



Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης

Βιομηχανική συμβίωση:
Μεθοδολογία ανάπτυξης και
αξιολόγησης συμβιωτικών δράσεων
δέσμευσης και αξιοποίησης
εκπομπών CO₂

Διπλωματική Εργασία

Δήμα Χρυσούλα

Επιβλέπων

Γεώργιος Αραμπατζής, Επίκουρος Καθηγητής

Χανιά, Ιούλιος 2021



Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης

**Βιομηχανική συμβίωση:
Μεθοδολογία ανάπτυξης και
αξιολόγησης συμβιωτικών δράσεων
δέσμευσης και αξιοποίησης
εκπομπών CO₂**

Διπλωματική Εργασία

Εγκρίθηκε από την εξεταστική επιτροπή:

Γεώργιος Αραμπατζής

Επίκουρος Καθηγητής

Πολυτεχνείο Κρήτης

Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης

Κωνσταντίνος Ζοπουνίδης

Καθηγητής

Πολυτεχνείο Κρήτης

Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης

Αθανάσιος Αγγελής-Δημάκης

Επίκουρος Καθηγητής

Πανεπιστήμιο του Χάντερσφιλντ (University of Huddersfield, UK)

Σχολή Εφαρμοσμένων Επιστημών

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ θερμά τον κύριο Αραμπατζή Γεώργιο και κύριο Ζοπουνίδη Κωνσταντίνο που με στήριξαν στο μεγαλύτερο μέρος της φοιτητικής μου πορείας και τον κύριο Αθανάσιο Αγγελή για όλες τις γνώσεις που μου προσέφερε και τις συμβουλές που μου έδωσε από την αρχή της γνωριμίας μας.

Περίληψη

Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας εφαρμόζεται μια μεθοδολογία ανάπτυξης και αξιολόγησης συμβιωτικών δράσεων μεταξύ βιομηχανικών μονάδων με αντικείμενο την επαναχρησιμοποίηση του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) ως παραπροϊόν βιομηχανικών διεργασιών. Η μεθοδολογία εφαρμόζεται στο σύνολο των βιομηχανιών της Κύπρου, για την οποία υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα. Αρχικά, αναλύονται τα βήματα για μια επιτυχημένη βιομηχανική συμβίωση, όπως η αντιστοίχιση εισροών-εξόδων, οι διαθέσιμες τεχνολογίες, η γεωγραφική θέση, οι περιβαλλοντικές νομοθεσίες. Παρατίθενται εργασίες από τη διεθνή βιβλιογραφία, με αντικείμενο τη συλλογή και επαναχρησιμοποίηση του CO₂ (CCU technologies and strategies) . Στα πλαίσια της εφαρμογής της μεθοδολογίας αρχικά πραγματοποιείται εκτίμηση της διαθεσιμότητας του CO₂ στην Κύπρο και αναγνωρίζονται συγκεκριμένες περιοχές του νησιού με τις μεγαλύτερες πιθανότητες αξιοποίησής του από άλλες βιομηχανικές μονάδες. Ταυτόχρονα, λαμβάνονται ως δεδομένα τα στοιχεία της Ευρωπαϊκής Ένωσης και του Μητρώου εκπομπών της Κύπρου για τις εκπομπές του CO₂, τη θέση των βιομηχανιών στην περιοχή μελέτης και το κόστος συλλογής, αποθήκευσης και μεταφοράς του CO₂. Στη συνέχεια εκτιμάται η δυνατότητα χρήσης του άνθρακα και καταμετράται η διαθεσιμότητα του – είτε ως πρώτη ύλη είτε ως παραπροϊόν – στις βιομηχανικές μονάδες. Τέλος, παρουσιάζονται και χαρτογραφούνται οι προτεινόμενες συμβιωτικές δράσεις και αξιολογούνται τεχνικο-οικονομικά.

Πίνακας Περιεχομένων

Ευχαριστίες.....	3
Περίληψη.....	4
Κεφάλαιο 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
1.1 ΓΕΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	6
1.2 ΣΤΟΧΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	6
1.3 ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	7
Κεφάλαιο 2 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	8
2.1 ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	8
2.1.1 ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ΛΟΓΩ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ	8
2.1.2 ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΙΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ ΓΙΑ ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΤΟΥ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ	10
2.2 ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ.....	12
2.2.1 Η ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΕΝΩΣΗ.....	15
2.2.2 ΘΕΣΜΙΚΑ ΕΥΡΩΠΑΙΚΑ ΠΛΑΙΣΙΑ	15
2.3 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΜΒΙΩΣΗ	15
2.3.1 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΜΒΙΩΣΗ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΪΕΣ ΣΥΣΣΩΜΑΤΩΣΗΣ	17
2.3.2 ΤΥΠΟΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΥΜΒΙΩΣΗΣ	18
2.3.3 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΚΑΛUNDBORG	18
2.4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΔΕΣΜΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ(CCU) ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ	22
2.4.1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΔΕΣΜΕΥΣΗΣ ΤΟΥ CO ₂	23
2.4.2 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ CO ₂	27
2.4.3 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΥΡΕΣΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΩΝ ΜΕ CCU ΣΤΟ ROTTERDAM	30
Κεφάλαιο 3 ^ο Βιβλιογραφική ανασκόπηση.....	32
Κεφάλαιο 4 ^ο ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	35
Κεφάλαιο 5 ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ	37
5.1 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟ ΠΡΟΦΙΛ ΤΗΣ ΚΥΠΡΟΥ	37
5.2 ΚΥΠΡΟΣ ΚΑΙ CO ₂	38
Κεφάλαιο 5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	40
5.1 ΠΗΓΕΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ	40
5.2 ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΤΟΥ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ	43
5.3 ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΠΗΓΩΝ- ΑΠΟΔΕΚΤΩΝ	45
Κεφάλαιο 6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	48
Βιβλιογραφία.....	49

Κεφάλαιο 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΓΕΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η διπλωματική εργασία πραγματεύεται την συμβίωση μεταξύ διαφόρων βιομηχανικών μονάδων, με επαναχρησιμοποίηση του διοξειδίου του άνθρακα. Πιο συγκεκριμένα, η βιομηχανική συμβίωση αποτελεί απόρροια της θεωρίας της κυκλικής οικονομίας, η οποία, επαναπροσδιορίζει την έννοια και την σημασία των αποβλήτων. Πιο συγκεκριμένα, η συμβίωση ως έννοια στη φύση περιγράφει τη σχέση αμοιβαιότητας που αναπτύσσεται σε βιολογικές κοινότητες μεταξύ τουλάχιστον δύο μη συνδεδεμένων ειδών.

Στην πραγματικότητα, το μοντέλο αυτό είναι εντελώς αντίθετο από την λογική των εργοστασίων στην σημερινή εποχή, ειδικά για τα κυπριακά δεδομένα, όπου ο όγκος των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα δεν έχει αξιοποιηθεί, σε μεγάλο βαθμό, αποτελεσματικά. Η προσέγγιση, δηλαδή, του μοντέλου της κυκλικής οικονομίας που επιχειρείται, εξακολουθεί να είναι αποσπασματική και στρεβλή. Κατά συνέπεια, απαιτείται μία ορθολογική προσέγγιση των επιλογών διαχείρισης με βασικό γνώμονα την αιφορική χρήση των πόρων, προκειμένου να μειώνονται οι παραγόμενες ποσότητες αποβλήτων και, όπου δημιουργούνται απόβλητα, να υφίστανται διαχείριση με τέτοιο τρόπο, ώστε να μειώνονται οι επιπτώσεις στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία.

Εν κατακλείδι, η αποδοτικότερη χρήση του CO₂ μέσω της σύμπραξης διαφόρων εργοστασίων και μονάδων μπορεί να συμβάλει δραματικά στην μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των αερίων του θερμοκηπίου, να δημιουργήσει ανθεκτικότερα και οικονομικότερα προϊόντα προς κατανάλωση καθώς και να εκμαιεύσει καλύτερες οικονομικές συνεργασίες μεταξύ των μονάδων.

1.2 ΣΤΟΧΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η διπλωματική εργασία έχει ως κεντρικό στόχο τον εντοπισμό των κατάλληλων συνεργασιών μεταξύ βιομηχανικών μονάδων της Κυπριακής Δημοκρατίας. Οι συνδέσεις αυτές θα πραγματοποιηθούν μέσω της συλλογής και της επαναχρησιμοποίησης του CO₂ με απώτερο σκοπό την μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος και την εξοικονόμηση χρημάτων μέσω της συμβολής και της συμμόρφωσης στους Ευρωπαϊκούς νόμους και θεσμοθετήσεις για το περιβάλλον.

1.3 ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η εργασία είναι χωρισμένη σε 6 κεφάλαια. Αρχικά το 1^ο κεφάλαιο αποτελεί η εισαγωγή στην οποία ο αναγνώστης έρχεται πρώτη φορά σε επαφή με το αντικείμενο και με τον κεντρικό στόχο της έρευνας. Έπειτα, στο 2^ο κεφάλαιο παρουσιάζεται όλο το γνωσιακό και θεωρητικό υπόβαθρο που απαιτείται για την επίτευξη του κεντρικού στόχου. Αναλυτικότερα, γίνεται λεπτομερής αναφορά στις έννοιες της βιομηχανικής συμβίωσης και της κυκλικής οικονομίας ενώ παράλληλα αναλύονται διάφορα παραδείγματα βιομηχανικών συνεργασιών και συγκεκριμένα νομικά πλαίσια για την ορθολογική λειτουργία των εργοστασίων ως προς το περιβάλλον. Στην συνέχεια, στο 3^ο κεφάλαιο πραγματοποιείται βιβλιογραφική ανασκόπηση κατά την οποία παρουσιάζονται 2 παραδείγματα που αφορούν αποκλειστικά την χρήση CCU τεχνολογιών και λαμβάνονται διάφορες πληροφορίες για την επίτευξη του κεντρικού στόχου της εργασίας. Στο 4^ο κεφάλαιο, παρουσιάζεται και αναλύεται το μεθοδολογικό πλαίσιο στο οποίο θα κινηθεί η εργασία και στο 5^ο παρουσιάζονται κάποιες χρήσιμες πληροφορίες για τον βιομηχανικό κόσμο της Κύπρου και για τις εκπομπές του CO₂ στο νησί. Στο επόμενο κεφάλαιο, συλλέγονται και αναλύονται τα αποτελέσματα της εφαρμογής της μεθοδολογίας με πεδίο εφαρμογής την Κύπρο και προτάσσονται οι οικονομικά βιώσιμες πιθανές συνεργασίες. Τέλος, στο 6^ο κεφάλαιο εξάγονται ορισμένα συμπεράσματα μέσω των αποτελεσμάτων και προτείνονται επιπλέον λύσεις στο πρόβλημα διαχείρισης του μεγάλου όγκου εκπομπών του

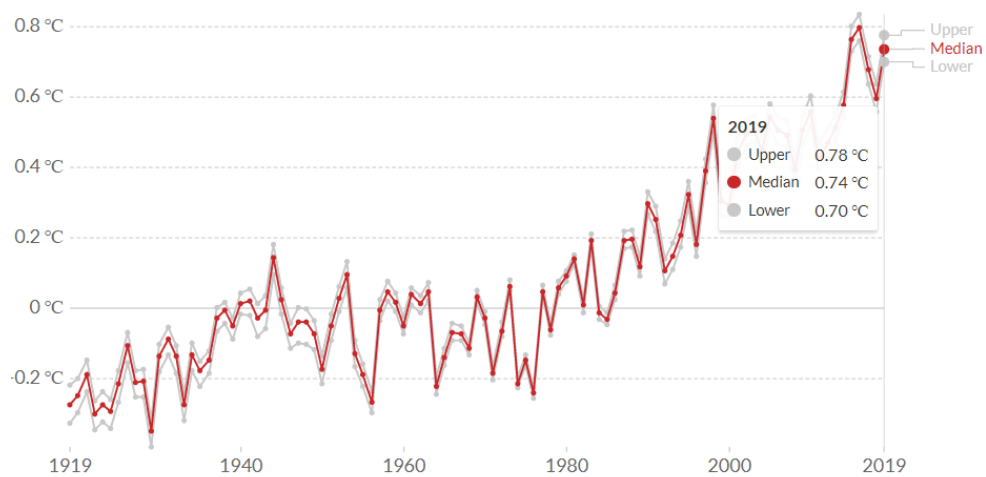
Κεφάλαιο 2 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

2.1 ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

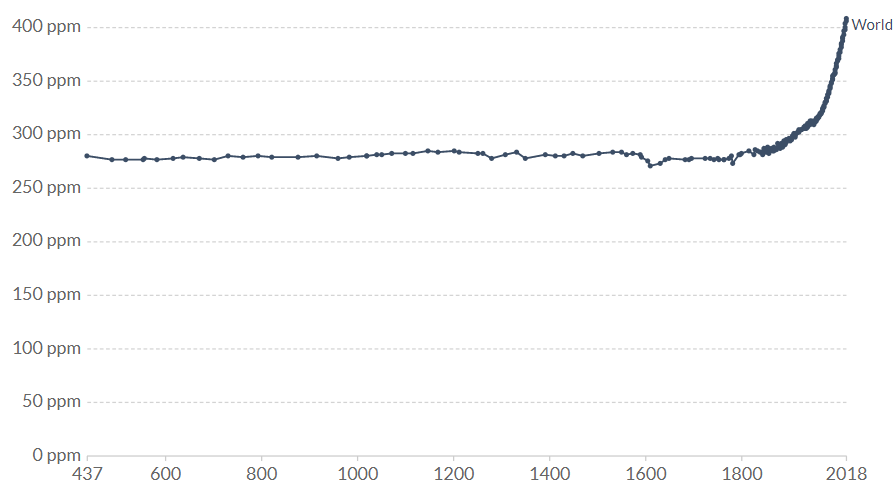
Το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) είναι μια χημική ένωση που αποτελείται από δύο άτομα οξυγόνου ενωμένα με ομοιοπολικό δεσμό με ένα άτομο άνθρακα. Είναι γραμμικό μόριο χωρίς διπολική ροπή. Περιέχει 27,3 % w/w άνθρακα και 72,7 % w/w οξυγόνο. Μπορεί να αποδοθεί με το συντακτικό τύπο : $\text{O}=\text{C}=\text{O}$. Είναι αέριο συστατικό της γήινης ατμόσφαιρας, άχρωμο, άοσμο και άγευστο σε κανονικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας και επίσης είναι ένα από τα αέρια του θερμοκηπίου.

2.1.1 ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ΛΟΓΩ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ

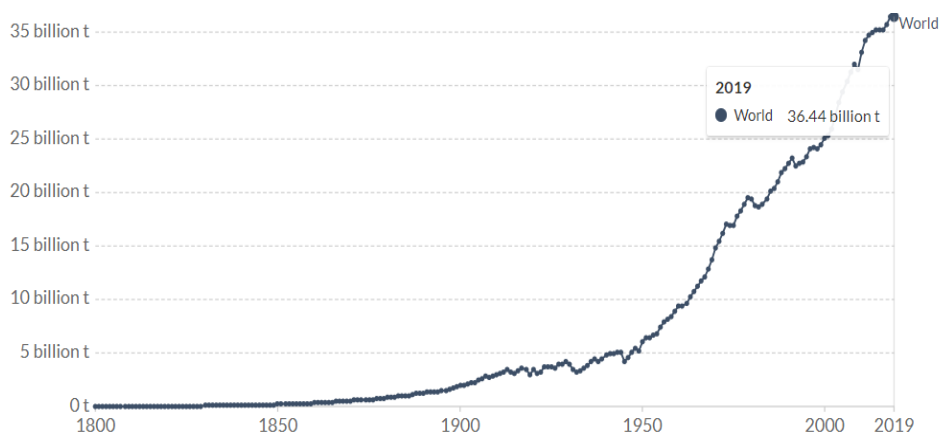
Το CO_2 που παράγεται από ανθρώπινες δραστηριότητες αποτελεί τον κυριότερο παράγοντα (77% των συνολικών αερίων θερμοκηπίου) που συμβάλλει στην υπερθέρμανση του πλανήτη. Η αύξηση της θερμοκρασίας έχει ήδη οδηγήσει σε ακραία καιρικά φαινόμενα όπως πλημμύρες, ξηρασίες, έντονες βροχοπτώσεις και καύσωνες, δασικές πυρκαγιές, προβλήματα έλλειψης νερού, τήξη των παγετώνων και άνοδο της στάθμης της θάλασσας. Ακόμη, έχει επιφέρει αλλαγές στην κατανομή ή ακόμη και εξαφάνιση διαφόρων ειδών πανίδας και χλωρίδας, ασθένειες φυτών και προσβολή από επιβλαβείς οργανισμούς, έλλειψη τροφίμων και πόσιμου νερού και μετανάστευση πληθυσμών για την αποφυγή αυτών των κινδύνων. Συγκεκριμένα, το 2020, η συγκέντρωσή του διοξειδίου στην ατμόσφαιρα ήταν κατά 48 % πιο υψηλή από το προβιομηχανικό της επίπεδο (πριν από το 1750) αλλά οι συνολικές εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου μειώθηκαν κατά 8% σε σχέση με το 2019. Η μελέτη της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας πραγματοποιείται με γνώμονα τα δεδομένα που διατίθενται για την περίοδο 1960-1990.



Διάγραμμα 1. ΜΕΣΗ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ 1960-1990(πηγή: ourworldindata.org)



Διάγραμμα 2. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ(πηγή: ourworldindata.org)



Διάγραμμα 3. ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ(πηγή: ourworldindata.org)

Αναλύοντας το διάγραμμα 1 παρατηρείται πως η παγκόσμια μέση θερμοκρασία ανέβηκε κατά 0.7 °C σε σχέση με τα δεδομένα του 1960-1990 ενώ το 1850 ήταν σχεδόν μισό βαθμό χαμηλότερη. Επομένως η συνολική μέση θερμοκρασία έχει αυξηθεί σχεδόν 1.2 °C τους δύο τελευταίους αιώνες. Έπειτα, μέσω του διαγράμματος 2 παρατηρείται πως η συγκέντρωση των αερίων του θερμοκηπίου αυξάνεται εκθετικά ύστερα από το 1850 με συγκέντρωση 284 ppm μέχρι και το 2018 με συγκέντρωση 409 ppm. Τέλος, απότομη είναι η αύξηση των εκπομπών του CO₂ στους 37 δις τόνους το χρόνο σε σχέση με το 1800 που ήταν 28 εκατομμύρια τόνοι. Αυτή η θεαματική αύξηση της τάξεως του 1000% οφείλεται σαφώς στην βιομηχανική επανάσταση και στην δομή των σύγχρονων κοινωνιών.

Εν κατακλείδι γίνεται αντιληπτό πως υπάρχει άρρηκτη σχέση ανάμεσα στην αύξηση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα και στην αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη.

2.1.2 ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΙΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ ΓΙΑ ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΤΟΥ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ.

Όπως προαναφέρθηκε, η αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου οδηγεί στην υπερθέρμανση του πλανήτη και κατά συνέπεια, σε μεγάλα οικονομικά και περιβαλλοντικά προβλήματα. Δεδομένων αυτών, θεωρήθηκε επιτακτική η ανάγκη μιας οικουμενικής πολιτικής για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής. Με την σειρά της η Ευρωπαϊκή Ένωση με συγκεκριμένες πολιτικές συγκαταλέγεται μεταξύ των σημαντικότερων οικονομιών που ασχολούνται με την αντιμετώπιση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου.

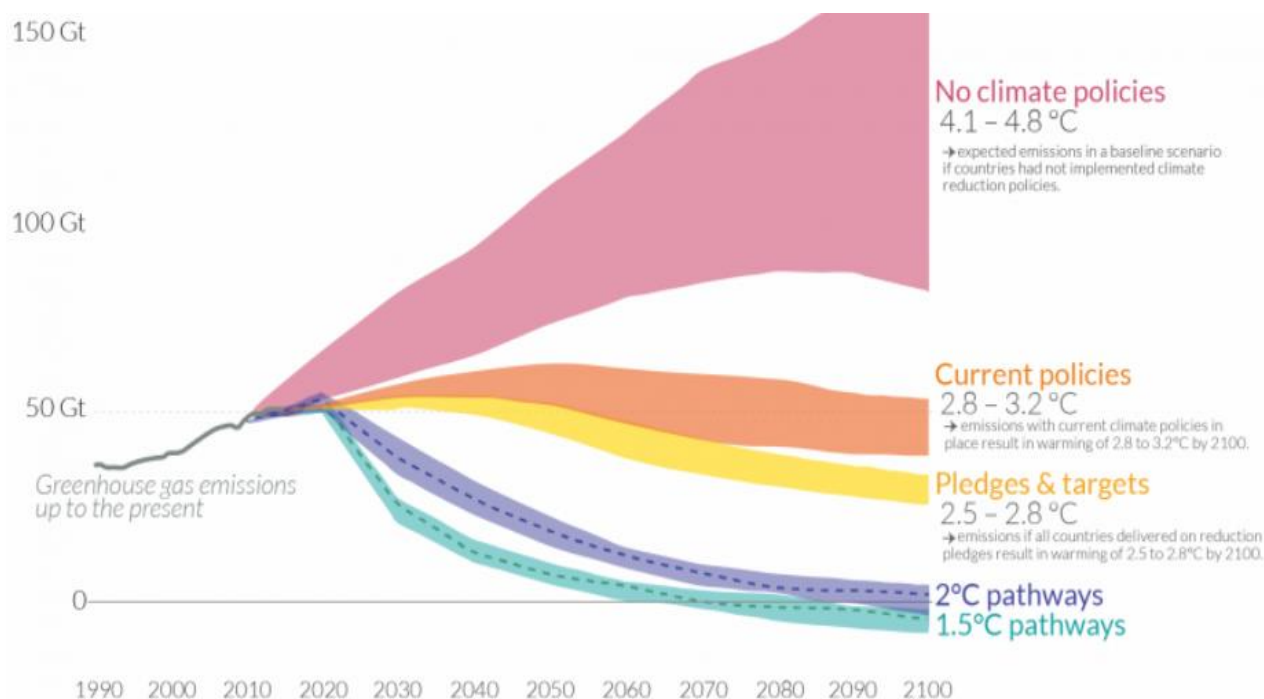
Αρχικά, τον Δεκέμβριο του 2015, στην 21η Διάσκεψη των συμβαλλόμενων μερών της Σύμβασης-πλαίσιου των Ηνωμένων Εθνών για την κλιματική αλλαγή (UNFCCC) στο Παρίσι, οι κυβερνήσεις ενέκριναν, μετά από διαπραγματεύσεις που διήρκεσαν περισσότερο από δύο δεκαετίες, την πρώτη συμφωνία για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής. Αναλυτικότερα, η συμφωνία του Παρισιού επιδίωκε να διατηρήσει την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη σε επίπεδα «σαφώς κατώτερα» των 2 °C, ενώ στόχος ήταν ο περιορισμός σε 1,5 °C πάνω από τα επίπεδα της προβιομηχανικής εποχής και η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 40% ως το 2030. Για πρώτη φορά, όλα τα συμβαλλόμενα μέρη πρέπει να καταβάλουν φιλόδοξες προσπάθειες για τη μείωση των εκπομπών. Κάθε πέντε χρόνια θα πρέπει όλες οι χώρες να ανανεώνουν και να αναβαθμίζουν τα σχέδια δράσης τους για το κλίμα και να τα κοινοποιούν με διαφάνεια, ούτως ώστε να είναι δυνατή η αξιολόγηση της συλλογικής προόδου. Ιδίως δε οι πιο ευάλωτες χώρες, οι λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες και τα αναπτυσσόμενα μικρά νησιωτικά κράτη λαμβάνουν υποστήριξη, τόσο με οικονομικά μέσα όσο και με την κατάρτιση του ανθρώπινου δυναμικού τους. Η προσαρμογή, η οποία αναφέρεται κατά τρόπο ισότιμο με τον μετριασμό, αναγνωρίζεται ως παγκόσμια πρόκληση· το ίδιο και η σημασία της αντιμετώπισης «απωλειών και ζημιών» που οφείλονται στις αρνητικές

επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Η Συμφωνία τέθηκε σε ισχύ τον Νοέμβριο του 2016 έχοντας κυρωθεί από τον ελάχιστο απαιτούμενο αριθμό των 55 κυβερνήσεων που ευθύνονται για τουλάχιστον το 55% των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε παγκόσμιο επίπεδο. Όλες οι χώρες της ΕΕ κύρωσαν τη Συμφωνία.

Στην συνέχεια, στις 11 Δεκεμβρίου 2019, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή παρουσίασε την Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία, μια δέσμη φιλόδοξων μέτρων που θα επιτρέψει στην ΕΕ να επιτύχει ένα ουδέτερο ισοζύγιο άνθρακα έως το 2050. Η ουδετερότητα του άνθρακα είναι η επίτευξη ισορροπίας ανάμεσα στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και την απορρόφηση άνθρακα σε συλλέκτες διοξειδίου. Ουσιαστικά, για να επιτευχθούν καθαρές μηδενικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, οι παγκόσμιες εκπομπές θα πρέπει να αντισταθμιστούν από την αποθήκευση και την επαναχρησιμοποίηση του διοξειδίου του άνθρακα.

Τα μέτρα αυτά, τα οποία συνοδεύονται από έναν αρχικό χάρτη πορείας βασικών πολιτικών, εμπεριέχουν φιλόδοξες μειώσεις στις εκπομπές και επενδύσεις στην έρευνα και την καινοτομία αιχμής, με στόχο τη διατήρηση του φυσικού περιβάλλοντος της Ευρώπης. Η Πράσινη Συμφωνία αποσκοπεί επίσης να αποτελέσει μια νέα ευρωπαϊκή στρατηγική για την ανάπτυξη, υποστηριζόμενη από επενδύσεις σε πράσινες τεχνολογίες, βιώσιμες λύσεις και νέες επιχειρήσεις.. Στη συνεδρίαση του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου της 12ης Δεκεμβρίου 2019, όλα τα κράτη μέλη υιοθέτησαν τον στόχο να επιτευχθεί ουδέτερο ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα στην ΕΕ έως το 2050, με εξαίρεση την Πολωνία, η οποία, μολονότι υποστηρίζει τον στόχο του 2050, δεν ήταν σε θέση να δεσμευτεί για την υλοποίησή του.

Στο διάγραμμα 3 παρουσιάζεται μία εκτίμηση της συμπεριφοράς των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου με τις διάφορες πολιτικές για την αντιμετώπιση τις κλιματικής αλλαγής.



Διάγραμμα 4. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΙΣ ΝΟΜΟΘΕΤΗΣΕΙΣ ΠΟΥ ΥΠΑΡΧΟΥΝ(πηγή: ourworldindata.org)

Μέσω του διαγράμματος ενισχύεται η ανάγκη τήρησης των θεσμοθετήσεων και ίσως η αυστηροποίησή τους. Παρατηρείται πως εάν δεν εφαρμοστεί καμία πολιτική οι εκπομπές θα τριπλασιαστούν και η μέση θερμοκρασία του πλανήτη θα ανεβεί ως και 3 βαθμούς σε σχέση με το 2020 μέχρι το τέλος του αιώνα. Αντιθέτως εάν τα κράτη καταφέρουν να διατηρήσουν την αύξηση της θερμοκρασίας στον 1.5 °C τότε θα επιτευχθούν οι όροι της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας.

2.2 ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

Η κυκλική οικονομία και η οικονομία χαμηλού άνθρακα είναι βασικά στοιχεία του πανευρωπαϊκού και παγκόσμιου πρότυπου οικονομικού μοντέλου. Κεντρικός στόχος του νέου αυτού «πράσινου μοντέλου ανάπτυξης» είναι η παραγωγή προϊόντων και υπηρεσιών με λιγότερους και πιο «πράσινους πόρους», με παράλληλη ελαχιστοποίηση ή και μηδενισμό των αποβλήτων σε όλα τα στάδια παραγωγής και μετά το τέλος του κύκλου ζωής των προϊόντων. Προϋπόθεση του μοντέλου κυκλικής οικονομίας είναι η μετάβαση σε πιο βιώσιμα πρότυπα παραγωγής και κατανάλωσης, που συμβάλλουν στην επίτευξη των παγκόσμιων στόχων για τη διατήρηση της φύσης και της βιοποικιλότητας, δεδομένου ότι η εξόρυξη και η επεξεργασία πόρων αντιπροσωπεύουν περισσότερο από το 90% των πιέσεων στην παγκόσμια βιοποικιλότητα και τα ύδατα και περίπου το ήμισυ των παγκόσμιων εκπομπών άνθρακα. Σε μία κυκλική οικονομία είναι σημαντικό να επιτευχθεί η μείωση της ποσότητας αποβλήτων, η αύξηση της ανακύκλωσης, η επιδιόρθωση και επαναχρησιμοποίηση προϊόντων, η δημιουργία αγοράς

δευτερογενών υλικών και αποβλήτων ως παραγωγικών πόρων και η χρήση εναλλακτικών καυσίμων.

Επομένως, ένα μοντέλο βασιζόμενο σε μια βιομιμητική προσέγγιση, στο οποίο τα συστήματά πρέπει να λειτουργούν όπως οι οργανισμοί, μπορούμε να μεταβούμε από το υπάρχον γραμμικό μοντέλο οικονομικής ανάπτυξης στο κυκλικό. Στο δεύτερο μοντέλο η αξία των προϊόντων, των υλικών και των πόρων, παραμένει στην οικονομία όσο το δυνατόν περισσότερο και η παραγωγή αποβλήτων περιορίζεται στο ελάχιστο. Ότι προηγουμένως θεωρείτο ως "απόβλητο", τώρα δύναται να μετατραπεί σε πρώτη ύλη. Χαρακτηριστικά, η αναπαράσταση του γραμμικού και του κυκλικού μοντέλου παρουσιάζονται στην εικόνα 1 και η αναλυτική απεικόνιση του δεύτερου στην εικόνα 2.



Εικόνα 1. ΓΡΑΜΜΙΚΟ ΚΑΙ ΚΥΚΛΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (πηγή: «Καινοτομία, Έρευνα και Ψηφιακή Οικονομία». Τεύχος 115, Μάρτιος-Μάιος 2019)



Εικόνα 2. ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΙΚΟΝΙΣΗ ΚΥΚΛΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ (πηγή: «Καινοτομία, Έρευνα και Ψηφιακή Οικονομία». Τεύχος 115, Μάρτιος-Μάιος 2019)

Όπως φαίνεται στην εικόνα 1 μπορεί να θεωρηθεί πως η κυκλική οικονομία είναι σε κάποιο βαθμό η μετεξέλιξη της ανακύκλωσης. Ωστόσο, στην ανακύκλωση, ένα χρησιμοποιημένο προϊόν αποσυντίθεται σε πρώτες ύλες που ανακτώνται προς επαναχρησιμοποίηση στην παραγωγή νέων προϊόντων. Αντίθετα, στην κυκλική οικονομία, το προϊόν σχεδιάζεται εξ αρχής, έτσι ώστε να μπορεί να γίνεται ανακατασκευή και μεταποίηση, για να επαναχρησιμοποιηθεί ως καινούργιο. Η δεδομένη μεθοδολογία βάζει φρένο στην αλόγιστη εξάντληση, ανεπιστρεπτί, των πλουτοπαραγωγικών πόρων του πλανήτη και της συνεπαγόμενης κλιματικής αλλαγής.

Αντίστοιχα στην εικόνα 2, η διάρθρωση του κυκλικού μοντέλου περιλαμβάνει εφαιπόμενους κύκλους και στη βάση τους βρίσκεται ο καταναλωτής/χρήστης. Αναλυτικότερα, το γραμμικό μοντέλο δεν παύει να υφίσταται, καθώς υπάρχει ακόμα η ανάγκη εξόρυξης πρώτων υλών και κατασκευής προϊόντων ενώ στο τέλος της γραμμικής αλυσίδας παραμένει η υγειονομική ταφή απορριμμάτων. Η ειδοποιός διαφορά είναι ότι υπάρχουν και όλες οι ροές συμβιωτικών δράσεων, που αποσκοπούν στη μείωση της παραγωγής υλικών και εξόρυξης πρώτων υλών, αλλά και στην ελαχιστοποίηση των αποβλήτων.

Το μοντέλο της κυκλικής οικονομίας προϋποθέτει νέους τρόπους σύλληψης και σχεδιασμού προϊόντων. Διαδικασίες, αλυσίδες αξίας, ακόμα και επιχειρηματικά μοντέλα παραγωγής και κατανάλωσης, σχεδιάζονται εξ αρχής με γνώμονα την ανακατασκευή, τη μεταποίηση, την επισκευή και την επαναχρησιμοποίηση υφιστάμενων υλικών και προϊόντων και κυρίως απαιτείται η ενεργός συμμετοχή όλων των φορέων της οικονομικής ζωής.

2.2.1 Η ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΕΝΩΣΗ

Όπως προαναφέρθηκε για να επιτευχθεί η μετάβαση στην κυκλική οικονομία και να εδραιωθεί ως νέο οικονομικό μοντέλο απαιτείται εκτεταμένη πολιτική υποστήριξη σε ευρωπαϊκό, εθνικό, περιφερειακό και τοπικό επίπεδο. Ωστόσο οι αριθμοί μιλούν από μόνοι τους. Το πλαίσιο παρακολούθησης της ΕΕ για την κυκλική οικονομία δείχνει ότι οι προσπάθειες για αυτή τη μετάβαση συνέβαλαν στην δημιουργία νέων θέσεων εργασίας απασχολώντας περισσότερους από 4 εκατομμύρια εργαζομένους με 700.000 νέες θέσεις το έτος 2020. Ακόμη με βάση επίσημα στοιχεία η δημιουργία νέων κυκλικών δραστηριοτήτων, όπως η επισκευή, η επαναχρησιμοποίηση ή η ανακύκλωση, δημιούργησαν προστιθέμενη αξία περίπου 147 δισ.ευρώ, ενώ η αξία των σχετικών επενδύσεων ανήλθε περίπου στα 17,5 δισ. ευρώ.

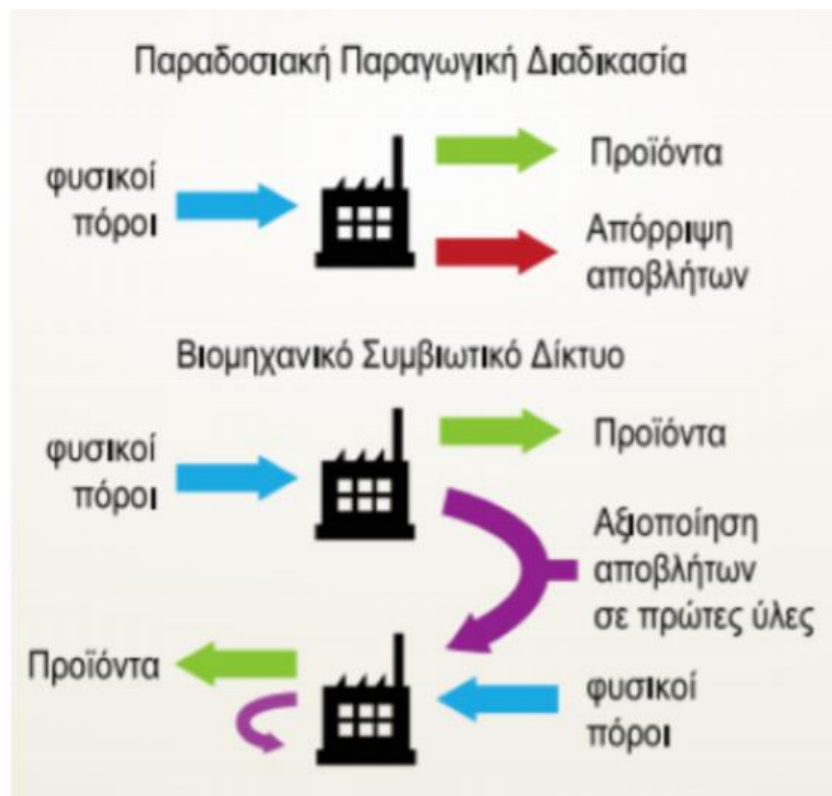
2.2.2 ΘΕΣΜΙΚΑ ΕΥΡΩΠΑΙΚΑ ΠΛΑΙΣΙΑ

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει εκδώσει το Μάρτιο 2020 το νέο σχέδιο Δράσης της Ευρωπαϊκής ένωσης, το οποίο αποτελεί έναν από τους κύριους πυλώνες της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας. Αναλυτικότερα, το νέο σχέδιο αναφέρει 52 δράσεις οι οποίες καλύπτουν ολόκληρο το φάσμα ζωής ενός προϊόντος, από την παραγωγή και κατανάλωση στην διαχείριση των αποβλήτων και στην αγορά των δευτερευόντων πρώτων υλών. Εντός του σχεδίου δράσης αναφέρεται πως «Η μετάβαση στην κυκλική οικονομία θα είναι συστημική, βαθιά και μετασχηματιστική εντός και εκτός των συνόρων της ΕΕ. Κατά καιρούς θα έχει αρνητικό αντίκτυπο, επομένως θα πρέπει να είναι δίκαιη. Θα απαιτεί ευθυγράμμιση και συνεργασία όλων των ενδιαφερόμενων φορέων σε όλα τα επίπεδα (εθνικό, περιφερειακό και τοπικό, και διεθνές).»

2.3 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΜΒΙΩΣΗ

Ο χώρος της βιομηχανίας είναι πολύ σημαντικός για την κυκλική οικονομία και την ορθολογική διαχείριση και αξιοποίηση των αποβλήτων. Πέρα όμως από την περιβαλλοντική διάσταση του ζητήματος, η στροφή των βιομηχανιών στην κυκλική οικονομία είναι κρίσιμη για την ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας και την οικονομίας στις διεθνείς αγορές. Η βιομηχανική συμβίωση ορίζεται ως μία αλληλεπίδραση μεταξύ δύο ή περισσότερων βιομηχανικών εγκαταστάσεων στην οποία τα απόβλητα ή τα υπο-προϊόντα της μίας αποτελούν πρώτες ύλες της άλλης με τον περιορισμό ότι καμία εμπλεκόμενη εγκατάσταση δεν έχει ως κύρια δραστηριότητα την ανακύκλωση. Αποτελεί ουσιαστικά την κοινή χρήση υπηρεσιών και παροχών προκειμένου να μειωθεί το κόστος παραγωγής με ταυτόχρονη βελτίωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος. Ο βασικός πυλώνας του βιομηχανικού κυκλικού μοντέλου, είναι η «μίμηση» των συστημάτων παραγωγής και κατανάλωσης της φύσης, στα οποία επαναχρησιμοποιούνται τα υλικά και οι πόροι που απελευθερώνονται στο περιβάλλον. Ακόμη, η διαδικασία της ανάπτυξης της βιομηχανικής συμβίωσης μπορεί να χωριστεί σε πέντε φάσεις

ανάπτυξης. Χαρακτηριστικά είναι ο προσδιορισμός και η αξιολόγηση των ευκαιριών, η αφαίρεση των φραγμών, η προσαρμοστική διαχείριση και η τεκμηρίωση των αποτελεσμάτων. Στην εικόνα 3 παρουσιάζεται η μορφή ενός βιομηχανικού συμβιωτικού Δικτύου.



Εικόνα 3. ΟΙΚΟ-ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ(πηγή: «Κυκλική Οικονομία: Αρχές, ευκαιρίες και προκλήσεις για τη μετάβαση από το γραμμικό στο κυκλικό μοντέλο ανάπτυξης». Δρ. Γεώργιος Μπάνιας, Μάιος 2019)

Τα πιο επιτυχημένα παραδείγματα βιομηχανικής συμβίωσης αντανakλούν στοιχεία αυθόρμητων, αυτό-οργανωμένων διαδικασιών που εξελίσσονται με την πάροδο του χρόνου και βασίζονται στα οικονομικά οφέλη της ανταλλαγής μεταξύ των εταιρειών. Ωστόσο, έχουν πραγματοποιηθεί τα τελευταία χρόνια πολλές απόπειρες βιομηχανικής συμβίωσης εξαναγκαστικά μέσω προγραμματισμένων ενεργειών χωρίς να έχουν επιτευχθεί τα κατάλληλα επίπεδα οικονομικών και περιβαλλοντικών ωφελειών. Στην πραγματικότητα, έρευνες δείχνουν πως πολλές περιπτώσεις βιομηχανικής συνεργείας βασίζονται στις προσωπικές σχέσεις και στις συνεργατικές συμπεριφορές μεταξύ διευθυντών. Τα συγκεκριμένα ευρήματα υποστηρίζουν την ιδέα πως οι σχέσεις που υπάρχουν στο σύστημα ανταλλαγής βιομηχανικών πόρων, όπως και σε ορισμένες οικονομίες συσσωμάτωσης, είναι κοινωνικά εξαρτώμενες. Για παράδειγμα, μια σύμπραξη είναι πολύ πιο πιθανό να γίνει πετυχημένη εάν ληφθούν υπόψιν η οικειότητα και οι κοινοί κανόνες μεταξύ των μελών της τοπικής βιομηχανικής κοινότητας.

2.3.1 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΜΒΙΩΣΗ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΕΣ ΣΥΣΣΩΜΑΤΩΣΗΣ

Οι εταιρείες συμμετέχοντας σε διάφορους τύπους συνεργατικών ρυθμίσεων μπορούν να οδηγήσουν στην ανάπτυξη βιομηχανικών συμβιώσεων. Οι πιο σημαντικοί τύποι είναι η χρήση κοινών βοηθητικών προγραμμάτων, η κοινή παροχή υπηρεσιών και οι ανταλλαγές πόρων, καθώς αναλύονται με γνώμονα τα περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη.

Ξεκινώντας, η παροχή δημοσίων υπηρεσιών κοινής ωφέλειας για τις υποδομές, θεωρείται ελκυστική για τα εργοστάσια τα οποία με αυτόν τον τρόπο μειώνουν το κόστος των εισροών και εξασφαλίζουν θεμελιώδεις πόρους όπως το νερό, η ενέργεια και η θερμότητα.

Στα πλαίσια της βιομηχανικής συμβίωσης, στον πρώτο τύπο ρυθμίσεων απαιτείται οικονομική διαχείρισή από εμπλεκόμενες εταιρείες με δεδομένο ιδιωτικό κόστος και όφελος. Ταυτόχρονα, το κυκλικό μοντέλο αναγνωρίζει τα δημόσια οφέλη που προκύπτουν, όπως λιγότερες εκπομπές από ενεργειακά συστήματα και αυξημένη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Για παράδειγμα το Phillips Eco-Enterprise Center στην Μινεσότα, μέσω πρωτοβουλιών κοινής ωφέλειας ανέπτυξε ένα γεωθερμικό σύστημα ανταλλαγής σύμφωνα με το οποίο βελτιώθηκε κατά 35% η ενεργειακή απόδοση στις εγκαταστάσεις.

Στην συνέχεια, η κοινή παροχή υπηρεσιών μπορεί να αποφέρει δημόσια περιβαλλοντικά οφέλη ως αποτέλεσμα των μειώσεων τόσο στην συνολική χρήση πόρων όσο και στις εκπομπές. Πιο συγκεκριμένα, μειώνεται η χρήση υλικών και ενέργειας γιατί μεμονωμένες επιχειρήσεις δεν χρειάζεται να διαθέτουν βοηθητικές υποδομές και εξοπλισμό αλλά αντίθετα απαιτείται η ύπαρξη ενός εξωτερικού πάροχου. Όσον αφορά τα περιβαλλοντικά οφέλη, μπορεί να μην είναι τόσο σημαντικά στο βιομηχανικό επίπεδο αλλά η κοινή παροχή υπηρεσιών εξασφαλίζει σημαντική ενεργειακή εξοικονόμηση σε περιφερειακό επίπεδο. Παραδείγματος χάρη, δεκατέσσερις εταιρείες του βιομηχανικού συγκροτήματος του Ρότερνταμ προμηθεύονται πεπιεσμένο αέρα, σύστημα το οποίο οδηγεί σε μείωση 20% του κόστους και της ενέργειας και σημαντικές μειώσεις στις εκπομπές του CO₂.

Τέλος, η ικανότητα ανταλλαγής υλικών αποβλήτων σε σχέση με την απόρριψή τους είναι επηρεασμένη από την γεωγραφική εγγύτητα. Είναι δεδομένο πως το κόστος μεταφοράς επηρεάζει τα χωρικά όρια πάνω από τα οποία ορισμένες ανταλλαγές υποπροϊόντων παραμένουν οικονομικά βιώσιμες. Ωστόσο, οι ανταλλαγές μπορούν από την μικρή γεωγραφική κλίμακα των βιομηχανικών πάρκων να είναι οικονομικά συμφέρουσες σε ευρύτερες βιομηχανικές περιοχές ειδικά για υποπροϊόντα υψηλής αξίας και χαμηλού όγκου. Εταιρείες που ανταλλάζουν υπό-προϊόντα με εργοστάσια αποκομίζουν οφέλη όπως η μειωμένη μεταφορά, χαμηλότερες απαιτήσεις αποθέματος και δυνατότητα παράδοσης όλο τον χρόνο. Από την πλευρά των αποδεκτών, χρησιμοποιώντας τα υπό-προϊόντα ως υποκατάστατα των πρώτων υλών μειώνεται σημαντικά το κόστος των εισροών και οι ενεργειακές και υλικές απαιτήσεις με αποτέλεσμα την αυξημένη κυκλικότητα των διεργασιών. Από την πλευρά των πομπών, η πώληση των

αποβλήτων επιφέρει στις επιχειρήσεις επιπλέον έσοδα και μειώνει το κόστος διαχείρισης αποβλήτων. Τέλος, παραδείγματα πομπών- αποδεκτών είναι η χρήση σκωρίας χάλυβα σε βιομηχανίες παραγωγής τσιμέντου και τα ζωικά απόβλητα ως εναλλακτικές πηγές καυσίμου στην Μεγάλη Βρετανία.

2.3.2 ΤΥΠΟΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΥΜΒΙΩΣΗΣ

Η βιομηχανική συμβίωση είναι δυνατόν να αναπτυχθεί τόσο εντός μιας βιομηχανικής περιοχής όσο και πέραν των ορίων αυτής. Επομένως, με κριτήριο την τοποθεσία που πραγματοποιείται η σύμπραξη, διακρίνεται σε 2 κατηγορίες .

Αρχικά υπάρχει η βιομηχανική συμβίωση κλειστού τύπου. Ο συγκεκριμένος τύπος αναπτύσσεται σε μία συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή, συνήθως κάποια βιομηχανική περιοχή, που βρίσκεται εντός των ορίων κάποιου δήμου και έχει αρκετά πλεονεκτήματα. Κάποια από αυτά αποτελούν η γεωγραφική εγγύτητα των μονάδων, η ύπαρξη οργανωμένης βιομηχανικής περιοχής άρα και υποδομής. Η πρόκληση στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι η εύρεση ενός συνταιριάσματος μεταξύ των μονάδων ειδικότερα όταν η βιομηχανική περιοχή, στην οποία επιχειρείται η ανάπτυξη της βιομηχανικής συμβίωσης δεν είναι κάποιο οικο-βιομηχανικό πάρκο σχεδιασμένο εκ των προτέρων για να υπηρετήσει τη λογική της συμβίωσης, αλλά μία «φυσικώς εξελιγμένη» βιομηχανική περιοχή.

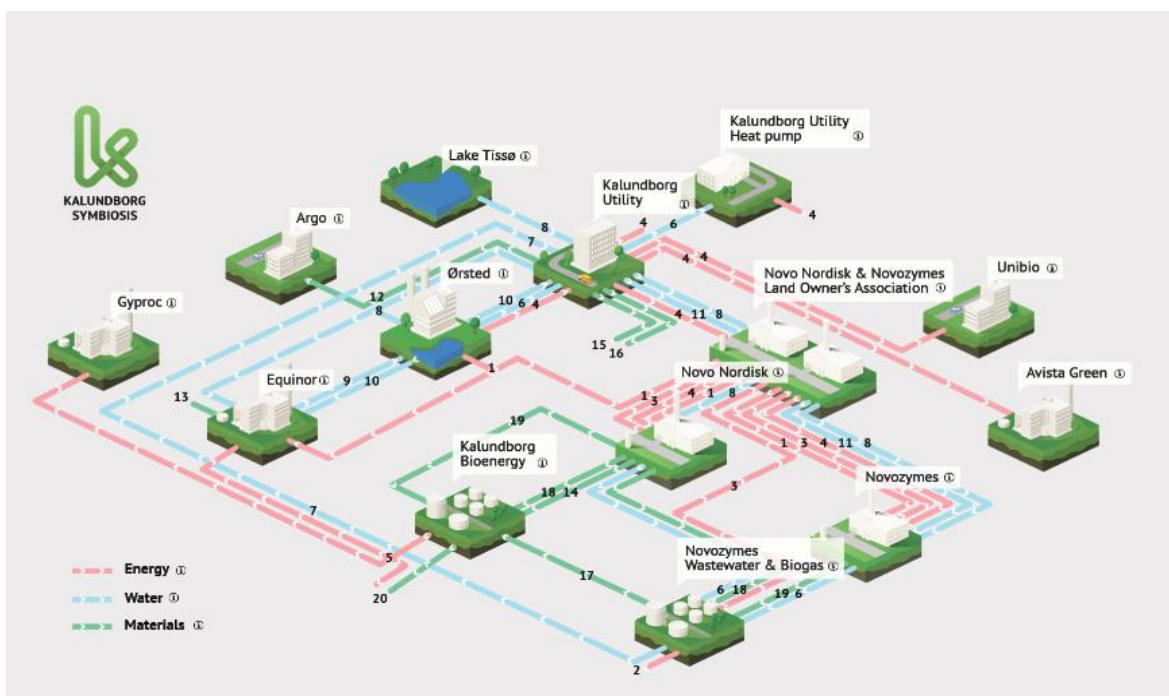
Ακόμη, υπάρχει η βιομηχανική συμβίωση ανοιχτού τύπου. Σε αντίθεση με τον κλειστό τύπο, στην συγκεκριμένη περίπτωση η σύμπραξη δεν χρειάζεται να περιοριστεί γεωγραφικά. Λόγω αυτού, παρατηρείται μία αύξηση στις πιθανές συνέργειες ενώ αντίστοιχα αυξάνονται τα κόστη μεταφοράς της ύλης-ενέργειας.

2.3.3 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ KALUNDBORG

Η πρώτη εφαρμογή προτύπου Βιομηχανικής Συμβίωσης άρχισε να αναπτύσσεται σταδιακά το 1961 στην πόλη Kalundborg της Δανίας, περίπου 75km δυτικά της Κοπεγχάγης, χωρίς την ύπαρξη κάποιου αρχικού σχεδίου ανάπτυξης. Το Οικο-βιομηχανικό Πάρκο στο Kalundborg είναι ένα δίκτυο βιομηχανικής συμβίωσης στο οποίο οι εταιρείες της περιοχής συνεργάζονται για να χρησιμοποιούν η μια τα υποπροϊόντα της άλλης και να μοιράζονται πόρους. Αρχικός στόχος ήταν η αξιοποίηση των επιφανειακών νερών της λίμνης Tisso από ένα νέο διυλιστήριο και η ταυτόχρονη προστασία των υπόγειων νερών από τη μέχρι τότε εντατική εκμετάλλευση, με αφετηρία τη συνεργασία της πόλης του Kalundborg με τη νέα μονάδα διύλισης. Ακολούθησαν μία σειρά από έργα διασύνδεσης βιομηχανιών και το δίκτυο συνεργαζόμενων μονάδων επεκτάθηκε σημαντικά. Πλέον, το συμβιωτικό δίκτυο περιλαμβάνει συνολικά 17 μονάδες μεταξύ των οποίων πραγματοποιούνται 30 ανταλλαγές. Απεικονιστικά, οι ροές ύλης και ενέργειας παρουσιάζονται στις εικόνα 4 και η σύνδεση των εταίρων στην εικόνα 5.



Εικόνα 4. ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΤΟΥ ΚΑΛΥΝΔΒΟΡΓ (πηγή : <http://www.symbiosis.dk/en/>)



Εικόνα 5. ΠΟΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΣΤΟ ΚΑΛΥΝΔΒΟΡΓ (πηγή : <https://circulareconomy.europa.eu/platform/en/good-practices/kalundborg-symbiosis-six-decades-circular-approach-production>)

διαδικασιών τους. Με τη λειτουργία του σε κατάσταση συμπαγωγής, ο σταθμός ηλεκτρικής ενέργειας είναι σε θέση να αυξήσει την αποτελεσματικότητά του. Το περίσσειμα αερίου από τις δραστηριότητες του διυλιστηρίου Statoil υφίσταται επεξεργασία για να απομακρυνθεί το θείο, το οποίο πωλείται ως πρώτη ύλη για την παρασκευή θειικού οξέος. Το καθαρό αέριο στη συνέχεια τροφοδοτεί το σταθμό Asnaes και την Gyrroc ως πηγή ενέργειας.

Παράλληλα, απαιτείται απομάκρυνση του θείου από τα καυσαέρια του σταθμού ηλεκτρικής ενέργειας η οποία πραγματοποιήθηκε με την ίδρυση μιας μονάδας αποθείωσης. Μέσω αυτών των αντιδράσεων παράγεται θειικό ασβέστιο. Στο συγκεκριμένο στάδιο εμπλέκεται η Gyrroc, η οποία ως εργοστάσιο παραγωγής γυψοσανίδας έχει απαιτούμενη πρώτη ύλη το θειικό ασβέστιο. Με αυτόν τον τρόπο πραγματοποιείται σύμπραξη μεταξύ των δύο εταιριών.

Στην συνέχεια, η εταιρεία βιοτεχνολογίας δημιουργεί μια μεγάλη ποσότητα χρησιμοποιούμενης βιομάζας που προέρχεται από τις συνθετικές της διεργασίες και η εταιρεία έχει συνειδητοποιήσει ότι αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως λίπασμα διότι περιέχει άζωτο, φωσφόρο και κάλιο. Επομένως, τοπικές γεωργικές κοινότητες χρησιμοποιούν πάνω από 800.000 κυβικά μέτρα αυτού του υγρού λιπάσματος κάθε χρόνο, καθώς και πάνω 60.000 τόνους στερεάς μορφής λιπάσματος. Τέλος, η εναπομένουσα θερμότητα του σταθμού παραγωγής ενέργειας προσφέρεται για την περιφερειακή θέρμανση της πόλης και προμηθεύει 3500 σπίτια.

Για την τήρηση των κανονισμών υγείας, το κυκλικό σύστημα λειτουργεί μέσω εναλλάκτων θερμότητας έτσι ώστε το βιομηχανικό νερό και το νερό για την περιφερειακή θέρμανση να διατηρούνται χωριστά.

2.3.3.2 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΟΦΕΛΗ ΤΟΥ ΟΙΚΟ-ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΤΟΥ KALUNDBORG

Τα οφέλη από την δημιουργία της βιομηχανικής συμβίωσης εκτείνονται στο περιβαλλοντικό και στο οικονομικό επίπεδο. Αναλυτικότερα, κάθε χρόνο οι βιομηχανίες που συμμετέχουν στην συμβιωτικές δράσεις εξοικονομούν 24 εκατομμύρια ευρώ, 3.6 εκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού και 100 GWh ενέργειας. Ακόμη, περιορίζονται οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα κατά 635.000 τόνους ενώ ανακυκλώνονται 87.000 τόνοι άλλων υλικών.

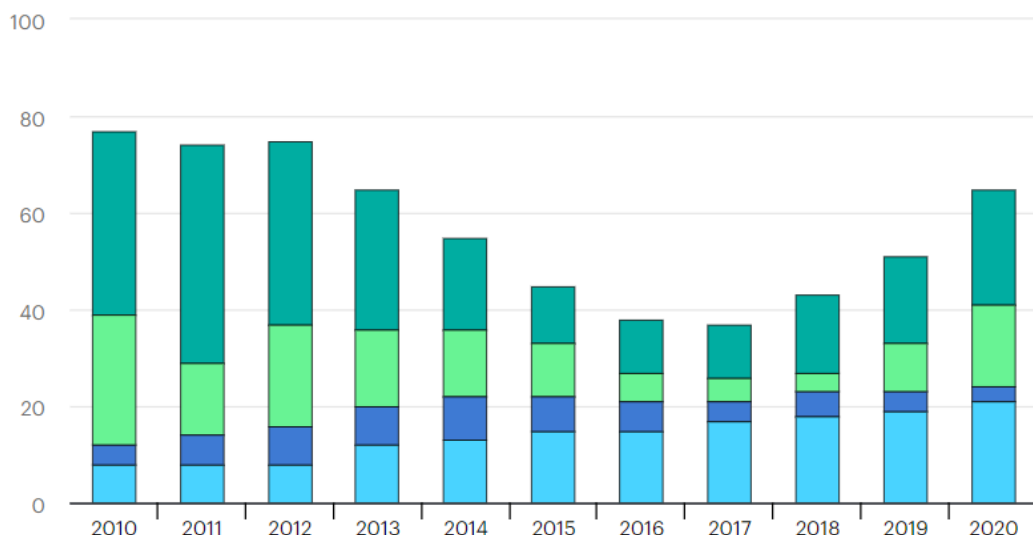
2.4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΔΕΣΜΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ(CCU) ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ

Όπως προαναφέρθηκε είναι επιτακτική η ανάγκη για την μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Ωστόσο, επί του παρόντος, η παγκόσμια οικονομία και οι βιομηχανίες βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στους ορυκτούς υδρογονάνθρακες για την παραγωγή ενέργειας, οι οποίοι δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο μέλλον με τον ίδιο ρυθμό για τους κλιματικούς στόχους που έχουν τεθεί. Επομένως, την τελευταία δεκαετία, το αέριο CO₂, ως το βασικό αέριο του θερμοκηπίου, έχει τραβήξει την προσοχή πολλών επιστημόνων οι οποίοι αναπτύσσουν μεθοδολογίες για την μείωση των εκπομπών του. Αναφορικά, το 2011 το Παγκόσμιο Ινστιτούτο Ενέργειας εκτίμησε πως η αγορά επαναχρησιμοποίησης του CO₂ είναι περίπου 80 εκατομμύρια τόνοι τον χρόνο.

Πιο συγκεκριμένα το CCU είναι μια διαδικασία που συλλέγει τις εκπομπές του CO₂ από πηγές όπως οι σταθμοί παραγωγής ενέργειας και τις επαναχρησιμοποιεί ώστε να μην εισέλθουν στην ατμόσφαιρα. Αποτελεί μία ελκυστική στρατηγική γιατί εκτός από την μείωση των εκπομπών, οι οποίες μπορούν να θέσουν βιώσιμους τους στόχους της Ευρωπαϊκής Ένωσης, επιτρέπει την δημιουργία πολύτιμων προϊόντων και την παραγωγή τροφίμων.

Όσον αφορά την χρήση του διοξειδίου ως εισροή στις βιομηχανικές διεργασίες, η διάφορες επιλογές που υπάρχουν βρίσκονται σε διαφορετικό επίπεδο ανάπτυξης με αποτέλεσμα το επίπεδο τεχνογνωσίας να ποικίλει.

Γενικά, η μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου και, συγκεκριμένα, του διοξειδίου του άνθρακα, αποτελεί μείζων ζήτημα για ολόκληρο τον επιστημονικό κόσμο. Ένας κοινός δρόμος που μπορεί να εξεταστεί για την επίτευξη του συγκεκριμένου ζητήματος, αποτελούν οι τεχνολογίες συλλογής του διοξειδίου του άνθρακα που ήδη παράγεται. Αυτό προκύπτει διότι είναι αρκετά δύσκολο, σύμφωνα με την δομή της βιομηχανικής κοινότητας, να περιορισθούν οι εκπομπές του CO₂ ριζοσπαστικά με αποτέλεσμα να διορθώνεται το πρόβλημα όχι από την ρίζα του αλλά στο τέλος της διαμόρφωσής του.



Διάγραμμα 5. ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ CCU(Πηγή: iea.org)

Στο διάγραμμα 4 παρουσιάζεται το πλήθος των βιομηχανικών εγκαταστάσεων του κόσμου που έχουν ως στρατηγική την δέσμευση και επαναχρησιμοποίηση του άνθρακα. Με κίτρινο χρώμα αναγράφονται οι βιομηχανίες που βρίσκονται σε πρώιμη ανάπτυξη, με λαχανί οι βιομηχανίες που βρίσκονται σε προηγμένη ανάπτυξη. Επίσης, με μπλέ χρώμα αναφέρεται το πλήθος των μονάδων που βρίσκονται υπό κατασκευή και με γαλάζιο χρώμα οι υπάρχουσες βιομηχανίες που ακολουθούν τις τεχνολογίες CCU. Εντυπωσιακό είναι το γεγονός πως μόλις σε 10 χρόνια τα εργοστάσια που συμμετέχουν με CCU αυξήθηκαν κατά 380%.

Τέλος στην εικόνα παρουσιάζεται ένα υπόμνημα για την εφαρμογή στρατηγικών CCU.

2.4.1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΔΕΣΜΕΥΣΗΣ ΤΟΥ CO₂

Γενικά, υπάρχουν διάφορες τεχνολογίες οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν προκειμένου να συλλεχθεί το CO₂ από τις βιομηχανίες. Για να θεωρηθεί κάποια τεχνολογία αξιόπιστη και αποτελεσματική θα πρέπει να :

- Συνεισφέρει σημαντικά στην μείωση των εκπομπών
- Είναι οικονομικά αποδεκτή
- Είναι αποδοτική
- Μην παρουσιάζει σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις
- Προσαρμόζεται στο υφιστάμενο ενεργειακό σύστημα

Οι κυριότερες από τις τεχνολογίες ταξινομούνται σε τρεις ευρύτερες κατηγορίες. Αρχικά, είναι ο διαχωρισμός του άνθρακα από το καυσάεριο (Post-combustion) όπου το CO₂ διαχωρίζεται από τα υπόλοιπα συστατικά των καυσασερίων. Έπειτα, είναι η δέσμευση του CO₂ πριν την καύση (Pre-combustion) κατά την οποία το

αποτέλεσμα των διεργασιών είναι η παραγωγή καυσίμου που δεν περιέχει καθόλου CO₂. Τέλος, υπάρχει η καύση του CO₂ σε αυξημένα επίπεδα συγκέντρωσης οξυγόνου και ανακυκλοφορία μέρους των καυσαερίων (Oxyfuel-combustion).

Οι τεχνολογίες εφαρμόζονται σύμφωνα με την δραστηριότητα των εργοστασίων που εξετάζονται. Επομένως, για διάφορους τύπους εργοστασίων εντοπίζεται το σημείο της παραγωγής στο οποίο εκπέμπεται το CO₂ και στην συνέχεια επιλέγεται η κατάλληλη τεχνολογία.

Οι βασικές τεχνολογίες που εμπεριέχονται στην 1^η κατηγορία είναι :

- Η φυσική απορρόφηση
- Η χημική απορρόφηση
- Μembrάνες
- Κρυογενικός διαχωρισμός
- Κύκλος CaO/CaCO₃

Οι τεχνολογίες της 2^{ης} κατηγορίας είναι :

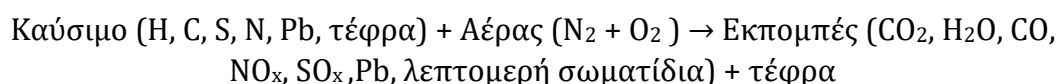
- Αντίδραση CO₂ με οξυγόνο
- Συστήματα αεριοποίησης του άνθρακα σε μονάδες συνδυασμένου κύκλου

Οι τεχνολογίες της 3^{ης} κατηγορίας είναι :

- Καύση σε συνθήκες καθαρού οξυγόνου
- Καύση σε χημικούς βρόχους (chemical looping combustion)

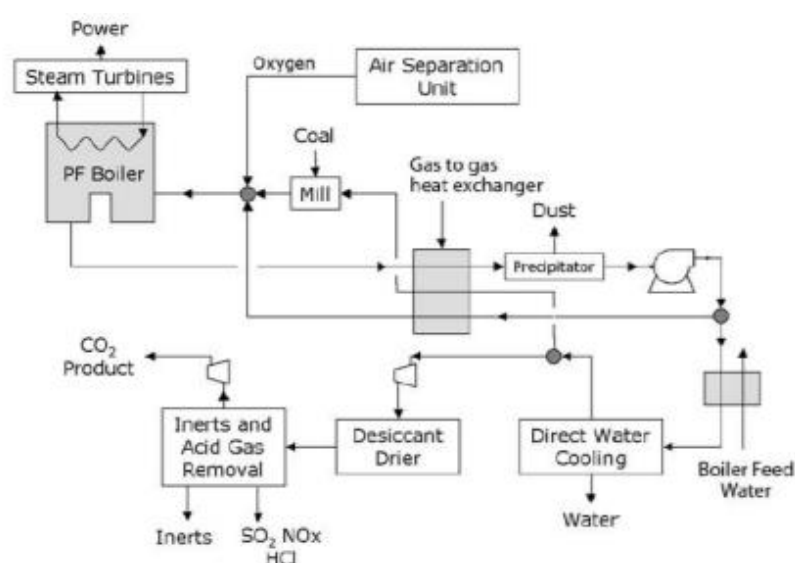
Στα πλαίσια της έρευνας που πραγματοποιείται για την μελέτη περίπτωσης της Κύπρου, γίνεται αντιληπτό πως υπάρχουν δύο κύριες πηγές του CO₂. Τα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας και οι παραγωγείς τσιμέντου.

Πιο συγκεκριμένα, η κύρια πηγή εκπομπών CO₂ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας βρίσκεται στην καύση της πρώτης ύλης. Έχοντας ως δεδομένο το γεγονός πως θερμοκρασία της καύσης δεν είναι αρκετά υψηλή, δεν υπάρχει περίσσεια αέρα και ο χρόνος καύσης του καυσίμου δεν είναι αρκετός, τότε η καύση της πρώτης ύλης είναι ατελής και η γενική αντίδραση που λαμβάνει χώρα είναι:



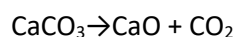
Στην συνέχεια, το CO₂ μπορεί να συλλεχθεί μέσω της καύσης σε συνθήκες καθαρού οξυγόνου. Η τεχνολογία αυτή βασίζεται στο γεγονός ότι όταν η καύση του λιγνίτη, των υδρογονανθράκων ή του συνθετικού αερίου πραγματοποιείται με καθαρό οξυγόνο, το παραγόμενο καυσαέριο περιέχει κυρίως διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Με την ψύξη των καυσαερίων, το H₂O που περιέχεται στο καυσαέριο συμπυκνώνεται και παράγεται σχεδόν καθαρό αέριο CO₂. Στην συνέχεια, συμπιέζεται και μεταφέρεται στην τοποθεσία αποθήκευσης. Επίσης, ο

άνθρακα μπορεί να απομακρυνθεί από το καύσιμο πριν την καύση του. Η δεδομένη τεχνολογία μπορεί να συνδυαστεί με την διαδικασία του συνδυασμένου κύκλου με αεριοποίηση (IGCC) κατά την οποία το στερεό καύσιμο κονιοποιείται και διαλύεται σε νερό. Στη συνέχεια το διάλυμα θερμαίνεται με οξυγόνο ή αέρα περίπου στους 1300K και παράγεται ένα αέριο μίγμα, που αποτελείται κυρίως από υδρογονάνθρακες και μονοξείδιο του άνθρακα. Έπειτα, ακολουθεί μία εξώθερμη αντίδραση μετατροπής του μονοξειδίου του άνθρακα σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Επομένως, το αέριο καύσιμο που τελικά παράγεται περιέχει H₂ και CO₂. Λόγω της υψηλής μερικής πίεσης του CO₂ στο αέριο μίγμα, η μέθοδος της φυσικής απορρόφησης αποτελεί μια πιθανή λύση για το διαχωρισμό του CO₂ από το H₂ στο αέριο καύσιμο.



Εικόνα 7. ΤΥΠΙΚΗ ΡΟΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΔΕΣΜΕΥΣΗΣ CO₂ ΜΕΣΩ OXY-FUEL (πηγή: Carbon dioxide Accumulation, Bert Melz et.al)

Ο δεύτερος κυριότερος τύπος που συναντάται είναι οι βιομηχανίες παραγωγής τσιμέντου. Στα εργοστάσια αυτά, το CO₂ εκπέμπεται από τέσσερις διαφορετικές πηγές. Αναλυτικότερα, το 40% των συνολικών εκπομπών παράγεται κατά την καύση των ορυκτών καυσίμων στο στάδιο της έψησης ενώ περίπου το 10% είναι αποτέλεσμα της μεταφοράς των πρώτων υλών και της ηλεκτροδότησης από τους ηλεκτρικούς κινητήρες. Τέλος, το μεγαλύτερο ποσοστό των εκπομπών CO₂ παράγεται στην αποσύνθεση των CaCO₃ και MgCO₃, κατά την οποία προκύπτουν ως προϊόντα τα CaO and MgO όπως φαίνεται στις ακόλουθες αντιδράσεις :

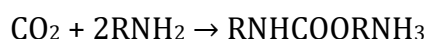


$$1\text{kg} \rightarrow 0,56\text{kg} + 0,44\text{kg}$$

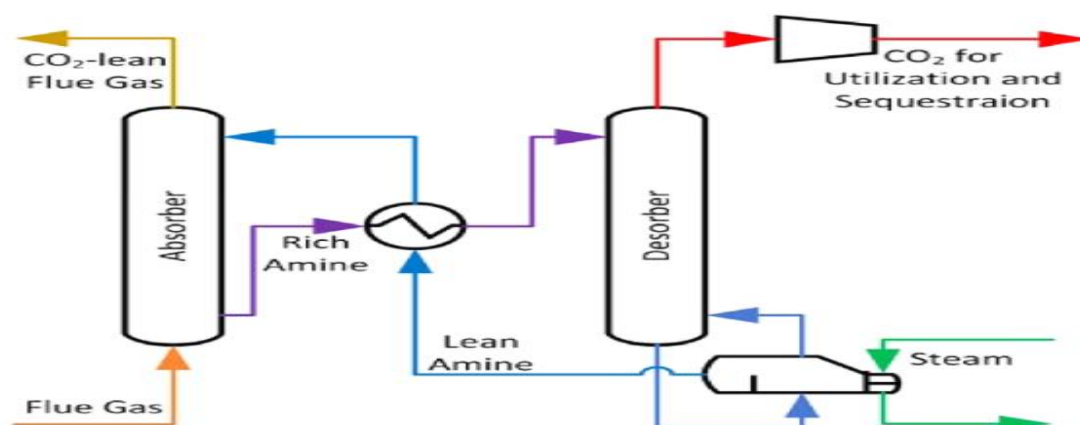


Εξετάζοντας τα παραπάνω, τρεις είναι οι πιθανές τεχνολογίες με τις οποίες μπορεί να συλλεχθεί το CO₂. Ξεκινώντας, η πρώτη τεχνολογία αναφέρεται στην δέσμευση του CO₂ μέσω χημικής απορρόφησης από υδάτινο διάλυμα αμίνων. Συγκεκριμένα, η χρήση μονοεθανολαμίνης είναι δοκιμασμένη με επιτυχία καθώς

η απομάκρυνση του CO₂ είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί σε ποσοστό άνω του 98%. Τα καυσαέρια, τα οποία έχουν συμπιεστεί ως τα 1.12bar εισέρχονται από το κάτω μέρος στην στήλη απορρόφησης και το διάλυμα αμίνης, το οποίο ψεκάζεται από το άνω μέρος της, έρχονται σε επαφή και αντιδρούν με αυτό. Τέλος, το ρεύμα του CO₂ εξέρχεται προς τα επάνω μαζί με υδρατμούς. Η απαιτούμενη ενέργεια της εγκατάστασης αυτής ανέρχεται στα 4MJ/kg CO₂ που απομακρύνεται, όσον αφορά την αναγέννηση του διαλύματος αμίνης και στο 0.11 MJ/kg CO₂ που δεσμεύεται για την συμπίεση των καυσαερίων στην είσοδο της στήλης απορρόφησης και για την ηλεκτρική κατανάλωση των αντλιών αμίνης. Το εκτιμώμενο κόστος ανέρχεται στα 80 ευρώ/t CO₂ που συλλέγεται. Παρακάτω φαίνεται η χημική αντίδραση του CO₂ με το υδατικό διάλυμα αμίνης :



Η συγκεκριμένη τεχνολογία χαρακτηρίζεται από υψηλές ικανότητες απορρόφησης του CO₂. Από την άλλη, δημιουργεί διάβρωση του εξοπλισμού και έχει σημαντικές ενεργειακές ανάγκες.

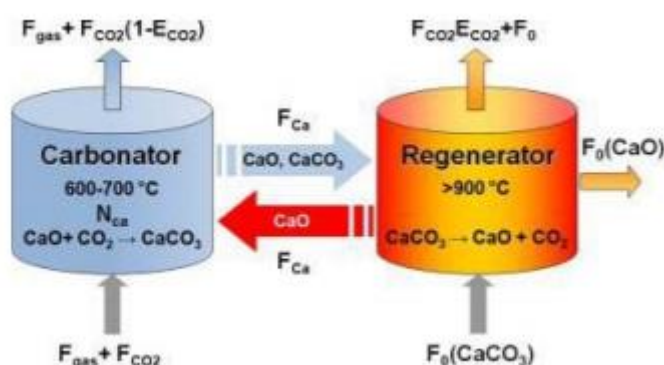


Εικόνα 8. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΕΣΜΕΥΣΗ ΤΟΥ ΜΕ AMINES (πηγή : « Amine-based CO₂ capture technology development from the beginning of 2013» B. Dutcher et.al, 2015)

Η δεύτερη τεχνολογία αναφέρεται στην συλλογή του CO₂ με καύση σε αυξημένα επίπεδα συγκέντρωσης οξυγόνου. Πιο συγκεκριμένα, το μείγμα του καθαρού οξυγόνου και του ανακυκλωμένου CO₂ ως αέριο καύσης μειώνει την πολυπλοκότητα κατά την συλλογή του άνθρακα η οποία φτάνει το 90%. Ένα σημαντικό μειονέκτημα τις τεχνολογίας αυτής είναι πως απαιτούνται 60 kWh/t για την παραγωγή καθαρού οξυγόνου και η εγκατάσταση επηρεάζει ολόκληρη την βιομηχανία.

Τέλος, η τρίτη τεχνολογία είναι οι κύκλοι ενανθράκωσης και ασβεστοποίησης. Ως κεντρικός άξονας είναι η δέσμευση του CO₂ με χρήση του οξειδίου του ασβεστίου σε μια συνεχή λειτουργία μεταξύ δύο θαλάμων. Στον πρώτο θάλαμο το CO₂ αντιδράει με το CaO και παράγει CaCO₃ στους 600 βαθμούς με το CaO να είναι ικανό να δεσμεύσει το 80% του παραγόμενου CO₂. Στον 2^ο θάλαμο γίνεται η αντίστροφη αντίδραση σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες. Τελικά το αντιδρόν διάλυμα αναγεννιέται απελευθερώνοντας καθαρό CO₂. Το σημαντικότερο

μειονέκτημα της συγκεκριμένης τεχνολογίας είναι πως μετά από κάποιους κύκλους το CaO χάνει την ικανότητα αποδοτικής απορρόφησης.



Εικόνα 9. ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΣΜΕΥΣΗΣ ΒΑΣΗ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ CaO/CaCO₃ (πηγή : «ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΠΡΩΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΡΕΥΣΤΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΜΕ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΚΑΤΑ LAGRANGE ΜΕ ΣΚΟΠΟ ΤΗΝ ΕΛΑΧΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ ΚΛΙΝΩΝ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ» , Μπρίνιας Κωνσταντίνος, 2015)

2.4.2 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ CO₂

Η ιδέα της επαναχρησιμοποίησης του CO₂ είναι αρκετά μοντέρνα και οι τεχνολογίες είναι συγκεκριμένες.. Ο Μερικές από αυτές είναι :

- Ηλεκτροχημική μετατροπή του CO₂
- Έψηση σκυροδέματος (concrete curing)
- Απευθείας χρήση του CO₂ (direct use of CO₂)
- Mineral carbonation
- Πολυμερική σύνθεση
- Παραγωγή άλγης

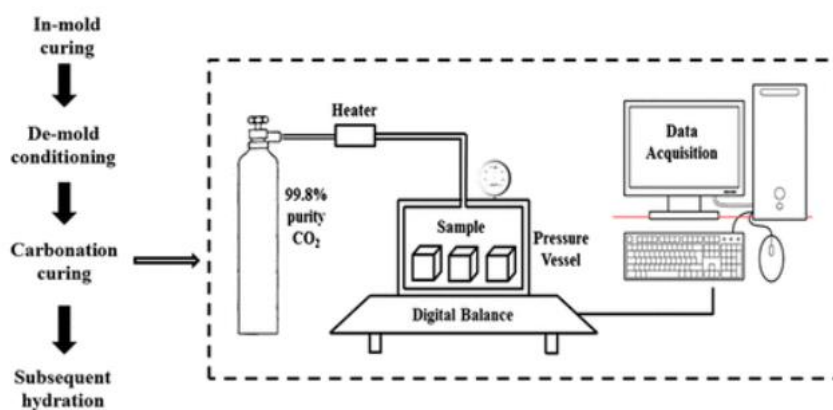
Ακόμη, για την κατάλληλη επιλογή των τεχνολογιών υπάρχουν οι εξής προϋποθέσεις :

- Ο τύπος των εργοστασίων-εγκαταστάσεων που επιλέγονται ως πιθανοί αποδέκτες του CO₂
- Ικανοποιητικό δείκτη τεχνολογικής ωριμότητας(TRL >5)
- Η απαιτούμενη καθαρότητα του CO₂ να είναι μέτρια προς καλή
- Μικρό κόστος μεταφοράς του CO₂ από το εργοστάσιο- πηγή

Όσον αφορά το πεδίο μελέτης της εργασίας επιλέχθηκαν βιομηχανίες με κύριες δραστηριότητες την παραγωγή τσιμέντου ,ασβέστη και γύψου, την επεξεργασία αστικών και βιομηχανικών λυμάτων και τα θερμοκήπια. Αρχικά, τα εργοστάσια παραγωγής τσιμέντου μπορούν με την τεχνολογία της έψησης ορυκτού(carbon curing) να επαναχρησιμοποιήσουν το CO₂ δημιουργώντας οικονομικότερα και

ανθεκτικότερα υλικά. Η διαδικασία που πραγματοποιήθηκε από την Carbon-Cure Technologies με έδρα τον Καναδά, ξεκινάει εκχύνοντας υγρό διοξείδιο του άνθρακα, το οποίο βρίσκεται σε δεξαμενή υπό πίεση, εντός του υγρού τσιμέντου καθώς αυτό αναμειγνύεται. Ένα μεγάλο πλεονέκτημα της τεχνολογίας είναι πως η έκχυση πραγματοποιείται υπό ατμοσφαιρική πίεση με αποτέλεσμα να μην χρειάζονται ειδικές δεξαμενές. Στην συνέχεια, μόλις ολοκληρωθεί η πρόσθεση του υγρού διοξειδίου, το συστατικό μεταβάλλεται σε στερεό και λαμβάνει μόνιμη θέση ενδιάμεσα του τσιμέντου βοηθώντας έτσι στην γρηγορότερη σκλήρυνση του μείγματος.

Γενικά, με την τεχνολογία αυτή, η επαναχρησιμοποίηση του CO₂ στις τσιμεντοβιομηχανίες, είναι αποτελεσματική ως και 80% ενώ υπολογίζεται εργαστηριακά πως για κάθε τόνο τσιμέντου που παράγεται μπορούν να απορροφηθούν 500 kg CO₂.



Εικόνα 10. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ CARBON CURING CONCRETE (πηγή : theconstructor.org)

Στην συνέχεια, συνήθως τα θερμοκήπια αποτελούν τον κύριο αποδέκτη για την επαναχρησιμοποίηση του διοξειδίου του άνθρακα επειδή αποτελεί βασικό συστατικό της φωτοσύνθεσης. Αναλυτικότερα, κατά την φωτοσύνθεση τα φυτά χρησιμοποιούν την ηλιακή ενέργεια για να μετατρέψουν το CO₂ και το νερό σε ζάκχαρα. Ακόμη, όσο υψηλότερη είναι η περιεκτικότητα του διοξειδίου γύρω από το φυτό τόσο μεγαλύτερη είναι η ικανότητα του να το απορροφά. Επομένως, δεδομένου ότι το περιβάλλον αποτελείται σε φυσιολογικές συνθήκες από 350ppm CO₂, η επιπλέον εισαγωγή ποσότητας θα βελτιώσει την ικανότητα των φυτών να το απορροφούν. Πιο συγκεκριμένα, έρευνες δείχνουν πως η καθαρή φωτοσύνθεση αυξάνεται κατά 50% όταν τα επίπεδα του CO₂ αυξάνονται στα 1000 ppm εκτός από την παραγωγή τουλίπας και κρίνου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της περιόδου ανάπτυξης του φυτού κατά 5-10% και την καλύτερη ποιότητα και απόδοση της καλλιέργειας. Όσον αφορά την διαδικασία της πρόσθεσης του CO₂, η καλύτερη και πιο αποτελεσματική διαδικασία είναι η εισαγωγή υγρού διοξειδίου του άνθρακα η οποία δεν απαιτεί συνθήκες ζέστης και υγρασίας. Σε μεγαλύτερη ανάλυση, καθαρό διοξείδιο διοχετεύεται σε ειδικές δεξαμενές πίεσης όπου έρχεται σε υγρή μορφή και πρέπει να εξατμιστεί μέσω μονάδων εξάτμισης. Το σύστημα κατανομής του αερίου αποτελεί μια σχετικά απλή διάταξη με σωλήνες PVS. Τέλος, σε ένα τυπικό θερμοκήπιο η ζήτηση του

διοξειδίου του άνθρακα ανά 100 τετραγωνικά είναι 0.5-0.6 kg CO₂ ανά ώρα για συμβατικά γυάλινα θερμοκήπια και 0.25-0.35 kg CO₂ ανά ώρα για θερμοκήπια δι-πολυαιθυλίνης.

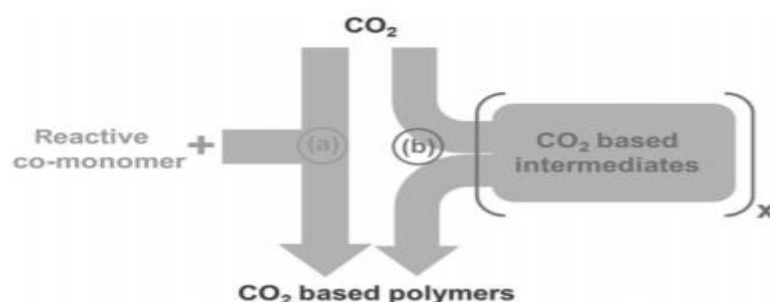
Στην συνέχεια, οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας βιομηχανικών λυμάτων αποτελούνται από ορισμένα ορυκτά τα οποία μπορούν να αντιδράσουν με το διοξείδιο του άνθρακα. Για παράδειγμα, το πανεπιστήμιο της Sichuan έχει αναπτύξει τεχνολογίες για την χρήση του CO₂ οι οποίες έχουν λίγες ενεργειακές ανάγκες. Πιο συγκεκριμένα, μέσω του εμποτισμού με CO₂ σχηματίζονται στερεά ανθρακικά προϊόντα. Αυτό πραγματοποιείται μέσω της αντίδρασης του διοξειδίου του άνθρακα και κάποιων αλκαλικών υλικών, με σχετικά μικρό ποσοστό επιτυχημένης σύζευξης αλλά με απαιτούμενη ανθρακική καθαρότητα μικρότερη της τάξεως του 10%. Με την δεδομένη διαδικασία, είναι γνωστό πως για κάθε τόνο λύματος που επεξεργάζεται στην μονάδα επεξεργασίας μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν 0.12t CO₂.

Τέλος, όσον αφορά τα εργοστάσια παραγωγής πετροχημικών προϊόντων, παρόλο που οι τεχνολογίες για την επαναχρησιμοποίηση του CO₂ στις πετροχημικές βιομηχανίες δεν είναι τόσο ώριμες, στο μέλλον θεωρείται πως θα παίξουν πολύ σημαντικό ρόλο στην μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου. Την σημερινή εποχή υπάρχουν 4 κύριες τεχνολογίες που μπορούν να μετατρέψουν το δεσμευμένο CO₂ σε χρήσιμα χημικά τα οποία θα αποτελέσουν βασικά συστατικά των παραγόμενων πλαστικών.

Πίνακας 1. ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΜΕ CO₂ ΩΣ ΠΡΩΤΗ ΥΛΗ

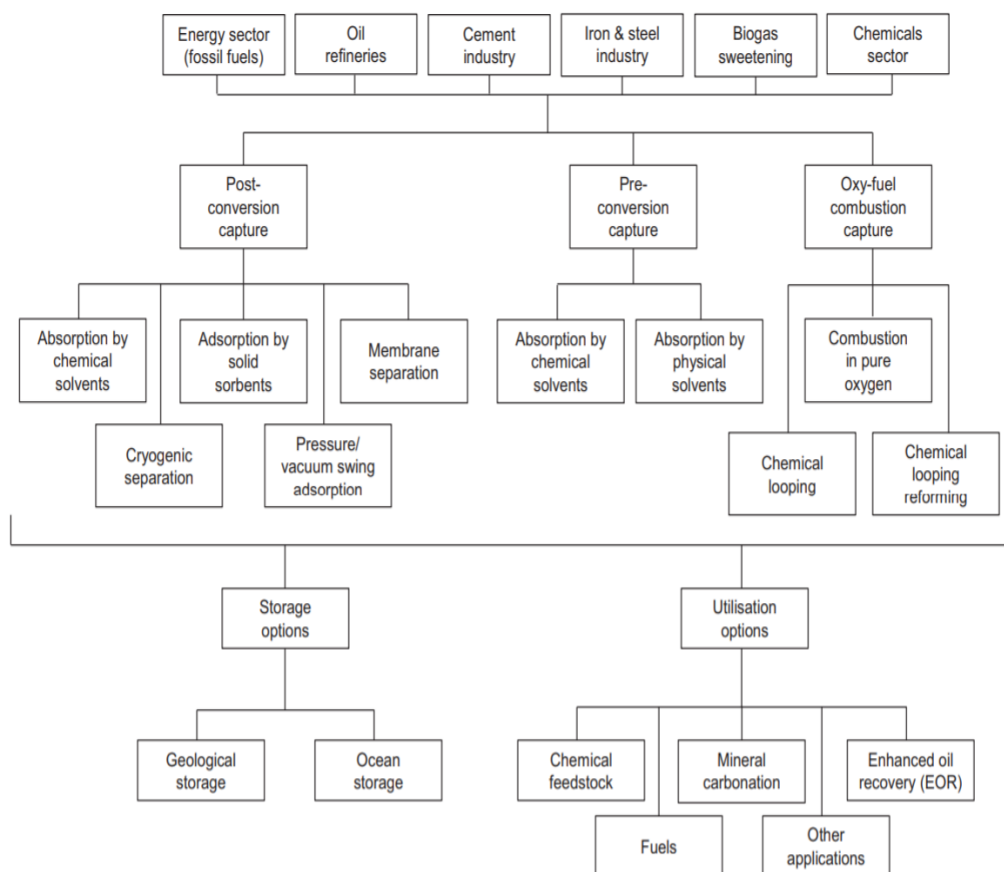
ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ	ΕΙΔΟΣ ΚΑΤΑΛΥΣΗΣ
$\text{CO}_2 + \text{H}_2 \leftrightarrow \text{HCOOH} \quad \Delta H = 32 \text{ kJ/mol}$	ΟΜΟΓΕΝΗΣ
$\text{CO}_2 + \text{H}_2 \leftrightarrow \text{CO} + \text{H}_2\text{O} \quad \Delta H = 41 \text{ kJ/mol}$	ΕΤΕΡΟΓΕΝΗΣ
$\text{CO}_2 + \text{CH}_4 \leftrightarrow 2\text{CO} + 2\text{H}_2 \quad \Delta H = 247 \text{ kJ/mol (DRM)}$	ΕΤΕΡΟΓΕΝΗΣ
$\text{CO}_2 + 3\text{H}_2 \leftrightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2 \quad \Delta H = 49,9 \text{ kJ/mol (methanol production)}$	ΕΤΕΡΟΓΕΝΗΣ
$\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \leftrightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \quad \Delta H = 113 \text{ kJ/mol}$	ΕΤΕΡΟΓΕΝΗΣ

Είναι γνωστό πως σε μεγάλες κλίμακες που συνδέονται με μεγάλη παραγωγή πετροχημικών προϊόντων η πιο προσιτή χημική διαδικασία είναι με την χρήση ετερογενούς κατάλυσης. Αυτό συμβαίνει γιατί η ετερογενής κατάλυση έχει την ικανότητα να ελαχιστοποιεί τις «παράπλευρες» αντιδράσεις και κατευθύνει την διαδικασία κατευθείαν στον σχηματισμό του επιθυμητού προϊόντος.



Εικόνα 11. ΣΥΝΘΕΣΗ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ CO₂

Παρουσιάζονται κάποιες τεχνολογίες δέσμευσης, επαναχρησιμοποίησης και αποθήκευσης του CO₂ από την έρευνα της επιστήμονος Rosa M. Cuellar-Franca και των συνεργατών της.



Διάγραμμα 6. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΔΕΣΜΕΥΣΗΣ, ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ (πηγή : «Carbon capture and utilisation: application of life cycle thinking to process design» Rosa Cuellar-Franca et.al, 2015)

2.4.3 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΥΡΕΣΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΩΝ ΜΕ CCU ΣΤΟ ROTTERDAM

Ο dr. Menno Ros και οι συνεργάτες του στα πλαίσια της έρευνας τους με τίτλο «Start of a CO₂ hub in Rotterdam: connecting CCS and CCU» αναλύουν τον τρόπο με τον οποίο μέσω των προγραμμάτων «ROAD» και «OCAP» μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν μεγάλες ποσότητες εκπεμπόμενου CO₂ σε κοντινά θερμοκήπια τους καλοκαιρινούς μήνες και τον τρόπο με τον οποίο οι υπόλοιπες ποσότητες μπορούν να αποθηκευτούν τον χειμώνα με στόχο την μείωση των εκπομπών του CO₂ κατά 50% μέχρι το 2025 . Το συγκεκριμένο θεωρείται πως μπορεί να επιτευχθεί με την σύνδεση των αγωγών των δύο προγραμμάτων. Επομένως παρουσιάζεται ένα μεθοδολογικό πλαίσιο που αποτελείται από 3 βήματα:

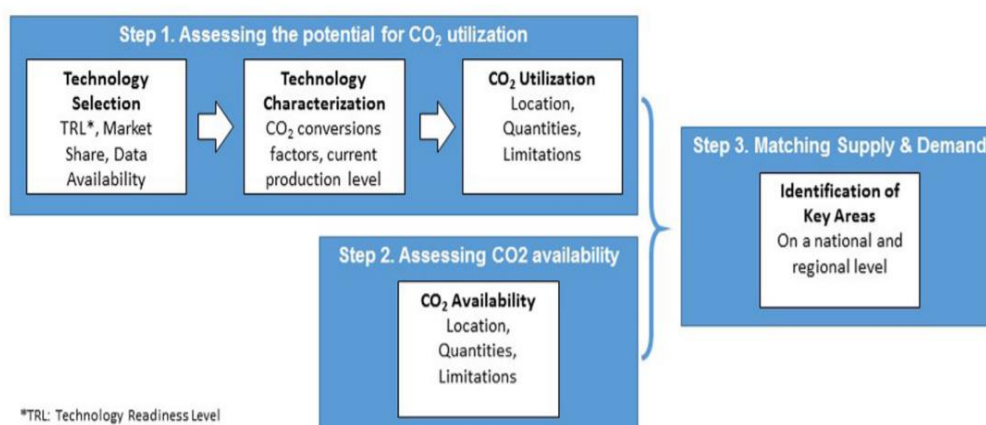
- Βέλτιστες εφικτές επιλογές βάσει των περιορισμών της πίεσης και μέγιστης απόδοσης (ροή) για διαφορετικούς διαμέτρους των αγωγών
- Προκαταρκτική εκτίμηση κόστους για τον αγωγό σύνδεσης και τα σχετικά συστήματα για διαφορετικούς διαμέτρους των αγωγών
- Αναγνώριση των πιο ευέλικτων παραγόντων για τους διαφορετικούς διαμέτρους των αγωγών

Με βάση την συγκεκριμένη μεθοδολογία προτείνεται ο αγωγός 20 " ή 24" του OCAP που λειτουργεί στα 21 bar. Μεταξύ αυτών των δύο αγωγών η διαφοροποίηση είναι η παροχή και η παραγωγικότητα επειδή στον πρώτο αγωγό η ευελιξία είναι χαμηλή και στον 2^ο μέτρια. Η έρευνα δείχνει πως με μια μικρή επιπλέον επένδυση η απόδοση αυξάνεται κατά 50-60%. Ένα άλλο πλεονέκτημα της χρήσης αγωγών των 21 bar για τη σύνδεση του συστήματος είναι η δυνατότητα ελέγχου της θερμοκρασίας του αγωγού «ROAD» κατά την αποθήκευση του CO₂.

Κεφάλαιο 3ο Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Στο 3ο κεφάλαιο παρουσιάζονται προσπάθειες άλλων επιστημόνων με χρήση των CCU τεχνολογιών προκειμένου να προτείνουν συμβιωτικές δράσεις, με συγκεκριμένα μεθοδολογικά πλαίσια τα οποία αποτελούν έμπνευση για την δεδομένη διπλωματική εργασία.

Ξεκινώντας, μέσω της έρευνας τους οι Joao Patricio et.al (2017, p. 50-59) αναπτύσσουν μία μεθοδολογική προσέγγιση προκειμένου να προσδιοριστούν οι βασικές Ευρωπαϊκές περιφέρειες με δυνατότητα ανάπτυξης βιομηχανικής συμβίωσης με χρήση CCU τεχνολογιών, βασισμένη στις ποσότητες του CO₂ και στις αποστάσεις των δυνητικών εργοστασίων. Πιο συγκεκριμένα, ποσοτικοποιείται η ανάγκη των εργοστασίων για την χρήση του CO₂ και οι εκπομπές του από περιφερειακές πηγές. Επομένως, παρουσιάζεται το δυναμικό της ζήτησης και το δυναμικό της διαθεσιμότητας του άνθρακα ως πρώτη ύλη ή ως παραπροϊόν. Τέλος, επιλέγονται 9 τεχνολογίες επαναχρησιμοποίησης του CO₂ σύμφωνα με τις βιομηχανίες που αποτελούν αποδέκτες του CO₂.



Εικόνα 12. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ(πηγή «Region prioritization for the development of carbon capture and utilization technologies» Joao Patricio et,al , 2017, 50-59)

Σύμφωνα με την έρευνα, τα εργοστάσια-εγκαταστάσεις που είναι πιθανοί αποδέκτες του CO₂ επιλέγονται με βάση :

- Τους κώδικες Prodcom
- Τις περιοχές όπου βρίσκονται θερμοκήπια
- Την διαθέσιμη πρωτογενή παραγωγή αλουμινίου και
- Την διαθέσιμη παραγωγή ακατέργαστου χάλυβα

Ενώ οι πληροφορίες για τις εκπομπές των εργοστασίων μπορούν να συλλεχθούν από την πλατφόρμα της Ευρωπαϊκής ένωσης E -PRTR.

Συμπερασματικά, η έρευνα έδειξε πως συνολικά 1913 Mt CO₂ παράχθηκαν με την πλειοψηφία των εκπομπών να σημειώνονται στην Γερμανία , στην Πολωνία και

στην Ιταλία ενώ μόλις 73 Mt CO₂ μπορούν να χρησιμοποιηθούν με βάση των 9 τεχνολογιών που επιλέχθηκαν.

Στην συνέχεια, λήφθηκαν χρήσιμες πληροφορίες για την επίτευξη του στόχου της διπλωματικής εργασίας από την έρευνα του προαναφερθέντα επιστήμονα και των συνεργατών του, όσον αφορά των εντοπισμό των συμβιωτικών δράσεων σε περιφερειακό και σε τοπικό επίπεδο, στην Σουηδία. Πιο συγκεκριμένα, η έρευνα παρουσιάζει ένα συστηματικό μεθοδολογικό πλαίσιο με βάση την ανάπτυξη γενικών πινάκων για τις πηγές και τους αποδέκτες του CO₂ ενώ στο τέλος γίνεται αντιστοίχιση των βιομηχανικών μονάδων με βάση γεωγραφικά και οικονομικά κριτήρια

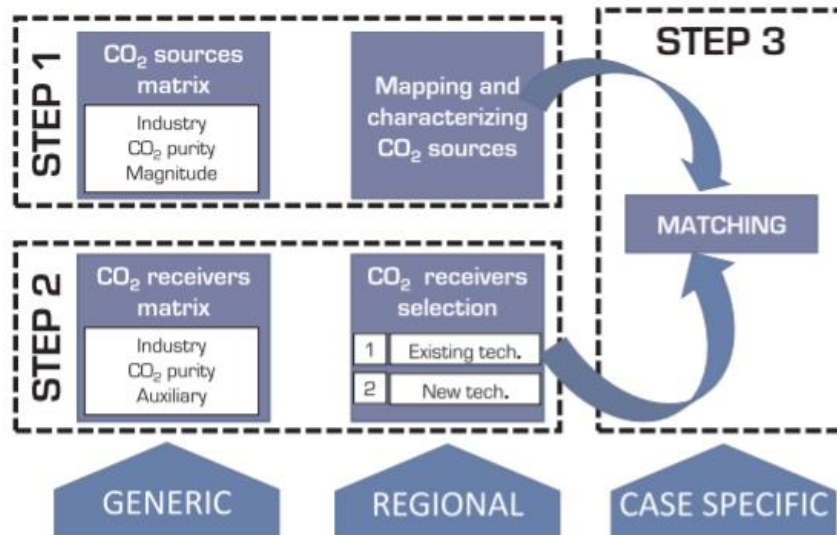
Στην εικόνα 12 παρουσιάζονται αναλυτικά τα βήματα της μεθοδολογίας που χρησιμοποιήθηκε. Ξεκινώντας, στο πρώτο βήμα αναπτύσσεται ένας γενικός πίνακας με όλες τις πιθανές πηγές που παράγουν CO₂ είτε κατά την καύση είτε ως υποπροϊόν και αναλύεται η σύνθεση των εκπεμπόμενων αερίων κάθε βιομηχανίας- πηγής. Τα δύο κύρια χαρακτηριστικά του πίνακα είναι η καθαρότητα του CO₂ που προκύπτει από την σύνθεση των αερίων και το μέγεθος της ροής των αερίων.

Στην συνέχεια, αναπτύσσεται ένας γενικός πίνακας με 17 τεχνολογίες επαναχρησιμοποίησης σύμφωνα με τους πιθανούς αποδέκτες. Για κάθε τεχνολογία, ο πίνακας περιέχει πληροφορίες σχετικά με τον τύπο NACE των βιομηχανιών που ενδέχεται να χρησιμοποιούν μια συγκεκριμένη τεχνολογία, μια σύντομη περιγραφή του τύπου και τους μεθόδους μετατροπής CO₂ και το TRL κάθε τεχνολογίας. Παρέχει επίσης πληροφορίες σχετικά με την ποσότητα χρήσης CO₂ ανά μονάδα προϊόντος που καταναλώνεται, την απαιτούμενη καθαρότητα CO₂ και τις συνθήκες λειτουργίας της διαδικασίας όπως θερμοκρασία, πίεση και η παρουσία καταλύτη. Τα δύο κύρια χαρακτηριστικά του για την εύρεση των βιομηχανιών, που μπορούν να λειτουργήσουν ως αποδέκτες, είναι το επίπεδο της τεχνολογικής ωριμότητας της εκάστοτε τεχνολογίας και η ποσότητα του CO₂ έχουν ανάγκη να παραλάβουν για να λειτουργήσει σωστά η αντίστοιχη τεχνολογία.

Τέλος, μέσω της έρευνας αποτυπώνονται τα κατάλληλα ζευγάρια πηγών-αποδεκτών. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται με βάση τα παρακάτω :

- Γεωγραφική θέση του αποδέκτη
- Προσδιορισμός των απαιτήσεων καθαρότητας του CO₂
- Εκτίμηση του CO₂ που απαιτείται για τον αποδέκτη
- Επιλογή της καταλληλότερης πηγής CO₂ για την τεχνολογία χρήσης
- Εξάλειψη πηγών CO₂ βάσει γεωγραφικής εγγύτητας.
- Προσδιορισμός πρόσθετων απαιτήσεων, όπως η ανάγκη για καταλύτη
- Προσδιορισμός βοηθητικών εισόδων που μπορεί να διευκολύνουν ή να είναι απαραίτητες για τη συμβίωση

Οι προτάσεις βιομηχανικής συμβίωσης, που προέκυψαν μέσω του μεθοδολογικού πλαισίου, μπορούν να οδηγήσουν στην επαναχρησιμοποίηση ως και 250.000 τόνων διοξειδίου του άνθρακα στην περιφερειακή ενότητα της Västra Götaland



Εικόνα 13. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΟΥΗΔΙΑ(πηγή: « Method to identify opportunities for CCU at regional level — Matching sources and receivers», Joao Patricio et.al, 2017, 330-345)

Κεφάλαιο 4^ο ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας εφαρμόζεται μία μεθοδολογία, βασισμένη στις αντίστοιχες έρευνες που αναφέρθηκαν στο 3^ο κεφάλαιο. Πιο συγκεκριμένα, με χρήση του μητρώου έκλυσης ρύπων της Κύπρου συλλέγονται όλες οι πληροφορίες για τις μονάδες που εκπέμπουν CO₂ στην ατμόσφαιρα και στην συνέχεια επιλέγονται κάποιες σύμφωνα με την ποσότητα των εκπομπών. Έπειτα, επιλέγονται βιομηχανίες οι οποίες είναι γνωστό από την βιβλιογραφία ότι μπορούν να επαναχρησιμοποιήσουν το CO₂. Συλλέγονται πληροφορίες για την ποσότητα των παραγόμενων προϊόντων, για την γεωγραφική τους θέση και για το μέγεθος των εγκαταστάσεων. Η συλλογή των πληροφοριών για αυτές τις μονάδες γίνεται είτε μέσω της διαδικτυακής αναζήτησης είτε μέσω προσωπικής επικοινωνίας με τους εκάστοτε υπευθύνους προκειμένου τα αποτελέσματα που προκύπτουν να είναι όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστικά. Υστέρα, με βάση την γνώση που έχει ληφθεί για κάθε μονάδα επιλέγονται αυτές που μπορούν να λάβουν την μεγαλύτερη ποσότητα CO₂.

Σε αυτό το σημείο δεν λαμβάνεται υπόψιν το κόστος που απαιτείται για τον εξοπλισμό των CCU technologies και θεωρείται δεδομένο πως αμφότερες οι βιομηχανίες μπορούν να διαθέσουν χρήματα ή ο εξοπλισμός είναι ήδη διαθέσιμος.

Έπειτα, γίνεται χαρτογράφηση των πιθανών πηγών και των πιθανών αποδεκτών και σε έναν συγκεντρωτικό πίνακα υπολογίζεται η τιμή ανά τόνο με την οποία μπορεί μια μονάδα-αποδέκτης να αγοράσει το CO₂, το κόστος συντήρησης και το κόστος δέσμευσης του σύμφωνα με την απόσταση μεταξύ των μονάδων που αφορούν την συνεργεία. Οι παραδοχές που γίνονται είναι πως, εφόσον η έρευνα γίνεται σε τοπικό επίπεδο, χρησιμοποιούνται φορτηγά χωρητικότητας 60 τόνων και στο κόστος μετακίνησης συνυπολογίζεται το γεγονός πως τα φορτηγά επιστρέφουν άδεια στην μονάδα- πηγή. Τέλος, η τιμή του πετρελαίου κίνησης λαμβάνεται από τον μέσο όρο της τιμής του κατά την περίοδο εκπόνησης της έρευνας.

Η συναρτήσεις που τοποθετήθηκαν στο excel για των υπολογισμό του κάθε κόστους φαίνονται παρακάτω :

- Συνάρτηση κόστους δέσμευσης του CO₂ :

$KΔ = IF([@[μονάδας-πηγή]] = "μονάδα-αποδέκτης"; 335,5 * ([@[ζήτηση από τον αποδέκτη]] / 10^6)^{1,49}; 218,4 * ([@[ζήτηση από τον αποδέκτη]] / 10^6)^{1,025})$

- Συνάρτηση κόστους συντήρησης του CO₂ :

$KΣ = IF([@[μονάδας-πηγή]] = "μονάδα-αποδέκτης"; (17,96 * ([@[ζήτηση από τον αποδέκτη]] / 10^6)^{1,249}); (12,03 * ([@[ζήτηση από τον αποδέκτη]] / 10^6)^{0,9399}))$

- Κόστος μετακίνησης:

$KΜ = (2 * ([@[ζήτηση του CO_2 από τον αποδέκτη]] / 60) * ([@Απόσταση]) * 2,7198) / (10^6)$

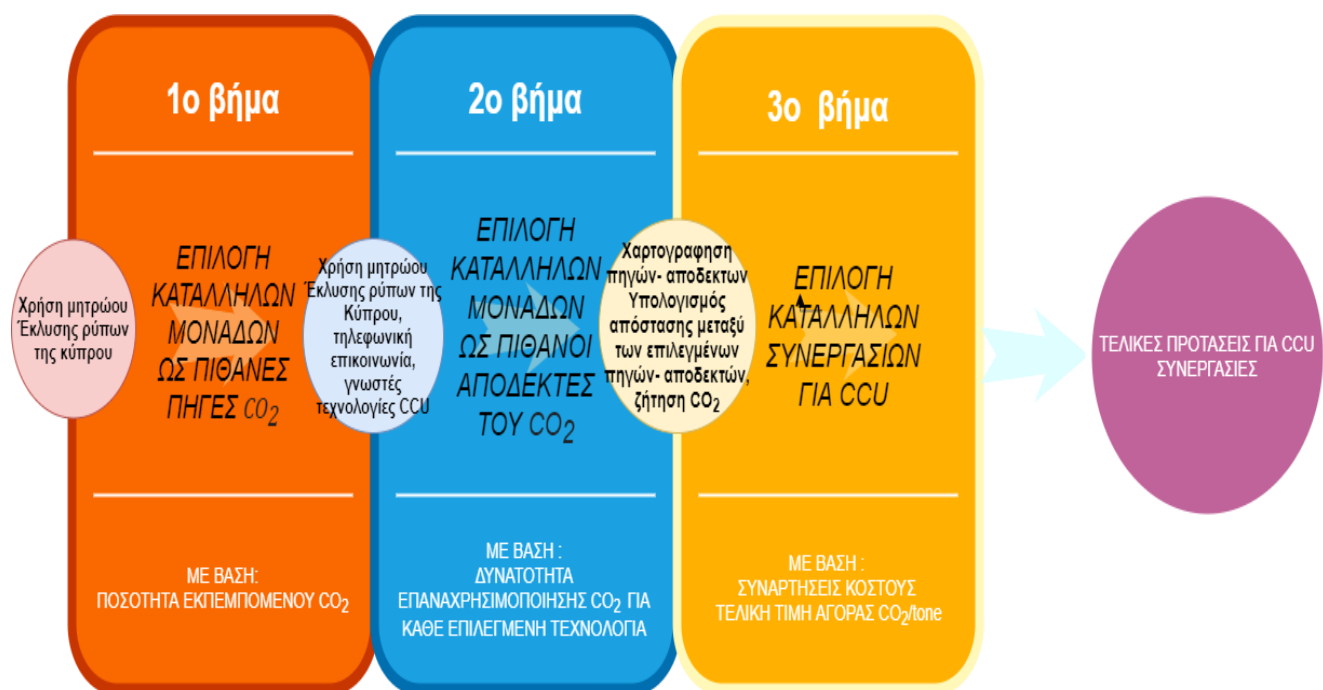
- Συνολικό κόστος ανά έτος :

$\Sigma K = 10^6 * ([@[Κόστος \text{ συλλογής}]]/25) + [@[Κόστος \text{ συντήρησης}]] + [@[Κόστος \text{ μετακίνησης}]]$

- Τιμή πώλησης ανά τόνο CO₂ :

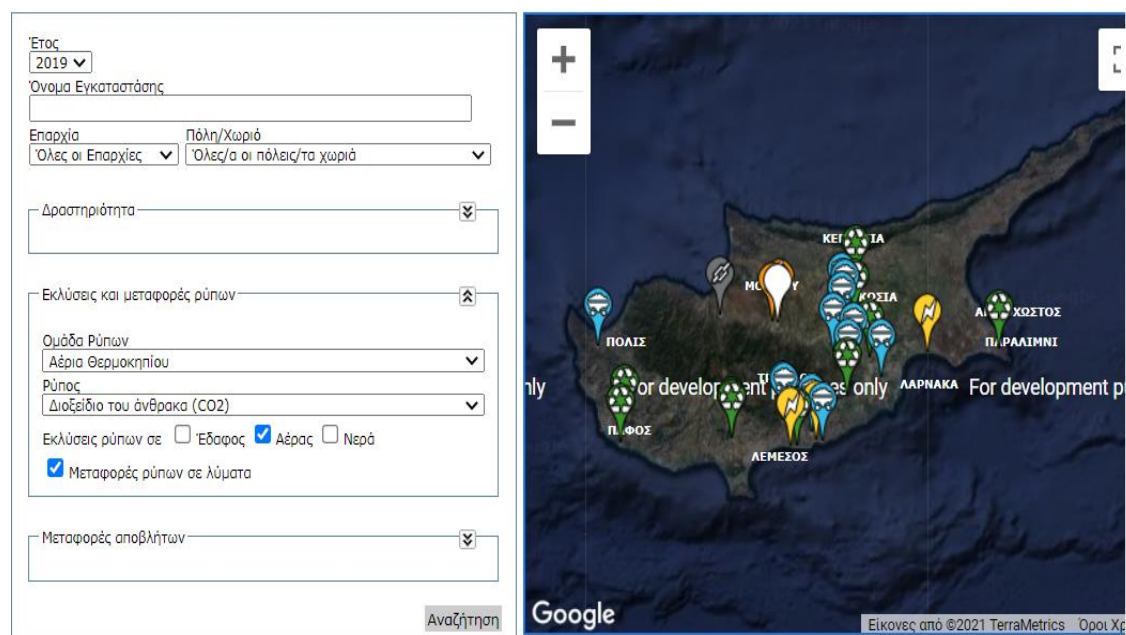
$TM = [@[Συνολικό \text{ κόστος}]]/[@[ζήτηση \text{ από τον αποδέκτη}]]$

Πίνακας 2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ(εργαλείο : <https://app.diagrams.net/>)



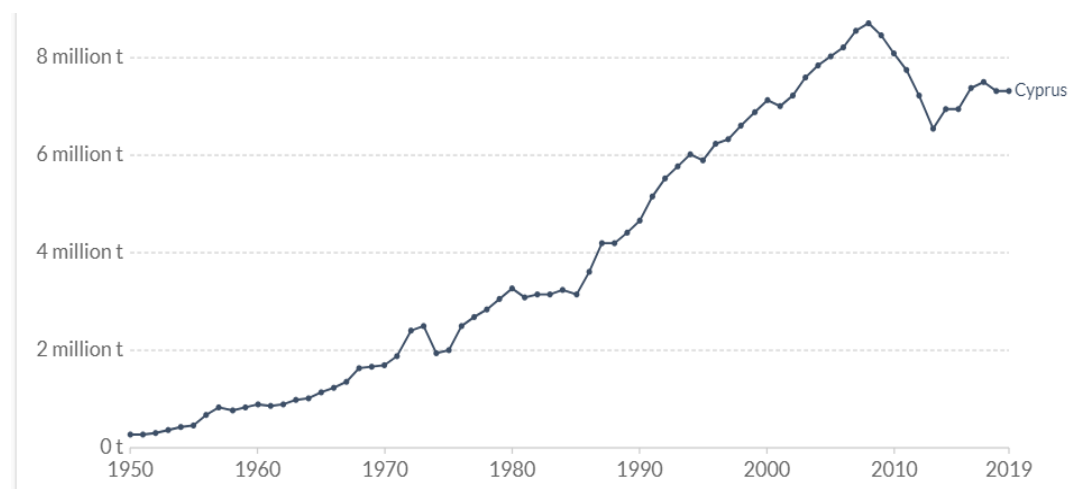
5.2 ΚΥΠΡΟΣ ΚΑΙ CO₂

Η Κύπρος δεν αποτελείται από βαριές βιομηχανίες και μέσω του μητρώου έκλυσης μόλις 30 βιομηχανίες εκπέμπουν CO₂ όπως φαίνεται παρακάτω.

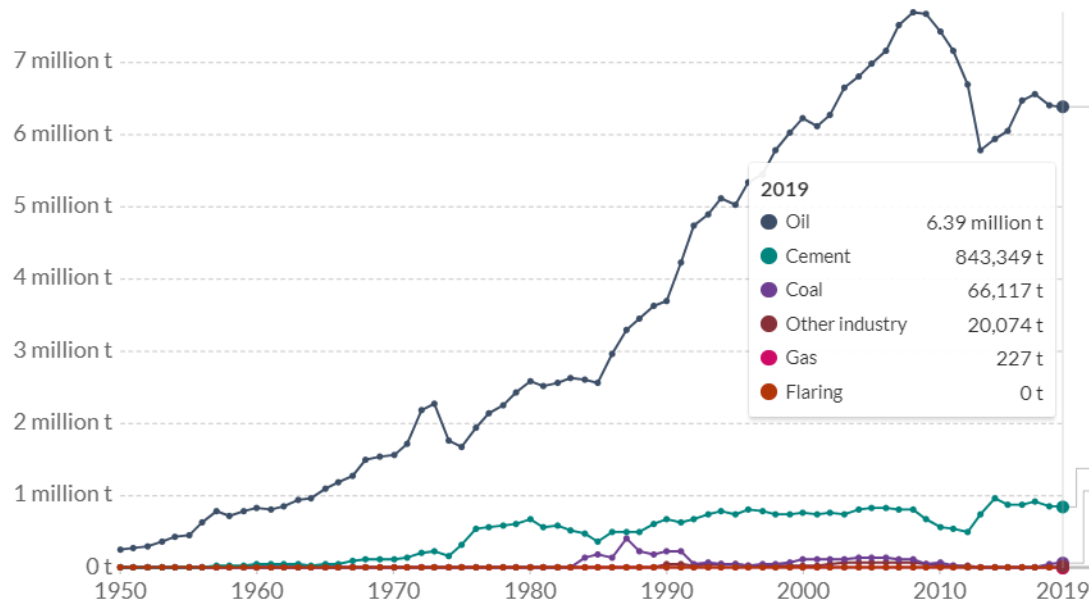


Εικόνα 15. ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΠΟΥ ΕΚΠΕΜΠΟΥΝ CO₂ (Πηγή : www.prtr.dli.mlsi.gov.cy)

Γενικά, όσον αφορά τις εκπομπές του CO₂ παγκοσμίως, η Κύπρος συμμετέχει στο 0.02% και συγκεκριμένα το 2019 οι εκπομπές των εργοστασίων έφτασαν μόλις τους 7,32 εκατομμύρια τόνους. Δεν είναι τυχαίο το γεγονός πως υπήρξε ραγδαία αύξηση των εκπομπών ύστερα από το 1950 γιατί τα τελευταία 60 χρόνια ξεκίνησαν να λειτουργούν στο νησί μεγάλα εργοστάσια, ηλεκτρικοί σταθμοί και βιομηχανίες παραγωγής τσιμέντου . Λόγω της ύπαρξης τέτοιων βιομηχανιών η κατανομή των εκπομπών του CO₂ δεν είναι ομοιόμορφα κατανεμημένη καθώς οι μεγάλες βιομηχανίες εκπέμπουν σχεδόν το 98% των συνολικών εκπομπών.



Διάγραμμα 7. ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO₂ ΤΟΥ ΣΤΗΝ ΚΥΠΡΟ ΑΝΑ ΧΡΟΝΟ ΑΠΟ ΤΟ 1950 ΩΣ ΤΟ 2019 (πηγή: ourworldindata.org)



Διάγραμμα 8. ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΝΑ ΤΥΠΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ ΑΠΟ ΤΟ 1950 ΩΣ ΤΟ 2019 (πηγή: ourworldindata.org)



Εικόνα 16. ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΟΥ(πηγή : www.eac.com.cy)

Κεφάλαιο 5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1 ΠΗΓΕΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

Με την εφαρμογή του μεθοδολογικού πλαισίου που παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 4 προέκυψαν ορισμένα αποτελέσματα.

Ξεκινώντας, ο εντοπισμός των εργοστασίων που αποτέλεσαν πηγές του CO₂ δεν έγινε μέσω της Ευρωπαϊκής πλατφόρμας των εκπομπών (E-PRTR) γιατί η Κύπρος αποτελείται ως επί το πλείστον από βιομηχανίες που εκπέμπουν λιγότερο από 0.1Mt CO₂ τον χρόνο. Αντί αυτού, συλλέχθηκαν πληροφορίες από το Μητρώο Έκλυσης και Μεταφοράς της Κύπρου. Μέσω της πλατφόρμας είναι γνωστό πως υπάρχουν 88 βιομηχανίες εκ των οποίων μόνο οι 26 εκπέμπουν αξιόλογα ποσά CO₂ στην ατμόσφαιρα και παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

Πίνακας 3. ΠΙΘΑΝΕΣ ΠΗΓΕΣ

ID	ΟΝΟΜΑ ΜΗΤΡΙΚΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ	NACE	ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ NACE	ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO ₂ (tones)
1	Κεραμουργεία Χρυσάφη Λτδ	33.558333°, 34.9075°	23.32	Κατασκευή τούβλων, πλακιδίων και λοιπών δομικών προϊόντων από οπτή γη	5010
2	CYPRA LTD	33.107222°, 35.070278°	10.11	Επεξεργασία συντήρηση κρέατος	61.2
3	Αρχή Ηλεκτρισμού Κύπρου-ΔΕΚΕΛΕΙΑ	33.746236°, 34.980143°	35.11	Παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος	1220000
4	Αρχή Ηλεκτρισμού Κύπρου-MONH	33.1825°, 34.71°	35.11	Παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος	16100
5	Αρχή Ηλεκτρισμού Κύπρου- ΒΑΣΙΛΙΚΟΣ	33.289753°, 34.728469°	35.11	Παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος	2040000
6	ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗ ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΛΤΔ	33.131389°, 35.064722°	23.52	Παραγωγή ασβέστη και γύψου	1810
7	Innovating Environmental Solutions Center Ltd	32.942778°, 34.736944°	38.22	Επεξεργασία και διάθεση επικίνδυνων αποβλήτων	262
8	Κοινοπραξία Συμβουλίων Αποχετεύσεων Αγίας Νάπας και Παραλιμνίου	34.041111°, 34.990833°	37.00	Επεξεργασία λυμάτων	2410
9	Κεραμείο Κακογιάννη Λτδ	33.390278°, 35.041944°	23.32	Κατασκευή τούβλων, πλακιδίων και λοιπών δομικών προϊόντων	7030
10	Κεραμείο Ανδρέας Κασάπης Λτδ	34.745833°, 33.279444°	23.32	Κατασκευή τούβλων, πλακιδίων και λοιπών δομικών προϊόντων	10400

11	K. KYTHREOTIS HOLDINGS PUBLIC LTD	33.1509°, 34.7885°	8.11	Εξόρυξη διακοσμητικών και οικοδομικών λίθων, ασβεστόλιθου, γύψου, κιμωλίας και σχιστόλιθου	1270
12	Κεραμείο Λήδρα Ατδ	33.361944, 34.986111°	23.32	Κατασκευή τούβλων, πλακιδίων και λοιπών δομικών προϊόντων από οπτή γη	7760
13	ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΟΛΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΛΑΡΝΑΚΑΣ - ΑΜΜΟΧΩΣΤΟΥ	33.505556, 34.966389°	38.21	Επεξεργασία και διάθεση μη επικίνδυνων αποβλήτων	7710
14	Επιχειρήσεις Μέλιος και Παφίτης Ατδ	33.393611, 35.095556°	23.32	Κατασκευή τούβλων, πλακιδίων και λοιπών δομικών προϊόντων από οπτή γη	9930
15	ΛΑΤΟΜΕΙΑ ΜΟΣΦΙΛΩΤΗΣ ΑΤΔ	33.4415°, 34.9531°	8.11	Εξόρυξη διακοσμητικών και οικοδομικών λίθων, ασβεστόλιθου, γύψου, κιμωλίας και σχιστόλιθου	1150
16	Κεραμοποιεία Παλαικύθρου ΚΑΠΑ Ατδ	33.408889, 35.080833°	23.32	Κατασκευή τούβλων, πλακιδίων και λοιπών δομικών προϊόντων από οπτή γη	7040
17	ΠΟΥΛΛΑΣ ΤΣΑΔΙΩΤΗΣ ΑΤΔ	32.3921°, 34.9975°	8.11	Εξόρυξη διακοσμητικών και οικοδομικών λίθων, ασβεστόλιθου, γύψου, κιμωλίας και σχιστόλιθου	3040
18	Συμβούλιο Αποχετεύσεων Λεμεσού-Αμαθούντας	33.2133°, 34.7114°	37.00	Επεξεργασία λυμάτων	5350
19	SKYRA LIMA HOLDINGS LTD	33.4211°, 34.9064°	8.11	Εξόρυξη διακοσμητικών και οικοδομικών λίθων, ασβεστόλιθου, γύψου, κιμωλίας και σχιστόλιθου	2040
20	SKYRAMONT QUARRIES LTD	33.1564°, 34.7841°	8.11	Εξόρυξη διακοσμητικών και οικοδομικών λίθων, ασβεστόλιθου, γύψου, κιμωλίας και σχιστόλιθου	1550
21	ΤΣΙΜΕΝΤΟΠΟΙΑ ΒΑΣΙΛΙΚΟΥ ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΑΤΔ(ΚΑΛΑΒΑΣΟΥ)	33.270833°, 34.748889°	8.11	Εξόρυξη διακοσμητικών και οικοδομικών λίθων, ασβεστόλιθου, γύψου, κιμωλίας και σχιστόλιθου	4010
22	ΤΣΙΜΕΝΤΟΠΟΙΑ ΒΑΣΙΛΙΚΟΥ ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΑΤΔ	33.316388°, 34.721666°	23.51	Παραγωγή τσιμέντου	1240000
23	ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΕΩΝ ΛΕΥΚΩΣΙΑΣ	33.453056°, 35.178889°	37.00	Επεξεργασία λυμάτων	1130
24	Συμβούλιο Αποχετεύσεων Λευκωσίας	33.446389°, 35.081389°	37.00	Επεξεργασία λυμάτων	1690
25	Συμβούλιο Εκμετάλλευσης του Χώρου Διαχείρισης της Επαρχίας Πάφου	32.503056°, 34.771111°	38.21	Επεξεργασία και διάθεση μη επικίνδυνων αποβλήτων	5140
26	Συμβούλιο Αποχετεύσεων Πάφου	32.484444°, 34.720278°	37.00	Επεξεργασία λυμάτων	3590

Μέσω του πίνακα 3 εξάγεται το συμπέρασμα πως οι βιομηχανίες με τις μεγαλύτερες εκπομπές CO₂ είναι οι θερμοηλεκτρικοί σταθμοί και οι παραγωγοί τσιμέντου με συνολικές εκπομπές 4.516.000 τόνους.

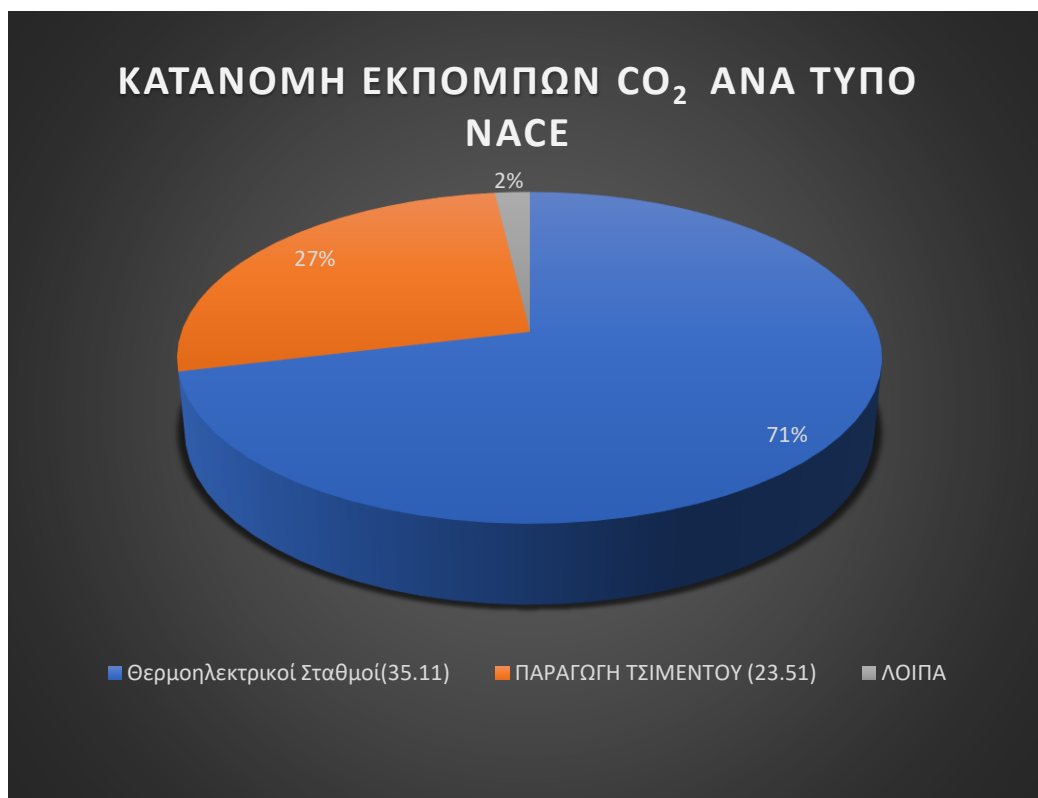
Στην συνέχεια, με την βοήθεια του λογισμικού του Excel, κατηγοριοποιούνται οι όλα τα εργοστάσια των πινάκων 2 και 3 σύμφωνα με την δραστηριότητα τους (κωδικό NACE).



Διάγραμμα 9. ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΚΑΤΟΧΗ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΥΣ ΚΩΔΙΚΟΥΣ NACE

Γίνεται αντιληπτό πως τα εργοστάσια που ασχολούνται με την εξόρυξη λίθων, με την επεξεργασία λυμάτων και με την κατασκευή δομικών προϊόντων καταλαμβάνουν το 65% του συνόλου των εργοστασίων και θα μπορούσαν να αποτελέσουν πιθανές πηγές για την συλλογή του CO₂. Ακόμη, οι βιομηχανίες που έχουν τις μεγαλύτερες εκπομπές αποτελούν μόνο το 15% του συνόλου.

Έπειτα, συγκρίνονται οι εκπομπές των εργοστασίων παραγωγής ρεύματος και τσιμέντου με τις εκπομπές όλων των υπολοίπων μονάδων, μέσω του λογισμικού Excel, και τα αποτελέσματα είναι εντυπωσιακά.



Διάγραμμα 10. ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΝΑ ΤΥΠΟ ΝΑΣΕ

Επομένως συμπεραίνεται πως μόλις το 15% του συνόλου των 26 βιομηχανιών εκπέμπουν το 98% του συνόλου των εκπομπών. Η διαπίστωση αυτή οδηγεί στην επιλογή των μονάδων που αποτελούν βασικές πηγές του CO₂, οι οποίες είναι οι 3 Θερμοηλεκτρικοί σταθμοί και η τσιμεντοβιομηχανία της περιοχής του Βασιλικού.

5.2 ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΤΟΥ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

Στην συνέχεια, παρουσιάζονται τα εργοστάσια τα οποία αποτελούν τους αποδέκτες του CO₂. Επιλέχθηκαν βιομηχανίες με κύριες δραστηριότητες την παραγωγή τσιμέντου, την επεξεργασία αστικών και βιομηχανικών λυμάτων, τα θερμοκήπια και τις βιομηχανίες πετροχημικών. Αρχικά, όσον αφορά την τσιμεντοβιομηχανία του Βασιλικού, με χρήση της τεχνολογίας carbon curing concrete δημιουργείται ο παρακάτω πίνακας στον οποίο φαίνεται η ποσότητα του CO₂ που μπορεί να απορροφήσει η μονάδα ανά ημέρα.

Πίνακας 4. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ CO₂ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΤΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ CARBON CURING

ΟΝΟΜΑ ΜΗΤΡΙΚΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ	ΜΕΓΕΘΟΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΠΑΡΑΓΩΜΕΝΟΥ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ	ΖΗΤΗΣΗ CO ₂ /day
ΤΣΙΜΕΝΤΟΠΟΙΑ ΒΑΣΙΛΙΚΟΥ ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΛΤΔ	33.317178, 34.721706	51-250 ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΙ	2.000.000 t	2686 t/d

Στην συνέχεια, τα θερμοκήπια χρησιμοποιούν απευθείας το συλλεγόμενο CO₂. Δεδομένων των πληροφοριών που λήφθηκαν στο 3^ο κεφάλαιο και με προσωπική επικοινωνία με τους υπεύθυνους των εκάστοτε εταιρειών δημιουργείται ο παρακάτω πίνακας στον οποίο φαίνεται η ποσότητα του CO₂ που μπορεί να απορροφήσει η μονάδα ανά ημέρα. Διευκρινίζεται πως για τον υπολογισμό της ζήτησης θεωρείται πως το υλικό κάλυψης των εργοστασίων είναι κατά 50% από γυαλί και κατά 50% από πλαστικό.

Πίνακας 5. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ CO₂ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΜΕ ΑΠΕΥΘΕΙΑΣ ΧΡΗΣΗ

ΟΝΟΜΑ ΜΗΤΡΙΚΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΥΠΑΛΛΗΛΩΝ	ΜΕΓΕΘΟΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΣΕ ΕΚΤΑΡΙΑ	ΖΗΤΗΣΗ CO ₂ / d
ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΛΑΚΟΤΡΥΠΗ	34.9856°, 33.4523°	11-50	50	60 t CO₂/d
ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΠΑΠΑΝΤΩΝΙΟΥ	ΠΑΦΟΣ-ΜΑΝΤΡΙΑ-ΜΑΜΟΝΙΑ	11-50	5.5	6.6 t CO ₂ /d
ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΠΑΠΑΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ	ΛΕΜΕΣΣΟΣ	11-50	1.5	1.8 t CO ₂ /d
AgiaSkepi Therapeutic Community	34.991573°, 33.2119°	11-50	2	2.4 t CO ₂ /d
ALION FRESH HERBS & VEGETABLES	35.02853°, 33.3762°	11-50	60	72 t CO₂/d
Christodoulos Farm	35.0344°, 33.90985°	11-50	3.5	4.2 t CO ₂ /d

Παρόλο που ο πίνακας αποτελείται από έξι θερμοκήπια, εν τελεί επιλέγονται εκείνα με την μεγαλύτερη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης του CO₂. Επομένως, ως αποδέκτες ορίζονται τα θερμοκήπια Λακκοτρύπη και η « ALION FRESH HERBS & VEGETABLES».

Οι βιομηχανίες παραγωγής πλαστικών και πετροχημικών προϊόντων, με χρήση της τεχνολογίας polymer synthesis, η οποία βασίζεται στην ομογενή κατάλυση, δεν μπορούν να θεωρηθούν ακόμη πιθανοί αποδέκτες του CO₂ γιατί η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης του συλλεγόμενου υλικού είναι πολύ μικρή, όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 6. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΠΕΤΡΟΧΗΜΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ POLYMER SYNTHESIS

ΟΝΟΜΑ ΜΗΤΡΙΚΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΩΝ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΠΑΡΑΓΩΜΕΝΟΥ ΠΛΑΣΤΙΚΟΥ	ΖΗΤΗΣΗ CO ₂ /d
S & T PLASTIKON LIMITED	35.101151, 33.3335	11-50	548kg/d	220 kg/d
AFANIOΤIS N & PAVLIDES J LTD	35.06475, 33.22617	11-50	411 kg/d	165 kg/d

Τέλος, τα αποτελέσματα για τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, μέσω του εμποτισμού με CO₂ και των πληροφοριών που συλλέχθηκαν από τα αντίστοιχα site των εκάστοτε εγκαταστάσεων, διαμορφώνεται ο παρακάτω πίνακας.

Πίνακας 7. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΜΕ ΕΜΠΟΤΙΣΜΟ ΤΟΥ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

ΟΝΟΜΑ ΜΗΤΡΙΚΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΥΠΑΛΛΗΛΩΝ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ/ΑΝΑ ΗΜΕΡΑ	ΖΗΤΗΣΗ CO ₂ /d
Animalia Genetics Ltd	33.315°, 35.011°	11-50	150-200 t/day	30 t CO₂/d
A.F. Athienou Farmers Gas Ltd	33.535°, 35.0336°	11-50	180 t/day	27 t CO₂/d
ECOFUEL LTD		11-50	247 t/day	37 t CO₂/d

Από τον πίνακα 7 λαμβάνονται ως πιθανές πηγές και οι τρεις βιομηχανίες «Animalia Genetics Ltd», «A.F. Athienou Farmers Gas Ltd» και «ECOFUEL LTD».

Συμπερασματικά, με την εφαρμογή των δεδομένων τεχνολογιών μπορούν οι μονάδες που αποτελούν αποδέκτες να απορροφήσουν 1.08Mt τον χρόνο. Όσον αφορά την περίπτωση της βιομηχανίας παραγωγής τσιμέντου στην περιοχή του Βασιλικού, με την χρήση του concrete curing, μπορεί να απορροφηθεί σχεδόν ένας μεγατόνος διοξειδίου του άνθρακα.

5.3 ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΠΗΓΩΝ- ΑΠΟΔΕΚΤΩΝ

Ύστερα, τοποθετήθηκαν οι πιθανές πηγές και οι αποδέκτες στον χάρτη με την βοήθεια του «My Maps» της Google. Πιο συγκεκριμένα, με γαλάζιο χρώμα αναφέρονται όλες οι πηγές που έχουν συλλεχθεί, με κίτρινο χρώμα οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας βιομηχανικών λυμάτων και με μωβ χρώμα τα θερμοκήπια. Όσον αφορά την τσιμεντοβιομηχανία στην περιοχή του Βασιλικού, τοποθετείται στον χάρτη ως πηγή.



Εικόνα 17. ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΠΙΘΑΝΩΝ ΠΗΓΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΔΕΚΤΩΝ ΣΤΗΝ ΚΥΠΡΟ(πηγή :googlemaps)

Ακόμη, μέσω του χάρτη υπολογίστηκαν κάθε μία ξεχωριστά οι αποστάσεις μεταξύ των πιθανών πηγών και των αποδεκτών και τονίζονται οι πιθανές συνέργειες σύμφωνα με την μικρότερη απόσταση, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα

Πίνακας 8.ΑΠΟΣΤΑΣΗ(ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΔΡΟΜΟΥ) ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΠΙΘΑΝΩΝ ΑΠΟΔΕΚΤΩΝ ΚΑΙ ΚΑΘΕ ΜΙΑΣ ΠΗΓΗΣ

	Ηλεκτρικός σταθμός μονής.(1)	Τσιμεντοποιεία Βασιλικού (2)	Ηλεκτρικός σταθμός Βασιλικού(3)	Ηλεκτρικός σταθμός Δεκελείας (4)
Φυτώρια Λακοτρύπη(Α)	49.3 km	39.9 km	38.9 km	35.1 km
Alion vegetables (B)	52.4 km	43 km	42 km	43.8 km
Af. Athienou (Γ)	67.7 km	58.3 km	57.3 km	33.4 km
Animelia Genetics ltd (Δ)	58.1 km	47.8 km	46.8 km	49.5 km
Ecofuel ltd (E)	17 km	3 km	4.7 km	65.8 km

Τέλος, ένα σημαντικό κομμάτι της εργασίας αποτέλεσε ο υπολογισμός του συνολικού κόστους εγκατάστασης και το κόστος που οφείλουν να πληρώσουν οι πιθανοί αποδέκτες για κάθε τόνο CO₂ που μπορούν να επαναχρησιμοποιήσουν.

Με βάση τα δεδομένα του πίνακα 9 και των κατάλληλων συναρτήσεων κόστους που αναφέρονται στο κεφάλαιο 3, δημιουργείται ο παρακάτω πίνακας.

Πίνακας 9. ΣΥΝΟΠΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ ΤΟΥ ΣΤΟΥΣ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ

Πηγή	Ποσότητα εκπεμπόμενου CO ₂	Αποδέκτης	Ζήτηση CO ₂	Απόσταση	ΚΔ	ΚΣ	ΚΜ	ΣΚ	ΤΑ
1	16100	A	13505	49,30	2,65	0,21	0,06	376738	27,90
1	16100	B	9855	52,4	1,92	0,16	0,05	280016	28,41
1	16100	Γ	9855	67,7	1,92	0,16	0,06	293686	29,80
1	16100	Δ	10950	58,10	2,14	0,17	0,06	315914	28,85
1	16100	E	13505	17,00	2,65	0,21	0,02	337191	24,97
2	1240000	A	13505	39,90	0,55	0,08	0,05	153882	11,39
2	1240000	B	9855	43,00	0,34	0,06	0,04	108194	10,98
2	1240000	Γ	9855	58,30	0,34	0,06	0,05	121864	12,37
2	1240000	Δ	10950	47,80	0,40	0,06	0,05	127444	11,64
2	1240000	E	13505	3,00	0,55	0,08	0,00	108703	8,05
3	2040000	A	13505	38,90	2,65	0,21	0,05	364005	26,95
3	2040000	B	9855	42,00	1,92	0,16	0,04	270724	27,47
3	2040000	Γ	9855	57,30	1,92	0,16	0,05	284394	28,86
3	2040000	Δ	10950	46,80	2,14	0,17	0,05	304697	27,83
3	2040000	E	13505	4,70	2,65	0,21	0,01	322132	23,85
4	1220000	A	13505	35,10	2,65	0,21	0,04	359352	26,61
4	1220000	B	9855	43,80	1,92	0,16	0,04	272332	27,63
4	1220000	Γ	9855	33,40	1,92	0,16	0,03	263040	26,69
4	1220000	Δ	10950	49,50	2,14	0,17	0,05	307377	28,07
4	1220000	E	13505	65,80	2,65	0,21	0,08	396940	29,39

Είναι γνωστό πως η τιμή πώλησης του CO₂ στις βιομηχανίες κυμαίνεται από 20 έως 30€/t CO₂. Επομένως, οι πιο βιώσιμες συνεργασίες είναι κυρίως μεταξύ της τσιμεντοβιομηχανίας του Βασιλικού και όλων των αποδεκτών με τιμή πώλησης από 8 ως 13€/t CO₂. Ακόμη, με τιμή πώλησης μικρότερη από 25€/t CO₂ μπορούν να συνεργαστούν ο Θερμοηλεκτρικός Σταθμός του Βασιλικού με την εταιρεία «Animelia Genetics Ltd» και ο Θερμοηλεκτρικός σταθμός της Μόνης με την εταιρεία Ecofuel ltd. Τέλος, όσον αφορά την βιομηχανία παραγωγής τσιμέντου ως αποδέκτη του CO₂ με χρήση των ίδιων συναρτήσεων, είναι βιώσιμη η συνεργασία της με τον τοπικό ηλεκτρικό σταθμό του Βασιλικού. Η συνεργασία αυτή με τιμή πώλησης 21,11€/t CO₂ είναι εφικτή λόγω της μικρής απόστασης μεταξύ των δύο εργοστασίων.

Κεφάλαιο 6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η Κυπριακή δημοκρατία είναι μία χώρα μικρού μεγέθους και δεν διευκολύνει την εφαρμογή των στρατηγικών δέσμευσης και επαναχρησιμοποίησης του άνθρακα σε περιφερειακό επίπεδο. Παραδείγματος χάρη, φαίνεται πως τα εργοστάσια-αποδέκτες μπορούν να απορροφήσουν μόνο το 1/10 των συνολικών εκπομπών του διοξειδίου, γεγονός που δηλώνει πως η χώρα δεν διαθέτει πολλές μονάδες οι οποίες μπορούν να το χρησιμοποιήσουν.

Ωστόσο υπάρχουν κάποιες βιώσιμες λύσεις οι οποίες έχουν εφαρμοστεί αρκετές φορές σε αντίστοιχες μελέτες για βιομηχανικές συμβιώσεις του εξωτερικού. Αρχικά, θα μπορούσαν να δημιουργηθούν συστήματα καλλιέργειας φυκιών κοντά στους σταθμούς παραγωγής ενέργειας και στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Οι μονάδες αυτές μπορούν να εκμεταλλευτούν αποτελεσματικά τις εκπομπές σημειακών πηγών, οι οποίες δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν αλλιώς. Η ηλιακή ακτινοβολία και η διαθέσιμη γη είναι δύο καθοριστικοί παράγοντες που καθορίζουν την ανάπτυξη των φυκιών και άλγης με αποτέλεσμα να αποτελεί μια βιώσιμη λύση η δημιουργία αυτών των συστημάτων στην μεσογειακή και ευήλη χώρα της Κύπρου. Στην συνέχεια, παρατηρείται πως οι μεγαλύτερες πηγές του CO₂ βρίσκονται κοντά στα μεγάλα λιμάνια της Λεμεσού και της λάρνακας, γεγονός που διευκολύνει την μεταφορά του CO₂ εκτός του νησιού. Αναλυτικότερα, το CO₂ μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις εγκαταστάσεις διύλισης που βρίσκονται κοντά στο νησί. Η λύση αυτή οδηγεί στην επέκταση της παραγωγής στο διυλιστηρίου του πετρελαίου από 5 ως 15 % και κατά συνέπεια του χρόνου ζωής χωρίς να μειώνεται η ποιότητα του αντλιώμενου προϊόντος. Τέλος, μέσω της έρευνας αποδείχθηκε πως το εργοστάσιο παραγωγής τσιμέντου μπορεί να απορροφήσει κατά το ήμισυ της εκπομπές που παράγει. Επομένως, εντός του εργοστασίου παραγωγής τσιμέντου μπορεί να δημιουργηθεί ένα κυκλικό σύστημα στο οποίο οι ποσότητες του CO₂ που εκπέμπονται να επαναχρησιμοποιούνται ξανά στην μονάδα συμβάλλοντας έτσι στην μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος.

Γενικά, λόγω της πίεσης της Ευρωπαϊκής ένωσης για την μείωση των εκπομπών του θερμοκηπίου και την επιβολή οικονομικών προστίμων, μπορούν να δημιουργηθούν δεδομένες συνέργειες εντός και εκτός του νησιού που θα οδηγήσουν σε συμφέρουσες συνεργασίες και στην πράσινη ανάπτυξη.

Βιβλιογραφία

- (2019, 8 13). Ανάκτηση από CO2 WASTEWATER TREATMENT IN THE INDUSTRY: www.tomcosystems.com/co2-wastewater-treatment/
- (2021, Μάιος). Ανάκτηση από Βασιλικό τσιμέντο: www.vassiliko.com
- Alexis Bzzanela, D. K. (2017). *Tecnologies for sustainability and Climate Protection- Chemical Processes and Use of CO2* . Berlin: Federal Ministry of Education and Research .
- CO2 WASTEWATER TREATMENT IN THE INDUSTRY. (2019, 8 13). Ανάκτηση από TOMSYSTEMS: www.tomcosystems.com
- DHEKELIA POWER STATION. (2019). Ανάκτηση από Electricity Authority of Cyprus: www.eac.com.cy
- EllenPalm Lars, J. &. (2016). Electricity-based plastics and their potential demand for electricity and carbon dioxide. *Journal of Cleaner Production*, (σσ. 548-555).
- Emad Benhelal, G. Z., & Bahadori, A. (2021). Global strategies and potentials to curb CO2 emissions in cement industry. *Journal of Cleaner Production*, (σσ. 142-161).
Ανάκτηση από Πλατφόρμα Ευρωπαϊκής Ένωσης.
- Energy, D. ο. (2017). *Algae Cultivation for Carbon Capture and Utilisation Worksoop Summary Report*. Orlando.
- ENVIROINDUSTRIALS, A. (2021). *Αίτια Κλιματικής Αλλαγής*. Υπουργείο Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος. Ανάκτηση από Πλατφόρμα Ευρωπαϊκής Ένωσης.
- Heping Xie, H. Y. (2015). *Scientific and Engineering Progress in CO2 Mineralization Using Industrial Waste and Natural Minerals*. Elsevier.
- Joao Patrcicio, A. A.-D. (2017). Method to identify opportunities for CCU at regional level - Matching sources and recievers. *Journal of CO2 Utilization* (σσ. 330-345). Elsevier.
- Joao Patrcicio, A. A.-D. (2017). Region prioritization for the development of carbon cature and utilization texhnologies. *Journal of CO2 Utilization* (σσ. 50-59). Elsevier.
- Kalundborg Symbiosis : *six decades of circular approach to production*. (2021, 5). Ανάκτηση από European Union: circulareconomy.europa.eu
- Laura Pires da Mata Costa, D. M. (2021). *Capture and Reuse of Carbon Dioxide (CO2) for a Plastics Circular Economy: A Review*. Advanced Process System Engineering.
- Miguel Ángel Sanjuán, C. A., & Zaragoza, A. (2020, 1 2). Carbon Dioxide Uptake by Cement-Based Materials: A spanish Case Study. *Applied Sciences*, σ. 10.
- PRE-COMBUSTION CO2 CAPTURE. (2021). Ανάκτηση από NATIONAL ENERGY TECHNOLOGY LABORATORY: netl.doe.gov
- Thomas Hills, D. L. (2015, 12). Carbon Capture in the Cement Industry : *Tecnologies, Progress and Retrofitting*. *Environmental Science and Technology*.

- Tryfonas Pieri, A. A.-D. (2021). *Model Development for Carbon Capture Cost Estimation*. MDPI.
- A., A. (2019). *Επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων και κίνδυνοι για τη δημόσια υγεία. Η περίπτωση της Κύπρου*. Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Αναγνώστου, Θ. (2017). *Επιχειρηματικό Σχέδιο Πλατφόρμας Βιομηχανικής Συμβίωσης e-Symbio*. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Δόντης, Γ. (2017). *ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΟΛΟΚΛΡΩΜΕΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΔΕΣΜΕΥΣΗΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ΑΠΟ ΜΟΝΑΔΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΕΙΣΠΙΕΣΗΣ ΣΕ ΤΑΜΙΕΤΗΡΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ*. Θεσσαλονίκη: Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών.
- Ζιώμας, Α. (2014). *ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΑΕΡΙΑΣ ΣΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΕ ΜΟΝΑΔΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ*. Αθήνα: Πανεπιστήμιο Πειραιώς.
- Ηλεκτροπαραγωγή . (χ.χ.). Ανάκτηση από Αρχή Ηλεκτρισμού Κύπρου: www.eac.com.cy
- Καραβασίλη. (2021). *Το όραμα προς μια αποτελεσματική βιομηχανική συμβίωση*. Αθήνα: Ecopress.
- Λοϊζίδου, Μ. (2014). *Βιομηχανική Συμβίωση για την προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης*. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Μ., Κ. (2021). *Το όραμα προς μια αποτελεσματική βιομηχανική συμβίωση*. Αθήνα: ecopress.gr.
- Μπρινιάς, Κ. (2015). *ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΠΡΩΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΡΕΥΣΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΜΕ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΤΑ LAGRANGE ΜΕ ΣΚΟΠΟ ΤΗΝ ΕΛΑΧΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΛΕΤΗ ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΜΕΝΩΝ ΚΛΙΝΩΝ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ*. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Παραλιμνίου, Σ. Α. (2020). *Επεξεργασία Λυμάτων*. Ανάκτηση από www.psb.org.cy/el/epexergasia-lymaton
- Ραχμανίδη, Δ. (2021, 3 21). *Βιομηχανική Συμβίωση*. Ανάκτηση από The Safia Blog: www.thesafiablog.com
- (2016). *Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων Ελαίων και Υγρών καυσίμων*. Κυπρος: Υπουργείο Γεωργίας, αγροτικής ανάπτυξης και Περιβάλλοντος.
- Τζωρτζάκης, Ν. (2014). *ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΒΙΟΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΒΙΟΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΕ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΙΑ ΤΟΜΑΤΑΣ ΚΑΙ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ*. Κύπρος.
- Χαραλαμπίκη, Κ. (2017). *ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ -ΛΥΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΕΓΑΛΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΩΝ ΑΠΕ*. ΧΑΝΙΑ: ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ.