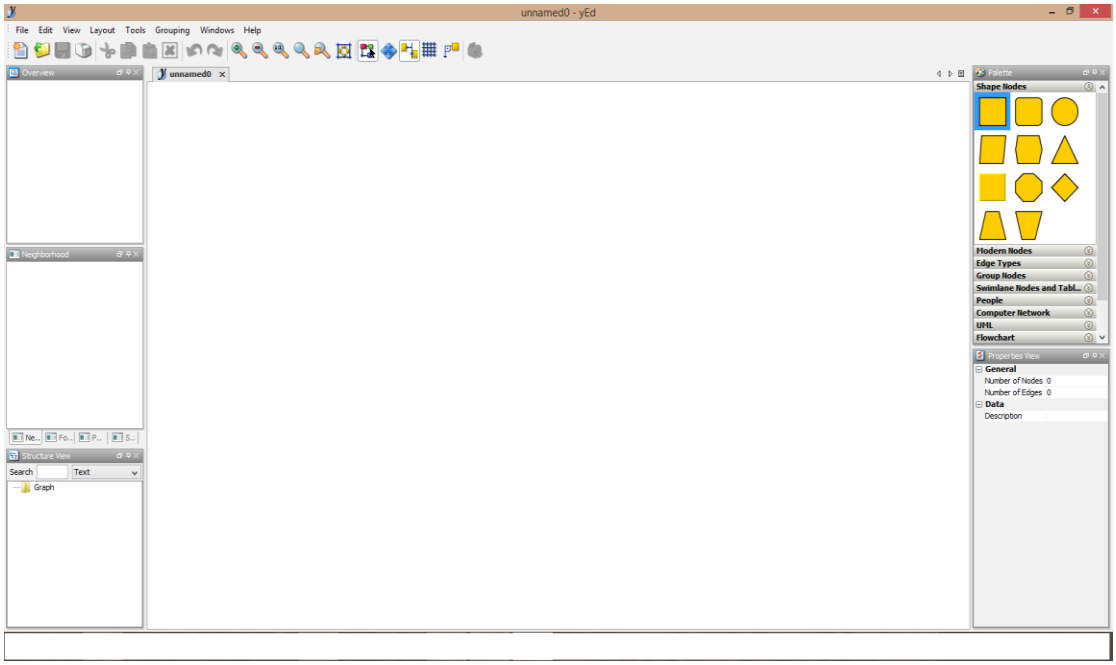
Διάγραμμα 4. 7 *Διάγραμμα ροής Συμπαραγωγής (CHP)*

Επιπλέον, λαμβάνοντας υπόψιν τις ανάγκες, τις πρώτες ύλες και τις δυνατότητες κάθε λιμανιού, καθώς και τις εφαρμογές της κάθε τεχνολογίας μετατροπής βιομάζας, αναπτύχθηκαν δίκτυα βιομηχανικής συμβίωσης εστιάζοντας στην παραγωγή και χρήση βιοενέργειας. Αναπτύχθηκαν και σχεδιάστηκαν δίκτυα βιομηχανικής συμβίωσης και για τα 4 λιμάνια του έργου (Mantua, Wismar, Malmö, Astakos). Σε πολλά από τα δίκτυα συμβίωσης προτάθηκαν και εναλλακτικές μορφές για πιο πλήρη εικόνα και κατανόηση των προοπτικών της βιομηχανικής συμβίωσης.

Ο σχεδιασμός των δικτύων συμβίωσης έγινε με το γραφιστικό πρόγραμμα yEd Graph Editor. Το πρόγραμμα αυτό παρέχει στο χρήστη διάφορα εργαλεία για το σχεδιασμό δομών. Πολύ σημαντικό στοιχείο είναι ότι βοηθά το χρήστη να παρουσιάσει τη δομή που έχει αναπτύξει και σχεδιάσει με πιο λειτουργικό και ξεκάθαρο τρόπο. Αυτό βοηθά πολύ στη μελέτη των δικτύων συμβίωσης, ώστε ο ενδιαφερόμενος να μπορεί να ακολουθήσει τη ροή των συνδέσεων που γίνονται.

Η ανάπτυξη των δικτύων βιομηχανικής συμβίωσης έγινε, όπως αναφέρθηκε, συνδυάζοντας τις πληροφορίες που συλλέχθηκαν από τα 4 βιομηχανικά λιμάνια και από τη βιβλιογραφική μελέτη.

Τα δίκτυα συμβίωσης σχεδιάστηκαν με τη βοήθεια του γραφιστικού προγράμματος yEd Graph Editor, το περιβάλλον του οποίου παρουσιάζεται στην *εικόνα 4.3*.



Εικόνα 4.3 *Περιβάλλον γραφιστικού προγράμματος yEd*

4.3 Ανάπτυξη οντολογίας

Αρχικά η ανάπτυξη των δικτύων βιομηχανικής συμβίωσης έγινε στο χαρτί, με τη γνώση που αποκτήθηκε από τα δεδομένα και τη μελέτη της βιβλιογραφίας. Όμως, καθώς οι συνδέσεις γίνονταν περισσότερο πολύπλοκες και τα δεδομένα και οι διαθέσιμες τεχνολογίες αύξαναν σε όγκο πληροφοριών, παρατηρήθηκε ότι τα διαγράμματα που σχεδιάζονταν γίνονταν ολοένα και πιο δυσανάγνωστα. Παρουσιάστηκε, λοιπόν, η ανάγκη εισαγωγής των δεδομένων σε οντολογίες, ώστε να υπάρχει πιο συγκεντρωμένη, οργανωμένη, προσιτή και ευανάγνωστη τόσο η γνώση όσο και η πληροφορία που αφορούν στη βιομηχανική συμβίωση.

Αν και το χτίσιμο οντολογίας για κάθε λιμάνι φαντάζει το επόμενο βήμα, αποφασίστηκε να γίνει κάτι πληρέστερο στο πλαίσιο αυτής της διπλωματικής εργασίας. Έτσι, ακολούθησε η δημιουργία μιας οντολογίας που εστιάζει στη βιοενέργεια και στα δίκτυα συμβίωσης που προκύπτουν με γνώμονα αυτή. Αυτό σημαίνει ότι σταματάμε να εστιάζουμε στα λιμάνια και διευρύνεται ο τρόπος σκέψης, πάντα στο πλαίσιο της συμβίωσης.

Με τη μελέτη και των διάφορων τεχνολογιών και έχοντας καταστρώσει δίκτυα βιομηχανικής συμβίωσης, έχουμε τώρα μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα. Αρχίζει έτσι η διαδικασία εισαγωγής των δεδομένων μας σε οντολογία. Στο σημείο αυτό προκύπτει και η ανάγκη να κατηγοριοποιηθούν τα δεδομένα σε ομάδες τέτοιες που θα περιγράφουν όσο το δυνατόν πληρέστερα τα χαρακτηριστικά των δεδομένων. Επίσης, εγείρεται και η ανάγκη να δειχθούν όλες οι πιθανές συνδέσεις μεταξύ των δεδομένων, ώστε να οδηγηθούμε στη συμβίωση. Δηλαδή πως από την πρώτη ύλη θα οδηγηθούμε στο τελικό προϊόν και κατ’ επέκταση στον τελικό χρήστη του προϊόντος.

Είναι πολύ σημαντικό να τεθούν επαρκή ερωτήματα, έτσι ώστε να δημιουργηθεί μια ολοκληρωμένη οντολογία. Τα ερωτήματα αυτά θα είναι οι απαιτήσεις ή οι ΄΄προδιαγραφές΄΄ κατά την ανάπτυξη της οντολογίας και τελικά, θα αποτελέσουν ένας οδηγό για ΄΄έλεγχο΄΄ της οντολογίας, αφού αυτή έχει αναπτυχθεί. Τιθέμενα σε γενικότερο πλαίσιο, κάποια επαρκή ερωτήματα είναι:

- Ποιο είναι το πεδίο της οντολογίας;
- Ποια θα είναι η χρήση της οντολογίας;
- Ποιος θα χρησιμοποιεί την οντολογία;

Άλλα ειδικότερα ερωτήματα, που και αυτά με τη σειρά τους τίθενται σε γενικότερο πλαίσιο, είναι:

- Ποιοι είναι οι συμμετέχοντες;
- Τα είδους πληροφορία είναι απαραίτητη για τη δημιουργία συμβιωτικής συνέργειας;
- Τι είδος πόρων, αλλά και λύσεων θα πρέπει να περιλαμβάνει η οντολογία;
- Ποια δεδομένα μας είναι ήδη γνωστά και ποια πρέπει να μας παράσχουν οι συμμετέχοντες;

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, η οντολογία που αναπτύσσεται δεν εμπεριέχει το τοπικό στοιχείο. Δηλαδή, δεν περιλαμβάνει συγκεκριμένες εταιρίες και βιομηχανίες ονομαστικά. Επομένως, η οντολογία δεν γίνεται να αναπτυχθεί με βάση το τοπικό στοιχείο. Επιλέγεται να αναπτυχθεί με βάση την αποδοτικότητα των τεχνολογιών μετατροπής σε βιοενέργεια. Αυτός είναι και ο βασικός άξονας της οντολογίας.

Η οντολογία που χτίζεται προσπαθεί να ανταποκριθεί στην ανάγκη για μια παγκόσμια γενικευμένη οντολογία, που δεν εμπεριέχει το τοπικό στοιχείο. Μια οντολογία που εστιάζει στα είδη βιομάζας και την καταλληλότητα της κάθε τεχνολογίας μετατροπής. Οι ροές και οι συνδέσεις που περιλαμβάνονται στην οντολογία είναι μόνο βιομάζας και βιοενέργειας. Έτσι, η οντολογία οδηγεί σε ΄΄καθαρά΄΄ δίκτυα βιοενέργειας.

Αναλυτική αναφορά για τον τρόπο με τον οποίο χτίστηκε η οντολογία γίνεται στο Κεφάλαιο 6.

Κεφάλαιο 5. Τα λιμάνια του EPIC2020-Αναλυτική εφαρμογή για το λιμάνι της Mantua (Ιταλία)

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η διαδικασία εκτίμησης του δυναμικού βιοενέργειας στα 4 ευρωπαϊκά λιμάνια που συμμετέχουν στο πρόγραμμα, δηλαδή Malmö (Σουηδία), Wismar (Γερμανία), Mantua (Ιταλία), Astakos (Ελλάδα), καθώς και τα δίκτυα βιομηχανικής συμβίωσης που αναπτύχθηκαν για αυτά.

Θα γίνει αναλυτική παρουσίαση των δεδομένων, της εκτίμησης δυναμικού βιοενέργειας, της ανάπτυξης του δικτύου βιομηχανικής συμβίωσης, καθώς και των εναλλακτικών σχεδίων που προτείνονται για τα δίκτυα, μόνο για το λιμάνι της Mantua στην Ιταλία. Αυτό γίνεται γιατί το συγκεκριμένο λιμάνι ήταν υπό τη δική μου ευθύνη στο πλαίσιο του προγράμματος EPIC2020.

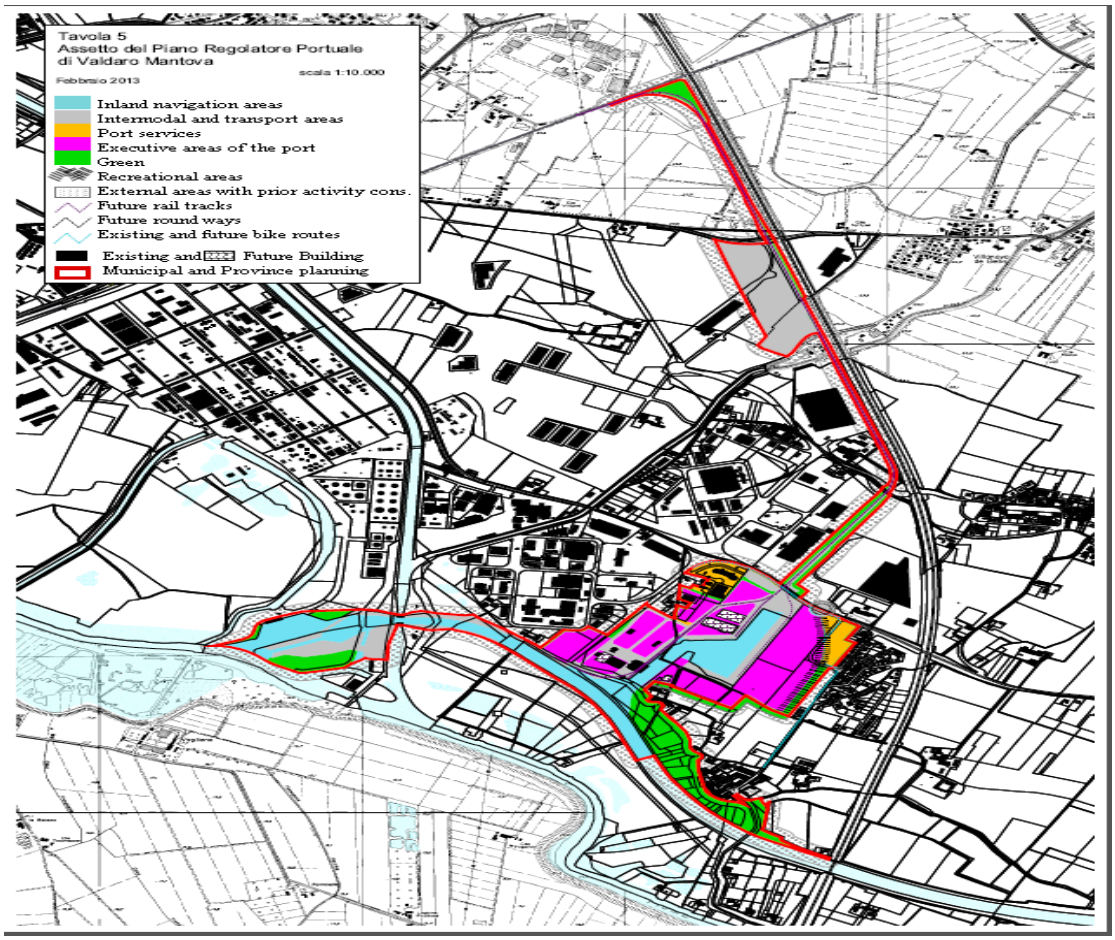
Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον υπ. Διδάκτορα κ. Λιγνό Γεώργιο για τα δεδομένα που παρουσιάζονται στο παρόν κεφάλαιο (*§ 5.2*) και αφορούν στα λιμάνια Wismar, Malmö και Αστακός.

Θα ήθελα εδώ να ευχαριστήσω τον κ. Stancari Simone της AGIRE για την προθυμία του, τη βοήθειά του και συνολικά για την εξαιρετική συνεργασία που είχαμε καθ’ όλη τη διάρκεια του έργου.

5.1 Αναλυτική εφαρμογή στο λιμάνι της Mantua (Ιταλία)

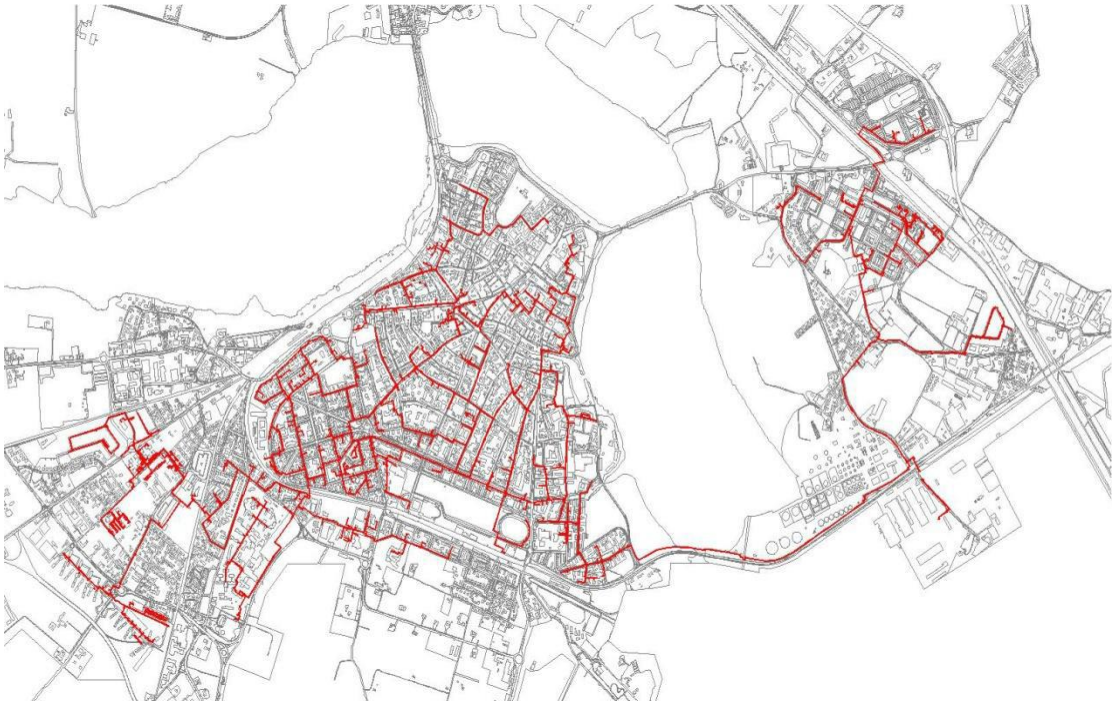
5.1.1 Εισαγωγικά

Το λιμάνι της Μάντοβα (Mantua) "Valdaro" βρίσκεται στη βόρειο Ιταλία, στο Bianco Canal. Το λιμάνι της Μάντοβα είναι σχετικά μικρό, με τη συνολική του έκταση να φτάνει τα 500.000 τ.μ. , και το μοναδικό παραποτάμιο λιμάνι του EPIC2020. Στις κοντινές πόλεις περιλαμβάνονται οι Μάντοβα, San Giorgio di Mantova, Porto Mantovano, Virgilio, Bagnolo San Vito, Curtatone εντός 10χλμ από το λιμάνι και Viadana, Suzzara, San Benedetto Po, (με τις τελευταίες να είναι οι πλέον βιομηχανοποιημένες) σε απόσταση 50χλμ από το λιμάνι. Ακόμα, συνδέει τις πόλεις της ενδοχώρας με λιμάνια, όπως Porto Levante, Porto Garibaldi, Porto di Venezia, Porto di Monfalcone, Porto di Trieste, το λιμάνι Copper και πολλά άλλα λιμάνια της Μεσογείου. Χρησιμοποιείται για την εισαγωγή σιτηρών, χημικών προϊόντων, προϊόντων διυλιστηρίου και για την εξαγωγή των απορριμμάτων χαρτιού.



Εικόνα 5.1 *Το λιμάνι της Mantua*

Η Μάντοβα αποτελεί έναν από τους ηγέτες της πράσινης ενέργειας στην Ιταλία. Οι πρακτικές της βιομηχανικής συμβίωσης είναι γνωστές στην τοπική κοινωνία, καθώς διαθέτει το 9^{ο} μεγαλύτερο δίκτυο τηλεθέρμανσης (District Heating Network) στη χώρα. Το δίκτυο τηλεθέρμανσης της Μάντοβα παρουσιάζεται στην *εικόνα 5.2*.



Εικόνα 5.2 *Το δίκτυο τηλεθέρμανσης της Mantua*

Στο λιμάνι εδρεύουν 30 εταιρίες, με μόνο λίγες από αυτές να αποτελούν βιομηχανίες. Από τις 30 εταιρίες, μόλις 5 πήραν έγκριση και ήταν πρόθυμες για περαιτέρω συμμετοχή στο έργο. Επιπλέον, στην περιοχή της Μάντοβα υπάρχουν ήδη 35 μονάδες παραγωγής βιοαερίου. Παρόλα αυτά, το μεγαλύτερο ποσοστό του δυναμικού της βιοενέργειας στην περιοχή προέρχεται από την αγροτική και κτηνοτροφική δραστηριότητα, με αξιοποίηση μόλις του 5% των κτηνοτροφικών αποβλήτων για παραγωγή βιοαερίου στις ήδη υπάρχουσες μονάδες.

5.1.2 Δεδομένα

Στον *πίνακα 5.1* παρουσιάζονται συνοπτικά στοιχεία για τις 5 βιομηχανίες του λιμανιού της Μάντοβα, που δέχθηκαν να συμμετάσχουν στο έργο.

Επωνυμία	**Δραστηριότητα**	**Πρώτες ύλες**	**Προϊόντα**
Bima S.A.S.	Γαλβανιστήριο	Ψευδάργυρος, Οξέα	Απορριπτόμενο νερό με οργανικό κλάσμα
EniPower	Μονάδα παραγωγής ενέργειας	Φυσικό αέριο, Diesel	Ηλεκτρική και Θερμική ενέργεια
IES	Διυλιστήριο	Ακατέργαστα λάδια, Φυσικό αέριο	Ελαιώδη ύδατα
Polimeri	Κατασκευαστής πλαστικών	Πολυμερή, Φυσικό αέριο	Φαινολικά λύματα
Sapio	Παραγωγή υδρογόνου H_2	Μεθάνιο (CH_4), Οξυγόνο (O_2), Υδρογόνο (H_2)	Υδρογόνο

Πίνακας 5.1 *Δραστηριότητα βιομηχανιών*

Το δίκτυο συμβίωσης στο λιμάνι της Μάντοβα είναι μικρό, όμως παρουσιάζονται κάποιες ενδιαφέρουσες συνέργειες μεταξύ των βιομηχανιών. Αυτές είναι :

- Μεταξύ της Polimeri και της EniPower, όπου απιονισμένο νερό ανταλλάσσεται για ηλεκτρική ενέργεια και ατμό.
- Μεταξύ της Polimeri και της Sapio, όπου γίνεται παροχή διοξειδίου του άνθρακα από την πρώτη στη δεύτερη.
- Μεταξύ της Sapio και της IES, όπου η πρώτη διοχετεύει υδρογόνο στη δεύτερη.
- Η EniPower προμηθεύει με θερμική ενέργεια το δίκτυο τηλεθέρμανσης.

Στον *πίνακα 5.2* παρουσιάζονται ποσοτικά δεδομένα από την κτηνοτροφική και αγροτική δραστηριότητα, τα σφαγεία, τη βιομηχανία τροφίμων και τις δημοτικές αρχές της Μάντοβα, όπως μας δόθηκαν από την εταιρία AGIRE, που ήταν υπεύθυνη για τη συλλογή των δεδομένων στην Ιταλία.

Ζωική παραγωγή	Κοπριά χοίρων	3.176.776 ton/yr.
	Κοπριά αγελάδων	4.182.446 ton/yr.
	Κοπριά πουλερικών	538.282 ton/yr.
Σφαγεία	Χοίροι	87.600 ton/yr.
	Αγελάδες	14.422 ton/yr.
Αγροτική παραγωγή	Άχυρο σιταριού	86.820 ton/yr.
	Άχυρο κριθαριού	10.418 ton/yr.
	Κοτσάνι ρυζιού	2.679 ton/yr.
	Καλάμι καλαμποκιού	606.552 ton/yr.
	Κώνος καλαμποκιού	101.092 ton/yr.
Βιομηχανία τροφίμων	Ορός γάλακτος	787.500 ton/yr.
Δήμος	Κλαριά	43.000 ton/yr.
	Στερεά αστικά λύματα (οργανικό κλάσμα)	70.808 ton/yr.

Πίνακας 5.2 *Διαθέσιμη βιομάζα στη Mantua*

Στους *πίνακες 5.3, 5.4, 5.5* παρουσιάζονται και κάποιες επιπλέον καλλιέργειες στην περιοχή γύρω από το λιμάνι της Μάντοβα, για τις οποίες δυστυχώς δεν υπήρχαν επαρκή δεδομένα και, επομένως, δε συμπεριελήφθησαν στην εκτίμηση του δυναμικού βιοενέργειας της περιοχής. Θεωρείται, όμως, σημαντικό να αναφερθούν ώστε να γίνει πιο κατανοητό το εύρος των δυνατοτήτων των τεχνολογιών, καθώς και της βιομηχανικής συμβίωσης.

Δέντρα	Ακτινίδιο
	Κερασιά
	Μηλιά
	Καρυδιά
	Φουντουκιά
	Ροδακινιά
	Αχλαδιά
	Δαμασκηνιά
	Κυδωνιά
	Λεύκα

Πίνακας 5.3 *Είδη δέντρων*

Καρποί	Βατόμουρο
	Μύρτιλο
	Σμέουρο
	Σταφίδα
	Σόγια

Πίνακας 5.4 *Είδη καρπών*

Φύτρες	Αλφάλφα
	Ραπανάκι
	Αντίδι
	Γρασίδι
	Λόλιουμ

Πίνακας 5.5 *Είδη φυτρών*

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι μερικές από τις παραπάνω πρώτες ύλες έχουν πολύ υψηλές αποδόσεις στην παραγωγή βιοενέργειας. Τέτοιες είναι η αλφάλφα, η σόγια και το ζαχαρότευτλο, που δεν έχει συμπεριληφθεί στους πίνακες. Επιπλέον, για να διευρυνθεί η ιδέα της συμβίωσης, αρκεί να αναφερθεί ότι πολλές μελέτες έχουν γίνει για τη χρήση των υπολειμμάτων από τη συγκομιδή των παραπάνω. Στην παραγωγή βιοενέργειας μπορούν να χρησιμοποιηθούν ακόμα και τα εξωτερικά μέρη των καρπών (φλούδες, τσόφλια), τα φύλλα που πέφτουν από τα δέντρα, οι μίσχοι (τσαμπιά) των καρπών και όλα τα εναπομείναντα κατά τη συγκομιδή μέρη φυτικής προέλευσης. Στη βιβλιογραφία αναφέρεται ότι κυρίως χρησιμοποιούνται ως μέσα για την απομάκρυνση της υγρασίας από την τροφοδοσία, αλλά και ως μέρος του προς επεξεργασία μίγματος για να επιτευχθούν καλύτερες αποδόσεις της διεργασίας.

5.1.3 Εκτίμηση δυναμικού βιοενέργειας

Η εκτίμηση του δυναμικού της βιοενέργειας στο λιμάνι της Μάντοβα έγινε με βάση τα ποσοτικά δεδομένα που συγκεντρώθηκαν. Εκτιμήθηκε δυναμικό για την παραγωγή βιοαερίου και βιοαιθανόλης. Η απόφαση αυτή πάρθηκε ύστερα από μελέτη της βιομάζας που είχαμε στη διάθεσή μας. Μεγάλο ρόλο έπαιξε και η ύπαρξη, όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα, 35 μονάδων παραγωγής βιοαερίου στην περιοχή γύρω από το λιμάνι.

Για την εκτίμηση του δυναμικού τόσο του βιοαερίου όσο και της βιοαιθανόλης έγινε βιβλιογραφική μελέτη. Από τη μελέτη αυτή, που αφορούσε και σε εργαστηριακή και σε βιομηχανική κλίμακα, εξήχθησαν μοντέλα υπολογισμού του δυναμικού.

Στον *πίνακα 5.6* παρουσιάζονται τα δεδομένα για τον υπολογισμό του δυναμικού σε βιοαέριο. Η βιβλιογραφία παρέχει πληθώρα δεδομένων για την παραγωγή βιοαερίου

από βιομάζα, καθώς έχει μελετηθεί εκτενώς και περισσότερο από κάθε άλλη μορφή βιοενέργειας. Αποφασίστηκε τα δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν να ληφθούν από το Biogas Handbook [41]. Έτσι, προέκυψε η χρωματισμένη στήλη του πίνακα, όπου δίνεται η παραγωγή βιοαερίου σε m^3 ανά τόνο φρέσκιας τροφοδοσίας.

Όπως φαίνεται, η παραγωγή βιοαερίου στο λιμάνι της Μάντοβα θα μπορούσε να είναι περίπου 411 MW. Αυτό οφείλεται κυρίως στα απόβλητα ζωικής προέλευσης, δηλαδή στις κοπριές των ζώων.

Βιομάζα	**ton FF* /yr.**	**Biogas yield (m^3/ton FF)**	**Biogas potential (MW)**
Κοπριά αγελάδων	3.176.776 ton/yr.	45	164
Κοπριά χοίρων	4.182.446 ton/yr.	60	166
Κοπριά πουλερικών	538.282 ton/yr.	80	38
Ορός γάλακτος	787.500 ton/yr.	40,8	28
OFMSW **	70.808 ton/yr.	100	6
SHW * χοίρων**	87.600 ton/yr.	100	8
SHW αγελάδων	14.422 ton/yr.	100	1

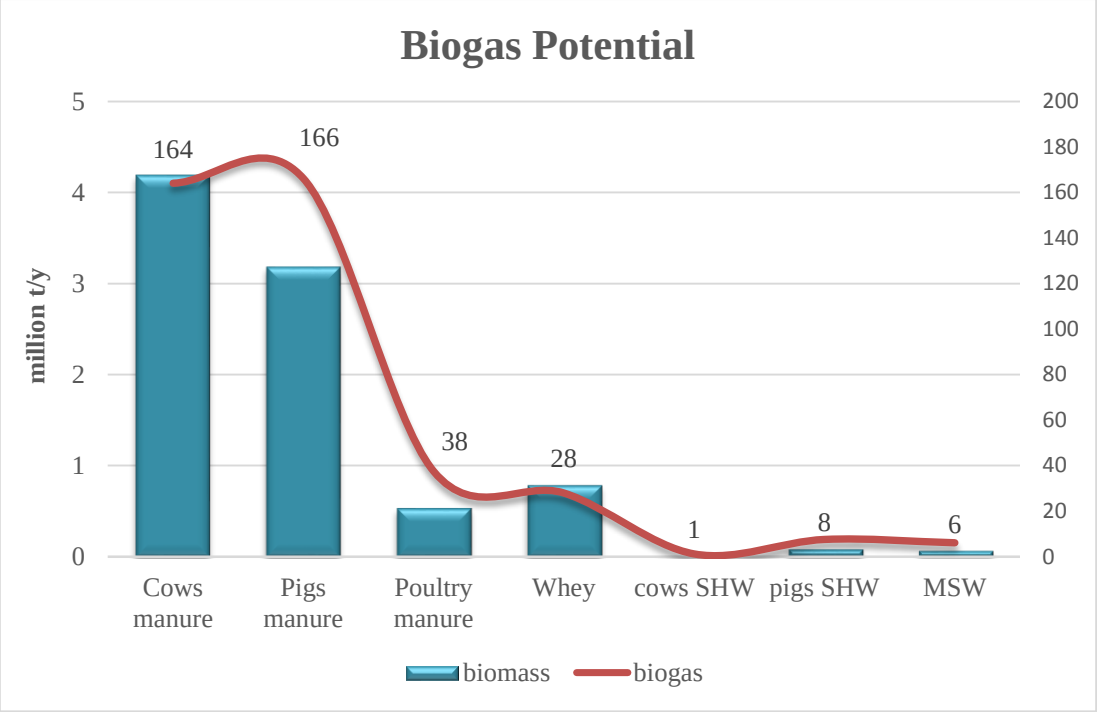
**FF=Fresh Feedstock*

***OFMSW=Organic Fraction of Municipal Solid Waste (Οργανικό κλάσμα στερεών αστικών λυμάτων)*

****SHW=SlaughterHouse Waste (Απόβλητα σφαγείων)*

Πίνακας 5.6 *Παραγωγή βιοαερίου*

Στο *γράφημα 5.1* παρουσιάζεται η ποσότητα της βιομάζας (million ton/yr) σε αντιστοιχία με το δυναμικό σε βιοαέριο (MW), για κάθε είδος βιομάζας που ήταν στη διάθεσή μας.



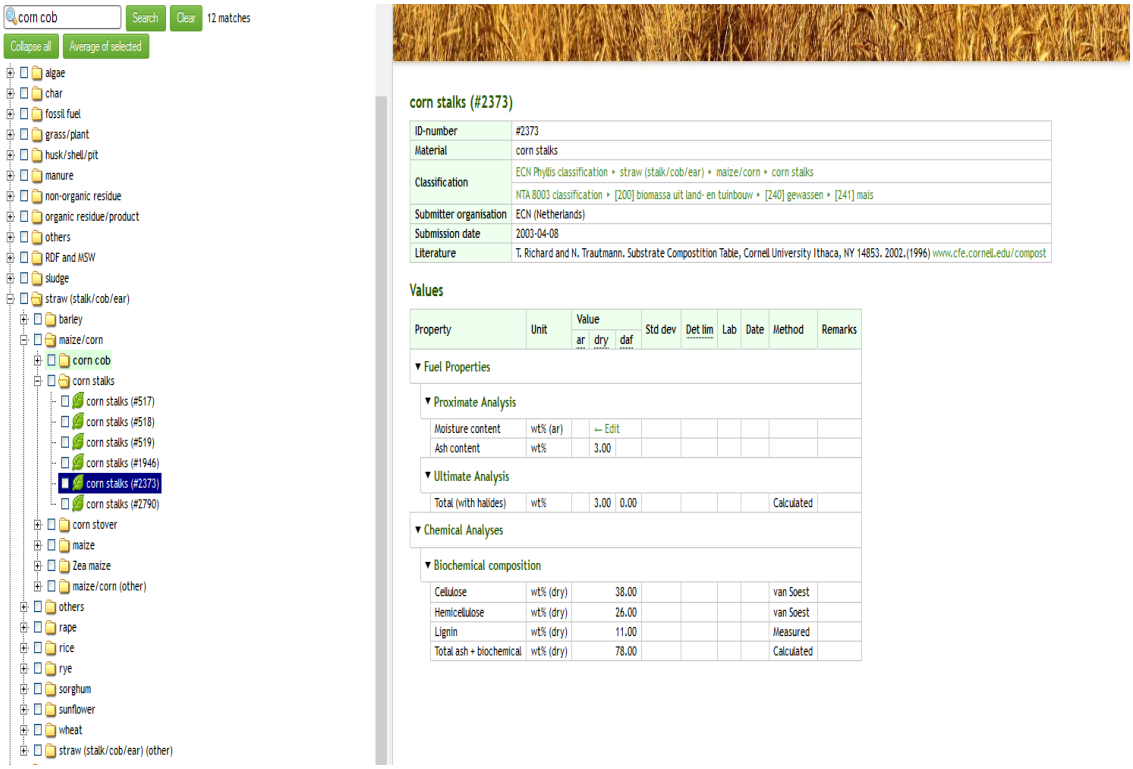
Γράφημα 5.1 *Δυναμικό σε βιοαέριο για κάθε βιομάζα*

Είναι εμφανές ότι τη μεγαλύτερη συνεισφορά έχει η κοπριά χοίρων με εκτίμηση δυναμικού στα 166 MW. Ακολουθεί η κοπριά των αγελάδων με συνεισφορά 164 MW. Παρατηρείται ότι αν και η παραγωγή σε κοπριά χοίρων είναι κατά 1.000.000 ton/yr. λιγότερη από εκείνη σε κοπριά αγελάδων, εντούτοις δίνει μεγαλύτερο δυναμικό σε βιοαέριο. Αυτό συμβαίνει γιατί, όπως φαίνεται και στον *πίνακα 5.6*, η κοπριά των χοίρων έχει μεγαλύτερη απόδοση σε μεθάνιο (CH_4) απ' ότι η κοπριά των αγελάδων. Όσον αφορά τις υπόλοιπες βιομάζες, αν και η συνεισφορά τους φαίνεται μικρή, πρέπει να αναλογιστεί κανείς ότι και έχουν χαμηλότερη απόδοση σε μεθάνιο, αλλά και είναι σε αρκετά μικρότερες ποσότητες συγκριτικά με τις κοπριές των ζώων.

Στον *πίνακα 5.7* παρουσιάζονται τα δεδομένα για τον υπολογισμό του δυναμικού σε βιοαιθανόλη. Η βιβλιογραφία παρέχει δεδομένα για την παραγωγή βιοαιθανόλης από βιομάζα σχεδόν για όλες τις βιομάζες που μας ενδιέφεραν. Παρόλα αυτά δεν υπήρχε κάποια πηγή που να περιλαμβάνει δεδομένα για όλα τα είδη βιομάζας ταυτόχρονα. Για το λόγο αυτό επιλέχθηκε να αντληθούν δεδομένα από τη διαδικτυακή βάση δεδομένων https://www.ecn.nl/phyllis2/ . Η Phyllis είναι μία βάση δεδομένων, με ανοιχτή πρόσβαση και συνεχή ανανέωση στις πηγές της, που περιέχει πληροφορίες για τη σύσταση πληθώρας ειδών βιομάζας και αποβλήτων.

Από αυτή τη βάση δεδομένων και με παράλληλη χρήση της βιβλιογραφίας συλλέχθηκαν δεδομένα που αφορούσαν στη βιοχημική σύσταση της βιομάζας και πιο συγκεκριμένα στην περιεκτικότητα της κάθε βιομάζας σε κυτταρίνη και ημικυτταρίνη.

Ακολουθεί μια ενδεικτική εικόνα για τη μορφή και τη λειτουργία της βάσης δεδομένων Phyllis.



Εικόνα 5.3 *Βάση δεδομένων Phyllis*

Στον *πίνακα 5.7* που ακολουθεί παρουσιάζεται η σύσταση της βιομάζας σε κυτταρίνη και ημικυτταρίνη, όπως προκύπτει από τη βάση δεδομένων Phyllis. Επίσης, δίνεται και το εκτιμώμενο ποσοστό υγρασίας σε κάθε περίπτωση με βάση τη βιβλιογραφία.

Βιομάζα	**Κυτταρίνη κβ% ξηρή βάση**	**Ημικυτταρίνη κβ% ξηρή βάση**	**Ποσοστό υγρασίας %**
Άχυρο κριθαριού	32,5	25,7	75
Άχυρο σιταριού	40	24	11
Κοτσάνι ρυζιού	37,8	25,3	10
Καλάμι καλαμποκιού	38	26	10
Κώνος καλαμποκιού	41	36	7,5
Κλαδιά	36,9	33,7	20

Πίνακας 5. 7 *Περιεκτικότητα βιομάζας σε κυτταρίνη και ημικυτταρίνη*

Στη συνέχεια, έπρεπε να βρεθεί τρόπος να χρησιμοποιηθεί η σύσταση της βιομάζας σε κυτταρίνη και ημικυτταρίνη για να υπολογιστεί το δυναμικό σε βιοαιθανόλη. Γίνεται, λοιπόν, βιβλιογραφική έρευνα. Ξανά, όμως, παρουσιάζεται το πρόβλημα της έλλειψης μίας πηγής για όλα τα δεδομένα. Έτσι, αποφασίζεται να χρησιμοποιηθεί ένα

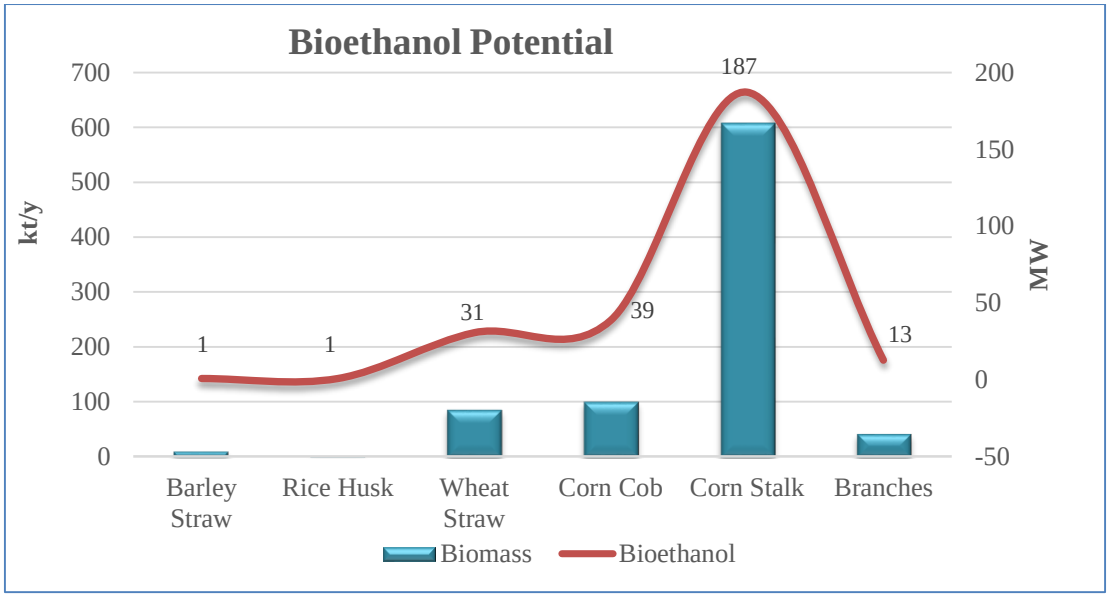
διαδικτυακό εργαλείο υπολογισμού. Το διαδικτυακό αυτό υπολογιστικό εργαλείο διατίθεται από το EERE (U.S. Department of Energy) με την ονομασία Theoretical Ethanol Yield Calculator. Σε αυτό το υπολογιστικό εργαλείο εισάγονται τα δεδομένα για την περιεκτικότητα της βιομάζας σε κυτταρίνη και ημικυτταρίνη και προκύπτει ο θεωρητικός βαθμός απόδοσης σε βιοαιθανόλη σε gal/ton ξηρής βιομάζας-δηλαδή η χρωματισμένη στήλη του *πίνακα 5.8*.

Βιομάζα	**ton/yr.**	**Bioethanol yield (gal/ton ξηρής βιομάζας)**	**Bioethanol potential (MW)**
Άχυρο κριθαριού	10.418 ton/yr.	99,5	1
Άχυρο σιταριού	86.820 ton/yr.	129,1	31
Κοτσάνι ρυζιού	2.679 ton/yr.	108,1	1
Καλάμι καλαμποκιού	606.552 ton/yr.	111,7	187
Κώνος καλαμποκιού	101.092 ton/yr.	134,6	39
Κλαδιά	43.000 ton/yr	120,6	13

**για τον υπολογισμό του δυναμικού βιοενέργειας χρησιμοποιήθηκε τιμή χαμηλής θερμογόνου για τη βιοαιθανόλη ίση με LHV=22,18767 kWh/gal .*

Πίνακας 5.8 *Παραγωγή βιοαιθανόλης*

Όπως προκύπτει, η παραγωγή βιοαιθανόλης στο λιμάνι της Μάντοβα θα μπορούσε να είναι περίπου 270 MW. Αυτό οφείλεται κυρίως στα κοτσάνια καλαμποκιού, που έχουν τη μεγαλύτερη συνεισφορά από όλες τις λιγνοκυτταρινούχες βιομάζες, που έχουμε στη διάθεσή μας, με δυναμικό 187 MW.



Γράφημα 5.2 *Δυναμικό σε βιοαιθανόλη για κάθε βιομάζα*

Στο *γράφημα 5.2* παρουσιάζεται η ποσότητα της βιομάζας (kton/yr) σε αντιστοιχία με το δυναμικό σε βιοαιθανόλη (MW), για τη λιγνοκυτταρινούχα βιομάζα. Παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό συνεισφοράς στην παραγωγή βιοαιθανόλης το έχει το κοτσάνι του καλαμποκιού με 187 MW. Τη μικρότερη απόδοση έχουν το ρύζι και το κριθάρι, που είναι, όμως, και οι βιομάζες που διατίθενται στη μικρότερη ποσότητα από όλες τις άλλες.

Τέλος, προβλέπεται αύξηση των επενδύσεων στην περιοχή της Μάντοβα, μέσω των οποίων θα μπορέσουν να συμπεριληφθούν στο δίκτυο περισσότεροι κάτοικοι και βιομηχανίες. Στο άμεσο μέλλον, περιλαμβάνεται ο σχεδιασμός της Grande Mantova, μιας διευρυμένης επαρχίας που θα συμπεριλαμβάνει και κοντινές στη Mantova περιοχές. Με βάση στοιχεία του 2012, υπολογίζεται ότι 80 MW επιπλέον, θερμικής ενέργειας, θα πρέπει να προστεθούν στο δίκτυο, προκειμένου να καλύψουν τη ζήτηση και τις οικιακές απαιτήσεις.

5.2 Αστακός, Malmö, Wismar

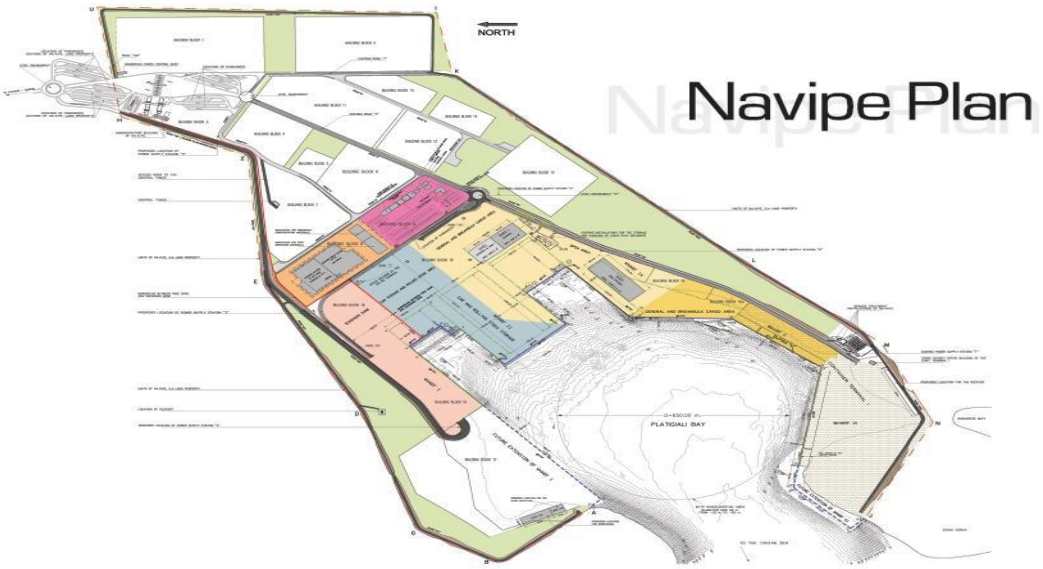
Εδώ θα γίνει μία σύντομη παρουσίαση για τις προοπτικές των λιμανιών, εκτός του λιμανιού της Μάντοβα, που συμμετείχαν στο έργο. Θα γίνει μια μικρή αναφορά για τη δραστηριότητα του κάθε λιμανιού, θα παρουσιαστούν τα είδη βιομάζας και η εκτίμηση για τις δυνατότητες παραγωγής βιοενέργειας σε κάθε λιμάνι.

Τα μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα ίδια με εκείνα που παρουσιάστηκαν στο λιμάνι της Μάντοβα. Φυσικά, κάθε λιμάνι είχε τις ιδιαιτερότητές του, κυρίως στη διαθέσιμη βιομάζα, οπότε έγινε προσαρμογή στις ανάγκες του κάθε λιμανιού.

Η αναφορά και στα 4 λιμάνια που συμμετείχαν στο έργο είναι σημαντική για να κατανοηθεί σε μεγαλύτερο βάθος η έννοια της συμβίωσης και οι προοπτικές της. Ακόμα, μπορεί να παρατηρηθεί και η δραστηριότητα του κάθε λιμανιού στον τομέα της βιομηχανικής συμβίωσης, με βιομηχανικά λιμάνια όπως το Malmö να αποτελούν εξαιρετικό παράδειγμα συμβίωσης.

5.2.1 Το λιμάνι του Αστακού (Akarport)

Η Akarport είναι η εταιρεία που διαχειρίζεται και λειτουργεί το λιμάνι της ΝΑΒΙΠΕ-Αστακός, στο Νομό Αιτωλοακαρνανίας στη Δυτική Ελλάδα. Με συνολική έκταση 1.910.000 m^2 , όπου τα 700.000 m^2 αποτελούν το λιμάνι και τα 810.000 m^2 τη βιομηχανική περιοχή, είναι το τρίτο μεγαλύτερο λιμάνι της χώρας και το μοναδικό ιδιωτικό. Η μοναδικότητά του έγκειται στο γεγονός ότι είναι το μόνο λιμάνι της Ελλάδας με βιομηχανική περιοχή μέσα σε αυτό.



Εικόνα 5.4 *Το λιμάνι του Αστακού*

Μέχρι στιγμής δεν έχει αναπτυχθεί κάποιο δίκτυο βιομηχανικής συμβίωσης στο λιμάνι του Αστακού. Οι διαθέσιμοι πόροι της περιοχής αφορούν σε βιομηχανικά απόβλητα, στερεά αστικά απόβλητα (MSW) και σε κατάλοιπα ιχθυοκαλλιέργειας.

Η Ελλάδα, έχοντας φτάσει τους στόχους του 2020 για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, δίνει τώρα προσοχή στην παραγωγή βιοενέργειας. Αν και προς το παρόν δεν υπάρχει παραγωγή βιοαιθανόλης στην Ελλάδα, η παραγωγή βιοαερίου κερδίζει όλο και περισσότερο έδαφος, καθώς η Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας, στην οποία ανήκει το λιμάνι του Αστακού, παρουσιάζει εκτεταμένη αγροτική και κτηνοτροφική δραστηριότητα. Επιπλέον, η παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές φαίνεται να αποτελεί προτεραιότητα.

Από τις βιομηχανίες της περιοχής, μόλις 7 δέχτηκαν να συμμετέχουν στο πρόγραμμα και να παρέχουν στοιχεία. Στον *πίνακα 5.9*, που ακολουθεί, παρουσιάζεται η δραστηριότητα των βιομηχανιών αυτών.

Επωνυμία	**Δραστηριότητα**	**Πρώτες ύλες**	**Προϊόντα**
Ελαιοτριβεία 1 & 2	Ελαιοτριβείο	Ελιές, νερό	Ελαιόλαδο, ελαιοπυρήνας, λύματα
Νηρέας 1 & 2	Ιχθυοτροφείο		Ζωικά απόβλητα, πλαστικά, MSW, απόβλητα λιπαντικών
Αμάλθεια (Amalthia)	Ελαιοτριβείο	Ελιές, LPG, λάδι ελιάς, Diesel	Ελαιόλαδο, συσκευασμένες ελιές
Χυτάς	Εκτροφείο χοίρων, σφαγείο, μονάδα παραγωγής βιοαερίου	Χοίροι, καλαμπόκι, κριθάρι, σόγια, κοπριά πουλερικών	Ζωικά προϊόντα, ηλεκτρική & θερμική ενέργεια, κομπόστ, λύματα
Agrino	Παραγωγή ρυζιού	Ρύζι	Συσκευασμένο ρύζι, κοτσάνια ρυζιού, ρυζάλευρο
Karalis	Παραγωγή τυριού	Γάλα	Τυροκομικά προϊόντα, ορός γάλακτος
Gratsanis	Παραγωγή τυριού	Γάλα, αέριο προπάνιο	Τυροκομικά προϊόντα, λύματα

Πίνακας 5.9 *Δραστηριότητα βιομηχανιών στον Αστακό*

Στον παρακάτω πίνακα εμφανίζεται η βιομάζα ζωικής προέλευσης της περιοχής.

Είδος	Παραγωγή κοπριάς (ton/yr.)	%TS	VS (% of TS)	m^3 biogas/ ton VS	CH_4 (%)
Αγελάδες	2,6	14,7	75	350	60
Βοοειδή γαλακτοπαραγωγής	13,8	13,9	80	320	65
Χοίροι	1,63	11,4	80	810	60
Πρόβατα &Κατσίκες	0,64	34	80	150	60
Άλογα	14,6	29	80	200	60
Πουλερικά	0,022	29	72	500	60
Κουνέλια	0,056	52	80	500	60
Βιζόν	0,056	68	71	333	66

Πίνακας 5.10 *Βιομάζα στον Αστακό*

Στον *πίνακα 5.11*, που ακολουθεί, παρουσιάζεται η εκτίμηση για την παραγωγή βιοενέργειας από καύση βιομάζας και από μονάδες παραγωγής βιοαερίου. Η εκτίμηση του δυναμικού σε βιοαέριο έγινε μόνο με βάση την κοπριά των ζώων. Συνολικά εκτιμάται ότι το δυναμικό βιοενέργειας για τη Δυτική Ελλάδα είναι περίπου 137 MW από αγροτικά υπολείμματα και 20 MW από την κοπριά των ζώων.

Ενέργεια	Αιτωλοακαρνανία	Αχαΐα	Ηλία
Καύση * (MW)	50	30	57
Βιοαέριο (MW)	14,7	2,7	2,6

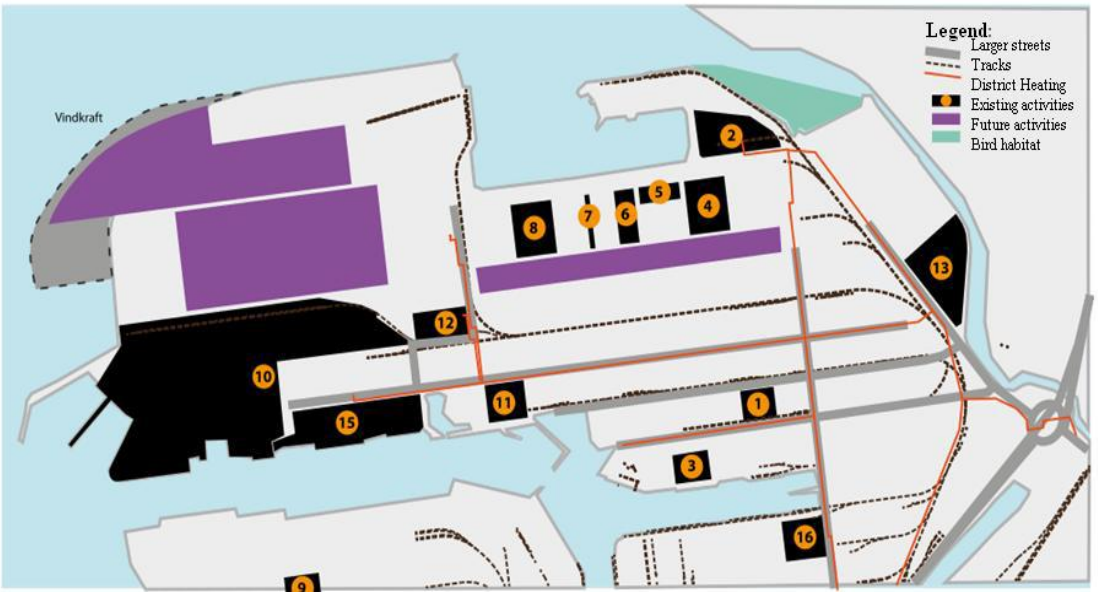
**συνολικό δυναμικό ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας από την καύση*

Πίνακας 5.11 *Παραγωγή βιοενέργειας σε 3 νομούς γύρω από το λιμάνι του Αστακού*

5.2.2 Το λιμάνι του Malmö (Σουηδία)

Το λιμάνι του Malmö βρίσκεται στο νότιο τμήμα της Σουηδίας, σε πολύ μικρή απόσταση από τη χώρα της Δανίας. Το λιμάνι παρουσιάζει ιδιαίτερη βιομηχανική δραστηριότητα, με ένα ώριμο και εκτεταμένο δίκτυο βιομηχανικής συμβίωσης.

Πρόσφατα, μια νέα έκταση προστέθηκε στην ήδη υπάρχουσα και η οποία θα χρησιμοποιηθεί εξ ολοκλήρου για νέες βιομηχανικές δραστηριότητες. Αυτή η περιοχή φαίνεται στην *εικόνα 5.5* , που παρουσιάζει τη διάταξη του λιμανιού του Malmö, με μωβ χρώμα.



Εικόνα 5.5 *Το λιμάνι του Malmö*

Καθώς η έννοια της βιομηχανικής συμβίωσης είναι γνωστή εδώ και πολλά χρόνια στη Σουηδία, τυγχάνει μεγάλης κοινωνικής αποδοχής. Το Malmö ήταν η δεύτερη περιοχή που κατασκεύασε δίκτυο τηλεθέρμανσης στη Σουηδία. Πολλές βιομηχανίες εδρεύουν εντός και εκτός του λιμανιού. Το λιμάνι συνδέεται με το Ην. Βασίλειο, τη Λιθουανία, την Εσθονία και τη Λετονία. Αποτελεί «θύρα» για την εισαγωγή προϊόντων πετρελαίου, χύδην ξηρού φορτίου, εμπορευματοκιβωτίων, νέων αυτοκινήτων και για την εξαγωγή χύδην ξηρού φορτίου, εμπορευματοκιβωτίων, προϊόντων πετρελαίου, αυτοκινήτων και αποβλήτων.

Πρόσφατες προβλέψεις για τη μελλοντική παραγωγή βιοενέργειας στην περιοχή, εστιάζοντας στην παραγωγή βιοαερίου, κάνουν λόγο για 1.700 GWh/yr (235MW) .

Από τις βιομηχανίες της περιοχής, 16 δέχτηκαν να συμμετέχουν στο πρόγραμμα και να παρέχουν στοιχεία. Στον *πίνακα 5.12*, που ακολουθεί παρουσιάζεται η δραστηριότητα των βιομηχανιών αυτών.

Επωνυμία	Δραστηριότητα	Πρώτες ύλες	Προϊόντα
E.on Flintrännan	Ενεργειακή μονάδα τηλεθέρμανσης	Ροκανίδι, ξυλεία	Θερμική ενέργεια
E.on Öresundsverket	Ενεργειακή μονάδα	Φυσικό αέριο	Ηλεκτρική και θερμική ενέργεια
Lantmännen Cerealia, Lantmännen Lantbruk	Βιομηχανία τροφίμων	Δημητριακά, ενέργεια	Προϊόντα δημητριακών, παραπροϊόντα βιομάζας
Norcarb	Χημική βιομηχανία	Αρωματικό έλαιο, ορυκτά καύσιμα	Αιθάλη, ενέργεια
Sysav	Καύση αποβλήτων και ανάκτηση υλικών	Οικιακά και βιομηχανικά απόβλητα	Ενέργεια, ροκανίδι
VA Syd, Sjölunda	Επεξεργασία λυμάτων	Λύματα	Ενέργεια, καθαρό νερό
Cementa AB	Αποθήκη τσιμέντου	Ηλεκτρική ενέργεια	Απόβλητα
Finnlines	Πλοία	Αγαθά	Αγαθά, απόνερα
HJ Hansen	Εμπορία μετάλλου	Αμάξια	Μέταλλο, λάστιχα
IL Recycling	Συλλογή ή ανακύκλωση υλικών	Ανακυκλωμένο μέταλλο και χαρτόνι	Ανακυκλώσιμα υλικά, απόβλητα
OKQ8	Διυλιστήριο πετρελαίου	Ηλεκτρική ενέργεια, ατμός	Τοξικά απόβλητα
Ragnsells	Εμπορία αποβλήτων	Ηλεκτρική ενέργεια, απόβλητα	Απόβλητα
Scandinavian Tank Storage (STS)	Αποθήκη ελαίων	Ηλεκτρική ενέργεια, ατμός	Μεταφορά ελαίων
Stena Recycling 104M1, Stena Recycling Verko2	Ανακυκλώσιμα υλικά	Μέταλλο, χαρτί	Μέταλλο, χαρτί (ανακυκλωμένα)

Πίνακας 5.12 *Δραστηριότητα βιομηχανιών στο Malmö*

Στον *πίνακα 5.13*, που ακολουθεί παρουσιάζεται η εκτιμώμενη απόδοση σε μεθάνιο σε επιλεγμένους δήμους γύρω από το Malmö σε MWh/yr.

	Kavlinge	**Lomma**	**Burlov**	**Staffans-torp**	**Lund**	**Svedala**	**Vellinge**	**Trelle-borg**	
Λάσπη	3.226	1.118	0	1.303	8.45	1.155	0	4.373	**19.635**
Υπολείμ-ματα φαγητού	4.249	3.158	2.446	3.260	16.2	2.903	4.878	6.183	**43.259**
Βιομηχα-νία	1.202	0	791	0	518	0	0	1.724	**4.235**
Κοπριά	500	642	0	1.242	2.50	2.530	438	4.596	**12.449**
Στερεή κοπριά	1.854	366	11	624	6.57	3.179	1.219	3.215	**17.042**
Υπολείμ-ματα καλλιέρ-γειας	27.188	7.480	1.355	21.254	29.3	7.150	23.79	63.40	**180.89**
Υπολείμ-ματα καλλιέρ-γειας (άχυρο)	19.415	5.309	1.796	2.767	49.7	34.743	22.24	87.22	**248.07**
Ενεργεια-κές καλλιέρ-γειες	9.536	3.678	845	12.083	27.5	16.161	11.99	37.29	**119.06**

Πίνακας 5.13 *Παραγωγή μεθανίου*

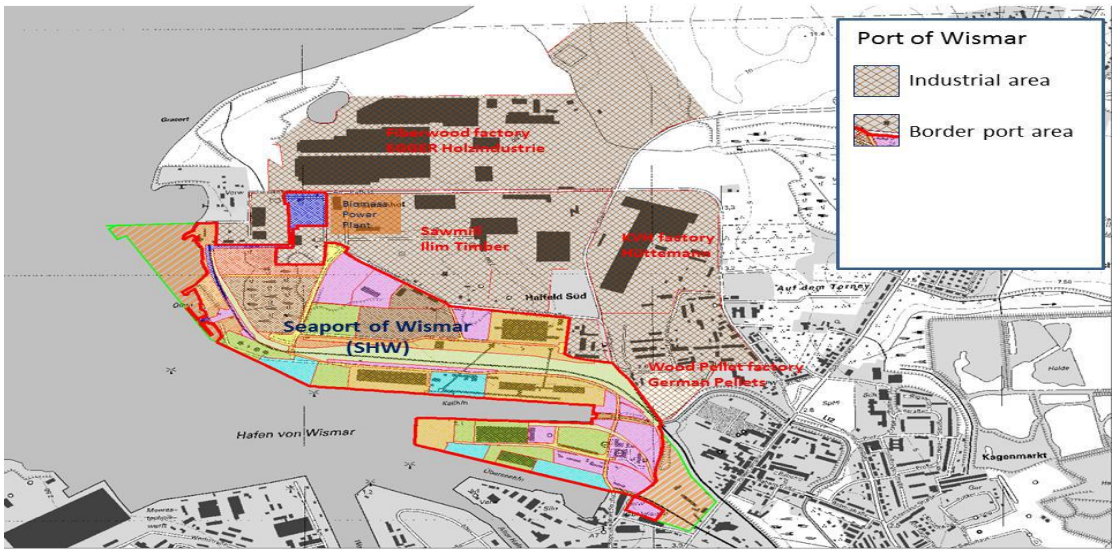
Η περιοχή της Scania έδωσε ξεχωριστά δεδομένα με το δυναμικό της να εκτιμάται στα 105 MW , τα οποία παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Καύσιμο	**Pulp wood**	**Fuel wood**	**Forest residues**	**Stumps**	**Bark**	**Saw dust**	**Willow/ Salix**	**Straw**	**Pellet**
GWh	330	50	85	35	55	55	50	100	0

Πίνακας 5.14 *Δυναμικό στην περιοχή Scania*

5.2.3 Το λιμάνι του Wismar (Γερμανία)

Η κύρια δραστηριότητα των βιομηχανιών του λιμανιού του Wismar είναι η επεξεργασία ξύλου. Κύριες εισαγωγές του είναι κούτσουρα ξύλου, πριονίδια, συσσωματώματα ξύλου, τύρφη, θραύσματα, μέταλλο, σιτηρά, οικοδομικά υλικά. Κύριες εξαγωγές του είναι η ποτάσα και το αλάτι, τα λιπάσματα, τα pellets ξύλου, ροκανίδια, είδη ξυλείας, μέταλλο και δομικά υλικά (τσιμέντο).



Εικόνα 5.6 *Το λιμάνι του Wismar*

Από τις βιομηχανίες της περιοχής, 10 δέχτηκαν να συμμετέχουν στο πρόγραμμα και να παρέχουν στοιχεία. Στον *πίνακα 5.15*, που ακολουθεί, παρουσιάζεται η δραστηριότητα των βιομηχανιών αυτών.

Επωνυμία	**Δραστηριότητα**	**Πρώτη ύλη**	**Προϊόντα**
Ilim sawmill	Μονάδα επεξεργασίας ξύλου	Ξύλο, ηλεκτρική και θερμική ενέργεια	Saw logs planned
Egger Holzstoffwerke Wismar	Μονάδα επεξεργασίας ξύλου	Στρογγυλή ξυλεία	MDF, HDF, OSB
German Pellets GmbH	Κατασκευή πέλλετ	Πριονίδι	Πέλλετ
Hutemann Wismar GmbH & Co. KG	Παραγωγή σύνθετης ξυλείας	Ξύλινες σανίδες	Σύνθετη ξυλεία
Palette Service Wismar	Ξύλινες σανίδες	Ξύλινες σανίδες	Παλέτες
Jackon GmbH	Μονωτικά υλικά	Ηλεκτρική ενέργεια, στυρένιο, νερό	Πολυστυρένιο, λύματα

EnBW Energy Solutions GmBH	Ενεργειακή μονάδα	Υπολείμματα ξύλου	Ηλεκτρική και θερμική ενέργεια
EGGER Holzwerkstoffe Wismar GmbH	Ενεργειακή μονάδα	Υπολείμματα ξύλου	Ηλεκτρική και θερμική ενέργεια
German Pellets Gmbh	Ενεργειακή μονάδα	Υπολείμματα ξύλου	Θερμική ενέργεια
Energy plant paletten Service	Ενεργειακή μονάδα	Υπολείμματα ξύλου	Θερμική ενέργεια

Πίνακας 5.15 *Δραστηριότητα βιομηχανιών στο Wismar*

Κεφάλαιο 6. Οντολογία Βιομηχανικής Συμβίωσης

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η πορεία προς το χτίσιμο μιας οντολογίας βιομηχανικής συμβίωσης, που δίνει βάση και εστιάζει στη βιοενέργεια. Αναπτύσσεται αναλυτικά ο τρόπος σκέψης που οδήγησε στην οντολογία που θα παρουσιαστεί. Αναλύεται ο στόχος της οντολογίας, καθώς και τα κριτήρια με βάση τα οποία χτίστηκε.

Επιπλέον, παρουσιάζεται η οντολογία που χτίστηκε. Ποια ορολογία χρησιμοποιήθηκε και πως έγινε η ονοματολογία των δεδομένων, ώστε αυτά να εισαχθούν στην οντολογία. Δίνονται λεπτομερείς εικόνες της δομής της οντολογίας, όπως αυτή χτίστηκε στο προγραμματιστικό περιβάλλον του Protégé. Τέλος, παρουσιάζεται η συνολική δομή της οντολογίας.

6.1 Σκοπός της οντολογίας

Η ανάπτυξη/χτίσιμο μιας οντολογίας προκύπτει από την ανάγκη διαχείρισης των πληροφοριών και δεδομένων που είναι στη διάθεσή μας. Η διαχείριση των πληροφοριών αφορά τόσο στην οργάνωση και κατηγοριοποίησή τους σε ομάδες όσο και στην παρουσίαση του τρόπου με τον οποίο οι πληροφορίες συνδέονται μεταξύ τους.

Έχοντας ως έναυσμα τις πληροφορίες που αποκτήθηκαν από την ανάπτυξη δικτύων συμβίωσης στα τέσσερα προαναφερθέντα ευρωπαϊκά λιμάνια, χτίζεται μια οντολογία που ξεπερνά το ειδικό πλαίσιο των λιμανιών. Επιχειρείται το χτίσιμο μιας οντολογίας συνολικότερης και πολυπλοκότερης δίνοντας βάση μόνο στη βιοενέργεια. Αυτό σημαίνει ότι στην οντολογία περιέχονται μόνο πληροφορίες που αφορούν στη βιοενέργεια. Οι βιομηχανίες δεν βρίσκονται πια στα δεδομένα αυτές καθαυτές, παρά μόνο οι ροές τους που σχετίζονται με τη βιοενέργεια.

Στόχος είναι το χτίσιμο μιας οντολογίας που θα δίνει πλήρη, σαφή και συνολική εικόνα όσον αφορά την βιοενέργεια. Μια οντολογία που δεν περιορίζεται σε τοπικό επίπεδο, αλλά επεκτείνεται και εφαρμόζεται σε οποιαδήποτε περίπτωση συμβίωσης με άξονα την βιοενέργεια. Επιπλέον, μια οντολογία που αποτελεί μια δομή τέτοια που συνεχώς μπορούν να προστεθούν σε αυτήν δεδομένα και πληροφορίες.

Τελικά, στόχος είναι να χτιστεί μια οντολογία που αν και δεν εμπεριέχει το τοπικό στοιχείο κάποιας περιοχής, παρόλα αυτά δείχνει τη σύνδεση και την αλληλεπίδραση μιας κοινωνίας με τις πρώτες ύλες της και τον παραγωγικό και βιομηχανικό της τομέα και αντίστροφα, εστιάζοντας πάντα στον τομέα της συμβίωσης σε επίπεδο βιοενέργειας.

Στην οντολογία που χτίστηκε υπάρχουν δύο βασικές ενότητες. Η ενότητα **Classes** και η ενότητα **Properties**. Τα γενικά τους χαρακτηριστικά αναπτύχθηκαν στο Κεφάλαιο 3. Εδώ θα παρουσιαστεί η ορολογία και ο συμβολισμός που χρησιμοποιήθηκε, ο τρόπος κατηγοριοποίησης των δεδομένων σε καθεμιά από τις δύο προαναφερθείσες ενότητες, τα ερωτήματα στα οποία θα πρέπει να απαντά η οντολογία. Τέλος, θα παρουσιαστεί η ολοκληρωμένη οντολογία.

6.2 Ορολογία και ονοματολογία στην οντολογία

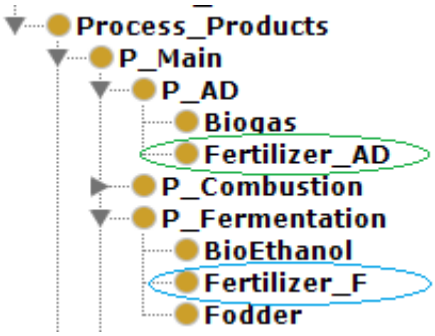
Εδώ θα παρουσιαστεί και θα αναλυθεί η ορολογία και η ονοματολογία που χρησιμοποιήθηκε για το χτίσιμο της οντολογίας. Αν και η ονοματολογία, κατά κύριο λόγο, και όχι τόσο η ορολογία, είναι κάτι που μεταβαλλόταν συνεχώς κατά το χτίσιμο της οντολογίας, θεωρείται σκόπιμο να αναφερθεί πριν την παρουσίαση της κυρίως δομής της οντολογίας. Αυτό θα βοηθήσει τον αναγνώστη να κατανοήσει ευκολότερα τα κεφάλαια που ακολουθούν.

Όσον αφορά στην ορολογία, έχουν χρησιμοποιηθεί οι αγγλικοί όροι, όπως αυτοί συναντώνται στη βιβλιογραφία σε μεγαλύτερη συχνότητα. Επειδή η ορολογία δεν είναι σταθερή για όλες τις έννοιες που χρησιμοποιούνται, επιλέχθηκε να εισαχθεί στην οντολογία η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη ορολογία για κάθε έννοια.

Όσον αφορά στην ονοματολογία, που χρησιμοποιήθηκε, έπρεπε να βρεθεί ένας τρόπος ώστε να ορισθεί η ιδιότητα ορισμένων εννοιών, χωρίς να παραποιηθεί η ορολογία τους. Αυτό σημαίνει ότι έπρεπε να βρεθεί μια κωδική ονομασία ή κάποιο σύμβολο έτσι ώστε να διευκρινίζεται η ιδιότητα που φέρει η κάθε έννοια και που την διαφοροποιεί από κάποια συγγενή της έννοια.

Για να γίνει πιο κατανοητός ο τρόπος σκέψης δίνεται ένα παράδειγμα από την οντολογία που χτίστηκε. Έστω ότι έχουμε δύο διεργασίες, αυτή της Αναερόβιας Χώνευσης και αυτή της Ζύμωσης. Και από τις δύο αυτές διεργασίες παράγεται λίπασμα. Κρίνεται, λοιπόν, αναγκαίο να δειχθεί πιο συγκεκριμένα στην οντολογία από ποια από τις δύο διεργασίες προκύπτει το κάθε λίπασμα. Έτσι, χρειάζεται να εισαχθεί ένα σύμβολο που να διαχωρίζει το λίπασμα που προκύπτει από τη διεργασία της Αναερόβιας Χώνευσης, από το λίπασμα που προκύπτει από τη διεργασία της Ζύμωσης.

Στην εικόνα *6.1*, που ακολουθεί, παρουσιάζεται το παράδειγμα που αναφέρθηκε.



Εικόνα 6.1 *Παράδειγμα ονοματολογίας*

Για να είναι πιο ευανάγνωστη η οντολογία που χτίστηκε, ακολουθούν πίνακες με την επεξήγηση των συμβόλων που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτή. Όπως φαίνεται και από τους πίνακες, ο συμβολισμός προέρχεται από τα πρώτα γράμματα της ορολογίας που χρησιμοποιείται.

Κατηγορία	Σύμβολο διεργασίας	Επεξήγηση
Κύρια (*Main*)	AD	Αναερόβια χώνευση (***A**naerobic **D**igestion*)
	F	Ζύμωση (***F**ermentation*)
	G	Αεριοποίηση (***G**asification*)
	C	Καύση (***C**ombustion*)
	P	Πυρόλυση (***P**yrolysis*)
Προ-επεξεργασία (*Pretreatment*)	Gr	Τεμαχισμός (***G**rinding*)
	D	Ξήρανση (***D**rying*)
	S	Διαλογή (***S**orting*)
Αναβάθμιση (*Upgrade*)	BU	Αναβάθμιση βιοαερίου (***B**iogas **U**pgrade*)
	EP	Αναβάθμιση βιοαιθανόλης (***E**thylene **P**lant*)
	M	Εμπλουτισμός σε μεθάνιο (***M**ethanation*)

Πίνακας 6.1 *Συμβολισμός τεχνολογιών*

Τελικός αποδέκτης (End_Use)	Επεξήγηση
NG	Φυσικό αέριο (***N**atural **G**as*)
DH	Τηλεθέρμανση (***D**istrict **H**eating*)
El	Ηλεκτρική ενέργεια (***El**ectricity*)
St	Ατμός (***St**eam*)
Net	Δίκτυο (***Net**work*)
e_t_	Καταλήγει (***e**nds **t**o*)

Πίνακας 6.2 *Συμβολισμός τελικού αποδέκτη*

Σύμβολο	Επεξήγηση
B	Βιομάζα (***B**iomass*)
P	Προϊόν (***P**roduct*)
Pr	Διεργασία (***Pr**ocess*)
e	Ενέργεια (***e**nergy*)
EU	Τελική χρήση (***E**nd **U**se*)
U	Αναβάθμιση (***U**pgrade*)

Πίνακας 6.3 *Συμβολισμός εννοιών στην ενότητα Individuals*

Στους πίνακες *6.1, 6.2* και *6.3* παρουσιάζεται ο συμβολισμός, όπως εισήχθη στην οντολογία. Έγινε προσπάθεια, κατά την ανάπτυξη της οντολογίας, να μην ταυτίζονται οι συμβολισμοί των εννοιών. Επιλέχθηκε στους πίνακες να παρουσιαστεί ο συμβολισμός ανά ενότητα με βάση το πρόγραμμα Protégé.

Ο συμβολισμός των δεδομένων αποτέλεσε ένα σημαντικό κομμάτι κατά το χτίσιμο της οντολογίας. Εξαιρετικά σημαντικό είναι να δίνεται στο χρήστη, αλλά και τον αναγνώστη της οντολογίας, μια σαφής και ξεκάθαρη ονοματολογία, για την καλύτερη κατανόηση και χρήση της δομής αυτής. Καθώς η οντολογία μπορεί συνεχώς να εμπλουτίζεται με νέα δεδομένα, είναι δυνατόν να βελτιωθεί και να εξελιχθεί ο τρόπος συμβολισμού των δεδομένων.

6.3 Οργάνωση και κατηγοριοποίηση δεδομένων

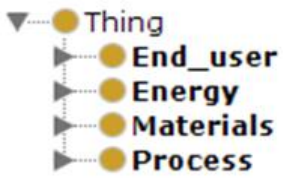
Θέλοντας να γίνει οργάνωση και κατηγοριοποίηση των δεδομένων μας, η πρώτη ερώτηση που τίθεται είναι *«Σε ποιες κατηγορίες θα κατηγοριοποιηθούν τα δεδομένα;»*. Προκύπτει η ανάγκη για τη δημιουργία κατηγοριών που θα εμπεριέχουν δεδομένα για:

- Τις πρώτες ύλες και τα τελικά τους προϊόντα σε βιοενέργεια.
- Τον τρόπο κατεργασίας των πρώτων υλών (δηλαδή της βιομάζας).
- Τις απαιτήσεις σε ενέργεια των διεργασιών.
- Τους τελικούς αποδέκτες της παραγόμενης βιοενέργειας.

Προκύπτουν, λοιπόν, οι τέσσερις κύριες κλάσεις της οντολογίας (**Classes**). Οι κατηγορίες αυτές είναι :

- **Materials :** στην κατηγορία αυτή βρίσκονται τα δεδομένα που αφορούν την πρώτη ύλη, δηλαδή τα είδη βιομάζας, καθώς και τα προϊόντα που δίνει η κάθε τεχνολογία μετατροπής βιομάζας.
- **Process :** στην κατηγορία αυτή εμπεριέχονται όλες οι τεχνολογίες μετατροπής και επεξεργασίας βιομάζας, που μελετήθηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία.
- **Energy :** στην κατηγορία αυτή βρίσκονται οι ροές ενέργειας.
- **End_User :** στην κατηγορία αυτή υπάρχουν δεδομένα για τους τελικούς αποδέκτες και χρήστες της παραγόμενης βιοενέργειας.

Στην εικόνα *6.2* παρουσιάζονται οι τέσσερις κύριες κλάσεις, όπως εισήχθησαν στο προγραμματιστικό εργαλείο.



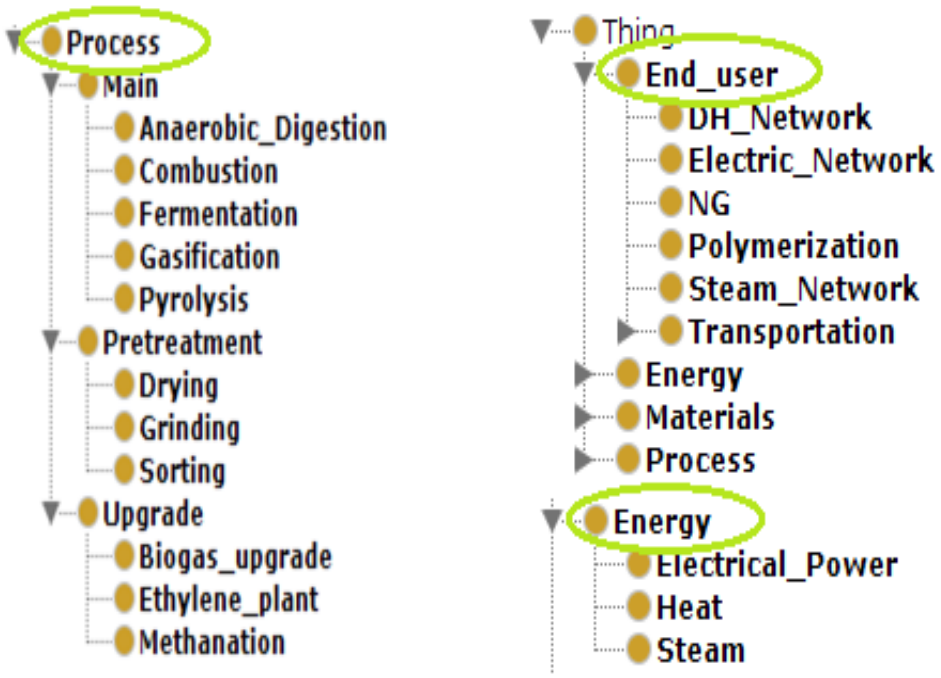
Εικόνα 6.2 *Κύριες κλάσεις της οντολογίας*

Αφού έχουν ορισθεί οι κύριες κλάσεις, κρίνεται αναγκαίο να δημιουργηθούν υποκλάσεις των κύριων κλάσεων. Αυτό γίνεται ώστε να εισαχθούν στη οντολογία ακόμα πιο λεπτομερή και συγκεκριμένα δεδομένα. Η πιο λεπτομερής υποκατηγοριοποίηση γίνεται στην κύρια κλάση Materials. Οι υποκλάσεις αυτές έχουν σα στόχο να οργανώσουν τα δεδομένα με βάση κοινά τους χαρακτηριστικά. Τα κριτήρια για την επιλογή των κοινών αυτών χαρακτηριστικών είναι :

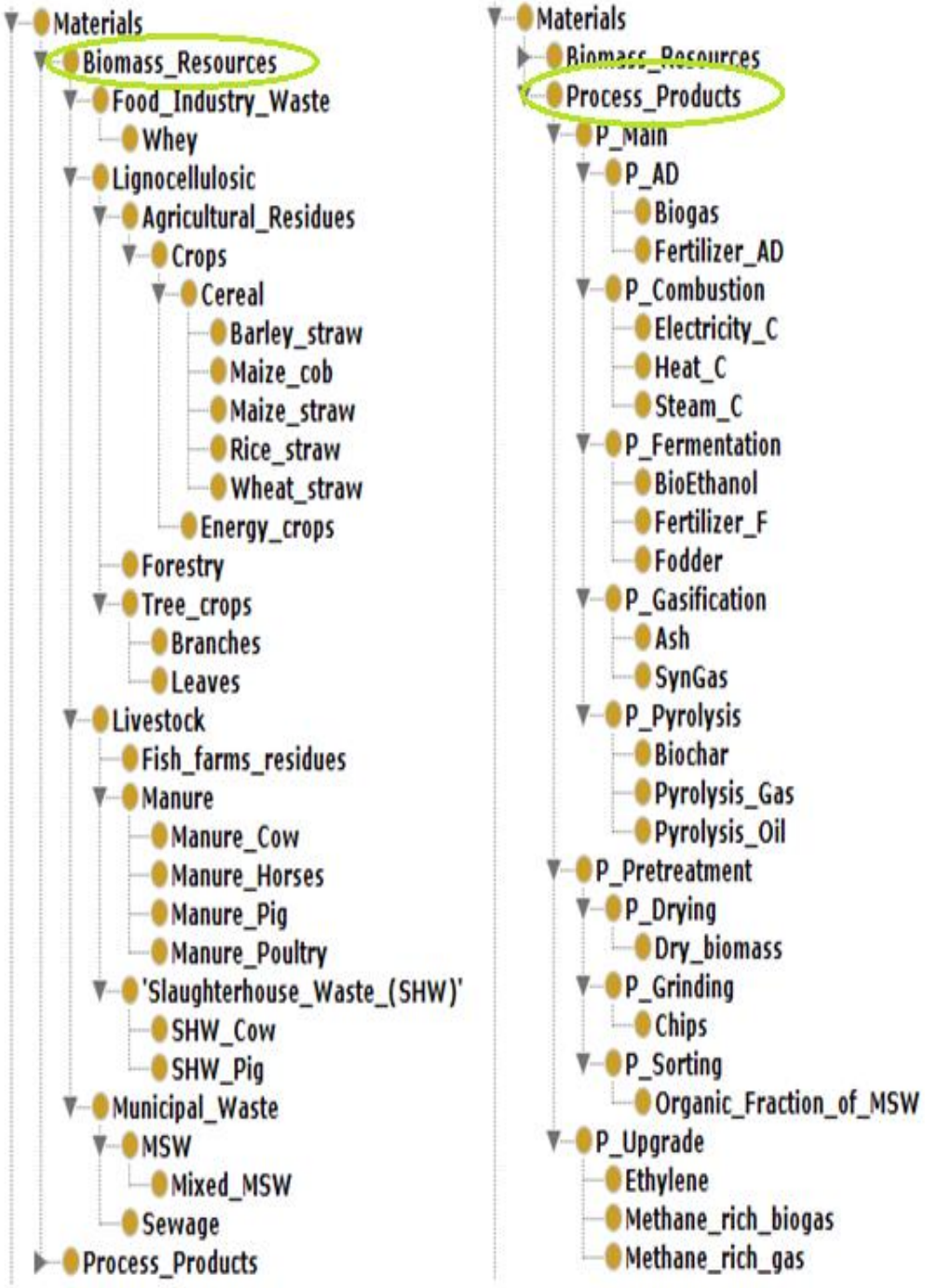
- Η σύσταση της βιομάζας.
- Τα προϊόντα ανά τεχνολογία επεξεργασίας.

Όλες οι υποκλάσεις συνεχίζουν να αναλύονται και να προστίθενται σε αυτές δεδομένα μέχρι ενός ορισμένου σημείου. Το σημείο αυτό είναι η γνώση και τα δεδομένα που έχουν αποκτηθεί από τη μελέτη των βιομηχανικών λιμανιών και της βιβλιογραφίας που μελετήθηκε, με βάση τις ανάγκες τους.

Στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζονται οι υποκλάσεις που δημιουργήθηκαν, αναλυτικά για κάθε κύρια κλάση.



Εικόνα 6.3 *Υποκλάσεις των τριών από τις 4 κύριες κλάσεις της οντολογίας*



Εικόνα 6.4 *Υποκλάσεις για την κλάση Materials, αριστερά η κύρια υποκλάση Biomass Resources και δεξιά η άλλη κύρια υποκλάση Process Products*

6.4 Σε ποια ερωτήματα χρειάζεται να απαντά η οντολογία που χτίστηκε;

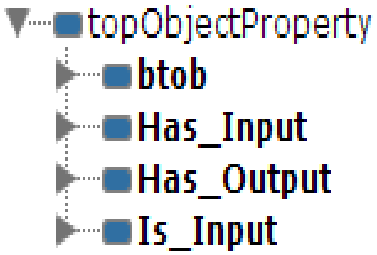
Αφού έχουν εισαχθεί τα δεδομένα στην οντολογία, πρέπει να δειχθεί πως αυτά συνδέονται μεταξύ τους. Αυτό γίνεται στην ενότητα **Object Properties** του Protégé. Στόχος είναι να συμπεριληφθούν όλες οι πιθανές συνδέσεις μεταξύ των δεδομένων. Οι συνδέσεις δείχνουν τον τρόπο μέσω του οποίου μπορούμε να οδηγηθούμε από τη μία κλάση στην άλλη και αντίστροφα. Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται πως οι κλάσεις και οι υποκλάσεις της παραγράφου 6.3 συνδέονται μεταξύ τους.

Στην προσπάθεια να καθοριστούν οι συνδέσεις αυτές εγείρονται κάποια ερωτήματα. Βασικό ερώτημα είναι *«Τι αποτελέσματα θα δίνει η οντολογία;»*. Ανατρέχοντας στη βιβλιογραφία, στα δεδομένα, καθώς και στα δίκτυα συμβίωσης που αναπτύχθηκαν για τα λιμάνια του έργου, προκύπτουν ερωτήματα στα οποία η οντολογία θα προσπαθήσει να δώσει απαντήσεις. Αυτά είναι :

- Ποιο είδος βιομάζας είναι καταλληλότερο για κάθε τεχνολογία και αντίστροφα. Δηλαδή ποια τεχνολογία είναι κατάλληλη για κάθε είδος βιομάζας.
- Ποια είναι τα προϊόντα κάθε τεχνολογίας.
- Ποια βιομάζα δίνει ποια μορφή βιοενέργειας και αντίστροφα. Δηλαδή ποια μορφή βιοενέργειας προκύπτει από ποιο είδος βιομάζας.
- Ποια είναι η τελική χρήση κάθε μορφής βιοενέργειας.

Στις συνδέσεις που δημιουργήθηκαν, ένα πρώτο σημείο που υπεισέρχεται είναι ο όρος καταλληλότητα, ο οποίος σχετίζεται κυρίως με την αποδοτικότητα. Αυτό σημαίνει ότι κύριος άξονας των συνδέσεων που αναπτύχθηκαν ήταν η απόδοση των τεχνολογιών σε βιοενέργεια, με βάση το είδος της βιομάζας που επεξεργάζονται, και όχι η δυνατότητά τους να επεξεργαστούν πολλά διαφορετικά είδη βιομάζας.

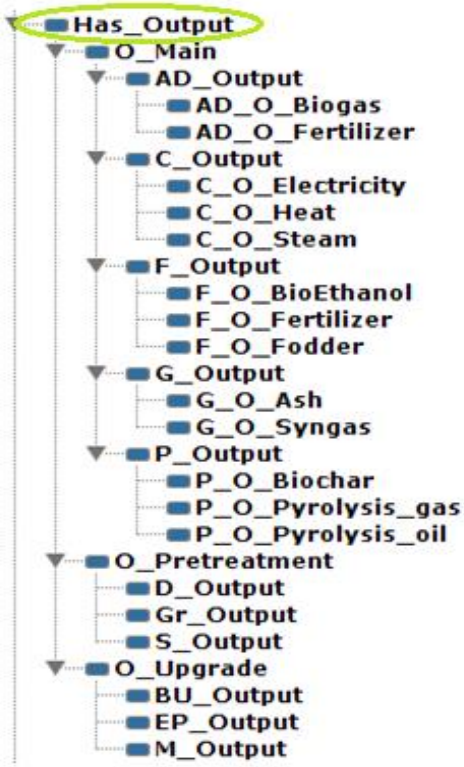
Λαμβάνοντας υπόψιν τα παραπάνω, δημιουργήθηκαν τέσσερεις κύριες κατηγορίες ιδιοτήτων, που θα δείχνουν τις συνδέσεις μεταξύ των κλάσεων της οντολογίας, και δίνονται στην *εικόνα 6.5*.



Εικόνα 6.3 *Κύριες ιδιότητες οντολογίας*

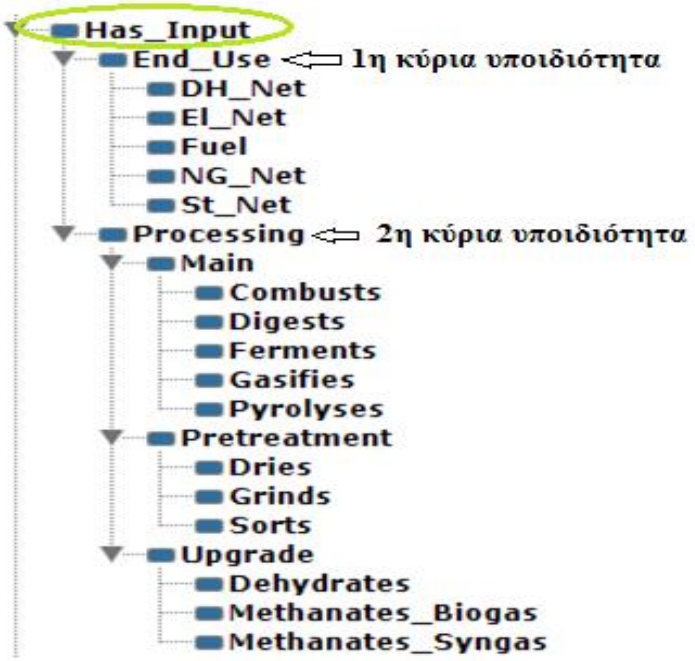
Στη συνέχεια έπρεπε να δημιουργηθούν υποκατηγορίες των ιδιοτήτων αυτών, για να γίνει πιο σαφές το περιεχόμενο και ο στόχος των κύριων συνδέσεων. Επιπλέον, έπρεπε οι κλάσεις και οι υποκλάσεις να συνδεθούν με όσο το δυνατόν πιο ολοκληρωμένο τρόπο. Οι υποκατηγορίες που δημιουργήθηκαν παρουσιάζονται και εξηγούνται αναλυτικά στη συνέχεια, για κάθε κύρια ιδιότητα της οντολογίας.

- **Has Output:** με την ιδιότητα αυτή συνδέονται όλες οι τεχνολογίες που υπάρχουν στα δεδομένα με τα προϊόντα τους.



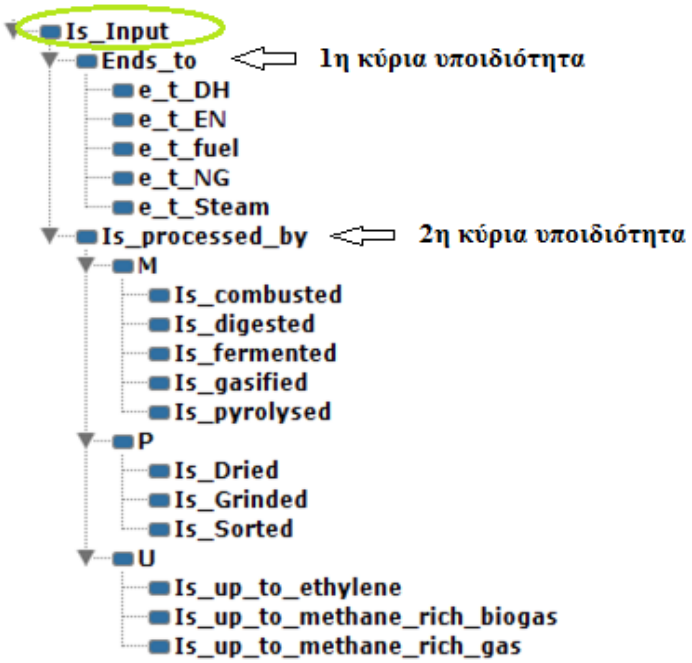
Εικόνα 6.6 *Κύρια ιδιότητα Has_Output*

- **Has Input:** στόχος της ιδιότητας αυτής είναι πρώτον, να δειχθεί ποια είναι η τελική χρήση για κάθε είδος βιοενέργειας. Δηλαδή ποιοι είναι οι τελικοί αποδέκτες των προϊόντων των διάφορών τεχνολογιών. Δεύτερον, να δειχθεί ποια τεχνολογία είναι κατάλληλη για κάθε είδος βιομάζας. Δηλαδή ποια τεχνολογία μετατροπής επεξεργάζεται ποιο είδος βιομάζας.



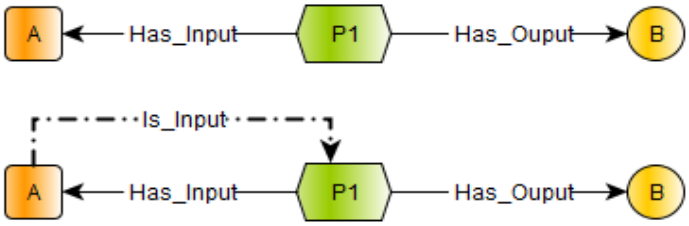
Εικόνα 6.7 *Κύρια ιδιότητα Has_Input*

- **Is Input:** η ιδιότητα αυτή είναι *αντίστροφη* της ιδιότητας Has Input.



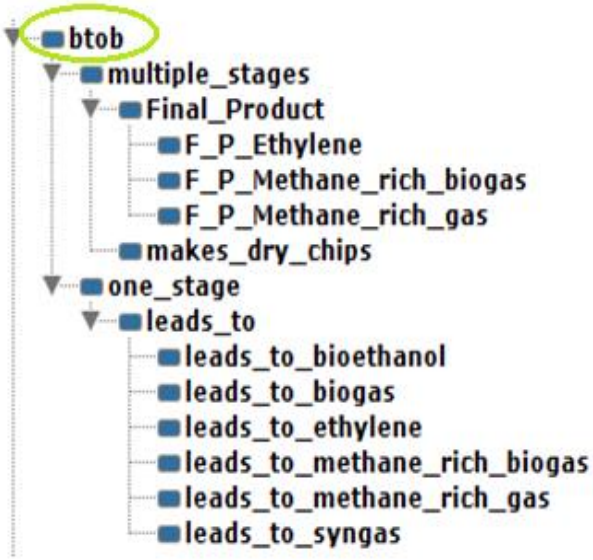
Εικόνα 6.8 *Κύρια ιδιότητα Is_Input*

Ένα δεύτερο σημείο, λοιπόν, που μπαίνει στη δημιουργία των συνδέσεων είναι η έννοια «αντίστροφα». Στόχος είναι να δειχθούν οι συνδέσεις όσο πιο ολοκληρωμένα γίνεται. Επομένως, για να γίνει πιο κατανοητό, η έννοια του «αντίστροφα» επιτρέπει όχι μόνο να δειχθεί ο τρόπος που το δεδομένο P1 συνδέεται με το δεδομένο A, αλλά και πως το A συνδέεται με το P1. Αυτό γίνεται με την εντολή ***inverse of*** που βρίσκεται στο πρόγραμμα. Σχηματικά η εντολή *inverse of* δίνεται στο *διάγραμμα 6.1*.



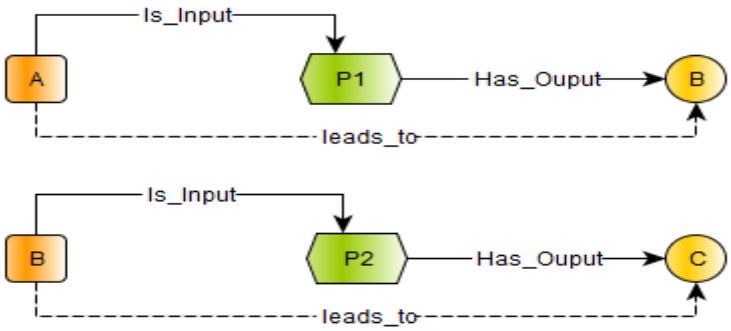
Διάγραμμα 6.1 *Η εντολή inverse*

- **btob:** η ιδιότητα αυτή συνδέει τη βιομάζα με τη βιοενέργεια, χωρίς κανένα ενδιάμεσο στάδιο. Αυτό σημαίνει ότι η ιδιότητα αυτή οδηγεί από την πρώτη ύλη, που είναι η βιομάζα, στο τελικό προϊόν, που είναι η βιοενέργεια χωρίς να υπεισέρχονται τεχνολογίες μετατροπής.
  Πρώτα δημιουργήθηκε η υποκατηγορία **one stage**. Εδώ δημιουργείται η σύνδεση μεταξύ βιομάζας και βιοενέργειας απευθείας. Ακολουθεί η δημιουργία της υποκατηγορίας **multiple stages**. Στόχος της υποκατηγορίας αυτής είναι να προκύψει όλη η διεργασία που γίνεται κατά τη μετατροπή της βιομάζας σε βιοενέργεια, συμπεριλαμβανομένων και των ενδιάμεσων σταδίων.

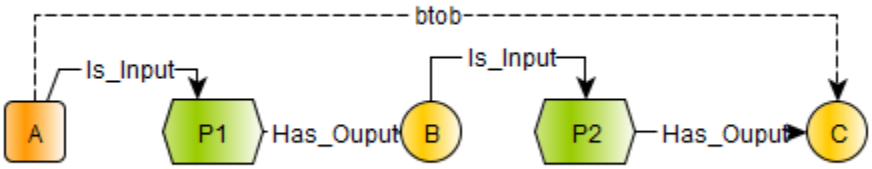


Εικόνα 6.9 *Κύρια ιδιότητα btob*

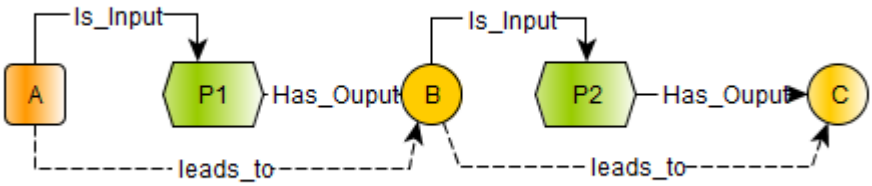
Ένα τρίτο σημείο που μπαίνει στη δημιουργία των συνδέσεων είναι η χρήση της εντολής ***chain*** του προγράμματος. Η εντολή αυτή δίνει τη δυνατότητα να ενωθούν ιδιότητες μεταξύ τους, ώστε να προκύψει το ζητούμενο αποτέλεσμα. *Υπενθυμίζεται ότι οι ιδιότητες συνδέουν τις κλάσεις και τις υποκλάσεις μεταξύ τους. Η ιδιότητα chain συνδέει ιδιότητες μεταξύ τους.* Στα διαγράμματα που ακολουθούν δίνεται σχηματικά η εντολή *chain* και απεικονίζεται με τη διακεκομμένη γραμμή. Στο *διάγραμμα 6.2* παρουσιάζεται μια απλή μορφή της εντολής. Στο *διάγραμμα 6.3* δίνεται σχηματικά η εντολή για τη δημιουργία της ιδιότητας *btob* και την υποκατηγορία αυτής *one stage*. Τέλος, στο *διάγραμμα 6.4* δίνεται σχηματικά η εντολή για τη δημιουργία της ιδιότητας *btob* και την υποκατηγορία αυτής *multiple stages*.



Διάγραμμα 6.2 *Η εντολή chain*



Διάγραμμα 6.3 *Η ιδιότητα one stage*



Διάγραμμα 6.4 *Η ιδιότητα multiple stages*

6.5 Η τελική οντολογία

Εδώ παρουσιάζεται η τελική μορφή της οντολογίας που χτίστηκε. Επιχειρήθηκε να παρουσιαστούν όσο το δυνατόν πληρέστερα τόσο τα δεδομένα όσο και οι συνδέσεις μεταξύ τους. Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, τα δεδομένα που εισήχθησαν την οντολογία αφορούσαν στα δεδομένα που προέκυψαν από τα βιομηχανικά λιμάνια που μελετήθηκαν.

Για την ενότητα Classes

Τελικά, προέκυψαν τέσσερις κύριες κλάσεις. Στην κάθε κλάση εισήχθησαν και ορίσθηκαν υποκλάσεις για την εισαγωγή πιο λεπτομερών δεδομένων στην οντολογία. Έτσι, συνολικά προέκυψαν για κάθε κλάση :

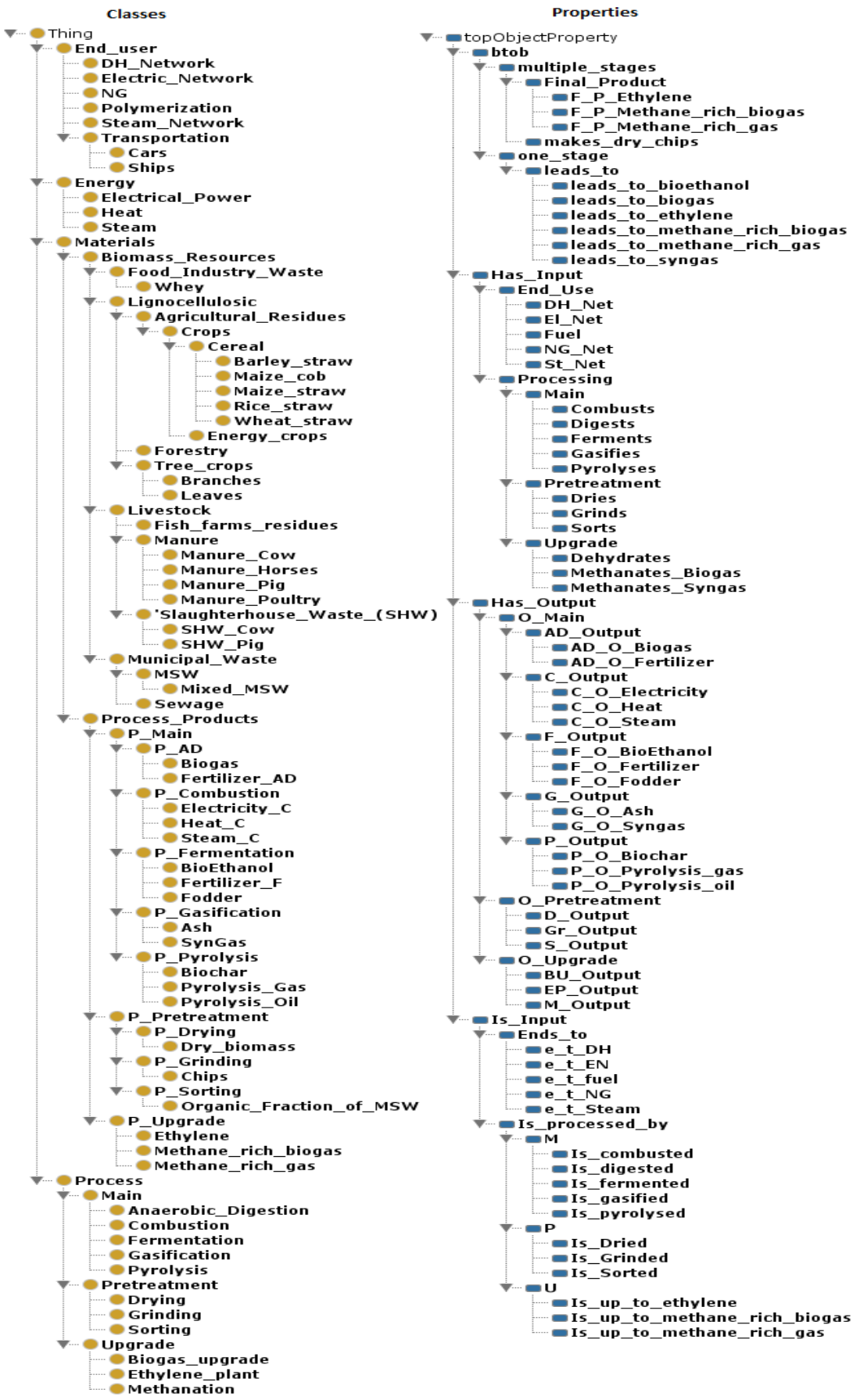
- **End_User:** 6 κύριες υποκλάσεις, με την υποκλάση *Transportation* να εμπεριέχει 2 δευτερεύουσες υποκλάσεις.
- **Energy:** 3 κύριες υποκλάσεις.
- **Materials:** 2 κύριες υποκλάσεις. Η υποκλάση *Biomass_Resources* εμπεριέχει 4 δευτερεύουσες υποκλάσεις, οι οποίες με τη σειρά τους κατηγοριοποιούνται περεταίρω. Η υποκλάση *Process_Products* εμπεριέχει 3 δευτερεύουσες υποκλάσεις, που επίσης κατηγοριοποιούνται περεταίρω.
- **Process:** 3 κύριες υποκλάσεις, με την πρώτη να εμπεριέχει 5 δευτερεύουσες υποκλάσεις και τις άλλες δύο να εμπεριέχουν από 3 δευτερεύουσες υποκλάσεις η κάθε μία.

Για την ενότητα Properties

Προέκυψαν και εδώ τέσσερις κύριες ιδιότητες. Σε κάθε ιδιότητα εισήχθησαν και ορίσθηκαν υποιδιότητες για πιο σαφή καταγραφή των συνδέσεων μεταξύ των κλάσεων και των υποκλάσεων. Συνολικά, προέκυψαν τα παρακάτω :

- **btob:** 2 κύριες υποιδιότητες. Η υποιδιότητα *multiple_stages* εμπεριέχει 2 δευτερεύουσες υποιδιότητες που κατηγοριοποιούνται περεταίρω. Η υποιδιότητα *one_stage* εμπεριέχει 6 δευτερεύουσες υποιδιότητες.
- **Has_Input:** 2 κύριες υποιδιότητες. Η υποιδιότητα *End_Use* εμπεριέχει 5 δευτερεύουσες υποιδιότητες. Η υποιδιότητα *Processing* εμπεριέχει 3 δευτερεύουσες υποιδιότητες, που κατηγοριοποιούνται περεταίρω.
- **Has_Output:** 3 κύριες υποιδιότητες. Οι υποιδιότητες O_Main, O_Pretreatment, O_Upgrade εμπεριέχουν 5, 3, 3 δευτερεύουσες υποιδιότητες αντίστοιχα. Στην περίπτωση της υποιδιότητας O_Main, οι δευτερεύουσες υποιδιότητες κατηγοριοποιούνται περεταίρω.
- **Is_Input:** 2 κύριες υποιδιότητες κατ' αντιστοιχία με την ιδιότητα Has_Input, αφού όπως αναφέρθηκε οι δύο αυτές ιδιότητες είναι αντίστροφες.

Η οντολογία που προκύπτει τελικά δίνεται στην *εικόνα 6.10*.



Εικόνα 6.10 *Τελική οντολογία*

Κεφάλαιο 7. Αποτελέσματα

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν τα δίκτυα συμβίωσης που αναπτύχθηκαν για τα 4 λιμάνια, που προαναφέρθηκαν, και το συνολικό δυναμικό βιοενέργειας του κάθε λιμανιού. Ακόμα, θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την οντολογία που χτίστηκε, στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής. Τα αποτελέσματα προέκυψαν από τις ερωτήσεις που τέθηκαν στο περιβάλλον του προγράμματος Protégé, το οποίο παρουσιάστηκε πιο πάνω. Πριν από κάθε πίνακα δίνεται η ερώτηση ακριβώς όπως τέθηκε στο πρόγραμμα. Οι πίνακες των αποτελεσμάτων διατηρούν ακέραιη τη δομή και την ορολογία, όπως προέκυψε από το Protégé. Παρόλα αυτά, τα αποτελέσματα δεν παρουσιάζονται ως εικόνες από το πρόγραμμα, αλλά εισάγονται σε πίνακες για μεγαλύτερη ευκρίνεια και για διευκόλυνση κατά την ανάγνωση. Επιπλέον, και για τον ίδιο σκοπό, εισάγονται και τίτλοι. Ο συμβολισμός που χρησιμοποιείται έχει δοθεί αναλυτικά στο Κεφάλαιο 6.

Ευχαριστώ τον υπ. Διδάκτορα κ. Λιγνό Γεώργιο για τα δίκτυα συμβίωσης των λιμανιών Wismar, Malmö και Αστακός.

7.1 Ανάπτυξη των δικτύων συμβίωσης

Στον *πίνακα 7.1* δίνονται υποδείξεις για την καλύτερη κατανόηση των δικτύων συμβίωσης που σχεδιάστηκαν.

Χρώμα	**Επεξήγηση**
Πορτοκαλί	Πρωτογενής τομέας
Κόκκινο	Τελικοί αποδέκτες
Πράσινο	Τεχνολογία
Μπλε	Λειτουργικές μονάδες
Κίτρινο	Εναλλακτικές προτάσεις/επεκτάσεις

Πίνακας 7.1 *Ερμηνεία χρωμάτων στα δίκτυα συμβίωσης*

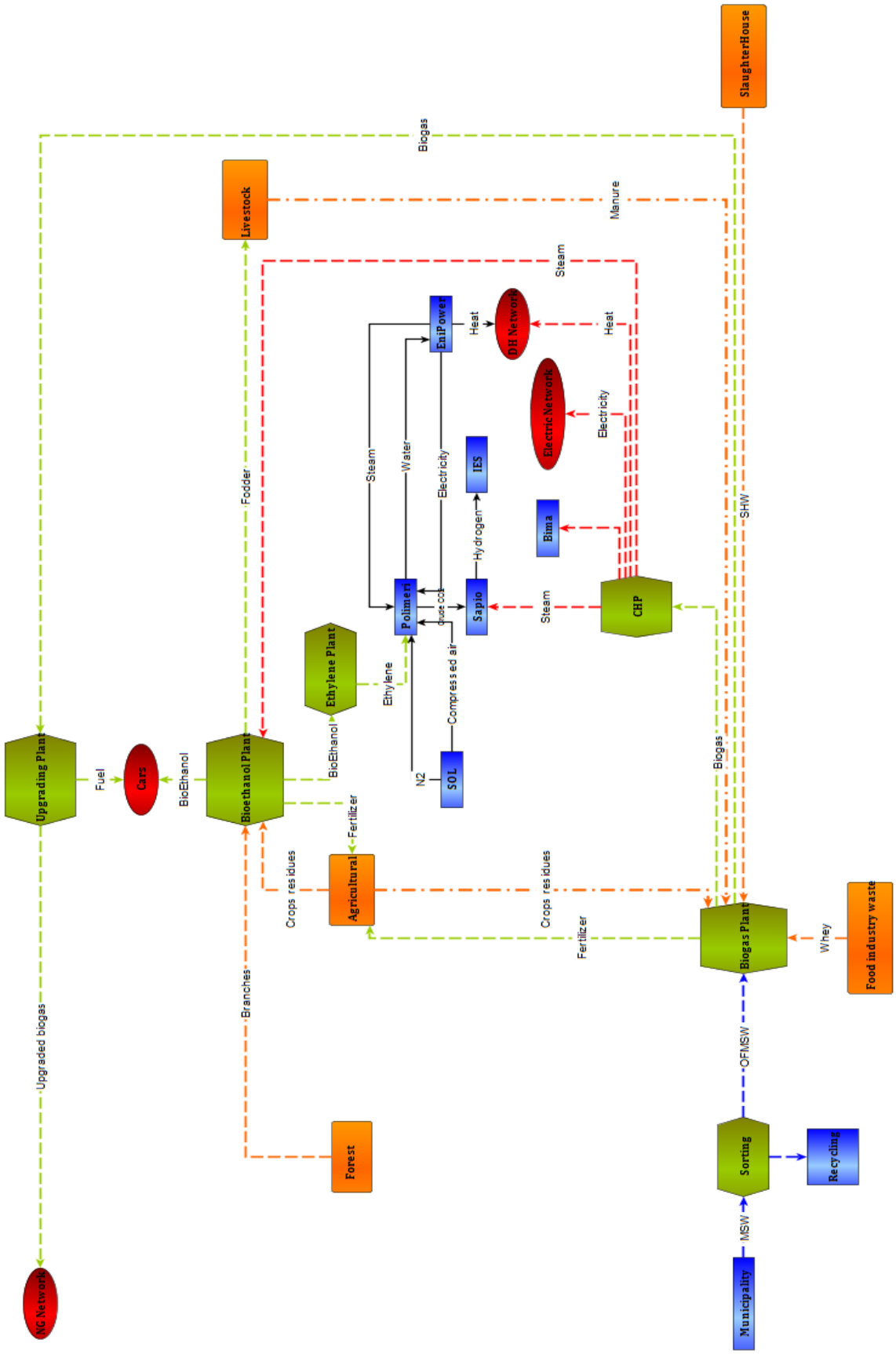
7.1.1 Mantua

Το δίκτυο συμβίωσης που αναπτύχθηκε για το λιμάνι της Μάντοβα παρουσιάζεται εδώ. Η ανάπτυξη του δικτύου βασίστηκε στη μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στο *Κεφάλαιο 4*.

Στον πίνακα, που ακολουθεί, δίνεται μια σύνοψη για το συμβιωτικό δίκτυο στο λιμάνι της Mantua. ***Το συνολικό δυναμικό βιοενέργειας της Mantua ανέρχεται σε 411MW (βιοαέριο) και 270MW (βιοαιθανόλη).***

Λειτουργικές μονάδες	5 υπάρχουσες	4 καινούριες
Συνδέσεις	8 υπάρχουσες	25 προτεινόμενες

Πίνακας 7.2 *Σύνοψη για το λιμάνι της Mantua*



Διάγραμμα 7.1 *Το δίκτυο συμβίωσης για τη Mantua*

Με τη συνεχή μελέτη της βιβλιογραφίας, προκύπτουν διαρκώς νέα δεδομένα για τις δυνατότητες επεξεργασίας της βιομάζας, αλλά και τις δυνατότητες των τεχνολογιών επεξεργασίας. Έτσι, προστίθενται στα δίκτυα συμβίωσης, που δημιουργήθηκαν για το λιμάνι της Μάντοβα, και νέες συνδέσεις. Στόχος είναι να παρουσιαστεί όσο το δυνατόν πληρέστερα το πλήθος των εναλλακτικών επιλογών στη συμβίωση.

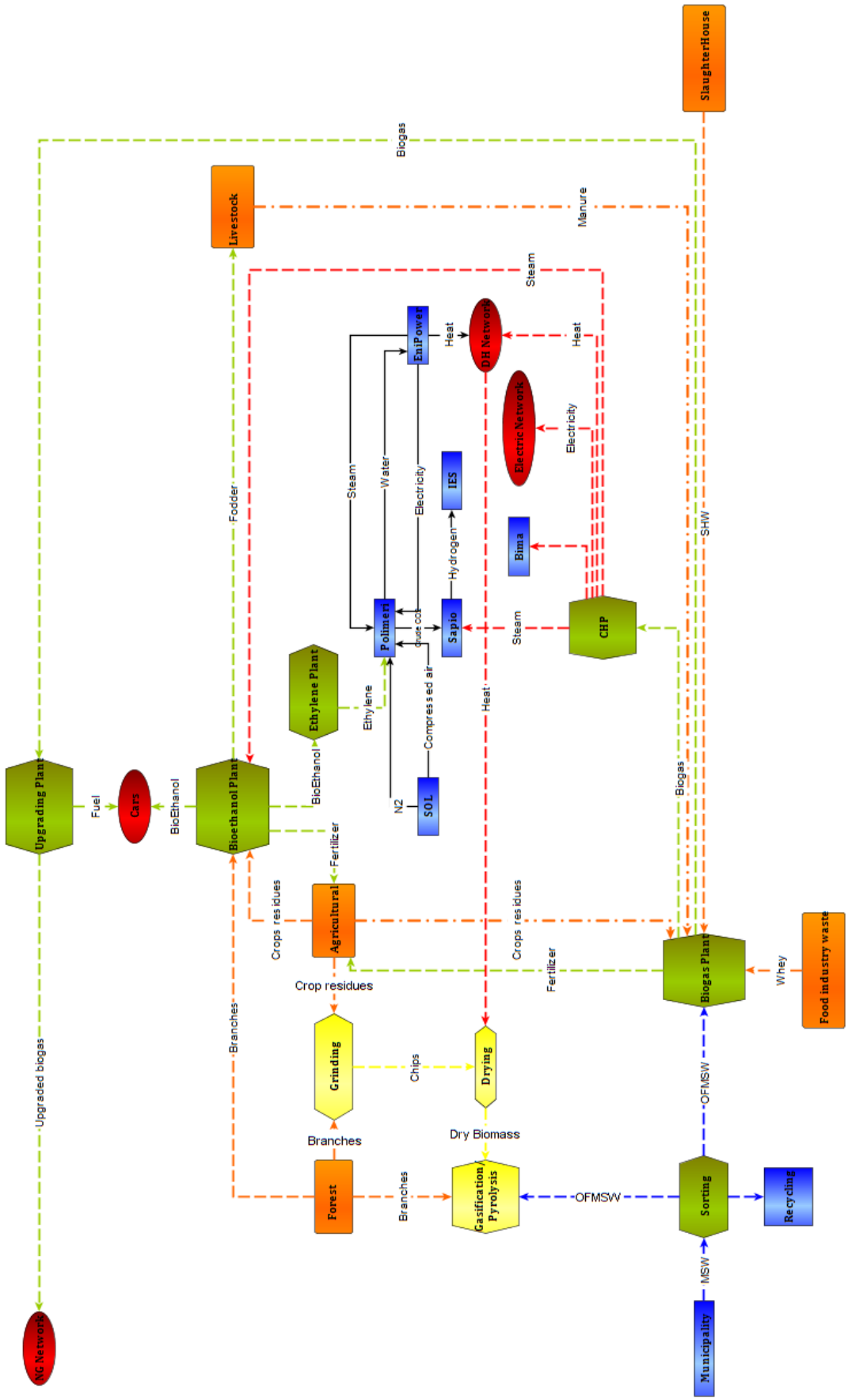
Οι συνδέσεις αυτές δίνουν μια πιο ολοκληρωμένη και λεπτομερή εικόνα των δικτύων συμβίωσης, ενώ παρουσιάζεται και το εύρος των επιλογών στην ανάπτυξη των δικτύων συμβίωσης. Είναι, λοιπόν, απαραίτητο πέρα από τη γνώση και την κατανόηση της γνώσης, η εξερεύνηση όλων των πιθανών εναλλακτικών οδών που μπορούν να ακολουθηθούν, αλλά και το εύρος των δυνατοτήτων που μας δίνουν τα δεδομένα, που είναι στη διάθεσή μας.

Έτσι, όπως δίνεται και στον πίνακα 7.1, με το κίτρινο χρώμα εισάγονται στο ήδη υπάρχον δίκτυο συμβίωσης καινούριες συνδέσεις, που αφορούν είτε στην πιο ολοκληρωμένη παρουσίαση των τεχνολογιών (δηλαδή εισαγωγή διεργασιών προ-επεξεργασίας), είτε στην παρουσίαση και εναλλακτικών τεχνολογιών παραγωγής βιοενέργειας.

Πιο αναλυτικά, στο *διάγραμμα 7.2*, γίνεται εισαγωγή δύο τεχνολογιών προ-επεξεργασίας βιομάζας. Αυτές είναι η άλεση (grinding) και η ξήρανση (drying). Σε πρώτο στάδιο, η βιομάζα αλέθεται ώστε να είναι σε τέτοια μορφή που θα διευκολύνει την επεξεργασία της. Σε πολλές από τις προτεινόμενες τεχνολογίες παίζει πολύ μεγάλο ρόλο στην απόδοση της διεργασίας η υφή που θα έχει η βιομάζα. Σε δεύτερο στάδιο, ξηραίνεται ώστε να απομακρυνθεί όσο το δυνατόν μεγαλύτερο ποσοστό υγρασίας από αυτήν.

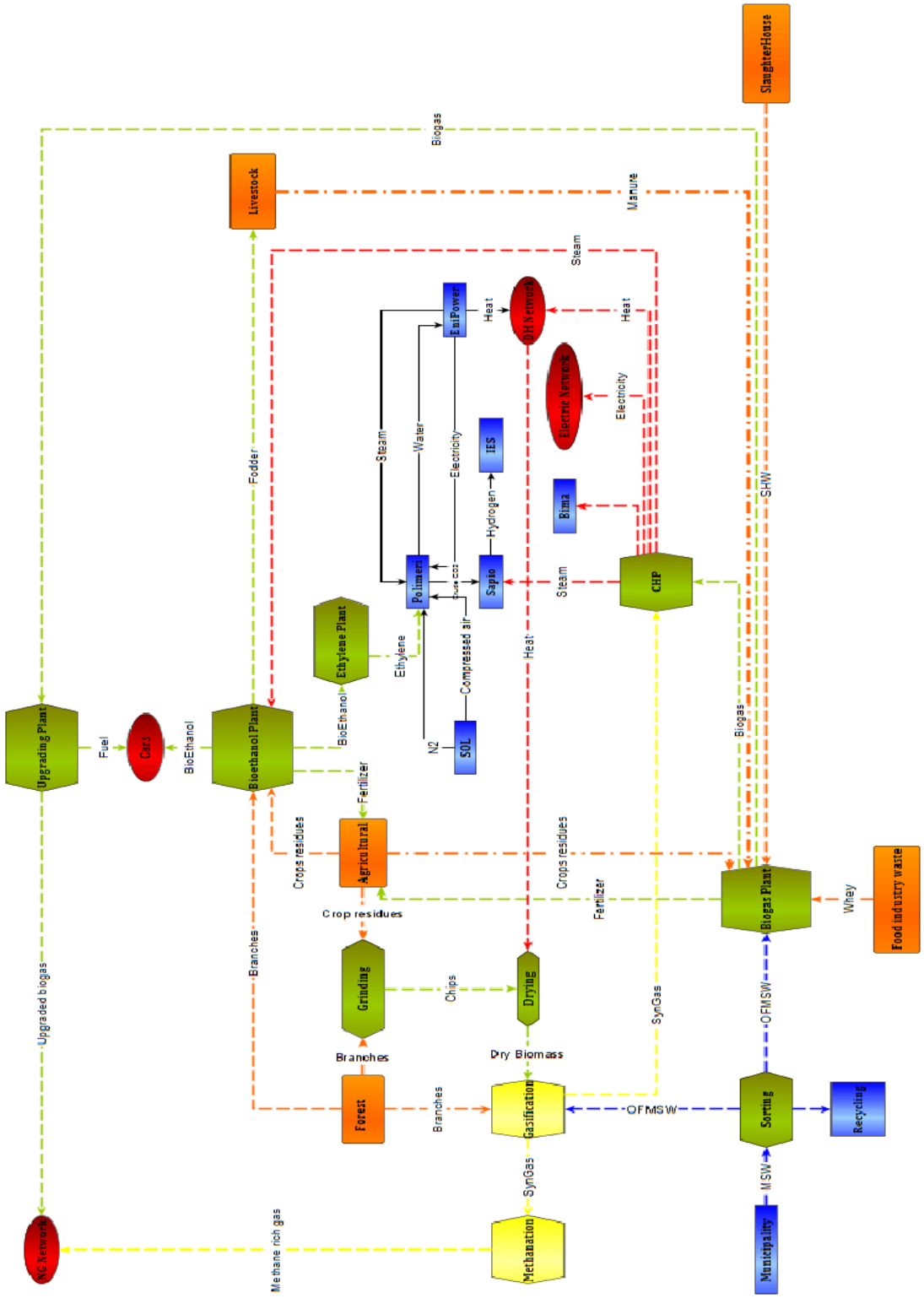
Η ξηρή βιομάζα που προκύπτει μπορεί τώρα να οδηγηθεί σε τεχνολογίες επεξεργασίας όπως η πυρόλυση και η αεριοποίηση.

Κρατώντας, λοιπόν, σταθερό το βασικό άξονα του δικτύου συμβίωσης που αναπτύχθηκε πιο πάνω (*διάγραμμα 7.1*), αρχίζουν να γίνονται οι επιπλέον προσθήκες.



Διάγραμμα 7.2 *Εναλλακτικό δίκτυο*

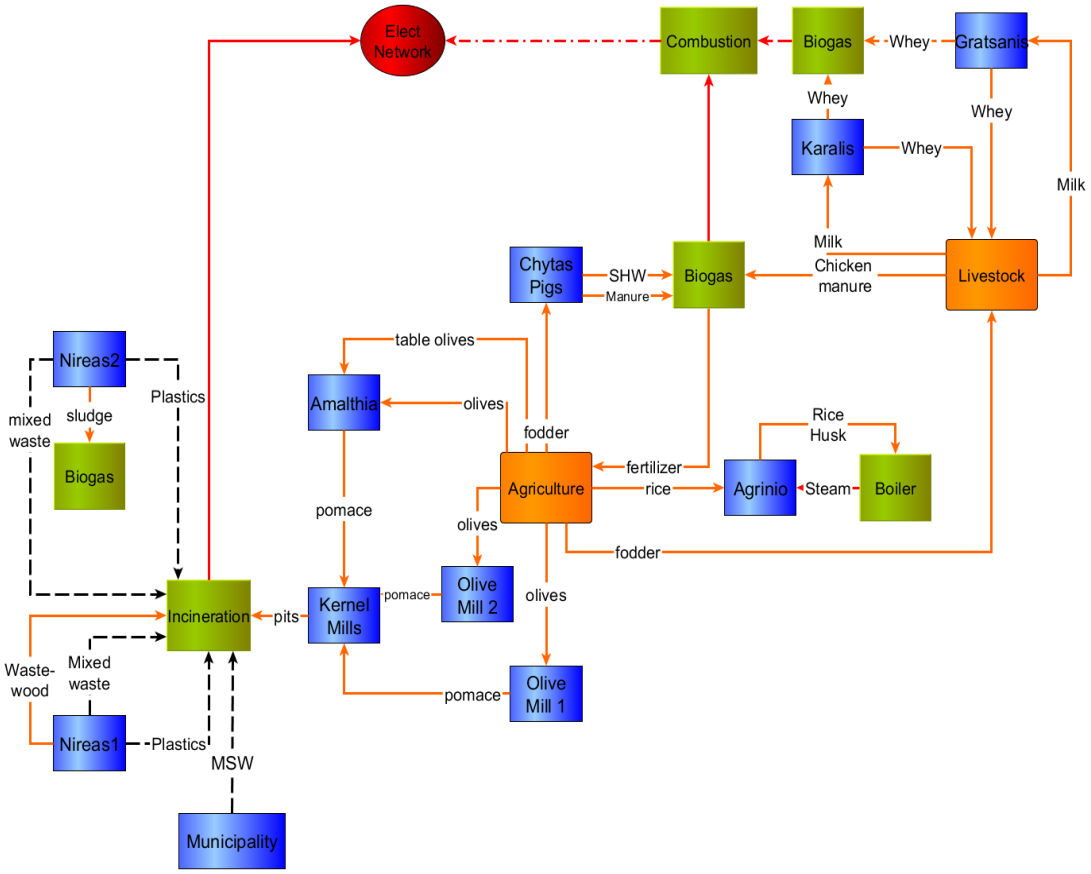
Στο *διάγραμμα 7.3* επιλέχθηκε να αναπτυχθεί η τεχνολογία της αεριοποίησης. Παρουσιάζονται οι δυνατότητες της τεχνολογίας αυτής και οι πιθανές συνδέσεις που προκύπτουν. Δε γίνεται εισαγωγή κάθε πιθανής τεχνολογίας, καθώς στόχος είναι να παρουσιαστεί ο τρόπος σκέψης στην ανάπτυξη των δικτύων συμβίωσης ξεκινώντας, όπως αναφέρθηκε, από το δίκτυο συμβίωσης που αναπτύχθηκε για το λιμάνι της Μάντοβα.



Διάγραμμα 7.3 *Επέκταση εναλλακτικού δικτύου*

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα δίκτυα συμβίωσης που αναπτύχθηκαν για τα άλλα 3 λιμάνια του έργου. Όπως αναφέρθηκε στην αρχή του κεφαλαίου, η παρουσίαση για τα λιμάνια αυτά θα είναι λιγότερο εκτενής.

7.1.2 Astakos



Διάγραμμα 7.1 *Δίκτυο συμβίωσης για τον Αστακό*

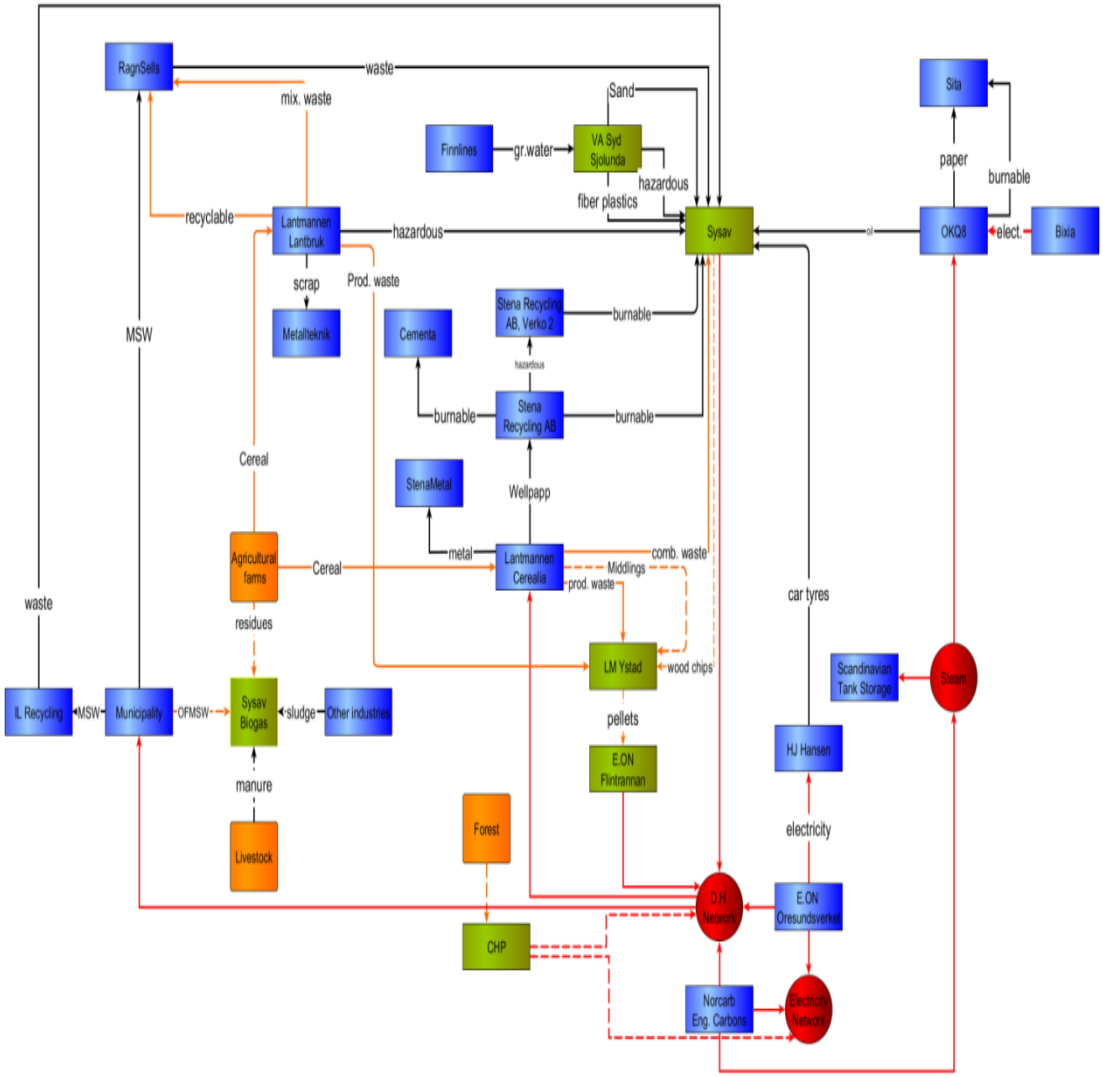
Το λιμάνι του Αστακού αν και βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο όσον αφορά τη συμβίωση, σε σύγκριση με τα υπόλοιπα λιμάνια του έργου, παρόλα αυτά παρουσιάζει πολλές δυνατότητες στην ανάπτυξη συμβιωτικής δράσης στην περιοχή. ***Το δυναμικό βιοενέργειας του Αστακού ανέρχεται στα 137MW (απευθείας καύση) και 20MW (βιοαέριο από κοπριά ζώων).***

Στον πίνακα, που ακολουθεί, παρουσιάζεται μια σύνοψη για το συμβιωτικό δίκτυο στο λιμάνι του Αστακού.

Λειτουργικές μονάδες	9 βιομηχανίες	3 καινούριες
Συνδέσεις	25 υπάρχουσες	5 προτεινόμενες

Πίνακας 7.3 *Σύνοψη για το λιμάνι του Αστακού*

7.1. 3 Malmö



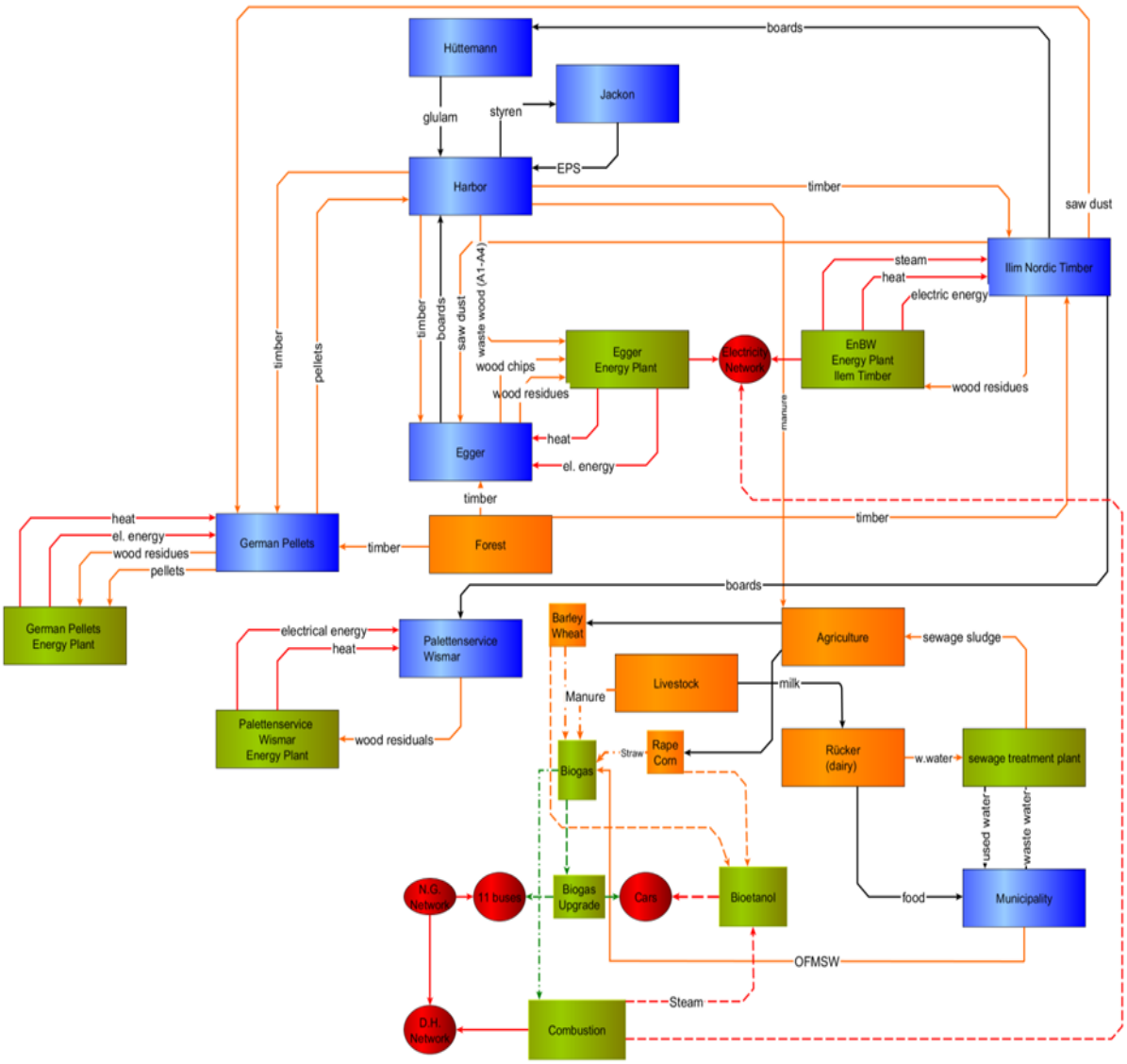
Διάγραμμα 7.2 *Δίκτυο συμβίωσης για το Malmö*

Στον πίνακα, που ακολουθεί, δίνεται μια σύνοψη για συμβιωτικό δίκτυο στο λιμάνι του Malmö. ***Το δυναμικό βιοενέργειας του Malmö ανέρχεται στα 38,3MW internal (απευθείας καύση και βιοαέριο) και 149MW external (απευθείας καύση και βιοαέριο).***

Λειτουργικές μονάδες	16 υπάρχουσες	2 καινούριες
Συνδέσεις	42 υπάρχουσες	5 προτεινόμενες

Πίνακας 7.4 *Σύνοψη για το λιμάνι του Malmö*

7.1.4 Wismar



Διάγραμμα 7.3 *Δίκτυο συμβίωσης για το Wismar*

Στον πίνακα, που ακολουθεί, δίνεται μια σύνοψη για συμβιωτικό δίκτυο στο λιμάνι του Wismar. ***Το δυναμικό βιοενέργειας του Wismar ανέρχεται σε 69MW (βιοαιθανόλη) ή 129MW (απευθείας καύση) και 16MW (βιοαέριο).***

Λειτουργικές μονάδες	10 υπάρχουσες	3 καινούριες
Συνδέσεις	42 υπάρχουσες	12 προτεινόμενες

Πίνακας 7.5 *Σύνοψη για το λιμάνι του Wismar*

7.2 Αποτελέσματα οντολογίας

Οι ερωτήσεις που τέθηκαν στο τμήμα SPARQL Query του Protégé, διατυπώθηκαν όπως υποδηλώνεται από την ονομασία του τμήματος, αλλά και όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, σε γλώσσα SPARQL. Οι ερωτήσεις που τίθενται ακολουθούν το μοτίβο και το σκεπτικό που παρουσιάστηκε στο *Κεφάλαιο 6 (§6.4)* για τη δημιουργία των ιδιοτήτων της οντολογίας.

Οι ερωτήσεις διαβάζονται από αριστερά προς τα δεξιά και συνήθως διατυπώνονται σε μορφή τριπλέτας, με κύριο άξονα τη μορφή **{?υποκείμενο aa:ιδιότητα ?αντικείμενο}**. Στην τριπλέτα αυτή, ως υποκείμενο και αντικείμενο λαμβάνονται οι κλάσσεις και οι υποκατηγοριοποιήσεις τους.

Επιλέχθηκε να τεθούν και να παρουσιαστούν ερωτήσεις από κάθε κατηγορία τις ενότητας των ιδιοτήτων (properties). Η σειρά των αποτελεσμάτων δεν είναι τυχαία. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ξεκινώντας από το γενικό και καταλήγοντας στο ειδικό. Δηλαδή, πρώτα τίθεται ερώτηση κύριας ιδιότητας –το γενικό- και καταλήγοντας τίθενται ερωτήσεις για τις υποιδιότητες, των κυρίων υποιδιοτήτων, -το ειδικό. Οι ερωτήσεις, που τέθηκαν, είναι και από τις τέσσερις κύριες ιδιότητες της οντολογίας.

Στόχος των ερωτήσεων που τέθηκαν –και παρουσιάζονται εδώ- είναι να ελεγχθεί κατά πόσο η οντολογία που αναπτύχθηκε δίνει τα αναμενόμενα αποτελέσματα. Επιπλέον, μέσω των ερωτήσεων αυτών παρουσιάζονται στην πράξη και οι εντολές που αναφέρθηκαν στο *Κεφάλαιο 6 (§6.4)* και ελέγχεται αν είναι καλώς ορισμένες. Ελέγχεται, δηλαδή, αν οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των κλάσεων (classes), που έχουν υπαγορευθεί στην οντολογία με τη μορφή των ιδιοτήτων (properties), είναι και αυτές καλώς ορισμένες, ώστε να μπορούν στη συνέχεια να εξαχθούν μέσω της οντολογίας τα δίκτυα συμβίωσης.

Οι πίνακες, που ακολουθούν, αποτελούν ένα χαρακτηριστικό δείγμα των ερωτήσεων που μπορούν να διατυπωθούν στην οντολογία.

Η πρώτη ερώτηση, που τέθηκε, διατυπώνεται στο πρόγραμμα ως εξής:

- **{ ?A aa:Has_Output ?B } :** ζητείται, δηλαδή, ποιες κλάσσεις συνδέονται μεταξύ τους με την κύρια ιδιότητα Has_Output.

Process (A)	**Product (B)**
Pr_Pyrolyser	P_Biochar
Pr_Sorting	P_Pr_sorting_OFMSW
Pr_Pyrolyser	P_Pyrolysis_Oil
Pr_Fermentation	P_Fodder
Pr_Gasifier	P_Ash
Pr_Incinerator	e_steam
Pr_Dryer	P_Dry_biomass
Pr_Pyrolyser	P_Pyrolysis_Gas
Pr_U_Biogas	EU_NG
Pr_Grinding	P_Chips
Pr_Anaerobic_digester	P_Fertilizer
Pr_Incinerator	e_electricity
Pr_U_Ethylene	P_U_Ethylene
Pr_Anaerobic_digester	P_Biogas
Pr_Fermentation	P_Bioethanol
Pr_Fermentation	P_Fertilizer
Pr_Gasifier	P_Syngas
Pr_Gasifier	P_Syngas
Pr_Incinerator	P_Ash
Pr_U_Methanation	EU_NG
Pr_Incinerator	e_heat

Πίνακας 7.6 *Αποτελέσματα { ?A aa:Has_Output ?B }*

Στον *Πίνακα 7.6* δίνονται τα αποτελέσματα μιας κύριας ιδιότητας. Η κύρια αυτή ιδιότητα είναι η ***Has_Output***. Η έλλειψη αστοχίας στην αντιστοιχία των αποτελεσμάτων υποδηλώνει ότι και οι υποιδιότητες –και κατ' επέκταση οι υποιδιότητες των υποιδιοτήτων- είναι καλώς ορισμένες.

Η επόμενη ερώτηση, που τέθηκε, διατυπώνεται στο πρόγραμμα ως εξής:

- **{ ?A aa:Is_processed_by ?B } :** ζητείται, δηλαδή, ποιες κλάσσεις συνδέονται μεταξύ τους με την κύρια υποιδιότητα Is_processed_by.

Biomass + Products (A)	**Process (B)**
B_Pig_manure	Pr_Anaerobic_digester
P_U_Ethylene	EU_Polymerization
B_Wheat_straw	Pr_Grinding
P_Pr_sorting_OFMSW	Pr_Anaerobic_digester
P_Pyrolysis_Gas	Pr_Incinerator
P_Biogas	Pr_U_Biogas
B_Maize_straw	Pr_Grinding
B_Maize_cob	Pr_Fermentation
B_Forestry	Pr_Grinding
B_Wheat_straw	Pr_Incinerator
B_Maize_cob	Pr_Grinding
B_Barley_straw	Pr_Fermentation
B_Maize_straw	Pr_Anaerobic_digester
B_Whey	Pr_Anaerobic_digester
B_Maize_straw	Pr_Fermentation
P_Dry_biomass	Pr_Incinerator
B_Maize_cob	Pr_Anaerobic_digester
P_Pyrolysis_Oil	Pr_Incinerator
B_Rice_straw	Pr_Grinding
B_Barley_straw	Pr_Grinding
B_Tree_crops	Pr_Fermentation
B_Wheat_straw	Pr_Anaerobic_digester
B_Branches	Pr_Anaerobic_digester
B_Barley_straw	Pr_Anaerobic_digester
P_Syngas	Pr_Incinerator
P_Pr_sorting_OFMSW	Pr_Incinerator
B_Mixed_MSW	Pr_Sorting
B_Tree_crops	Pr_Grinding
P_Bioethanol	Pr_U_Ethylene
P_Bioethanol	Pr_Incinerator

B_Rice_straw	Pr_Fermentation
P_Biogas	Pr_Incinerator
B_Cow_SHW	Pr_Anaerobic_digester
P_Chips	Pr_Dryer
B_Forestry	Pr_Fermentation
B_Branches	Pr_Fermentation
B_Poultry_manure	Pr_Anaerobic_digester
B_Branches	Pr_Grinding
B_Branches	Pr_Incinerator
B_Barley_straw	Pr_Incinerator
B_Pig_SHW	Pr_Anaerobic_digester
B_Mixed_MSW	Pr_Incinerator
P_Dry_biomass	Pr_Pyrolyser
P_Pyrolysis_Gas	Pr_U_Methanation
B_Wheat_straw	Pr_Fermentation
B_Maize_straw	Pr_Incinerator
B_Dairy_manure	Pr_Anaerobic_digester
P_Dry_biomass	Pr_Gasifier
P_Syngas	Pr_U_Methanation
B_Maize_cob	Pr_Incinerator
B_Rice_straw	Pr_Incinerator
B_Rice_straw	Pr_Anaerobic_digester

Πίνακας 7. 7 *Αποτελέσματα { ?A aa:Is_processed_by ?B }*

Η επόμενη ερώτηση, που τέθηκε, διατυπώνεται στο πρόγραμμα ως εξής:

- **{ ?A aa:Processing ?B } :** ζητείται, δηλαδή, ποιες κλάσσεις συνδέονται μεταξύ τους με την κύρια υποιδιότητα Processing, που τους επιπώθηκε και στο *Κεφάλαιο 6*, είναι αντίστροφη τους κύριας υποιδιότητας Is_processed_by.

Process (A)	Biomass + Products (B)
Pr_Pyrolyser	P_Dry_biomass
Pr_Anaerobic_digester	B_Maize_straw
Pr_Fermentation	B_Branches
Pr_Grinding	B_Wheat_straw
Pr_Incinerator	P_Bioethanol
Pr_Anaerobic_digester	B_Rice_straw
Pr_Fermentation	B_Maize_straw
Pr_Anaerobic_digester	B_Barley_straw
Pr_Grinding	B_Barley_straw
Pr_Incinerator	B_Maize_straw
Pr_Dryer	P_Chips
Pr_Incinerator	P_Pyrolysis_Gas
Pr_Anaerobic_digester	B_Maize_cob
Pr_Incinerator	P_Syngas
Pr_Incinerator	B_Branches
Pr_Incinerator	P_Biogas
Pr_U_Methanation	P_Pyrolysis_Gas
Pr_Grinding	B_Maize_straw
EU_Polymerization	P_U_Ethylene
Pr_Grinding	B_Forestry
Pr_Anaerobic_digester	B_Pig_manure
Pr_Anaerobic_digester	B_Poultry_manure
Pr_Incinerator	P_Pyrolysis_Oil
Pr_Incinerator	B_Maize_cob
Pr_Grinding	B_Rice_straw
Pr_Anaerobic_digester	B_Pig_SHW
Pr_Incinerator	B_Mixed_MSW
Pr_Anaerobic_digester	B_Wheat_straw
Pr_Grinding	B_Maize_cob

Pr_Grinding	B_Tree_crops
Pr_Gasifier	P_Dry_biomass
Pr_Sorting	B_Mixed_MSW
Pr_Fermentation	B_Tree_crops
Pr_Anaerobic_digester	B_Whey
Pr_Fermentation	B_Barley_straw
Pr_Incinerator	B_Wheat_straw
Pr_Anaerobic_digester	B_Branches
Pr_Incinerator	B_Rice_straw
Pr_U_Ethylene	P_Bioethanol
Pr_U_Biogas	P_Biogas
Pr_Fermentation	B_Maize_cob
Pr_Incinerator	B_Barley_straw
Pr_Anaerobic_digester	P_Pr_sorting_OFMSW
Pr_Fermentation	B_Forestry
Pr_Anaerobic_digester	B_Dairy_manure
Pr_Incinerator	P_Pr_sorting_OFMSW
Pr_Anaerobic_digester	B_Cow_SHW
Pr_Grinding	B_Branches
Pr_Fermentation	B_Rice_straw
Pr_U_Methanation	P_Syngas
Pr_Incinerator	P_Dry_biomass
Pr_Fermentation	B_Wheat_straw

Πίνακας 7.8 *Αποτελέσματα { ?A aa:Processing ?B}*

Στους *Πίνακες 7.7 και 7.8* παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για την εντολή ***inverse of***. Τα αποτελέσματα είναι για την κύρια υποιδιότητα ***Is_processed_by*** (υποιδιότητα της κύριας ιδιότητας Is_Input) και της κύριας υποιδιότητας ***Processing*** (της κύριας ιδιότητας Has_Input), αντίστοιχα.

Ακόμα, όπως φαίνεται και στους *Πίνακες 7.7 και 7.8* η εντολή *inverse of* είναι καλώς ορισμένη και δίνει τα επιθυμητά αποτελέσματα. Αυτό δίνει τη δυνατότητα, όπως ειπώθηκε και στο *Κεφάλαιο 6*, να αναδειχθεί η αλληλεπίδραση των κλάσεων. Παρατηρεί κάποιος, δηλαδή, ότι ο *Πίνακας 7.8* είναι ο αντίστροφος του *Πίνακα 7.7*.

Η επόμενη ερώτηση, που τέθηκε, διατυπώνεται στο πρόγραμμα ως εξής:

- **{ ?A aa:Final_Product ?B } :** ζητείται, δηλαδή, ποιες κλάσσεις συνδέονται μεταξύ τους με την υποιδιότητα Final_Product.

Biomass (A)	End User (B)
B_Branches	EU_NG
B_Pig_SHW	EU_NG
B_Forestry	P_U_Ethylene
B_Maize_straw	EU_NG
B_Cow_SHW	EU_NG
B_Maize_cob	P_U_Ethylene
B_Rice_straw	P_U_Ethylene
B_Tree_crops	P_U_Ethylene
B_Maize_straw	P_U_Ethylene
B_Rice_straw	EU_NG
B_Barley_straw	EU_NG
P_Pr_sorting_OFMSW	EU_NG
B_Dairy_manure	EU_NG
B_Whey	EU_NG
B_Barley_straw	P_U_Ethylene
B_Wheat_straw	EU_NG
B_Pig_manure	EU_NG
B_Wheat_straw	P_U_Ethylene
B_Branches	P_U_Ethylene
B_Poultry_manure	EU_NG
B_Maize_cob	EU_NG

Πίνακας 7.9 *Αποτελέσματα { ?A aa:Final_Product ?B }*

Η επόμενη ερώτηση, που τέθηκε, διατυπώνεται στο πρόγραμμα ως εξής:

- **{ ?A aa:leads_to_bioethanol ?B } :** ζητείται, δηλαδή, ποιες κλάσσεις συνδέονται μεταξύ τους με την υποιδιότητα leads_to_bioethanol.

Biomass (A)	Bioethanol (B)
B_Maize_straw	P_Bioethanol
B_Wheat_straw	P_Bioethanol
B_Maize_cob	P_Bioethanol
B_Tree_crops	P_Bioethanol
B_Forestry	P_Bioethanol
B_Rice_straw	P_Bioethanol
B_Branches	P_Bioethanol
B_Barley_straw	P_Bioethanol

Πίνακας 7.10 *Αποτελέσματα { ?A aa:leads_to_bioethanol ?B }*

- **{ ?A aa:leads_to_biogas ?B } :** ζητείται, δηλαδή, ποιες κλάσσεις συνδέονται μεταξύ τους με την υποιδιότητα leads_to_biogas.

Biomass (A)	Biogas (B)
B_Cow_SHW	P_Biogas
B_Pig_SHW	P_Biogas
B_Rice_straw	P_Biogas
B_Maize_cob	P_Biogas
B_Barley_straw	P_Biogas
P_Pr_sorting_OFMSW	P_Biogas
B_Whey	P_Biogas
B_Poultry_manure	P_Biogas
B_Branches	P_Biogas
B_Maize_straw	P_Biogas
B_Wheat_straw	P_Biogas
B_Pig_manure	P_Biogas
B_Dairy_manure	P_Biogas

Πίνακας 7.11 *Αποτελέσματα { ?A aa:leads_to_biogas ?B }*

- **{ ?A aa:leads_to_syngas ?B } :** ζητείται, δηλαδή, ποιες κλάσσεις συνδέονται μεταξύ τους με την υποιδιότητα leads_to_syngas.

Biomass (A)	**Syngas (B)**
P_Dry_biomass	P_Pyrolysis_Gas
P_Dry_biomass	P_Syngas

Πίνακας 7.12 *Αποτελέσματα { ?A aa:leads_to_syngas ?B }*

Τέλος, οι *Πίνακες 7.9, 7.10, 7.11, 7.12* αποτελούν τα αποτελέσματα για την κύρια ιδιότητα ***btob***.

- Στον *Πίνακα 7.9* παρουσιάζονται τα αποτελέσματα μιας υποιδιότητας της κύριας υποιδιότητας *multiple_stages*, της ***Final_Product***.
- Στους *Πίνακες 7.10, 7.11 και 7.12* παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για την πιο ειδική κατηγορία υποιδιοτήτων της *btob*. Δηλαδή των υποιδιοτήτων, ***leads_to_bioethanol***, ***leads_to_biogas*** και ***leads_to_syngas*** αντίστοιχα.

Εξετάζοντας τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις ερωτήσεις που τέθηκαν, παρατηρείται ότι δεν υπάρχει κάποια αστοχία και λάθος αντιστοιχία μεταξύ του ΄΄υποκειμένου΄΄ και του ΄΄αντικειμένου΄΄ με βάση την ιδιότητα (property), που ορίζει τη μεταξύ τους σχέση. Οι ιδιότητες είναι αλληλένδετες. Όταν οι ειδικότερες ιδιότητες είναι καλώς ορισμένες, τότε και η γενικότερη ιδιότητα δίνει τα αναμενόμενα αποτελέσματα. Και αντίστροφα, όταν η γενικότερη ιδιότητα δίνει τα αναμενόμενα αποτελέσματα, τότε και οι ειδικότερες ιδιότητες είναι καλώς ορισμένες.

Κεφάλαιο 8. Συμπεράσματα και Συζήτηση

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής. Με βάση τα συμπεράσματα αυτά, αλλά και την εμπειρία που αποκτήθηκε, ακολουθεί μια συζήτηση γύρω από τα δίκτυα συμβίωσης και τις οντολογίες. Παρουσιάζονται κάποιες εφαρμογές, όπως προέκυψαν από το υλικό της παρούσας διπλωματικής και συζητούνται οι μελλοντικές προοπτικές του πεδίου έρευνας. Τέλος, καταγράφονται κάποιες προκλήσεις που παρουσιάστηκαν κατά τη μελέτη.

8.1 Συμπεράσματα

Σύμφωνα με έρευνα που παρουσιάστηκε το 2011, με αναλυτικά στοιχεία για την περιοχή της Μάντοβα, οι ανάγκες θέρμανσης –κατοικιών, σχολίων, δημοσίων κτηρίων- ανέρχονταν στα 351 MW το 2008. Στην παρούσα διπλωματική εργασία εκτιμήθηκε ότι, μόνο από τη διαθέσιμη βιομάζα στην περιοχή της Μάντοβα, μπορούν να παραχθούν 681 MW. Η ενέργεια αυτή είναι παραπάνω από αρκετή για να καλύψει της θερμικές ανάγκες της πόλης.

Με τη Μάντοβα να διαθέτει το 9^{ο} μεγαλύτερο δίκτυο τηλεθέρμανσης στην Ιταλία, χρησιμοποιώντας φυσικό αέριο, υπάρχει ήδη η υποδομή για εκμετάλλευση της εκτιμώμενης βιοενέργειας. Επιπλέον, στην Μάντοβα υπάρχουν, ήδη, 35 μονάδες παραγωγής βιοαερίου. Αυτό διευκολύνει την επεξεργασία της διαθέσιμης βιομάζας, καθώς δεν υπάρχει κόστος ανέγερσης νέων μονάδων.

Ήδη κάποιες από τις εταιρίες, όπως παρουσιάστηκε, ανταλλάσσουν ροές ενέργειας και υλικών. Επιπλέον, από τη φύση της δραστηριότητάς τους διαθέτουν κατάλληλες τεχνολογίες για μετατροπή βιομάζας. Και για τις εταιρίες, λοιπόν, το κόστος εγκατάστασης νέων μονάδων απαλείφεται. Επιπρόσθετα, πολλές εταιρίες χρησιμοποιούν φυσικό αέριο, αλλά και ορυκτά καύσιμα, τα οποία μπορούν πολύ εύκολα να αντικατασταθούν, εν μέρει ή και πλήρως, με προϊόντα βιοενέργειας, όπως βιοαέριο και βιοέλαιο.

Με τη βοήθεια των οντολογιών αποκαλύπτεται τόσο στους ιδιώτες, όσο και στις επιχειρήσεις, αλλά και τους δήμους, το σύνολο των εναλλακτικών επιλογών που έχουν ως προς τη διαχείριση της βιομάζας και των παραπροϊόντων, αλλά και οι δυνατότητες για ανάπτυξη συμβιωτικών δικτύων γρήγορα, εύκολα και με σαφήνεια.

Είναι ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη συμβιωτικών δικτύων η συνεργασία των τοπικών και κρατικών αρχών με τις βιομηχανίες, τις επιχειρήσεις και τους κατοίκους. Η διαπίστωση αυτή είναι η ουσία της ανάπτυξης των συμβιωτικών δικτύων.

8.2 Συζήτηση

Αν και η ιδέα της Βιομηχανικής Συμβίωσης θα μπορούσε να ειπωθεί ότι εφαρμόστηκε, σε πρώιμη μορφή, περίπου το 1960 στο δήμο του Kalundborg, στη Δανία, εντούτοις δεν ήταν ευρέως διαδεδομένη. Οι οικονομικές, περιβαλλοντικές και κοινωνικές συνθήκες είναι αυτές που έφεραν τη ΒΣ ξανά στο προσκήνιο.

Σε ***περιβαλλοντικό επίπεδο***, η ανάγκη για μείωση της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων και φυσικών πόρων για την παραγωγή ενέργειας, αλλά και η μείωση των παραγόμενων αποβλήτων –κυρίως σε επίπεδο βιομηχανικής παραγωγής- οδήγησε στην αναζήτηση εναλλακτικών λύσεων για την παραγωγή ενέργειας και τη διαχείριση των αποβλήτων.

Οι λύσεις αυτές αναζητήθηκαν στην ΄΄πηγή΄΄ του προβλήματος. *Πώς μπορεί μια κοινότητα να διαχειριστεί τα απόβλητά της, με σκοπό τη μείωση των απορριπτόμενων αποβλήτων, και να βρει εναλλακτικούς τρόπους παραγωγής ενέργειας, για την κάλυψη των αναγκών της;* Έτσι, η ιδέα της ΒΣ άρχισε να μπαίνει σε εφαρμογή σε μεγαλύτερη κλίμακα.

Σε ***οικονομικό επίπεδο***, οι επιχειρήσεις, αλλά και οι χώρες στις οποίες αυτές εδρεύουν, είχαν να αντιμετωπίσουν ένα σύνολο εξόδων. Το κόστος για τη διαχείριση των αποβλήτων τους σε κοινοτικό και βιομηχανικό επίπεδο. Το κόστος αγοράς και μεταφοράς των πρωτογενών υλών (κατά κύριο λόγο ορυκτών καυσίμων). Το κόστος συμμόρφωσης με τις κοινοτικές, ευρωπαϊκές, αλλά και παγκόσμιες οδηγίες για την παραγωγή και διάθεση των αποβλήτων, καθώς και την παραγωγή ρύπων. *Πώς, λοιπόν, μπορούσε το κόστος να μειωθεί;*

Σε ***κοινωνικό επίπεδο***, οι επιχειρήσεις και η τοπική κοινωνία πρέπει να μπορούν να συνυπάρχουν, αλλά και να αλληλεπιδρούν, αρμονικά ως μέλη ενός ευρύτερου κοινωνικού συνόλου και ως μέλη άμεσα αλληλοεξαρτώμενα. *Πώς θα συνεργαστούν ώστε να αλληλεπιδρούν αποδοτικότερα και με οφέλη τόσο για την τοπική κοινωνία όσο και για τις επιχειρήσεις;*

Η Βιομηχανική Συμβίωση δίνει λύσεις και στα τρία αυτά επίπεδα. Η ΒΣ προωθεί τη χρήση των τοπικών φυσικών πόρων και πρωτογενών υλών. Ακόμα, δίνει έμφαση στη διαχείριση των αποβλήτων με την έννοια της επαναχρησιμοποίησής τους και όχι της απόρριψής τους. Έτσι, όπως είναι φυσικό, μειώνονται τα απορριπτόμενα απόβλητα και συνεπώς, μειώνονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Επιπρόσθετα, οι περισσότερες βιομηχανίες διαθέτουν ήδη τις τεχνολογίες που χρειάζεται για την επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων και συνεπώς, μειώνεται το κόστος απόθεσής τους. Σημαντικό στοιχείο αποτελεί το γεγονός ότι η διαχείριση των αποβλήτων με σκοπό την επαναχρησιμοποίησή τους, αλλά και η εκμετάλλευση των τοπικών φυσικών πόρων, ανοίγουν νέες οικονομικές προοπτικές, καθώς μπορούν να διατεθούν στο εμπόριο.

Όσον αφορά τη μηχανική των οντολογιών, αν και αποτελούν ΄΄ξένες΄΄ έννοιες για ένα Χημικό Μηχανικό –στην προκειμένη περίπτωση-, εντούτοις μπορούν να φανούν εξαιρετικά χρήσιμες. Είναι σίγουρο ότι αποτελούν εξαιρετικά εργαλεία για την αποτύπωση συγκεντρωμένης γνώσης για ένα μηχανικό. Η γνώση συγκεντρώνεται, οργανώνεται και ομαδοποιείται με στόχο την ευκολότερη διαχείρισή της και γίνεται

εύκολα προσβάσιμη από το ευρύ κοινό. Επιπλέον, σε συνδυασμό και με άλλα εργαλεία προγραμματισμού, θέτουν τις βάσεις για σχηματική και οπτικοποιημένη απόδοση του πεδίου ενδιαφέροντος. *Με μια πιο ευρεία έννοια είναι ΄΄φορείς΄΄ και ΄΄κοινωνοί΄΄ γνώσης και εμπειρίας.*

8.2.1 Μελλοντικές προοπτικές

Μελλοντικά, είναι δυνατόν με τη χρήση κατάλληλων εργαλείων τα αποτελέσματα της οντολογίας να οπτικοποιηθούν. Αυτό θα δώσει μια πιο σαφή και ολοκληρωμένη εικόνα των συμβιωτικών δικτύων που αναπτύσσονται. Με αυτό τον τρόπο καθίσταται πιο εύκολη στο κοινό η πρόσβαση στα συμβιωτικά δίκτυα, αλλά και γενικότερα στα αποτελέσματα της οντολογίας.

Επιπλέον, είναι δυνατό να παραχθούν και αριθμητικά αποτελέσματα μέσω των οντολογιών. Αυτό θα δώσει μια πιο απτή και πλήρη εικόνα για τα οφέλη και τις δυνατότητες της ΒΣ. Επίσης, οι ενδιαφερόμενοι για συμμετοχή σε συμβιωτικά δίκτυα θα μπορούν να δουν πρακτικά το εύρος των επιλογών που είναι στη διάθεσή τους και τα οφέλη για αυτούς.

8.2.2 Προκλήσεις

Μια από τις σημαντικότερες προκλήσεις είναι η ύπαρξη ενιαίου λεξιλογίου, δηλαδή ορολογίας, για την περιγραφή της βιομάζας. Μια από τις δυσκολίες, κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, ήταν η ορολογία που αφορά στο χαρακτηρισμό της βιομάζας. Στη βιβλιογραφία υπάρχουν παραπλήσιοι όροι για την περιγραφή της ίδιας έννοιας. Για παράδειγμα, χοίρος (swine) και γουρούνι (pig), αραβόσιτος (maize) και καλαμπόκι (corn). Η ύπαρξη ενιαίου λεξιλογίου θα βοηθήσει στην καλύτερη οργάνωση και επεξεργασία της γνώσης και των δεδομένων.

Πρόκληση αποτελεί, επίσης, και η μελέτη πολλών διαφορετικών ειδών βιομάζας ως προς το δυναμικό ενέργειας που μπορούν να αποδώσουν. Αν και η έρευνα γύρω από τα διαθέσιμα ήδη βιομάζας αναπτύσσεται ταχέως τα τελευταία χρόνια, παρόλα αυτά υπάρχει ανάγκη για περαιτέρω έρευνα και συγκέντρωση των δεδομένων γύρω από τα διαθέσιμα είδη βιομάζας και τα χαρακτηριστικά τους.

Μια αρκετά ενδιαφέρουσα πρόκληση είναι η παροχή κινήτρων στις τοπικές κοινότητες και τις επιχειρήσεις τους για υιοθέτηση ΄΄πράσινων΄΄ πρακτικών και συμμετοχή στα συμβιωτικά δίκτυα. Οι επιχειρήσεις, η τοπική κοινωνία και το φυσικό περιβάλλον αποτελούν ένα σύνολο. Χρειάζεται να τονιστεί γιατί είναι σημαντικό να στραφούν οι κοινωνίες ως σύνολο στην κατεύθυνση της βιωσιμότητας.

Τέλος, η σημαντικότερη όλων των προκλήσεων είναι η ανάπτυξη σχέσεων εμπιστοσύνης και συνεργασίας μεταξύ των συμμετεχόντων. Η κατανόηση ότι όλα τα μέλη μιας κοινωνίας είναι αλληλένδετα και αλληλοεξαρτώμενα και δεν μπορούν να προοδεύσουν ξεχωριστά το ένα από το άλλο. Χωρίς τη συμμετοχή και τη βοήθεια της τοπικής κοινωνίας, οι επιχειρήσεις είναι δύσκολο να προχωρήσουν στην ανάπτυξη συμβιωτικών δικτύων. Αλλά και αντίστροφα, η τοπική κοινωνία δεν μπορεί να αποκοπεί από τα οφέλη που προκύπτουν από τη συμβιωτική της αλληλεπίδραση με τις επιχειρήσεις.

Βιβλιογραφία

1. Akgün Orkide, Korkeakoski Mika, Mustonen Suvisanna and Luukkanen Jyrki (2011). *Theoretical Bioenergy Potential in Cambodia and Laos*, World Renewable Energy Congress 2011- Sweden
2. Arvidsson Fredrik and Annika Flycht-Eriksson (2008). *Ontologies*
3. Assimakopoulos D., Voivontas D. and Koukios E.G. (2001). *Assessment of biomass potential for power production: a GIS based method*, Biomass and Bioenergy vol. 20; 101-112
4. Ayres U. Robert and Ayres W. Leslie (2002). *A Handbook of Industrial Ecology*; 1-13, 334-342
5. Baas Leo (2005). *Cleaner Production and Industrial Ecology: Dynamic Aspects of the Introduction and Dissemination of New Concepts in Industrial Practice*; 70-100, 305-327
6. Βαλαράκος Α. (2005). *Αναπαράσταση γνώσης και αναζήτηση στο σημασιολογικό ιστό* http://iit.demokritos.gr/~alexv/presentations/KR_v1.0.pdf
7. Batzias F.A., Sidiras D.K. and Spyrou E.K. (2005). *Evaluating livestock manures for biogas production: a GIS based method*, Renewable Energy
8. Boons Frank and Howard-Grenville Jennifer (2009). *THE SOCIAL EMBEDDEDNESS OF INDUSTRIAL ECOLOGY*
9. CESTEC, SWC, SBRA and CRAW (2011). *Methodology for assessing and mapping the heat demand in Lombardy Region, Italy, Northern Ireland, UK, Slovenia and Wallonia Region, Belgium*; 14-39
10. Chertow M.R. (2007). *"Uncovering" Industrial Symbiosis, Journal of Industrial Symbiosis* vol. 11; 11-30
11. Chertow M.R. (2000). *Industrial Symbiosis: Literature and Taxonomy, Annual Review of Energy and Environment*, vol.25; 313-337
12. Cuetos M.J., Gomez X., Otero M. and Moran A. (2005). *Anaerobic digestion of solid slaughterhouse waste (SHW) at laboratory scale: Influence of co-digestion with the organic fraction of municipal solid waste (OFMSW)*, Biochemical Engineering Journal
13. Ding, Z. and Peng, Y. (2004). *A probabilistic extension to ontology language OWL*, Proceedings of the 37th Hawaii International Conference System Sciences (HICSS 04); 40111a
14. Ehriq, M. and S. Staab (2004). *QOM - Quick Ontology Mapping. The Semantic Web – ISWC 2004*; 683-697
15. Gelegenis J., Georgakakis D., Angelidaki I. and Mavris V. (2007). *Optimization of biogas production by co-digesting whey and deluted poultry manure*, Renewable Energy
16. Graedel E.T. and Allenby R. Braden (2010). *Industrial Ecology and Sustainable Engineering*
17. Gruber, T. (1993). *A translation approach to portable ontologies. Knowledge Acquisition* vol. 5, (2); 199-220
18. Gruber T. (1995). *"Towards principles for the design of ontologies used for knowledge sharing"*, International Journal of Human-Computer Studies vol. 43(5-6); 907-928

19. Guarino N. (1998) .*Formal ontology and information systems*, Formal Ontology in Information Systems, FOIS; 3-15

20. Hewes A.K. and Lyons D.I. (2008). *The Humanistic Side of Eco-Industrial Parks: Champions and the Role of Trust*, Regional Studies 42 (10); 1329-1342

21. Horridge Matthew (2011). *A Practical Guide To Building OWL Ontologies Using Protégé 4 and CO-ODE Tools Edition 1.3*

22. Jacobsen Brings Noel (2006). *Industrial Symbiosis in Kalundborg, Denmark: A Quantitative Assessment of Economic and Environmental Aspects*, Journal of Industrial Ecology vol. 10; 239-255

23. Jelinski J.M., Graedel T., Laudise R., McCall D. and Patel C. (1992). *Industrial Ecology: Concepts and approaches*, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 89 (3); 793-797

24. Korhonen J., Savolainen I., Ohlstrom M. (2004). *Applications of the industrial ecology concept in a research project: Technology and Climate Change (CLIMTECH) Research in Finland*, Journal of Cleaner Production vol. 12; 1087-109

25. Lambert A.J.D. and Boons F.A. (2002). *Eco-industrial parks: stimulating sustainable development in mixed industrial parks*, Technovation vol. 22; 471-484

26. Letcher M. Trevor and Vallero A. Daniel (2011). *WASTE: A Handbook for Management*; 198-206

27. McKendry Peter (2002). *Energy production from biomass (part 1): overview of biomass*, Bioresource Technology 83: 37-46

28. Mirata M. and Emtairah T. (2005). *Industrial symbiosis networks and the contribution to environmental innovation: The case of the Landskrona industrial symbiosis programme*, Journal of Cleaner Production vol. 13; 993-1002

29. Neches (1991) (Ontological Engineering - Ascuncion Gomez, Perez, Mariano, Fernandez-Lopez, Oscar, Corcho-Garcia)

30. Newton W. Peter (2008). *Transitions: Pathways Towards Sustainable Urban Development in Australia*; 540-542

31. Nguyen T. Thu Lan, Hermansen E.J. and Nielsen G.R. (2013). *Environmental assessment of gasification technology of biomass conversion to energy in comparison with other alternatives: the case of wheat straw*, Journal of Cleaner Production 53; 138-148

32. Noy F. Natalya and McGuinness L. Deborah, Standford University. A guide to create your first ontology

33. Radlein D. (2002). *Study of levoglucosan production , A review. In: Bridgwater AV (ed.). Fast Pyrolysis of Biomass: A Handbook* vol. 2; 205 – 241

34. Roberts B.H. (2004). *The application of industrial ecology principles and planning guidelines for the development of eco-industrial parks: an Australian case study*, Journal of Cleaner Production 12; 997–1010

35. Stamatis G. and Chatzipaschali A. (2012). *Biotechnological Utilization with a Focus on Anaerobic Treatment of Cheese Whey: Current Status and Prospects*

36. Saxena R.C., Adhikari D.K. and Goyal H.B. (2009). *Biomass-based energy fuel through biochemical routes: A review*, Renewable & Sustainable Energy Reviews

37. Tumuluru Jaya Shankar, Shahab Sokhansanj, Christopher T. Wright, Richard D. Boardman and Neal A. Yancey (2011). *A Review on Biomass Classification and Composition, Co-firing Issues and Pretreatment Methods*

38. Uschold, M. and Gruninger, M. (1996). *Ontologies: Principles, Methods and Applications. Knowledge Engineering Review*

39. Verma M., Godbout S., Brar S.K., Lemay S.P., Larouche J.P. and Solomatnikova O. (2011). *Biofuels Production from Biomass by Thermochemical Conversion Technologies*, International Journal of Chemical Engineering, vol. 2012

40. http://www.symbiosis.dk/en

41. http://lemvibiogas.com/ biogas HANDBOOK (2008)

42. http://www.oecd.org/env/outreach/36203835.pdf