

BECCS

Bioenergy with carbon capture and storage

Βιοενέργεια με Δέσμευση και Αποθήκευση
Άνθρακα

Ics21095 Κανίδου Ελισάβετ Περσεφόνη
Ics21105 Κονταξής Ιωάννης
Ics21083 Τσαβαλιάς Βασίλειος Εφραίμ

Περιεχόμενα

01

Εισαγωγή

02

Σχετικά με το
BECCS

03

Τεχνικά στοιχεία
υλοποίησης

04

Εφαρμογές

05

Κόστος
υλοποίησης

06

Αναμενόμενη
ωφέλεια

07

Προκλήσεις

08

Βέλτιστη
Υλοποίηση

09

Συμπέρασμα

10

Πηγές

Εισαγωγή

| 01 |

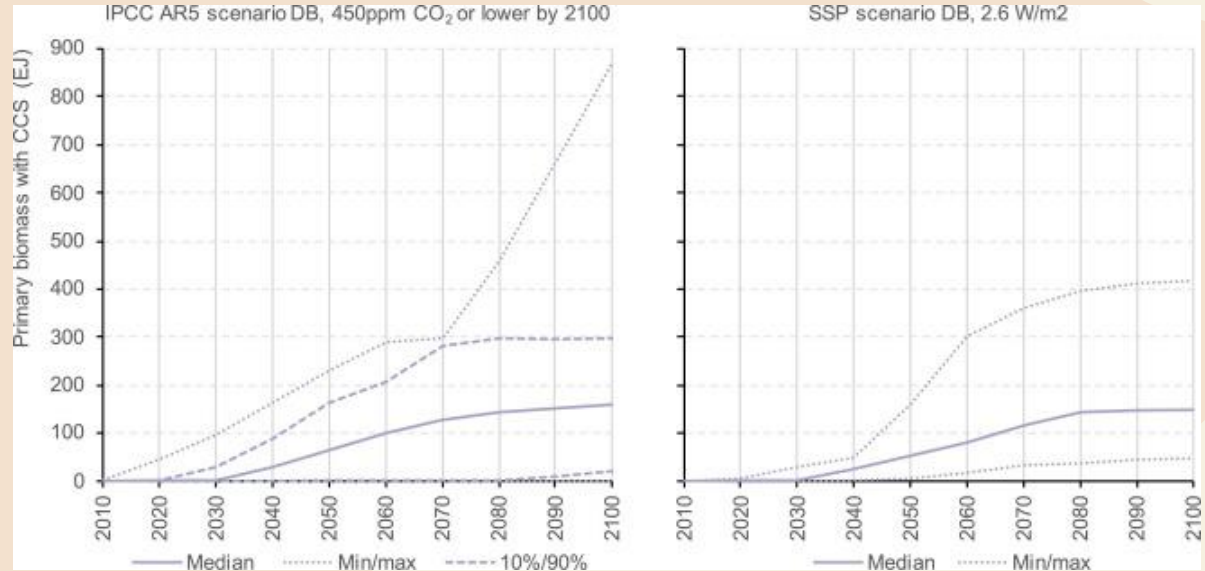


Γενικά

Για να διατηρηθεί η υπερθέρμανση του πλανήτη κάτω από τους 2 °C, είναι απαραίτητο να μειωθούν στο μισό οι τρέχουσες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (GHG) έως τα μέσα του αιώνα και να συνεχιστεί η μείωσή τους. Αυτό απαιτεί άμεσες αλλαγές στα ενεργειακά συστήματα. Η Πέμπτη Έκθεση Αξιολόγησης (AR5) της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) περιλαμβάνει περίπου 300 σενάρια με υψηλές πιθανότητες επίτευξης του στόχου των 2 °C. Παρόλα αυτά, τα περισσότερα σενάρια AR5 είναι περίπου δέκα ετών. Πρόσφατα, αναπτύχθηκε ένα νέο πλαίσιο σεναρίου που συνδυάζει διάφορες κοινές κοινωνικοοικονομικές πορείες (SSPs), περιγράφοντας τις παγκόσμιες αναπτυξιακές τροχιές, με πορείες συγκέντρωσης (RCPs) για διάφορα κλιματικά αποτελέσματα. Η βάση δεδομένων SSP περιλαμβάνει σενάρια παγκόσμιων ενεργειακών συστημάτων, λαμβάνοντας υπόψη τελευταίες τεχνολογικές εξελίξεις όπως η ηλιακή και η αιολική ενέργεια, ενώ ενσωματώνει μοντέλα χρήσης γης με βελτιωμένη αναπαράσταση της διαθεσιμότητας βιομάζας.



Και στα δύο σενάρια AR5 και SSP, η τεχνολογία βιοενέργειας με δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα (BECCS) θεωρείται κρίσιμη για την επίτευξη του στόχου των 2 °C (Σχήμα). Αυτή η τεχνολογία έχει τη δυνατότητα να προκαλεί αρνητικές εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (GHG) και επομένως, εάν χρησιμοποιηθεί ευρέως, μπορεί να αντισταθμίσει την υπερθέρμανση προς τα μέσα του αιώνα, προσφέροντας πιο επιθετικές συνολικές μειώσεις εκπομπών ή ακόμη και αρνητικές εκπομπές στο δεύτερο μισό του αιώνα.



Εικ. 1 . Χρήση βιοενέργειας με CCS στην παροχή πρωτογενούς ενέργειας σε σενάρια AR5 (αριστερά, <https://tntcat.iiasa.ac.at/AR5DB>) και σε σενάρια SSP (δεξιά, <https://tntcat.iiasa.ac.at/SspDb>)

Σχετικά με το BECCS

| 02 |



Τι είναι το BECCS?

Η βιοενέργεια με δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα (BECCS) είναι η διαδικασία δέσμευσης και μόνιμης αποθήκευσης διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) που παράγεται από διαδικασίες όπου η βιομάζα μετατρέπεται σε καύσιμα ή καίγεται απευθείας για την παραγωγή ενέργειας.

Πώς παράγεται η βιοενέργεια για το BECCS;



Η βιοενέργεια κυρίως παράγεται μέσω της καύσης βιομάζας ως καύσιμο σε λέβητες ή κλιβάνους, με σκοπό την παραγωγή ατμού υψηλής πίεσης που κινεί τους στρόβιλους για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Εναλλακτικά, η παραγωγή βιοενέργειας μπορεί να χρησιμοποιήσει διάφορα οργανικά υλικά, συμπεριλαμβανομένων καλλιεργιών που φυτεύονται ειδικά για αυτόν τον σκοπό, καθώς και υπολείμματα από γεωργία, δασοκομία και βιομηχανίες ξύλου. Μορφές βιομάζας όπως οι πέλλετ συμπιεσμένου ξύλου επιτρέπουν την παραγωγή βιοενέργειας σε μεγάλη κλίμακα. Επιπλέον, καύσιμα όπως τα σφαιρίδια ξύλου μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υποκατάστατο του άνθρακα σε υφιστάμενους σταθμούς παραγωγής ενέργειας.

Πώς δεσμεύεται ο άνθρακας;

Η διαδικασία BECCS χρησιμοποιεί μια διαδικασία δέσμευσης άνθρακα μετά την καύση, όπου οι διαλύτες απομονώνουν το CO₂ από τα καυσαέρια που προκύπτουν κατά την καύση της βιομάζας.

Το δεσμευμένο CO₂ συμπιέζεται και μετατρέπεται σε υγρή μορφή, επιτρέποντας τη μεταφορά του μέσω αγωγού.

Πώς αποθηκεύεται ο άνθρακας;

Το δεσμευμένο CO₂ μπορεί να εισαχθεί με ασφάλεια και οριστικά σε φυσικούς σχηματισμούς πετρωμάτων, όπως αχρησιμοποίητες δεξαμενές φυσικού αερίου, αποθηκευτικούς χώρους άνθρακα που δεν μπορούν να εξορυχθούν ή αλατούχα υδροφορείς (υδατοπερατά πετρώματα κορεσμένα με αλμυρό νερό). Αυτή η διαδικασία είναι γνωστή ως δέσμευση άνθρακα.

Κατά τη διάρκεια του χρόνου, το δεσμευμένο CO₂ μπορεί να αντιδράσει με τα ορυκτά, κλειδώνοντάς τα χημικά στον περιβάλλοντα βράχο μέσω μιας διαδικασίας που ονομάζεται αποθήκευση ορυκτών.

Roberts, A. (2021, May 18). What is bioenergy with carbon capture and storage (BECCS)? - Drax Global. Drax Global.

<https://www.drax.com/carbon-capture/what-is-bioenergy-with-carbon-capture-and-storage-beccs/>

Τεχνικά στοιχεία υλοποίησης

| 03 |



Στάδια Εφαρμογής BECCS

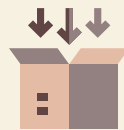
1.

Παραγωγή
βιοενέργειας:



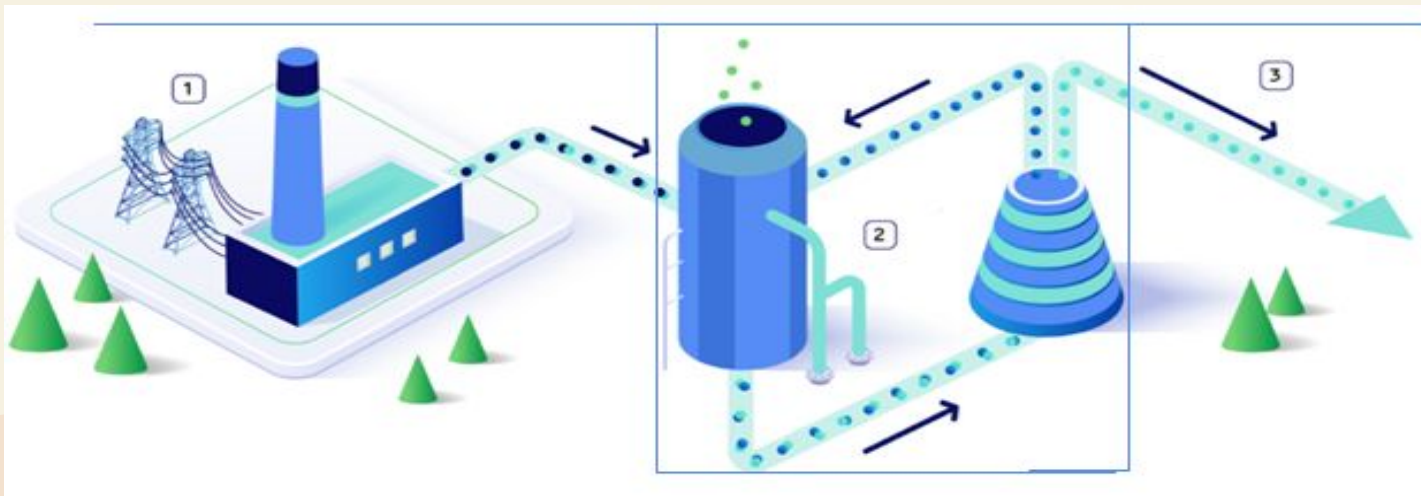
2.

Δέσμευση
άνθρακα:



3.








Μεταφορά και
αποθήκευση:





Παραγωγής Βιοενέργειας



-  **01**  **Πηγές βιομάζας:** Το πρώτο βήμα, περιλαμβάνει τον εντοπισμό και την προμήθεια κατάλληλης βιομάζας.
 -  **02**  **Τεχνολογίες μετατροπής:** Μόλις συλλεχθεί η βιομάζα, πρέπει να μετατραπεί σε χρησιμοποιούμενες μορφές ενέργειας.
 -  **03**  **Αξιοποίηση Ενέργειας:** Το τελευταίο βήμα στην παραγωγή βιοενέργειας είναι η αξιοποίηση της παραγόμενης ενέργειας.
- 

Πηγές Βιομάζας:



Αγροτικά υπολείμματα:

Υπολείμματα υλικού από τη συγκομιδή, όπως άχυρο και φλοιοί.



Οργανικά Απόβλητα:

Αστικά στερεά απόβλητα, κοπριά και λυματολάσπη.



Δασικά υπολείμματα:

Ροκανίδια, πριονίδι και κλαδιά από δραστηριότητες διαχείρισης δασών.



Ενεργειακές καλλιέργειες:

Καλλιέργειες που καλλιεργούνται ειδικά για παραγωγή ενέργειας, όπως μίσχανθος, "switchgrass", ιτιά, λεύκα.

Τεχνολογίες Μετατροπής:



Αερόβια καύση:

Η καύση βιομάζας για την παραγωγή θερμότητας, η οποία στη συνέχεια οδηγεί τους ατμοστροβίλους για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτή είναι η τυπική καύση, καθώς συμβαίνει στα περισσότερα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας.



Αεριοποίηση:

Μετατροπή της βιομάζας σε ένα εύφλεκτο αέριο μίγμα (σύνθεση) μέσω μιας διαδικασίας υψηλής θερμοκρασίας. Το συνθετικό αέριο μπορεί να καεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή να μετατραπεί σε υγρά καύσιμα.



Αναερόβια καύση:

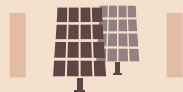
Χρησιμοποιώντας μικροοργανισμούς για τη διάσπαση της οργανικής ύλης υπό την απουσία οξυγόνου, παράγοντας βιοαέριο (κυρίως μεθάνιο) το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.



Πυρόλυση:

Θέρμανση βιομάζας απουσία οξυγόνου για παραγωγή βιοελαίου, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας για θέρμανση ή να αναβαθμιστεί για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων.

Αξιοποίηση Ενέργειας:



Ενσωμάτωση στο Δίκτυο:

Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από βιομάζα μπορεί να τροφοδοτηθεί στο εθνικό Ηλεκτρικό Δίκτυο(ΔΕΔΔΗΕ στην Ελλάδα), συμπληρώνοντας τον ενεργειακό εφοδιασμό.



Αξιοποίηση Θερμότητας Βιομάζας:

Η βιοενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συστήματα τηλεθέρμανσης ή σε βιομηχανικές διεργασίες που απαιτούν θερμότητα.



Βιοκαύσιμα για τις μεταφορές:

Τα υγρά βιοκαύσιμα που προέρχονται από βιομάζα (όπως το βιοντίζελ ή η βιοαιθανόλη) μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε οχήματα ως ανανεώσιμη εναλλακτική λύση στα ορυκτά καύσιμα.

Δέσμευση Άνθρακα

- 01 — **Μέθοδοι λήψης:**

Η διαδικασία καταγραφής CO₂ από την παραγωγή βιοενέργειας μπορεί να επιτευχθεί με διάφορες μεθόδους.
- 02 — **Αποδοτικότητα και καθαρότητα της λήψης:**

Η υψηλότερη καθαρότητα και αποτελεσματικότητα είναι επιθυμητή για αποθήκευση και πιθανή χρήση, αλλά μπορεί να αυξήσει το κόστος.
- 03 — **Τεχνολογική Ενσωμάτωση:**

Η εξέταση των ενεργειακών απαιτήσεων της διαδικασίας δέσμευσης και των επιπτώσεων της στη συνολική απόδοση του συστήματος παραγωγής ενέργειας.
- 04 — **Οικονομικά και περιβαλλοντικά ζητήματα:**

Κεφαλαιουχικές και λειτουργικές δαπάνες, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις του (όπως η ενεργειακή ποινή που σχετίζεται με τη δέσμευση και αποθήκευση CO₂), είναι κρίσιμες πτυχές που καθορίζουν τη σκοπιμότητα αυτής της τεχνολογίας.

Μέθοδοι λήψης:



Σύλληψη μετά την καύση:

Είναι η πιο κοινή μέθοδος και περιλαμβάνει τη διέλευση των καυσαερίων μέσω ενός διαλύτη που απορροφά το CO₂. Ο διαλύτης στη συνέχεια θερμαίνεται για να απελευθερώσει καθαρό CO₂, το οποίο μπορεί να συμπιεστεί και να μεταφερθεί για αποθήκευση.



Σύλληψη πριν την καύση:

Περιλαμβάνει τη μετατροπή της βιομάζας σε αέριο, όπου το CO₂ διαχωρίζεται πριν από τη διαδικασία καύσης. Είναι πιο περίπλοκο, αλλά μπορεί να είναι πιο αποτελεσματικό από τη μετά την καύση.



Καύση οξυγόνου(Oxy-fuel Combustion):

Εδώ, η βιομάζα καίγεται σε καθαρό οξυγόνο αντί για αέρα, οδηγώντας σε ένα καυσαέριο που είναι κυρίως υδρατμοί και CO₂. Μετά τη συμπύκνωση των υδρατμών, αυτό που μένει είναι ένα αέριο σχεδόν καθαρού CO₂.

Αποδοτικότητα και καθαρότητα της Λήψης



Βελτιστοποίηση διαδικασίας:

Ο τύπος βιομάζας που χρησιμοποιείται, η θερμοκρασία καύσης, η επιλεγμένη τεχνολογία δέσμευσης επηρεάζουν την απόδοση της δέσμευσης CO₂.

Συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης: υψηλότερες θερμοκρασίες και πιέσεις αυξάνουν την απόδοση απαιτώντας ωστόσο περισσότερη ενέργεια.

Τύπος διαλύτη δέσμευσης: διαφορετικοί διαλύτες έχουν διαφορετικές αποδόσεις δέσμευσης και λειτουργικό κόστος.

Καθαρισμός CO₂:

Η καθαρότητα είναι σημαντική για την αποθήκευση και την πιθανή χρήση.

Αφαίρεση ακαθαρσιών: διαδικασίες για την απομάκρυνση ακαθαρσιών όπως ενώσεις θείου ή οξείδια του αζώτου.

Επίπτωση στην αποθήκευση: το CO₂ υψηλότερης καθαρότητας είναι πιο σταθερό για υπόγεια αποθήκευση και μειώνει τους κινδύνους διαρροής.

Τεχνολογική Ενσωμάτωση:



Τεχνικές εφαρμογές:

Εξισορρόπηση του συστήματος παραγωγής και δέσμευσης ενέργειας για βέλτιστη απόδοση.

Ενσωμάτωση με υπάρχουσες υποδομές:

Μετασκευή υφιστάμενων μονάδων βιομάζας με τεχνολογία δέσμευσης.

Εξατομικευμένα συστήματα: Σχεδιασμός νέων εγκαταστάσεων με ενσωματωμένη τεχνολογία σύλληψης από την αρχή.



Βελτίωση Ενεργειακής Απόδοσης:

Ενσωμάτωση θερμότητας: Χρήση της απορριπτόμενης θερμότητας από τη διαδικασία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για την κίνηση του συστήματος δέσμευσης άνθρακα. Αυτό μπορεί να βελτιώσει σημαντικά τη συνολική ενεργειακή απόδοση της διαδικασίας, μειώνοντας τη λεγόμενη «ενεργειακή ποινή».

Καινοτόμες Τεχνολογίες: Έρευνα και ανάπτυξη νέων συστημάτων διαλυτών για χημική απορρόφηση, προηγμένες τεχνολογίες μεμβρανών ή καινοτόμες προσεγγίσεις για τη δέσμευση CO₂ που καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια.

Οικονομικά και περιβαλλοντικά ζητήματα:



Οικονομικές απαιτήσεις:

Κεφάλαιο, κόστος λειτουργίας και συντήρησης του συστήματος σύλληψης.

Επενδυτικές Απαιτήσεις: Αρχική επένδυση κεφαλαίου για την τεχνολογία.

Λειτουργικά Έξοδα: Συνεχές κόστος που σχετίζεται με την εκτέλεση της διαδικασίας σύλληψης, όπως το κόστος συντήρησης.

Αξιολόγηση κύκλου ζωής (LCA):

Εκτίμηση του περιβαλλοντικού αντίκτυπου του κύκλου ζωής της διαδικασίας σύλληψης.

Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου: Εκπομπές που σχετίζονται με την ίδια τη διαδικασία δέσμευσης.

Αξιοποίηση πόρων: Κατανάλωση νερού και άλλων πόρων στη διαδικασία δέσμευσης.

Ολιστική Προσέγγιση: Η LCA είναι μια ολιστική προσέγγιση που λαμβάνει υπόψη ολόκληρο τον κύκλο ζωής της διαδικασίας δέσμευσης άνθρακα.

Μεταφορά και αποθήκευση:

- 01 — **Μεταφορά CO₂:** Μεταφορά του δεσμευμένου CO₂ από τη θέση δέσμευσης στη θέση αποθήκευσης.
- 02 — **Αποθήκευση CO₂:** Αφορά την ασφαλή και μόνιμη αποθήκευση του δεσμευμένου CO₂, συνήθως υπόγεια.
- 03 — **Νομικό και Ρυθμιστικό Πλαίσιο:** Περιλαμβάνει εθνικούς και διεθνείς νόμους που διέπουν την αποθήκευση CO₂, αντιμετωπίζοντας ζητήματα όπως η μακροπρόθεσμη ευθύνη, η προστασία του περιβάλλοντος και η τήρηση των προτύπων ασφαλείας.

Μεταφορά CO₂:



Τρόποι μεταφοράς:

Σωληνώσεις: Η πιο κοινή και οικονομικά αποδοτική μέθοδος για μεγάλους όγκους CO₂. Απαιτεί την κατασκευή υποδομής αγωγών.

Αποστολή: Χρησιμοποιείται για μικρότερες ποσότητες ή όταν οι αγωγοί δεν είναι εφικτές. Το CO₂ μεταφέρεται σε υγρή μορφή σε δεξαμενές υπό πίεση.

Μεταφορές με φορτηγά: Παρόμοιο με τη ναυτιλία, αλλά χρησιμοποιείται για ακόμη μικρότερους όγκους ή μικρότερες αποστάσεις.



Ασφάλεια και Κανονισμός:

Μέτρα Ασφάλειας Υποδομής: Διασφάλιση της ακεραιότητας του αγωγού, συστημάτων ανίχνευσης διαρροών και σχεδίων απόκρισης έκτακτης ανάγκης.

Κανονιστική Συμμόρφωση: Συμμόρφωση με τους εθνικούς και διεθνείς κανονισμούς που διέπουν τη μεταφορά CO₂.

Αποθήκευση CO₂:



Τοποθεσίες αποθήκευσης:

Συμπεριλαμβανομένων των εξαντλημένων κοιτασμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου, βαθιών αλμυρών υδροφορέων και ραφών άνθρακα που δεν μπορούν να εξορυχθούν.

Επιπλέον, η μετατροπή του CO₂ σε σταθερά ανθρακικά(ακόμα σε πειραματικό στάδιο) θα συμβάλλει σε περισσότερες και πιο ευέλικτες τοποθεσίες αποθήκευσης.



Κριτήρια επιλογής τοποθεσίας:

Εκτίμηση της χωρητικότητας αποθήκευσης και της μακροπρόθεσμης σταθερότητας της τοποθεσίας. Κατά προτίμηση, οι χώροι αποθήκευσης θα πρέπει να βρίσκονται κοντά σε τοποθεσίες σύλληψης για τη μείωση του κόστους μεταφοράς και των κινδύνων.



Παρακολούθηση και επαλήθευση:

Τακτική παρακολούθηση για πιθανές διαρροές ή περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Επιπλέον, η δημιουργία πρωτοκόλλων απαιτείται για την διασφάλιση ότι το αποθηκευμένο CO₂ παραμένει δεσμευμένο μακροπρόθεσμα.

Νομικό και Ρυθμιστικό Πλαίσιο:



Νομικά και ρυθμιστικά πλαίσια:

Εθνικοί και διεθνείς νόμοι: Συμμόρφωση με τους κανονισμούς που αφορούν την αποθήκευση CO₂, ιδίως όσον αφορά τη μακροπρόθεσμη ευθύνη και την προστασία του περιβάλλοντος.

Εμπορία άνθρακα και πιστώσεις: Κατανόηση του τρόπου με τον οποίο λαμβάνεται υπόψη το αποθηκευμένο CO₂ στα συστήματα εμπορίας άνθρακα και στα συστήματα πίστωσης άνθρακα.



Δημόσια αντίληψη και δέσμευση:

Συμμετοχή της κοινότητας: Αλληλεπίδραση με τις τοπικές κοινότητες κοντά σε χώρους αποθήκευσης.

Διαφάνεια και εμπιστοσύνη: Οικοδόμηση εμπιστοσύνης μέσω της διαφάνειας στις λειτουργίες και της ανοιχτής επικοινωνίας.

Εφαρμογές

| 04 |



Τομείς Εφαρμογών BECCS

01

Παραγωγή
ηλεκτρικής
ενέργειας

02

Επιχειρησιακές
διαδικασίες

03

Υποβοηθούμενη
ανάκτηση
πετρελαίου

04

Γεωργία και
αγροτική
ανάπτυξη

05

Ναυτιλιακή
βιομηχανία

06

Αστικά Ενεργειακά
Συστήματα

07

Έρευνα και
Εκπαίδευση

08

Διαχείριση
υδατικών λυμάτων

09

Παραγωγή
Υδρογόνου

10

Κέντρα
δεδομένων

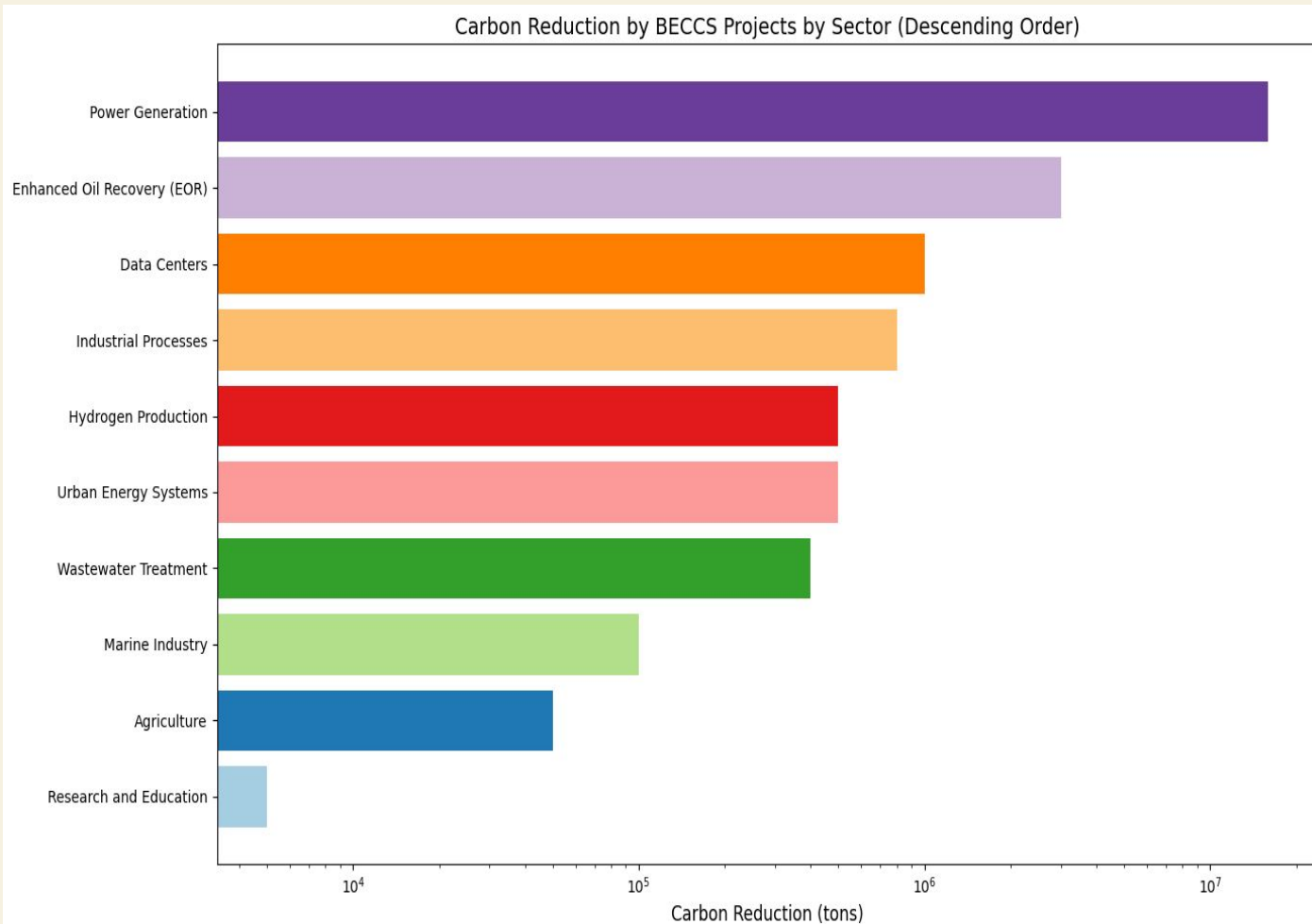
Έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί σε παγκόσμια κλίμακα



Το παραπάνω διάγραμμα δείχνει τη μείωση του άνθρακα που επιτεύχθηκε από διάφορους τομείς που εμπλέκονται σε έργα Βιο-Ενέργειας με δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα (BECCS).

Κάθε ράβδος αντιπροσωπεύει έναν τομέα, με το ύψος της να υποδεικνύει την ποσότητα μείωσης του άνθρακα (σε τόνους) που επιτυγχάνεται από το αντίστοιχο έργο.

Αξιοποιείται η λογαριθμική κλίμακα με βάση το 10.



Πηγή δεδομένων: Τα δεδομένα προέρχονται από μια συλλογή έργων BECCS, με λεπτομέρειες του προϋπολογισμού και του τομέα τους.

Τομείς: Αυτοί περιλαμβάνουν Παραγωγή ενέργειας, Βιομηχανικές Διεργασίες, Ενισχυμένη Ανάκτηση Πετρελαίου (EOR), Επεξεργασία Λυμάτων, Γεωργία, Ναυτιλιακή Βιομηχανία, Αστικά Ενεργειακά Συστήματα, Έρευνα και Εκπαίδευση (R&E), Παραγωγή Υδρογόνου και Κέντρα Δεδομένων.

Αναπαράσταση προϋπολογισμού: Ο άξονας y δείχνει τον προϋπολογισμό σε δολάρια ΗΠΑ, παρέχοντας μια σαφή εικόνα της χρηματοοικονομικής κατανομής μεταξύ των τομέων.

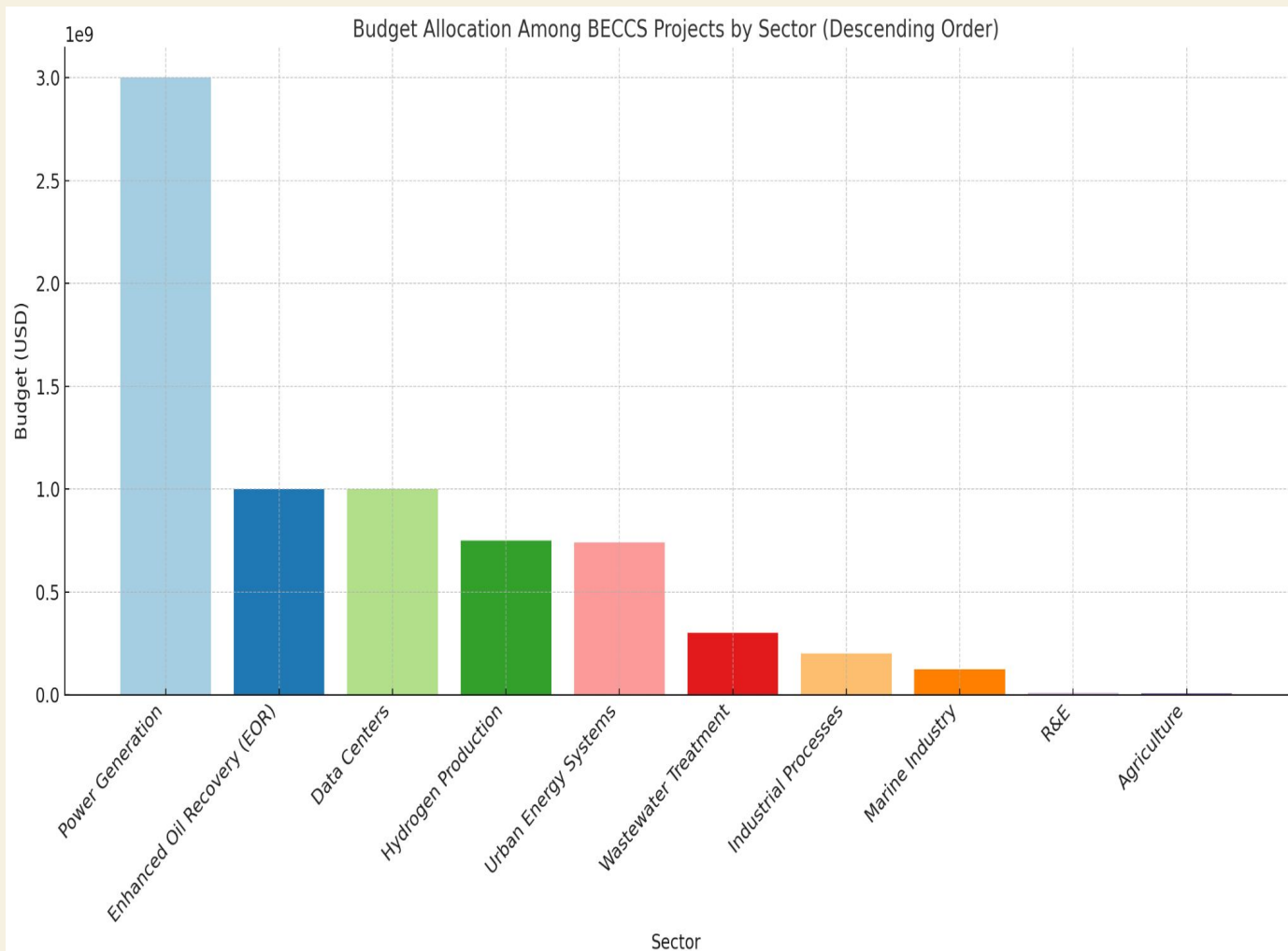
Ανάλυση και Συμπέρασμα:

- **Κυριαρχία Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας:** Ο ηλεκτρικός σταθμός Drax στον τομέα Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας αντιπροσωπεύει τον μεγαλύτερο προϋπολογισμό, αναδεικνύοντας μια σημαντική επένδυση σε αυτόν τον τομέα.
- **Υψηλές επενδύσεις σε EOR και Data Centers:** Το Weyburn-Midale CO2 Project (EOR) και το Carbon Negative Initiative (Κέντρα Δεδομένων) της Microsoft παρουσιάζουν επίσης σημαντικούς προϋπολογισμούς, υποδεικνύοντας την αυξανόμενη σημασία αυτών των τομέων στις προσπάθειες δέσμευσης άνθρακα και βιωσιμότητας.
- **Χαμηλότερος προϋπολογισμός στην έρευνα και τη θαλάσσια βιομηχανία:** Ο τομέας E&E και η Θαλάσσια Βιομηχανία (Βιοενέργεια με βάση τα Φύκια) λαμβάνουν σχετικά μικρότερους προϋπολογισμούς, γεγονός που υποδηλώνει είτε το αρχικό στάδιο ανάπτυξής τους είτε χαμηλότερες κεφαλαιακές απαιτήσεις.

Το παρακάτω γράφημα αντιπροσωπεύει την κατανομή του προϋπολογισμού μεταξύ των διαφόρων τομέων που εμπλέκονται σε έργα Βιο-Ενέργειας με δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα (BECCS).

Κάθε ράβδος αντιστοιχεί σε έναν συγκεκριμένο τομέα, με το ύψος του να δείχνει τον προϋπολογισμό που διατίθεται για το αντίστοιχο έργο.

Αξιοποιείται η λογαριθμική κλίμακα που χρησιμοποιείται συνήθως στην επιστημονική σημειογραφία για την παρουσίαση αυτών των μεγάλων αριθμών (δισεκατομμύριο).



Πηγή δεδομένων: Αυτά τα δεδομένα προέρχονται από μια συλλογή έργων BECCS, με επίκεντρο τα επιτεύγματά τους στη μείωση του άνθρακα και τους τομείς στους οποίους ανήκουν.

Τομείς: Αυτοί περιλαμβάνουν Παραγωγή ενέργειας, Βιομηχανικές Διεργασίες, Ενισχυμένη Ανάκτηση Πετρελαίου (EOR), Επεξεργασία Λυμάτων, Γεωργία, Ναυτιλιακή Βιομηχανία, Αστικά Ενεργειακά Συστήματα, Έρευνα και Εκπαίδευση (R&E), Παραγωγή Υδρογόνου και Κέντρα Δεδομένων.

Αναπαράσταση μείωσης άνθρακα: Ο άξονας y ποσοτικοποιεί τη μείωση του άνθρακα σε τόνους, προσφέροντας μια άμεση σύγκριση της επίδρασης που έχει κάθε τομέας στη μείωση του άνθρακα.

Ανάλυση και Συμπέρασμα:

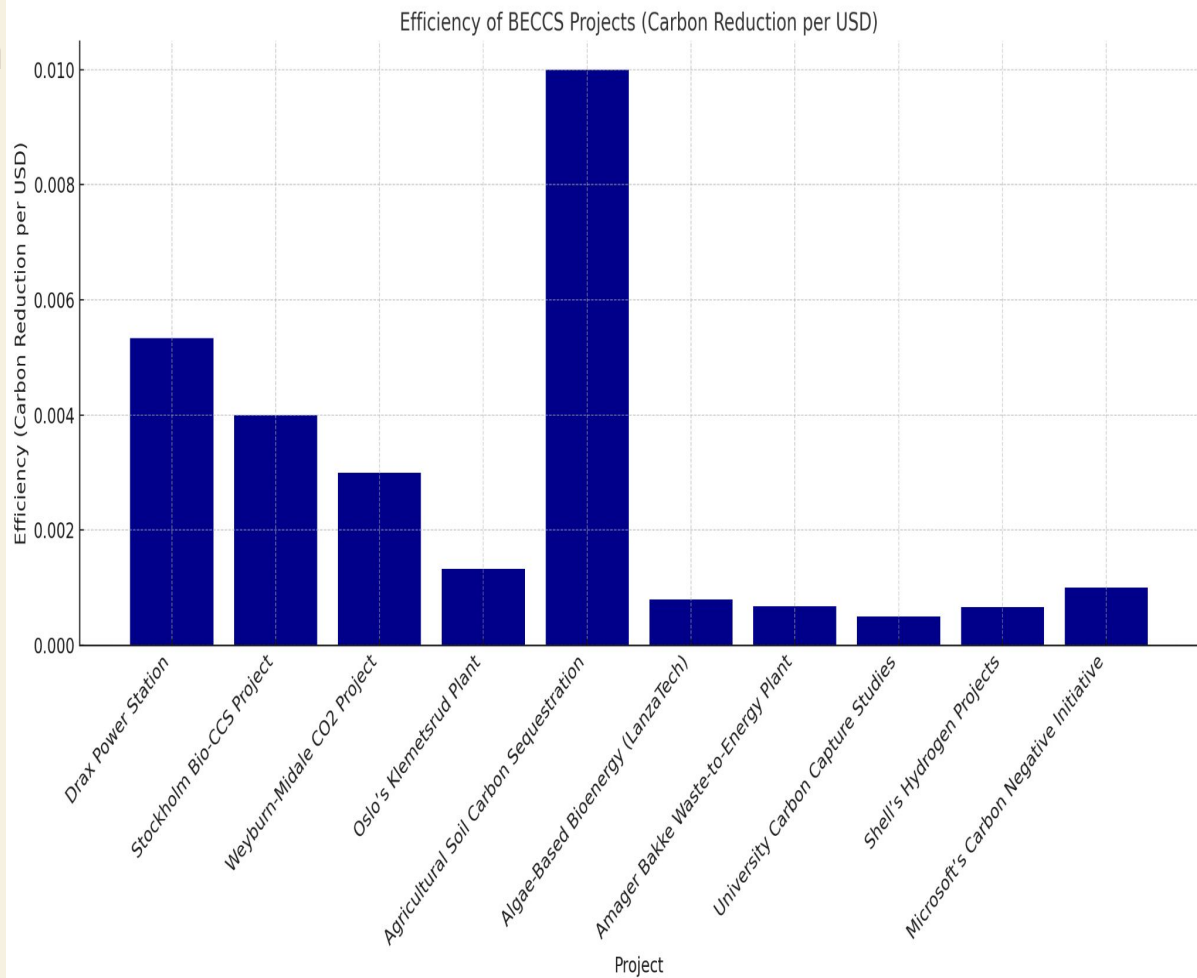
- Σημαντικός αντίκτυπος της Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας: Ο «Σταθμός ηλεκτροπαραγωγής Drax» στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ηγείται σημαντικά στη μείωση των εκπομπών άνθρακα, υπογραμμίζοντας τον κρίσιμο ρόλο αυτού του τομέα στην καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής.
- Αξιοσημείωτες συνεισφορές από το EOR και τις βιομηχανικές διεργασίες: Το έργο Weyburn-Midale CO2 Project (EOR) και το Stockholm Bio-CCS Project (Industrial Processes) συμβάλλουν επίσης σημαντικά στη μείωση του άνθρακα, υπογραμμίζοντας την αποτελεσματικότητα αυτών των τομέων στις τεχνολογίες BECCS και CCS.
- Διακύμανση στον αντίκτυπο μεταξύ των τομέων: Υπάρχει μια αξιοσημείωτη διακύμανση στον αντίκτυπο σε διαφορετικούς τομείς. Ενώ ορισμένοι τομείς όπως η Παραγωγή ενέργειας και η EOR παρουσιάζουν υψηλή μείωση του άνθρακα, άλλοι όπως η E&E και η Γεωργία έχουν συγκριτικά χαμηλότερα ποσοστά.

Για να υπολογίσουμε την απόδοση χωρίς τη χρήση προβλέψεων, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε έναν πιο άμεσο και απλό τύπο: την πραγματική μείωση του άνθρακα ανά μονάδα προϋπολογισμού.

Αυτή η αναλογία θα μας δώσει ένα μέτρο του πόσο άνθρακα μειώνεται για κάθε δολάριο που δαπανάται. Είναι ένας απλός αλλά αποτελεσματικός τρόπος αξιολόγησης της σχέσης κόστους/αποτελεσματικότητας κάθε έργου.

Ο τύπος είναι:

Αποδοτικότητα= Μείωση άνθρακα
(τόνοι)/Προϋπολογισμός (USD)



Περιγραφή: Αυτό το γράφημα αντιπροσωπεύει την αποτελεσματικότητα διαφόρων έργων BECCS, απεικονίζοντας τη μείωση του άνθρακα ανά δολάριο που δαπανάται. Η απόδοση υπολογίζεται ως ο λόγος της μείωσης του άνθρακα (σε τόνους) προς τον προϋπολογισμό (σε USD) για κάθε έργο.

Φόρμουλα αποτελεσματικότητας:

Αποδοτικότητα=Μείωση άνθρακα (τόνοι)/Προϋπολογισμός (USD)

Άξονας Χ: Παραθέτει τα ονόματα των έργων BECCS που συγκρίνονται.

Άξονας Υ: Αντιπροσωπεύει την αποτελεσματικότητα της μείωσης του άνθρακα ανά USD

Σημεία δεδομένων: Κάθε γραμμή αντιστοιχεί σε διαφορετικό έργο και την αντίστοιχη τιμή απόδοσης.

Ερμηνεία: Το γράφημα αποτυπώνει μια απλή σύγκριση της σχέσης κόστους-αποτελεσματικότητας των προσπαθειών μείωσης του άνθρακα σε διάφορα έργα. Παρατηρείται πως ο αγροτικός τομέας παρουσιάζει την πιο αποτελεσματική μείωση του άνθρακα ανά δολάριο που δαπανάται. Αυτό το γράφημα θα ήταν ιδιαίτερα χρήσιμο για ενδιαφερόμενους επενδυτές, πολιτικούς αρχηγούς, επιστήμονες, που ενδιαφέρονται να κατανοήσουν ποια έργα BECCS αποδίδουν τη μεγαλύτερη απόδοση.

**Το μοντέλο που δημιουργήθηκε, εφαρμόστηκε σε δεδομένα που αντλήθηκαν το χρονικό διάστημα 2020-2023 σχετικά με τις επενδύσεις και τις μειώσεις του ανθρακικού αποτυπώματος.*

1. Παραγωγή ενέργειας - Σταθμός παραγωγής ενέργειας Drax, Ηνωμένο Βασίλειο

Περίληψη:

Ο σταθμός με καύση ηλεκτροπαραγωγής Drax ξεκίνησε ως εργοστάσιο άνθρακα και έχει τροποποιηθεί για να χρησιμοποιήσει τη βιομάζα, με κύριο στόχους μείωσης του άνθρακα του Ηνωμένου Βασιλείου.

Σχεδιασμένο να δεσμεύει και να αποθηκεύει περίπου 1 εκατομμύριο τόνους CO₂ ετησίως.

Το CO₂ αποθηκεύεται στο Mount Simon Sandstone, μια δεξαμενή αλατόνερου.

Σκοπός:

- Μετατροπή τεσσάρων από έξι μονάδες από άνθρακα σε βιομάζα.
- Ανάπτυξη βιώσιμων αλυσίδων εφοδιασμού βιομάζας, συμπεριλαμβανομένων των σφαιριδίων που προέρχονται από διαχειριζόμενα δάση εργασίας.
- Εγκατάσταση τεχνολογίας λήψης άνθρακα για την απομάκρυνση του CO₂ από τα καυσάεiria της βιομάζας.

1. Παραγωγή ενέργειας - Σταθμός παραγωγής ενέργειας Drax, Ηνωμένο Βασίλειο

Προκλήσεις / Λύσεις:

Πρόκληση: εξασφάλιση συνεπής και βιώσιμης προσφοράς βιομάζας.

Λύση: Δημιουργία εταιρικών σχέσεων με παραγωγούς πελλετ στις ΗΠΑ και τον Καναδά.

Πρόκληση: Υψηλό κόστος μετάβασης και υλοποίησης δέσμευσης άνθρακα.

Λύση: Επενδύσεις σε αποτελεσματικές τεχνολογίες, επαρκείς ενημέρωση σε αυτές από πλευρά business-to-business.

Αποτέλεσμα:

- Σημαντική μείωση των εκπομπών άνθρακα σε σύγκριση με το κάρβουνο.
- Εφαρμογή μεγάλης κλίμακας της τεχνολογίας BECCS.
- Συμβολή στους στόχους ανανεώσιμων πηγών ενέργειας του Ηνωμένου Βασιλείου και παροχή πληροφοριών για παρόμοιες μεταβάσεις παγκοσμίως.

2.Βιομηχανικές διεργασίες- Vattenfall's BECCS στην Στοκχόλμη, Σουηδία

Περίληψη:

Η Vattenfall, ένας από τους μεγαλύτερους παραγωγούς ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας στην Ευρώπη, διεξάγει πιλοτικό πρόγραμμα BECCS στο εργοστάσιο συνδυασμένης θερμότητας και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύση βιομάζας.

Αυτό το έργο στοχεύει να καταδείξει τη σκοπιμότητα του συνδυασμού της βιοενέργειας με τη δέσμευση άνθρακα. Στοχεύει να δεσμεύσει έως και 800.000 τόνους CO₂ ετησίως μόλις τεθεί σε πλήρη λειτουργία.

Επικεντρώνεται στην επίδειξη πώς η αστική βιοενέργεια μπορεί να γίνει αρνητική στον άνθρακα.

Σκοπός:

- Ενσωμάτωση της τεχνολογίας δέσμευσης άνθρακα στην υπάρχουσα μονάδα θερμότητας με καύση βιομάζας.
- Το έργο διερευνά τη δέσμευση CO₂ από την παραγωγή βιοενέργειας, χρησιμοποιώντας τεχνολογία που βασίζεται σε αμίνες.
- Συνεργασία με την Stockholm Exergi, την ενεργειακή εταιρεία της πόλης και άλλους εταίρους.

2.Βιομηχανικές διεργασίες- Vattenfall's BECCS στην Στοκχόλμη, Σουηδία

Προκλήσεις / Λύσεις:

Πρόκληση: Ανασυγκρότηση των υφιστάμενων φυτών βιοενέργειας με τεχνολογία σύλληψης άνθρακα.

Λύση: Προσαρμοσμένες λύσεις μηχανικής και συνεργασία με παρόχους τεχνολογίας.

Πρόκληση: Υψηλό κόστος και ενεργειακές απαιτήσεις της τεχνολογίας σύλληψης.

Λύση: Αναζητώντας κυβερνητική υποστήριξη και επένδυση στην έρευνα για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας.

Αποτέλεσμα:

- Η δυνατότητα να μειώσει σημαντικά τις εκπομπές CO₂ της Στοκχόλμης και να συμβάλει στους κλιματικούς στόχους της Σουηδίας.
- Χρησιμεύει ως πρότυπο για την ενσωμάτωση των BECCs σε συστήματα αστικής ενέργειας.
- Παρέχει ιδέες και δεδομένα πολύτιμα για την κλιμάκωση των BECCs σε παρόμοιες ρυθμίσεις παγκοσμίως.

3. Υποβοηθούμενη ανάκτηση πετρελαίου- Weyburn-Midale CO2 Project, Καναδάς

Περίληψη:

Το Weyburn-Midale CO2 Project είναι ένα από τα μεγαλύτερα έργα αποθήκευσης CO2 στον κόσμο, που βρίσκεται στο Saskatchewan του Καναδά. Είναι ένα κορυφαίο παράδειγμα χρήσης δεσμευμένου CO2 για την επίτευξη ενισχυμένης ανάκτησης πετρελαίου.

Διοχετεύει πάνω από 3 εκατομμύρια τόνους CO2 ετησίως στα κοιτάσματα πετρελαίου.

Αύξησε σημαντικά την παραγωγή πετρελαίου, με εκατομμύρια επιπλέον βαρέλια πετρελαίου να ανακτώνται.

Σκοπός:

- Το CO2 που συλλαμβάνεται από το εργοστάσιο αεριοποίησης άνθρακα της Dakota Gasification Company στη Βόρεια Ντακότα των ΗΠΑ, μεταφέρεται στα κοιτάσματα πετρελαίου Weyburn και Midale.
- Το CO2 εγχέεται στα κοιτάσματα πετρελαίου για την ενίσχυση της ανάκτησης πετρελαίου ενώ ταυτόχρονα αποθηκεύεται το CO2 υπόγεια.

3. Υποβοηθούμενη ανάκτηση πετρελαίου- Weyburn-Midale CO2 Project, Καναδάς

Προκλήσεις / Λύσεις:

Πρόκληση: Μεταφορά CO₂ σε μεγάλες αποστάσεις από το σημείο σύλληψης στο σημείο της αποθήκευσης.

Λύση: Κατασκευή αγωγού μήκους 320 χιλιομέτρων για μεταφορά CO₂

Πρόκληση: Παρακολούθηση και επαλήθευση της ασφαλούς αποθήκευσης CO₂.

Λύση: Εφαρμογή εκτεταμένων πρωτοκόλλων παρακολούθησης, επαλήθευσης και λογιστικής (MVA).

Αποτέλεσμα:

- Επιδεικνύει τη βιωσιμότητα του CO₂-EOR ως μια μεταβατική στρατηγική για την αποθήκευση άνθρακα και την ενισχυμένη παραγωγή πετρελαίου.
- Παρέχει μια πολύτιμη μελέτη περίπτωσης για τη μακροπρόθεσμη γεωλογική αποθήκευση CO₂.
- Συμβάλλει στην κατανόηση των οικονομικών και τεχνικών πτυχών των έργων CO₂-EOR.

4. Επεξεργασία λυμάτων - Oslo's Klemetsrud Plant, Νορβηγία

Περίληψη:

Το εργοστάσιο Klemetsrud στο Όσλο είναι μια εγκατάσταση απόρριψης προς ενέργεια που αποτελεί απόβλητα για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, με έμφαση στην ενσωμάτωση της τεχνολογίας λήψης του άνθρακα για τη μείωση των εκπομπών.

Το εργοστάσιο επεξεργάζεται περίπου 400.000 τόνους απορριμμάτων ετησίως.

Στόχος του είναι να συλλαμβάνει το 90% των εκπομπών CO₂.

Σκοπός:

- Ενσωμάτωση τεχνολογιών BECCS και CCS σε μονάδα αποτέφρωσης απορριμμάτων.
- Δεσμεύει CO₂ από την καύση αστικών απορριμμάτων και υγρών λυμάτων.
- Μέρος του σχεδίου του Όσλο να γίνει μια πιο βιώσιμη πόλη.

4. Επεξεργασία λυμάτων - Oslo's Klemetsrud Plant, Νορβηγία

Προκλήσεις / Λύσεις:

Πρόκληση: Χειρισμός της μεταβλητής σύνθεσης των απορριμμάτων.

Λύση: Προηγμένα συστήματα ελέγχου καύσης και παρακολούθησης εκπομπών.

Πρόκληση: Κάνοντας το BECCS και το CCS οικονομικά αποδοτικό στη διαχείριση απορριμμάτων.

Λύση: Κρατική υποστήριξη και επένδυση σε καινοτόμο τεχνολογία.

Αποτέλεσμα:

- Μειώνει τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου από τη διαχείριση απορριμμάτων στο Όσλο.
- Παρέχει ένα μοντέλο για την ενσωμάτωση του BECCS και του CCS στα συστήματα επεξεργασίας αστικών απορριμμάτων.
- Βοηθά τη Νορβηγία να προχωρήσει προς τους στόχους της για ουδετερότητα άνθρακα.

5. Γεωργία - Δεσμεύσεις άνθρακα σε γεωργικά εδάφη

Περίληψη:

Η χρήση βιο-κάρβουνου(προϊόντος πυρόλυσης βιομάζας) στη γεωργία, μπορεί να βελτιώσει την ποιότητα του εδάφους,δρώντας ως λίπασμα με αξιοσημείωτα αποτελέσματα στην ανάπτυξη των φυτών. Επιπλέον,δεσμεύει άνθρακα, μειώνοντας έτσι τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

Έχει την δυνατότητα μακροχρόνιας αποθήκευσης άνθρακα στα εδάφη.Βελτιώνει έτσι, τη γονιμότητα του εδάφους, οδηγώντας σε δυνητικά υψηλότερες αποδόσεις των καλλιεργειών.

Σκοπός:

- Παραγωγή βιο-κάρβουνου από πηγές βιομάζας όπως γεωργικά απόβλητα, δασικά υπολείμματα ή ειδικά καλλιεργούμενες καλλιέργειες.
- Εφαρμογή βιο-άνθρακα σε γεωργικά εδάφη ως εδαφολογική τροποποίηση.
- Ένταξη με τις υπάρχουσες γεωργικές πρακτικές.

5. Γεωργία - Δεσμεύσεις άνθρακα σε γεωργικά εδάφη

Προκλήσεις / Λύσεις:

Πρόκληση: Οικονομική βιωσιμότητα για αγρότες και παραγωγούς βιοκάρβουνο.

Λύση: Ανάπτυξη αγορών για πιστώσεις βιο-άνθρακα.

Πρόκληση: Εκτίμηση των μακροπρόθεσμων επιπτώσεων στην υγεία του εδάφους και του περιβάλλοντος.

Λύση: Εκτεταμένη έρευνα και δοκιμές πεδίου.

Αποτέλεσμα:

- Συμβάλλει στη δέσμευση άνθρακα και τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής.
- Ενισχύει την υγεία του εδάφους και τη γεωργική παραγωγικότητα.
- Προσφέρει βιώσιμη χρήση βιομάζας και κυκλική προσέγγιση στα γεωργικά απόβλητα.

6. Θαλάσσια βιομηχανία - Έργα βιοενέργειας με βάση τα φύκια

Περίληψη:

Τα έργα της LanzaTech επικεντρώνονται στη χρήση των φυκιών ως βιώσιμης πηγής για την παραγωγή βιοκαυσίμων, η οποία περιλαμβάνει επίσης τη δέσμευση και τη χρήση άνθρακα.

Επεκτασιμότητα της καλλιέργειας φυκιών ανάλογα με το μέγεθος των βιοαντιδραστήρων και τις διαθέσιμες εκπομπές CO₂.

Πιθανή παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων βιοκαυσίμων με μειωμένο αποτύπωμα άνθρακα.

Σκοπός:

- Καλλιέργεια φυκιών σε βιοαντιδραστήρες, με χρήση εκπομπών πλούσιων σε άνθρακα από βιομηχανικές διεργασίες.
- Μετατροπή των συλλεγόμενων φυκών σε βιοκαύσιμα, όπως η αιθανόλη, μέσω ζύμωσης.
- Ενσωμάτωση με υπάρχουσες βιομηχανικές εγκαταστάσεις για συμβιωτική αξιοποίηση CO₂.

6. Θαλάσσια βιομηχανία - Έργα βιοενέργειας με βάση τα φύκια

Προκλήσεις / Λύσεις:

Πρόκληση: Βελτιστοποίηση της ανάπτυξης φυκιών και των διαδικασιών παραγωγής βιοκαυσίμων.

Λύση: Συνεχής έρευνα και ανάπτυξη για τη βελτίωση της αποδοτικότητας και της απόδοσης.

Πρόκληση: Οικονομικές και υλικοτεχνικές προκλήσεις της μεγάλης κλίμακας εκτροφής φυκιών.

Λύση: Συνεργασίες με βιομηχανίες για συμβιωτικές σχέσεις και επιμερισμό κόστους.

Αποτέλεσμα:

- Προσφέρει μια ανανεώσιμη και βιώσιμη εναλλακτική για την παραγωγή βιοκαυσίμων.
- Χρησιμοποιεί βιομηχανικές εκπομπές CO₂, συμβάλλοντας στη μείωση του άνθρακα.
- Επιδεικνύει τη δυνατότητα των φυκών ως βασικό παράγοντα σε μελλοντικές λύσεις βιοενέργειας.

7. Αστικά ενεργειακά συστήματα - εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας

Περίληψη:

Το Amager Bakke, που βρίσκεται στην Κοπεγχάγη της Δανίας, είναι μια καινοτόμος μονάδα παραγωγής ενέργειας από απόβλητα που έχει σχεδιαστεί για να ενσωματώνει τη δέσμευση άνθρακα και να χρησιμεύει ως χώρος αναψυχής για την κοινότητα.

Επεξεργάζεται περίπου 400.000 τόνους απορριμμάτων ετησίως, παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια και τηλεθέρμανση.

Προγραμματισμένη δέσμευση έως και 500.000 τόνων CO₂ ετησίως.

Σκοπός:

- Προηγμένη τεχνολογία αποτέφρωσης απορριμμάτων με ανάκτηση ενέργειας.
- Σχεδιασμένη ενσωμάτωση BECCS και CCS για τη δέσμευση CO₂ από την καύση απορριμμάτων.
- Μοναδικός αρχιτεκτονικός σχεδιασμός, συμπεριλαμβανομένης μιας πίστας σκι στην οροφή του εργοστασίου.

7. Αστικά ενεργειακά συστήματα - εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας

Προκλήσεις / Λύσεις:

Πρόκληση: Εξισορρόπηση του πολυλειτουργικού ρόλου της μονάδας με περιβαλλοντικούς στόχους.

Λύση: Καινοτόμος σχεδιασμός και δέσμευση πολλών ενδιαφερομένων.

Πρόκληση: Διασφάλιση της δημόσιας αποδοχής και υποστήριξης για την πρωτοβουλία εφαρμογής της τεχνολογίας.

Λύση: Κοινοτική συμμετοχή και διαφανής επικοινωνία από τα πολιτικά πρόσωπα.

Αποτέλεσμα:

- Επιδεικνύει μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για τη διαχείριση των αστικών απορριμμάτων και την παραγωγή ενέργειας.
- Λειτουργεί ως πρότυπο για βιώσιμες αστικές υποδομές.
- Συμβάλλει στο όραμα της Κοπεγχάγης να γίνει μια πόλη ουδέτερη από εκπομπές άνθρακα.

8. Έρευνα και Εκπαίδευση - Πανεπιστημιακές Μελέτες Δέσμευσης Άνθρακα

Περίληψη:

Πανεπιστήμια σε όλο τον κόσμο ασχολούνται με έρευνα αιχμής για τη δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα (CCS) και το BECCS, αναπτύσσοντας νέες τεχνολογίες και μεθοδολογίες.

Εύρος έργων, από μικρής κλίμακας εργαστηριακή έρευνα έως μεγαλύτερα πιλοτικά έργα.

Συνεισφορές στην παγκόσμια βάση γνώσεων σχετικά με τις τεχνολογίες CCS και BECCS.

Σκοπός:

- Συνεργατικά έργα μεταξύ ακαδημαϊκών ιδρυμάτων, εταίρων του κλάδου και κρατικών φορέων.
- Ανάπτυξη πιλοτικής κλίμακας εγκαταστάσεων CCS και BECCS για πειραματική έρευνα.
- Ενσωμάτωση της έρευνας CCS/BECCS σε εκπαιδευτικά προγράμματα.

8. Έρευνα και Εκπαίδευση - Πανεπιστημιακές Μελέτες Δέσμευσης Άνθρακα

Προκλήσεις / Λύσεις:

Πρόκληση: Εξασφάλιση χρηματοδότησης για έρευνα σε ένα σχετικά νέο πεδίο.

Λύση: Επιδίωξη επιχορηγήσεων, εταιρικές σχέσεις στον κλάδο και κρατική υποστήριξη.

Πρόκληση: Γεφύρωση του χάσματος μεταξύ της θεωρητικής έρευνας και της πρακτικής εφαρμογής.

Λύση: Συνεργασία με τη βιομηχανία για δοκιμές και εφαρμογές σε πραγματικό κόσμο.

Αποτέλεσμα:

- Εκπαιδεύει και προετοιμάζει την επόμενη γενιά μηχανικών και επιστημόνων στις τεχνολογίες CCS και BECCS.
- Προωθεί την επιστημονική κατανόηση και την τεχνολογική ανάπτυξη στον τομέα.
- Επηρεάζει τις πολιτικές και τις πρακτικές του κλάδου μέσω των ερευνητικών ευρημάτων.

9. Παραγωγή Υδρογόνου - Έργα της Shell

Περίληψη:

Η Shell διερευνά βιώσιμη παραγωγή υδρογόνου, συμπεριλαμβανομένων μεθόδων που ενσωματώνουν τη δέσμευση άνθρακα για την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Πολλαπλά πιλοτικά έργα για την αξιολόγηση της βιωσιμότητας και της επεκτασιμότητας της βιώσιμης παραγωγής υδρογόνου.

Στόχος είναι να συμβάλει στην αυξανόμενη παγκόσμια ζήτηση για πράσινο υδρογόνο.

Σκοπός:

- Έρευνα και ανάπτυξη για την παραγωγή υδρογόνου από διάφορες πηγές, συμπεριλαμβανομένης της βιομάζας.
- Εφαρμογή του BECCS ως μέσου παραγωγής υδρογόνου με πιο φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο.
- Πιλοτικά έργα και μελέτες σκοπιμότητας σε διάφορες περιοχές.

9. Παραγωγή Υδρογόνου - Έργα της Shell

Προκλήσεις / Λύσεις:

Πρόκληση: Τεχνικά και οικονομικά εμπόδια στη βιώσιμη παραγωγή υδρογόνου.

Λύση: Επένδυση και συνεργασία με παρόχους τεχνολογίας και ακαδημαϊκό κόσμο.

Πρόκληση: Ανάπτυξη αγοράς και υποδομής για την ενέργεια υδρογόνου.

Λύση: Συνεργασία με φορείς χάραξης πολιτικής και ενδιαφερόμενους φορείς για την προώθηση μιας οικονομίας υδρογόνου.

Αποτέλεσμα:

- Υποστηρίζει τη μετάβαση σε ένα ενεργειακό μέλλον χαμηλών εκπομπών άνθρακα.
- Δυσνητικά μειώνει το αποτύπωμα άνθρακα της παραγωγής υδρογόνου.
- Συμβάλλει στη διαφοροποίηση και τη βιωσιμότητα των παγκόσμιων πηγών ενέργειας.

10. Κέντρα Δεδομένων - Πλάνο μηδενικής εκπομπής άνθρακα από την Microsoft

Περίληψη:

Η Microsoft έχει δεσμευτεί να γίνει αρνητική στον άνθρακα έως το 2030 και έως το 2050 στοχεύει να αφαιρέσει όλο τον άνθρακα που έχει εκπέμψει η εταιρεία από την ίδρυσή της το 1975. Αυτή η πρωτοβουλία περιλαμβάνει σημαντικές προσπάθειες για τη μείωση και την αντιστάθμιση των εκπομπών άνθρακα που σχετίζονται με τα κέντρα δεδομένων της.

Ισχύει για το εκτεταμένο παγκόσμιο δίκτυο κέντρων δεδομένων της Microsoft.

Μέρος ενός ευρύτερου σχεδίου για τη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα της Microsoft σε όλες τις λειτουργίες.

Σκοπός:

- Ανάπτυξη διαφόρων στρατηγικών για τη μείωση των εκπομπών, συμπεριλαμβανομένων των βελτιώσεων της ενεργειακής απόδοσης και της προμήθειας ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
- Διερεύνηση τεχνολογιών δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα, συμπεριλαμβανομένου του BECCS, για την αντιστάθμιση των εκπομπών.
- Επένδυση σε τεχνολογίες αφαίρεσης άνθρακα και λύσεις βασισμένες στη φύση.

10. Κέντρα Δεδομένων - Πλάνο μηδενικής εκπομπής άνθρακα από την Microsoft

Προκλήσεις / Λύσεις:

Πρόκληση: Υψηλή ενεργειακή ζήτηση κέντρων δεδομένων και συναφείς εκπομπές.

Λύση: Μετάβαση στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και εφαρμογή ενεργειακά αποδοτικών τεχνολογιών.

Πρόκληση: Ανάπτυξη και κλιμάκωση λύσεων δέσμευσης άνθρακα για κέντρα δεδομένων.

Λύση: Επένδυση σε καινοτόμες τεχνολογίες και συνεργασία με κορυφαία ερευνητικά ιδρύματα.

Αποτέλεσμα:

- Αποτελεί παράδειγμα για τον κλάδο της τεχνολογίας στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.
- Συμβάλλει στην πρόοδο και την εφαρμογή τεχνολογιών μείωσης και δέσμευσης άνθρακα.
- Επιδεικνύει τον ρόλο της εταιρικής ευθύνης στις παγκόσμιες προσπάθειες βιωσιμότητας.

Κόστος Υλοποίησης

| 05 |



Κεφαλαιουχικές Δαπάνες: Οι εκτιμήσεις του κόστους κεφαλαίου που παρουσιάζονται σε αυτήν την έκθεση αντικατοπτρίζουν ένα εύρος αβεβαιότητας, όπως φαίνεται στην εικόνα

Technology	Uncertainty Range	AACE Classification
PC	-15/+30	Class 4

Οι εκτιμήσεις κόστους PC αντιστοιχούν στην κατηγορία 4 του Συνδέσμου για την Προώθηση της Διεθνούς Μηχανικής (AACE). Σε όλες τις περιπτώσεις, αυτή η έκθεση σκοπεύει να αντιπροσωπεύει την επόμενη εμπορική προσφορά και βασίζεται σε εκτιμήσεις κόστους από τους προμηθευτές για τις τεχνολογίες συστατικών. Επιπλέον, εφαρμόζει περιθώριο ασφαλείας διαδικασίας στα κατάλληλα επίπεδα υποσυστημάτων στην προσπάθειά της να λάβει υπόψη αναμενόμενες, αλλά μη καθορισμένες, δαπάνες, οι οποίες μπορεί να αποτελέσουν πρόκληση για αναδυόμενες τεχνολογίες.

Κόστη Ώριμων Τεχνολογιών και Σχεδιασμών: Οι εκτιμήσεις κόστους για σχεδιασμούς εγκαταστάσεων που περιλαμβάνουν μόνο πλήρως ώριμες τεχνολογίες, οι οποίες έχουν ευρέως εφαρμοστεί σε εμπορική κλίμακα (π.χ. εργοστάσια ισχύος PC χωρίς αιχμαλώτιση CO₂), αντικατοπτρίζουν το ν-οστού είδους στο φάσμα ωριμότητας της εμπορικοποίησης της τεχνολογίας. Τα κόστη αυτών των εγκαταστάσεων έχουν μειωθεί με την πάροδο του χρόνου λόγω της "μάθησης μέσω εφαρμογής" και των οφελών από τη μείωση του κινδύνου που προκύπτει από σειριακές εφαρμογές, καθώς και από τη συνεχή έρευνα και ανάπτυξη.

Κόστη Αναδυόμενων Τεχνολογιών και Σχεδιασμών: Οι εκτιμήσεις κόστους για σχεδιασμούς εγκαταστάσεων που περιλαμβάνουν τεχνολογίες που δεν έχουν ακόμα πλήρη ώριμη ανάπτυξη (π.χ. οποιαδήποτε εγκατάσταση με δέσμευση CO₂) χρησιμοποιούν την ίδια μεθοδολογία εκτίμησης κόστους με αυτήν που χρησιμοποιείται για ώριμους σχεδιασμούς εγκαταστάσεων, η οποία δεν λαμβάνει πλήρως υπόψη τα μοναδικά πρόσθετα κόστη που σχετίζονται με τις αρχικές, πολύπλοκες ενσωματώσεις αναδυόμενων τεχνολογιών σε εμπορικές εφαρμογές. Έτσι, αναμένεται ότι οι πρώτες εφαρμογές σταθμών ισχύος PC με δέσμευση CO₂ ενδέχεται να έχουν κόστη υψηλότερα από αυτά που περιγράφονται σε αυτήν την έκθεση.

Άλλοι Παράγοντες: Τα πραγματικά αναφερόμενα κόστη έργων για όλους τους τύπους εγκαταστάσεων αναμένεται επίσης να αποκλίνουν από τις εκτιμήσεις κόστους σε αυτήν την έκθεση λόγω έργων και παραμέτρων που σχετίζονται με τον τόπο (π.χ. στρατηγική σύμβασης, τοπικά κόστη εργασίας, σεισμικές συνθήκες, ποιότητα νερού, παράμετροι χρηματοδότησης, τοπικά περιβαλλοντικά ζητήματα, καθυστερήσεις λόγω καιρού) που μπορεί να καθιστούν την κατασκευή πιο δαπανηρή. Τέτοιες διακυμάνσεις δεν καλύπτονται από την καταγεγραμμένη αβεβαιότητα κόστους.

Μελλοντικές Τάσεις Κόστους: Η συνεχιζόμενη έρευνα, ανάπτυξη και παρουσίαση προβλέπεται να οδηγήσει σε σχεδιασμούς που είναι πιο προηγμένοι από αυτούς που αξιολογήθηκαν σε αυτήν την έκθεση, με αποτέλεσμα κόστη που είναι χαμηλότερα από τα εκτιμώμενα εδώ.

Κεφαλαιουχικές Δαπάνες

Το Κόστος Κατασκευής (The Bare Erected Cost, BEC) περιλαμβάνει το κόστος του εξοπλισμού διεργασίας, των εγκαταστάσεων και των υποδομών που υποστηρίζουν το εργοστάσιο (π.χ. εργαστήρια, γραφεία, εργοστάσια), καθώς και την άμεση και έμμεση εργασία που απαιτείται για την κατασκευή και/ή εγκατάστασή του. Στο BEC δεν συμπεριλαμβάνονται το κόστος των υπηρεσιών EPC και οι αναστολές.

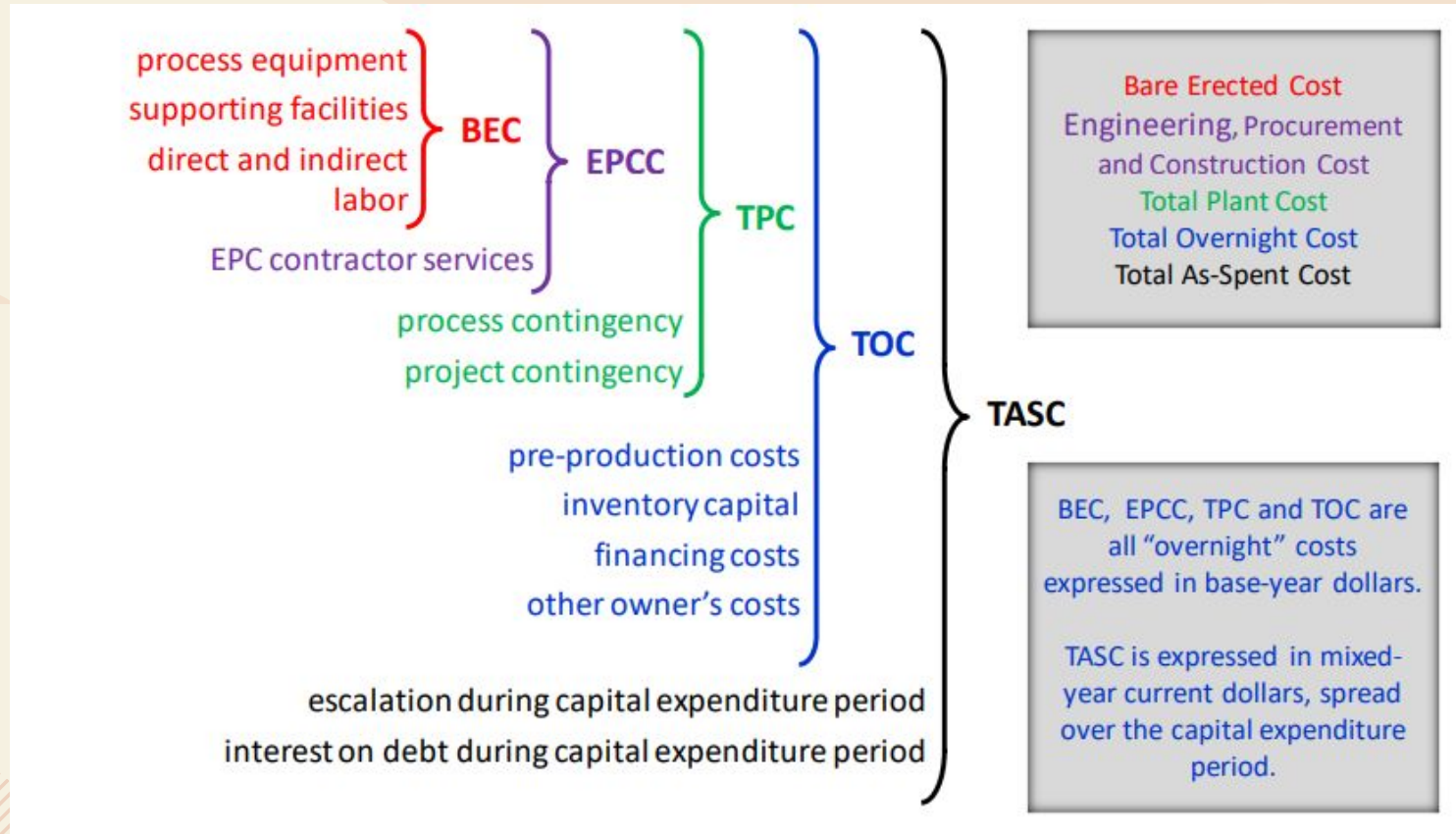
Το Κόστος Μηχανικής, Προμήθειας και Κατασκευής (The Engineering, Procurement and Construction Cost, EPCC) περιλαμβάνει το BEC συν το κόστος των υπηρεσιών που παρέχονται από τον EPC ανάδοχο. Οι υπηρεσίες που περιλαμβάνουν λεπτομερή σχεδιασμό, άδειες ανάδοχου (δηλαδή οι άδειες που οι ατομικοί ανάδοχοι πρέπει να λάβουν για να εκτελέσουν τα έργα τους, αντίθετα από τις άδειες έργου, που δεν συμπεριλαμβάνονται εδώ), καθώς και τα κόστη διαχείρισης έργου.

Κεφαλαιουχικές Δαπάνες

Το Συνολικό Κόστος Εγκατάστασης (The Total Plant Cost, TPC) περιλαμβάνει το EPCC συν τις αναστολές έργου και διαδικασίας.

Το Συνολικό Κόστος Επί Νυχτα (The Total Overnight Cost, TOC) περιλαμβάνει το TPC συν όλα τα άλλα επί νυχτα κόστη, συμπεριλαμβανομένων των κοστών του ιδιοκτήτη. Το TOC δεν περιλαμβάνει την αύξηση κατά τη διάρκεια της κατασκευής ή τα τόκα κατά τη διάρκεια της κατασκευής.

Το Συνολικό Κόστος Πληρωμής (The Total As-Spent Cost, TASC) είναι το άθροισμα όλων των κεφαλαίων δαπανών καθώς αυξάνονται κατά τη διάρκεια της περιόδου κεφαλαίων, συμπεριλαμβανομένων των αναστολών. Το TASC περιλαμβάνει επίσης τους τόκους κατά τη διάρκεια της κατασκευής, περιλαμβανομένων τόσο των τόκων για το χρέος όσο και της απόδοσης στο κεφάλαιο.



Buchheit, K. L., Lewis, E., Mahbubani, K., & Carlson, D. R. (2021). Technoeconomic and Life Cycle Analysis for Bio-Energy with Carbon Capture and Storage (BECCS) Baseline. National Energy Technology Laboratory (NETL), Pittsburgh, PA, Morgantown, WV, and Albany, OR (United States).

Αναμενόμεν η Ωφέλεια

| 06 |



Θεωρητικό Υπόβαθρο


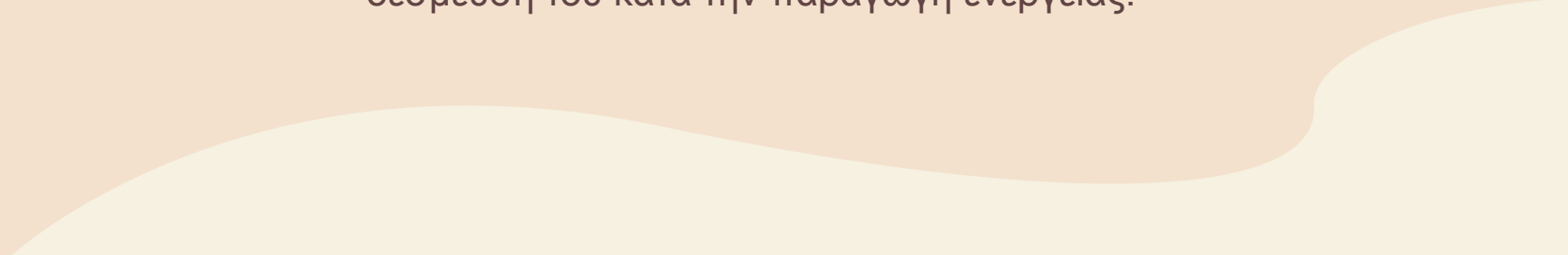
| 6.1 |





Carbon Capture and Storage (CCS)

Η μείωση των εκπομπών άνθρακα είναι δυνατή με τη δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα (CCS), η οποία μπορεί να είναι απαραίτητη για την καταπολέμηση της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Είναι μια διαδικασία τριών σταδίων που περιλαμβάνει τη μεταφορά του διοξειδίου του άνθρακα που παράγεται από βιομηχανικές διεργασίες όπως η παραγωγή χάλυβα ή τσιμέντου, την αποθήκευσή του υπόγεια και τη δέσμευσή του κατά την παραγωγή ενέργειας.



Τι είναι το CCS

Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) από βιομηχανικές διεργασίες, όπως η κατασκευή χάλυβα και τσιμέντου, ή από την καύση ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, δεσμεύονται με τη χρήση CCS. Αφού μεταφερθεί με αγωγό ή πλοίο από τον τόπο παραγωγής, αυτός ο άνθρακας εναποτίθεται υπόγεια σε γεωλογικούς σχηματισμούς.



Λειτουργία CCS

1. Σύλληψη του διοξειδίου του άνθρακα για αποθήκευση

Το CO₂ απομονώνεται από άλλα αέρια που παράγονται κατά τη διάρκεια βιομηχανικών εργασιών, όπως αυτά που παράγονται σε χαλυβουργεία και τσιμεντοβιομηχανίες, καθώς και σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής με καύση άνθρακα και φυσικού αερίου.

3. Αποθήκευση

Τελικά, το CO₂ αποθηκεύεται μόνιμα με έγχυση σε υπόγειους βραχώδεις σχηματισμούς.

2. Μεταφορά

Μετά από αυτό, το CO₂ συμπιέζεται και παραδίδεται σε μια τοποθεσία αποθήκευσης μέσω αγωγών, φορτηγών ή πλοίων.

Ορολογία (Ακρωνύμια)

|6.2|

List of Abbreviations/Acronyms


AFT	Adiabatic flame temperature.
ASU	Air separation unit.
BECCS	Biomass energy with carbon capture and storage.
BIGCC	Biomass integrated gasification combined cycle.
CCS	Carbon capture and storage.
CFBC	Circulating fluidized bed combustion.
CO ₂	Carbon dioxide.
CV	Calorific value.
EOR	Enhanced oil recovery.
EJ	Exajoules (1×10^{18} J), unit of energy.
FGR	Flue gas recirculation/recycling.
Gha	Giga hectares (1×10^9 ha).
HP	High pressure (steam turbine).
IAM	Integrated assessment model.
IGCC	Integrated gasification combined cycle.
IP	Intermediate pressure (steam turbine).
LCOE	Levelised cost of electricity.
LP	Low pressure (steam turbine).
LHV	Lower heating value.
MEA	Monoethanolamine.
NET	Negative emission technology.
NOAK	nth of a kind.
PJ	Petajoules (1×10^{15} J), unit of energy.
PM	Particulate matter.
PSA	Pressure swing adsorption.
RCP	Representative concentration pathway.
RFG	Reformulated gasoline.
SNG	Synthetic natural gas.
TRL	Technology readiness level.
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change.

Αναμενόμενη Ωφέλεια

Το BECCS (Bioenergy with Carbon Capture and Storage) αποτελεί μια καινοτόμα και πολλά υποσχόμενη τεχνολογία στην παγκόσμια αναζήτηση για φιλικές προς το κλίμα ενεργειακές λύσεις. Απώτερος στόχος αυτής της τεχνολογίας είναι να επιτύχει αρνητικές εκπομπές του άνθρακα (negative emissions), ενώ παράλληλα ενσωματώνει ποικίλες τεχνολογίες δέσμευσης άνθρακα, πρακτικές βιώσιμης χρήσης της γης καθώς και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, καθιστώντας το να ξεχωρίζει ως βιώσιμη επιλογή από τον ανταγωνισμό.


Η δεσμεύση του άνθρακα από μια πηγή εκπομπών

Το BECCS (βιοενέργεια με CCS) μπορεί να επιτύχει αρνητικές εκπομπές γεγονός που ο διαφοροποιεί από το CCS το οποίο μπορεί να επιτύχει το πολύ μηδενικές εκπομπές. Δεδομένου ότι το BECCS και το CCS είναι ισοδύναμα στην διαδικασία μετατροπής και αποθήκευσης καυσίμου, το CCS είναι πιο πιθανό να λάβει uniform incentives -τα οποία περιλαμβάνουν χρηματοδότηση, πιστώσεις φόρων και κρατικές επιχορηγήσεις- ανεξαρτήτως από το από πού προέρχεται το CO₂ που δεν απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα. Στην περίπτωση του BECCS, δικαιολογείται ένα πρόσθετο κίνητρο να δοθούν οι παραπάνω βοήθειες για να εφαρμοστεί λόγω των δυνατοτήτων του να πετύχει αρνητικές εκπομπές στον κύκλο ζωής του. Οι βοήθειες αυτές μπορεί να εφαρμοστούν στο σημείο της βιολογικής δέσμευσης, στη σύλληψη ή στην αποθήκευση.



Η δεσμεύση του άνθρακα από μια πηγή εκπομπών

Σε αντίθεση με τα παραδοσιακά συστήματα CCS που βασίζονται σε ορυκτά καύσιμα ή ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, το BECCS έχει τη δυνατότητα να παράγει αρνητικές εκπομπές σε όλο τον κύκλο ζωής του. Σύμφωνα με πρόσφατες αναλύσεις μοντελοποίησης, τεχνολογίες όπως το BECCS με χαμηλότερες συγκεντρώσεις CO₂ στην ατμόσφαιρα είναι πιθανό να είναι απαραίτητες για την επίτευξη πιο επιθετικών στόχων σταθεροποίησης, δεδομένων των τρεχουσών τάσεων στις εκπομπές (Edenhofer et al., 2010). Το BECCS θα λάβει uniform incentives σε ένα πλαίσιο σχεδιασμένο για να αντισταθμίσει την εξωτερική επίδραση του άνθρακα, σύμφωνα με τη μεγαλύτερη συμβολή του στη μείωση.



Ο ρόλος του BECCS στην απαλλαγή των υπολειμμάτων του άνθρακα

Υπάρχουν πολλές διαθέσιμες τεχνολογίες για την ανάπτυξη του BECCS. Οι πρωτοβουλίες έρευνας και βιομηχανίας έχουν μέχρι στιγμής επικεντρωθεί κυρίως σε δύο οδούς:

1) BECCS μέσω της παραγωγής υγρών βιοκαυσίμων (βιοντίζελ ή βιοαιθανόλη).

2) BECCS μέσω της μετατροπής της βιομάζας σε θερμότητα και ενέργεια, με πιο δημοφιλή μέθοδο την άμεση κονιοποιημένη καύση βιομάζας.

Η δέσμευση CO₂ από βιογενείς βιομηχανικές εκπομπές, όπως αυτές που παράγονται από τη βιομηχανία χαρτοπολτού και χαρτιού, είναι μια άλλη επιλογή για μια εξειδικευμένη αγορά. Τα διάφορα στάδια των διαδρομών καυσίμου και ισχύος απεικονίζονται στο Πλαίσιο 1, μαζί με τις διάφορες τεχνολογίες μετατροπής βιομάζας, τις επιλογές πρώτης ύλης και τα αρνητικά σε άνθρακα τελικά προϊόντα.

BECCS και αρνητικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα

Το CCS μπορεί να επιβραδύνει τον ρυθμό με τον οποίο αυξάνονται οι συγκεντρώσεις CO₂ της ατμόσφαιρας. Οι υδρογονάνθρακες εξάγονται από τη γη, καίγονται και στη συνέχεια επανεμφανίζονται υπόγεια σε όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους. Το καλύτερο αποτέλεσμα είναι μηδενικές καθαρές εκπομπές, μη συμπεριλαμβανομένων των σχετικών δραστηριοτήτων εξόρυξης ή γεώτρησης, μεταφοράς και διύλισης, με το BECCS να διαθέτει την ικανότητα να μειώνει τις συγκεντρώσεις GHG στην ατμόσφαιρα. Σε περίπτωση που ο κύκλος ξεκινά με “γυμνό” έδαφος (σε αντίθεση με ένα καθιερωμένο δάσος), το CO₂ δεσμεύεται από την ατμόσφαιρα καθώς αναπτύσσεται το εργοστάσιο και αποθηκεύεται ως στερεό συστατικό του καυσίμου βιομάζας. Οι εκπομπές CO₂ δεσμεύονται και αποθηκεύονται υπόγεια στο σημείο όπου διαφορετικά θα απελευθερωνόταν στην ατμόσφαιρα. Η ποσότητα του CO₂ στην ατμόσφαιρα έχει μειωθεί συνολικά κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του, ως αποτέλεσμα της εξαγωγής του αερίου από την ατμόσφαιρα και της αποθήκευσης του υπόγειου.

Η εννοιολογική διάκριση μεταξύ BECCS και CCS παραθέται σε μια σχηματική αναπαράσταση που αντιπαραβάλλει τις εκπομπές του κύκλου ζωής των δύο τεχνολογιών, δείχνοντας πώς το BECCS μπορεί να παράγει αρνητικές εκπομπές ενώ το συμβατικό CCS όχι (Πίνακας 5).

Table 5 Comparing lifecycle emissions of conventional CCS and BECCS

	Conventional CCS	Biomass energy with CCS
Biological sequestration		-1
Fuel transformation	1	1
Capture and storage	-1	-1
Lifecycle emissions	0	-1

Note: These numbers do not represent actual emissions and do not reflect a number of lifecycle emissions associated with BECCS, such as direct and indirect land-use change.

Approach	Capture	Storage	Description
Biomass energy and carbon capture and storage (BECCS)	Biological	Geological	Power generation using biomass feedstocks followed by CO ₂ capture from flue gases for subsequent geological storage
	Indirect	Pressurised	
Direct air capture (DAC)	Non-biological	Geological	Uses chemical sorbents to absorb and then release CO ₂ for subsequent geological storage
	Direct	Pressurised	
Ocean fertilisation	Biological	Biological	Addition of nutrients to enhance growth of photosynthesising organisms, which eventually fall to the ocean floor
	Indirect	Oceanic	
Ocean liming	Non-biological	Non-biological	Calcium or magnesium oxides (lime) dissolved in sea water to increase the ocean absorption of atmospheric CO ₂
	Indirect	Oceanic	
Enhanced weathering	Non-biological	Non-biological	Finely ground silicate rocks are dissolved in oceans or soils, these absorb CO ₂ and are eventually sequestered in shells of organisms
	Indirect	Mineralised	
Biochar	Biological	Biological	Heat treatment of biomass, locking up the carbon and can be used as a soil improver
	Indirect	Biotic	
Afforestation	Biological	Biological	Establishing and maintaining forests that have not previously been forested for a given period (e.g. 50 years) (UNFCCC, 2015)
	Indirect	Biotic	

Source: McLaren (2012) and Tavoni and Socolow (2013). Reproduced with permission of Elsevier.

Σύμφωνα με την UNFCCC (2013), η τεχνολογία BECCS είναι η κυρίαρχη τεχνολογία εκπομπών στα μοντέλα IAM, με την αναδάσωση. Το BECCS παίζει σημαντικό ρόλο στον ενεργειακό εφοδιασμό, επιτρέποντας την παραγωγή ενός εμπορεύματος (όπως η ηλεκτρική ενέργεια) με παράλληλη παροχή αρνητικών εκπομπών, γεγονός που το καθιστά ελκυστική επιλογή σε βελτιστοποιημένα σενάρια κόστους. Τα IAM αναλύουν το οικονομικό κόστος που σχετίζεται με διαφορετικά σενάρια και στοχεύουν στον εντοπισμό βέλτιστων οδών που εξισορροπούν την ανάγκη για μείωση των εκπομπών με οικονομικές μεθόδους. Αν και δεν υπάρχει μεγάλη εμπορική εμπειρία με τα ενσωματωμένα συστήματα BECCS, οι τεχνικές και οι τεχνολογίες εξαρτημάτων είναι καλά ανεπτυγμένες.



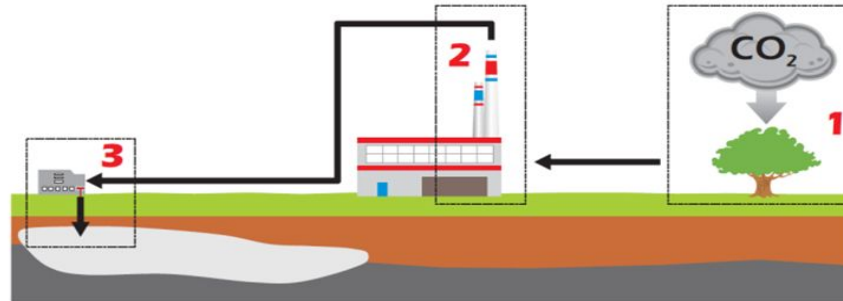
Μια ποικιλία μοντέλων που απεικονίζουν το κλιματικό σύστημα της Γης, τις φυσικές και κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και άλλους παράγοντες που παράγονται από τα ενεργειακά και οικονομικά συστήματα του κόσμου χρησιμοποιούνται συχνότερα για τη μελέτη της μελλοντικής κλιματικής αλλαγής. Τα μοντέλα για το κλίμα και τις επιπτώσεις χρησιμοποιούν σενάρια μελλοντικών εκπομπών που παράγονται από μοντέλα ολοκληρωμένης αξιολόγησης (IAM). Το BECCS βρίσκεται τώρα στην πρώτη γραμμή της συζήτησης σχετικά με την επίτευξη των στόχων της αύξησης της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας κατά 2 °C και, στον απόηχο της Συμφωνίας του Παρισιού του 2015, 1,5 °C. Αυτό οφείλεται στην αυξανόμενη και σημαντική εξάρτηση από το BECCS σε μελλοντικά σενάρια εκπομπών σε παγκόσμιες ολοκληρωμένες αξιολογήσεις.



Τα ορυκτά καύσιμα και η βιομάζα συνήθως απελευθερώνουν αέρια θερμοκηπίου στο σημείο μετατροπής του καυσίμου. Ο εξοπλισμός σύλληψης θα εξυπηρετούσε τον ίδιο σκοπό για κάθε καύσιμο, αν και θα μπορούσε να χρησιμοποιεί διαφορετικές τεχνολογίες: διατήρηση των εκπομπών μακριά από την ατμόσφαιρα. Όλα τα κίνητρα που είναι διαθέσιμα για τα παραδοσιακά CCS ενδέχεται να ισχύουν και για το BECCS.

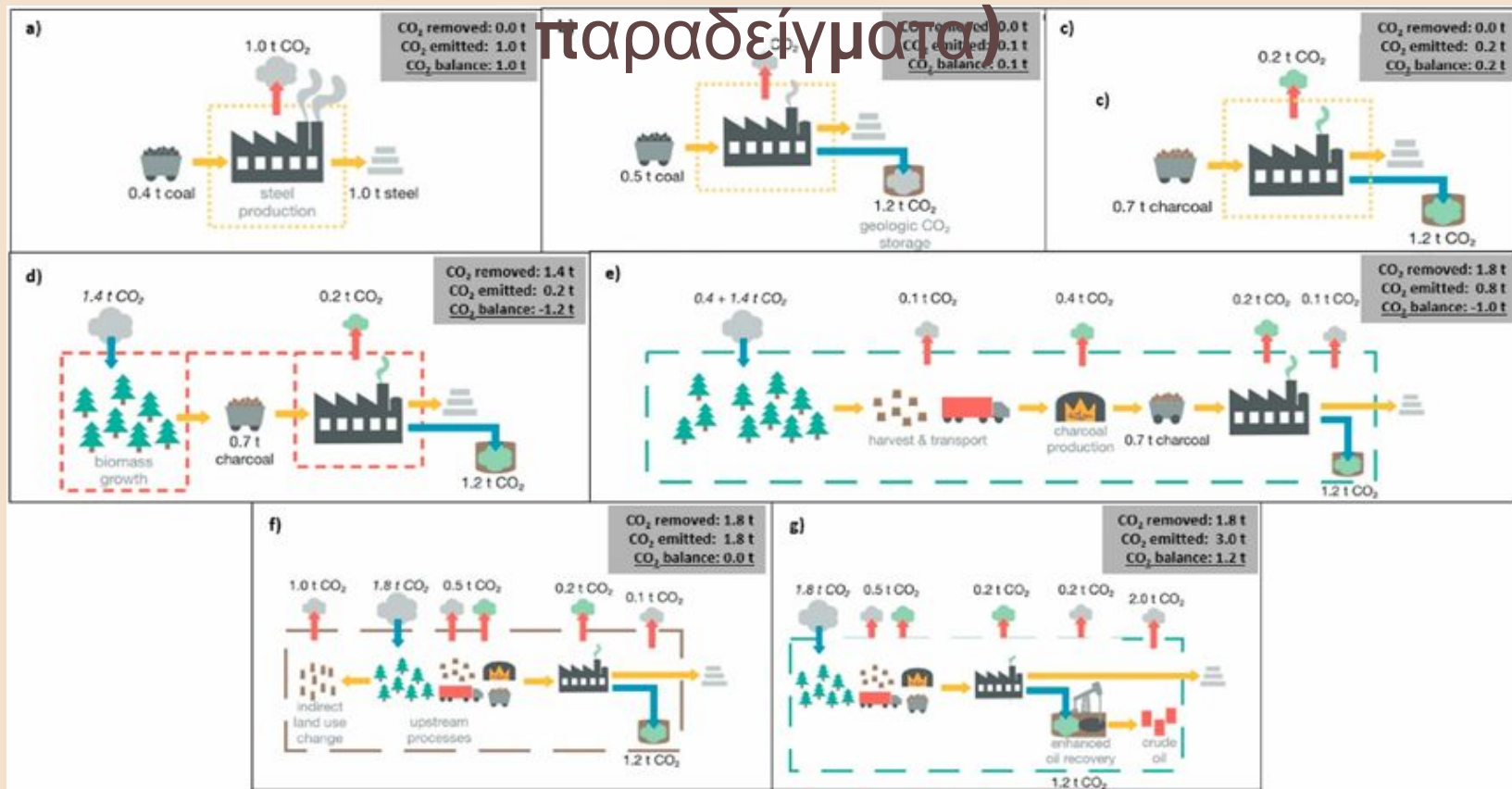
Στην διπλανή εικόνα παρουσιάζεται η βιολογική δέσμευση, η σύλληψη και η αποθήκευση προκειμένου να αντικατοπτρίζονται οι αρνητικές εκπομπές του κύκλου ζωής που μπορεί να επιτύχει το BECCS (Figure 10).

Figure 10 BECCS lifecycle emissions can be recognised at one of three points



Notes: 1. Biological sequestration. 2. Capture. 3. Storage.

Ενεργειακή απόδοση του BECCS (με παραδείγματα)



(Σχήμα 2)

Επεξήγηση Σχήματος 2

Η διακεκομμένη γραμμή σε κάθε υποεικόνα αντιπροσωπεύει τα όρια του συστήματος που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση των συνολικών εκπομπών CO₂ στην πάνω δεξιά γωνία κάθε σχήματος. Ο σχεδιασμός του συστήματος και οι αριθμοί που χρησιμοποιούνται είναι πολύ απλοποιημένοι για επεξηγηματικούς σκοπούς. (α–γ) δείχνουν τις εκπομπές CO₂ από πύλη σε πύλη μιας χαλυβουργίας, λαμβάνοντας υπόψη μόνο το CO₂ που παράγεται στο ίδιο το εργοστάσιο για κανονική παραγωγή (α), με τη χρήση δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα (β), και τη χρήση βιοενέργειας με δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα (γ). (δ) επεκτείνει τα όρια του συστήματος για να συμπεριλάβει τη φωτοσυνθετική απορρόφηση της ακριβούς ποσότητας CO₂ που απελευθερώνεται από την καύση.

Επεξήγηση Σχήματος 2

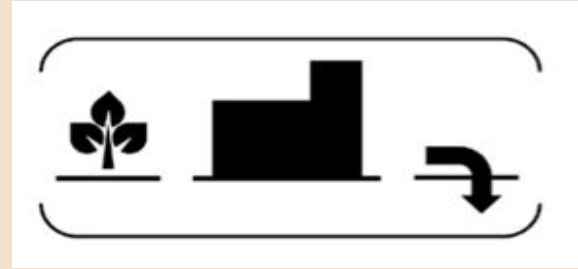
(ε) δείχνει ένα απλοποιημένο σύστημα, το οποίο περιλαμβάνει το CO_2 που απορροφάται από το ξύλο που χάνεται στη διαδικασία παραγωγής ξυλάνθρακα, τις εκπομπές CO_2 από τη συλλογή και τη μεταφορά βιομάζας, τις εκπομπές CO_2 από την παραγωγή ξυλάνθρακα, και την αποθήκευση CO_2 εκπομπών CO_2 . (στ) είναι μια παραλλαγή όπου η παραγωγή βιομάζας έχει σημαντικές εκπομπές από έμμεση αλλαγή χρήσης γης (ILUC). (ζ) είναι μια παραλλαγή όπου η γεωλογική αποθήκευση CO_2 οδηγεί στην παραγωγή και καύση ορυκτών καυσίμων των οποίων οι εκπομπές CO_2 υπερβαίνουν το αποθηκευμένο CO_2 .

Ενέργεια βιομάζας με δέσμευση άνθρακα BECCS

Σχηματική απεικόνιση για τις αρνητικές εκπομπές άνθρακα από BECCS.



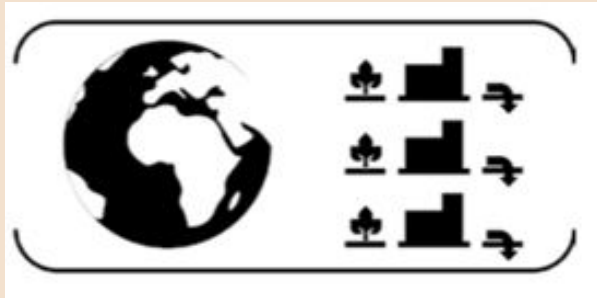
CO₂ που αποθηκεύεται από συστήματα BECCS: πρόκειται για το συνολικό CO₂ που αποθηκεύεται σε έναν γεωλογικό σχηματισμό μετά τη δέσμευση σε ένα σύστημα CCS και δίνει μια ένδειξη της απαιτούμενης χωρητικότητας γεωλογικής αποθήκευσης.



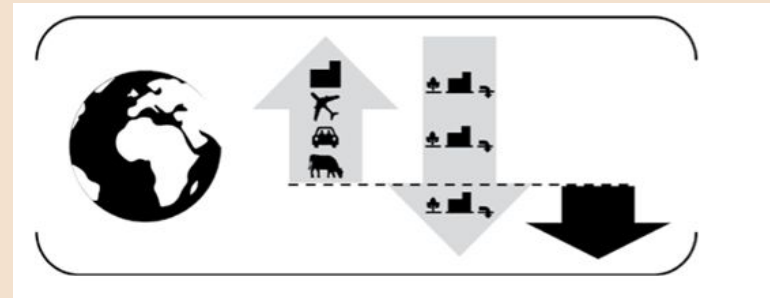
Αρνητικές εκπομπές από BECCS: πρόκειται για τις καθαρές εκπομπές από την εφοδιαστική αλυσίδα BECCS, σε κλίμακα έργου, ή συνολικά σε όλα τα έργα BECCS, λαμβάνοντας υπόψη τις απώλειες συστήματος, τις εκπομπές που σχετίζονται με την αλλαγή χρήσης γης και τις εκπομπές ορυκτών καυσίμων.

Ενέργεια βιομάζας με δέσμευση άνθρακα BECCS

Σχηματική απεικόνιση για τις αρνητικές εκπομπές άνθρακα από BECCS.



Παγκόσμιες “καθαρές” αρνητικές εκπομπές: συμβαίνουν όταν το ποσό των παγκόσμιων αρνητικών εκπομπών (από όλες τις προσεγγίσεις αρνητικών εκπομπών συνδυαστικά) υπερβαίνει τις εκπομπές CO₂ από όλες τις άλλες ανθρώπινες πηγές, π.χ. ενέργειας, των μεταφορών και της γεωργίας.



Οι παγκόσμιες “καθαρές” αρνητικές εκπομπές συμβαίνουν όταν η συνολική ποσότητα αρνητικών εκπομπών υπερβαίνει τις εκπομπές CO₂ από όλες τις άλλες ανθρώπινες πηγές, π.χ. ενέργειας, των μεταφορών και της γεωργίας.



Στόχοι εκπομπών νερού

Προκειμένου να γίνουν αυστηρότεροι οι κανονισμοί σχετικά με τις απορρίψεις λυμάτων, η ΕΡΑ ενημέρωσε τις Κατευθυντήριες Γραμμές Περιορισμού Αποβλήτων (ELG) και τα πρότυπα για την κατηγορία σημείων πηγών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ατμού τον Νοέμβριο του 2015. Οι ELG είναι ένα εθνικό σύστημα NSPS που βασίζεται στην τεχνολογία που έχει συνταχθεί από δεδομένα της βιομηχανίας . Με τη χρήση τεχνολογιών που υπάρχουν ήδη και χρησιμοποιούνται στον τομέα της ενέργειας, προορίζονται να προσφέρουν ευελιξία στην εφαρμογή τους. Τα ελάχιστα πρότυπα εκφόρτισης είναι τα ομοσπονδιακά πρότυπα που ορίζονται από αυτόν τον κανόνα. Η τοπική αδειοδοτούσα αρχή μπορεί να θεσπίσει πιο αυστηρά πρότυπα με βάση την ποιότητα του νερού, επειδή τα ELG επιβάλλονται στο πλαίσιο του Εθνικού Συστήματος Εξάλειψης Απόρριψης Ρύπων. Ωστόσο, αυτή η έκθεση δεν έλαβε υπόψη αυτές τις πρόσθετες απαιτήσεις.





Στόχοι εκπομπών νερού

Νέες κατηγορίες λυμάτων και περιορισμοί απόρριψης καθορίστηκαν με τον τελικό κανόνα ELG, ο οποίος αναθεώρησε επίσης τις προδιαγραφές απόρριψης για τις ήδη υπάρχουσες κατηγορίες λυμάτων. Οι κατηγορίες που προστέθηκαν ή τροποποιήθηκαν πρόσφατα στον κανόνα είναι οι εξής:

Λυματούχο νερό από τη διαδικασία αφαίρεσης αερίων (FGD wastewater)

- Fly ash transport water
- Bottom ash transport water
- Landfill leachate
- Flue gas Hg control wastewater
- Non-chemical metal cleaning wastewater
- Wastewater from gasification of fuels such as coal and petroleum coke



Στο αναθεωρημένο ELG, δημιουργήθηκε μια νέα κατηγορία λυμάτων για μη χημικό καθαρισμό μετάλλων. Η αντιμετώπιση αυτής της ροής δεν εξετάστηκε σε αυτήν την αναφορά επειδή δεν τέθηκαν νέοι περιορισμοί για αυτήν την κατηγορία.

Αυτή η έκθεση δεν αξιολογεί τα “στραγγίσματα” των χωματερών επειδή υποτίθεται ότι η απόρριψη φυτικών υποπροϊόντων δεν εμπίπτει στο πεδίο εφαρμογής των εγκαταστάσεων που εξετάστηκαν σε αυτήν τη μελέτη.

Με παρόμοιο τρόπο, η συνδυασμένη μέθοδος έγχυσης ροφητικού και έγχυσης άνθρακα για τον έλεγχο των καυσαερίων Hg δεν παράγει ρεύμα νερού για επεξεργασία. Ως αποτέλεσμα, μόνο το ρεύμα εκκένωσης των λυμάτων FGD χρειάζεται να υποβληθεί σε επεξεργασία.






Θεωρήθηκε ότι οι διακοπτόμενες απορρίψεις (όπως λύματα από χημικό καθαρισμό μετάλλων), η απορροή στοίβας άνθρακα, τα απόβλητα χαμηλού όγκου θα συμμορφώνονταν με όλους τους ισχύοντες κανονισμούς και δεν απαιτούσαν περαιτέρω επεξεργασία πέραν της τυπικής θεωρούνται. Το Σχήμα 2-12 παρουσιάζει τα ισχύοντα όρια απόρριψης λυμάτων.

Exhibit 2-12. New source treated FGD wastewater discharge limits [28]


Effluent Characteristic	Long-Term Average	Daily Maximum Limit	Monthly Average Limit ^A
Arsenic, ppb	4.0	4	-
Mercury, ppt	17.8	39	24
Selenium, ppb	5.0	5	-
Total Dissolved Solids, ppm	14.9	50	24

^AMonthly Average Limit refers to the highest allowable average of daily discharges over 30 consecutive days




Δυνατότητα χρήσης αστικών στερεών αποβλήτων ως πόρους βιοενέργειας με δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα (BECCS)

Εκτιμάται πως τα αστικά στερεά απόβλητα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως πόροι βιοενέργειας με δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα (BECCS). Γνωρίζουμε τις παρακάτω δύο επιλογές στο BECCS: αποτέφρωση αστικών στερεών αποβλήτων με δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα (MSW-CCS), και αέριο χωματερής που καίγεται σε αεριοστρόβιλο με δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα (LFG-CCS). Για την αξιολόγηση της σκοπιμότητας των επιλογών BECCS που βασίζονται σε ΑΣΑ(Αστικά Στερεά Απόβλητα), διενεργήθηκαν εκτιμήσεις τεχνοοικονομικών και περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Στην περίπτωση ενός σεναρίου «business-as-usual» χωρίς πολιτική εκπομπής σε ισχύ, το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και από τις δύο επιλογές BECCS είναι υψηλότερο από ένα εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας με άνθρακα με CCS.



Δυνατότητα χρήσης αστικών στερεών αποβλήτων ως πόρους βιοενέργειας με δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα (BECCS)

Αυτά τα συστήματα BECCS, ωστόσο, παρέχουν μειωμένο κόστος αποφυγής CO₂. Η οικονομική βιωσιμότητα αυτών των τεχνολογιών στις αγορές ισχύος όπου ο άνθρακας είναι η κύρια πηγή επηρεάζεται σημαντικά από την εισαγωγή πιστοποιητικών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ή προγράμματα επιστροφής αρνητικών εκπομπών σε BECCs. Σύμφωνα με την εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων, στο σενάριο MSW-CCS, αφαιρείται περίπου 0,7 kg CO₂-eq για κάθε κιλό υγρού ΑΣΑ(Αστικά Στερεά Απόβλητα) που καίγεται. Αυτό σημαίνει ότι εάν ένα σύστημα MSW-CCS χρησιμοποιεί και τα 4 δισεκατομμύρια τόνους MSW που παράγονται ετησίως μέχρι το 2100, θα έχει ως αποτέλεσμα περίπου αρνητικούς 2,8 δισεκατομμύρια τόνους CO₂.



Δυνατότητα χρήσης αστικών στερεών αποβλήτων ως πόρους βιοενέργειας με δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα (BECCS)

Τα οργανικά απόβλητα που εξάγονται από αστικά στερεά απόβλητα είναι ένας από τους πόρους που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βιοενέργειας (MSW). Ένα από τα κύρια υποπροϊόντα της αστικοποίησης είναι τα MSW. Με περίπου 3 δισεκατομμύρια ανθρώπους που ζουν σε πόλεις παγκοσμίως, παράγονται 1,3 δισεκατομμύρια τόνοι στερεών αποβλήτων κάθε χρόνο. Εάν δεν γίνει διαχείριση αυτής της ποσότητας στερεών αποβλήτων, θα μπορούσε να αποτελέσει σημαντική πηγή ατμοσφαιρικής ρύπανσης, εκπομπών μεθανίου, κινδύνους για την υγεία των ανθρώπων και των οικοσυστημάτων και τη μόλυνση των υπόγειων υδάτων. Η Διεθνής Ομάδα για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) εκτιμά ότι το 2010, η «διαχείριση» στερεών αποβλήτων αντιπροσώπευε το 3% (1,4 Gt CO₂-eq/έτος) των παγκόσμιων εκπομπών αερίων θερμοκηπίου και οι εκπομπές μεθανίου από χώρους υγειονομικής ταφής αντιστοιχούσαν στο 12% του παγκόσμιου ανθρωπογενούς μεθανίου εκπομπές (U.S. Environmental Protection Agency, 2006).



Σε αυτή τη μελέτη, διερευνήθηκε το παγκόσμιο δυναμικό χρήσης αστικών στερεών αποβλήτων ως πόρος για βιοενέργεια με δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα (BECCS). Μοντελοποιήθηκαν δύο συστήματα BECCS, αποτέφρωση αστικών στερεών αποβλήτων με δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα (MSW-CCS) και αέριο χωματερής που καίγεται σε αεριοστρόβιλο με δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα (LFG-CCS). Σε σύγκριση με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με βάση τον άνθρακα, και οι δύο επιλογές BECCS είναι πιο ακριβές υπό κανονικές συνθήκες χωρίς κανονισμούς εκπομπών ρύπων. Σε σύγκριση με την τεχνολογία άνθρακα-CCS, το συνολικό κόστος της αποφυγής εκπομπών (\$/τόνο CO₂) ήταν χαμηλότερο για τις επιλογές BECCS, επειδή είχαν αποφευχθεί υψηλότερο καθαρό CO₂ σε αυτήν τη μοντελοποίηση. Ωστόσο, η οικονομική βιωσιμότητα αυτών των τεχνολογιών σε αγορές ηλεκτρικής ενέργειας όπου ο άνθρακας είναι το κύριο καύσιμο επηρεάζεται σημαντικά από την εισαγωγή πιστοποιητικών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ή ενός συστήματος επιστροφής των αρνητικών εκπομπών. Η εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων των προτεινόμενων μοντέλων BECCS αποκάλυψε ότι και τα δύο συστήματα έχουν σημαντική δυνατότητα να μειώσουν τις “καθαρές” εκπομπές CO₂ παραμένοντας φιλικά προς το περιβάλλον.

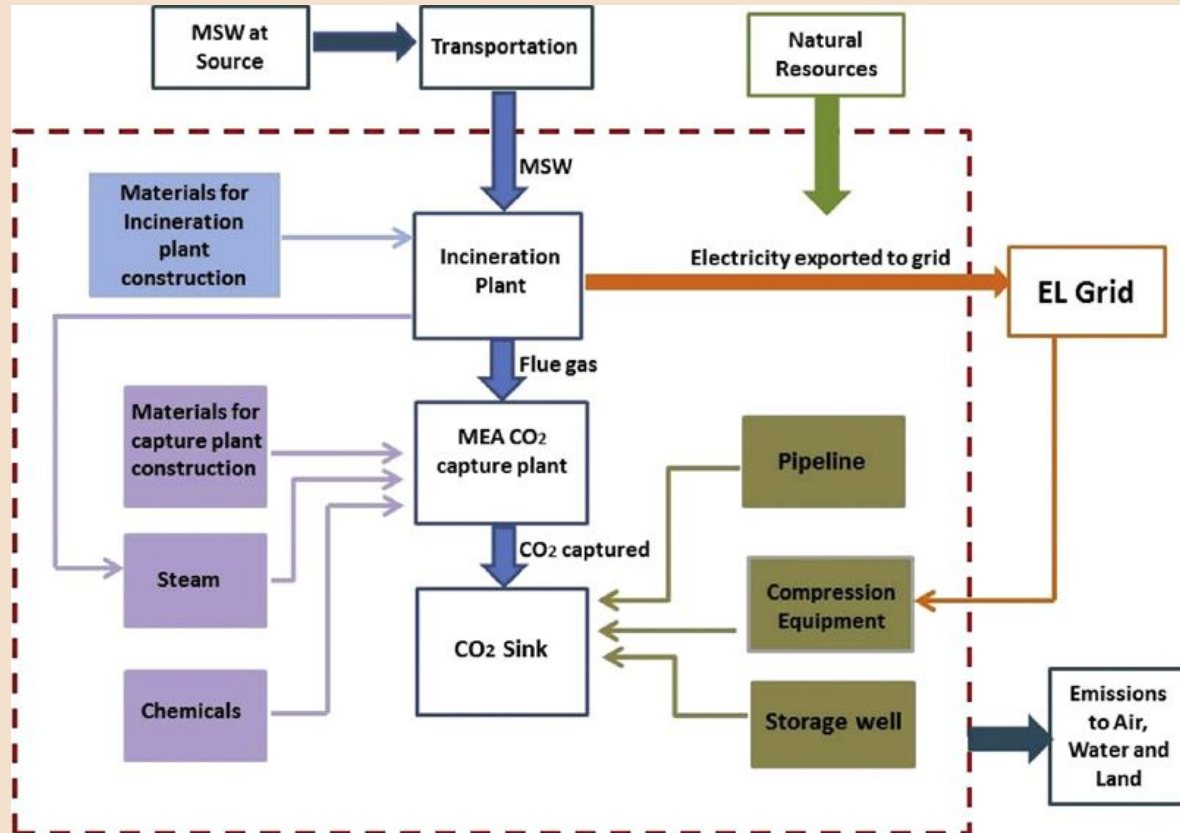


Όσον αφορά το παγκόσμιο μοντέλο MSW-CCS, παρήχθησαν περίπου $-0,7$ kg CO₂-eq για κάθε κιλό υγρών MSW που καίγονταν. Το μοντέλο LFG-CCS επέδειξε αξιοσημείωτο βαθμό ευαισθησίας στην απόδοση συλλογής του LFG. Οι καθαρές εκπομπές μειώθηκαν από $0,56$ σε $-0,29$ kg CO₂-eq όταν η απόδοση συλλογής αυξήθηκε από το μεσαίο εύρος 75% σε ένα υψηλό εύρος 95% . Εάν το σύνολο των 4 δισεκατομμυρίων τόνων MSW που παράγονται ετησίως σε όλο τον κόσμο μέχρι το 2100 επρόκειτο να χρησιμοποιηθούν στο MSW-CCS, αυτό θα ισοδυναμούσε με περίπου $2,8$ δισεκατομμύρια τόνους εκπομπών CO₂ ή περίπου $-1,16$ δισεκατομμύρια τόνους μέσω του LFG-CCS. Τα ευρήματα της μελέτης δείχνουν ότι, αν και είναι πιο ακριβό, το MSW-CCS είναι καλύτερη επιλογή από το LFG-CCS για τη μείωση των εκπομπών CO₂.

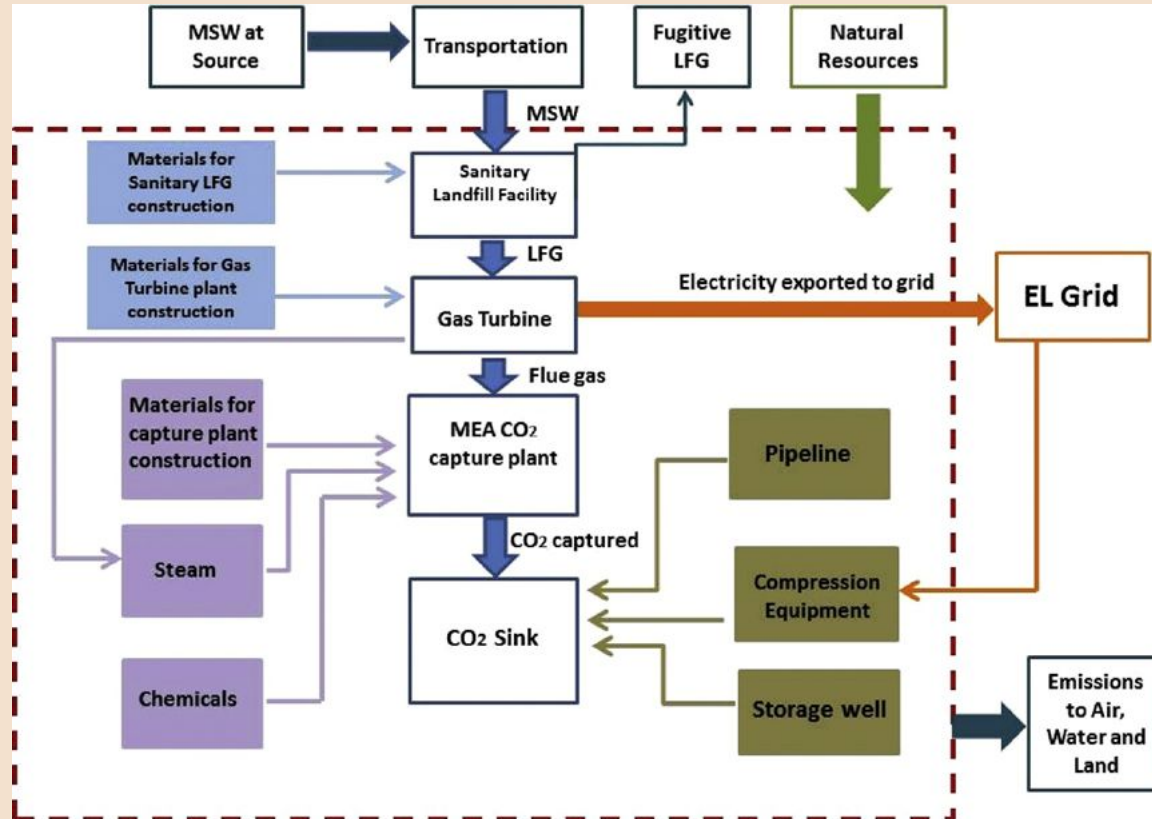
Η επιλογή ενός BECCS συστήματος με βάση τα απόβλητα επηρεάζεται κυρίως από το επίπεδο προόδου του συστήματος διαχείρισης αποβλήτων, τα τεχνικά και περιβαλλοντικά πρότυπα, τα πολιτικά και ρυθμιστικά πλαίσια και από αυτούς τους παράγοντες. Η κατανομημένη φύση των πόρων, η πρόσβαση σε προσιτές και αποτελεσματικές τεχνολογίες αποβλήτων σε ενέργεια και δέσμευσης CO₂ και η έλλειψη επαρκών προγραμμάτων πολιτικής και οικονομικής υποστήριξης αποτελούν εμπόδια στη μεγάλη κλίμακα ανάπτυξη συστημάτων BECCS που βασίζονται σε MSW, παρά τις σημαντικές δυνατότητες παραγωγής αρνητικών εκπομπών CO₂. Από την άλλη πλευρά, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω BECCS που βασίζεται σε ΑΣΑ(Αστικά Στερεά Απόβλητα) έχει τη δυνατότητα να μειώσει σημαντικά το ατμοσφαιρικό CO₂ και να βοηθήσει στην επίτευξη των στόχων COP, δεδομένου του κατάλληλου πλαισίου πολιτικής.



Στο παρακάτω σχήμα τα MSW καίγονται σε μια μονάδα αποτέφρωσης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία εξάγεται στο δίκτυο.



Το παρακάτω σχήμα δείχνει το μοντέλο που χρησιμοποιείται για την παραγωγή και την καύση αερίου χλωματερής σε αεριοστρόβιλο με δέσμευση και αποθήκευση CO₂ (LFG-CCS).



Προκλήσεις

| 07 |





BECCS: μια αμφιλεγόμενη λύση

Θεωρητικά, το BECCS αντικαθιστά την ενέργεια και τα καύσιμα που βασίζονται σε ορυκτά καύσιμα αφαιρώντας μόνιμα το CO₂ από την ατμόσφαιρα και παράγοντας αξιόπιστη ενέργεια χαμηλών εκπομπών άνθρακα. Επειδή το BECCS εξαρτάται εν μέρει από καθιερωμένες ή ώριμες τεχνολογίες, υποθέτουμε ότι μπορεί να εφαρμοστεί μεσοπρόθεσμα με σχετικά χαμηλό κόστος. Αυτοί οι παράγοντες οδήγησαν στη συνεχή συμπερίληψη του BECCS στις προβλεπόμενες διαδρομές εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, με επίπεδα ανάπτυξης έως και 400 exajoules (EJ) ετησίως για την παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας και 22,5 Gt CO₂ ετησίως για την απομάκρυνση του άνθρακα. Ωστόσο, μπορεί να είναι δύσκολο να κατανοηθούν οι υποθέσεις BECCS που γίνονται σε αυτές τις οδούς.



BECCS: μια αμφιλεγόμενη λύση

Τόσο μεγάλη εξάρτηση από μια τεχνολογία που δεν έχει ακόμη έχει αναπτυχθεί σε κλίμακα έχει προκαλέσει ερωτήματα σχετικά με την βιωσιμότητα και τους κινδύνους που εγκυμονεί. Αυτές οι ανησυχίες περιλαμβάνουν:

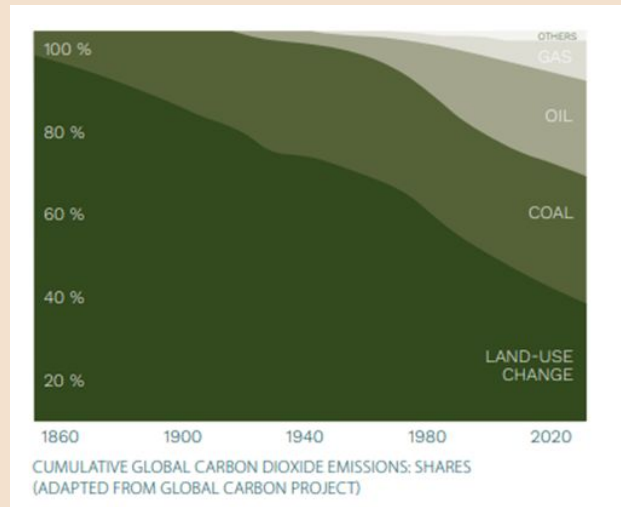
- το δυνητικό μέγεθος της βιομηχανίας—ορισμένα IAM οραματίζονται το BECCS να αναπτυχθεί μέχρι το τέλος του αιώνα σε κλίμακα που είναι τα δύο τρίτα του μεγέθους της βιομηχανίας ορυκτών καυσίμων σήμερα.
- Η σχετική εξάρτηση του συστήματος σε μια αρκετά μεγάλη ποσότητα βιώσιμης βιομάζας, νερού, γης και θρεπτικών ουσιών.
- η πιθανότητα ότι, εάν το BECCS αποτύχει, ο στόχος της βελτίωσης της θερμοκρασίας για το έτος 2100 θα χαθεί.

Το BECCS παράγει σημαντικές εκπομπές

Η λογική πίσω από το BECCS βασίζεται στην αναγνώριση ότι η βιοενέργεια είναι ουδέτερη ως προς τις εκπομπές του άνθρακα. Αντιθέτως, η εκάστοτε υπόθεση είναι εσφαλμένη, εφόσον λαμβάνονται υπόψη οι εκπομπές που προέρχονται από τη δασοκομία και την χρήση της γης. Επί του παρόντος, η δασοκομία είναι υπεύθυνη για το 30% του διοξειδίου του άνθρακα που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα και όχι τα ορυκτά καύσιμα. Ακόμα και κάτω από τις ιδανικότερες συνθήκες, η βιοενέργεια θα μπορούσε να παραχθεί μόνο από "πλεόνασμα βιομάζας" ενώ οι εκπομπές που προκύπτουν ύστερα από την καύση βιομάζας καταγράφονται από τις πηγές δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα (CCS). Ωστόσο δεν παρατηρείται καμία αναφορά στις έμμεσες εκπομπές και εκπομπές της εφοδιαστικής αλυσίδας που σχετίζονται με την απώλεια αποθήκευσης, την παραγωγή βιομάζας, την απομόνωση, τη μεταφορά, τον περιορισμό και την επεξεργασία. Οι προαναφερθείσες εκπομπές είναι υπεύθυνες για την απελευθέρωση σημαντικών ποσοτήτων εκπομπών.

Εκπομπές που σχετίζονται με την υλοτομία (μείωση των αποθεμάτων άνθρακα στο έδαφος και στα δέντρα)

Υπάρχει μια σημαντική χρονική καθυστέρηση μεταξύ της στιγμής της συγκομιδής ή της καύσης και της υποτιθέμενης αναγέννησης. Ο γενικός κανόνας είναι ότι εφόσον ένα δάσος κοπεί, απαιτείται ο ίδιος χρόνος για να επιστρέψει στο αρχικό επίπεδο αποθήκευσης άνθρακα, όσο δηλαδή χρειάστηκε για να μεγαλώσει. Αντίθετα, αυτό είναι εφικτό στην περίπτωση όπου ένα μεγάλο μέρος του ξύλου αφεθεί για αποσύνθεση έτσι ώστε να επιτραπεί η ανάπτυξη του δάσους.






Κατά μέσο όρο, ένα δάσος ενδέχεται να χρειαστεί από 50 έως 120 χρόνια ώστε να απορροφήσει την ποσότητα του άνθρακα που απορροφούσε κάποτε. Ωστόσο υπάρχει η πιθανότητα να μην μπορέσει ποτέ να φιλοξενήσει τόσο άνθρακα όσο πριν, διότι η υλοτομία καταστρέφει το έδαφος και θρεπτικά συστατικά που αυτό περιέχει. Εξίσου σημαντικό παράγοντα στις αβέβαιες μελλοντικές συνθήκες ανάπτυξης παίζει η τεράστια κλιματική αλλαγή. Επιπροσθέτως, ενώ ένα δάσος που αφήνεται όρθιο συνεχίζει να απομακρύνει άνθρακα, τη στιγμή που κόβεται, η δέσμευση σταματά. Η απώλεια δέσμευσης άνθρακα ενός συγκομισμένου δάσους είναι γνωστή ως χαμένη δέσμευση. Χωρίς την ανάγκη για βιοενέργεια και την καλλιέργεια αντίστοιχων καλλιεργειών βιοενέργειας, τα δάση θα μπορούσαν να αποθηκεύουν περισσότερο άνθρακα γρηγορότερα καθώς μεγαλώνουν, κάνοντας τα πιο ικανά να προσαρμοστούν στην κλιματική αλλαγή και να έχουν μεγαλύτερο θετικό αντίκτυπο στην κλιματική αλλαγή. Παράλληλα, η χρήση ξύλου ως υλικού, και όχι ως πηγής ενέργειας, θα συνεισφέρει σημαντικά στην αποθήκευση άνθρακα αντί στην εκπομπή του.



Εκπομπές που προκύπτουν από επιβλαβείς αλλαγές στη χρήση της γης

Η καλλιέργεια σοδειών για βιοκαύσιμα μπορεί να θέσει σε κίνδυνο τα αποθέματα τροφίμων οδηγώντας σε περαιτέρω αποψίλωση δασών, καθιστώντας την μετατροπή των δασών σε γεωργική έκταση μια από τις κυριότερες αιτίες της κλιματικής αλλαγής. Η υπερθέρμανση του πλανήτη μπορεί να επιταχυνθεί εάν το υπάρχον πρόβλημα επιδεινωθεί, το οποίο θα οφείλεται στην καλλιέργεια σοδειών για την παραγωγή βιοενέργειας. Εκτός από την άμεση αλλαγή χρήσης γης, η αυξημένη ζήτηση γης μπορεί επίσης να προκαλέσει έμμεση αλλαγή χρήσης γης (ILUC).



Εκπομπές από την αλυσίδα εφοδιασμού, το CCS και την παραγωγή βιομάζας

Η αύξηση της βιομάζας των ειδικών καλλιεργειών μπορεί να αυξήσει σημαντικά την ποσότητα λιπασμάτων που χρησιμοποιείται. Η παραγωγή, η αποθήκευση και η χρήση λιπασμάτων απελευθερώνει οξείδιο του αζώτου (N_2O), το οποίο είναι ιδιαίτερα επικίνδυνο επειδή έχει δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη έως και 300 φορές υψηλότερο από το διοξείδιο του άνθρακα. Ερευνητές που προσπαθούν να υπολογίσουν τον αντίκτυπο της αυξημένης κατανάλωσης N_2O στην υπερθέρμανση του πλανήτη έχουν δείξει ότι το N_2O μπορεί να αντιπροσωπεύει από το 75% έως 310 % του άνθρακα που αποθηκεύεται στα δέντρα. Ακόμα και πριν συγκομιστεί και καεί η βιοενέργεια, η χρήση της από μόνη της μπορεί να αποτελέσει πηγή αερίων του θερμοκηπίου.





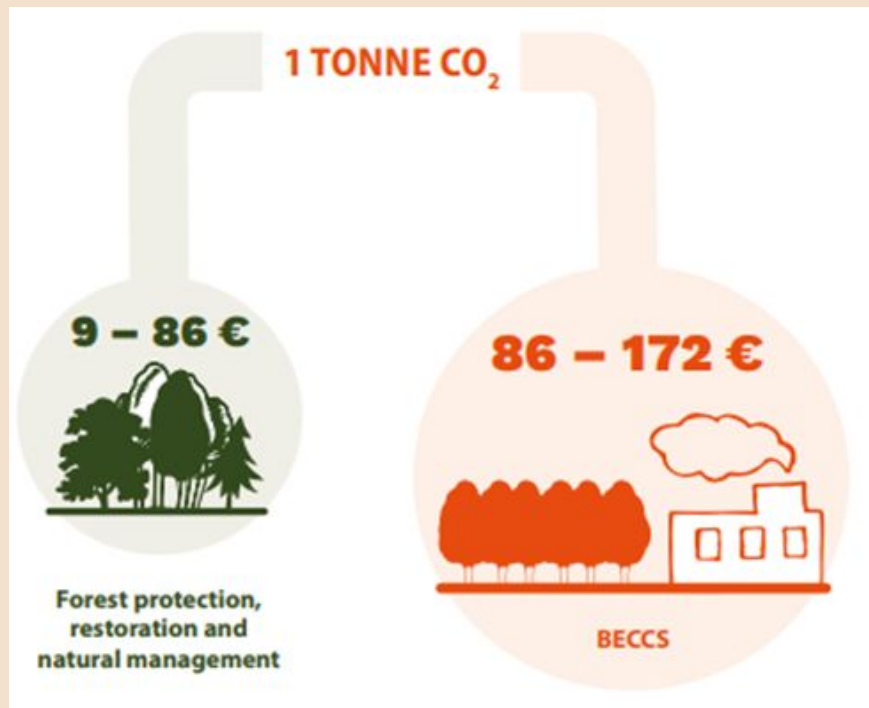
Υπάρχουν επίσης ανησυχίες σχετικά με την τεχνολογία CCS. Η διαδικασία συμπίεσης και έγχυσης διοξειδίου του άνθρακα υπόγεια απαιτεί σημαντική κατανάλωση ενέργειας. Οι πρόσθετες απαιτήσεις καυσίμων κατά τη χρήση CCS είναι έως και 31% για συστήματα καύσης άνθρακα. Αυτό υποδηλώνει ότι κάθε λειτουργία BECCS πρέπει να χρησιμοποιεί τουλάχιστον 31% επιπλέον βιομάζας για την ίδια ποσότητα ενέργειας όπως ένας σταθμός ηλεκτροπαραγωγής χωρίς BECCS. Επιπλέον, το διοξείδιο του άνθρακα μπορεί να διαρρεύσει από τους χώρους CCS. Το βάρος της βιομάζας δείχνει ότι οι εκπομπές της αλυσίδας εφοδιασμού μπορεί να είναι πολύ μεγάλες. Όσον αφορά τις εκπομπές που σχετίζονται με τις μεταφορές, τις καλλιέργειες βιοενέργειας και τις τεχνολογίες CCS που ήδη χρησιμοποιούνται και επεξεργάζονται, αντιπροσωπεύουν το 64% του συνολικού αποθηκευμένου άνθρακα. Για έναν τόνο διοξειδίου του άνθρακα που δεσμεύεται και αποθηκεύεται υπόγεια, οι εκπομπές από την αλυσίδα εφοδιασμού θα ανήλθαν σε 1,11 τόνους διοξειδίου του άνθρακα.



Το BECCS έχει τεχνικά εμπόδια και είναι απαγορευτικά ακριβό

Τα περισσότερα σενάρια αναφορικά με τον περιορισμό της υπερθέρμανσης του πλανήτη στους 1.5 βαθμούς Κελσίου απαιτούν τη διαθεσιμότητα και την ευρεία λειτουργία του BECCS από τα μέσα του αιώνα. Αν και προϋποτίθεται σιωπηρά ότι το BECCS μπορεί να εφαρμοστεί πολύ γρήγορα, υπάρχουν σημαντικές ανησυχίες σχετικά με το κόστος, την κλίμακα και τη σκοπιμότητα.





Το κόστος του BECCS είναι δύσκολο να εκτιμηθεί επειδή εξαρτάται από τις τιμές των πρώτων υλών βιομάζας, των εξαρτημάτων CCS, των υποδομών, των λειτουργιών και της ηλεκτρικής ενέργειας. Το BECCS υποδεικνύει ένα εύρος τιμών από 86 έως 172 ευρώ ανά τόνο διοξειδίου του άνθρακα (tCO₂), με βάση μια σύνθεση διαφόρων εκτιμήσεων κόστους.



Η τιμή του BECCS θα αυξηθεί παράλληλα με το κόστος των πρώτων υλών βιομάζας. Αντίθετα, η διαχείριση, η αποκατάσταση και η προστασία των φυσικών δασών έχει ήδη ξεκινήσει. Ανάλογα με την τιμή του ακινήτου και άλλους παράγοντες, το κόστος θα είναι περίπου 8,5 έως 85 ευρώ ανά tCO₂.

Η ασφάλεια των εγκαταστάσεων και των αγωγών αποθήκευσης άνθρακα αποτελεί τεχνικό εμπόδιο. Όπως έδειξαν πρόσφατα ατυχήματα στις Ηνωμένες Πολιτείες, οι διαρροές υψηλών συγκεντρώσεων διοξειδίου του άνθρακα αποτελούν θανατηφόρα απειλή για τους ανθρώπους, τα οικοσυστήματα και το κλίμα.

Μικροί σεισμοί που προκαλούνται από την έγχυση συμπιεσμένου διοξειδίου του άνθρακα σε γεωλογικούς σχηματισμούς μπορεί επίσης να προκαλέσουν διαρροές σε χώρους CCS. Όπως τα πυρηνικά απόβλητα, θα απαιτήσει μακροχρόνια αποθήκευση, η οποία θα έχει σημαντικές οικονομικές επιπτώσεις.

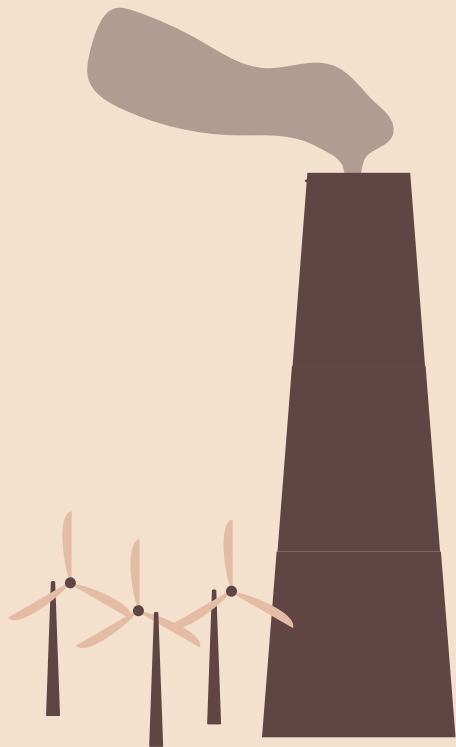


Το BECCS θα απαιτούσε ένα τεράστιο ποσό γης ανεβάζοντας και την τιμή των τροφίμων

Καθώς αυξάνεται ο ανθρώπινος πληθυσμός, αυξάνεται και η ανάγκη για γη και για τρόφιμα. Ωστόσο, οι άνθρωποι έχουν ήδη ξεπεράσει πολλά από τα οικολογικά όρια του πλανήτη μέσω της γεωργίας. Από πού θα προέλθει επιπλέον βιομάζα;

Σύμφωνα με έρευνα της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC), η αύξηση των τιμών της βιοενέργειας αυξάνει την πίεση στη γη και την τιμή των γεωργικών προϊόντων, όπως τα τρόφιμα.

Η απόφαση να διατεθούν λιγότερα από 10 εκατομμύρια εκτάρια (Mha) (η έκταση της Νότιας Κορέας) ή περισσότερα από 1000 Mha (η έκταση του Καναδά) στη βιοενέργεια είναι ένα από τα σενάρια για τη διατήρηση της υπερθέρμανσης του πλανήτη κάτω από 1,5 βαθμούς.



Για κάθε τόνο άνθρακα που απομακρύνεται εικονικά, θα χρειάζονταν από 0,1 έως 0,4 εκτάρια γης για να καλλιεργηθούν καλλιέργειες αφιερωμένες στο BECCS. Ανάλογα με το κλιματικό σενάριο, ο χώρος που απαιτείται θα ποικίλλει. Για παράδειγμα, εάν καλλιεργήσουμε βιομάζα σε μια έκταση 1-2 φορές το μέγεθος της Ινδίας (380-700 εκατομμύρια εκτάρια), θα έχουμε 50% πιθανότητα να διατηρήσουμε την υπερθέρμανση του πλανήτη κάτω από 2 βαθμούς. Αυτό σημαίνει ότι το 25-46% της καλλιεργήσιμης γης και των μόνιμων καλλιεργειών του κόσμου μετατρέπεται σε βιομάζα. Εάν ο στόχος είναι να περιοριστεί η υπερθέρμανση του πλανήτη στους 1,5 βαθμούς Κελσίου, η περιοχή θα πρέπει να αυξηθεί σημαντικά.

Μεγάλες διακυμάνσεις παρατηρούνται επίσης όταν αγνοείται η παραγωγή βιοενέργειας από άρδευση, γεγονός που υποδηλώνει ότι η ευρεία χρήση βιοενέργειας απαιτεί έναν συμβιβασμό μεταξύ της ποσότητας γης και νερού που απαιτείται. Επιπλέον, η παραγωγή βιοενέργειας μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα. Η μετατροπή των δασών σε εκτάσεις βιομάζας μπορεί να καταστρέψει φυσικά οικοσυστήματα και να μετατοπίσει ενδημικά είδη. Η αύξηση της ζήτησης για βιομάζα μπορεί επίσης να οδηγήσει σε αύξηση της χρήσης λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, τα οποία μπορούν να μολύνουν το νερό και το έδαφος.



Σημαντικές αλλαγές στη χρήση γης θα μπορούσαν επίσης να οδηγήσουν σε σημαντική υποβάθμιση του εδάφους, γεγονός που θα δυσκόλευε την καλλιέργεια τροφίμων και θα είχε αρνητικές επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα και τους υδάτινους πόρους.

Δεδομένου ότι τα ηλιακά συστήματα στην πλειονότητα των χωρών μπορούν να παράγουν περισσότερο από 100 φορές την ωφέλιμη ενέργεια ανά εκτάριο από όση αναμένεται να παράγει η βιοενέργεια στο μέλλον, ακόμη και υπό αισιόδοξες παραδοχές, η χρήση βιομάζας για ενέργεια γίνεται όλο και πιο ανησυχητική.


TO MEET THE 2 DEGREE AIM AN AREA OF
LAND 1-2 TIMES THE SIZE OF INDIA
WOULD BE NECESSARY FOR BECCS

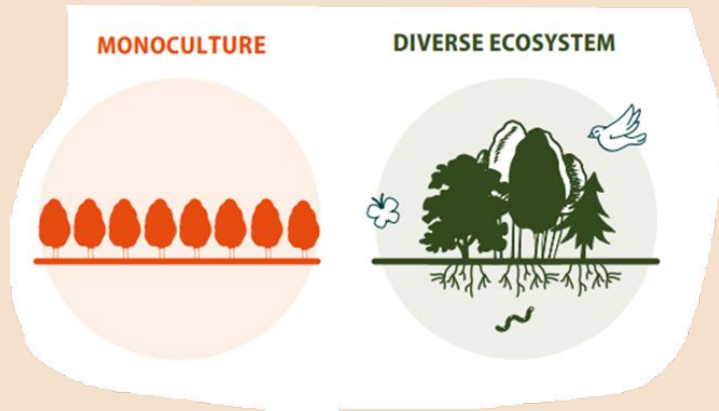




Το BECCS θα έβλαπτε την βιοποικιλότητα

Από το 1970 έως το 2012, η βιοποικιλότητα των σπονδυλωτών μειώθηκε κατά 58%. Αυτό οφείλεται κυρίως στην εντατικοποίηση και την αύξηση της χρήσης γης από τον άνθρωπο. Το αυξημένο ενδιαφέρον για τη γη θα θέσει περαιτέρω κινδύνους για τη βιοποικιλότητα. Περιοχές που θεωρείται ότι έχουν μεγάλο δυναμικό για καλλιέργειες ειδικά για βιοενέργεια επικαλύπτονται με μεγάλες προστατευόμενες περιοχές. Η ευρεία εφαρμογή του BECCS θα μειώσει τις αυξήσεις της θερμοκρασίας για τα χερσαία είδη έως και 2,8 βαθμούς Κελσίου.





Οι απόψεις της IPCC σχετικά με τη βιοενέργεια αντιφάσκουν επειδή, ενώ αναγνωρίζουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της αυξημένης χρήσης βιοενέργειας, τα σενάρια 1,5 βαθμού τους περιλαμβάνουν επίπεδα που είναι μη βιώσιμα. Οι επιστήμονες συμφωνούν ότι η ποσότητα βιοενέργειας που θα παραχθεί το 2050 δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 100 exajoules (EJ) ετησίως. Εάν η βιοενέργεια χρησιμοποιείται σε αυτά τα επίπεδα ή υψηλότερα, οι τιμές των τροφίμων και η ικανότητα προστασίας της βιοποικιλότητας θα επηρεαστούν σοβαρά.

Παρά ταύτα, στα σενάρια 1,5 βαθμού, η μέση ετήσια κατανάλωση βιοενέργειας το 2050 είναι πάνω από 150 EJ.

Το BECCS θα έπαιρνε τεράστια ποσότητα νερού

Όταν οι ειδικοί κλιματικών μοντέλων συζητούν την ανάγκη για "πρόσθετη βιομάζα", πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τις σημαντικές απαιτήσεις σε νερό που θα συνεπάγεται. Μέχρι το τέλος του αιώνα, η ζήτηση βιομάζας αναμένεται να αυξήσει το κόστος του νερού καθώς και της γης, ιδιαίτερα στην περιοχή της Ασίας-Ειρηνικού (κατά 330%) και στη Λατινική Αμερική (κατά 460%).

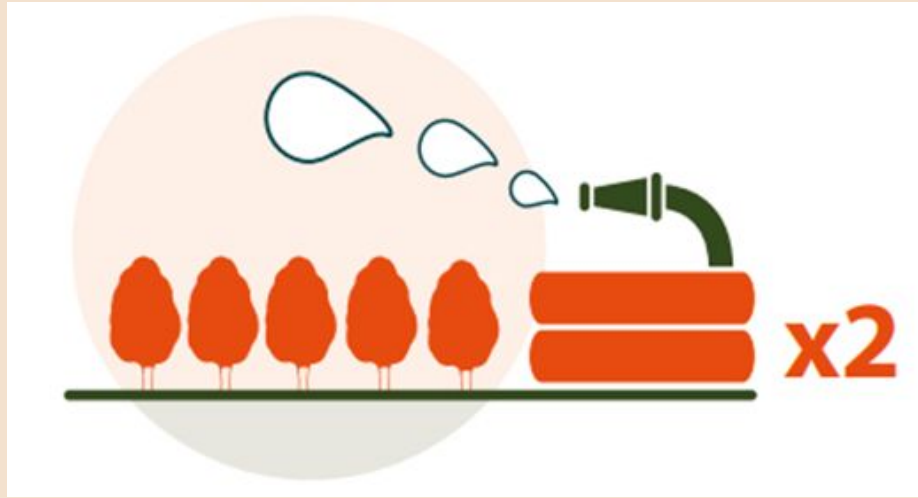
Παγκοσμίως, η άρδευση είναι ο κύριος παράγοντας που συμβάλλει στην εξάντληση των υπόγειων υδάτων. Μέχρι το 2050, θα υπάρχουν πέντε δισεκατομμύρια περισσότεροι άνθρωποι στον πλανήτη από το σχεδόν μισό του πληθυσμού που ζει σήμερα σε περιοχές με έλλειψη νερού.



Η ποσότητα νερού που χρησιμοποιείται σήμερα για την άρδευση της παραγωγής τροφίμων θα πρέπει να διπλασιαστεί και με το παραπάνω για να παραχθεί αρκετή βιομάζα για να επιτευχθεί ο στόχος των δύο βαθμών.

Το BECCS θα μπορούσε να μας ωθήσει όχι μόνο πέρα από τα όρια της κατανάλωσης γλυκού νερού, αλλά και τα όρια άλλων πλανητών. Ερευνητές διαπίστωσαν ότι η δυνατότητα αρνητικών εκπομπών από εργοστάσια βιοενέργειας είναι μικρή εάν ληφθούν ως προληπτικά μέτρα οι τοπικοί περιβαλλοντικοί περιορισμοί.





Αυτές οι εγκαταστάσεις θα απομακρύνουν λιγότερο από 100 εκατομμύρια τόνους άνθρακα ετησίως, ένα μικρό κλάσμα των 600 εκατομμυρίων έως 1,1 δισ. τόνων άνθρακα που απαιτούνται ετησίως έως το 2050.

Το BECCS αποτελεί εμπόδιο στην ενεργειακή μετάβαση

Πολλές στρατηγικές εφαρμόζονται ήδη για τη μείωση των παγκόσμιων εκπομπών ορυκτών καυσίμων, συμπεριλαμβανομένης της μείωσης της άσκοπης κατανάλωσης, της αύξησης της απόδοσης και της επέκτασης της χρήσης ηλιακής και αιολικής ενέργειας.

Ωστόσο, η βιομηχανία ορυκτών καυσίμων επιθυμεί να προωθήσει το BECCS ως μη ορυκτή πηγή ενέργειας, με τις κυβερνήσεις να απορροφούν το πραγματικό κόστος ανάπτυξης (άμεσα ή μέσω κινήτρων) αντί να παρέχουν αυτές τις λύσεις.

Επιπλέον, το BECCS προωθεί τη συνεχή χρήση ορυκτών καυσίμων με διάφορους πρακτικούς τρόπους, ιδιαίτερα όσον αφορά τον άνθρακα και το πετρέλαιο.



Για παράδειγμα, πολλά εργοστάσια άνθρακα μετατρέπονται για να επιτρέψουν τη συν-αύξηση βιομάζας και άνθρακα αντί να κλείσουν. Τα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας BECCS που επιτρέπουν τη συν-αύξηση άνθρακα και βιομάζας θα λειτουργούσαν με παρόμοιο τρόπο. Στόχος της συν-αύξησης είναι να αυξηθεί η οικονομική και τεχνική βιωσιμότητα των εγκαταστάσεων BECCS. Η CCS των εκπομπών από τη συν-αύξηση βιομάζας με άνθρακα δοκιμάζεται ήδη από έργα επίδειξης στη Νορβηγία και το Ηνωμένο Βασίλειο.

Ακόμη πιο ανησυχητική είναι η ιδέα της χρήσης ενισχυμένης ανάκτησης πετρελαίου (EOR), μιας μεθόδου εξαγωγής πετρελαίου από εξαντλημένα κοιτάσματα πετρελαίου χρησιμοποιώντας διοξείδιο του άνθρακα από εγκαταστάσεις BECCS. Η τεχνολογία περιλαμβάνει την άντληση αερίου υπό υψηλή πίεση για να αναγκάσει το πετρέλαιο να ανέβει στην επιφάνεια και επί του παρόντος είναι δυνατή η παραγωγή επιπλέον 5 έως 15 τοις εκατό περισσότερου πετρελαίου σε μια δεδομένη δεξαμενή.



Μια σημαντική ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα χρησιμοποιείται ήδη για την ενισχυμένη ανάκτηση πετρελαίου (EOR) από τις τρέχουσες εφαρμογές CCS, οι οποίες είναι εγκατεστημένες κυρίως σε εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύση άνθρακα και βιομηχανικές εγκαταστάσεις υψηλών εκπομπών. Αυτό οφείλεται εν μέρει στο υψηλό κόστος της τεχνολογίας CCS και στο γεγονός ότι η πώληση του αιχμαλωτισμένου διοξειδίου του άνθρακα σε εταιρείες πετρελαίου τους επιτρέπει να ανακτήσουν την επένδυσή τους. Για παράδειγμα, αναμένεται ότι η μεταφορά διοξειδίου του άνθρακα για EOR σε μια πρόσφατα ολοκληρωμένη μεγάλης κλίμακας εφαρμογή αναβάθμισης CCS σε έναν ατμοηλεκτρικό σταθμό στο Petra Nova στο Τέξας θα αποπληρωθεί σε λιγότερο από δέκα χρόνια.

Βέλτιστη Υλοποίηση | 08 |



Βήματα

1.Επιλογή καυσίμων και διαλύτη.

2. Στο Integrated Environment Controlled Model (IECM), υπολογισμός του ρυθμού ροής καυσίμου και της καθαρής ισχύος εξόδου για διαφορετικές αναλογίες συν-καύσης βιομάζας, με βάση μια μονάδα παραγωγής ενέργειας 500 MW.

3. Μοντελοποίηση της συν-καύσης βιομάζας με άνθρακα στο FactSage με σκοπό να προσδιοριστεί η σύνθεση των καυσαερίων, οι θερμοδυναμικές ιδιότητες, ο ρυθμός ροής και η θερμοκρασία αδιαβατικής φλόγας (AFT).

4. Υπολογισμός ανάκτησης θερμότητας για τον προσδιορισμό της επίδρασης της ανάκτησης θερμότητας καυσαερίων στη συνολική απόδοση της μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και την ένταση του άνθρακα.

Επιλογή καυσίμου

Επιλέχθηκαν διάφοροι τύποι άνθρακα και βιομάζας με βάση τη βιβλιογραφία, προκειμένου να δημιουργηθεί ένα εκτενές φάσμα σεναρίων σύνθεσης και ποιότητας καυσίμου. Αυτά τα σεναρία καλύπτουν πτυχές όπως η περιεκτικότητα σε υγρασία, η περιεκτικότητα σε θείο και η περιεκτικότητα σε τέφρα, προσφέροντας έτσι μια αντιπροσωπευτική προσέγγιση των χαρακτηριστικών του καυσίμου.

Ως βιομάζα με χαμηλή περιεκτικότητα σε τέφρα, επιλέχθηκαν αποξηραμένα (5% υγρασία) και ακατέργαστα (50% υγρασία) καθαρά ροκανίδια, καθώς και αποξηραμένο (5% υγρασία) και ακατέργαστο (16% υγρασία) άχυρο σίτου, τα οποία επιλέχθηκαν ως βιομάζα υψηλής περιεκτικότητας σε τέφρα. Όσον τους ασφαλούχους άνθρακες, επιλέχθηκαν δύο είδη με μέτρια περιεκτικότητα σε θείο (0,9%) και υψηλή περιεκτικότητα σε θείο (2,5%), και σχετικά παρόμοια περιεκτικότητα σε υγρασία (περίπου 10%).

*Ο ασφαλτικός άνθρακας είναι ίσως το πιο δημοφιλές καύσιμο για περιστροφικούς κλιβάνους. Είναι αρκετά άφθονο σε πολλά μέρη του κόσμου, εμφανίζεται σε σχηματισμούς ιζηματογενών πετρωμάτων και συχνά βρίσκεται κοντά σε κοιτάσματα ασβεστόλιθου (επίσης ιζηματογενές πέτρωμα).

Bui, M., Fajardy, M., & Mac Dowell, N. (2017). Bio-Energy with CCS (BECCS) performance evaluation: Efficiency enhancement and emissions reduction. Applied energy, 195, 289-302.

Επιλογή διαλύτη

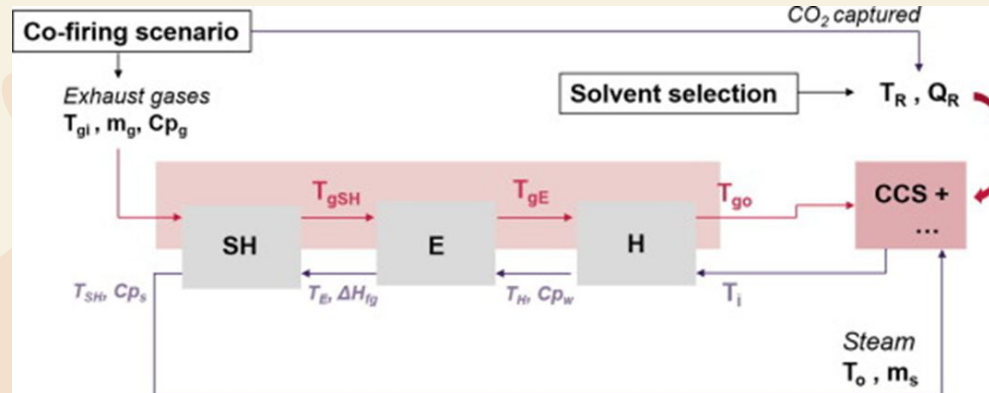
Διαλυτικό μέσο	Δυνατότητα θερμότητας (MJ tCO ₂ -1)	Θερμοκρασία του αναβραστήρα (°C)
MEA	3600	120
Cansolv	2300	120
“Νέος διαλύτης”	2000	80

- μονοαιθανολαμίνη (MEA)
- Η τεχνολογία Cansolv® της Shell είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα αφαίρεσης SO₂ και CO₂. Το SO₂ καθαρίζεται από τα καυσαέρια ακολουθούμενο από δέσμευση CO₂.

Μοντέλο σταθμού ηλεκτροπαραγωγής

Υπολογισμοί ανάκτησης θερμότητας

Στο MATLAB, σχεδιάστηκε ένα μοντέλο ανάκτησης θερμότητας (Εικ), για τον υπολογισμό της ποσότητας ανακτήσιμης θερμότητας από το σύστημα του λέβητα, καθώς και τη θερμοκρασία εξόδου των καυσαερίων, λαμβάνοντας υπόψη διάφορες αναλογίες συν-φύσησης και σενάρια διαλύτη.



Bui, M., Fajardy, M., & Mac Dowell, N. (2017). Bio-Energy with CCS (BECCS) performance evaluation: Efficiency enhancement and emissions reduction. Applied energy, 195, 289-302.

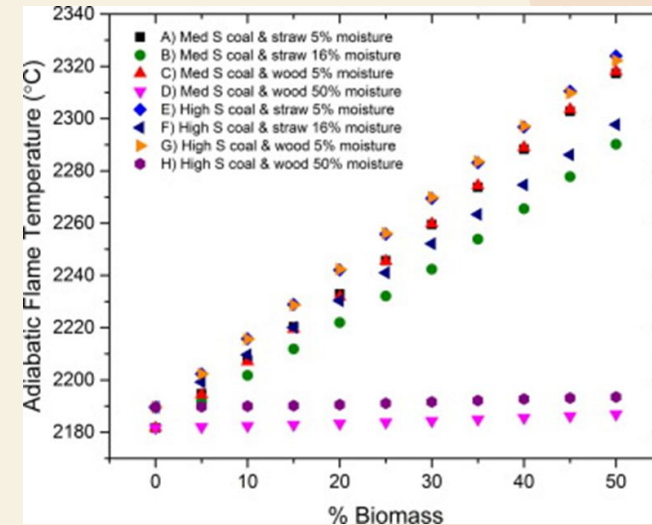
Συν-καύση βιομάζας με άνθρακα - Θερμοκρασία αδιαβατικής φλόγας (AFT)

Η θερμοκρασία της αδιαβατικής φλόγας υπολογίζεται βασιζόμενη στην αισθητή ενθαλπία, την ενθαλπία σχηματισμού, και τα εξαρτώμενα από τη θερμοκρασία δεδομένα ειδικής θερμικής ικανότητας για τα χημικά είδη στο καύσιμο. Το υπολογιζόμενο AFT (Adiabatic Flame Temperature) αλλάζει με διαφορετικές συνθέσεις καυσίμου, δηλαδή, με διαφορετική στοιχειομετρία αντιδραστηρίων ή χημικά είδη, καθώς και με την αρχική θερμοκρασία.

Bui, M., Fajardy, M., & Mac Dowell, N. (2017). Bio-Energy with CCS (BECCS) performance evaluation: Efficiency enhancement and emissions reduction. Applied energy, 195, 289-302.

Στο Σχήμα απεικονίζονται οι διαφορές στο υπολογισμένο AFT για διάφορα μείγματα βιομάζας και άνθρακα. Το AFT γενικά αυξήθηκε με υψηλότερο ποσοστό συν-φύσησης βιομάζας. Η μοντελοποίηση του FactSage αποκάλυψε ότι το AFT συνεχίζει να αυξάνεται γραμμικά καθώς το ποσοστό συν-καύσης βιομάζας αυξάνεται έως και 100%. Επιπλέον παρατηρήθηκε ότι, αν και η υψηλότερη θέρμανση (HHV) του μικτού καυσίμου μειώθηκε με την αύξηση του ποσοστού συν-φύσησης βιομάζας, ο ρυθμός καύσης αυξήθηκε για να καλύψει την καθορισμένη ισχύ του σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (500 MW).

Αυτό το φαινόμενο επαναλήφθηκε στο FactSage αυξάνοντας τη βάση μάζας σύμφωνα με τους ρυθμούς καύσης που προβλέπονται από την IECM. Το δημοσιευμένο εύρος AFT για διάφορα καύσιμα βιομάζας (ξηρή βάση) κυμαίνεται μεταξύ 1730 και 2430 °C, ενώ για τον άνθρακα κυμαίνεται μεταξύ 1900 και 2230 °C. Επομένως, οι υπολογιζόμενες τιμές του AFT από το FactSage για τη βιομάζα και τη συν-καύση άνθρακα (2182–2324 °C) είναι εντός των ορίων.

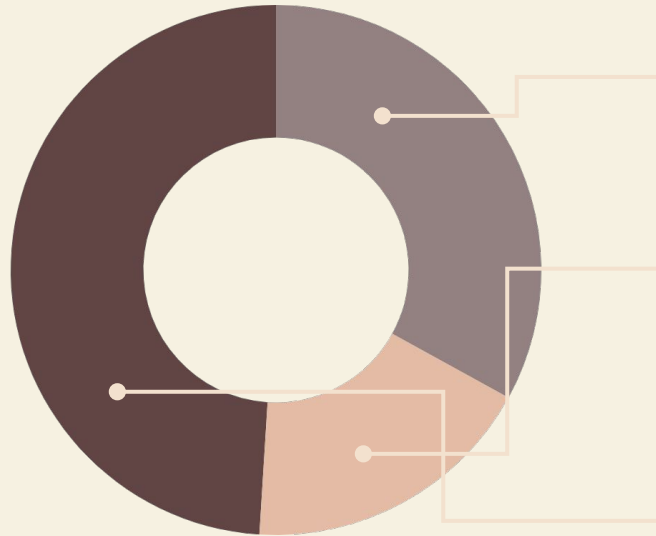


Η υγρασία του καυσίμου περιορίζει την απόδοση της καύσης λόγω:

1. Η υγρασία του καυσίμου επηρεάζει την απόδοση της καύσης λόγω διαφόρων παραγόντων:

Μείωση της θερμαντικής αξίας: Η παρουσία υγρασίας στο καύσιμο μπορεί να μειώσει τη θερμαντική αξία του, καθώς μέρος της ενέργειας καταναλώνεται για την εξάτμιση του νερού που περιέχεται στο καύσιμο.

2. **Εξάτμιση του νερού:** Η εξάτμιση του νερού, που είναι ενδόθερμη, μπορεί να εμποδίσει την αντίδραση εξώθερμης καύσης, δηλαδή την αντίδραση που παράγει ενέργεια και θερμότητα. Αυτό μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την απόδοση της καύσης.



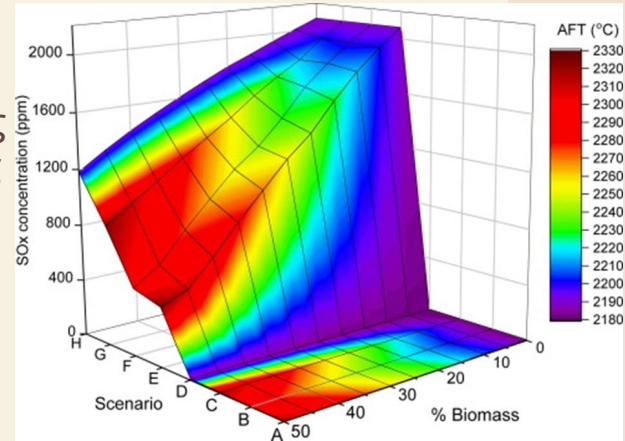
Για να διασφαλιστεί η αυτοσυντηρούμενη καύση της βιομάζας, το όριο για τη μέγιστη περιεκτικότητα σε υγρασία είναι περίπου 65% υγρή βάση. Επιπλέον, η περιεκτικότητα σε τέφρα μειώνει τη θερμαντική αξία του καυσίμου, καθώς η τέφρα δεν συμβάλλει στην απελευθέρωση θερμότητας κατά την καύση. Αυξημένη σύνθεση τέφρας και υγρασίας μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη Αδιαβατική Θερμοκρασία Φλόγας (AFT). Επιπλέον, η AFT μπορεί να μειωθεί με την αύξηση του ποσοστού συνθετικού αέρα. Για να αποφευχθεί η αστάθεια της φλόγας σε λέβητες και φούρνους, η θερμοκρασία πρέπει να διατηρείται πάνω από 1600 K. Συνεπώς, η κατανόηση της επίδρασης της περιεκτικότητας σε υγρασία και τέφρα, καθώς και των συνθηκών καύσης στην AFT, είναι ουσιώδης για τη διασφάλιση της αποτελεσματικής και ασφαλούς καύσης της βιομάζας.

Εκπομπές SOx και NOx

Οι εκπομπές των διοξειδίων του θείου (SOx) αναφέρονται ως συγκέντρωση στα καυσαέρια στους 370 °C, μετρημένη σε μονάδες μερών ανά εκατομμύριο με βάση το βάρος (ppm). Όπως φαίνεται στο Σχήμα η συν-καύση βιομάζας με άνθρακα οδηγεί σε σημαντική μείωση των εκπομπών SOx.

Παρόλο που οι περιοχές υψηλότερης Αδιαβατικής Θερμοκρασίας Φλόγας (AFT) συσχετίζονται με χαμηλότερες εκπομπές SOx, είναι απίθανο αυτές οι δύο παράμετροι να έχουν σχέση μεταξύ τους. Οι κύριοι λόγοι για τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του θείου (SO₂) είναι:

- (i) **Μείωση της περιεκτικότητας του καυσίμου σε θείο:** Η μείωση της περιεκτικότητας του καυσίμου σε θείο οδηγεί σε λιγότερο SO₂ που παράγεται κατά την καύση.
- (ii) **Παρουσία συγκεκριμένων συστατικών τέφρας:** Κάποια συστατικά της τέφρας μπορούν να απορροφήσουν το SO₂, μειώνοντας έτσι τις εκπομπές.



Συζήτηση

Το BECCS (Bioenergy with Carbon Capture and Storage) αναπαριστά μια ελπιδοφόρα τεχνολογία για αρνητικές εκπομπές CO₂, διαθέτοντας τη δυνατότητα για σημαντικές μειώσεις στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

Παρόλα αυτά, όπως επισημαίνεται, η διαδικασία δέσμευσης CO₂ και η χρήση βιομάζας ως καυσίμου επιφέρουν απώλειες στην απόδοση του εργοστασίου παραγωγής ενέργειας.

Η μελέτη που αναφέρεται επισημαίνει ότι η ανάκτηση απορριπτόμενης θερμότητας από το σύστημα του λέβητα μπορεί να συμβάλει σημαντικά στη βελτίωση της απόδοσης της μονάδας ηλεκτροπαραγωγής BECCS. Αυτή η πρακτική επιτρέπει την αποτελεσματική χρήση της θερμότητας που παράγεται κατά τη διαδικασία, με αποτέλεσμα τη βελτίωση της συνολικής απόδοσης.

Η συνδυασμένη διαδικασία BECCS με την ανάκτηση απορριπτόμενης θερμότητας μπορεί, συνεπώς, να επιτύχει μείωση των εκπομπών CO₂ ενώ ταυτόχρονα βελτιώνει την ενεργειακή απόδοση του συστήματος.

Bui, M., Fajardy, M., & Mac Dowell, N. (2017). Bio-Energy with CCS (BECCS) performance evaluation: Efficiency enhancement and emissions reduction. *Applied energy*, 195, 289-302.

Η ανάλυση ισορροπίας της συν-καύσης βιομάζας αποκάλυψε:

Ανάλυση Αδιαβατικής Θερμοκρασίας Φλόγας (AFT): Το AFT επηρεάζεται σημαντικά από την περιεκτικότητα σε υγρασία και την περιεκτικότητα σε τέφρα κατά τη συν-καύση βιομάζας με άνθρακα.

Περιεκτικότητα σε Υγρασία: Η ανάμειξη άνθρακα με βιομάζα χαμηλής υγρασίας ενίσχυσε σημαντικά την απόδοση καύσης. Σε σύγκριση με την καύση μόνο του άνθρακα, το 50% συν-καύση βιομάζας με 5 wt% υγρασία αύξησε το AFT κατά 136 °C. Αντίθετα, ο άνθρακας συν-φύσησης με βιομάζα 50% υγρασίας αύξησε το AFT μόνο κατά 4–5 °C.

Περιεκτικότητα σε Τέφρα: Ο άνθρακας με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο είχε χαμηλότερη περιεκτικότητα σε τέφρα σε σύγκριση με τον άνθρακα μέτριας περιεκτικότητας σε θείο, δημιουργώντας έτσι ελαφρώς υψηλότερο AFT.

Εκπομπές NOx και SOx: Οι εκπομπές των NOx ήταν πολύ χαμηλότερες από αυτές των SOx, και πολύ κάτω από το NOx επίπεδα ανοχής διαλυτών αμινών. Εκπομπές των NOx εξαρτήθηκαν έντονα από τις συνθήκες καύσης και αυξήθηκαν με υψηλότερη AFT. Στην πράξη, ωστόσο, οι συνθήκες καύσης ελέγχονται για μείωση NOx εκπομπών μέσω σταδιοποίησης αέρα ή καυσίμου.

Μείωση SOx Εκπομπών: η οποία θα μπορούσε να αποδοθεί στη μειωμένη περιεκτικότητα σε θείο και SOx απορρόφηση από οξειδία αλκαλίων στην τέφρα.

Συμπέρασμα

| 09 |



Συμπέρασμα

Η τεχνολογία BECCS αποτελεί μια καινοτόμα λύση για τη μείωση των εκπομπών άνθρακα σε παγκόσμια κλίμακα. Περιλαμβάνει τη χρήση οργανικών αποβλήτων ή φυτών ως πηγή ενέργειας, η οποία στη συνέχεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια ή θερμότητα.

Έχει εκτεταμένες εφαρμογές σε διάφορους τομείς όπως η παραγωγή ενέργειας, οι μεταφορές και η βιομηχανική παραγωγή. Η δυνατότητά του να μειώσει σημαντικά το αποτύπωμα άνθρακα αυτών και άλλων βιομηχανιών το καθιστά πολύτιμη συμβολή στις προσπάθειες που στοχεύουν στην καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και την επίτευξη του στόχου μείωσης κατά 2^ο, όπως αυτή τέθηκε από τον ΟΗΕ.

Ωστόσο, πρέπει να ληφθεί η μέγιστη προσοχή κατά την ανάπτυξη της τεχνολογίας και επίγνωση των προκλήσεων που μπορεί να προκύψουν από λανθασμένη ανάπτυξη. Η βεβαιασμένη ανάπτυξη της τεχνολογίας θα μπορούσε να οδηγήσει σε ακούσιες συνέπειες, όπως περιβαλλοντική υποβάθμιση, απώλεια βιοποικιλότητας και πιθανούς κινδύνους για την υγεία. Επομένως, είναι υψίστης σημασίας να διασφαλιστεί ότι εφαρμόζονται κατάλληλες μεθόδους και κανονισμοί για την πρόληψη τέτοιων αποτελεσμάτων.



Προτάσεις

- Υποστήριξη στις κλιματικές πολιτικές που διατηρούν την υπερθέρμανση του πλανήτη στους 1,5 βαθμούς.
- Αποφυγή της εκτεταμένης εφαρμογής της τεχνολογίας BECCS σε αναπτυσσόμενες χώρες.
- Μείωση των εκπομπών συνολικά όσο το δυνατόν γρηγορότερα για να ελαχιστοποιηθεί η ανάγκη για αρνητικές εκπομπές.
- Προστασία και ανάπτυξη των φυσικών οικοσυστημάτων για να μπορέσουν να εκπληρώσουν τη λειτουργία τους ως απορροφητές άνθρακα.
- Περιορισμός της χρήσης βιομάζας για την παραγωγή ενέργειας με περιόδους απόσβεσης μικρότερες των δέκα ετών.

Βιβλιογραφία

| 10 |



1. A Policy Strategy for Carbon Capture and Storage. (2012). IEA Energy Papers. <https://doi.org/10.1787/5k9gshq1n29t-en>
2. An Interim Report from the CCSReg Project Carbon Capture and Sequestration: Framing the Issues for Regulation. (2009). http://www.ccsreg.org/pdf/CCSReg_3_9.pdf
3. Ayhan Demirbaş. (2008). Biofuels sources, biofuel policy, biofuel economy and global biofuel projections. Energy Conversion and Management, 49(8), 2106–2116. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2008.02.020>
4. Babin, A., Céline Vaneeckhaute, & Iliuta, M. C. (2021). Potential and challenges of bioenergy with carbon capture and storage as a carbon-negative energy source: A review. Biomass and Bioenergy, 146, 105968–105968. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.105968>
5. Bergstrom, J. C., & Ty, D. (2017). Economics of Carbon Capture and Storage. InTech EBooks. <https://doi.org/10.5772/67000>
6. Bioenergy with Carbon Capture and Storage (BECCS) - Drax Global. (2023, August 31). Drax Global. <https://www.drax.com/bioenergy-with-carbon-capture-and-storage-beccs/>
7. Biomass Energy with Carbon Capture and Storage (BECCS). (2018). Retrieved January 3, 2024, from Google Books website: https://books.google.gr/books?hl=el&lr=&id=RwZIDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA13&dq=negative+emissions+BECCS&ots=wLMJevp efL&sig=wu7JUOwq9ydw1X4f5dP1_dua0QA&redir_esc=y#v=onepage&q=negative%20emissions%20BECCS&f=false
8. Biomass Energy with Carbon Capture and Storage (BECCS): Unlocking Negative Emissions, First Edition. Edited by Clair Gough, Patricia Thornley, Sarah Mander, Naomi Vaughan and Amanda Lea-Langton. © 2018 John Wiley & Sons Ltd. Published 2018 by John Wiley & Sons Ltd

1. Brennan, L., & Owende, P. (2010). Biofuels from microalgae—A review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 14(2), 557–577. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.10.009>
2. Bui, M., Adjiman, C. S., André Bardow, Anthony, E. J., Boston, A., Brown, S., Fennell, P. S., Fuss, S., Galindo, A., Hackett, L. A., Hallett, J. P., Herzog, H. J., Jackson, G., Kemper, J., Krevor, S., Maitland, G. C., Matuszewski, M., Metcalfe, I. S., Petit, C., & Graeme Puxty. (2018). Carbon capture and storage (CCS): the way forward. *Energy and Environmental Science*, 11(5), 1062–1176. <https://doi.org/10.1039/c7ee02342a>
3. Bui, M., Fajardy, M., & Mac Dowell, N. (2017). Bio-Energy with CCS (BECCS) performance evaluation: Efficiency enhancement and emissions reduction. *Applied energy*, 195, 289-302.
4. Carbon capture – CSS. (2014). Vattenfall; Vattenfall. <https://group.vattenfall.com/what-we-do/roadmap-to-fossil-freedom/carbon-capture>
5. Carbon sequestration | Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. (2023). Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstb.2007.2185>
6. dchone. (2023). Carbon capture & storage – Shell Climate Change. Shell Climate Change. <https://blogs.shell.com/category/ccs/>
7. Eng, A., Usa), & Lucht, W. (n.d.). 2 Bioenergy Coordinating Lead Authors: Lead Authors: Contributing Authors: Review Editors. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/Chapter-2-Bioenergy-1.pdf>
8. Fridahl, M., & Lehtveer, M. (2018). Bioenergy with carbon capture and storage (BECCS): Global potential, investment preferences, and deployment barriers. *Energy Research & Social Science*, 42, 155-165.

1. Global Status of CCS Report: 2019 - Global CCS Institute. (2023, January 23). Global CCS Institute. <https://www.globalccsinstitute.com/resources/publications-reports-research/global-status-of-ccs-report-2019/>
2. Gough, C., & Upham, P. (2011). Biomass energy with carbon capture and storage (BECCS or Bio-CCS). *Greenhouse Gases-Science and Technology*, 1(4), 324–334. <https://doi.org/10.1002/ghg.34>
3. in. (2020). Global Energy Review: CO2 Emissions in 2020 – Analysis - IEA. IEA. <https://www.iea.org/articles/global-energy-review-co2-emissions-in-2020>
4. Johan Ahlström, Jafri, Y., Wetterlund, E., & Furusjö, E. (2023). Sustainable aviation fuels – Options for negative emissions and high carbon efficiency. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 125, 103886–103886. <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2023.103886>
5. Li, J., Hou, Y., Wang, P., & Yang, B. (2018). A Review of Carbon Capture and Storage Project Investment and Operational Decision-Making Based on Bibliometrics. *Energies*, 12(1), 23–23. <https://doi.org/10.3390/en12010023>
6. LinkedIn. (2024). LinkedIn.com. https://www.linkedin.com/posts/carbon-capture-and-storage-association_beccs-netzero-ccus-activity-7095371387913023491-FDcw/
7. McKendry, P. (2002). Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. *Bioresource Technology*, 83(1), 37–46. [https://doi.org/10.1016/s0960-8524\(01\)00118-3](https://doi.org/10.1016/s0960-8524(01)00118-3)
8. Nasim Mohammad Pour, Webley, P. A., & Cook, P. (2018). Potential for using municipal solid waste as a resource for bioenergy with carbon capture and storage (BECCS). *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 68, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2017.11.007>

1. Rubin, E. S., Hari Mantripragada, A. Leigh Marks, Versteeg, P., & Kitchin, J. R. (2012). The outlook for improved carbon capture technology. *Progress in Energy and Combustion Science*, 38(5), 630–671. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2012.03.003>
2. Sherrard, A. (2021, March 26). Stockholm Exergi a step closer to industrial bio-CCS financing. *Bioenergy International*; Bioenergy International. <https://bioenergyinternational.com/stockholm-exergi-a-step-closer-to-industrial-bio-ccs-financing/>
3. Six problems with BECCS. (n.d.). Retrieved from https://www.fern.org/fileadmin/uploads/fern/Documents/2022/Six_problems_with_BECCS_-_2022.pdf
4. Smit, B., Reimer, J. A., Oldenburg, C. M., & Bourg, I. C. (2014). *Introduction to Carbon Capture and Sequestration*. ResearchGate; Imperial College Press. https://www.researchgate.net/publication/260184817_Introduction_to_Carbon_Capture_and_Sequestration
5. Smith, B. (2020, January 16). Microsoft will be carbon negative by 2030 - The Official Microsoft Blog. The Official Microsoft Blog. <https://blogs.microsoft.com/blog/2020/01/16/microsoft-will-be-carbon-negative-by-2030/>
6. Stuen, J. (2016). Carbonnegative waste-to-energy in Oslo. <https://www.cewep.eu/wp-content/uploads/2017/10/J.-Stuen-CCS-Pilot-Project-in-Oslo.pdf>
7. Thomas Højlund Christensen. (2010). *Solid Waste Technology & Management*. In John Wiley & Sons, Ltd eBooks. <https://doi.org/10.1002/9780470666883>
8. Welcome. (2022, July 18). Bioenergy with Carbon Capture and Storage – A New Approach | IFS. Retrieved January 3, 2024, from Integrated Flow Solutions website: <https://ifsolutions.com/bioenergy-with-carbon-capture-and-storage/>

1. Enabling sustainability for our company, our customers, and the world. (n.d.). <https://query.prod.cms.rt.microsoft.com/cms/api/am/binary/RW15mgm#page=11>
2. *LinkedIn*. (2024). LinkedIn.com. https://www.linkedin.com/posts/simone-cotterill_some-of-our-apprentices-features-in-this-activity-7038838152588886016-KRm5/
3. *potential Championing A relationship bank for a digital world NatWest Group plc 2022 Climate-related Disclosures Report*. (n.d.). <https://investors.natwestgroup.com/~media/Files/R/RBS-IR-V2/results-center/17022023/nwg-2022-climate-related-disclosure-report.pdf>
4. Shell Energy Transition Progress Report 2021 - Home. (2021). Shell Energy Transition Progress Report 2021. <https://reports.shell.com/energy-transition-progress-report/2021/>
5. What is carbon capture and storage? | CCS explained | National Grid Group. (2022). Retrieved January 3, 2024, from Nationalgrid.com website: <https://www.nationalgrid.com/stories/energy-explained/what-is-ccs-how-does-it-work>
6. Wildgust, N., Gilboy, C., & Paitoon Tontiwachwuthikul. (2013). Introduction to a decade of research by the IEAGHG Weyburn–Midale CO2 Monitoring and Storage Project. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 16, S1–S4. <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2013.03.014>
7. Zhang, D., Yousef Alhorr, Esam Elsarrag, Abdul Hamid Marafia, Lettieri, P., & Papageorgiou, L. G. (2017). Fair design of CCS infrastructure for power plants in Qatar under carbon trading scheme. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 56, 43–54. <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2016.11.014>

1. *Biomass Energy with Carbon Capture and Storage (BECCS)*. (2018). Google Books.
https://books.google.gr/books?hl=el&lr=&id=RwZIDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA13&dq=negative+emissions+BECCS&ots=wLMJevp efL&sig=wu7JUOwq9ydw1X4f5dP1_dua0QA&redir_esc=y#v=onepage&q=negative%20emissions%20BECCS&f=false
2. *Bioenergy with Carbon Capture and Storage (BECCS) - Drax Global*. (2023, August 31). Drax Global.
<https://www.drax.com/bioenergy-with-carbon-capture-and-storage-beccs/>
3. Sherrard, A. (2021, March 26). *Stockholm Exergi a step closer to industrial bio-CCS financing*. Bioenergy International; Bioenergy International. <https://bioenergyinternational.com/stockholm-exergi-a-step-closer-to-industrial-bio-ccs-financing/>
4. *Six problems with BECCS*. (n.d.).
https://www.fern.org/fileadmin/uploads/fern/Documents/2022/Six_problems_with_BECCS_-_2022.pdf
5. Smith, B. (2020, January 16). *Microsoft will be carbon negative by 2030 - The Official Microsoft Blog*. The Official Microsoft Blog.
<https://blogs.microsoft.com/blog/2020/01/16/microsoft-will-be-carbon-negative-by-2030/>

1. *Enabling sustainability for our company, our customers, and the world.* (n.d.).
<https://query.prod.cms.rt.microsoft.com/cms/api/am/binary/RW15mgm#page=11>
2. Eng, A., Usa), & Lucht, W. (n.d.). *2 Bioenergy Coordinating Lead Authors: Lead Authors: Contributing Authors: Review Editors.*
<https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/Chapter-2-Bioenergy-1.pdf>
3. *LinkedIn.* (2024). LinkedIn.com.
https://www.linkedin.com/posts/carbon-capture-and-storage-association_beccs-netzero-ccus-activity-7095371387913023491-FDcw/
4. Stuen, J. (2016). *Carbonnegative waste-to-energy in Oslo.*
<https://www.cewep.eu/wp-content/uploads/2017/10/J.-Stuen-CCS-Pilot-Project-in-Oslo.pdf>
5. Welcome. (2022, June 18). *Bioenergy with Carbon Capture and Storage – A New Approach | IFS.* Integrated Flow Solutions.
<https://ifsolutions.com/bioenergy-with-carbon-capture-and-storage/>

A stylized illustration of a factory scene. In the center, the Greek word 'ΕΥΧΑΡΙΣΤΟΥΜΕ' is written in a dark brown, sans-serif font. The background is a light beige color. At the top center, there is a large, semi-circular shape filled with diagonal hatching. On the left side, there are two tall, orange smokestacks emitting dark brown smoke. Below them are two rectangular buildings with a grid pattern. On the right side, there are two more tall, orange smokestacks emitting dark brown smoke. Below them are two rectangular buildings with a grid pattern. The bottom of the image features wavy, light brown lines representing the ground.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΟΥΜΕ