



Πολυτεχνείο Κρήτης Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος

LUBELSKIE CASE STUDY

Μαθηματική προτυποποίηση συστήματος βιοαερίου από γεωργικά παρα-προϊόντα για συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας: Η περίπτωση του Lubelskie της Πολωνίας

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΚΟΥΣΠΑΡΗ

ΧΑΝΙΑ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2019

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για μη κερδοσκοπικό σκοπό, εκπαιδευτικού ή ερευνητικού χαρακτήρα, με την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για άλλη χρήση θα πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα (kousparisd@gmail.com, dkousparis@isc.tuc.gr).

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πολυτεχνείου Κρήτης.

LUBELSKIE CASE STUDY

Μαθηματική προτυποποίηση συστήματος βιοαερίου από γεωργικά παρα-προϊόντα για συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας: Η περίπτωση του Lubelskie της Πολωνίας

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΚΟΥΣΠΑΡΗ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Αν. Καθηγητής ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ ΡΟΖΑΚΗΣ (ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ)

Αν. Καθηγητής ΠΕΤΡΟΣ ΓΚΙΚΑΣ

Αν. Καθηγητής ΤΡΥΦΩΝ ΔΑΡΑΣ



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ σελίδα 10

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΒΙΟΑΕΡΙΟ σελίδα 11

- 1.1 ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ
- 1.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ
- 1.3 ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ
- 1.4 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ
 - 1.4.1 CHP – ΣΗΘ (ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ)
 - 1.4.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΣΗΘ
 - 1.4.3 ΚΥΡΙΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΗΘ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΘΕΩΡΙΑ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ σελίδα 32

- 2.1 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΠΕΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ
- 2.2 ΤΟ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ ΓΕΩΡΓΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ
- 2.3 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΔΙΑΘΡΩΣΗ ΤΟΜΕΑΚΟΥ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΟΣ
 - 2.3.1 Ο ΤΟΜΕΑΣ ΩΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ
 - 2.3.2 ΔΙΣΔΙΑΣΤΑΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ
- 2.4 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ
 - 2.4.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΩΝ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΕΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΩΝ
 - 2.4.1.1 ΤΟ ΖΗΤΗΜΑ ΣΥΣΣΩΜΑΤΩΣΗΣ
 - 2.4.2 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΕΩΝ
 - 2.4.3 ΑΛΛΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ
- 2.5 Η ΔΙΑΘΡΩΣΗ ΕΝΟΣ ΒΑΣΙΚΟΥ ΤΟΜΕΑΚΟΥ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΟΣ
- 2.6 ΜΙΑ ΠΙΟ ΠΛΗΡΗΣ ΠΡΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ
 - 2.6.1 ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ
 - 2.6.2 ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΣ ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΡΟΣΦΟΡΑΣ
 - 2.6.3 Η ΦΥΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΣΕ ΕΝΑ ΤΟΜΕΑΚΟ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ
 - 2.6.4 Η ΦΥΣΗ ΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΕΙΣΡΟΩΝ ΣΕ ΕΝΑ ΤΟΜΕΑΚΟ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ
- 2.7 ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ
- 2.8 ΕΠΙΛΟΓΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΓΙΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΡΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ σελίδα 67

3.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΩΝ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ

3.1.1 ΡΑΝΤΕΣ ΠΛΗΡΩΜΩΝ

3.1.2 ΤΕΛΙΚΗ ΑΞΙΑ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΡΑΝΤΑΣ

3.1.3 Ο ΧΡΟΝΟΣ ΕΠΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΤΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ (Pay-back Period)

3.1.4 ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΗΣ ΚΑΘΑΡΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΑΞΙΑΣ (Net Present Value)

3.1.5 Ο ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (Internal Rate Of Return)

3.1.6 Ο ΛΟΓΟΣ ΩΦΕΛΕΙΩΝ-ΚΟΣΤΟΥΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ_σελίδα 74

4.1 ΣΗΘ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΕΕ ΚΑΙ ΠΟΛΩΝΙΑ

4.2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

4.3 ΤΟ ΣΟΡΓΟ ΩΣ ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ

4.4 ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΑΠΕ ΚΑΙ Σ.Η.Θ ΣΤΗΝ ΠΟΛΩΝΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΤΕΧΝΙΚΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΟΝΑΔΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

σελίδα 84

5.1 ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ, ΠΡΩΤΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ

5.2 ΕΙΣΡΟΕΣ

5.3 ΕΚΡΟΕΣ

5.3.1 ΚΑΜΠΥΛΗ ΠΡΟΣΦΟΡΑΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

5.4 ΤΕΧΝΙΚΟ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ – ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΜΑΖΑΣ

5.5 ΤΑΜΕΙΑΚΕΣ ΡΟΕΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΝΟΨΗ σελίδα 110

6.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

6.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

7.1 **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ** σελίδα 124

7.2 **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ** σελίδα 132



ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ

Πίνακας 1 . Κύριες διεργασίες που πραγματοποιούνται σε μονάδες ενεργειακής αξιοποίησης βιοαερίου . (πρώτος πίνακας στο πρώτο κεφάλαιο, Σελίδα 13)

Πίνακας 2 . Παράδειγμα Μεροληψίας Συσσωμάτωσης α. (πρώτος πίνακας στο δεύτερο κεφάλαιο, Σελίδα 46)

Πίνακας 3. Παράδειγμα Μεροληψίας Συσσωμάτωσης β. (δεύτερος πίνακας στο δεύτερο κεφάλαιο, Σελίδα 46)

Πίνακας 4. Παρουσίαση ενός απλού τομεακού μοντέλου δύο Περιφερειών. (τρίτος πίνακας στο δεύτερο κεφάλαιο, Σελίδα 53)

Πίνακας 5. Υπο-πίνακας σχετικά με τα μεγέθη φάρμας. (τέταρτος πίνακας στο δεύτερο κεφάλαιο, Σελίδα 54)

Πίνακας 6. Πίνακας περίπλοκου τομεακού παραδείγματος. (πέμπτος πίνακας στο δεύτερο κεφάλαιο, Σελίδα 57)

Πίνακας 7. Ταμειακές ροές του σχεδίου της επένδυσης Α , (σε εκατ. €). (πρώτος πίνακας στο τρίτο κεφάλαιο, Σελίδα 70)

Πίνακας 8 . Χαρακτηριστικά μονάδων Αγροτικού βιοαερίου στο Lubelskie (πρώτος πίνακας στο τέταρτο κεφάλαιο , Σελίδα 76)

Πίνακας 9. Μέγιστες χρηματοδοτήσεις (σε εκατ. PLN και εκατ.€). (δεύτερος πίνακας στο τέταρτο κεφάλαιο , Σελίδα 81)

Πίνακας 10. Κόστος ανά ισχύ εγκατάστασης (πρώτος πίνακας στο πέμπτο κεφάλαιο, Σελίδα 85)

Πίνακας 11. Βασικές υποθέσεις (δεύτερος πίνακας στο πέμπτο κεφάλαιο, Σελίδα 85)

Πίνακας 12. Διαφορική παρούσα αξία επιδότησης δανείου για C1 (τρίτος πίνακας στο πέμπτο κεφάλαιο, Σελίδα 86)

Πίνακας 13. Διαφορική παρούσα αξία επιδότησης δανείου για C2 (τέταρτος πίνακας στο πέμπτο κεφάλαιο, Σελίδα 87)

Πίνακας 14. Διαφορική παρούσα αξία επιδότησης δανείου για C3 (πέμπτος πίνακας στο πέμπτο κεφάλαιο, Σελίδα 87)

Πίνακας 15. Διαφορική παρούσα αξία επιδότησης δανείου για C4 (έκτος πίνακας στο πέμπτο κεφάλαιο, Σελίδα 87)

Πίνακας 16. Διαφορική παρούσα αξία επιδότησης δανείου για C5 (έβδομος πίνακας στο πέμπτο κεφάλαιο, Σελίδα 87)

Πίνακας 17. Διαφορική παρούσα αξία επιδότησης δανείου για C6 (όγδοος πίνακας στο πέμπτο κεφάλαιο, Σελίδα 88)

Πίνακας 18. Διαφορική παρούσα αξία επιδότησης δανείου για C7 (ένατος πίνακας στο πέμπτο κεφάλαιο, Σελίδα 88)

Πίνακας 19. Σωρευτικός πίνακας διαφορικής καθαρής παρούσας αξίας (δέκατος πίνακας στο πέμπτο κεφάλαιο , Σελίδα 88)

Πίνακας 20. Στοιχεία για Πιστοποιητικά/Κάρτες και Έδαφο-βελτιωτικό λίπασμα.(ενδέκατος πίνακας στο πέμπτο κεφάλαιο, Σελίδα 89)

Πίνακας 21. Έσοδα από Πιστοποιητικά/Κάρτες. (δωδέκατος πίνακας στο πέμπτο κεφάλαιο, Σελίδα 89)

Πίνακας 22. Εξοικονόμηση Δαπάνης από Έδαφο-βελτιωτικό λίπασμα. (δέκατος-τρίτος πίνακας στο πέμπτο κεφάλαιο , Σελίδα 89)

Πίνακας 23. Έσοδα από πώληση θερμότητας. (δέκατος-τέταρτος πίνακας στο πέμπτο κεφάλαιο, Σελίδα 90)

Πίνακας 24. Δόση δανεισμού 50%. (δέκατος-πέμπτος πίνακας στο πέμπτο κεφάλαιο, Σελίδα 91)

Πίνακας 25. Κόστος θρεπτικού υποστρώματος. (δέκατος-έκτος πίνακας στο πέμπτο κεφάλαιο, Σελίδα 97)

Πίνακας 26. Απαιτούμενη έκταση υπολείμματος. (δέκατος-έβδομος πίνακας στο πέμπτο κεφάλαιο, Σελίδα 98)

Πίνακας 27. Δαπάνες ενοικίασης απαιτούμενης έκτασης [9]. (δέκατος-όγδοος πίνακας στο πέμπτο κεφάλαιο, Σελίδα 98)

Πίνακας 28. Υπόθεση για δαπάνες για ενοικίαση απαραίτητης έκτασης. (δέκατος-ένατος πίνακας στο πέμπτο κεφάλαιο, Σελίδα 99)

Πίνακας 29. Υποθέσεις φυσικοχημικών χαρακτηριστικών υποστρώματος. (εικοστός πίνακας στο πέμπτο κεφάλαιο , Σελίδα 99)

Πίνακας 30. Αναλυτικές ταμειακές ροές για την επένδυση C1 MEK 130 kW. (εικοστός-πρώτος πίνακας στο πέμπτο κεφάλαιο , Σελίδα 103)

Πίνακας 31. Αναλυτικές ταμειακές ροές για την επένδυση C2 MEK 250 kW. (εικοστός-δεύτερος πίνακας στο πέμπτο κεφάλαιο , Σελίδα 104)

Πίνακας 32. Αναλυτικές ταμειακές ροές για την επένδυση C3 MEK 530 kW. (εικοστός-τρίτος πίνακας στο πέμπτο κεφάλαιο , Σελίδα 105)

Πίνακας 33. Αναλυτικές ταμειακές ροές για την επένδυση C4 MEK 1000 kW. (εικοστός-τέταρτος πίνακας στο πέμπτο κεφάλαιο , Σελίδα 106)

Πίνακας 34. Αναλυτικές ταμειακές ροές για την επένδυση C5 MEK 2000 kW. (εικοστός-πέμπτος πίνακας στο πέμπτο κεφάλαιο , Σελίδα 107)

Πίνακας 35. Αναλυτικές ταμειακές ροές για την επένδυση C6 MGT 130 kW. (εικοστός-έκτος πίνακας στο πέμπτο κεφάλαιο , Σελίδα 108)

Πίνακας 36. Αναλυτικές ταμειακές ροές για την επένδυση C7 MGT 250 kW. (εικοστός-έβδομος πίνακας στο πέμπτο κεφάλαιο , Σελίδα 109)

Πίνακας 37. Επιστροφή στην επένδυση. (πρώτος πίνακας στο έκτο κεφάλαιο, Σελίδα 110)

Πίνακας 38. Παράμετροι ανά διαθέσιμη παραγόμενη ηλεκτρική kWh. (δεύτερος πίνακας στο έκτο κεφάλαιο, Σελίδα 111)

Πίνακας 39. Αθροιστική Κ.Π.Α Σενάριο Α. (τρίτος πίνακας στο έκτο κεφάλαιο , Σελίδα 112)

Πίνακας 40. Αθροιστική Κ.Π.Α Σενάριο Β. (τέταρτος πίνακας στο έκτο κεφάλαιο , Σελίδα 112)

Πίνακες 41-47. Ανάλυση Ευαισθησίας C1-C2-C3-C4-C5-C6-C7 (πέμπτος έως και ενδέκατος πίνακας στο έκτο κεφάλαιο, Σελίδες 117-119)

Πίνακας 48. Θεωρητικός Αριθμός Μονάδων Σ.Η.Θ για αναλογία $\frac{\text{Σόργο}}{\text{Ζωική ή κοπριά}} = \frac{70}{30}$. (δωδέκατος πίνακας στο έκτο κεφάλαιο , Σελίδα 119)

Πίνακας 49. Θεωρητικός Αριθμός Μονάδων Σ.Η.Θ για αναλογία $\frac{\text{Σόργο}}{\text{Ζωική ή κοπριά}} = \frac{30}{70}$. (δέκατος-τρίτος πίνακας στο έκτο κεφάλαιο , Σελίδα 120)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας 1. Ποσοστά διατροφής για πέντε διαφορετικές μονάδες αναερόβιας χώνευσης οι οποίες διαφοροποιούνται ανάλογα με το μέγεθος (130, 250, 530, 1000 και 2000 kW), το είδος και τη συμβατική αναλογία υποστρώματος (αναλογία νωπού βάρους ζωοτροφών ζωικής προέλευσης (MF) και βάρους υποστρώματος φυτικής προέλευσης (PF)).

Πίνακας 2. Υποκείμενες τεχνικές παράμετροι για πέντε διαφορετικά μεγέθη εγκαταστάσεων αναερόβιας χώνευσης Μ.Ε.Κ, Σ.Η.Θ (ICE ,CHP) (130, 250, 530, 1000 και 2000 kW) βάσει συμβατικών εισροών υποστρώματος (CV), καθώς και στρατηγικών διατροφής με ζωική κοπριά (MF) και φυτικής προέλευση (PF).

Πίνακας 3. Υποκείμενες οικονομικές παράμετροι για πέντε διαφορετικά μεγέθη εγκαταστάσεων αναερόβιας χώνευσης ICECHP (130, 250, 530, 1000 και 2000 kW) βάσει της συμβατικής (CV) γεωργίας.

Πίνακας 4. Τεχνολογίες Σ.Η.Θ και αποδόσεις

Πίνακας 5. Υπολογισμός των αποδόσεων που βασίζονται σε φυτά και κοπριά, με βάση τη βιβλιογραφία (Frascarelli 2014).

Πίνακας 6. Θεωρητικά Παραγόμενη Ενέργεια και Επιστροφή στην Επένδυση

Πίνακας 7. Πραγματική Παραγόμενη ενέργεια.

Πίνακας 8. Μ.Ε.Κ και Δαπάνες.

Πίνακας 9. Μικροτουρμπίνες (M.G.T) και Δαπάνες.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Διάγραμμα 1. Τελικές χρήσεις βιοαερίου. (πρώτο διάγραμμα στο πρώτο κεφάλαιο, Σελίδα 23)

Διάγραμμα 2. Έμμεση συνάρτηση παροχής γεωργικού υποδείγματος σε γεωργικό υπόδειγμα προγραμματισμού(πρώτο διάγραμμα στο δεύτερο κεφάλαιο, Σελίδα 60)

Διάγραμμα 3 . Διάγραμμα απόκρισης – παροχής τομεακού υποδείγματος. (δεύτερο διάγραμμα στο δεύτερο κεφάλαιο, Σελίδα 61)

Διάγραμμα 4. Υποθετική συνάρτηση ζήτησης μέσω διαδοχικών λύσεων Υποδείγματος 2. (τρίτο διάγραμμα στο δεύτερο κεφάλαιο, Σελίδα 63)

Διάγραμμα 5. Μεγιστοποίηση της περιοχής μεταξύ των συναρτήσεων ζήτησης και παροχής.(τέταρτο διάγραμμα στο δεύτερο κεφάλαιο, Σελίδα 64)

Διάγραμμα 6. Αθροιστικές προεξοφλημένες καθαρές χρηματικές ροές για το C1 (100 kW ICE) (το πρώτο διάγραμμα στο πέμπτο κεφάλαιο , Σελίδα 86)

Διάγραμμα 7. Καμπύλη Προσφοράς Βιομάζας. (το δεύτερο διάγραμμα στο πέμπτο κεφάλαιο, Σελίδα 96)

Διάγραμμα 8. Αθροιστική Κ.Π.Α Σεναρίου Α. (το πρώτο διάγραμμα στο έκτο κεφάλαιο, Σελίδα 113)

Διάγραμμα 9. Αθροιστική Κ.Π.Α Σεναρίου Β. (το δεύτερο διάγραμμα στο έκτο κεφάλαιο, Σελίδα 114)

Διάγραμμα 10. Διαφορική Κ.Π.Α ανά τύπο μονάδας Σ.Η.Θ. (το τρίτο διάγραμμα στο έκτο κεφάλαιο, Σελίδα 115)

Διάγραμμα 11. Ανάλυση Ευαισθησίας C1. (το τέταρτο διάγραμμα στο έκτο κεφάλαιο, Σελίδα 116)

Υπόδειγμα 1. Απλό Τομεακό Υπόδειγμα. (το πρώτο υπόδειγμα στο δεύτερο κεφάλαιο, Σελίδα 52)

Υπόδειγμα 2. Αναθεωρημένο Τομεακό Υπόδειγμα. (το δεύτερο υπόδειγμα στο δεύτερο κεφάλαιο, Σελίδα 55)

Χάρτης 1. Υπάρχουσες μονάδες αγροτικού βιοαερίου στην Περιφέρεια Lubelskie. (Κεφάλαιο 4, Σελίδα 77)

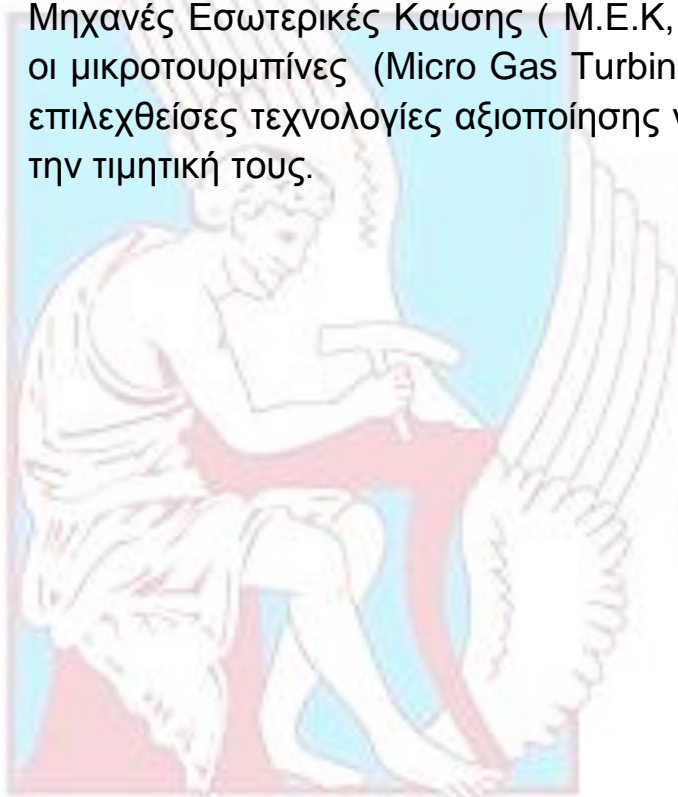
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία γίνεται μια μελέτη περίπτωσης (case study) για τη μαθηματική προτυποποίηση συστήματος βιοαερίου από γεωργικά παραπροϊόντα, για το Lubelskie της ανατολικής Πολωνίας, με κύριο σκοπό την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων τα οποία θα κινητοποιήσουν επενδυτές των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας να επενδύσουν και υπεύθυνους χάραξης πολιτικής και λήπτες αποφάσεων να πράξουν ανάλογα. Ένα χρήσιμο συμπέρασμα είναι ο αριθμός των επιπλέον μονάδων παραγωγής και αξιοποίησης βιοαερίου που θα μπορούσε να έχει μια περιοχή. Εισαγωγικά στο κεφάλαιο 1 γίνεται η πρώτη προσέγγιση του ζητήματος της ενεργειακής αξιοποίησης γεωργικών αποβλήτων. Στην περίπτωση των γεωργικών περιοχών η αναερόβια χώνευση χρησιμοποιείται κατά κόρον για την παραγωγή βιοαερίου, ενώ η ενεργειακή αξιοποίηση του παραγόμενου βιοαερίου γίνεται με μεγάλη ποικιλία τεχνολογιών, και στοχεύει στην συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας. Η Σ.Η.Θ αποτελεί μονόδρομο στο πλαίσιο της αειφόρου ανάπτυξης μιας περιοχής που φέρει τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, επομένως η διεξοδική ανάλυση και περιγραφή των χρησιμοποιούμενων τεχνολογιών παραγωγής και αξιοποίησης της βιομάζας δεν θα μπορούσε παρά να είναι αναπόσπαστο κομμάτι της οποιασδήποτε αντίστοιχης προσέγγισης. Στο κεφάλαιο 2 επιχειρείται μια εισαγωγή στη θεωρία του αγροτικού προγραμματισμού, ούτως ώστε να τεθούν τα θεμέλια του σκοπού και του πεδίου εφαρμογής. Συζητείται σε βάθος ο τομέας ως οικονομική μονάδα, ενώ δίνονται παραδείγματα προτυποποίησης (μοντελοποίησης) και επεξηγηματικά διαγράμματα των συναρτήσεων ζήτησης και προσφοράς, όπως αυτά διαμορφώνονται μετά της επίλυση διαδοχικών υποδειγμάτων. Έπεται το κεφάλαιο 3, το μεθοδολογικό πλαίσιο, το οποίο περιλαμβάνει τις μεθόδους αξιολόγησης των γεωργικών επενδύσεων και στη συνέχεια ακολουθεί η πρώτη προσπάθεια σύζευξης θεωρίας και πράξης, με το κεφάλαιο 4 να αποτελεί γέφυρα μεταξύ του κόσμου της θεωρίας και του πραγματικού παραδείγματος, αυτό του Lubelskie. Συνδέεται η Σ.Η.Θ με την Ε.Ε πρωτίστως και με την Πολωνία στη συνέχεια, ενώ γίνεται ομαλή μετάβαση στο Lubelskie παράλληλα με μια νύξη στο ισχύον νομοθετικό πλαίσιο για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Φυσικό επακόλουθο αποτελεί το κεφάλαιο 5, στο οποίο τα όσα έχουν εξαχθεί έπειτα από στοιχειοθετημένη έρευνα συνυφαίνονται στο πλαίσιο μιας τεχνικοοικονομικής ανάλυσης, που περιλαμβάνει εισροές, εκροές και στοιχεία από προτυποποιήσεις για την καμπύλη προσφοράς της βιομάζας. Έπειτα παρουσιάζονται τα διαγράμματα της καθαρής παρούσας αξίας, ενώ στο κεφάλαιο 6 γίνεται παρουσίαση σε πίνακες και διαγράμματα των εξαχθέντων, με επεξήγηση και βασικά συμπεράσματα των τρόπων βελτίωσης της τρέχουσας προσέγγισης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΒΙΟΑΕΡΙΟ

Γίνεται εκτενής αναφορά σε θεωρητικό υπόβαθρο σχετικό με το αγροτικό βιοαέριο και τα πλεονεκτήματα της χρήσης του. Περιγράφεται μια τυπική αγροτική μονάδα αξιοποίησης βιοαερίου, ενώ δίνεται βαρύτητα στις διάφορες τεχνολογίες αξιοποίησης βιοαερίου, με ειδικότερες αναφορές στα Συστήματα Συμπαράγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας (Σ.Η.Θ, Combined Heat and Power, C.H.P), ως αποδεδειγμένα επικρατέστερης και αποδοτικότερης τεχνολογίας επεξεργασίας και αξιοποίησης αγροτικού βιοαερίου. Αναφέρονται τα πλεονεκτήματα της Σ.Η.Θ σε σχέση με συμβατικές τεχνολογίες, ενώ οι Μηχανές Εσωτερικής Καύσης (Μ.Ε.Κ, Internal Combustion Engines, ICE) και οι μικροτουρμπίνες (Micro Gas Turbines, M.G.T), οι οποίες αποτελούν και τις επιλεχθείσες τεχνολογίες αξιοποίησης για την εν λόγω προτυποποίηση, έχουν την τιμητική τους.



1.1 ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ

Θα προσπαθήσουμε να προσεγγίσουμε κάποιες από τις σύγχρονες τεχνολογίες παραγωγής βιοαερίου (state of the art). Θα πρέπει πρωτίστως να απαντήσουμε στην πιο βασική ερώτηση, δηλαδή το τι είναι το βιοαέριο. Είναι ένα εύφλεκτο αέριο, το οποίο είναι πλούσιο σε μεθάνιο και παράγεται μέσω της αποσύνθεσης των οργανικών αποβλήτων. Το βιοαέριο αποτελείται τυπικά από 50-80% CO₂, N₂ 0-10%, H 0-1%, H₂S 0-3% και O₂ 0-2%. Επίσης μπορεί να προέρχεται από διάφορες πηγές, όπως είναι τα φυτά, καθώς όταν αυτά αποσυντίθενται εκλύεται μεθάνιο, τα λύματα, κατά την επεξεργασία των οποίων σε αναερόβιους χωνευτήρες παράγεται μεθάνιο, τους ΧΥΤΑ, καθώς τα απορρίμματα παράγουν μεθάνιο κατά την αποσύνθεσή τους, αλλά και η κτηνοτροφία.

Συγκεκριμένα μέσω της παραγωγής κοπριάς και λάσπης από βοοειδή, χοίρους, πουλικά και άλλα ζώα των αγροκτημάτων συντελείται σταδιακά η αποσύνθεση αυτής και η τελική παραγωγή μεθανίου. Θα πρέπει σε αυτό το σημείο να τονιστεί ότι βιοαέριο παράγεται κατά την ΑΧ αναερόβια χώνευση (ζύμωση) των οργανικών αποβλήτων. Η διεργασία της ΑΧ έχει διερευνηθεί διεξοδικά κατά το παρελθόν, και δεν είναι άλλη από τη διεργασία κατά την οποία οργανική ύλη μετατρέπεται σε CH₄ και CO₂ (βιοαέριο) με την συνδυαστική δράση μεικτού πληθυσμού μικροοργανισμών, απουσία βεβαίως οξυγόνου. Αναλυτικά ακολουθεί η αντίδραση, αλλά και τα κύρια βήματα της διεργασίας αυτής.

Οργανική ύλη + νερό → CH₄ + CO₂ + NH₃ + H₂S + νέα κύτταρα + θερμότητα

υδατάνθρακες → σάκχαρα → ανθρακικά οξέα, αλκοόλες

λιπίδια → λιπαρά οξέα → Οξικό οξύ, CO₂, υδρογόνο → CO₂, CH₄

πρωτείνες → αμινοξέα → υδρογόνο, CO₂, αμμωνία

Διαδοχικά δηλαδή :

υδρόλυση → οξεογένεση → οξικογένεση → μεθανιογένεση

1.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

Τα πλεονεκτήματα αξιοποίησης του βιοαερίου είναι αρκετά και μπορούν να τονιστούν τα ακόλουθα : Παράγεται ενέργεια από μια ΑΠΕ, μειώνονται τα οργανικά απόβλητα (η διάθεση των οποίων και επεξεργασία γίνεται με πολλά προβλήματα), μειώνονται οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, μειώνονται οι οσμές και η οπτική ρύπανση αλλά και οι παθογόνοι μικροοργανισμοί, ενώ εξοικονομούνται χρήματα για τους αγρότες και προκύπτουν νέες θέσεις εργασίας.

Υπάρχουν πολλές τεχνολογίες παραγωγής βιοαερίου. Έχουμε διαδοχικά παραλαβή της πρώτης ύλης, η οποία στη συνέχεια αποθηκεύεται και βελτιώνεται. Το σύστημα τροφοδοσίας ακολουθούν οι χωνευτές διαφορετικών ειδών και θέρμανσης της πρώτης ύλης, ενώ γίνεται και χρήση ποικίλων τεχνολογιών ανάδευσης. Στη συνέχεια το βιοαέριο αποθηκεύεται και καθαρίζεται, αποθηκεύεται το χωνεμένο υπόλειμμα και τέλος γίνεται ένας

κεντρικός έλεγχος. Τονίζεται ότι μια μονάδα βιοαερίου είναι μια μονάδα σύνθετη , η οποία αποτελείται από ένα μεγάλο αριθμό συνιστωσών και έχει διάταξη εξαρτώμενη κυρίως από τους τύπους και τις ποσότητες της παρεχόμενης πρώτης ύλης. Σχεδιαγραμματικά ακολουθούν τα πρώτα βήματα της διεργασίας σε μια μονάδα βιοαερίου:

Πίνακας 1 . Κύριες διεργασίες που πραγματοποιούνται σε μονάδες ενεργειακής αξιοποίησης βιοαερίου

Υπόστρωμα	Βελτίωση υποστρώματος	Τεχνολογία χώνευσης	Σύστημα επεξεργασίας αερίου	Χρήση αερίου	Αποθήκευση και χρήση <u>κόμποστ</u>
<ul style="list-style-type: none">• Διανομή• Αποθήκευση	<ul style="list-style-type: none">• Θραύση• Ταξινόμηση• Παστερίωση	<ul style="list-style-type: none">• Υγρή χώνευση• Ξηρή χώνευση	<ul style="list-style-type: none">• Απαλλαγή• <u>Αποβείωση</u>• Ξήρανση• Απομάκρυνση CO2• Αποθήκευση αερίου	<ul style="list-style-type: none">• Θέρμανση• ΣΗΘ(ηλεκτρισμού και θερμότητας)• Τροφοδότηση στο δίκτυο φυσικού αερίου• Κυψέλες καυσίμου• Καύσιμο	<ul style="list-style-type: none">• Αποθήκευση• Εφαρμογή (διάθεση)

Η απομάκρυνση του CO2 , η αποθήκευση του αερίου , η τροφοδότηση στο δίκτυο φυσικού αερίου , η χρήση ως καύσιμο και οι κυψέλες καυσίμου δεν αποτελούν τυπικές πρακτικές για αγροτικές μονάδες βιοαερίου.

1.3 ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας επικεντρωνόμαστε στις αγροτικές μονάδες βιοαερίου και στον συνηθισμένο τρόπο λειτουργίας:

- Μεταφέρεται , παραδίδεται , αποθηκεύεται και προ-επεξεργάζεται η πρώτη ύλη
- Παράγεται βιοαέριο με ΑΧ
- Αποθηκεύεται το βιοαέριο , βελτιώνεται και χρησιμοποιείται εν μέρει
- Αποθηκεύεται το χωνεμένο υπόλειμμα, βελτιώνεται και παραδίδεται για χρήση

Για να επιλεγεί ο τύπος και ο σχεδιασμός μια μονάδας βιοαερίου θα πρέπει να είναι γνωστά τόσο η ποσότητα της πρώτης ύλης, ώστε να καθοριστεί το μέγεθος του χωνευτή, η δυναμικότητα αποθήκευσης αλλά και η δυναμικότητα της μονάδας ΣΗΘ, όσο και η ποιότητα της πρώτης ύλης, δηλαδή το περιεχόμενο σε ξηρούς οργανισμούς, η δομή, η προέλευση και άλλα, ώστε να καθοριστεί η τεχνολογία της διεργασίας.

Συγκεκριμένα, με βάση τα διαφορετικά ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά της πρώτης ύλης, όπως και τη σύνθεση αυτής, ενδέχεται να είναι επιτακτικής ανάγκης ο διαχωρισμός των προβληματικών υλικών, ο τεμαχισμός της πρώτης ύλης, η προσθήκη νερού ούτως ώστε να γίνει μετατροπή σε μίγμα ικανό να αντληθεί, ενώ αν υπάρχει η υπόνοια μόλυνσης είναι αναγκαία η προσθήκη ενός σήματος υγιεινής στη γενική διάταξη της μελλοντικής μονάδας.

ΜΟΝΑΔΑ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΠΡΩΤΗΣ ΥΛΗΣ

Καθοριστικής σημασίας κρίνεται ο σταθερός, χωρίς διακυμάνσεις και συνεχής ανεφοδιασμός, με πρώτη ύλη στην κατάλληλη ποιότητα και ποσότητα, ενώ συνηθισμένη είναι η πρακτική κατά την οποία οι μονάδες βιοαερίου δέχονται συμπληρωματικές πρώτες ύλες οι οποίες προέρχονται από άλλα αγροκτήματα, νοικοκυριά και βιομηχανίες. Δίχως την εφαρμογή διαδικασίας διαχείρισης της ποιότητας της πρώτης ύλης , προκειμένου να

αναγνωριστεί, να ελεγχθεί αλλά και να υπολογιστεί το παρεχόμενο υλικό, δε θα μπορούσε να γίνει σωστή δουλειά, ενώ πάντοτε πρέπει να ακολουθούνται οι ειδικοί κανονισμοί, ανάλογα με την κατηγορία, και ιδιαίτερα για πρώτες ύλες που ταξινομούνται ως απόβλητα.

ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΠΡΩΤΗΣ ΥΛΗΣ (ΤΥΠΟΥ ΣΙΛΟ κλπ)

Η αποθήκευση αποσκοπεί στο να αντισταθμιστούν οι εποχιακές διακυμάνσεις του ανεφοδιασμού με πρώτη ύλη, ενώ επίσης γίνεται ευκολότερη η ανάμιξη των διαφόρων υποστρωμάτων για να υπάρχει συνεχής παροχή στο χωνευτή. Για να επιλεγεί ο τύπος των εγκαταστάσεων αποθήκευσης θα πρέπει να γνωρίζουμε την πρώτη ύλη και τα χαρακτηριστικά αυτής. Στην περίπτωση στερεής πρώτης ύλης, όπως είναι η χορτονομή αραβοσίτου, τα ροκανίδια και άλλα παρόμοια, τότε χρησιμοποιούνται αποθήκες τύπου σιλό, ενώ για λασπώδη και υδαρή κοπριά χρησιμοποιούνται δεξαμενές αποθήκευσης της υγρής πρώτης ύλης. Στα σιλό αποθήκευσης είναι δυνατή η αποθήκευση πρώτης ύλης για χρονικά διαστήματα μεγαλύτερα του ενός έτους, ενώ στις δεξαμενές αποθήκευσης κοπριάς το χρονικό αυτό διάστημα είναι της τάξεως των αρκετών ημερών. Η διαστασιολόγηση των εγκαταστάσεων αποθήκευσης είναι συνάρτηση των περιόδων παράδοσης, των ποσοτήτων που σε καθημερινή βάση τροφοδοτούνται στον χωνευτή, αλλά και των ποσοτήτων που πρόκειται να αποθηκευτούν. Για ενεργειακές καλλιέργειες συνηθίζεται η χρήση αποθηκών τύπου σιλό, οι οποίες αρχικά προτιμήθηκαν για την αποθήκευση της χορτονομής για ζωτροφή, για να μπορέσει με αυτό τον τρόπο να ρυθμιστεί η εποχιακή διαθεσιμότητα της βιομάζας.

Τα ποσοστά περιεκτικότητας σε υγρασία της χορτονομής πρέπει να είναι 55-70 % ανάλογα με το μέσο αποθήκευσης, τον βαθμό συμπίεσης και την περιεκτικότητα σε νερό που θα απολεσθεί κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Αφού περάσει από διεργασία ζύμωσης κατά την οποία τα ζυμωτικά βακτήρια κάνουν χρήση ενέργειας για την παραγωγή πτητικών λιπαρών οξέων (οξικό άλας VFA, λακτόζη, βουτυρικό άλας και λοιπά) και συντηρούν τη χορτονομή, τότε αυτή χάνει σε ενέργεια από τον αρχικό φυτικό ιστό, ως αποτέλεσμα της χρήσης μερικών από τους υδατάνθρακες από τα ζυμωτικά βακτήρια για να παραχθούν τα VFA. Όσον αφορά την αντλήσιμη πρώτη ύλη, αυτή σε γενικές γραμμές αποθηκεύεται σε στραγγισμένες, υδατοστεγείς και κατασκευαζόμενες από σκυρόδεμα δεξαμενές στο εσωτερικό του εδάφους. Είναι του ίδιου τύπου με αυτές που χρησιμοποιούνται στην κτηνοτροφία για την αποθήκευση της υγρής κοπριάς. Για μια έως δύο ημέρες είναι ικανοποιητική η χωρητικότητα αποθήκευσης των δεξαμενών, ενώ για να μπορεί να αποτραπεί η εκπομπή οσμών, οι δεξαμενές είναι αναγκαίο να καλύπτονται. Ο κύριος λόγος για τον οποίο οι δεξαμενές αποθήκευσης πρέπει να είναι εξοπλισμένες με αναδευτήρες είναι ότι αυτοί σε συνδυασμό με εργαλεία απόσχισης και κοπής για τη θραύση της πρώτης ύλης, συνεισφέρουν στην αποφυγή ιζηματογένεσης, απόφραξης, δημιουργίας επιπλέον στρωμάτων αλλά και διαχωρισμού φάσεων του μίγματος της πρώτης ύλης.

Η βελτίωση της πρώτης ύλης επηρεάζει και αυτή με τη σειρά της σε σημαντικό βαθμό την αποδοτικότητα και τη ροή της διεργασίας της ΑΧ. Ουσιαστικά οι στόχοι είναι πρωτίστως να αυξηθεί η δυνατότητα χώνευσης, άρα και η παραγωγή βιοαερίου, και δευτερευόντως η εκπλήρωση των απαιτήσεων υγιεινής. Σχετικά με τις δυνατότητες βελτίωσης της πρώτης ύλης και τη βελτιστοποίηση του οργανικού φορτίου της μονάδας, υπάρχει ικανοποιητικός αριθμός εναλλακτικών δυνατοτήτων, όπως είναι η μηχανική σύνθλιψη και οι διεργασίες αποσύνθεσης, οι οποίες χρησιμοποιούνται κυρίως κατά την επεξεργασία των λυμάτων.

Σχετικά με την ανάγκη για ταξινόμηση και διαχωρισμό των ακαθαρσιών της πρώτης ύλης αυτή εξαρτάται τόσο από την προέλευση, όσο και από τη σύνθεση της πρώτης ύλης. Είναι συνηθισμένο φαινόμενο η χρήση δεξαμενής προ-αποθήκευσης, με ειδικές σχάρες, ούτως ώστε να συγκρατούνται πέτρες, ξύλα και άλλες φυσικές ακαθαρσίες, προτού γίνεται η άντληση της πρώτης ύλης μέσα στην κύρια δεξαμενή αποθήκευσης. Αξίζει να αποσαφηνιστεί ότι ενώ η χορτονομή είναι από τα καθαρότερα υλικά πρώτης ύλης, η στερεή κοπριά και τα αστικά απόβλητα είναι κακής ποιότητας πρώτες ύλες, λόγω της περιεκτικότητας σε πέτρες και άλλες φυσικές ακαθαρσίες, που πρέπει να αφαιρεθούν μεθοδικά από τον πυθμένα των δεξαμενών ούτως ώστε να αποφεύγεται η στερεοποίηση της λάσπης. Είναι συνηθισμένος ο διαχωρισμός με ιζηματογένεση στο εσωτερικό των δεξαμενών αποθήκευσης, ενώ στην περίπτωση της άμμου, αυτή λαμβάνει χώρα ακόμα και μέσα στο εσωτερικό των χωνευτών. Στην ειδική κατηγορία των αστικών αποβλήτων, που περιλαμβάνονται απόβλητα από νοικοκυριά, υπηρεσίες εστίασης και τρόφιμα είναι συνηθισμένη η παρουσία υπολειμμάτων συσκευασιών, αλουμινίου, πλαστικού, άλλων μετάλλων, ξύλου, γυαλιού και γενικά πλήθους μη βιο-διασπάσιμων υλικών, τα οποία μπορούν με τη σειρά τους να βλάψουν τις αντλίες και να φράξουν σωληνώσεις και χωνευτές. Υπάρχει τρόπος αφαίρεσης και απομάκρυνσης αυτών των ακαθαρσιών με χρήση ενός αυτόνομου συστήματος συλλογής ή με μηχανικές, μαγνητικές και χειρωνακτικές μεθόδους.

Η υγειονομική επεξεργασία είναι επίσης πολλές φορές απαραίτητη, ενώ σε περίπτωση που αυτό είναι αναγκαίο, προτού αντληθεί η πρώτη ύλη στο χωνευτή θα πρέπει να προηγηθεί αποστείρωση υπό πίεση, είτε παστερίωση, είτε συνδυασμός των δύο αυτών μεθόδων. Ο στόχος είναι η αποφυγή μόλυνσης ολόκληρου του φορτίου της πρώτης ύλης, ενώ συνηθισμένη πρακτική είναι η υγειονομική επεξεργασία σε θερμαινόμενες δεξαμενές από ανοξείδωτο χάλυβα, οι οποίες είναι σε επικοινωνία με το σύστημα τροφοδοσίας του χωνευτή. Η θερμοκρασία του υλικού της πρώτης ύλης είναι κατά κανόνα υψηλότερη μετά την υγειονομική επεξεργασία σε σχέση με τη θερμοκρασία της διεργασίας της ΑΧ.

Η θραύση της πρώτης ύλης είναι ουσιαστικά μιας μορφής προετοιμασία των επιφανειών των σωματιδίων για τη βιολογική διεργασία της αποσύνθεσης, σε πρώτη φάση, και την ακόλουθη παραγωγή μεθανίου. Σε γενικές γραμμές η διεργασία της αποσύνθεσης γίνεται τόσο γρηγορότερα όσο μικρότερο μέγεθος σωματιδίων έχουμε. Σημαντικό είναι το γεγονός ότι το μέγεθος των σωματιδίων είναι ικανό να επηρεάσει το χρόνο της χώνευσης, χωρίς αυτό να συνεπάγεται απαραίτητα την αύξηση της παραγωγής μεθανίου. Η θραύση της πρώτης ύλης συνδέεται συνήθως με το σύστημα τροφοδοσίας με άμεσο τρόπο.

Η πολτοποίηση ή με άλλα λόγια ομογενοποίηση, ενδέχεται να είναι καθοριστικής σημασίας και αναγκαιότητας ούτως ώστε να γίνει λήψη πρώτης ύλης με σχετικά υψηλή περιεκτικότητα σε νερό, η οποία θα τροφοδοτηθεί έπειτα στο χωνευτή δια μέσω αντλιών. Αυτή πραγματοποιείται στις δεξαμενές αποθήκευσης ή τους προ-χωνευτές, προτού γίνει η άντληση του υλικού στον κύριο χωνευτή, ενώ τα υγρά που χρησιμοποιούνται για πολτοποίηση ποικίλλουν και αποτελούνται συνήθως από νερό διεργασιών, χωνεμένο υπόλειμμα, γλυκό νερό και βεβαίως ακατέργαστη υγρή κοπριά. Το πόσιμο νερό δεν χρησιμοποιείται, και θα πρέπει να αποφεύγεται, διότι το κόστος αυτού είναι δυσανάλογα μεγάλο.

ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ

Αφού έχουν προηγηθεί χρονικά η αποθήκευση και η προ-επεξεργασία, ακολουθεί η τροφοδοσία της πρώτης ύλης στον χωνευτή. Για να επιλεγεί μια κατάλληλη τεχνική θα

πρέπει να είναι γνωστά σε ικανοποιητικό βαθμό τόσο ο τύπος όσο και η ικανότητα άντλησης της πρώτης ύλης. Σε αυτό το σημείο γίνεται διαχωρισμός ανάμεσα στις αντλήσιμες πρώτες ύλες και στις μη αντλήσιμες πρώτες ύλες. Συγκεκριμένα, ως αντλήσιμες πρώτες ύλες ονομάζονται αυτές που λόγω των χαρακτηριστικών τους μπορούν να μεταφερθούν με αντλίες από τις δεξαμενές αποθήκευσης στον χωνευτή και ουσιαστικά αποτελούνται από τις υδαρείς ζωικές κοπριές και μεγάλο αριθμό υγρών οργανικών αποβλήτων, όπως είναι τα ιχθυέλαια, τα απόβλητα γαλακτοκομίας, η επιπλέουσα ιλύς και άλλα παρόμοια. Ως μη αντλήσιμοι τύποι πρώτης ύλης ορίζονται τα ινώδη υλικά, η χλόη, η στερεή κοπριά με υψηλή περιεκτικότητα σε άχυρο, η χορτονομή αραβοσίτου και άλλα συναφή, υλικά των οποίων η μεταφορά από ένα φορτωτή στο σύστημα τροφοδοσίας και η επακόλουθη διοχέτευση τους στον χωνευτή είναι απαραίτητη. Καθοριστικής σημασίας για τη μικροβιολογία της αντίδρασης είναι οι θερμοκρασιακές διαφορές, οι οποίες είναι δυνατό να προκαλέσουν απώλεια στην παραγωγή αερίου και θα πρέπει να αποφεύγονται. Η θερμοκρασία της νέας πρώτης ύλης μπορεί να εμφανίζει μεγάλη διαφορά από τη θερμοκρασία λειτουργίας του χωνευτή, λόγω εποχικών διακυμάνσεων. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα ενδέχεται η θερμοκρασία της να είναι μικρότερη των 0°C, αλλά και λόγω της προ-επεξεργασίας, αφού για παράδειγμα κατά την υγειονομική επεξεργασία αναμένονται θερμοκρασίες της πρώτης ύλης που ξεπερνούν τους 130 °C.

ΑΝΤΛΙΕΣ

Ως επί το πλείστον χρησιμοποιούνται δύο κύριοι τύποι αντλιών, οι φυγοκεντρικές αντλίες και οι αντλίες μετατόπισης. Οι φυγοκεντρικές ή περιστροφικές αντλίες συνήθως είναι βυθιζόμενες, χωρίς αυτό να αποκλείει την τοποθέτησή τους σε στεγνό χώρο πλησίον του χωνευτή. Ως αρχή λειτουργίας χρησιμοποιούνται περιστρεφόμενα στροφεία για την αύξηση ταχύτητας του ρευστού στο εσωτερικό τους. Οι αντλίες μετατόπισης ή αντλίες περιστρεφόμενου εμβόλου ή αντλίες έκκεντρου κοχλίας είναι κατά κανόνα ανθεκτικότερες των περιστροφικών, αναρροφούν από μόνες τους, λειτουργούν σε δύο κατευθύνσεις με την επίτευξη σχετικά μεγάλων πιέσεων, αλλά χαρακτηρίζονται από μειωμένη ικανότητα μεταβίβασης. Επίσης, για ειδικές διατάξεις και εφαρμογές χρησιμοποιούνται οι αντλίες κοπής, οι οποίες είναι ιδανικές για υλικά με μακριές ίνες, όπως η κουρεμένη χλόη, το άχυρο και τα περισσεύματα τροφών. Το κόστος παίζει ως συνήθως το μεγαλύτερο ρόλο στη διαδικασία επιλογής, με αποτέλεσμα να επιλέγονται οι φυγοκεντρικές αντλίες συχνότερα από τις αντλίες μετατόπισης.

Γενικά, ένα σύστημα τροφοδοσίας αποτελείται από ένα κιβώτιο που χρησιμοποιείται ώστε να φορτώνεται η στοιβάσιμη πρώτη ύλη και ένα δεύτερο σύστημα μεταφοράς, το οποίο και την τροφοδοτεί στον χωνευτή. Για να αποτρέπεται η διαρροή βιοαερίου η εισαγωγή της πρώτης ύλης στο χωνευτή θα πρέπει να γίνεται αεροστεγώς, ενώ θα πρέπει το σύστημα τροφοδοσίας να τοποθετεί την πρώτη ύλη κάτω από το επιφανειακό στρώμα του χωνεμένου υπολείμματος. Στις περισσότερες των περιπτώσεων χρησιμοποιούνται τρία συστήματα: τα έμβολα τροφοδοσίας, οι μεταφορικοί κοχλίες και τα φρεάτια απόπλυσης. Όπως μαρτυρά και το όνομα τους, στα έμβολα τροφοδοσίας η πρώτη ύλη δια μέσου υδραυλικών κυλίνδρων εισάγεται άμεσα στον χωνευτή, καθώς αυτοί σπρώχνουν την πρώτη ύλη μέσω ενός ανοίγματος στο κάτω μέρος του τοίχου του χωνευτή.

Αντίθετα, περιστρεφόμενοι κύλινδροι μίξης χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά των υλικών στους χαμηλότερους οριζόντιους κυλίνδρους, ενώ ταυτόχρονα συνθλίβουν και τα υλικά με μακριές ίνες. Οι σφηνοειδείς κοχλίες οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την υπό πίεση τροφοδοσία του υλικού στον χωνευτή δεν είναι άλλοι από τους μεταφορικούς κοχλίες. Σχετικά με τις σωληνώσεις και τα παρελκόμενα θα πρέπει να είναι αυτά κατάλληλα για

συστήματα παραγωγής βιοαερίου, δηλαδή αντιδιαβρωτικά και τέτοια ώστε να μπορούν να διαχειριστούν το βιοαέριο και τη βιομάζα. Ενδεικτικά αναφέρονται υλικά όπως τα PVC , HDPE και ο ανοξείδωτος χάλυβας. Σε κάποιες περιπτώσεις είναι αναγκαία η μόνωση των σωλήνων της εγκατάστασης, ούτως ώστε να εξασφαλίζεται και ο κύριος στόχος , δηλαδή η ασφαλής λειτουργία της μονάδας βιοαερίου με εγγυημένες ελάχιστες απαιτήσεις σε σωληνώσεις και παρελκόμενα , σχετικά με τις ιδιότητες των υλικών της , τη στεγανότητα και τα χαρακτηριστικά ασφαλείας τους

ΧΩΝΕΥΤΕΣ

Ως χωνευτής ορίζεται ο αεροστεγής αντιδραστήρας στον οποίο πραγματοποιείται η αποσύνθεση της πρώτης ύλης, απουσία οξυγόνου και παράγεται βιοαέριο. Είναι αναμφισβήτητο ο πυρήνας μιας μονάδας βιοαερίου, ενώ στις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην Ευρωπαϊκή Ένωση, οι αναερόβιοι χωνευτές θα πρέπει να μονώνονται και να θερμαίνονται. Διακρίνονται σε διαφορετικούς τύπους, με κυριότερους τους κατασκευαζόμενους από σκυρόδεμα, χάλυβα, τούβλο ή πλαστικό, τους τοποθετούμενους υπόγεια ή επιφανειακά και τους διαμορφούμενους ως σκάφες, σιλό, λεκάνες ή λιμνούλες.

Για να επιλεγεί το σχέδιο και ο τύπος του χωνευτή θα πρέπει να είναι γνωστή η περιεκτικότητα σε νερό του χωνευμένου υποστρώματος. Σχετικά με την εισαγωγή της πρώτης ύλης υπάρχουν δύο βασικοί τύποι χωνευτών, αυτοί που εισάγουν την πρώτη ύλη συνεχώς και αυτή που την εισάγουν ασυνεχώς. Οι χωνευτές ασυνεχούς τύπου είναι απλοί στην κατασκευή τους και χρησιμοποιούνται κυρίως για ξηρή χώνευση, ενώ κατά τη λειτουργία τους πληρώνεται ένα μέρος, μια παρτίδα, νωπής πρώτης ύλης, το οποίο αφήνεται να χωνευτεί και στη συνέχεια αφαιρείται εντελώς . Αυτή την παρτίδα διαδέχεται μια νέα παρτίδα η οποία τροφοδοτείται στο χωνευτή, για να επαναληφθεί η διαδικασία. Η ικανότητα επεξεργασίας κυμαίνεται από 2000 έως και 50000 τόνους ανά έτος , ενώ χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτών των χωνευτών είναι οι χωνευτές τύπου <<γκαράζ>>, κατασκευαζόμενοι από σκυρόδεμα και χρησιμοποιούμενοι κυρίως για την επεξεργασία των διαχωριζόμενων στην πηγή αποβλήτων από τα νοικοκυριά, της στερεής κοπριάς, των ενεργειακών καλλιεργειών και της κουρεμένης χλόης. Ακόμα, ο συνεχόμενος εμβολιασμός της πρώτης ύλης με βακτηριακή βιομάζα πραγματοποιείται μέσω της επανακυκλοφορίας του υγρού διήθησης , το οποίο και ψεκάζεται επάνω από το υπόστρωμα στο χωνευτή. Κατά την ξηρή χώνευση δεν είναι αναγκαία η ανάμιξη ή ανάδευση του υποστρώματος του χωνευτήρα, σε αντίθεση με την υγρή χώνευση , κατά την οποία αυτό είναι απαραίτητο.

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της σταδιακής χώνευσης έναντι των άλλων συστημάτων είναι το χαμηλότερο κόστος της διεργασίας αλλά και του απαιτούμενου μηχανολογικού εξοπλισμού, ενώ σημαντικά μειονεκτήματα είναι τόσο η μεγάλη κατανάλωση ενέργειας που απαιτείται για τη διεργασία, όσο και οι υψηλότερες δαπάνες συντήρησης που είναι αναγκαίες. Αντίθετα με έναν χωνευτή ασυνεχούς τύπου, σε ένα χωνευτή συνεχούς τύπου τα υποστρώματα της πρώτης ύλης είναι αυτά που τροφοδοτούνται στο χωνευτή συνεχώς. Η κίνηση του υλικού μέσα στο χωνευτή γίνεται είτε με μηχανικό τρόπο είτε με την πίεση που ασκεί το νέο τροφοδοτούμενο υπόστρωμα και εξωθεί το χωνεμένο υλικό. Παράγεται βιοαέριο χωρίς διακοπή για τη φόρτωση νέας πρώτης ύλης και την εκφόρτωση των χωνεμένων υπολειμμάτων, κάτι το οποίο δεν γίνεται με τους χωνευτές ασυνεχούς τύπου. Τα

τρία κυριότερα είδη συνεχών χωνευτών είναι οι οριζόντιοι, οι κατακόρυφοι και τα συστήματα πολλαπλών δεξαμενών. Οι χωνευτές συνεχούς τύπου ταξινομούνται σε χωνευτές πλήρους ανάμιξης, που είναι κυρίως κατακόρυφοι και σε χωνευτές στρωτής ροής, που είναι οριζόντιοι, ανάλογα πάντα με την επιλεγόμενη λύση για την ανάδευση του υποστρώματος του αναερόβιου χωνευτήρα.

Για να είμαστε τελικά σε θέση να επιλέξουμε τεχνολογία παραγωγής και αξιοποίησης βιοαερίου θα πρέπει να εντρυφήσουμε στα κύρια χαρακτηριστικά των διαφορετικών τύπων χωνευτών. Οι χωνευτές πλήρους ανάμιξης είναι κυκλικοί, κατακόρυφοι και αφορούν κατασκευή μονής δεξαμενής, πλήρους μίξεως, ενώ μπορούν να επεξεργαστούν υγρή κοπριά. Τμήματα μη χωνεμένης πρώτης ύλης ενδέχεται να φτάσουν στην εκροή, ενώ η θερμοκρασία της διεργασίας κυμαίνεται από 20 έως 37 βαθμούς Κελσίου, και ο χρόνος παραμονής από 30 έως 90 μέρες. Σχετικά με τους χωνευτές στρωτής ροής, αυτοί είναι επιμήκεις οριζόντιας δεξαμενής κατακόρυφης ανάμιξης, ενώ είναι κατάλληλοι για δύσκολες πρώτες ύλες, όπως η στερεή κοπριά. Η υγιεινή σε αυτούς είναι εξασφαλισμένη, αφού σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας δεν αναμένεται καμία σύνδεση μεταξύ εισροής και εκροής. Η θερμοκρασία της διεργασίας κυμαίνεται από 35 – 55 βαθμούς Κελσίου και ο χρόνος παραμονής από 15 έως 30 ημέρες.

Στην πράξη οι περισσότεροι χωνευτές είναι κατακόρυφοι και κατασκευάζονται επιτόπου, ενώ είναι αεροστεγείς, μονωμένοι, θερμαινόμενοι και εξοπλισμένοι με αντλίες ή αναδευτήρες. Αποτελούνται από στρογγυλές δεξαμενές χάλυβα ή οπλισμένου σκυροδέματος, με κωνικό πυθμένα επί το πλείστον, για εύκολη ανάδευση και εκκένωση των ιζημάτων άμμου. Το παραγόμενο βιοαέριο συγκεντρώνεται με σωλήνες για αποθήκευση σε μια μονάδα εξωτερικής αποθήκευσης, η οποία βρίσκεται κοντά στον χωνευτή, ενώ οι χωνευτές καλύπτονται από μια χαλύβδινη ή από σκυρόδεμα, οροφή. Σε κάθε άλλη περίπτωση υπάρχει κατάλληλος πυρσός καύσης, ούτως ώστε να αποφεύγονται δυσάρεστες καταστάσεις οσμών, λόγω του H_2S , και πυρκαγιών λόγω εκρήξεων.

Υπάρχουν περιπτώσεις όπου η οροφή μπορεί να είναι μια αεροστεγής μεμβράνη η οποία έχει την ευχέρεια διόγκωσης από το παραγόμενο βιοαέριο ή μπορεί να είναι στερεωμένη σε έναν κεντρικό ιστό. Αρκετά αεροστεγείς λόγω του κορεσμού σε νερό του σκυροδέματος από την υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία της πρώτης ύλης και του βιοαερίου είναι οι χωνευτές οπλισμένου σκυροδέματος, οι οποίοι μπορούν ως δεξαμενές να τοποθετηθούν μερικώς ή πλήρως μέσα στο έδαφος. Η λανθασμένη κατασκευή τους μπορεί να προκαλέσει και ραγίσματα, διαρροές, διάβρωση, ενώ σε ακραίες περιπτώσεις ακόμα και την κατάρρευση του χωνευτή. Σε μια βάση από σκυρόδεμα και πάντοτε πάνω στην επιφάνεια του εδάφους τοποθετούνται οι χαλύβδινοι χωνευτές, οι οποίοι αποτελούνται από πλάκες χάλυβα οι οποίες είτε είναι συγκολλημένες μεταξύ τους είτε είναι συρραμμένες, με ραφές οι οποίες πρέπει τελικά να στεγανοποιούνται.

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των κατακόρυφων χωνευτών είναι το ότι μπορούν με ευκολία να μετατραπούν σε κατάλληλες διατάξεις χωνευτών βιοαερίου, οι ήδη υπάρχουσες δεξαμενές στερεής κοπριάς που υπάρχουν στα αγροκτήματα, με αναγκαία ωστόσο προσθήκη μόνωσης και συστήματος θέρμανσης. Αντίθετα, οι οριζόντιοι χωνευτές είναι συνήθως compact συστήματα, τα οποία κατασκευάζονται και μεταφέρονται εκ των υστέρων

σε μια μονάδα βιοαερίου, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα τους περιορισμούς ως προς το μέγεθος και τον όγκο τους. Ο χαρακτηριστικός τύπος έχει να κάνει με μια οριζόντια δεξαμενή από χάλυβα της τάξεως των $50 - 150 \text{ m}^3$, η οποία και χρησιμοποιείται είτε ως κύριος χωνευτής για μικρότερες μονάδες βιοαερίου, είτε ως προ-χωνευτής για μεγαλύτερες εγκαταστάσεις. Σε αυτόν έρχεται να προστεθεί και μια εναλλακτική λύση από σκυρόδεμα, ο επονομαζόμενος χωνευτής τύπου καναλιού, κατά τον οποίο επιτρέπονται μεγαλύτεροι όγκοι μέχρι των 1000 m^3 .

Σε παράλληλη λειτουργία επιτυγχάνονται μεγαλύτερες τιμές ρυθμαπόδοσης για τους οριζόντιους χωνευτές, ενώ ως αρχή λειτουργίας η πρώτη ύλη πραγματοποιεί μια αργή ροή από την είσοδο στην πλευρά εκκένωσης, δημιουργώντας μια στρωτή ροή δια μέσου του χωνευτή. Κατά τον τρόπο αυτό ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος εκκένωσης μη χωνεμένου υποστρώματος, ενώ εξασφαλίζεται και συγκεκριμένος χρόνος παραμονής (15 – 30 ημερών) για το σύνολο του υποστρώματος μέσα στο χωνευτή. Κυρίως για πρώτες ύλες όπως η κοπριά πουλερικών, η χλόη, η χορτονομή αραβοσίτου ή η στερεή κοπριά με υψηλά ποσοστά άχυρου, χρησιμοποιούνται οριζόντιοι χωνευτές συνεχούς ροής εξοπλισμένοι με σύστημα θέρμανσης, σωλήνες τροφοδοσίας, θόλο αερίου και αναδευτήρα. Σχετικά με τη στάθμη πλήρωσης του χωνευτή, αυτή φτάνει στο ίδιο ύψος, ενώ αλλάζει μέσα στο θόλο αερίου όταν πραγματοποιούνται η πλήρωση και η ανάδευση, και ρυθμίζεται από ένα σιφόνι στην εκροή. Επίσης, οι οριζόντιοι χωνευτές από χάλυβα αλλά και από ανοξείδωτο χάλυβα τοποθετούνται πάνω σε μια πλάκα, βάση σκυροδέματος και στερεώνονται σε αυτή, στην επιφάνεια του εδάφους.

Σε μεγαλύτερη κλίμακα χρησιμοποιούνται τα συστήματα πολλαπλών δεξαμενών. Σε κανονικές συνθήκες χρησιμοποιούνται ως ένα σύστημα συνεχούς ροής από μεγάλες εγκαταστάσεις συγχώνευσης κλίμακας, ενώ περιλαμβάνουν τουλάχιστον έναν, αλλά και περισσότερους, κύριους χωνευτές και μετά-χωνευτές. Χρησιμοποιούνται αρκετές μορφές συστημάτων και διατάξεων, ούτως ώστε να ανταποκρίνεται το σύστημα στις ιδιομορφίες κάθε κατάσταση. Συγκεκριμένα, οι χωνευτές ενδέχεται να είναι εξολοκλήρου κατακόρυφοι είτε συνδυασμός από κατακόρυφους και οριζόντιους χωνευτές ενώ οι δεξαμενές αποθήκευσης του χωνεμένου υπολείμματος χρησιμεύουν και αυτοί ως μετά- χωνευτές, οι οποίοι θα πρέπει να καλύπτονται με αεροστεγή μεμβράνη.

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ, ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΙΖΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΧΩΝΕΥΤΗ

Είναι γνωστό από τη βιβλιογραφία πως στο εσωτερικό των χωνευτών συνεχούς τύπου ενδέχεται η συσσώρευση ιζημάτων βαρέων υλικών, όπως είναι η άμμος και άλλα μη χωνευόμενα υλικά. Η πλειοψηφία αυτών μπορεί να αφαιρεθεί τόσο κατά την προ-αποθήκευση όσο και κατά την τροφοδοσία. Για την άμμο, αυτή κολλάει πολύ στενά στις οργανικές ουσίες, ενώ είναι δύσκολο να διαχωριστεί πριν από την χώνευση. Επομένως απελευθερώνεται κατά τη διάρκεια της βιολογικής διεργασίας της αναερόβιας χώνευσης στο χωνευτή και δημιουργεί πλήθος προβλημάτων, όπως είναι η μείωση του ενεργού όγκου του χωνευτή, η επιβάρυνση σε σημαντικό βαθμό του συστήματος ανάδευσης, των αντλιών και των εναλλακτών θερμότητας και η επακόλουθη ρύπανση, απόφραξη και σημαντική φθορά. Λύση στο πρόβλημα μπορεί να δοθεί με τη χρήση αυλακίων ή επιδαπέδιου οχετού, ούτως ώστε να πραγματοποιείται η συνεχής αφαίρεση των στρωμάτων ιζήματος από τους

χωνευτές. Συγκεκριμένα, αυτά τα στρώματα σκληραίνουν αν αμελείται ή παραμελείται η τακτική αφαίρεση τους και μπορούν να απομακρυνθούν μόνο με χρήση βαρεού εξοπλισμού, όπως είναι τα κομπρεσέρ.

Σε γενικές γραμμές, η επαρκής μέθοδος ανάδευσης, η εγκατάσταση δεξαμενής προ-αποθήκευσης μεγάλης χωρητικότητας, η αποφυγή πρώτων υλών με υψηλά ποσοστά άμμου, η τακτική εκκένωση των δεξαμενών προ-αποθήκευσης/αποθήκευσης, η σωστή τοποθέτηση των βάσεων των σωλήνων άντλησης ούτως ώστε να αποφεύγεται η κυκλοφορία της άμμου και η χρήση ανεπτυγμένων μεθόδων εκκένωσης της άμμου από τους χωνευτές, μπορούν να ελαχιστοποιήσουν τα προβλήματα που προκαλούνται από τα ιζήματα. Επίσης, μέτρα πρέπει να λαμβάνονται και κατά των στρωμάτων αφρού και επιπλεόντων υλικών που δημιουργούνται εξαιτίας της αστάθειας της διαδικασίας αλλά και λόγω των χαρακτηριστικών της παρεχόμενης πρώτης ύλης. Η πυκνή παρουσία τους στο επιφανειακό στρώμα του χωνευτή είναι ικανή να προκαλέσει την απόφραξη των γραμμών του αερίου, ενώ χρησιμοποιούνται ειδικές παγίδες αφρού, ικανές να αποτρέψουν την ενδεχόμενη διείσδυση αφρού στους σωλήνες που εκτείνονται προς τον μετα-χωνευτή ή τις λεκάνες αποθήκευσης. Αρκετά συχνά εγκαθίσταται ένας αισθητήρας αφρού στο επάνω μέρος του χωνευτή, ο οποίος αρχίζει να ψεκάζει αυτόματα έναν επιβραδυντή αφρού στο χωνευτή, στην περίπτωση πάντα που υπάρχει πολύς αφρός στην επιφάνεια της δεξαμενής. Οι επιβραδυντές αφρού θα πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο σε έκτακτες περιπτώσεις και ανάγκες, αφού αποτελούν ενώσεις πυριτικών αλάτων, οι οποίες δύνανται να προκαλέσουν ζημιά στις εγκαταστάσεις συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας.

ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Όσο επικρατεί σταθερή θερμοκρασία της διεργασίας τόσο επιτυγχάνεται η σταθερή λειτουργία της μονάδας και η επακόλουθη υψηλή παραγωγή βιοαερίου. Επομένως, από την στιγμή που οι μεγάλες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας είναι ικανές να προκαλέσουν αστάθειες στη διεργασία της αναερόβιας χώνευσης και ενδεχόμενο τερματισμό της είναι απαραίτητη η όσο μεγαλύτερη εξισορρόπηση των διακυμάνσεων στη θερμοκρασία. Για να γίνει αυτό οι χωνευτές θα πρέπει να μονώνονται και να θερμαίνονται από εξωτερικές πηγές θέρμανσης με τη θέρμανση της πρώτης ύλης να μπορεί να γίνει σε διάφορα στάδια. Αυτό της τροφοδοσίας, δηλαδή κατά την προθέρμανση, με χρήση εναλλακτών θερμότητας, μέσα στο χωνευτή με τη χρήση θερμαντικών στοιχείων, όπως καυτού ατμού, αλλά και σε άλλα .

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΝΑΔΕΥΣΗΣ

Η επαναλαμβανόμενη ημερήσια ανάδευση του περιεχόμενου υποστρώματος του χωνευτή με τη νέα πρώτη ύλη είναι επιτακτικής ανάγκης, ούτως ώστε να αποφεύγεται ο σχηματισμός κρούστας και ιζημάτων και να διευκολύνεται η μεταφορά των βακτηριδίων (μικροοργανισμών) στα σωματίδια της νέας πρώτης ύλης, η ανοδική ροή των φυσαλίδων αερίου και η ομογενοποίηση της κατανομής της θερμότητας και των θρεπτικών ουσιών. Στο 90% των μονάδων βιοαερίου γίνεται μηχανική ανάδευση, ενώ η ελάχιστη δυνατή ανάδευση βιομάζας στο εσωτερικό του χωνευτή πραγματοποιείται με παθητικό τρόπο, όταν από την εισαγωγή της νέας πρώτης ύλης και τα επακόλουθα ρεύματα θερμικής μεταφοράς γίνεται η ελάχιστη δυνατή ανταλλαγή και με τις φυσαλίδες αερίου που έχουν κατακόρυφη ροή προς

τα πάνω. Η χρήση μηχανικού, υδραυλικού ή πνευματικού εξοπλισμού είναι αναγκαία, ώστε να επιτευχθεί η ενεργητική ανάδευση, καθώς η παθητική ανάδευση δεν είναι αρκετή για τη βέλτιστη λειτουργία του χωνευτή.

Η μηχανική ανάδευση των χωνευτών πραγματοποιείται με τη χρήση αναδευτήρων οι οποίοι διακρίνονται σε ταχέως περιστρεφόμενους, μέσης ταχύτητας περιστροφής και αργά περιστρεφόμενους. Στους κατακόρυφους χωνευτές χρησιμοποιούνται κυρίως οι αναδευτήρες έλικα με βυθιζόμενο μοτέρ. Γίνεται χρήση ηλεκτρικού μοτέρ δίχως γρανάζια, με υδατοστεγή κουβούκλια και αντιδιαβρωτικά επιχρίσματα, τα οποία έρχονται σε ψύξη, σταδιακά, από το ρευστό που τα περιβάλλει. Είναι εξ' ολοκλήρου βυθισμένα στην πρώτη ύλη και συνηθίζεται να έχουν δύο ή τρεις πτερωτές με γεωμετρικά βελτιστοποιημένες έλικες. Επίσης, η προσαρμογή ως προς την κλίση, το ύψος και ως προς την κατεύθυνση είναι δυνατή λόγω του συστήματος οδήγησης που διαθέτουν, το οποίο αποτελείται από ένα ικρίωμα, ένα βαρούλκο καλωδίων και την οδηγό διάταξη.

Σχετικά με τους αναδευτήρες με πτέρυγα, αυτοί έχουν διαγώνιο, οριζόντιο ή κατακόρυφο άξονα, ενώ το μοτέρ τους βρίσκεται εξωτερικά του χωνευτή, ενώ τελευταία περίπτωση αποτελούν οι αξονικοί αναδευτήρες, οι οποίοι συνήθως λειτουργούν συνεχώς και τοποθετούνται κυρίως σε άξονες στο κεντρικό κομμάτι της οροφής του χωνευτή. Το μοτέρ είναι έξω από το χωνευτή.

ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

Η πιο απλή λύση είναι η αποθήκευση του βιοαερίου στο πάνω μέρος των χωνευτών με χρήση μιας ειδικής μεμβράνης, η οποία χρησιμοποιείται συγχρόνως και ως κάλυμμα του χωνευτή. Σε κάθε περίπτωση, είναι απαραίτητη η αποθήκευση του παραγόμενου βιοαερίου προσωρινά και σε κατάλληλες εγκαταστάσεις αποθήκευσης. Συνηθισμένη πρακτική στις μεγαλύτερες εγκαταστάσεις είναι η κατασκευή ξεχωριστών δεξαμενών αποθήκευσης του βιοαερίου, οι οποίες πρέπει να είναι αεροστεγείς και ανθεκτικές στην πίεση. Στην περίπτωση μάλιστα που δεν καλύπτονται από κτήρια θα πρέπει να έχουν επίσης ανθεκτικότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία (UV), στις καιρικές συνθήκες αλλά και στις θερμοκρασιακές μεταβολές. Καλό θα είναι η δεξαμενή να είναι τέτοια ώστε να μπορεί να αποθηκεύει την παραγωγή διάρκειας μίας ή δύο ημερών, ενώ σε κάθε περίπτωση πρέπει να έχει την ικανότητα αποθήκευσης τουλάχιστον του 25% της ημερήσιας παραγωγής βιοαερίου. Είναι συνηθισμένη η χρήση δεξαμενών χαμηλής πίεσης οι οποίες και λειτουργούν σε υπερπίεση από 0.05 – 0.5 mbar και κατασκευάζονται από ειδικές μεμβράνες που πληρούν σειρά απαιτήσεων ασφαλείας. Οι δεξαμενές μεμβράνης εγκαθίστανται ως εξωτερικοί ταμιευτήρες αερίου ή ως θόλοι-κάλυμματα αερίου επάνω από το χωνευτή. Επίσης είναι δυνατή η αποθήκευση του βιοαερίου σε δεξαμενές μέσης και υψηλής πίεσης, από 5 – 250 bar, σε φιάλες και σε χαλύβδινες δεξαμενές πίεσης.

Οι παραπάνω πρακτικές έχουν ιδιαίτερα μεγάλο κόστος, άρα δεν χρησιμοποιούνται συχνά στις αγροτικές μονάδες βιοαερίου. Η πιο συνηθισμένη εικόνα είναι η παραγωγή ποσοτήτων βιοαερίου που είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ενέργειας. Σε αυτή την περίπτωση ερευνάται αν μπορεί η περίσσεια αερίου να αποθηκευθεί ή να χρησιμοποιηθεί, ενώ σε κάθε άλλη περίπτωση προτιμάται η ανάφλεξη, ως

έσχατη λύση. Η ανάφλεξη είναι απαραίτητη για να εξαλειφθούν οι όποιοι κίνδυνοι ασφαλείας και για να προστατευθεί το περιβάλλον, άρα και κάθε μονάδα βιοαερίου είναι εξοπλισμένη με έναν πυρσό βιοαερίου. Οι σύγχρονοι πυρσοί με βάση τη θερμοκρασία (850-1200 °C) και το χρόνο παραμονής (minimum 0.3 sec) διαμορφώνουν και τις χαρακτηριστικές προδιαγραφές απόδοσής τους.

Για να βελτιωθεί το εξαχθέν από το χωνευτή βιοαέριο πρέπει να απαλλαγεί από το υδρόθειο, το οποίο έχει μια δυσάρεστη χαρακτηριστική οσμή και είναι τοξικό. Συγκεκριμένα οι υδρατμοί, το μεθάνιο, το διοξείδιο του άνθρακα και οι ποσότητες υδρόθειου αποτελούν τη σύσταση του βιοαερίου όταν αυτό εξέρχεται από το χωνευτή. Το υδρόθειο αντιδρά με τους υδρατμούς και δημιουργεί θειικό οξύ. Η αποθείωση και η ξήρανση του βιοαερίου είναι απαραίτητες προκειμένου να αποτραπεί η φθορά των μηχανών.

Το ξηρό βιοαέριο που προέρχεται από αναερόβια χώνευση ζωϊκής στερεής κοπριάς περιέχει 1000-3000 ppm , κατά μ.ο, H_2S . Απαραίτητη προϋπόθεση για χρήση του βιοαερίου σε μηχανές αερίου για ΣΗΘ είναι το περιεχόμενο σε υδρόθειο να είναι μικρότερο από 700 ppm, ούτως ώστε να αποφευχθεί η διάβρωση σε υπερβολικό βαθμό αλλά και η φθορά του λιπαντέλαιου σε ταχύτατο βαθμό. Η αποθείωση, δηλαδή η αφαίρεση του υδρόθειου από το βιοαέριο μπορεί να γίνει με πλήθος μεθόδων, χημικών ή βιολογικών, εξωτερικά ή στο εσωτερικό του χωνευτή.

Η βιολογική μέθοδος είναι μια οικονομικά αποδοτική μέθοδος και πραγματοποιείται συνήθως στο εσωτερικό του χωνευτή, ενώ υπάρχει και η δυνατότητα πραγματοποίησης έξω από το χωνευτή, σε στήλες αποθείωσης. Σε κάθε περίπτωση είναι αναγκαία η παρουσία οξυγόνου και οξειδωτικών σουλφοβακτηριδίων για την μετατροπή του υδρόθειου σε στοιχειακό θείο παρουσία οξυγόνου. Επίσης, κατά την χημική αποθείωση, στο μίγμα της πρώτης ύλης μέσα στο χωνευτή γίνεται προσθήκη μια χημικής ουσίας. Με αυτό τον τρόπο το θείο δεσμεύεται χημικά και δεν χάνεται , αλλά παραμένει στο χωνεμένο υπόλειμμα .

Με την απαραίτητη ύπαρξη ειδικού εξοπλισμού είναι δυνατή η πραγματοποίηση χημικής αποθείωσης και έξω από το χωνευτή, με τη χρήση μια βάσης, όπως είναι συνήθως το υδροξείδιο του νατρίου. Για να καταστεί δυνατή η προστασία των μονάδων ΣΗΘ από τη διάβρωση και από ενδεχόμενες βλάβες , θα πρέπει να αφαιρείται το νερό από το βιοαέριο. Καθώς το αέριο είναι διαποτισμένο με υδρατμούς η σχετική υγρασία του βιοαερίου μέσα στο χωνευτή είναι της τάξης του 100%, και μέρος των υδρατμών αυτών δύναται να συμπυκνωθεί με την ψύξη του αερίου. Κάτι τέτοιο πραγματοποιείται συνήθως στις σωληνώσεις που είναι αυτές που μεταφέρουν το βιοαέριο από το χωνευτή στη μονάδα ΣΗΘ. Εκτός από τους υδρατμούς, κατά τη συμπύκνωση αφαιρούνται και μερικές από τις ανεπιθύμητες ουσίες, όπως είναι τα αερολύματα και τα υδροδιαλυτά αέρια.

Ένα ακόμα θέμα το οποίο τίθεται διευθέτησης είναι το χωνεμένο υπόλειμμα, το οποίο μετά από άντληση έξω από το χωνευτή μεταφέρεται στις εγκαταστάσεις αποθήκευσης δια μέσω αγωγών, όπου και αποθηκεύεται προσωρινά. Γίνεται χρήση δεξαμενών από σκυρόδεμα ή τεχνητών λιμνών, οι οποίες και καλύπτονται από φυσικά ή τεχνητά επιπλέοντα στρώματα είτε από μεμβράνες. Συνήθως απαιτούνται έξι έως εννέα μήνες αποθηκευτικής ικανότητας για το χωνεμένο υπόλειμμα και την κοπριά, για να είναι δυνατή με αυτό τον τρόπο η

εξασφάλιση βέλτιστης και αποδοτικής χρήσης των παραπάνω ως λιπάσματος, κάτι που θα πρέπει να αποφεύγεται κατά τη χειμερινή περίοδο.

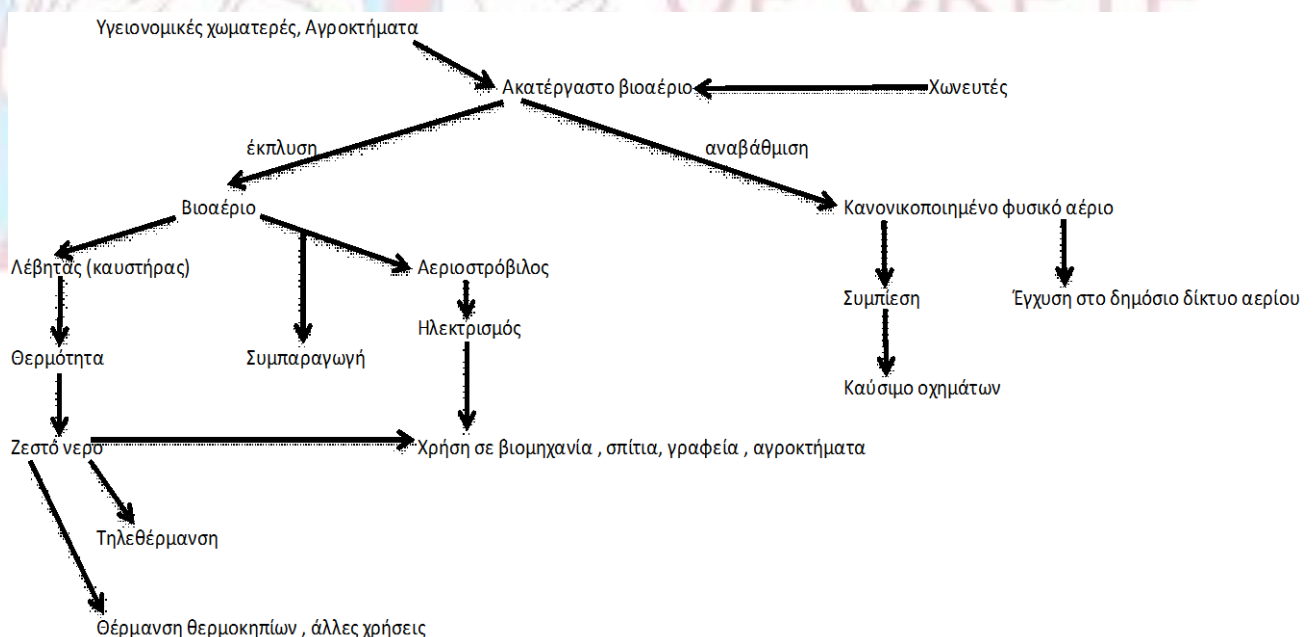
Στο κομμάτι του κεντρικού ελέγχου αναφέρεται επιγραμματικά ότι η μονάδα βιοαερίου είναι μια μονάδα σύνθετη, με πλήθος αλληλοεξαρτήσεων μεταξύ των τμημάτων της. Οι αυτοματοποιήσεις κατά την παρακολούθηση και ο κεντρικός έλεγχος είναι ένα πρωτεύον τμήμα της λειτουργίας της υφιστάμενης μονάδας, το οποίο και θα πρέπει να εγγυάται την επιτυχία της. Μεταξύ άλλων φυσικών και χημικών παραμέτρων που συλλέγονται και αναλύονται είναι η τιμή του pH σε καθημερινή βάση, η περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα βραχείας αλυσίδας, η ποσότητα και η σύνθεση του αερίου καθημερινά, το επίπεδο πλήρωσης του χωνευτή και των δεξαμενών αερίου, η θερμοκρασία της διεργασίας και η ποσότητα, όπως και ο τύπος της εισαγόμενης πρώτης ύλης σε καθημερινή βάση.

1.4 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

- ΑΜΕΣΗ ΚΑΥΣΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ
- ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (ΣΗΘ)
- ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ (ΒΙΟΜΕΘΑΝΙΟ)

Σε αυτό το σημείο καλό θα είναι να τονιστεί ότι το βιοαέριο έχει πλήθος ενεργειακών χρήσεων, ανάλογα πάντοτε με την τοπική ζήτηση που αφορά μια μορφή ενέργειας με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Είναι δυνατή η παραγωγή ηλεκτρισμού από κυψέλες καυσίμου είτε μικροστρόβιλους, η παραγωγή θερμότητας με άμεση καύση, είτε η συμπαραγωγή ή συνδυασμένη παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού, ΣΗΘ, αλλά και η χρήση ως καύσιμο οχημάτων. Σχετικά με τις τελικές χρήσεις του βιοαερίου ακολουθεί σωρευτικά σχηματοποιημένο διάγραμμα.

Διάγραμμα 1. Τελικές Χρήσεις Βιοαερίου



Η άμεση καύση και, ακόλουθα, η χρήση της παραγόμενης θερμότητας, είναι ο απλούστερος τρόπος χρήσης του βιοαερίου. Πραγματοποιείται σε λέβητες/καυστήρες αερίου, ενώ ως πρακτική χρησιμοποιείται για μικρές ποσότητες βιοαερίου που παράγεται από μικρούς οικογενειακούς χωνευτές. Είναι δυνατή η επιτόπου καύση του βιοαερίου για την παραγωγή θερμότητας είτε η μεταφορά του με σωληνώσεις στους τελικούς χρήστες, ενώ δεν χρειάζεται καμία επιπλέον αναβάθμιση του. Ένα μεγάλο πλεονέκτημα επομένως της συγκεκριμένης εφαρμογής είναι το ότι η ποιότητα της πρώτης ύλης δεν περιορίζει τη χρήση της, σε αντίθεση με τις άλλες εφαρμογές και τεχνολογίες. Είναι παρόλα αυτά απαραίτητη η συμπύκνωση και ακόλουθη αφαίρεση των σωματιδίων, όπως και διαδοχικά η συμπίεση, ψύξη και ξήρανση του.

Η ΣΗΘ αποτελεί την συνηθέστερη και τυπικότερη εφαρμογή του βιοαερίου από την αναερόβια χώνευση σε πολλές χώρες. Είναι γεγονός ότι η γνωστή και δοκιμασμένη αυτή τεχνολογία αποτελεί ίσως την αποδοτικότερη χρήση του βιοαερίου για την παραγωγή ενέργειας. Σε γενικές γραμμές μια μονάδα ΣΗΘ με μηχανή εσωτερικής καύσης έχει βαθμό συνδυασμένης απόδοσης που κυμαίνεται από 80 έως και 90 % , με συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κατά 35% και θερμότητας κατά 65%. Απαραίτητη κρίνεται η ξήρανση του βιοαερίου πριν να πραγματοποιηθεί η μετατροπή της ΣΗΘ, ενώ επίσης ακολουθείται πρωτόκολλο με βάση το οποίο ορίζονται ανώτατα όρια για τα παραπροϊόντα, όπως είναι το υδρόθειο, οι αλογονικοί υδρογονάνθρακες και οι ενώσεις οργανοπυριτίου που παρατηρούνται στο τελικά παραχθέν βιοαέριο.

Μέχρι στιγμής παρατηρείται σύγκλιση της πρακτικής εφαρμογής μονάδων ΣΗΘ γύρω από έναν συγκεκριμένο τύπο, αυτό των θερμικών εγκαταστάσεων ηλεκτροπαραγωγής τύπου συστοιχίας, οι οποίες ουσιαστικά αποτελούνται από μηχανές εσωτερικής καύσης οι οποίες στη συνέχεια συνδέονται με μια γεννήτρια. Μερικοί τύποι μηχανών εσωτερικής καύσης είναι αυτές που ακολουθούν τον κύκλο του Otto, του Diesel, ή προέγχυσης. Χωρίς πετρέλαιο ανάφλεξης λειτουργούν τόσο οι μηχανές αερίου Diesel όσο και οι Otto, σύμφωνα πάντα με την αρχή του Otto, ενώ η διαφορά τους έγκειται μόνο στη συμπίεση. Υπάρχουν βέβαια και κάποιες εναλλακτικές τεχνολογίες οι οποίες είναι σε στάδιο ανάπτυξης και σχετικά περιορισμένης εφαρμογής, όπως οι μικροί αεριοστρόβιλοι (ή μικροστρόβιλοι ή μικροτουρμπίνες), οι κυψέλες καυσίμου και οι μηχανές εξωτερικής καύσης τύπου Stirling.

Σε μια μονάδα χρησιμοποιούνται αντλίες, συστήματα ελέγχου και αναδευτήρες, όπως προαναφέρθηκε, και αυτά αποτελούν τμήμα του ηλεκτρικού εξοπλισμού, ο οποίος μπορεί να τροφοδοτηθεί επί τόπου από την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από το βιοαέριο. Αξίζει να σημειωθεί ότι είναι συνηθισμένη πρακτική η πώληση ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο και η ακόλουθη αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγει η διεργασία, από το εθνικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ. Η οικονομική βιωσιμότητα και αειφορία μιας μονάδας βιοαερίου δεν είναι πλέον εφικτή με την πώληση και εκμετάλλευση της ηλεκτρικής ενέργειας και μόνο που παράγεται, κυρίως διότι οι τιμές της βιομάζας, όπως είναι το καλαμπόκι, έχουν διαρκείς τάσεις αύξησης.

Κρίνεται επομένως ζωτικής σημασίας η ενεργειακή και οικονομική αποδοτικότητα των εγκαταστάσεων βιοαερίου με την συνδυασμένη χρήση και της θερμότητας που παράγεται. Μέρος αυτής της παραχθείσας θερμότητας χρησιμοποιείται συνήθως για την θέρμανση των

χωνευτών, ενώ ένα ποσοστό γύρω στο 60% της ενέργειας αυτής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εξωτερικές χρήσεις. Μερικές από αυτές είναι η θέρμανση κτιρίων, οι βιομηχανικές διεργασίες ή η γεωργο-κτηνοτροφικές δραστηριότητες. Σε χώρες με βιομηχανική παραγωγή καταλληλότερος χρήστης της θερμότητας αυτής είναι η βιομηχανία, αφού η ζήτηση είναι σταθερή όλη την διάρκεια του έτους, ενώ η ποιότητα της θερμότητας σχετικά με το ύψος της θερμοκρασίας είναι συγκεκριμένη.

Επίσης για να διαχωριστεί και να επεξεργαστεί περαιτέρω το χωνεμένο υπόλειμμα, για να τεμαχιστεί ξύλο ή για να πραγματοποιηθεί η ξήρανση προϊόντων είναι δυνατή η χρήση της θερμότητας που παράγεται από το βιοαέριο. Μια καλή επιλογή για χώρες της Κεντρικής και Βόρειας Ευρώπης είναι και η τηλεθέρμανση μέσω ενός μινι-δικτύου αφού παρουσιάζεται ζήτηση για την θέρμανση κτιρίων και νοικοκυριών τους περισσότερους μήνες του έτους. Ωστόσο, αυτή η εφαρμογή δεν είναι και η συνηθέστερη, αφού υπάρχει διακύμανση στη ζήτηση από καλοκαίρι σε χειμώνα αρκετή ώστε να προκαλέσει προβλήματα κατά τη διαστασιολόγηση, ή απώλειες θερμότητας, επομένως μη αειφόρο διαχείριση. Συνηθέστερη είναι η χρήση θερμότητας σε συνδυασμένα συστήματα ηλεκτρισμού, θερμότητας, δροσισμού, όπου η εισαγόμενη μορφή ενέργειας είναι η θερμότητα, η οποία μετατρέπεται μέσω ενός κύκλου απορρόφησης σε ψύξη.

Χρησιμοποιείται για τον κλιματισμό χώρων και για την ψυχρή αποθήκευση τροφίμων, ενώ είναι γνωστή ως διεργασία από τα ψυγεία τύπου κάμπινγκ που χρησιμοποιείται με κύρια πλεονεκτήματα της την ψύξη μέσω απορρόφησης σε σχέση με την ψύξη λόγω συμπίεσης, τις μικρές φθορές που παρατηρούνται στα λιγυστά μηχανικά μέρη και την μικρή κατανάλωση ενέργειας.

Οι μηχανές εξωτερικής καύσης τύπου Stirling έχουν την ακόλουθη αρχή λειτουργίας: θερμότητα εγχύνεται από μια εξωτερική πηγή ενέργειας, η οποία προκαλεί τη διαστολή ενός εσώκλειστου αερίου το οποίο με τη σειρά του προκαλεί την κίνηση των εμβόλων της μηχανής. Η απαιτούμενη θερμότητα είναι δυνατόν να παρασχεθεί από διάφορες πηγές, όπως είναι ένας καυστήρας αερίου που λειτουργεί με βιοαέριο, με τις απαραίτητες τεχνικές προσαρμογές, ενώ είναι εφικτή η χρησιμοποίηση βιοαερίου με χαμηλότερη περιεκτικότητα σε μεθάνιο, ως αποτέλεσμα της εξωτερικής καύσης. Τα συστήματα αυτά είναι μικρής δυναμικότητας, μικρότερης των 50 kW_{el}, οι θερμοκρασίες των καυσαερίων κυμαίνονται μεταξύ 250-300 °C, ενώ σε γενικές γραμμές η ηλεκτρική αποδοτικότητα δεν ξεπερνά το 30%. Ένα πλεονέκτημα αποτελεί η χαμηλή φθορά των τμημάτων της μηχανής, που έχει ως αποτέλεσμα τις χαμηλές δαπάνες συντήρησης του συστήματος.

Στου μικροστρόβιλους βιοαερίου πραγματοποιείται συμπίεση του αέρα σε έναν θάλαμο καύσης σε υψηλές πιέσεις και ανάμιξη με το βιοαέριο. Η διαστολή του αερίου μίγματος προκύπτει ως φυσικό επακόλουθο της καύσης αέρα-βιοαερίου λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας. Στη συνέχεια τα καυτά αυτά καυσαέρια απελευθερώνονται μέσω ενός στρόβιλου ο οποίος είναι συνδεδεμένος με την ηλεκτρογεννήτρια. Και σε αυτή την περίπτωση οι ηλεκτρικές δυναμικότητες είναι μικρές και σε γενικές γραμμές μικρότερες από 250 kW_{el}. Για να αποσαφηνιστεί, η συγκεκριμένη τεχνολογία απέχει ακόμα αρκετά από το να γίνει οικονομικά ανταγωνιστική. Οι μικροστρόβιλοι βιοαερίου είναι πολύ ακριβοί, ωστόσο

τα πειράματα που πραγματοποιούνται με χρήση βιοαερίου συντελούν στη διαμόρφωση της πεποίθησης ότι μακροπρόθεσμα θα μειωθεί το κόστος της συγκεκριμένης τεχνολογίας.

Σχετικά με τις κυψέλες καυσίμου, αυτές δεν είναι τίποτα άλλο από ηλεκτροχημικές συσκευές που μετατρέπουν άμεσα τη χημική ενέργεια μιας αντίδρασης, σε ηλεκτρική ενέργεια. Μια κυψέλη καυσίμου αποτελείται από μια στρώση ηλεκτρολύτη σε επαφή με μια πορώδη άνοδο και κάθοδο και στις δύο πλευρές. Η αρχή λειτουργίας της δομικής αυτής μονάδας, δηλαδή η βασική φυσική δομή έχει να κάνει με την συνεχόμενη τροφοδοσία στο διαμέρισμα της ανόδου (αρνητικό ηλεκτρόδιο) του αερίου καυσίμου, όπως είναι το βιοαέριο και την ταυτόχρονη τροφοδοσία ενός οξειδωτικού, όπως είναι το ατμοσφαιρικό οξυγόνο του αέρα, στο διαμέρισμα της καθόδου, που προκαλεί μια ηλεκτροχημική αντίδραση στα τροφοδοτούμενα ηλεκτρόδια, η οποία και παράγει τελικά ηλεκτρικό ρεύμα.

Στο πλαίσιο της συγκεκριμένης εργασίας δεν θα εξεταστεί η αναβάθμιση του βιοαερίου σε βιομεθάνιο, ώστε να καταστεί δυνατή η χρήση του ως καύσιμο οχημάτων ή η διανομή του μέσω των δικτύων φυσικού αερίου και η χρήση του για σκοπούς παρόμοιους με το φυσικό αέριο. Αυτό συμβαίνει διότι το δυναμικό του βιομεθανίου είναι υψηλότερο αν ως πρώτη ύλη χρησιμοποιούνται απόβλητα και όχι ενεργειακές καλλιέργειες, ενώ το υψηλό κόστος αναβάθμισης και σύνδεσης στο δίκτυο κρίνεται ότι δεν ενισχύει την επιλογή διεργασιών αναβάθμισης.

CHP – ΣΗΘ (Συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας)

Ορίζεται ως η ταυτόχρονη παραγωγή χρήσιμης θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας στο πλαίσιο μιας διαδικασίας, από την ίδια πηγή ενέργειας. Ως πηγή ενέργειας σε μονάδες ΣΗΘ μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοδήποτε καύσιμο, συμβατικό ή ανανεώσιμο, ωστόσο τα καύσιμα τα οποία σήμερα κυριαρχούν για οικονομικούς και περιβαλλοντικούς λόγους είναι το φυσικό αέριο, το βιοαέριο και η βιομάζα.

Τεχνολογίες ΣΗΘ διακρίνονται σε :

- Κυψέλες καυσίμου
- Μηχανές Stirling
- Μικροστρόβιλους

Ενώ τα συστήματα ΣΗΘ είναι βασισμένα σε

- Μηχανές Εσωτερικής Καύσης (ΜΕΚ)
- Μηχανές τύπου Otto
- Μηχανές τύπου Diesel
- Αεριοστρόβιλους (ΜGT μικροτουρμπίνες)
- Ατμοστρόβιλους
- Συνδυασμένο κύκλο (αερίου και ατμού)

Με την ταυτόχρονη χρησιμοποίηση της παραγόμενης θερμικής ενέργειας η συνολική απόδοση μιας ΣΗΘ μονάδας μπορεί να φτάσει ή και να ξεπεράσει το 80%. Επίσης η συμπαραγωγή προσφέρει εξοικονόμηση ενέργειας μεταξύ 15 – 40 % σε σύγκριση με την

ξεχωριστή παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας από συμβατικά συστήματα, όπως είναι οι ηλεκτροπαραγωγικοί σταθμοί και λέβητες νερού/ατμού.

Τα συστήματα CHP αποτελούνται από έναν αριθμό εξαρτημάτων: Τον βασικό κινητήρα (ή μηχανή θερμότητας), τη γεννήτρια, την ανάκτηση θερμότητας και το ηλεκτρικό σύστημα διασύνδεσης. Όλα αυτά συνθέτουν ένα ολοκληρωμένο σύστημα CHP. Ο τύπος του εξοπλισμού που κινεί το ολοκληρωμένο σύστημα, δηλαδή ο βασικός κινητήρας, προσδιορίζει συνήθως το σύστημα ΣΗΘ.

Βασικοί κινητήρες ή μηχανές θερμότητας είναι για τα συστήματα ΣΗΘ, όπως προαναφέρθηκε,

- οι ατμοστρόβιλοι(steam turbines)
- οι αεριοστρόβιλοι(gas turbines ή combustion engines)
- οι μηχανές εσωτερικής καύσης (MEK, ICE ή κινητήρες ανάφλεξης με σπινθήρα)
- οι ντιζελοκινητήρες (diesel engines)
- οι μικροτουρμπίνες (MGT microgas turbines ή microturbines)
- οι κυψέλες καυσίμου (fuelcells)

Αυτοί οι βασικοί κινητήρες είναι ικανοί να χρησιμοποιήσουν ποικιλία πρώτης ύλης για καύση, όπως είναι η βιομάζα/βιοαέριο, το φυσικό αέριο ή ο άνθρακας, ούτως ώστε να παράξουν αξονική ή μηχανική ενέργεια. Υπάρχουν και πρόσθετες τεχνολογίες οι οποίες επίσης χρησιμοποιούνται για τη διαμόρφωση ενός πλήρους συστήματος CHP, όπως είναι

- οι λέβητες (boilers)
- οι ψύκτες απορρόφησης (absorptionchillers)
- οι ξηραντικές ουσίες (dessicants)
- οι ψυκτικές μηχανές με κινητήρα (engine-drivenchillers)
- οι αεριοποιητές (gasifiers).

Δεν θα περιγραφούν αναλυτικά όλα αυτά τα χαρακτηριστικά ενός συστήματος ΣΗΘ, καθώς σκοπός της εργασίας είναι η αξιολόγηση των τεχνολογιών και η εξαγωγή στοιχείων ικανών να τροφοδοτήσουν το μαθηματικό υπόδειγμα βελτιστοποίησης.

Η μηχανική ενέργεια από τον βασικό κινητήρα χρησιμοποιείται συνήθως από τη γεννήτρια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης από τον περιστροφικό εξοπλισμό, όπως είναι οι συμπιεστές (compressors), οι αντλίες (pumps), και οι ανεμιστήρες (fans). Η θερμική ενέργεια από το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα ή έμμεσα, για την παραγωγή ατμού ζεστού νερού, ζεστού αέρα για ξήρανση ή ψυχρού αέρα για ψύξη συστημάτων. Μια τυπική σύσταση συστήματος ΣΗΘ συνίσταται σε έναν λέβητα με καύση βιομάζας, του οποίου ο ατμός χρησιμοποιείται για να κινηθεί ένας ατμοστρόβιλος, ενώ επίσης εξάγεται ατμός ή θερμότητα και χρησιμοποιείται κατά τη διαδικασία.

Οι ακόλουθες τεχνολογίες λειτουργούν με βιομάζα ή βιοαέριο, και για αυτό το λόγο εξετάζονται παρακάτω, αφού η ΣΗΘ (CHP) έχει επιλεγεί για την περίπτωση του Lubelskie, ενώ η πρώτη ύλη είναι η βιομάζα. Επιγραμματικά,

- ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ (Steam turbines)

Μετατρέπουν την ενέργεια του ατμού από έναν λέβητα ή τη θερμότητα που χάνεται σε δύναμη άξονα

- ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ ΚΑΥΣΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΩΝ ΤΩΝ ΜΙΚΡΟΤΟΥΡΜΠΙΝΩΝ (Gas combustion turbines, microturbines)

Χρησιμοποιούν θερμότητα για την περιστροφή των πτερυγίων στροβίλων που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια

- ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ (ΜΕΚ ή ICE)

Λειτουργούν σε ένα μεγάλο εύρος υγρών και αερίων καυσίμων, αλλά όχι στερεών καυσίμων. Η ισχύς του παλινδρομικού άξονα μπορεί να παράγει είτε ηλεκτρική ενέργεια μέσω γεννήτριας είτε να κινήσει τα φορτία απευθείας.

- ΚΥΨΕΛΕΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ (Fuel cells)

Παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα και θερμότητα μέσω χημικής αντίδρασης μεταξύ υδρογόνου και οξυγόνου και όχι μέσω καύσης. Απαιτούν ένα καθαρό καύσιμο αερίου ή μεθανόλη, με διάφορους ποιοτικούς περιορισμούς σε ρυπογόνους παράγοντες.

- ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ STIRLING

Λειτουργούν με οποιοδήποτε καύσιμο και μπορούν να παράξουν είτε ηλεκτρική ενέργεια μέσω γεννήτριας είτε να κινήσουν τα φορτία απευθείας.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΣΗΘ

Τόσο στην βελτίωση παροχής ενέργειας προς όλους τους καταναλωτές, όσο και στα οφέλη στην Εθνική Οικονομία

- Μειώνεται η ανάγκη σε καύσιμα σε σχέση με την ξεχωριστή παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας, άρα μειώνονται οι εξαρτήσεις από εισαγωγές.
- Αυξάνεται η απασχόληση, αφού τα νέα συστήματα ΣΗΘ δημιουργούν νέες θέσεις εργασίας.
- Βελτιώνεται η ασφάλεια παροχής, άρα και μειώνεται η πιθανότητα οι καταναλωτές να μείνουν χωρίς ηλεκτρική ή και θερμική ενέργεια.
- Μειώνονται οι εκπομπές προς το περιβάλλον, ιδιαίτερα του CO₂, του σημαντικότερου αερίου στο οποίο οφείλεται η κλιματική αλλαγή.
- Εξοικονομούνται οικονομικοί πόροι, παροχή πρόσθετης ανταγωνιστικότητας στην βιομηχανία και στις εμπορικές επιχειρήσεις, αφού η ηλεκτρική ενέργεια και η θερμότητα παρέχονται σε προσιτές τιμές.
- Αυξάνεται η απόδοση μετατροπής και χρήσης της Ενέργειας. Η ΣΗΘ είναι η πιο αποτελεσματική και αποδοτική μορφή ηλεκτροπαραγωγής με την ταυτόχρονη παραγωγή θερμικής ενέργειας.

Προωθούνται αποκεντρωμένες λύσεις ηλεκτροπαραγωγής. Οι σταθμοί ΣΗΘ σχεδιάζονται ώστε να ανταποκρίνονται σε ανάγκες τοπικών καταναλωτών, με την παροχή υψηλής απόδοσης και αποφυγής απωλειών μεταφοράς, με ταυτόχρονη αύξηση στην ευελιξία και χρήση του συστήματος.

ΚΥΡΙΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΗΘ

Ακολουθούν μερικά από τα βασικά χαρακτηριστικά των κυριότερων χρησιμοποιούμενων τεχνολογιών ΣΗΘ.

ΜΗΧΑΝΗ ΟΤΤΟ ΚΑΙ ΛΕΒΗΤΑΣ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΠΑΡΟΧΗ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΧΡΗΣΗΣ Ή ΑΤΜΟΥ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

Γίνεται χρήση συνήθως καύσιμου αερίου (φυσικό αέριο, υγραέριο, βιοαέριο) και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω γεννήτριας με ταυτόχρονη παραγωγή θερμικής ενέργειας μέσω ανάκτησης θερμότητας στον εναλλάκτη των χιτωνίων και από τα καυσαέρια, μέσω λέβητα ανάκτησης θερμότητας. Κατασκευάζονται για ισχύ από 14 έως και περίπου 1300 kW, παρουσιάζουν ηλεκτρικό βαθμό απόδοσης 32 έως και 35 περίπου τοις εκατό, θερμικό βαθμό απόδοσης 50 έως και 60 περίπου τοις εκατό, ολικό βαθμό απόδοσης που κυμαίνεται στο 80 με 85 τοις εκατό, έχουν μέσο χρόνο ζωής περίπου στα 10 έτη και ο λόγος C είναι 0.5 – 0.8.

ΜΗΧΑΝΗ DIESEL ΚΑΙ ΛΕΒΗΤΑΣ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΠΑΡΟΧΗ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΧΡΗΣΗΣ Ή ΑΤΜΟΥ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

Γίνεται χρήση κινητήρα Diesel ο οποίος κινεί την ηλεκτρογεννήτρια και ταυτόχρονα διατίθεται ωφέλιμη θερμική ενέργεια από την ανάκτηση θερμότητας από τον εναλλάκτη των χιτωνίων και από τα καυσαέρια μέσω του λέβητα ανάκτησης θερμότητας. Το κύριο καύσιμο είναι το πετρέλαιο, ενώ έχει λόγο C από 0.70 – 0.90, μέσο χρόνο ζωής τα 15 -20 έτη, ηλεκτρικό βαθμό απόδοσης 35-45 %, θερμικό βαθμό απόδοσης 40-45% και ολικό βαθμό απόδοσης 75-90 %, ενώ κατασκευάζεται για ισχύ από 100 – 20000 kW .

ΜΙΚΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ – ΜΙΚΡΟΤΟΥΡΜΠΙΝΕΣ MGT (MICROGASTURBINES)

Η ηλεκτρική τους απόδοση κυμαίνεται στο 30%, ενώ μπορούν να δεχτούν πολλά είδη καυσίμων, όπως και βιοαέριο που προκύπτει από αξιοποίηση βιομάζας. Τα επίπεδα εκπομπών τους είναι μικρά και έχουν δυνατότητα ανάκτησης θερμότητας, χωρίς να απαιτούν ιδιαίτερη συντήρηση. Η ύπαρξη καταρτισμένου προσωπικού με τεχνικές γνώσεις είναι επίσης απαραίτητη. Εφόσον χρησιμοποιηθούν για συστήματα ΣΗΘ είναι δυνατή η εξασφάλιση απόδοσης στα επίπεδα του 80%, ενώ η ισχύς τους κυμαίνεται από 25 – 250 kW, δυναμικότητα ικανή να καλύψει τις ανάγκες μιας κατοικίας ή ενός συγκροτήματος κτιρίων. Οι έρευνες που γίνονται για την ανάπτυξη συστημάτων ισχύος μικρότερης των 25 kW έχουν φέρει καρπούς, ωστόσο στις μεγαλύτερες κλίμακες ισχύος οι παλινδρομικές μηχανές εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ) παρουσιάζουν μεγαλύτερη απόδοση.

Οι μικροστρόβιλοι ως κύρια πλεονεκτήματά τους έχουν το μικρό τους βάρος και μέγεθος, τον μικρό αριθμό κινούμενων μερών και την χαμηλή στάθμη θορύβου, που παρατηρείται κατά τη λειτουργία.

Σχετικά με την κατηγοριοποίηση των μικροστρόβιλων, αυτοί ανήκουν στην ευρύτερη κατηγορία των αεριοστρόβιλων, με αποτέλεσμα να διέπονται από τις ίδιες αρχές λειτουργίας. Οι εφαρμογές της κατηγορίας των αεριοστρόβιλων είναι αναρίθμητες, ωστόσο εμφανίζουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά: η ικανότητα παραγωγής μεγάλης ισχύος, το μικρό βάρος, η αξιοπιστία, η θερμική απόδοση και η υψηλή διαθεσιμότητα.

Κύρια πλεονεκτήματα ενός αεριοστρόβιλου είναι ότι :

- Τα καύσιμα μπορεί να είναι υγρά, όπως τα προϊόντα διύλισης του πετρελαίου, είτε αέρια, όπως το φυσικό αέριο, ο αεριοποιημένος άνθρακας, το βιοαέριο και άλλα.
- Όσον αφορά τα καυσαέρια, αυτά παρουσιάζονται σχετικά μειωμένα, ειδικά με την εφαρμογή στον θάλαμο καύσης σύγχρονων τεχνολογιών περιορισμού τους.
- Η θερμική απόδοση απλού θερμοδυναμικού κύκλου κυμαίνεται από 35-45 %, με τη χρήση συνδυαστικών συστημάτων όμως μπορεί να φτάσει σε ιδιαίτερα υψηλές τιμές.
- Είναι μεγάλη η παραγωγή ισχύος σε σχέση με το μέγεθος και το βάρος του ως ΜΕΚ.
- Ως ΜΕΚ συνεχούς ροής χαρακτηρίζεται από την απουσία παλινδρομικών κινήσεων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μικρότερη κατανάλωση λιπαντικού, αφού μειώνονται τα τριβόμενα τμήματα λόγω της απουσίας αλλαγής της φοράς κίνησης των κινούμενων τμημάτων.

Τα κύρια μειονεκτήματα:

- Χαμηλή απόδοση σε συνθήκες λειτουργίας μερικού φορτίου/ισχύος.
- Μεγάλο κόστος και χρόνος ανακατασκευής/κατασκευής.
- Μεγαλύτερη ειδική κατανάλωση καυσίμου στην βασική τους έκδοση , σε σχέση πάντα με τις τεχνολογικά προηγμένες εμβολοφόρους μηχανές εσωτερικής καύσης.
- Κίνδυνος πρόκλησης σοβαρής ζημιάς από την αναρρόφηση ξένων σωματιδίων από την εισαγωγή του κινητήρα.
- Λειτουργία επηρεαζόμενη σε σημαντικό βαθμό από περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως η θερμοκρασία, η πίεση, η υγρασία και η ταχύτητα αέρα εισόδου.

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μικρές γεννήτριες ηλεκτρικής ενέργειας που προχωρούν στην καύση αέριων και υγρών καυσίμων, για τη δημιουργία υψηλής ταχύτητας περιστροφής μιας ηλεκτρικής γεννήτριας. Οι μικροστρόβιλοι άρχισαν να δοκιμάζονται κυρίως στα τέλη του 20ού αιώνα ενώ με τον 21^ο αιώνα άρχισε και η εμπορική παραγωγή τους. Το εύρος μεγέθους για μικροτουρμπίνες διαθέσιμες στο εμπόριο ή υπό ανάπτυξη είναι από 25 έως και 350 kW, ενώ για τους αεριοστρόβιλους έχουμε 500 kW έως και 250 MW. Οι μικροστρόβιλοι λειτουργούν σε υψηλές ταχύτητες και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συστήματα συνδυασμένης παραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού ΣΗΘ, όπως και οι μεγαλύτερες τουρμπίνες αερίου. Σε αυτά γίνεται εκμετάλλευση της απορριπτόμενης στο περιβάλλον θερμότητας το χειμώνα (σύστημα τηλεθέρμανσης) και το καλοκαίρι (σύστημα τηλεψύξης) με την θερμική απόδοση να εκτοξεύεται στο 75-90 % αντίστοιχα.

Τα θερμικά απόβλητα των μικροστρόβιλων σε ΣΗΘ χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ζεστού νερού, το οποίο με τη σειρά του χρησιμοποιείται από την ίδια τη μονάδα ή πλησίον αυτής. Όταν οι μικροστρόβιλοι χρησιμοποιούνται σε σταθμούς συνδυασμένου κύκλου επιτυγχάνουν θερμική απόδοση της τάξης του 50-60 %, ενώ στα εργοστάσια αυτά παρατηρείται παραγωγή ισχύος από τον αεριοστρόβιλο σε πρώτη φάση, τα καυσαέρια του οποίου θερμαίνουν νερό το οποίο εξατμίζεται και δίνει κίνηση σε έναν ατμοστρόβιλο. Υπάρχουν ωστόσο διαφορετικοί τύποι , ενώ ανατρέχοντας στη βιβλιογραφία μπορεί να βρει εύκολα κανείς τα σχήματα για Θερμοκρασίες, Πιέσεις και λόγους των θερμοδυναμικών κύκλων Brayton που πραγματοποιούνται, τις αναλυτικές εκπομπές στο φάσμα 25-350 kW ονομαστικής ισχύος και άλλα.

Ο χρόνος ζωής ποικίλλει από 40000-80000 ώρες, η αξιοπιστία των μονάδων είναι αποδεδειγμένη, αλλά δεν έχουν στο εμπόριο αρκετά χρόνια ώστε να δοθούν οριστικά δεδομένα χρόνου ζωής. Οι εκπομπές NO_x είναι μικρότερες από 10 ppm λόγω χαμηλών θερμοκρασιών εισόδου και υψηλού λόγου καύσιμου-αέρα για λειτουργία με φυσικό αέριο και βιοαέριο, ενώ η επεκτασιμότητα με την παράλληλη σύνδεση ώστε να εξυπηρετηθούν μεγαλύτερα φορτία και να παραχθεί ισχύς υψηλής αξιοπιστίας, είναι δυνατή.

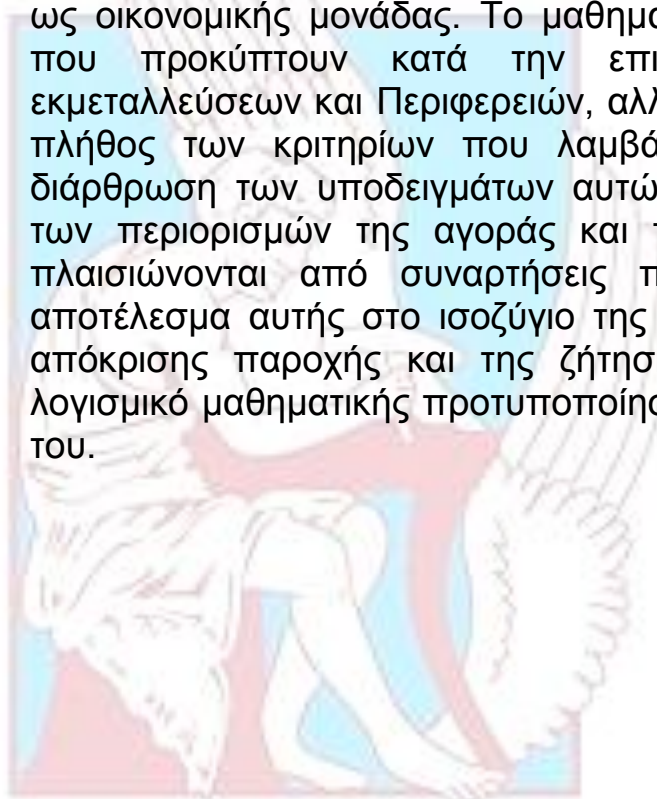


TECHNICAL
UNIVERSITY
OF CRETE

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΘΕΩΡΙΑ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ

Επιχειρείται η θεμελίωση της θεωρίας του Αγροτικού Προγραμματισμού, του θεωρητικού υπόβαθρου το οποίο και αποτελεί τη βάση αυτής της διπλωματικής εργασίας, με βάση τους P.B.R.Hazell , R.D.Norton και την πρώτη έκδοση της βίβλου του είδους «Mathematical Programming for Economic Analysis in Agriculture», η οποία εκδόθηκε το 1986 από τις εκδόσεις Macmillan. Αρχικά αναλύεται ο σκοπός και το πεδίο εφαρμογής, όπως και τα απλά και σύνθετα μοντέλα (υποδείγματα) γεωργικού προγραμματισμού. Γίνεται εκτενής αναφορά στην οικονομική διάρθρωση, ενώ τίθενται οι βάσεις του τομέα ως οικονομικής μονάδας. Το μαθηματικό κομμάτι περιλαμβάνει τα ζητήματα που προκύπτουν κατά την επιλογή αντιπροσωπευτικών γεωργικών εκμεταλλεύσεων και Περιφερειών, αλλά και το ζήτημα της συσσωμάτωσης. Το πλήθος των κριτηρίων που λαμβάνονται υπόψη για την ταξινόμηση, η διάρθρωση των υποδειγμάτων αυτών καθαυτών, όπως και ο εμπλουτισμός των περιορισμών της αγοράς και των διαφοροποιήσεων της προσφοράς πλαισιώνονται από συναρτήσεις που αποτυπώνουν τη ζήτηση και το αποτέλεσμα αυτής στο ισοζύγιο της αγοράς, μέσω της αλληλεπίδρασης της απόκρισης παροχής και της ζήτησης εισροών. Επίσης επιλέγεται και το λογισμικό μαθηματικής προτυποποίησης αφού αναφερθούν τα πλεονεκτήματά του.



2.1 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΠΕΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Ο μαθηματικός προγραμματισμός χρησιμοποιείται στην αγροτική οικονομία για περισσότερα από 60 χρόνια. Έχει γίνει τόσο χρήσιμο εργαλείο ανάλυσης ώστε οι βασικές αρχές του να διδάσκονται σε όλα τα κολέγια γεωργικής οικονομίας και οι εφαρμογές του έχουν εξαπλωθεί γεωγραφικά, ιδιαίτερα τα τελευταία 40 χρόνια. Τα γεωργικά μοντέλα προγραμματισμού έχουν χρησιμοποιηθεί σε μεγάλο αριθμό ανεπτυγμένων και αναπτυσσόμενων χωρών.

Τα τελευταία χρόνια υπήρξαν επίσης ορισμένες μεθοδολογικές εξελίξεις στον τομέα αυτό. Οι βελτιώσεις αφορούν στην ενσωμάτωση περισσότερων οικονομικών θεωριών και παρατηρούμενης θεσμικής και οικονομικής πραγματικότητας στα μοντέλα. Οι πιο αξιοσημείωτες εξελίξεις σημειώθηκαν στους τομείς της μοντελοποίησης της καταναλωτικής ζήτησης, της ισορροπίας της αγοράς, στις αγορές προϊόντων και παραγόντων, της αποστροφής κινδύνου και του ρόλου των μέσων οικονομικής πολιτικής. Η ικανότητα του επαγγέλματος να μοντελοποιεί αποφάσεις του αγροτικού τομέα έχει επίσης βελτιωθεί. Το σωρευτικό αποτέλεσμα αυτής της προόδου ήταν να παράσχει ένα εργαλείο ανάλυσης πολύ πιο προσαρμόσιμο σε διαφορετικές καταστάσεις και μια δυνητικά πιο ρεαλιστική απεικόνιση της γεωργικής πραγματικότητας.

Συγκεντρώνονται πολλές από τις πρόσφατες μεθοδολογικές συμβολές στον τομέα και παρέχεται επίσης μια λογική συνολική ανασκόπηση της κατάστασης της τεχνολογίας όσον αφορά τα γεωργικά μοντέλα προγραμματισμού σε επίπεδο μεμονωμένου αγροκτήματος και τομέα. Η παροχή ενός εγχειριδίου της σχετικής θεωρίας και μεθοδολογίας και η παροχή λεπτομερών κατευθυντήριων γραμμών για τους επαγγελματίες σχετικά με τη διαδικασία οικοδόμησης και εφαρμογής αυτών των μοντέλων, είναι ο κύριος λόγος συγγραφής του παρακάτω αποσπάσματος.

Για να είναι χρήσιμο, ένα μοντέλο πρέπει να είναι καλά τεκμηριωμένο στη θεωρία, αλλά πρέπει επίσης να εκπληρώσει πολλές πρακτικές απαιτήσεις. Πρέπει να είναι κατάλληλο για το πρόβλημα και τα διαθέσιμα δεδομένα, απαιτεί κατάλληλο θεσμικό πλαίσιο και τα οικονομικά πρέπει να εκφράζονται στο μοντέλο με κατάλληλο και ερμηνευτικό τρόπο. Τα υποδείγματα αποτυπώνουν τη σχέση μεταξύ οικονομικής θεωρίας και δεδομένων, αφενός, και πρακτικών εκτιμήσεων των προβλημάτων και των πολιτικών προσανατολισμών, αφετέρου. Πρόκειται για εξ ορισμού "ατέλειες", αλλά λόγω της λογικής συνοχής τους, μπορούν να παράσχουν στον αναλυτή και τον υπεύθυνο χάραξης πολιτικής μια πολύτιμη οικονομική περιγραφή του τομέα και έναν καμβά δοκιμής ιδεών και προτάσεων πολιτικής στρατηγικής.

Ωστόσο, η εμπειρία έχει δείξει ότι η κατασκευή ενός μοντέλου απαιτεί όχι μόνο την κατανόηση της σχετικής οικονομικής θεωρίας και την κατανόηση των ζητημάτων που πρέπει να αντιμετωπιστούν, αλλά και την εξοικείωση με τις ορθές τεχνικές οικοδόμησης και εφαρμογής μοντέλων.

Στην επόμενη ενότητα τίθενται τα μικροοικονομικά θεμέλια, με έμφαση στη μοντελοποίηση των γεωργικών λειτουργιών παραγωγής και των στόχων των αγροτών. Εισάγονται επίσης οι τρόποι οργάνωσης της πληροφόρησης σε ένα πλαίσιο γραμμικού προγραμματισμού, και συζητούνται οι αρχές και οι διαδικασίες για την απόκτηση και ερμηνεία της λύσης ενός μοντέλου. Παρέχεται το πρότυπο πλαίσιο σε επίπεδο τομέα, μαζί με κάποια πρόσθετη θεωρία για τη μοντελοποίηση της ισορροπίας της αγοράς και πρακτικές διαδικασίες για την κατασκευή και την επικύρωση του μοντέλου.

Σε αλγοριθμικούς όρους, το υλικό γράφεται για χρήση στο πλαίσιο γραμμικών ή μη γραμμικών αλγορίθμων προγραμματισμού. Κοινά παραδείγματα των τελευταίων είναι ο τετραγωνικός προγραμματισμός και ο προγραμματισμός μικτού ακέραιου αριθμού. Ωστόσο, για την αντιμετώπιση του κινδύνου, της ζήτησης των καταναλωτών και της αντικειμενικής συνάρτησης, δίνεται έμφαση στον γραμμικό προγραμματισμό, διότι εξακολουθεί να είναι η ευρύτερη δυνατή επέκταση στην περίπτωση γενικής ισορροπίας. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να τονιστεί ότι τα γραμμικά μοντέλα προγραμματισμού δεν είναι απαραίτητα γραμμικά στην οικονομική συμπεριφορά που αντιπροσωπεύουν.

2.2 ΤΟ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ ΓΕΩΡΓΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ

Ο γεωργικός μαθηματικός προγραμματισμός έχει τις ρίζες του στις προσπάθειες μοντελοποίησης της οικονομίας της γεωργικής παραγωγής, συμπεριλαμβανομένης της χωρικής της διάστασης. Η μορφή μαθηματικού προγραμματισμού - γνωστή επίσης ως ανάλυση της διαδικασίας ή ανάλυση δραστηριότητας - είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για τη γεωργία. Οι αγρότες, οι γεωπόνοι και άλλοι ειδικοί στο γεωργικό τομέα μοιράζονται έναν κοινό τρόπο σκέψης σχετικά με τις γεωργικές εισροές και εκροές όσον αφορά τον ετήσιο κύκλο καλλιέργειας και τους συντελεστές εισροών-εκροών ανά εκτάριο ή άλλη μονάδα γης. Οι αποδόσεις υπολογίζονται σε τόνους ή bushels ανά μονάδα γης, εφαρμογές λιπασμάτων σε χιλιόγραμμα ανά εκτάριο ή ανάλογες μονάδες κ.ο.κ. Στις μελέτες κόστους παραγωγής της εκμετάλλευσης, τα έξοδα εισροών συνήθως ταξινομούνται σε εργατικό δυναμικό, μηχανήματα, σχέδια διατροφής ζώων, κόστος λιπασμάτων, κόστος χημικών, κόστος δανεισμού κ.λπ., ανά μονάδα γης. Αυτός ο τρόπος απεικόνισης της γεωργικής παραγωγής σε αριθμούς, είναι ένα σύντομο βήμα στη διαμόρφωση των διανυσμάτων στηλών εισόδων και εξόδων που αποτελούν τη ραχοκοκαλιά του μοντέλου προγραμματισμού.

Ομοίως, οι γεωργοί συχνά θέτουν τα προβλήματά τους όσον αφορά τους περιορισμούς της ανισότητας, όπως τα ανώτερα όρια της εποχιακής διαθεσιμότητας πόρων. Και είναι συνηθισμένοι στην υποαπασχόληση πόρων για διάφορους λόγους, ενώ οι ίδιοι πόροι χρησιμοποιούνται πλήρως σε άλλες εποχές. Αυτό το είδος σκέψης ταιριάζει φυσικά σε μια ανάλυση μέσω μοντέλων προγραμματισμού. Για τους λόγους αυτούς, η πείρα έχει δείξει ότι είναι εφικτή η αναθεώρηση των συντελεστών παραγωγής ενός μοντέλου απευθείας από τους εμπειρογνώμονες του πεδίου και η επαλήθευση ή η αναθεώρησή τους, ανάλογα. Ενώ το μοντέλο έχει μια μαθηματική έκφραση, μεγάλο μέρος του εμπειρικού του περιεχομένου είναι προσβάσιμο σε ειδικούς άλλων επαγγελμάτων.

Έτσι, το μοντέλο προγραμματισμού παρέχει ένα μάλλον φυσικό πλαίσιο για την οργάνωση ποσοτικών πληροφοριών σχετικά με την πλευρά της προσφοράς της γεωργίας, είτε σε επίπεδο φάρμας είτε σε επίπεδο τομέα. Πράγματι, μία από τις χρήσεις ενός μοντέλου είναι να συμβάλλει στην εναρμόνιση αρχικά ασυνεπών δεδομένων.

Άλλες χρήσεις του μοντέλου περιλαμβάνουν συχνά διαφορετικά είδη ανάλυσης ευαισθησίας. Σε επίπεδο γεωργικών εκμεταλλεύσεων, το μοντέλο μπορεί να είναι χρήσιμο για τον υπολογισμό των επιπτώσεων των διαφόρων πόρων, των διαφορετικών συνθηκών της αγοράς, των βελτιωμένων ή νέων τεχνολογιών κλπ. Αυτό το είδος πληροφοριών παράγεται από το μοντέλο μέσω παραλλαγών στις τιμές των παραμέτρων, για κάθε ομάδα παραμέτρων.

Σε επίπεδο τομέα, παραμετρικές παραλλαγές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία λειτουργιών απόκρισης που είναι σιωπηρές στη δομή του μοντέλου. Παραδείγματα είναι οι επιφάνειες υποκατάστασης παραγόντων, οι εξισώσεις απόκρισης εφοδιασμού, οι εξισώσεις απόκρισης που σχετίζονται με συγκεκριμένα μέσα πολιτικής στρατηγικής και ούτω καθεξής. Όταν χρησιμοποιείται με αυτόν τον τρόπο, το μοντέλο γίνεται μια συσκευή για τη μετάφραση πληροφοριών μικρο-επίπεδου (σε επίπεδο φάρμας) σε λειτουργίες μακρο-επίπεδου (επίπεδο τομέα) που είναι πιο οικείες σε πολλούς οικονομολόγους. Σε επίπεδο γεωργικού και τομεακού υποδείγματος, η λύση του μοντέλου αποδίδει επίσης αποτιμήσεις σε σταθερές πηγές, όπως είναι η γη και η υδροδότηση, των οποίων οι τιμές ενδέχεται να μην αντικατοπτρίζουν τις οικονομικές τους αξίες.

Μπορεί να διρωτηθεί κανείς γιατί οι συναρτήσεις απόκρισης στην προσφορά δεν λαμβάνονται από οικονομετρικές μελέτες. Σε τομεακό επίπεδο, μια σειρά εκτιμώντων λειτουργιών προσφοράς και ζήτησης μπορεί να δείξει επίπεδα ισορροπίας της παραγωγής και των τιμών, προς τα οποία ο τομέας θα τείνει να κινηθεί. Οι συναρτήσεις εφοδιασμού εκτιμώνται στη γεωργία και φυσικά μπορούν να είναι πολύ χρήσιμες για την κατανόηση της συμπεριφοράς του τομέα. Το κύριο πρόβλημα που αντιμετωπίζει η οικονομετρική προσέγγιση είναι διττό: δυσκολίες στα δεδομένα και αλλαγές στη βασική οικονομική δομή.

Το πρόβλημα των δεδομένων προκύπτει επειδή, σε πολλές περιπτώσεις, μεγάλος αριθμός καλλιεργειών ανταγωνίζεται για τους διαθέσιμους σταθερούς πόρους και, επομένως, τα φαινόμενα πολλαπλής τροφοδοσίας αποτελούν σημαντικά στοιχεία των συναρτήσεων προσφοράς. Κανονικά δεν υπάρχουν αρκετοί βαθμοί ελευθερίας σε ένα σύνολο δεδομένων χρόνο-σειρών για την εκτίμηση τόσο των ιδιοτήτων όσο και των ελαστικοτήτων πολλαπλών εφοδιασμών. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες. Επίσης, οι συνολικές χρονολογικές σειρές για την παραγωγή είναι συχνά αρκετά αναξιόπιστες, και ειδικά στις αναπτυσσόμενες χώρες. Το μοντέλο προγραμματισμού βασίζεται σε σύγχρονα στοιχεία του προϋπολογισμού των γεωργικών εκμεταλλεύσεων, τα οποία είναι συνήθως πιο αξιόπιστα, και άλλες πληροφορίες μικροεπίπεδου.

Το ζήτημα των αλλαγών στην οικονομική διάρθρωση εφαρμόζεται ιδιαίτερα στις τεχνολογίες παραγωγής, στις ευκαιρίες της αγοράς και στις τιμές. Οι δημόσιες πολιτικές στρατηγικές μπορούν να τα επηρεάσουν όλα αυτά, και στις επιλογές πολιτικής που αναλύονται με το μοντέλο, τα μέσα πολιτικής ενδέχεται να χρειαστεί να λάβουν τιμές που βρίσκονται εκτός του πεδίου τιμών που παρατηρείται ιστορικά. Αυτή η πιθανότητα μπορεί να καταστήσει άστοχο να βασίζονται οι αναλύσεις πολιτικής σε προβολές στο μέλλον με βάση ιστορικά εκτιμημένες παραμέτρους. Επίσης, τα μοντέλα προγραμματισμού μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάλυση των συνεπειών των άμεσων αλλαγών στην οικονομική δομή, όπως αυτές που θα προέκυπταν από την εισαγωγή νέων ποικιλιών καλλιεργειών ή από τη μεταρρύθμιση της γης που αλλάζει την κατανομή μεγέθους των εκμεταλλεύσεων. Οι συνέπειες αυτών των αλλαγών είναι δύσκολο να συνυπολογιστούν στα οικονομετρικά μοντέλα προσφοράς και η αποτυχία αυτή σημαίνει ότι οι εκτιμώμενες ελαστικότητες εφοδιασμού δεν είναι αξιόπιστες εάν εισαχθούν οι διαρθρωτικές αλλαγές.

Εκτός από αυτές τις εκτιμήσεις, οι συναρτήσεις προσφοράς του μοντέλου προγραμματισμού παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τις συναφείς διακυμάνσεις των εισροών, του εργατικού δυναμικού, των αγροχημικών και άλλων συναφών εισροών. Η εποχικότητα των πληροφοριών θα πρέπει να λαμβάνεται επίσης υπόψη. Έτσι, η μελέτη της ανταπόκρισης στην προσφορά μέσω ενός μοντέλου προγραμματισμού μπορεί να απαντήσει σε πολλές έρευνες προσανατολισμένες στην πολιτική και όχι μόνο να προσφέρει τις ελαστικότητες. Άλλα παραδείγματα εφαρμογών πολιτικής περιλαμβάνουν αξιολογήσεις

συγκριτικών πλεονεκτημάτων, αξιολόγηση των επιπτώσεων των διαφορετικών πολιτικών στην απασχόληση, δημιουργία λειτουργιών ζήτησης εισροών και κοινή αξιολόγηση σειρών επενδυτικών σχεδίων.

Όταν γίνεται η μετάβαση από το μοντέλο αγροκτήματος σε τομεακό μοντέλο, παρατηρείται σημαντική μετατόπιση του ρόλου του μοντέλου και αυτή η μετατόπιση δεν αναγνωρίζεται πάντοτε από τους κατασκευαστές μοντέλων. Σε επίπεδο γεωργικής εκμετάλλευσης, το μοντέλο προγραμματισμού είναι σαφώς κανονιστικό ή δεοντολογικό εργαλείο. Ο υπεύθυνος λήψης αποφάσεων, ο οποίος μπορεί να είναι ο ίδιος ο γεωργός, καθορίζει τον κανόνα απόφασης του (μεγιστοποίηση κέρδους, βελτίωση ταμειακών ροών, μεγιστοποίηση κέρδους που υπόκειται σε αποφυγή κινδύνου κλπ.) Και το μοντέλο συμβάλλει στην προσομοίωση των συνεπειών αυτού του κανόνα απόφασης και των συναφών περιορισμών που προκύπτουν από τις επιλογές του γεωργού. Από την άλλη πλευρά, σε μια αποκεντρωμένη οικονομία δεν υπάρχει ενιαία λήψη αποφάσεων σε επίπεδο τομέα. Υπάρχουν βασικά δύο επίπεδα λήψης αποφάσεων, οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής και οι αγρότες, τα συμφέροντά των οποίων δεν συμπίπτουν απαραίτητα.

Η λύση ενός υποδείγματος που σχεδιάζεται, για παράδειγμα, για τη μεγιστοποίηση των γεωργικών εσόδων από τις εξαγωγές, θα δώσει ένα σχέδιο καλλιέργειας εντατικής εξαγωγής, αλλά δεν θα υποδείξει ποιες, εάν υπάρχουν, πολιτικές θα ωθήσουν τους αγρότες να υιοθετήσουν αυτό το σχέδιο καλλιέργειας. Προκειμένου να αντιμετωπιστεί επαρκώς η μεγιστοποίηση ενός στόχου πολιτικής στρατηγικής, το μοντέλο θα πρέπει να περιλαμβάνει προδιαγραφές των μέσων πολιτικής καθώς και ένα σύνολο σχέσεων που θα περιγράφουν τον τρόπο με τον οποίο οι παραγωγοί θα αντιδράσουν σε πιθανές αλλαγές πολιτικής.

Είναι δύσκολο να προσδιοριστεί μαθηματικά και να λυθεί αυτό το πρόβλημα πολιτικών δύο επιπέδων και έτσι σε πολλές περιπτώσεις είναι πιο παραγωγικό να αναπτυχθεί ένα μοντέλο που θα συμβάλει στην εξήγηση των αντιδράσεων των παραγωγών στις εξωγενείς αλλαγές. Ενώ το μοντέλο πολιτικής είναι μόνο κανονιστικό, αυτό το δεύτερο είδος μοντέλου είναι περιγραφικό ή θετικό. Μεταξύ άλλων, το περιγραφικό μοντέλο μπορεί να λυθεί με διαφορετικές υποθέσεις σχετικά με τις παραμέτρους πολιτικής και οι αντίστοιχες λύσεις παρέχουν ορισμένες πληροφορίες σχετικά με τις συνέπειες των αλλαγών πολιτικής στρατηγικής. Για τους λόγους αυτούς αποτελεί ασφαλέστερη λύση το να δίνεται μεγαλύτερη έμφαση στην ανάπτυξη του περιγραφικού μοντέλου, αλλά και να συζητείται περιληπτικά το μοντέλο πολιτικής.

Δεδομένου ότι οι στόχοι πολιτικής στρατηγικής δεν είναι απαραίτητα οι στόχοι των αγροτών, το περιγραφικό μοντέλο πρέπει να δημιουργηθεί για να μεγιστοποιήσει κάτι άλλο εκτός από μια λειτουργία στόχου πολιτικής στρατηγικής. Από την άλλη πλευρά, εάν, για παράδειγμα, όλοι οι παραγωγοί σκόπευαν να μεγιστοποιήσουν τα κέρδη, τότε ένα τομεακό μοντέλο που μεγιστοποίησε τα συνολικά κέρδη δεν θα ήταν σωστό, διότι θα έδινε μονοπωλιακό αποτέλεσμα. Αυτό είναι το γνωστό παράδοξο της ανταγωνιστικής αγοράς. Για το μοντέλο απαιτείται διαφορετική αντικειμενική συνάρτηση, η οποία να οδηγεί με τη λύση της σε ένα αποτέλεσμα ισορροπίας στην αγορά όταν παρουσιάζονται καμπύλες ζήτησης προς τα κάτω.

Ένα κοινό νήμα μέσα από όλη την εισαγωγή είναι η έμφαση στην οικονομική θεωρία που διέπει τα γεωργικά μοντέλα. Τα κατάλληλα κατασκευασμένα μοντέλα προγραμματισμού μπορούν να αντικατοπτρίζουν ένα ευρύ φάσμα οικονομικής και θεσμικής συμπεριφοράς και μπορούν να αποτελέσουν ισχυρά εργαλεία ανάλυσης. Παρέχουν μια αναλυτική και εμπειρική σχέση μεταξύ της οικονομικής θεωρίας και της παρατηρούμενης συμπεριφοράς.

Είναι ένα εργαλείο οικονομικής ανάλυσης που συνεισφέρει στο δύσκολο έργο της αντιστοίχισης της θεωρίας με τον πραγματικό κόσμο.

2.3 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΟΜΕΑΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

2.3.1 Ο ΤΟΜΕΑΣ ΩΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ

Αφού έχουν τεθεί τα μικροοικονομικά θεμέλια για την πλευρά της προσφοράς προϊόντων των γεωργικών μοντέλων ακολουθεί η ανάλυση η οποία πραγματοποιείται από το επίπεδο της γεωργικής εκμετάλλευσης στο επίπεδο του τομέα. Εισάγονται επίσης οι χωρικές διακρίσεις από την πλευρά της προσφοράς και οι λειτουργίες της ζήτησης από τους καταναλωτές. Επίσης, εισάγονται συναρτήσεις ζήτησης εισροών και οι τιμές των προϊόντων και των συντελεστών καθορίζονται τώρα από λόγους προσφοράς και ζήτησης και όχι απευθείας εκ των προτέρων.

Κατά τη μετάβαση στο επίπεδο του τομέα της ανάλυσης, είναι απαραίτητο να καθοριστούν οι μορφές της αγοράς στα μοντέλα: ανταγωνιστικά, μονοπωλιακά, олиγοπωλιακά, μονοπωλιακά κ.λπ. Ενώ η μελέτη των μορφών της αγοράς παραδοσιακά εμπίπτει στον τομέα της μικροοικονομίας, ο τομέας είναι ένα ξεχωριστό επίπεδο της ανάλυσης που διακρίνεται τόσο από το μικροοικονομικό όσο και από το επίπεδο της οικονομίας. Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά ενός τομεακού μοντέλου είναι ότι περιλαμβάνει όλες τις πηγές προσφοράς και ζήτησης για τα προϊόντα του τομέα. Οι πηγές προσφοράς και ζήτησης ενδέχεται να συγκεντρωθούν σε μεγάλο βαθμό, για παράδειγμα, σε μερικές περιοχές παραγωγής και σε εθνικές λειτουργίες ζήτησης από τους καταναλωτές, ωστόσο ένα τομεακό μοντέλο είναι περιεκτικό από την άποψη αυτή. Περιλαμβάνει επίσης τις δυνατότητες του διεθνούς εμπορίου όταν αυτές είναι σχετικές.

Από την άλλη πλευρά, τα τομεακά μοντέλα δεν είναι εξίσου ολοκληρωμένα για όλους τους παράγοντες παραγωγής. Μόνο τα οικονομικά μοντέλα είναι πλήρη στις περιγραφές του - εγχώριων αγορών-παραγόντα. Ένα τομεακό μοντέλο θα περιλαμβάνει συνήθως έναν ή περισσότερους συντελεστές παραγωγής που είναι βραχυπρόθεσμοι ή μεσοπρόθεσμοι για συγκεκριμένους κλάδους (όπως τα αρδευτικά ύδατα στα γεωργικά μοντέλα), αλλά θα περιλαμβάνουν επίσης συντελεστές που μεταβάλλονται ανάλογα με τον τομέα (κεφάλαιο, μισθωμένη εργασία).

Τυπικά ή ρητά, κάθε δομή μοντέλου τομέα περιλαμβάνει τα ακόλουθα πέντε στοιχεία:

1. Περιγραφή της οικονομικής συμπεριφοράς των παραγωγών, δηλαδή των κανόνων που διέπουν τις αποφάσεις τους σχετικά με τη σύνθεση και την κλίμακα παραγωγής. Στη γεωργία, τα κίνητρα μεγιστοποίησης του κέρδους και αποφυγής του κινδύνου είναι συνήθως σημαντικά στους κανόνες λήψης αποφάσεων, αλλά μπορεί να είναι σημαντικές και άλλες εκτιμήσεις (όπως η παραγωγή για οικιακή αποταμίευση στην οικογενειακή γεωργία).
2. Περιγραφή των συναρτήσεων παραγωγής ή του συνόλου των τεχνολογικών εναλλακτικών που διαθέτουν οι παραγωγοί σε κάθε περιοχή. Αυτές οι λειτουργίες σχετίζονται με τις αποδόσεις των εισροών και πρέπει να διαφοροποιούνται ανάλογα με το γεωργικό καθεστώς (αρδευόμενο έναντι μη αρδευόμενο, κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων έναντι ετήσιων καλλιεργειών ή πολυετών καλλιεργειών κ.λπ.). Στους

δυσάδικους γεωργικούς τομείς, διαφορετικές ομάδες παραγωγών μπορεί να έχουν πολύ διαφορετικές επιλογές στην τεχνολογία και ακόμη και στις καλλιέργειες που μπορούν να αναπτυχθούν. Ένας αγρότης που ζει σε βροχερές περιοχές μπορεί να μην είναι σε θέση να καλλιεργήσει όλες τις καλλιέργειες που δύναται ένας γεωργός με άρδευση και μπορεί να μην έχει πρόσβαση στον ίδιο μηχανισμό. Έτσι, η κατάλληλη διαφοροποίηση των συνολικά διαθέσιμων τεχνολογικών εναλλακτικών μπορεί να είναι σημαντική για να γίνει το μοντέλο όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστικό. Επίσης, ανάλογα με τις αγροκλιματικές συνθήκες και τις συνηθισμένες γεωργικές πρακτικές, σε ορισμένες περιπτώσεις πρέπει να προσδιοριστούν οι συναρτήσεις παραγωγής πολλαπλών προϊόντων.

3. Ο ορισμός των πόρων που διαθέτει κάθε ομάδα παραγωγών. Οι εν λόγω προμήθειες αφορούν κυρίως τη γη, τα αρδευτικά προϊόντα και την οικογενειακή εργασία, αν και για ορισμένα μοντέλα είναι επίσης σημαντικό να συμπεριληφθούν τα αρχικά αποθέματα δένδρουλλίων, ζώων και γεωργικών μηχανημάτων. Ακόμη και με τα ίδια σύνολα τεχνολογιών, οι διακυμάνσεις των πόρων θα οδηγήσουν σε διαφορές στην ανταπόκριση των γεωργών, όσον αφορά τα επίπεδα παραγωγής και το συνδυασμό καλλιεργειών ή τις αμειψισπορές που πραγματοποιούν.
4. Καθορισμός του περιβάλλοντος αγοράς στο οποίο λειτουργεί ο παραγωγός. Όπως σημειώνεται, αυτή η υπόθεση θα περιλαμβάνει τύπους αγοράς, συναφείς συναρτήσεις ζήτησης από τους καταναλωτές και θα περιλαμβάνει συναρτήσεις σχετικά με τις εισροές που είναι αποτελεσματικά διαθέσιμες κάτω από συνθήκες τέλει ελαστικής ή ανελαστικής προσφοράς. Μπορεί να περιλαμβάνει απλές βαθμωτές συναρτήσεις προσφοράς όπου είναι κατάλληλες, όπως είναι η διμερής αγορά βραχυπρόθεσμης πίστωσης, με περιορισμένο ποσό θεσμικής πίστωσης που διατίθεται με επιδοτούμενο επιτόκιο και απεριόριστο διαθέσιμο ποσό για το ανεπίσημο επιτόκιο της πιστωτικής αγοράς σε ένα υψηλότερο ποσοστό. Ένα άλλο στοιχείο του περιβάλλοντος της αγοράς είναι το κόστος εμπορίας και μεταποίησης γεωργικών προϊόντων. Συχνά, το κόστος μάρκετινγκ θα ποικίλει χωρικά, και τέτοιες παραλλαγές θα πρέπει να συμπεριληφθούν στο μοντέλο. Τέλος, ο τύπος της αγοράς περιλαμβάνει επίσης δυνατότητες για διεθνές εμπόριο και αντίστοιχες συναρτήσεις προσφοράς, συναρτήσεις ζήτησης εξαγωγής, εξαγωγικές ποσοστώσεις κλπ. Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι συναρτήσεις προσφοράς εισαγωγής είναι απλές, δηλαδή τέλει ελαστικές με δεδομένο κόστος, ασφάλεια και ναύλο, αλλά είναι σημαντικό να ληφθεί ρητή απόφαση για κάθε στοιχείο του περιβάλλοντος της αγοράς.
5. Προσδιορισμός του περιβάλλοντος πολιτικής του τομέα. Σε αυτή την περίπτωση, για παράδειγμα, απαιτούνται οι τιμές για την ονομαστική επιδότηση εισροών (και για τα ποσά των εισροών που διατίθενται με τους επιδοτούμενους συντελεστές) και απαιτείται μια προδιαγραφή για τις επιδοτήσεις παραγωγής όταν αυτές είναι σχετικές. Συχνά το τελευταίο λαμβάνει την ελάχιστη εγγυημένη τιμή, που σημαίνει οριζόντια συνάρτηση ζήτησης στην εγγυημένη τιμή. Αυτή η συνάρτηση ζήτησης μπορεί να εισαχθεί στο μοντέλο παράλληλα με τη συνηθισμένη λειτουργία της ζήτησης στην αγορά και η εγγυημένη τιμή θα τεθεί σε ισχύ μόνο εάν η τιμή της αγοράς πέσει κάτω από αυτήν. Για να κατασκευαστεί το μοντέλο, δεν είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε τα

ποσοστά επιδότησης εισροών, μόνο τις επιδοτούμενες τιμές, αλλά για να μπορούμε να πραγματοποιήσουμε σενάρια πολιτικής που συνεπάγονται πιθανές διακυμάνσεις των ποσοστών επιδότησης είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε τα αρχικά ποσοστά. Οι ποσοστώσεις εισαγωγής και τα τιμολόγια εμπίπτουν επίσης στην κατηγορία των μέσων πολιτικής, αλλά οι εξαγωγικές ποσοστώσεις περιλαμβάνονται στην περιγραφή του περιβάλλοντος της αγοράς, διότι δεν εμπίπτουν στην καθαρά εγχώρια πολιτική.

Οι πέντε αυτές προδιαγραφές καθορίζουν ένα τομεακό μοντέλο και καθορίζουν επίσης τον τομέα ως οικονομική μονάδα. Ο τομέας έχει οικονομικά χαρακτηριστικά, όπως είναι οι τιμές που δεν είναι σταθερές και η πληρότητα, όσον αφορά στις πηγές προσφοράς και ζήτησης. Περιέχει επίσης στοιχεία της μικροοικονομικής θεωρίας, όπως οι συναρτήσεις παραγωγής και οι κανόνες απόφασης του παραγωγού. Έχει επίσης μια διάσταση πολιτικής που είναι σημαντική τόσο για την κατανόηση της συνάρτησης του τομέα όσο και για τη διεξαγωγή σεναρίων πολιτικής. Από άποψη διαφορετικών πολιτικών σεναρίων, ο τομέας είναι χαρακτηριστικός, ειδικά στο κομμάτι της αγροτικής παραγωγής, ενώ τα όργανα λήψεων πολιτικών αποφάσεων είναι συγκεκριμένα ανάλογα με τον τομέα. Από την πλευρά του προϊόντος, ο τομέας είναι καλά καθορισμένος επίσης, γιατί είναι πλήρης στην επεξεργασία των συγκεκριμένων προϊόντων. Τα όρια είναι λιγότερο ξεκάθαρα για τους συντελεστές παραγωγής, αλλά η εγκατεστημένη παραγωγική ικανότητα είναι πάντοτε εξειδικευμένη με βάση τον τομέα, βραχυπρόθεσμα και μεσοπρόθεσμα.

Τα όρια του τομέα μπορεί να είναι διφορούμενα όσον αφορά στα νοικοκυριά. Συχνά, ένα συγκεκριμένο νοικοκυριό θα έχει μέλη που εργάζονται σε περισσότερους από έναν κλάδους και μπορεί να εισπράττουν εισοδήματα (εμβάσματα, ενοικιάσεις) από άλλους τομείς, άνευ μισθοδοσίας. Ένα πλήρες τομεακό μοντέλο μπορεί να χρειαστεί μεταβλητές ή παραμέτρους που να καθορίζουν το κόστος ευκαιρίας των συντελεστών παραγωγής σε άλλους τομείς για να επιτρέπουν τον σωστό προσδιορισμό των τιμών τους. Ωστόσο, δεν χρειάζεται να προσδιοριστούν πλήρως τα εισοδήματα των νοικοκυριών του τομέα. Η ζήτηση καταναλωτικού μέρους ενός τομεακού μοντέλου αναφέρεται σε όλες τις απαιτήσεις για τα προϊόντα του τομέα και όχι σε όλες τις καταναλωτικές απαιτήσεις των νοικοκυριών που ασχολούνται κυρίως με τον κλάδο. Με άλλα λόγια, το μοντέλο περιλαμβάνει όλες τις απαιτήσεις για γεωργικά προϊόντα, αλλά όχι όλες τις απαιτήσεις των γεωργικών νοικοκυριών.

Η διάκριση αυτή γίνεται ιδιαίτερα σημαντική για τα περιφερειακά υπο-μοντέλα σε έναν τομέα, όπου είναι απαραίτητο να αντληθούν, με έμμεσο τρόπο, οι καμπύλες ζήτησης που αντιμετωπίζουν οι παραγωγοί αυτής της περιοχής, σε αντίθεση με τις καμπύλες ζήτησης των οικογενειών που ζουν στην περιοχή αυτή.

Έτσι, ο τομέας όπως ορίζεται εδώ έχει μια σαφή οικονομική ταυτότητα και η συμπεριφορά του μπορεί να οριστεί με καλά γνωστά εργαλεία ανάλυσης όπως η θεωρία της παραγωγής και της κατανάλωσης, η εμπορική ανάλυση, η θεωρία της αντίθετης συμπεριφοράς προς τον κίνδυνο και η ανάλυση των δημοσιονομικών επιλογών. Μια τομεακή ανάλυση μπορεί να πραγματοποιηθεί χωρίς ένα μοντέλο, αλλά ο τομέας είναι μια πολύ αλληλένδετη και πολύ-παραγοντική οντότητα, επομένως είναι συχνά χρήσιμο να χρησιμοποιήσουμε ένα μοντέλο για να μελετήσουμε τις αλληλοσυνδεόμενες αντιδράσεις του τομέα με την αλλαγή πολιτικής ή με άλλες εξωτερικές αλλαγές.

Η γεωργία είναι ένας τομέας στον οποίο οι κύριες μεταβλητές είναι ασυνήθιστα αλληλεξαρτώμενες. Από την πλευρά της προσφοράς, τα προϊόντα εντός μιας περιοχής παραγωγής ανταγωνίζονται συχνά για τους ίδιους τοπικούς πόρους εδάφους, νερού,

εργασίας και κεφαλαίου. Το αγρόκτημα ή η περιοχή μπορεί να θεωρηθεί ως επιχείρηση πολλαπλών προϊόντων και σε πολλές περιπτώσεις το μείγμα προϊόντων αυτής της επιχείρησης είναι ευαίσθητο σε τιμές και άλλες μεταβλητές. Επιπλέον, διάφορες περιφέρειες ανταγωνίζονται μεταξύ τους για πρόσβαση στην ίδια εθνική και διεθνή αγορά. Για τους λόγους αυτούς, υπάρχει συνήθως αλληλεξάρτηση της αγοράς μεταξύ των προϊόντων στην πλευρά της προσφοράς του τομέα. Για να το θέσουμε με άλλους όρους, συχνά υπάρχουν πολλές διασταυρούμενες ελαστικότητες εφοδιασμού που διαφέρουν σημαντικά από το μηδέν και μπορεί να διαφέρουν ανά περιοχή για τα ίδια ζεύγη προϊόντων. Οι διαθέσιμες σειρές δεδομένων, τουλάχιστον για τις αναπτυσσόμενες χώρες, συνήθως δεν επαρκούν για να επιτρέψουν τη στατιστική εκτίμηση του πλήρους συνόλου ελαστικοτήτων εφοδιασμού. Εξ ου και η δημοτικότητα της προσέγγισης ανάλυσης της διαδικασίας που αποτελεί το θέμα το οποίο ερευνάται.

Άλλες σημαντικές πηγές οικονομικής αλληλεξάρτησης στον τομέα εντοπίζονται στην πλευρά της ζήτησης, όπου η αντικατάσταση του προϊόντος είναι κοινή (ειδικά μεταξύ των ελαιούχων σπόρων και επίσης μεταξύ των χορτονομών) και όπου μπορεί να υπάρχουν πολλαπλές αγορές για ένα μόνο αγαθό. Και βεβαίως υπάρχει αλληλεξάρτηση μεταξύ προσφοράς και ζήτησης στον καθορισμό των τιμών.

Ένα ενδεικτικό παράδειγμα αυτών των συνδέσεων βρίσκεται στην περίπτωση του βαμβακιού. Η καλλιέργεια του βαμβακιού αποδίδει δύο κοινά προϊόντα: ίνες βαμβακιού και βαμβακέλαιο. Το έλαιο συναγωνίζεται με άλλα βρώσιμα έλαια, όπως το καλαμπόκι, το σουσάμι, τη σόγια και τα λιναρόσπορα και ως εκ τούτου η τιμή αγοράς του βαμβακελαίου επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από το κόστος παραγωγής και τις συνθήκες καλλιέργειας αυτών των άλλων καλλιεργειών. Εξαρτάται επίσης από την αύξηση της ζήτησης για έλαια τόσο για ανθρώπινη όσο και για ζωική χρήση. Η ίνα βαμβακιού αντιμετωπίζει τις δικές της εγχώριες αγορές (με ανταγωνιστικές ίνες), και τα δύο έλαια και οι ίνες βαμβακιού εισέρχονται στο διεθνές εμπόριο. Ως εκ τούτου, μια μεσοπρόθεσμη πρόβλεψη όσον αφορά την αποδοτικότητα της παραγωγής βάμβακος εξαρτάται από μάλλον πολύπλοκους παράγοντες από την πλευρά της ζήτησης, για να μην αναφέρουμε τον ανταγωνισμό του βαμβακιού με άλλες καλλιέργειες για πόρους από την πλευρά της προσφοράς.

Σε αυτή τη σύντομη περιγραφή των βασικών στοιχείων της τομεακής ανάλυσης και επομένως ενός τομεακού μοντέλου, η προσοχή περιορίστηκε στα στατικά στοιχεία. Η επενδυτική απόφαση αγνοείται προς το παρόν, ως θέμα ευκολίας στην έκθεση. Το κείμενο αυτού του κεφαλαίου ασχολείται με τη στατική δομή του μοντέλου (με βάση ένα πλήρες έτος καλλιέργειας), η οποία σε κάθε περίπτωση είναι μέρος των περισσότερων επενδυτικών μοντέλων.

2.3.2 ΔΙΣΔΙΑΣΤΑΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Συχνά το πρόβλημα των διαφορετικών πολιτικών είναι ορατό σε όρους εναλλακτικής κατανομής δημόσιων πόρων, προς συγκεκριμένα άκρα πολιτικής. Μερικές φορές γίνεται λόγος για την εύρεση των μοτίβων παραγωγής που θα συμβάλλουν περισσότερο στη δημιουργία απασχόλησης ή σε κέρδη συναλλάγματος ή στην προώθηση άλλων στόχων. Η σύλληψη του προβλήματος πολιτικής με οποιονδήποτε από αυτούς τους τρόπους είναι ελλιπής και δεν είναι πιθανό να οδηγήσει σε ρεαλιστικές αποφάσεις πολιτικής, επειδή υπάρχει μια σημαντική παράλειψη: η ανάλυση του βαθμού στον οποίο ο τομέας θα ανταποκριθεί στις αλλαγές πολιτικής. Η επίτευξη των στόχων της πολιτικής μέσω της ανακατανομής των δημόσιων πόρων απαιτεί τη συνεργασία των γεωργικών εκμεταλλεύσεων. Ακόμη και στις άκρως συγκεντρωμένες οικονομίες υπάρχουν όρια στο

βαθμό που οι κυβερνήσεις μπορούν να υπαγορεύσουν τα πρότυπα καλλιέργειας και άλλες αποφάσεις παραγωγής, πολύ λιγότερο βέβαια στις οικονομίες με προσανατολισμό στην αγορά.

Ως εκ τούτου, η εξεύρεση των «βέλτιστων» καλλιεργειών από την άποψη της πολιτικής μπορεί να μην είναι πολύ χρήσιμη, εκτός και αν βρεθούν τρόποι για να αναγκαστούν οι αγρότες να υιοθετήσουν αυτά τα πρότυπα καλλιέργειας. Για να καταστεί σαφές, τα προβλήματα γεωργικής απόφασης περιλαμβάνουν επιλογές σε τουλάχιστον δύο επίπεδα. Στο ένα επίπεδο (σε μακροοικονομικό επίπεδο), ένας υπεύθυνος χάραξης πολιτικής προσπαθεί να αποφασίσει τον καλύτερο τρόπο κατανομής κεφαλαίων σε σχέση με τους περισσότερους από έναν στόχους, αλλά και ενόψει της αβεβαιότητας σχετικά με το ποιές θα είναι όλες οι συνέπειες κατανομής. Αυτή η αβεβαιότητα είναι στην πραγματικότητα αβεβαιότητα για το πώς οι αγρότες, οι κτηνοτρόφοι και άλλοι θα ανταποκριθούν στην προβλεπόμενη αλλαγή πολιτικής. Στο άλλο επίπεδο, το μικρο-επίπεδο, οι αγρότες έχουν το δικό τους πρόβλημα αποφάσεων: τον καλύτερο τρόπο ανταπόκρισης στο νέο περιβάλλον πολιτικής, λαμβάνοντας υπόψη τους δικούς τους στόχους και τους περιορισμούς δράσης τους. Για την επίλυση του μακροοικονομικού προβλήματος, η αβεβαιότητα σχετικά με τις μικρο-αντιδράσεις πρέπει να μειωθεί. Με άλλα λόγια, απαιτούνται ορισμένα μέσα προσομοίωσης της πιθανής αντίδρασης των αγροτών πριν από τη χάραξη της πολιτικής στρατηγικής. Η δήλωση αυτή μπορεί να φαίνεται σωτήρια, αλλά είναι συνήθης πρακτική στην εκτίμηση των έργων να υποθέσουμε ότι οι παραγωγοί θα υιοθετήσουν την «βελτιωμένη τεχνολογία» ή τις «καλλιέργειες υψηλότερης αξίας» χωρίς να διερευνήσουν τους κανόνες και τους περιορισμούς των αποφάσεων των παραγωγών, οι οποίοι επηρεάζουν την απόφαση υιοθέτησης. Ο συνήθης τρόπος για να προσομοιώσουμε τις αποφάσεις των παραγωγών είναι να οικοδομήσουμε ένα μοντέλο που να αντικατοπτρίζει τους περιορισμούς, τις ευκαιρίες και τους στόχους τους και στη συνέχεια να το λύσει με διαφορετικές υποθέσεις σχετικά με το περιβάλλον πολιτικής που επηρεάζει τους παραγωγούς. Οι αγρότες παραγωγοί διαφέρουν ευρέως στους πόρους, τον πλούτο τους, τους διαθέσιμους πόρους και τις οικονομικές ευκαιρίες, επομένως η έρευνα σχετικά με την ανταπόκριση των παραγωγών στις αλλαγές πολιτικής για να είναι επαρκής απαιτεί μοντέλα πολλών αντιπροσωπευτικών εκμεταλλεύσεων.

Για να αξιολογήσει τις εναλλακτικές πολιτικές επιλογές, μια βασική αναλυτική ερώτηση αφορά τη μοντελοποίηση των απαντήσεων των παραγωγών στις νέες τεχνολογίες, τις μεγαλύτερες προμήθειες πόρων και τις τροποποιημένες σχετικές τιμές. Η κατανόηση των απαντήσεων των καταναλωτών μπορεί επίσης να είναι ένα σημαντικό μέρος του προβλήματος, ανάλογα με την περίπτωση, αλλά πάντα υπάρχει το ερώτημα συμπεριφοράς των παραγωγών. Αυτό το ερώτημα είναι τόσο βασικό και όμως ακόμα δεν απαντάται αρκετά καλά, ώστε να βρίσκεται στο επίκεντρο των εργασιών για τη διαμόρφωση εφαρμοσμένων γεωργικών μοντέλων.

Θα μπορούσε να υποστηριχθεί ότι πρέπει να καταβληθεί προσπάθεια για την επίσημη μοντελοποίηση του πολιτικού προβλήματος: να μεγιστοποιηθεί ένα σταθμισμένο σύνολο στόχων πολιτικής, με την επιφύλαξη του προσδιορισμού των επιλογών πολιτικής και των συνεπειών τους, και με την επιφύλαξη περιορισμών που περιορίζουν τους βαθμούς ελευθερίας για δράση πολιτικής. Μερικές φορές είναι στην πραγματικότητα μια εποικοδομητική προσέγγιση, αλλά συνήθως είναι πιο παραγωγικό να προσανατολιστεί η αναλυτική προσπάθεια προς την καλύτερη κατανόηση των πιθανών απαντήσεων των παραγωγών. Ο λόγος είναι απλός: μέχρις ότου οι απαντήσεις των παραγωγών γίνουν καλύτερα κατανοητές, οι συνέπειες των ενεργειών πολιτικής δεν μπορούν να καθοριστούν για το μοντέλο απόφασης πολιτικής.

Έτσι, αναλυτικά, το πρόβλημα της πολιτικής μπορεί να αναλυθεί στα ακόλουθα δύο προβλήματα: (1) το πρόβλημα της κατανομής των δημόσιων πόρων κάτω από στόχους και περιορισμούς -δεδομένου ότι οι αγρότες θα αντιδράσουν σε κάθε πιθανή κατανομή και (2) της πρόβλεψης των αντιδράσεων των αγροτών. Το δεύτερο πρόβλημα σχεδόν πάντα είναι το πιο δύσκολο για τον αναλυτή, ενώ το πρώτο πρόβλημα μπορεί να καλείται κανονιστικό και το δεύτερο θετικό ή το πρώτο δεοντολογικό και το δεύτερο οντολογικό (περιγραφικό της πραγματικότητας).

2.4 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ

Και τα δύο προβλήματα μπορεί να εκφραστούν ως προβλήματα βελτιστοποίησης. Για να αποκτηθεί κάποια γνώση σχετικά με τους τρόπους με τους οποίους συνδέονται, θα ήταν χρήσιμο να διατυπωθούν τυπικά τα προβλήματα με αλγεβρικό τρόπο. Μια τυπική περιγραφή του προβλήματος περιλαμβάνει τέσσερα βασικά στοιχεία: τους στόχους πολιτικής και την αντικειμενική συνάρτηση, τα διαθέσιμα μέσα πολιτικής, τους περιορισμούς στα μέσα πολιτικής και τις αντιδράσεις του τομέα στις αλλαγές πολιτικής. Εάν το σύνολο των μέσων πολιτικής περιελάμβανε, για παράδειγμα, επιδοτήσεις εισροών και εκροών, τότε ο κύριος περιορισμός στα μέσα αυτά θα είναι οι διαθέσιμοι πόροι του προϋπολογισμού για τη χρηματοδότηση των επιδοτήσεων.

Για λόγους απεικόνισης, ας υποθέσουμε ότι οι κύριοι στόχοι της πολιτικής είναι η δημιουργία γεωργικής απασχόλησης και η αύξηση των εσόδων μέσω των γεωργικών εξαγωγών. Μπορούν να χαρακτηριστούν X_0^e και X_0^h , αντίστοιχα, και είναι τα στοιχεία του X_0 , του διανύσματος των στόχων πολιτικής. Ορίζοντας επιδότηση αραβοσίτου X_2^m , μια επιδότηση σιταριού X_2^w και μια επιδότηση βαμβακιού X_2^c , όπου το X_2 είναι το διάνυσμα των μεταβλητών. Τα αντίστοιχα επίπεδα καλλιεργητικής δραστηριότητας (σε στρέμματα ή εκτάρια) μπορούν να συμβολιστούν με X_1^m , X_1^w και X_1^c , αντίστοιχα, όπου το X_1 είναι το διάνυσμα των διαφορετικών δράσεων.

Εάν ληφθούν υπόψη μόνο αυτές οι τρεις καλλιέργειες, τότε το πρόβλημα βελτιστοποίησης πολιτικής έχει το ακόλουθο σχήμα:

$$\max_{X_2} Z = f(X_0^e, X_0^h) = w_e X_0^e + w_h X_0^h \quad (2.1)$$

Έτσι ώστε :

Καθορισμός τιμών αντικειμένων πολιτικής

$$X_0^e = e_m X_1^m + e_w X_1^w + e_c X_1^c \quad (2.2a)$$

$$X_0^h = h_m X_1^m + h_w X_1^w + h_c X_1^c \quad (2.2b)$$

Συναρτήσεις αντίδρασης για τους παραγωγούς

$$X_1^m = f_m(X_2^m, X_2^w, X_2^c) \quad (2.3a)$$

$$X_1^w = f_w(X_2^m, X_2^w, X_2^c) \quad (2.3b)$$

$$X_1^c = f_c(X_2^m, X_2^w, X_2^c) \quad (2.3c)$$

$$k_m X_2^m + k_w X_2^w + k_c X_2^c \leq g \quad (2.4)$$

Η εξίσωση (2.1) είναι η αντικειμενική συνάρτηση των υπευθύνων για τη χάραξη πολιτικής, όπου w_e και w_h ορίζονται ως τα «βάρη προτίμησης» της πολιτικής όσον αφορά τους δύο στόχους της δημιουργίας θέσεων απασχόλησης και του συναλλάγματος που κερδίζεται. Οι εξισώσεις (2.2a) και (2.2b) παρέχουν τη σύνδεση μεταξύ των στόχων πολιτικής και των αποφάσεων των γεωργών σχετικά με τα επίπεδα καλλιέργειας. Οι συντελεστές e_m , e_w και e_c εκφράζουν την απαιτούμενη απασχόληση ανά εκτάριο για καθεμία από τις τρεις καλλιέργειες. Ομοίως, το h_j ($j = m, w, c$) υποδηλώνει το ξένο νόμισμα που εισπράττεται, μέσω των εξαγωγών, ή αποθηκεύεται, με αντικατάσταση εισαγωγής, ανά εκτάριο που καλλιεργείται σε κάθε καλλιέργεια. Μερικά από τα h_j μπορεί να είναι μηδέν, αλλά όλα τα e_j πρέπει να είναι θετικά.

Οι εξισώσεις (2.3a) έως (2.3c) είναι οι "συναρτήσεις αντίδρασης", που δείχνουν πώς επηρεάζονται τα μέσα επιδότησης από τις αποφάσεις σχεδίου παραγωγής των αγροτών. Γενικά, οι αποφάσεις κάθε καλλιέργειας επηρεάζονται από το ποσό της επιδότησης σε όλες τις καλλιέργειες, επειδή η σχετική κερδοφορία των καλλιεργειών επηρεάζει τα πρότυπα καλλιέργειας. Τέλος, η εξίσωση (2.4) είναι ο περιορισμός του προϋπολογισμού της κυβέρνησης για δαπάνες και επιδοτήσεις. Οι συντελεστές k_j είναι το κόστος ανά εκτάριο του μέσου επιδότησης και το όριο g είναι ο διαθέσιμος προϋπολογισμός επιδότησης σε νομισματικούς όρους.

Για αυτό το επεξηγηματικό πρόβλημα πολιτικής, οι εξισώσεις (2.1) έως (2.4) παρέχουν μια πλήρη αναλυτική περιγραφή, αλλά οι εξισώσεις (2.3a) έως (2.3c) είναι τα "μαύρα κουτιά". Το μεγαλύτερο μέρος της προσπάθειας στον τομέα της μοντελοποίησης είναι αφιερωμένο στο φωτισμό του περιεχομένου αυτών των μαύρων κουτιών. Φυσικά, συνήθως το πρόβλημα της πολιτικής είναι πιο περίπλοκο από αυτό που δείχνει αυτό το παράδειγμα, και έτσι προτού προχωρήσουμε στο τομεακό μοντέλο, αυτό καθεαυτό, μπορεί να είναι χρήσιμο να εκτελέσουμε μια πληρέστερη αντιμετώπιση του προβλήματος πολιτικής. Στην ουσία, είναι ένα δισδιάστατο πρόβλημα βελτιστοποίησης, και οι συναρτήσεις αντίδρασης μπορούν να αποσυντεθούν στις συστατικές συνιστώσες τους, οι οποίες είναι οι αντικειμενικές συναρτήσεις των αγροτών και οι περιορισμοί που αντιμετωπίζουν οι αγρότες. Εισάγοντας τον δείκτη 1 ο οποίος αντιπροσωπεύει το επίπεδο των αποφάσεων των παραγωγών και τον δείκτη 2, ο οποίος αντιπροσωπεύει το επίπεδο πολιτικής, τα προβλήματα εκφράζονται ως εξής:

$$\max_{X_2} Z_2 = f_2(c'_2 X_0) \quad (2.5)$$

Έτσι ώστε

$$kX_2 \leq g \quad (2.6)$$

$$\max_{X_1 | X_2} Z_1 = f_1(c'_1 X_1) \quad (2.7)$$

$$A_{11} X_1 + A_{12} X_2 \leq b \quad (2.8)$$

$$-IX_0 + A_{21} X_1 + A_{22} X_2 = 0 \quad (2.9)$$

$$-a'_1 IX_2 + c_1 = 0 \quad (2.10)$$

$$X_0, X_1, X_2 \geq 0 \quad (2.11)$$

Όπου

- X_0 είναι ένα διάνυσμα μεταβλητών στόχων (στόχοι πολιτικής, όπως η αύξηση του εισοδήματος, η αναδιανομή του εισοδήματος, τα κέρδη κλπ.).
- X_1 είναι ένα διάνυσμα των μεταβλητών απόφασης των αγροτών (επίπεδα παραγωγής και μίγματα, κατανομές εισροών κλπ.).
- X_2 είναι ένα διάνυσμα των μεταβλητών των πολιτικών.
- f_2 είναι μια αντικειμενική συνάρτηση στόχων πολιτικής.
- f_1 είναι μια αντικειμενική συνάρτηση περιγραφής (αγροτών).
- k είναι ένας φορέας του κόστους των δημόσιων προγραμμάτων (συμπεριλαμβανομένων των απαιτήσεων χρόνου προσωπικού).
- g είναι ένα διάνυσμα πόρων πολιτικής, δηλαδή τα φορολογικά έσοδα και οι πόροι του κυβερνητικού προσωπικού.
- b είναι ένα διάνυσμα των πόρων και άλλων περιοριστικών τιμών για το περιγραφικό πρόβλημα.
- a_1 είναι ένα διάνυσμα των επιδοτήσεων ή άλλων μέσων που επηρεάζουν άμεσα τις αντικειμενικές λειτουργίες των γεωργών.
- c_1 είναι το σύνολο των συντελεστών της περιγραφικής αντικειμενικής συνάρτησης για τους γεωργούς.
- c_2 είναι το σύνολο των βαρών πολιτικής, που προηγουμένως υποδείχθηκε από το w .

Σε αυτή τη λογικά τυπική περίπτωση, το μοντέλο είναι δομημένο έτσι ώστε

1. Μόνο οι μεταβλητές-στόχοι X_0 να παρουσιάζουν ενδιαφέρον για την αντικειμενική συνάρτηση της πολιτικής f_2 .
2. Μόνο οι μεταβλητές επιλογής περιγραφής X_1 να επηρεάζουν την περιγραφική αντικειμενική συνάρτηση f_1 .
3. Το A_{11} να είναι ένας τεχνολογικός πίνακας απαιτήσεων για τις μονάδες πόρων για τις αποφάσεις των γεωργών.
4. Ο πίνακας A_{12} εκφράζει την επίδραση των μεταβλητών X_2 πολιτικής για τη διαθεσιμότητα των πόρων (μία πολιτική που αυξάνει τη διαθεσιμότητα πόρων, όπως η επένδυση σε νέα αρδευτικά προϊόντα, αντιπροσωπεύεται από αρνητικό στοιχείο του A_{12}).
5. Ο πίνακας A_{21} αντιπροσωπεύει τις επιδράσεις των περιγραφικών μεταβλητών X_1 στις μεταβλητές-στόχους X_0 (π.χ., εάν η μεγαλύτερη απασχόληση είναι στόχος πολιτικής, τότε το A_{21} μπορεί να περιέχει συντελεστές που εμφανίζουν τις απαιτήσεις εισροών εργασίας ανά μονάδα παραγωγής κάθε καλλιέργειας).
6. Ο A_{22} είναι ένας πίνακας των άμεσων επιδράσεων των μεταβλητών πολιτικής X_2 στις μεταβλητές-στόχους X_0 (σε πολλές περιπτώσεις, αυτός ο πίνακας θα ήταν μηδέν και έτσι οι πολιτικές θα έπρεπε να επιτύχουν τις επιπτώσεις τους έμμεσα, δηλαδή, θεωρούσαν τις μήτρες A_{12} και A_{21}).

Οι μεταβλητές που ελέγχουν οι υπεύθυνοι για τη χάραξη πολιτικής είναι διαφορετικές από τις μεταβλητές που ελέγχει ο αγρότης, δηλαδή οι τομείς μεγιστοποίησης των f_2 και f_1 διαφέρουν. Εάν αυτό δεν συνέβαινε - εάν οι υπεύθυνοι για τη χάραξη πολιτικής μπορούσαν να ελέγξουν άμεσα τις μεταβλητές παραγωγής X_1 - τότε το πρόβλημα απλοποιείται στην περίπτωση καθαρού συγκεντρωτικού σχεδιασμού και μόνο η αντικειμενική συνάρτηση f_2 είναι ενεργή. Καθώς η διαμόρφωση κεντρικού σχεδιασμού δεν είναι πολύ χρήσιμη στη σημερινή

πραγματικότητα, το συνολικό πρόβλημα πολιτικής περιγράφεται καλύτερα ως το δισδιάστατο πρόβλημα που ορίζεται από τις εξισώσεις (2.5) έως (2.11).

Δυστυχώς για τους σκοπούς της ανάλυσης, το πρόβλημα (2.5) έως (2.11) δεν είναι γενικά επιλύσιμο άμεσα, επειδή σπάνια έχει ένα κυρτό εφικτό σύνολο, αν και μπορεί να βρεθεί τοπικό βέλτιστο. Έμμεσες μέθοδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επίλυση του δισδιάστατου προβλήματος, αλλά πρώτα είναι απαραίτητο να αναπτυχθεί η δομή του περιγραφικού προβλήματος λαμβάνοντας υπόψη τις εξισώσεις του (2.7), (2.8) και (2.11). Το περιγραφικό πρόβλημα μπορεί να δημιουργηθεί και να αναλυθεί με τη μορφή ενός μοντέλου βελτιστοποίησης, διατηρώντας παράλληλα πλήρως το θεσμικό πλαίσιο της αποκεντρωμένης λήψης αποφάσεων. Όπως θα δούμε, η φύση της αντικειμενικής λειτουργίας του μοντέλου (f_1 στην εξίσωση 2.7) είναι κρίσιμη για το αποκεντρωμένο πλαίσιο. Πριν φτάσουμε στην αντικειμενική συνάρτηση, τα επόμενα τρία τμήματα συζητούν άλλα θέματα που σχετίζονται με τη μετάβαση από μοντέλα σε επίπεδο αγροκτήματος σε μοντέλα σε επίπεδο τομέα.

2.4.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΩΝ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΕΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΩΝ

2.4.1.1 ΤΟ ΖΗΤΗΜΑ ΣΥΝΘΕΣΗΣ

Κατά τη μετάβαση από ανάλυση σε επίπεδο αγροκτήματος σε ανάλυση σε επίπεδο τομέα, προκύπτει συσσώρευση μεροληψίας επειδή δεν είναι όλες οι εκμεταλλεύσεις ίδιες. Στην ιδανική περίπτωση, πρέπει να κατασκευαστεί ένα μοντέλο για κάθε μεμονωμένο αγρόκτημα και όλα τα μεμονωμένα μοντέλα να συνδέονται μαζί για να αποτελέσουν το μοντέλο του τομέα. Ορίζοντας το διάνυσμα X_i^* να υποδείξει τη βέλτιστη λύση στο i -μοντέλο αγροκτήματος, τότε η βέλτιστη λύση στο μοντέλο του τομέα θα είναι

$$X_1^* = \sum_i X_i^*$$

Σε αυτή την περίπτωση η συσσωμάτωση (σύνθεση) είναι ακριβής.

Στην πράξη δεν είναι εφικτό να μοντελοποιείται κάθε μεμονωμένη φάρμα και το τομεακό μοντέλο πρέπει να βασίζεται σε αντιπροσωπευτικές εκμεταλλεύσεις ή σε συνολικά περιφερειακά ή αγροτικά μοντέλα. Η αντιπροσωπευτική γεωργική προσέγγιση περιλαμβάνει την ταξινόμηση του συνόλου των εκμεταλλεύσεων σε μικρότερο αριθμό ομοιογενών ομάδων και την κατασκευή ενός υποδείγματος για μια "αντιπροσωπευτική" εκμετάλλευση από κάθε ομάδα. Αυτά τα αγροτικά μοντέλα συγκεντρώνονται στη συνέχεια στο τομεακό μοντέλο χρησιμοποιώντας τον αριθμό των εκμεταλλεύσεων σε κάθε ομάδα ως συντελεστή στάθμισης. Ορίζεται το X_h^* το οποίο υποδεικνύει τη βέλτιστη λύση στο h αντιπροσωπευτικό αγροτικό υπόδειγμα και ορίζεται το n το οποίο δηλώνει τον αριθμό των εκμεταλλεύσεων της ομάδας. Στη συνέχεια, η λύση του τομεακού μοντέλου θα είναι

$$X_2^* = \sum_h n_h X_h^*$$

Αν συγκρίνουμε αυτό με τη λύση που λαμβάνεται με την ιδανική μέθοδο (X_1^*), τότε η συσχέτιση της συσσωμάτωσης λέγεται ότι υπάρχει εάν $X_2^* \neq X_1^*$ ή, ισοδύναμα, εάν

$$\sum_i X_i^* \neq \sum_h n_h X_h^*$$

Η χρησιμοποίηση του αριθμού των εκμεταλλεύσεων (αγροκτημάτων) σε κάθε ομάδα ως συντελεστής στάθμισης είναι η σωστή διαδικασία συσσωμάτωσης εάν οι αντιπροσωπευτικές εκμεταλλεύσεις ορίζονται ως οι αριθμητικές μέσες εκμεταλλεύσεις για τις ομάδες τους. Εάν επιλεγούν άλλοι τύποι αντιπροσωπευτικών γεωργικών εκμεταλλεύσεων, όπως οι μεσαίες ή οι τροπικές εκμεταλλεύσεις, τότε η διαδικασία στάθμισης μπορεί να είναι μάλλον πιο περίπλοκη.

Η συνολική περιφερειακή προσέγγιση περιλαμβάνει τη συγκέντρωση των πόρων μιας ομοιογενούς περιοχής ή μιας περιοχής (που δεν συνεπάγεται απαραίτητα συνεχή γη) και τη μοντελοποίηση αυτών των συγκεντρωτικών μεταβλητών ως μια ενιαία μεγάλη εκμετάλλευση. Αυτή η προσέγγιση είναι πανομοιότυπη με την αντιπροσωπευτική γεωργική προσέγγιση εάν οι αντιπροσωπευτικές εκμεταλλεύσεις ορίζονται ως αριθμητικές μέσες εκμεταλλεύσεις για τις ίδιες περιφέρειες ή περιοχές.

Ως παράδειγμα της φύσης της μεροληψίας συσσωμάτωσης, εξετάστε τα ακόλουθα δύο προβλήματα αγροκτήματος, το καθένα με δύο καλλιεργητικές δραστηριότητες X_1 και X_2 :

Πίνακας 2. Παράδειγμα μεροληψίας συσσωμάτωσης α

Φάρμα Α	X_1	X_2	RHS
Κέρδος	60	90	Μεγιστοποίηση
Πόρος 1	1	2	≤ 5
Πόρος 2	1	1	≤ 5
Φάρμα Β	X_1	X_2	RHS
Κέρδος	100	90	Μεγιστοποίηση
Πόρος 1	1	2	≤ 10
Πόρος 2	2	1	≤ 5

Πηγή :Peter B.R.Hazell , Roger D.Norton *Mathematical Programming for Economic Analysis in Agriculture*.

Η βέλτιστη στρατηγική για το αγρόκτημα Α είναι να αναπτυχθούν 5 μονάδες του X_1 , ενώ το αγρόκτημα Β πρέπει να αυξηθεί σε 5 μονάδες του X_2 . Για το αγρόκτημα Α το κέρδος είναι 300, ενώ για το αγρόκτημα Β το κέρδος είναι 450.

Ας υποθέσουμε τώρα ότι ορίζουμε το συσσωματωμένο αγρόκτημα για να αντιπροσωπεύσουμε τα αγροκτήματα Α και Β σε ένα τομεακό μοντέλο. Το συνολικό πρόβλημα της εκμετάλλευσης θα είναι το ακόλουθο, με επανασχεδιασμό των καλλιεργητικών δραστηριοτήτων:

Πίνακας 3. Παράδειγμα μεροληψίας συσσωμάτωσης β

Συσσωματωμένη Φάρμα	X_1	X_2	X_3	RHS
Κέρδος	60	90	100	Μεγιστοποίηση
Πόρος 1	1	2	1	≤ 15
Πόρος 2	1	1	2	≤ 15

Πηγή : Peter B.R.Hazell , Roger D.Norton *Mathematical Programming for Economic Analysis in Agriculture*.

Η βέλτιστη λύση σε αυτό το πρόβλημα είναι 15 μονάδες του X_1 για συνολικό κέρδος 900; ποσό που υπερβαίνει το άθροισμα των κερδών που προκύπτουν από τα μεμονωμένα μοντέλα εκμετάλλευσης (750). Αυτό το αποτέλεσμα καταδεικνύει το γεγονός ότι η μεροληψία της συσσώματωσης βρίσκεται πάντα προς τα πάνω: επικαλύπτει την κινητικότητα των πόρων επιτρέποντας στις γεωργικές εκμεταλλεύσεις να συνδυάζουν πόρους σε αναλογίες που δεν τους είναι διαθέσιμες χωριστά και συνεπάγεται τη σιωπηρή υπόθεση ότι όλες οι γεωργικές εκμεταλλεύσεις έχουν ισότιμη πρόσβαση στην ίδια τεχνολογία παραγωγής.

2.4.2 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΕΩΝ

Η μεροληψία της συσσώρευσης μπορεί να αποφευχθεί (ή να ελαχιστοποιηθεί) μόνο εάν οι εκμεταλλεύσεις ταξινομηθούν σε ομάδες ή περιοχές που ορίζονται σύμφωνα με αυστηρές θεωρητικές απαιτήσεις ομοιογένειας. Το πιο ολοκληρωμένο σύνολο συνθηκών έχει καθοριστεί από τον Day (1963α).

Ορίζεται το μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού της i φάρμας να γράφεται σε μορφή πίνακα ως εξής:

$$\max c_i' X_i$$

Έτσι ώστε :

$$A_i X_i \leq b_i$$

$$X_i \geq 0$$

Περαιτέρω ορίζεται συσσωματωμένο ή αντιπροσωπευτικό μοντέλο εκμετάλλευσης να συμβολίζεται με τον ίδιο τρόπο αλλά χωρίς i δείκτες. Στη συνέχεια, ο Day απέδειξε ότι μόνο οι εκμεταλλεύσεις που πληρούν τις ακόλουθες τρεις συνθήκες θα πρέπει να ομαδοποιούνται ώστε να αποφεύγεται η μεροληψία της συσσώματωσης:

$$1 \ A_i = A$$

$$2 \ c_i = \mu_i c$$

$$3 \ b_i = \lambda_i b, \lambda_i \geq 0$$

Ο Day ονόμασε την πρώτη απαίτηση "τεχνολογική ομοιογένεια". Απαιτείται η κάθε εκμετάλλευση να έχει τις ίδιες δυνατότητες παραγωγής, τον ίδιο τύπο πόρων και περιορισμών, τα ίδια επίπεδα τεχνολογίας και το ίδιο επίπεδο διαχειριστικής ικανότητας.

Η δεύτερη απαίτηση απαιτεί από τους μεμονωμένους αγρότες ενός ομίλου να διατηρούν προσδοκίες σχετικά με τις αποδόσεις ανά μονάδα δραστηριότητας που είναι ανάλογες με τις μέσες προσδοκίες. Ο Day χαρακτήρισε την απαίτηση αυτή ως «χρηματική» αναλογικότητα.

Η τρίτη απαίτηση είναι ότι το διάνυσμα περιορισμών του μοντέλου προγραμματισμού για κάθε μεμονωμένη εκμετάλλευση θα πρέπει να είναι ανάλογο του διανύσματος περιορισμών της μέσης ή της αθροιστικής εκμετάλλευσης. Ο Day χαρακτήρισε την απαίτηση αυτή ως "θεσμική" αναλογικότητα. Αυτή η απαίτηση είναι απολύτως απαραίτητη μόνο για τους

περιορισμούς που θα είναι δεσμευτικοί στη επίλυση του μοντέλου, αλλά δεδομένου ότι σπανίως μπορεί να προσδιοριστεί εκ των προτέρων, είναι συνήθως απαραίτητο να απαιτούνται όλες οι περιορισμοί της θεσμικής αναλογικότητας.

Οι συνθήκες του Day είναι συνήθως επαρκείς για να εγγυηθούν την αμεροληψία επειδή εξασφαλίζουν ότι $X_i^* = \lambda_i X^*$ για όλες τις εκμεταλλεύσεις. Η αυστηρή επάρκεια απαιτεί δύο επιπλέον πράγματα. Πρώτον, ότι το αντιπροσωπευτικό αγρόκτημα, αν χρησιμοποιηθεί, ορίζεται ως η μέση αριθμητική εκμετάλλευση, έτσι ώστε

$$\sum_i \lambda_i = 1$$

Δεύτερον, ότι τα μη μεμονωμένα αγροτικά μοντέλα είναι εκφυλισμένα, οπότε η επιλογή του X_i^* είναι άγνωστη και αυθαίρετη. Το πρόβλημα αυτό επισημάνθηκε από τους Spreen και Takayama (1980).

Οι συνθήκες του Day είναι πολύ απαιτητικές και αρκετοί συγγραφείς προσπάθησαν να αντλήσουν λιγότερο αυστηρούς όρους. Οι θεωρητικές προσεγγίσεις, όπως αυτές που αναπτύχθηκαν από τους Sheehy και McAlexander (1965), Miller (1966) και Lee (1966), βασίζονται στον λανθάνοντα συλλογισμό ότι μια βέλτιστη λύση σε ένα γραμμικό μοντέλο προγραμματισμού μπορεί να είναι σταθερή ακόμα και όταν πολλοί από τους συντελεστές διαταράσσονται. Με ανάλυση κατά τη βελτιστοποίηση προκύπτει ότι συνήθως υπάρχει ένα εύρος για κάθε συντελεστή μέσα στο οποίο μπορεί να μεταβληθεί χωρίς να προκληθεί αλλαγή στη βέλτιστη λύση. Σαφώς, εφόσον οι εκμεταλλεύσεις που περιλαμβάνονται σε μια ομάδα έχουν όλους τους συντελεστές που βρίσκονται εντός ανεκτών περιοχών της βασικής λύσης του μέσου αγροτικού μοντέλου, τότε οι βέλτιστοι φορείς διασταύρωσης μπορούν πάντοτε να είναι αναλογικοί.

Το πρόβλημα με αυτή την προσέγγιση είναι ότι τα ανεκτά εύρη για τους συντελεστές είναι μοναδικά για μια ενιαία βέλτιστη λύση. Ως εκ τούτου, οι εκμεταλλεύσεις που μπορούν να ομαδοποιηθούν για ένα πείραμα με ένα αντιπροσωπευτικό μοντέλο εκμετάλλευσης ίσως πρέπει να ανασυγκροτηθούν για οποιοδήποτε άλλο πείραμα. Δεδομένου ότι δεν μπορεί κανείς να γνωρίζει σε ποια ομάδα να ταξινομήσει μεμονωμένα αγροκτήματα για κάθε πείραμα χωρίς γνώση ισοδύναμη με τη γνώση του βέλτιστου διανύσματος λύσης για κάθε αγρόκτημα α , τα κριτήρια συσσωμάτωσης που βασίζονται σε αυτή την προσέγγιση δεν αποδείχθηκαν χρήσιμα.

Είναι επίσης δυνατό ένα συσσωματωμένο μοντέλο εκμετάλλευσης να δώσει μια αμερόληπτη λύση ακόμη και όταν οι τιμές της άριστης λύσης στα μεμονωμένα αγροκτήματα δεν είναι ανάλογες (Paris and Rausser, 1973). Ωστόσο, οι συνθήκες υπό τις οποίες αυτό μπορεί να συμβεί μεταβάλλονται από τη μια λύση στην άλλη και είναι επομένως δύσκολο να δοθούν εκ των προτέρων κατευθυντήριες γραμμές για την ταξινόμηση των εκμεταλλεύσεων σε τομεακά μοντέλα που προορίζονται για πολυάριθμα πειράματα πολιτικής.

Σε μια άλλη μέθοδο έχουν επιδιωχθεί τρόποι για την ομαδοποίηση αγροκτημάτων ώστε να ελαχιστοποιηθεί παρά να εξαλειφθεί η μεροληψία της συσσωμάτωσης. Οι Buckwell και Hazell (1972), για παράδειγμα, προτείνουν την ομαδοποίηση αγροκτημάτων σε αγροκλιματικά παρόμοιες περιοχές και από τον τύπο των παραγόμενων προϊόντων ώστε να εξασφαλίζεται ένας λογικός βαθμός συμμόρφωσης με τις απαιτήσεις της τεχνολογικής και οικονομικής ομοιογένειας. Στη συνέχεια, προτείνουν τη χρήση τεχνικών στατιστικής ομαδοποίησης για την ανάθεση εκμεταλλεύσεων σε περιορισμένο αριθμό ομάδων με βάση

τους συντελεστές αποδόσεων πόρων. Η μέθοδος εξασφαλίζει ότι η απαίτηση θεσμικής ομοιογένειας πληρούται όσο το δυνατόν περισσότερο για έναν προκαθορισμένο αριθμό ομάδων αγροκτημάτων.

Μια άλλη προσέγγιση που προτείνεται από τον Kennedy (1975) έχει εφαρμογή όταν τα αγροκτήματα αρχικά μπορούν να ταξινομηθούν σε ομάδες που πληρούν τις δύο πρώτες απαιτήσεις του Day, και όταν οι λόγοι των αγροτικών πόρων που διατίθενται εντός των ομάδων ποικίλλουν λόγω του μεγέθους της εκμετάλλευσης. Ο Kennedy προτείνει ότι οι γραμμικές παλινδρομήσεις θα εκτιμηθούν για κάθε ομάδα που σχετίζεται με τα διανύσματα του δεξιού μέλους της φάρμας σε ένα ενιαίο μέγεθος μέτρησης του αγροτικού μεγέθους. Αυτές οι εκτιμώμενες εξισώσεις περιλαμβάνονται στη συνέχεια στο συνολικό μοντέλο και η μεταβλητή μεγέθους εκμετάλλευσης παραμετροποιείται για να προσδιορίσει τη σειρά των βέλτιστων λύσεων που αντιστοιχούν στα κρίσιμα μεγέθη αγροκτημάτων. Εκτιμήσεις συνολικών μεγεθών προσφοράς λαμβάνονται στη συνέχεια χρησιμοποιώντας αυτή τη σειρά λύσεων και τον αριθμό των εκμεταλλεύσεων που εμπίπτουν σε καθένα από τα κρίσιμα διαστήματα μεγέθους αγροκτήματος.

Η βασική δυσκολία με αυτήν την προσέγγιση είναι ότι οι συνολικές ποσότητες βασικών προϊόντων δεν μπορούν να γίνουν ενδογενείς στο μοντέλο για να επιτρέψουν τον κοινό προσδιορισμό των αποτελεσμάτων και των τιμών. Είναι επίσης απαραίτητο να παραμετροποιήσουμε το μοντέλο τομέα για κάθε πείραμα πολιτικής και να υπολογίσουμε εκ νέου τον αριθμό των εκμεταλλεύσεων σε κάθε ομάδα κρίσιμων μεγεθών.

2.4.3 ΑΛΛΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ

Στην πράξη, τα κριτήρια συσσωμάτωσης συνήθως μειώνονται σε ομαδοποίηση εκμεταλλεύσεων σύμφωνα με μερικούς απλούς κανόνες. Οι κυριότεροι μεταξύ αυτών των κανόνων είναι (1) παρόμοιες αναλογίες στις παροχές πόρων, (2) παρόμοιες αποδόσεις και (3) παρόμοιες τεχνολογίες. Ο πρώτος κανόνας συνήθως σημαίνει παρόμοιο μερίδιο της γης προς την εργασία, δηλαδή ομαδοποιώντας τις εκμεταλλεύσεις κατά τάξη μεγέθους. Μεταξύ άλλων, η ομαδοποίηση των εκμεταλλεύσεων με αυτόν τον τρόπο θα βοηθήσει το μοντέλο να αποδείξει με ακρίβεια ποια αγροκτήματα ασχολούνται με τεχνικές εξοικονόμησης εργασίας, όπως η μηχανουργία του οργώματος και άλλες λειτουργίες.

Ο δεύτερος κανόνας σημαίνει τουλάχιστον την τοποθέτηση των αρδευόμενων και μη αρδευόμενων εκμεταλλεύσεων σε ξεχωριστές κατηγορίες και σημαίνει επίσης την εκτίμηση των διαφορών στο κλίμα, τα εδάφη και την ανύψωση, που μόνο (εκτός από την χρησιμοποιούμενη τεχνολογία) προκαλούν σημαντικές διαφορές απόδοσης. Συνήθως, αλλά όχι πάντοτε, σε ένα τομεακής βάσης κλίμα (με βροχοπτώσεις), η κλίση της γης και το υψόμετρο είναι πιο σημαντικά κριτήρια από τους τύπους εδάφους.

Ο τρίτος κανόνας σημαίνει το διαχωρισμό των εκμεταλλεύσεων σύμφωνα με τις κυριότερες καλλιέργειες. Για παράδειγμα, οι εκμεταλλεύσεις με μοτίβα καλλιέργειας με βάση τη μαρμελάδα στο νότιο τμήμα της Νιγηρίας ανήκουν σαφώς σε διαφορετική κατηγορία από τις εκμεταλλεύσεις σόργου-κεχριού-αραβοσίτου στη βόρεια Νιγηρία. Επίσης, μερικές από τις τεχνολογικά πιο καθυστερημένες περιοχές ενός τομέα απλώς μπορεί να μην έχουν τον πλούτο ή την τεχνογνωσία των νοικοκυριών να καλλιεργούν πιο εξελιγμένες καλλιέργειες ή να χρησιμοποιούν πιο απαιτητικές τεχνολογίες. Οι εκμεταλλεύσεις σε τέτοιες περιοχές θα πρέπει να τοποθετούνται σε ξεχωριστή κατηγορία και οι καθορισμένοι φορείς παραγωγής θα πρέπει να αντικατοπτρίζουν ένα μικρότερο φάσμα επιλογών. Αυτή είναι μια μορφή τεχνολογικού δυαδισμού και στο βαθμό που αποτελεί μέρος της πραγματικότητας, θα

πρέπει να ενσωματωθεί στη δομή του μοντέλου. (Είναι σαφές ότι ένα από τα πειράματα που μπορούν να διεξαχθούν με ένα τέτοιο μοντέλο είναι η διερεύνηση των συνεπειών για την παραγωγή, τις τιμές, το εισόδημα των γεωργών, την κατανομή του αγροτικού εισοδήματος κλπ. Για καλύτερη πρόσβαση σε βελτιωμένες τεχνολογίες από τους φτωχότερους αγρότες).

Αρκετά άλλα κριτήρια μπορούν να είναι σημαντικά για τον ορισμό των κατηγοριών παραγωγών, ανάλογα με τα ζητήματα που πρέπει να μελετηθούν. Για μελέτες άρδευσης, η θέση του οικοπέδου κατά μήκος του καναλιού (σχετική απόσταση από την κεφαλή του καναλιού) μπορεί να είναι σημαντική. Οι διακυμάνσεις της κατοχής γης μπορούν να επηρεάσουν τα κίνητρα των παραγωγών, αλλά και την πρόσβασή τους σε πόρους (όπως οι θεσμικές βραχυπρόθεσμες πιστώσεις). Ο τύπος εδάφους είναι κατ' αρχήν ένα σημαντικό κριτήριο, αλλά, με ορισμένες εξαιρέσεις, η εισαγωγή αυτού του κριτηρίου επιπλέον των άλλων οδηγεί σε υπερβολικά πολλές κατηγορίες γεωργικών εκμεταλλεύσεων για να είναι διαχειρίσιμες από υπολογιστική άποψη.

Ωστόσο, οι κυρίαρχοι τύποι εδάφους μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διαφοροποίηση των υπο-περιφερειών σε κάθε αγροκλιματική περιοχή και οι επικρατούντες τύποι εδάφους επιτρέπεται να επηρεάζουν τους αντίστοιχους μέσους συντελεστές απόδοσης. Ένα άλλο χαρακτηριστικό που μπορεί να είναι σημαντικό είναι η εγγύτητα στα μεγάλα κέντρα της αγοράς, η οποία καθορίζει το κόστος μάρκετινγκ του παραγωγού και, ως εκ τούτου, την καθαρή τιμή του αγροκτήματος. Συνήθως, ωστόσο, οι χωρικές διακυμάνσεις στις τιμές των γεωργικών εκμεταλλεύσεων περιλαμβάνονται ήδη στις περιφέρειες του μοντέλου που καθορίζονται με άλλα κριτήρια, έτσι ώστε οι διακυμάνσεις των τιμών από μόνες τους δεν είναι απαραίτητες για τον προσδιορισμό περιφερειακών ορίων.

Οι τεχνικές έρευνας και η μετέπειτα ομαδοποίηση μπορούν να βελτιώσουν την επιλογή των κατηγοριών παραγωγών, αλλά ανεξάρτητα από το πόσο καλά σχεδιασμένες, οι έρευνες ποτέ δεν θα δώσουν την πλήρη απάντηση σε αυτή την ερώτηση επιλογής. Οι έρευνες πρέπει να σχεδιάζονται σύμφωνα με στατικά κριτήρια - με βάση τα χαρακτηριστικά του πληθυσμού του δείγματος που παρουσιάζουν ενδιαφέρον. Αλλά τελικά, για το μοντέλο, το πιο ενδιαφέρον χαρακτηριστικό είναι λιγότερο στατικό - δηλαδή, πώς οι παραγωγοί ανταποκρίνονται στην αλλαγή πολιτικής - και ότι αυτό το χαρακτηριστικό δεν μπορεί να μετρηθεί μέχρι να κατασκευαστεί το μοντέλο και να είναι διαθέσιμο για χρήση.

2.5 Η ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΕΝΟΣ ΒΑΣΙΚΟΥ ΤΟΜΕΑΚΟΥ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

Τα τομεακά μοντέλα παρουσιάζουν τεράστια ποικιλομορφία, όπως θα έπρεπε, δεδομένης της παγκόσμιας ποικιλομορφίας της γεωργίας και των διαχρονικών διακυμάνσεων των πολιτικών ανησυχιών. Αυτή η ποικιλομορφία καθιστά δύσκολη την εκπόνηση μιας εντελώς γενικής αρχής σχετικά με τη σωστή δομή των τομεακών μοντέλων και έτσι η προσέγγιση θα ξεκινήσει με τυπικά στοιχεία βασικών τομεακών μοντέλων. Εισάγεται περισσότερη λεπτομέρεια όσον αφορά τις παραμέτρους ζήτησης και εμπορίας, ενώ δεν γίνεται σε αυτό το σημείο αναφορά στη διαχείριση του κινδύνου.

Η κύρια επιχειρησιακή συνέπεια του προηγούμενου τμήματος είναι ότι ένα από τα πρώτα βήματα στην κατασκευή ενός γεωργικού μοντέλου είναι ο προσδιορισμός περιφερειών και αντιπροσωπευτικών εκμεταλλεύσεων. Η ονομασία αυτή περιορίζεται πάντα από τη διαθεσιμότητα των δεδομένων. Επίσης, πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι οι φορείς λήψης αποφάσεων έχουν συνήθως τα «πνευματικά τους μοντέλα» ενός μικρού συνόλου αντιπροσωπευτικών παραγωγών. Δεδομένου ότι ένας στόχος της άσκησης μοντελοποίησης

είναι να βελτιωθούν οι σιωπηρές αναλύσεις τους, στην πράξη η επιλογή των αντιπροσωπευτικών παραγωγών θα πρέπει να βασίζεται σε ποικίλα κριτήρια.

Καθώς ορίζονται οι αντιπροσωπευτικές μονάδες, πρέπει να καταχωρηθούν και οι παροχές των πόρων τους. Όσον αφορά τη γεωργία, οι σχετικές παροχές πόρων περιλαμβάνουν τη γη, τα αρδευτικά προϊόντα, την οικογενειακή εργασία, τα κοπάδια ζώων, τα υπάρχοντα πολυετή φυτά, τα γεωργικά μηχανήματα και τον άυλο πόρο πρόσβασης σε εξωτερικούς πόρους.

Το επόμενο βήμα είναι να καθοριστούν οι διαθέσιμες τεχνολογίες σε κάθε αντιπροσωπευτική μονάδα παραγωγής. Από την άποψη αυτή, προκύπτουν ορισμένα ενδιαφέροντα ζητήματα. Πρώτον, ο τεχνολογικός δυϊσμός είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του γεωργικού τομέα σε όλες σχεδόν τις χώρες. Επομένως, δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι όλοι οι παραγωγοί έχουν πρόσβαση στην ίδια λειτουργία παραγωγής βραχυπρόθεσμα ή μεσοπρόθεσμα. Οι τεχνικές παραγωγής που είναι διαθέσιμες στους φτωχότερους αγρότες είναι πιθανό να έχουν μικρότερους συντελεστές εισροών για τα γεωργικά μηχανήματα και τα αγροχημικά και οι αποδόσεις μπορεί να είναι και χαμηλότερες. Συνήθως, οι αγρότες διαβίωσης έχουν λιγότερες επιλογές καλλιέργειας από τους αγρότες. Δηλαδή, οι αγρότες διαβίωσης έχουν λιγότερες επιλογές όσον αφορά τις εναλλακτικές καλλιέργειες και το φάσμα των τεχνικών παραγωγής. Οι παραγωγοί διαβίωσης συνήθως αναπτύσσουν μόνο βασικά τρόφιμα, σε μεγάλο βαθμό για κατανάλωση στο σπίτι, ενώ οι πιο εμπορικοί αγρότες, που μπορούν να χρηματοδοτήσουν την αγορά σύγχρονων εισροών, μπορούν να επιλέξουν μεταξύ βασικών τροφίμων και μιας σειράς βιομηχανικών και εξαγωγικών καλλιεργειών.

Δεύτερον, βραχυπρόθεσμα ή μεσοπρόθεσμα, μια συνεχής συνάρτηση παραγωγής (Cobb-Douglas, CES ,ή αλλιώς) μπορεί να μην είναι μια πολύ ακριβής αναπαράσταση της πραγματικότητας στο μικροεπίπεδο. Οι διακριτές επιλογές που αντιπροσωπεύουν οι εναλλακτικοί προϋπολογισμοί καλλιεργειών των διανυσμάτων εισόδου / εξόδου (ή οι γραμμικοί συνδυασμοί τους) είναι συνήθως πιο ρεαλιστικοί. Για παράδειγμα, όταν ένας γεωργός μετακινείται από την ελκτική δύναμη των ζώων στη μίσθωση υπηρεσιών τρακτέρ, αρχικά χρησιμοποιεί συχνά τα μισθωμένα μηχανήματα μόνο για την προετοιμασία της γης ή, ενδεχομένως, ανάλογα με την καλλιέργεια, τόσο για την προετοιμασία όσο και για τη συγκομιδή. Αυτές είναι διακριτές επιλογές και οι ενδιάμεσες επιλογές συνήθως δεν έχουν νόημα. Σε αυτή την περίπτωση η συνεχής συνάρτηση παραγωγής είναι μια προσέγγιση στην πραγματικότητα των διακριτών λειτουργιών, και όχι το αντίστροφο. Η μοντελοποίηση των λειτουργιών παραγωγής σε διακριτή μορφή ονομάζεται ανάλυση διαδικασίας ή ανάλυση δραστηριότητας. Σε περίπτωση που οι πληροφορίες σχετικά με την παραγωγή έρχονται με τη μορφή συνεχών συναρτήσεων παραγωγής, υπάρχει μεθοδολογία η οποία δείχνει πώς να μεταφραστούν αυτές οι πληροφορίες σε διανύσματα ανάλυσης διεργασίας.

Οι δραστηριότητες ενός τομεακού μοντέλου περιλαμβάνουν την παραγωγή, την εμπορία, την αγορά για κατανάλωση ή άλλη εγχώρια τελική χρήση, την παροχή εισροών, την εισαγωγή και την εξαγωγή. Μετά τις σημειώσεις των προηγούμενων κεφαλαίων, οι δραστηριότητες παραγωγής σημειώνονται με το σύμβολο X . Είναι απαραίτητο να προστεθούν δείκτες που υποδηλώνουν το προϊόν (j), την τεχνολογία (t), τον τύπο εκμετάλλευσης (h) και τη θέση ή την περιοχή (r). Οι δραστηριότητες μάρκετινγκ ορίζονται ως T , οι μεταφορές και η μεταποίηση, στις εγχώριες αγορές με D (για τη ζήτηση), οι εισαγωγές με M και οι εξαγωγές με E . Οι δραστηριότητες προμήθειας εισροών ποικίλλουν ανάλογα με τη συγκεκριμένη εισροή.

Αντιστοιχίζοντας αυτές τις μεταβλητές, οι βασικές εξισώσεις ενός τομεακού μοντέλου μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τέσσερις τύπους: ισορροπία προσφοράς-ζήτησης, περιορισμοί πόρων και άλλοι περιορισμοί, διάφορες εξισώσεις και αντικειμενική συνάρτηση. Οι ισορροπίες προσφοράς-ζήτησης θα διατηρούνται πάντοτε ως ισότητα στην λύση, ακόμη και αν είναι γραμμένες ως ανισότητες. Οι περιορισμοί είναι πάντα γραμμένοι ως ανισότητες και μπορεί να έχουν χαλάρωση σε αυτές στη λύση.

Τα ισοζύγια προσφοράς-ζήτησης χρειάζονται τόσο σε περιφερειακό όσο και σε εθνικό επίπεδο και καθορίζονται τόσο για εισροές όσο και για εκροές. Η διαχειρισσιμότητα των τομεακών μοντέλων ενισχύεται σημαντικά εάν οι δραστηριότητες τιμολόγησης και κοστολόγησης διατηρούνται ξεχωριστά από τις παραγωγικές δραστηριότητες, παρόλο που αυτό απαιτεί τη χρήση πρόσθετων ισοζυγίων μεταξύ προσφοράς και ζήτησης. Τα μοντέλα του πρώιμου τομέα συχνά περιείχαν συντελεστές που αντιπροσωπεύουν την καθαρή οικονομική ή χρηματοοικονομική απόδοση σε κάθε δραστηριότητα παραγωγής. Αυτή η διαδικασία είναι ασυμβίβαστη με τις ενδογενείς τιμές παραγωγής και δυσχεραίνει την πραγματοποίηση πειραμάτων με διαφορετικές τιμές εισροών ή αλλαγή μιας ενιαίας τιμής λιπάσματος, για παράδειγμα, θα μπορούσε να απαιτήσει την αλλαγή εκατοντάδων συντελεστών καθαής απόδοσης.

Το απλούστερο τομεακό υπόδειγμα μπορεί να σχεδιαστεί θέτοντας περισσότερες από μία περιοχές παραγωγής, συναρτήσεις ζήτησης προϊόντος και περιορισμούς πόρων ως εξής:

Υπόδειγμα 1. Απλό Τομεακό Υπόδειγμα

Ισοζύγια εμπορευμάτων

$$-\sum_t \sum_r y_{jtr} X_{jtr} + D_j \leq 0, \quad \text{all } j \quad (1.1)$$

Περιορισμοί πόρων

$$\sum_j \sum_t a_{kjtr} X_{jtr} \leq b_{kr}, \quad \text{all } k, r \quad (1.2)$$

Αντικειμενική Συνάρτηση

$$\max Z = \sum_j f(D_j) \quad (1.3)$$

Πηγή : Peter B.R.Hazell , Roger D.Norton *Mathematical Programming for Economic Analysis in Agriculture*.

Το Υπόδειγμα 1 παρουσιάζεται σε σχηματική μορφή πίνακα στον πίνακα 4 για την περίπτωση δύο περιοχών. Κάθε μεταβλητή στο μοντέλο αντιπροσωπεύεται από μια στήλη στο πίνακα και οι στήλες παρουσιάζονται με τη σειρά τους σε τρεις ομάδες: την παραγωγή στις περιοχές 1 και 2 και τη ζήτηση. Στον μαθηματικό προγραμματισμό, οι λέξεις "δραστηριότητα", "στήλη", "μεταβλητή" και "μεταβλητή στήλης" είναι εναλλάξιμες. Στο πίνακα, κάθε ορθογώνιο το οποίο περιέχει ένα σύμβολο αντιπροσωπεύει ένα σύνολο μη μηδενικών συντελεστών, δηλαδή περιπτώσεις στις οποίες η δεδομένη μεταβλητή στήλης εισέρχεται στη δεδομένη εξίσωση. Οι στήλες παραγωγής έχουν καταχωρίσεις απόδοσης $[y_{jtr}]$ στις σειρές υπολοίπων των βασικών εμπορευμάτων και τις απαιτήσεις πόρων $[a_{kjtr}]$ στις

γραμμές περιορισμού πόρων, όπου k υποδηλώνει τον τύπο του πόρου. Οι διασταυρώσεις των δραστηριοτήτων ζήτησης και των ισοζυγίων των εμπορευμάτων είναι οι ποσότητες που ζητούνται για την εθνική αγορά. Σε αυτό το αρχικό πρότυπο τομέα, η φύση της αντικειμενικής συνάρτησης παραμένει απροσδιόριστη, εκτός από τον προσδιορισμό ότι είναι συνάρτηση των πωληθεισών ποσοτήτων όλων των προϊόντων. Μια πιο σαφής μορφή της αντικειμενικής συνάρτησης αναπτύσσεται παρακάτω.

Αυτό το εισαγωγικό μοντέλο χρησιμεύει στην εισαγωγή δύο εννοιών που είναι βασικές για ένα τομεακό μοντέλο αλλά δεν εμφανίζονται στο μοντέλο επιπέδου γεωργικής εκμετάλλευσης: 1. Στις συνθήκες ισορροπίας μεταξύ προσφοράς και ζήτησης (ισοζύγια εμπορευμάτων) και 2. Στη διαφοροποίηση των πηγών εφοδιασμού. Εδώ οι πηγές εφοδιασμού καλούνται περιοχές, αλλά θα μπορούσαν επίσης να είναι τάξεις μεγέθους αγροκτημάτων, αρδευόμενες έναντι ξηρικών εκμεταλλεύσεων, ή άλλες κατηγορίες. Ας υποθέσουμε ότι οι μεγάλες και οι μικρές εκμεταλλεύσεις (δείκτες 1 και 2, αντίστοιχα) ορίζονται στην περιοχή 1. Όπως σημειώθηκε προηγουμένως, ακόμη και αν οι διαθέσιμες τεχνολογίες παραγωγής ήταν οι ίδιες για τις δύο τάξεις μεγέθους, μια αντιπροσωπευτική μικρή εκμετάλλευση αναμένεται να παράγει διαφορετικό μίγμα παραγωγής από ένα αντιπροσωπευτικό μεγάλο αγρόκτημα, λόγω του ότι τα σχετικά αγροτικά περιουσιακά στοιχεία (αναλογίες γης με οικογενειακή εργασία) διαφέρουν μεταξύ των δύο γεωργικών εκμεταλλεύσεων. Επομένως, είναι συχνά χρήσιμο να εισαχθούν οι διαφορές μεγέθους αγροκτημάτων για να ενισχυθεί ο ρεαλισμός (προβλεπτική ικανότητα) του μοντέλου.

Πίνακας 4. Παρουσίαση ενός απλού Τομεακού μοντέλου δύο Περιφερειών

Δραστηριότητες				
Περιορισμοί	Παραγωγή Περιφέρειας 1 X_{jt1}	Παραγωγή Περιφέρειας 2 X_{jt2}	Εθνική Ζήτηση D_j	
Ισοζύγια εμπορευμάτων	$-Y_{jt1}$	$-Y_{jt2}$	1	≤ 0
Περιορισμοί πόρων, Περιφέρεια 1	a_{kjt1}			$\leq b_{k1}$
Περιορισμοί πόρων, Περιφέρεια 2		a_{kjt2}		$\leq b_{k2}$
Αντικειμενική συνάρτηση			$F(D_j)$	Μεγιστοποίηση

Πηγή : Peter B.R.Hazell , Roger D.Norton *Mathematical Programming for Economic Analysis in Agriculture*.

Με τη διάκριση μεγέθους εκμετάλλευσης, η στήλη παραγωγής της περιοχής 1 θα φαίνεται στον Πίνακα 5. Παρατηρήστε ότι η προσθήκη της διάστασης του μεγέθους του αγροκτήματος αυξάνει τον αριθμό των περιορισμών των πόρων, αλλά συνήθως δεν είναι ο αριθμός των ισοζυγίων των εμπορευμάτων. Επίσης, όπως σημειώνεται, ακόμα και αν τα δύο σύνολα στηλών για τις μεγάλες και τις μικρές εκμεταλλεύσεις είναι πανομοιότυπα από την άποψη των τιμών συντελεστών, τα δύο σύνολα των μιγμάτων εξόδου στο διάλυμα μπορεί να διαφέρουν. Αλλά λόγω του τεχνολογικού дуΐσμού , τα δύο σύνολα των στηλών δεν είναι πιθανόν να είναι ταυτόσημα. Στην πραγματικότητα, μεταξύ άλλων, το τμήμα της μεγάλης γεωργικής εκμετάλλευσης (ή εμπορικής εκμετάλλευσης) του πίνακα μπορεί να έχει περισσότερα διανύσματα στηλών από ό, τι το μικρό αγρόκτημα (ή το κατάστημα γεωργικών εκμεταλλεύσεων).

Πίνακας 5.Υποπίνακας σχετικά με τα μεγέθη φάρμας

Περιφέρεια 1 , Δραστηριότητες			
Περιορισμοί	Παραγωγή, Μεγάλες φάρμες (μέγεθος 1)	Παραγωγή, μικρές φάρμες (μέγεθος 2)	
Ισοζύγιο εμπορευμάτων	$-Y_{jt11}$	$-Y_{jt12}$	
Περιορισμοί πόρων, μεγάλες φάρμες	a_{kjt11}		$\leq b_{k11}$
Περιορισμοί πόρων, Μικρές φάρμες		a_{kjt12}	$\leq b_{k12}$

Πηγή : *Peter B.R.Hazell , Roger D.Norton Mathematical Programming for Economic Analysis in Agriculture.*

2.6 ΕΝΑ ΠΙΟ ΠΛΗΡΕΣ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ

2.6.1 ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ

Το επόμενο βήμα για να καταστεί το μοντέλο πιο ενδιαφέρον και ρεαλιστικό είναι να εισαχθούν οι αγοραζόμενες τρέχουσες εισροές και, ως εκ τούτου, τα ισοζύγια εισροών, μαζί με το κόστος εμπορίας και τις διεθνείς εμπορικές δραστηριότητες. Με την εισαγωγή αυτών των στοιχείων, φτάνουμε στην πραγματικότητα σε ένα εύλογα ολοκληρωμένο σκελετό ενός τομεακού μοντέλου, αν και εξακολουθούν να παραλείπονται ορισμένα σημαντικά στοιχεία, όπως η αποστροφή στον κίνδυνο και το ρίσκο. Σε αυτό το επίπεδο γενικεύσεως, το μάρκετινγκ θεωρείται ότι περιλαμβάνει τη μεταφορά, τη μεταποίηση καθώς και το μάρκετινγκ αυτό καθαυτό.

Επειδή το κόστος μάρκετινγκ διαφέρει χωρικά, πρέπει να προστεθούν δραστηριότητες μάρκετινγκ για κάθε περιοχή (αν και όχι απαραίτητα για κάθε τάξη μεγέθους εκμετάλλευσης σε μια περιοχή). Κατά συνέπεια, τα ισοζύγια προσφοράς-ζήτησης για γεωργικά προϊόντα πρέπει να καθοριστούν τόσο σε περιφερειακό όσο και σε εθνικό επίπεδο. Σε περιφερειακό επίπεδο, οι ισορροπίες αυτές αφορούν τη μετακίνηση των πρώτων γεωργικών προϊόντων από την πύλη του αγροκτήματος στα κέντρα εμπορίας και μεταποίησης. Σε εθνικό επίπεδο, τα ισοζύγια αυτά ισοδυναμούν με την προσφορά μεταποιημένων προϊόντων στη ζήτηση λιανικής. Οι δραστηριότητες του εξωτερικού εμπορίου εγγράφονται στα εθνικά ισοζύγια αλλά όχι στα περιφερειακά ισοζύγια. Ομοίως, τώρα πρέπει να εισαχθούν ισορροπίες εισροών για κάθε περιοχή, ώστε να εξασφαλιστεί ότι οι παράγωγες απαιτήσεις για εισροές στις παραγωγικές διαδικασίες είναι συνεπείς με τις συνθήκες της προσφοράς και του κόστους παραγωγής.

Λαμβάνοντας υπόψη αυτές τις εκτιμήσεις, το αναθεωρημένο τομεακό υπόδειγμα φαίνεται ως εξής σε αλγεβρική μορφή, με τις έννοιες που εισάγονται να υπογραμμίζονται από ένα δείκτη f:

Υπόδειγμα 2 Αναθεωρημένο Τομεακό Υπόδειγμα

Εθνικά ισοζύγια εμπορευμάτων (j)

$$-\sum_r y_{jr}^* T_{jr} - M_j + D_j + E_j \leq 0, \quad \text{για κάθε } j \quad (2.1)$$

Περιφερειακά ισοζύγια εμπορευμάτων ($j \times r$)

$$-\sum_t \sum_h y_{jtrh} X_{jtrh} + T_{jr} \leq 0, \quad \text{για κάθε } j, r \quad (2.2)$$

Ισογύγια εισροών ($f \times r$)

$$\sum_j \sum_t \sum_h a_{fjtrh} X_{jtrh} - J_{fr} \leq 0, \quad \text{για κάθε } f, r \quad (2.3)$$

Περιορισμοί πόρων ($k \times r \times h$)

$$\sum_j \sum_t a_{kjtrh} X_{jtrh} \leq b_{krh}, \quad \text{για κάθε } k, r, h \quad (2.4)$$

Όρια εξαγωγών (j , για κάθε j που εξάγεται)

$$E_j \leq \bar{e}_j, \quad \text{για κάθε } j \text{ που εξάγεται} \quad (2.5)$$

Αντικειμενική συνάρτηση (1)

$$\max Z = -\sum_j \sum_r \Delta_{jr} T_{jr} - \sum_f \sum_r P_{fr} J_{fr} + \sum_j f(D_j) + P_j^e E_j - P_j^m M_j \quad (2.6)$$

Πηγή : Peter B.R.Hazell , Roger D.Norton *Mathematical Programming for Economic Analysis in Agriculture*.

Κάποια πρόσθετη σημείωση απαιτείται στο σημείο αυτό. Ο αστερίσκος δηλώνει τους συντελεστές απόδοσης για τις δραστηριότητες εμπορίας και μεταποίησης. y_{jr}^* είναι η παραγωγή (σε τόνους, για παράδειγμα) της κοινής δραστηριότητας επεξεργασίας εμπορίας, ανά τόνο πρώτης ύλης που εισάγεται από την εκμετάλλευση, για την περιοχή r . Η μεταβλητή T_{jr} είναι το αντίστοιχο επίπεδο δραστηριότητας, δηλ. πόσοι τόνοι ακατέργαστων γεωργικών προϊόντων διατέθηκαν στο εμπόριο και υποβλήθηκαν σε επεξεργασία. Οι δραστηριότητες εμπορίας και μεταποίησης διαδραματίζουν το ρόλο της μεταφοράς προϊόντων από το περιφερειακό επίπεδο (περιοχές παραγωγής) σε εθνικό επίπεδο.

Για το Υπόδειγμα 2, ο μέγιστος αριθμός εξισώσεων σε κάθε κατηγορία υποδεικνύεται σε παρενθέσεις μετά την ετικέτα της εξίσωσης. Παραδείγματος χάριν, υπάρχουν το πολύ $j \times r$ περιφερειακά ισοζύγια βασικών εμπορευμάτων, όπου στην περίπτωση αυτή το j δείχνει τον αριθμό των καλλιεργειών (και χρησιμεύει ως δείκτης καλλιέργειας) και το r υποδεικνύει τον αριθμό των περιοχών. Ο πραγματικός αριθμός εξισώσεων στην κατηγορία αυτή θα είναι μικρότερος, επειδή δεν καλλιεργούνται όλες οι καλλιέργειες σε όλες τις περιοχές.

Το υπόδειγμα περιέχει τώρα μεταβλητές παροχής εισόδου J_{fr} κατά είσοδο και περιοχή, όπου ο δείκτης f υποδεικνύει τον τύπο της εισόδου. Τα έξοδα μάρκετινγκ (και επεξεργασίας) υποδηλώνονται με Δ_{jr} και τα έξοδα εισόδου σημειώνονται με P_{fr} . Ομοίως, οι τιμές εξαγωγής και εισαγωγής είναι P_j^e και P_j^m , αντίστοιχα. Οι εξισώσεις του ισοζυγίου των εμπορευμάτων, οι περιορισμοί των πόρων και τα όρια εξαγωγής αναφέρονται πάντα σε φυσικές μονάδες. Τα περισσότερα από τα ισοζύγια εισροών είναι επίσης καλά ορισμένα, ενώ μπορούν να δηλώνονται με νομισματικούς όρους, έτσι ώστε οι συντελεστές εισροής να αντικατοπτρίζουν το κόστος εισροών ανά εκτάριο. Στην τελευταία αυτή περίπτωση, οι αντίστοιχες τιμές εισροών ομαδοποιούνται.



TECHNICAL
UNIVERSITY
OF CRETE

Πίνακας 6. Πίνακας περίπλοκου τομεακού υποδείγματος

	Περιφέρεια 1 , παραγωγή		Marketing, Περιφέρεια 1	Προσφορά εισροών , Περιφέρεια 1	Περιφέρεια 2 , Παραγωγή	Marketing , Περιφέρεια 2	Προσφορά εισροών, Περιφέρεια 2	Οικιακή ζήτηση	Εξαγωγές	Εισαγωγές	RHS
	Μεγαλύτερες φάρμες	Μικρότερες φάρμες									
	X_{jt11}	X_{jt12}									
Εθνικά ισοζύγια εμπορευμάτων			T_{j1} $-Y_{j1}^*$	J_{f1}	X_{jt2}	T_{j2} $-Y_{j2}^*$	J_{f2}	D_j I	E_j I	M_j $-I$	≤ 0
Περιφέρεια 1 , ισοζύγια εμπορευμάτων	$-Y_{jt11}$	$-Y_{jt12}$	I								≤ 0
Περιφέρεια 2 ισοζύγια εμπορευμάτων					$-Y_{jt2}$	I					≤ 0
Περιφέρεια 1 ισοζύγια εισροών	a_{fjt11}	a_{fjt12}		$-I$							≤ 0
Περιφέρεια 2 Ισοζύγια εισροών					a_{fjt2}		$-I$				≤ 0
Περιφέρεια 1 περιορισμοί πόρων, μικρές φάρμες	a_{kjt11}										$\leq b_{k11}$
Περιφέρεια 1 περιορισμοί όρων , μεγάλες φάρμες		a_{kjt12}									$\leq b_{k12}$
Περιφέρεια 2 Περιορισμοί πόρων					a_{kjt2}						$\leq b_{k2}$
Όρια εξαγωγών									I		$\leq \bar{e}$
Αντικειμενική συνάρτηση			$-\Delta_{j1}$	$-P_{f1}$		$-\Delta_{j2}$	$-P_{f2}$	$F(D_j)$	P_j^e	$-P_j^m$	Μεγιστοποίηση

Ο Πίνακας 6 δείχνει ένα επεξηγηματικό μοντέλο που αντιστοιχεί στις εξισώσεις (2.1) έως (2.6). Σε αυτό το παράδειγμα δύο περιφερειών, η διάκριση μεγέθους των εκμεταλλεύσεων διατηρήθηκε στην περιοχή 1, αλλά θεωρείται ότι οι εκμεταλλεύσεις είναι ομοιογενείς στην περιοχή 2. Το κόστος μάρκετινγκ θεωρείται ότι ποικίλλει ανάλογα με την περιοχή αλλά όχι από το μέγεθος της εκμετάλλευσης - αυτή η υπόθεση θα μπορούσε να μεταβληθεί εύκολα. Παρατηρήστε τους πίνακες ταυτότητας (I ή $-I$); καθώς το μοντέλο γίνεται μεγαλύτερο, αυτές οι μήτρες τείνουν να γίνονται συχνότερες. Καθώς η συζήτηση των συστατικών των τομεακών μοντέλων γίνεται πιο συγκεκριμένη, σπανίως θα αποδειχθεί βολική η χρήση πλήρους πίνακα, αλλά τμήματα αυτού ("υποπίνακες") θα χρησιμοποιηθούν εκτενώς στη συνέχεια.

2.6.2 ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΣ ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΡΟΣΦΟΡΑΣ

Η συντομία των δύο εξισώσεων και του πίνακα αντικρίζει μεγάλο μέρος του πλούτου της λεπτομέρειας που βρίσκεται σε πολλά τομεακά μοντέλα, ιδιαίτερα στην πλευρά της προσφοράς. Ενώ οι πίνακες των συντελεστών a_{fj} για τις αγορασμένες εισροές δεν είναι πιθανό να έχουν πολλές σειρές, οι πίνακες των συντελεστών εισόδου πόρων a_{kj} συχνά έχουν πολλές περισσότερες σειρές, διότι μπορεί να είναι σημαντικό να γίνει διάκριση της διαθεσιμότητας πόρων κατά εποχή ή ακόμη μικρότερα διαστήματα. Ο καθορισμός των γεωργικών δραστηριοτήτων είναι καθοριστικός. Εάν ένα μοντέλο προσδιορίζεται μόνο με ετήσια διαθεσιμότητα εργασίας, μπορεί να φαίνεται ότι υπάρχει σημαντική πλεονάζουσα εργασία όταν στην πραγματικότητα η εποχική έλλειψη εργασίας μπορεί να καταστήσει κάποια επίπεδα παραγωγής ανέφικτα. Ομοίως, οι δυνατότητες καλλιέργειας δύο ή περισσότερων φυτών ετησίως δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν με ένα μοντέλο που περιέχει μόνο ετήσιους περιορισμούς της γης. Οι εποχικοί περιορισμοί της γης μπορεί να μην είναι επαρκείς, διότι, προκειμένου να εκτιμηθούν οι συνδυασμοί καλλιεργειών, είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε σε ποιο μήνα συγκομίζεται κάθε καλλιέργεια πρώτης περιόδου και σε ποιο μήνα φυτεύεται κάθε καλλιέργεια δεύτερας περιόδου. Ορισμένες ετήσιες καλλιέργειες τροφίμων καταλαμβάνουν τη γη μόλις 3 ή 4 μήνες, άλλες περίπου 9 μήνες.

Για τους λόγους αυτούς, είναι συνήθης πρακτική να διατυπώνονται οι περιορισμοί της γης και της εργασίας σε μηνιαία βάση. Το νερό άρδευσης, όταν είναι διαθέσιμο, συνήθως περιλαμβάνεται σε μηνιαία βάση, αν και για τα μοντέλα που σχετίζονται με την άρδευση χρησιμοποιήθηκαν ορισμένες φορές εβδομαδιαίες ή δι-εβδομαδιαίες αρδευτικές σειρές. Επομένως, ο χρόνος εισέρχεται στο μοντέλο ως χαρακτηριστικό των εισροών πόρων, επιπλέον των τυχαίων χρονικών προδιαγραφών. Χρησιμοποιώντας ημερομηνίες εισόδου, είναι δυνατό να γίνει διάκριση των επιλογών με εναλλακτικές ημερομηνίες φύτευσης για την ίδια καλλιέργεια. Τέτοιες επιλογές μπορεί να εμφανίζονται ως διανύσματα στήλης με πανομοιότυπους συντελεστές, με εξαίρεση ότι ορισμένοι από τους συντελεστές εμφανίζονται σε διαφορετικές σειρές, για διαφορετικούς μήνες. Θα πρέπει να τονιστεί εδώ, ότι αυτές οι επιλογές αποτελούν διαφορετικές τεχνολογίες και ως εκ τούτου διακρίνονται από διαφορετικές τιμές του δείκτη t . Με χρονικά ορισμένες μεταβλητές εισόδου, οι πίνακες με a_{kj} είναι μεγάλοι και στην πραγματικότητα αντιπροσωπεύουν τους περισσότερους συντελεστές στην πλευρά της προσφοράς ενός μοντέλου.

Το υπόδειγμα 2 το οποίο δεν επιτρέπει τη διασταύρωση, μερικές φορές αποκαλείται κοινοπραξία καλλιεργειών. Για να επιτραπεί αυτό το φαινόμενο, οι δείκτες για τις παραγωγικές δραστηριότητες πρέπει να διαφοροποιηθούν από τους δείκτες για τις καλλιέργειες. Εάν ο δείκτης j χρησιμοποιείται τώρα για να δηλώσει τις δραστηριότητες παραγωγής και ο δείκτης i , καλλιέργειες, τότε τα περιφερειακά ισοζύγια των εμπορευμάτων (2.2) μπορούν να ξαναγραφούν ως εξής:

$$-\sum_j \sum_t \sum_h y_{ijtr} X_{jtrh} + T_{ir} \leq 0, \quad \text{για κάθε } i, r \quad (2.2a)$$

Πηγή : Peter B.R.Hazell , Roger D.Norton *Mathematical Programming for Economic Analysis in Agriculture*.

Παρατηρήστε ότι οι συντελεστές απόδοσης και οι δραστηριότητες επεξεργασίας στο εμπόριο αναπροσαρμόζονται ανά καλλιέργεια, αλλά οι δραστηριότητες παραγωγής εξακολουθούν να προσδιορίζονται ως δραστηριότητες - σε ορισμένες περιπτώσεις δραστηριότητες πολλαπλών καλλιεργειών. Ομοίως, οι εξισώσεις (2.1), (2.5) και (2.6) πρέπει να ξαναγραφούν έτσι ώστε όλοι οι δείκτες j να αλλάξουν σε i . Οι εξισώσεις (2.3) και (2.4) δεν αλλάζουν με την εισαγωγή της επίσπορης καλλιέργειας. Σε ορισμένες περιπτώσεις, η καλλιέργεια με διασταυρώσεις μπορεί να αποτελέσει σημαντικό χαρακτηριστικό του τομέα. Είναι η κυρίαρχη μορφή της καλλιέργειας στη Νιγηρία και σε άλλες χώρες της Δυτικής Αφρικής. Έρευνα περίπου 300 αγροτών στη βόρεια Νιγηρία (Bauchi State) συνάντησε πάνω από 100 διαφορετικούς συνδυασμούς διασταύρωσης

Από την άποψη της οικονομικής θεωρίας, τα τρία βασικά σημεία που πρέπει να αναγνωριστούν για το υπόδειγμα 2 είναι ότι (1) περιέχει έμμεσες εσωτερικές συναρτήσεις ζήτησης, (2) περιέχει έμμεσες συναρτήσεις για τις παραγόμενες απαιτήσεις για εισροές και (3) η αντικειμενική συνάρτηση αυτού του μοντέλου μπορεί να προσομοιώσει ένα αποτέλεσμα ισορροπίας της αγοράς κάτω από τις ενδογενείς τιμές. Αναλύουμε αυτά τα σημεία στη συνέχεια.

2.6.3 Η ΦΥΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΠΡΟΣΦΟΡΑΣ ΣΕ ΕΝΑ ΤΟΜΕΑΚΟ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ

Δεδομένου ότι το μοντέλο περιέχει (ενδεχομένως πολλές) εναλλακτικές τεχνικές παραγωγής, πρέπει επίσης να περιέχει ένα φάσμα κόστους παραγωγής. Αυτά τα κόστη μπορούν να χωριστούν σε δύο συνιστώσες: τα ταμειακά έξοδα για αγορασθείσες εισροές, συμπεριλαμβανομένης της μισθωμένης εργασίας, και το κόστος ευκαιρίας των σταθερών πόρων. Εάν οι εναλλακτικές δραστηριότητες παραγωγής μιας δεδομένης καλλιέργειας είναι διατεταγμένες με αυξανόμενη σειρά σε σχέση με το κόστος των εισροών των αγορών, τότε μπορούν να θεωρηθούν ότι σχηματίζουν μια ακολουθία βημάτων σε μια σταδιακή συνάρτηση προσφοράς. Ωστόσο, υπάρχει ακόμα ένα χαρακτηριστικό στην έμμεση συνάρτηση προσφοράς. Καθώς αυξάνεται το επίπεδο δραστηριότητας ενός διανύσματος παραγωγής - δηλαδή, καθώς αυξάνεται η προσφορά, ενώ παραμένει στο ίδιο επίπεδο μοναδιαίου κόστους για αγορασθέντες συντελεστές παραγωγής - μετατοπίζονται άλλες καλλιέργειες και αυτή η μετατόπιση επηρεάζει το κόστος ευκαιρίας των σταθερών πόρων. Καθώς η συγκεκριμένη καλλιέργεια επεκτείνεται βραχυπρόθεσμα στην παραγωγή, χρησιμοποιεί γη και άλλους πόρους που προηγουμένως χρησιμοποιήθηκαν σε άλλες καλλιέργειες.

Αρχικά, οι λιγότερο κερδοφόρες από τις άλλες καλλιέργειες θα εκτοπιστούν και σταδιακά θα μετατοπιστούν οι καλλιέργειες που είναι όλο και πιο κερδοφόρες. Αυτό σημαίνει ότι το κόστος ευκαιρίας των σταθερών πόρων αυξάνεται, ακόμη και σε τμήματα της συνάρτησης εφοδιασμού όπου το κόστος μονάδας των αγορασθέντων εισροών είναι σταθερό. Η αληθινή έμμεση συνάρτηση παροχής σε ένα γεωργικό μοντέλο προγραμματισμού μοιάζει με την ανώτερη συμπαγή γραμμή στο Διάγραμμα 2.

Η χαμηλότερη σταθερή γραμμή αντιπροσωπεύει το μεταβαλλόμενο οριακό κόστος μετρητών καθώς αλλάζουν οι τεχνολογίες και η ανώτερη γραμμή περιλαμβάνει το κόστος ευκαιρίας των σταθερών πόρων. Υπάρχουν περισσότερα βήματα στην ανώτερη γραμμή. Οι διακεκομμένες κάθετες γραμμές σχεδιάζονται σε ποσότητες όπου το μοναδιαίο κόστος αγορασθέντων εισροών αλλάζει. Οι τεχνολογικές αλλαγές στο σύνολο μπορούν να εξαναγκαστούν από τα όρια της διαθεσιμότητας νερού άρδευσης, από τις περιορισμένες γεωγραφικές διαθέσεις στις περιοχές με πιο παραγωγικά εδάφη, από περιορισμένο αριθμό αγροτών με ανώτερες τεχνικές διαχείρισης κ.ο.κ. Τα πρώτα, λιγότερο δαπανηρά τμήματα της συνάρτησης εφοδιασμού θα μπορούσαν να αφορούν την παραγωγή υπό άρδευση σε μια ιδιαίτερα εύφορη περιοχή, τη δεύτερη ομάδα τμημάτων, την αρδεύουσα παραγωγή σε μια ελαφρώς λιγότερο εύφορη περιοχή κ.λπ., μέχρι τα τελευταία τμήματα που αντιπροσωπεύουν την παραγωγή βροχοπτώσεων σε φτωχά εδάφη. Ο αριθμός διαφορετικών διανυσμάτων παραγωγής που περιλαμβάνονται στο μοντέλο μιας

δεδομένης καλλιέργειας θέτει ένα χαμηλότερο όριο στον αριθμό των βημάτων της συνάρτησης τροφοδοσίας.

Διάγραμμα 2. Έμμεση συνάρτηση παροχής γεωργικού υποδείγματος σε γεωργικό υπόδειγμα προγραμματισμού.

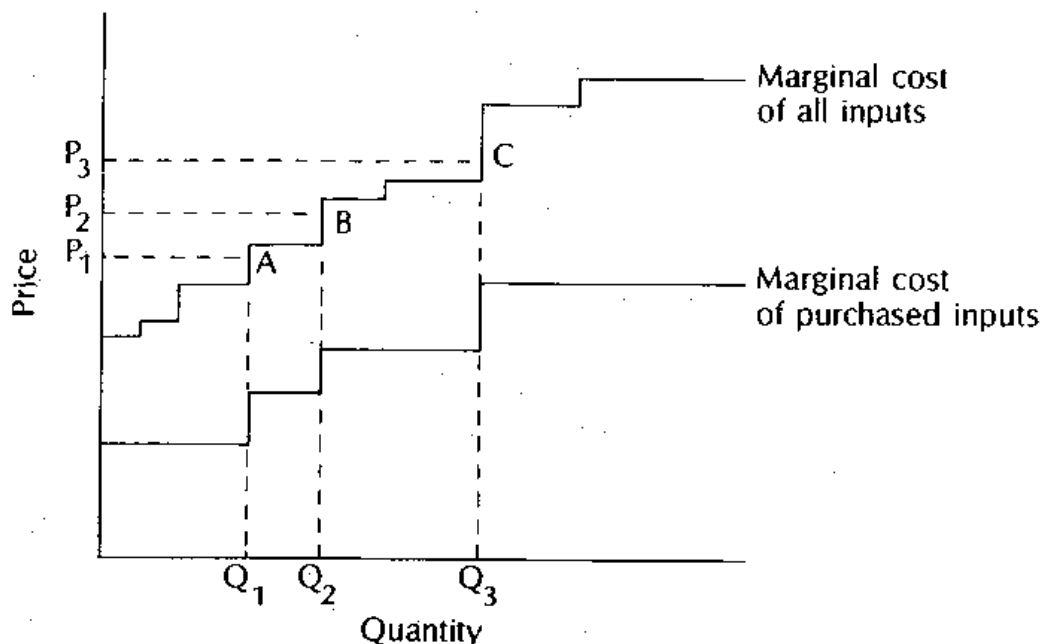


Figure 7.1 A mathematical programming supply function.

(Σχήμα 7.1. Πηγή : Peter B.R.Hazell , Roger D.Norton *Mathematical Programming for Economic Analysis in Agriculture*).

Η συνάρτηση εγχώριας προσφοράς στο διάγραμμα 2 είναι υπόρρητη στο μοντέλο, αλλά μπορεί να εντοπιστεί με απλές παραμετρικές επιλύσεις του μοντέλου. Φανταστείτε μια σειρά λύσεων στις οποίες η συνάρτηση ζήτησης προς τα κάτω ,για ένα προϊόν, αντικαθίσταται από μια οριζόντια λειτουργία ζήτησης - μια σταθερή τιμή. Αφήστε αυτή την τιμή να μεταβληθεί σε επίπεδα P_1 , P_2 και P_3 σε διαδοχικές λύσεις. Όπως απεικονίζεται στο διάγραμμα 2, οι αντίστοιχες ποσότητες στις λύσεις θα είναι Q_1 , Q_2 και Q_3 και οι λύσεις θα έχουν αποκαλύψει τα σημεία A, B και C στη συνάρτηση προσφοράς. Εξετάζοντας αρκετές τέτοιες λύσεις, η συνάρτηση προσφοράς μπορεί να εντοπιστεί με οποιοδήποτε επιθυμητό βαθμό ακρίβειας. Η ελαστικότητα τόξου προσφοράς κανονικά θα μεταβάλλεται κατά μήκος διαφορετικών τμημάτων μιας τέτοιας συνάρτησης και αυτή η συμπεριφορά είναι πιο ρεαλιστική από την υπόθεση μιας σταθερής ελαστικότητας η οποία συχνά επιβάλλεται σε οικονομετρική εκτίμηση.

Αυστηρά μιλώντας, η συνάρτηση που φαίνεται στο διάγραμμα 2 είναι μια συνάρτηση απόκρισης προσφοράς και όχι μια συνάρτηση προσφοράς. Μια συνάρτηση προσφοράς ορίζεται υπό τον όρο ότι οι τιμές των εισροών και των άλλων εξόδων παραμένουν σταθερές. Εντούτοις, όπως προκύπτει από τη λειτουργία του διαγράμματος 2, η παραγωγή και συνεπώς και οι τιμές των ανταγωνιστικών και συμπληρωματικών καλλιεργειών θα αλλάξουν επίσης. Μια συνηθισμένη προϋπόθεση για τη συνάρτηση απόκρισης στην προσφορά ανοδικής κλίσης εντός μιας περιοχής και μιας γεωργικής τάξης είναι ότι υπάρχουν περισσότερα διανύσματα στήλης για παραγωγή παρά για καλλιέργειες. Με άλλα λόγια, πρέπει να υπάρχουν πολλαπλές τεχνολογίες ανά καλλιέργεια και κάθε μία από τις μήτρες απόδοσης πρέπει να είναι ορθογώνια. Εάν υπάρχει μόνο μία τεχνολογία ανά καλλιέργεια, οι μήτρες απόδοσης πρέπει να είναι ορθογώνιες.

Αν υπάρχει μόνο μία τεχνολογία ανά καλλιέργεια, οι μήτρες απόδοσης στο μοντέλο θα είναι τετραγωνικές και σε κάθε κατηγορία αγροκτήματος η πλευρά προσφοράς του μοντέλου θα συμπεριφέρεται σαν ένα μοντέλο εισόδου / εξόδου; δηλαδή, η αντικατάσταση παράγοντα θα μπορούσε να συμβεί μόνο μέσω αλλαγών στο μίγμα παραγωγής. Σε ακραίες περιπτώσεις, με ένα αντιπροσωπευτικό αγρόκτημα για ολόκληρο τον τομέα και ένα τετραγωνικό πίνακα αποδόσεων, το μοντέλο προγραμματισμού μειώνεται σε ένα μοντέλο εισροών / εκροών της γεωργίας με ενιαίες στήλες παραγωγής ανά καλλιέργεια. Με πολλαπλούς τύπους γεωργικών εκμεταλλεύσεων αλλά με τετραγωνικούς πίνακες απόδοσης για όλους τους τύπους γεωργικών εκμεταλλεύσεων, η αντικατάσταση του παράγοντα είναι δυνατή με τη μεταβολή της σύνθεσης της παραγωγής σε τύπους αγροκτημάτων καθώς και εντός των τύπων των γεωργικών εκμεταλλεύσεων, αλλά δεν αντικατοπτρίζεται η αντικατάσταση του παράγοντα μέσω της τεχνολογίας στο αγρόκτημα.

Διάγραμμα 3 . Διάνυσμα απόκρισης – παροχής τομεακού υποδείγματος.

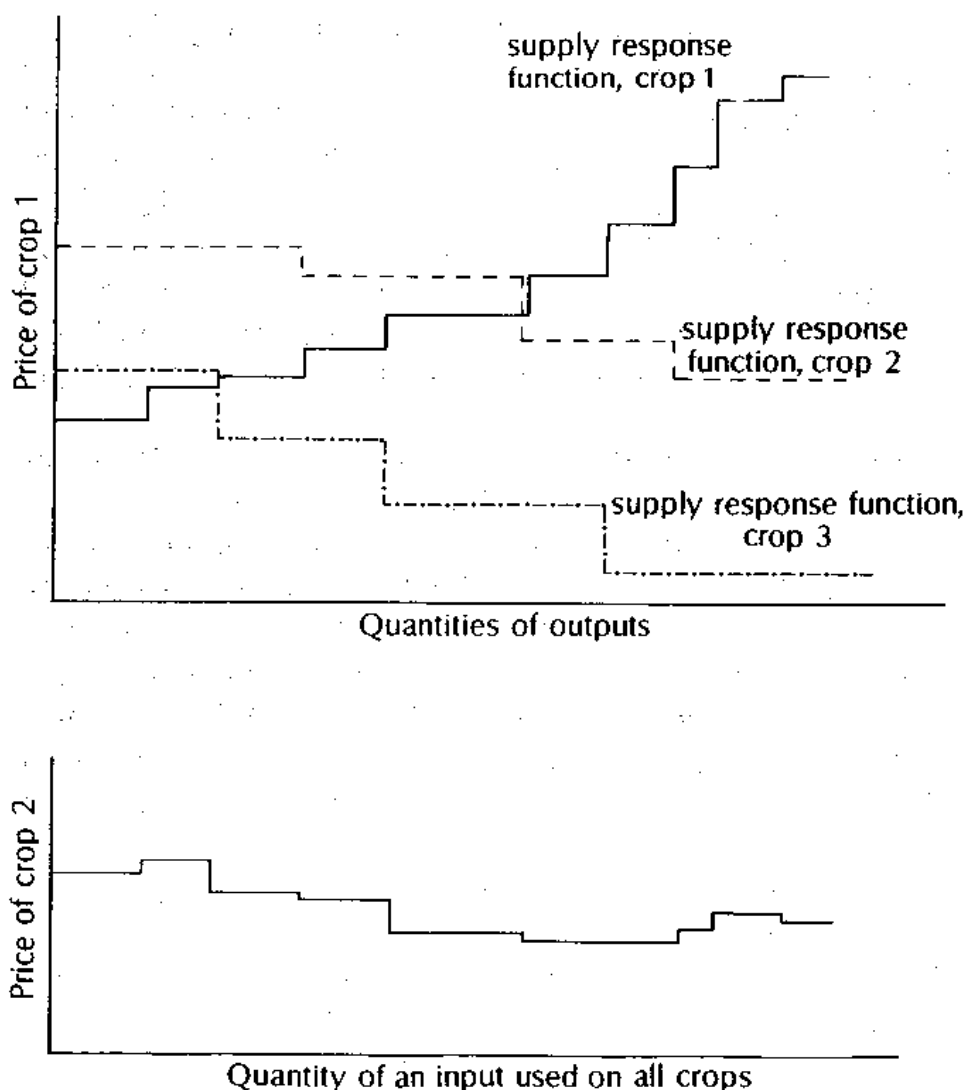


Figure 7.2 Supply response functions implicit in a sector model.

(Σχήμα 7.2. Πηγή : Peter B.R.Hazell , Roger D.Norton *Mathematical Programming for Economic Analysis in Agriculture*).

Για να μπορέσουμε να καταγράψουμε την αληθινή υποκατάσταση παράγοντα που βασίζεται στην τεχνολογία σε επίπεδο αγροκτήματος, απαιτούνται ορθογώνιες μήτρες απόδοσης. Ένα καλό τομεακό υπόδειγμα πρέπει να βασίζεται σε πληροφορίες σε επίπεδο γεωργικών εκμεταλλεύσεων, αλλά χρησιμοποιείται κυρίως για να αντιμετωπίσει ζητήματα που αφορούν το σύνολο του τομέα

και για να αντλήσει περισσότερες συγκεντρωτικές σχέσεις, όπως είναι οι λειτουργίες εφοδιασμού. Από την άποψη αυτή, ένα τομεακό υπόδειγμα μπορεί να θεωρηθεί ως μια διάταξη για τη μετατροπή πληροφοριών μικρο-επιπέδων σε πιο συγκεντρωτικές οικονομικές προσεγγίσεις. Με βάση ότι συμπεριλαμβάνονται συντελεστές εισροών / εκροών και εναλλακτικών δυνατοτήτων συγκομιδής για την αντιπροσωπευτική γεωργική εκμετάλλευση, το τομεακό υπόδειγμα είναι σε θέση να παρέχει και άλλα είδη πληροφοριών σχετικά με τη συνάρτηση προσφοράς στο διάγραμμα 2. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανίχνευση συναρτήσεων πολλαπλής προσφοράς, παρόλο που οι όροι πολλαπλών ελαστικοτήτων δεν αποτελούν μέρος της εισαγωγής δεδομένων του μοντέλου. Είναι επίσης δυνατό να προσδιοριστούν ποσοτικά οι πρόσθετες απαιτήσεις για αγορασμένες εισροές που συνδέονται με δεδομένη αύξηση της προσφοράς. Από την άποψη αυτή, το υπόδειγμα είναι ίσως πιο χρήσιμο για την ανάλυση της δομής της ανταπόκρισης στην προσφορά από ό, τι για την υπολογιστική ελαστικότητα του εφοδιασμού. Για παράδειγμα, εάν οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής επιθυμούν να προκαλέσουν μεγαλύτερη παραγωγή αραβοσίτου, είναι χρήσιμο να τους παράσχει τις συνέπειες όσον αφορά τη μειωμένη παραγωγή σιταριού, σόργου, σόγιας και άλλων ανταγωνιστικών καλλιεργειών. Λόγω της παρουσίας πρακτικών εναλλαγής καλλιεργειών και πολλαπλών καλλιεργειών, η παραγωγή ορισμένων καλλιεργειών μπορεί να αυξηθεί στην πραγματικότητα καθώς αυξάνεται η παραγωγή αραβοσίτου. Επίσης, μπορεί να είναι σημαντικό να γνωρίζουμε πώς η συνολική ζήτηση εργασίας, λιπάσματος, βραχυπρόθεσμης πίστωσης ή άλλων εισροών αλλάζει καθώς αυξάνεται η παραγωγή αραβοσίτου. Η συνάρτηση παροχής του τομέα είναι στην πραγματικότητα ένα διάνυσμα που δείχνει τον τρόπο με τον οποίο θα αλλάξουν διάφορα προϊόντα και εισροές καθώς αλλάζει η τιμή ενός προϊόντος. Το διάγραμμα 3 απεικονίζει στοιχεία ενός τέτοιου διανύσματος απόκρισης παροχής.

2.6.4 Η ΦΥΣΗ ΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΕΙΣΡΟΩΝ ΣΕ ΕΝΑ ΤΟΜΕΑΚΟ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ

Κατά τρόπο ανάλογο με τον εντοπισμό μιας συνάρτησης απόκρισης προσφοράς, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα τομεακό υπόδειγμα για την αριθμητική ανίχνευση των συναρτήσεων ζήτησης εισροών. Φανταστείτε ένα πείραμα στο οποίο το τομεακό μοντέλο επιλύεται αρκετές φορές με διαδοχικά χαμηλότερες τιμές νερού άρδευσης. Σε κάθε νέα λύση, το υπόδειγμα θα τείνει να χρησιμοποιεί περισσότερες τεχνολογίες εντατικής άρδευσης για τουλάχιστον μερικές καλλιέργειες και θα τείνει επίσης να μετατοπίζει το μοτίβο περικοπής σε καλλιέργειες με μεγαλύτερη ένταση νερού. Το καθαρό αποτέλεσμα θα ήταν μια μεγαλύτερη ζήτηση νερού για τις δεδομένες ποσότητες γης και εργατικού δυναμικού. Οι ίδιες λύσεις του υποδείγματος θα παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τα περιφερειακά πρότυπα καλλιέργειας σε κάθε επίπεδο συνολικής χρήσης νερού. Το διάγραμμα 4 δείχνει μια υποθετική συνάρτηση για την παραχθείσα ζήτηση για μια εισροή η οποία θα μπορούσε να κατασκευαστεί μέσω διαδοχικών λύσεων του υποδείγματος 2. Παρατηρήστε ότι ενώ η τιμή εξόδου τοποθετείται στον κάθετο άξονα του διαγράμματος 3, η τιμή εισόδου είναι στον κατακόρυφο άξονα του διαγράμματος 4.

Με κινήσεις κατά μήκος του οριζόντιου άξονα του διαγράμματος 4, τα επίπεδα παραγωγής και οι τιμές πολλών προϊόντων θα αλλάξουν. Δεδομένου ότι οι τιμές των παραγωγών αντιδρούν γενικά σε κάθε μεταβολή της τιμής εισροής και τα επίπεδα παραγωγής ανταποκρίνονται σε αυτές τις μεταβολές των τιμών, η συνάρτηση ζήτησης εισροών είναι πιθανό να έχει περισσότερα βήματα από μια ενιαία συνάρτηση προσφοράς προϊόντος για συγκρίσιμα εύρη χρήσης εισροών. Η συνάρτηση ζήτησης εισόδου έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να μην αγγίζει τον κατακόρυφο άξονα, για να απεικονίσει το γεγονός ότι στις περισσότερες περιπτώσεις ο χώρος λύσης του μοντέλου δεν περιλαμβάνει μηδενικές τιμές εισροών.

Διάγραμμα 4. Υποθετική συνάρτηση ζήτησης μέσω διαδοχικών λύσεων Υποδείγματος 2.

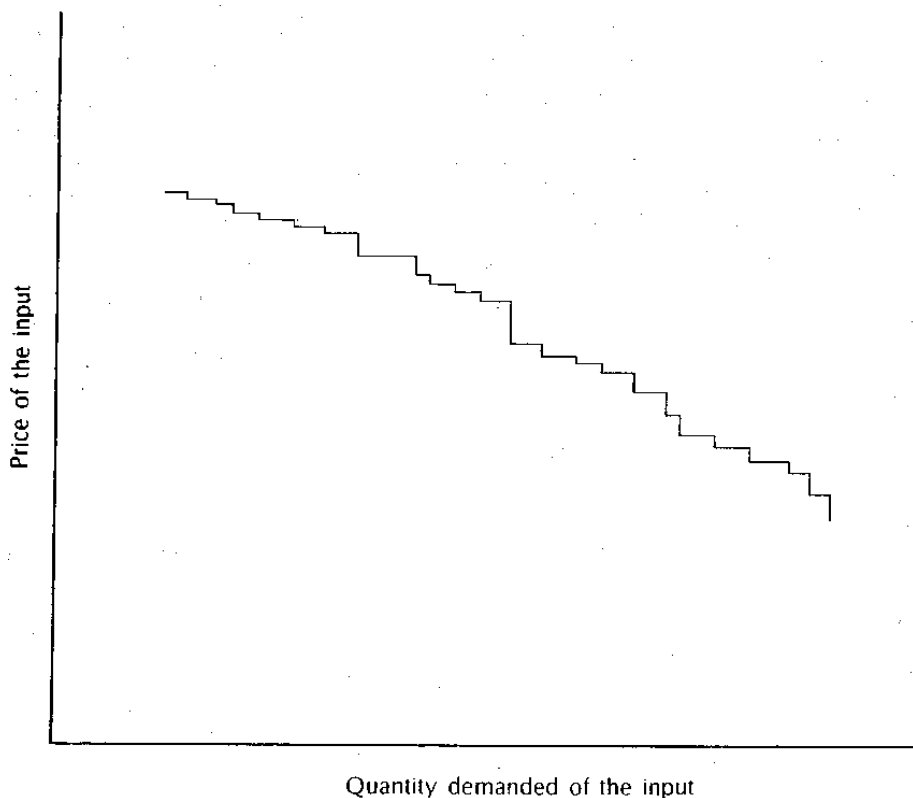


Figure 7.3 A sector model's implicit function for the derived demand for an input.

(Σχήμα 7.3. Πηγή : Peter B.R.Hazell , Roger D.Norton *Mathematical Programming for Economic Analysis in Agriculture*).

Όλες οι έμμεσες συναρτήσεις που απεικονίζονται παραπάνω μπορούν να κατασκευαστούν (μέσω μοντέλων λύσεων) όχι μόνο για τον τομέα ως σύνολο αλλά και για οποιαδήποτε συγκεκριμένη περιοχή, τάξη μεγέθους εκμετάλλευσης ή άλλη ομάδα εντός του τομέα. Ο εντοπισμός των έμμεσων συναρτήσεων είναι μία από τις χρήσεις στις οποίες μπορεί να τεθεί ένα τομεακό μοντέλο. Αυτό το οποίο θα πρέπει να τονιστεί σε αυτό το σημείο είναι ότι οι συναρτήσεις που παρουσιάζονται στα διαγράμματα 2 έως 4 αποτελούν μέρος της δομής ενός τομεακού μοντέλου, παρόλο που δεν είναι γνωστές κατά την κατασκευή του μοντέλου.

2.7 ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ

Μέχρι στιγμής η φύση των συναρτήσεων ζήτησης του υποδείγματος δεν έχει αναλυθεί . Σε αυτό το σημείο εισάγονται οι βασικές έννοιες. Οι πρώτες γενιές των γεωργικών μοντέλων είχαν είτε σταθερές τιμές (απείρως ελαστικές καμπύλες ζήτησης), είτε σταθερές ποσότητες ζήτησης (απείρως ανελαστικές καμπύλες ζήτησης). Συχνά το πρόβλημα χωροταξικού σχεδιασμού ετίθετο, με τη μορφή της αναζήτησης του λιγότερο δαπανηρού τρόπου - λιγότερο δαπανηρών χωροταξικών καλλιεργειών -για την ικανοποίηση των απαραίτητων παραδόσεων στην τελική κατανάλωση. Αυτό το είδος παραδείγματος είναι κατάλληλο για κεντρικές οικονομίες, αλλά έχει σαφώς περιορισμένη χρήση στις οικονομίες της αγοράς. Όταν οι τιμές είναι ελεύθερες να μεταβληθούν, οι ζητούμενες ποσότητες δεν είναι σταθερές αλλά μεταβάλλονται ως προς την τιμή και ως εκ τούτου ως ανταπόκριση στις διακυμάνσεις του κόστους παραγωγής.

Η εισαγωγή συναρτήσεων ζήτησης στο μοντέλο αναγκάζει σε μια επανεξέταση της αντικειμενικής συνάρτησης του μοντέλου. Όταν υπάρχουν συναρτήσεις ζήτησης, είναι απαραίτητο να καθοριστούν τα χαρακτηριστικά της αγοράς. Μια απλή αντικειμενική συνάρτηση ελαχιστοποίησης του κόστους δεν αρκεί για να οδηγήσει το μοντέλο, για παράδειγμα, σε ένα αποτέλεσμα

ανταγωνιστικής ισορροπίας. Η μεγιστοποίηση των εξαγωγών, η μεγιστοποίηση της απασχόλησης και άλλες αντικειμενικές συναρτήσεις που προσανατολίζονται στην πολιτική δεν θα φέρουν αποτέλεσμα. Μπορούν να οδηγήσουν σε λύσεις που δίνουν τα σχέδια καλλιέργειας που μεγιστοποιούν τις εξαγωγές, αλλά δεν θα δώσουν ενδείξεις για το πώς θα ωθήσουν τους αγρότες να υιοθετήσουν αυτά τα πρότυπα. Είναι απαραίτητο να δώσουμε συγκεκριμένο περιεχόμενο στη συνάρτηση f_1 στην εξίσωση (2.7), κάνοντας έτσι το υπόδειγμα ένα περιγραφικό εργαλείο ανάλυσης.

Η πιο βασική μορφή της αγοράς είναι η ανταγωνιστική. Όπως χρησιμοποιείται εδώ, μια ανταγωνιστική αγορά σημαίνει μόνο ένα πράγμα: κανένας παραγωγός δεν έχει μια αρκετά μεγάλη κλίμακα δραστηριοτήτων για να είναι σε θέση να επηρεάσει την τιμή της αγοράς. Ονομάζεται μερικές φορές "Η ατομιστική αγορά", στην οποία κάθε παραγωγός έχει μια τιμή, παρότι σε συνολικό επίπεδο οι τιμές επηρεάζονται από τον όγκο παραγωγής. Όταν χρησιμοποιείται με αυτή τη λογική η ανταγωνιστική αγορά δεν σημαίνει ότι δεν υπάρχουν ατέλειες της αγοράς. Οι τιμές μπορεί να ποικίλλουν σημαντικά σε διαφορετικές τοποθεσίες, λόγω των ατελών αγοραίων διαύλων - φτωχών μεταφορικών μέσων σε ορισμένες περιοχές, έλλειψης πληροφοριών αγοράς, τοπικού μονοπωλίου μάρκετινγκ, ανεπαρκών εγκαταστάσεων αποθήκευσης κλπ. Ούτε ο ανταγωνισμός σημαίνει ότι οι παραγωγοί είναι απαραίτητα μόνο μεγιστοποιητές κέρδους. Μπορεί να μην αντιμετωπίζουν κίνδυνο, μπορεί να παράγουν κυρίως για οικιακή κατανάλωση και μπορεί να έχουν άλλους στόχους αντί για μεγιστοποίηση του κέρδους.

Για την περίπτωση μιας ανταγωνιστικής αγοράς με αυτή την έννοια, ο Samuelson (1952) ήταν ο πρώτος ο οποίος έδειξε ότι υπάρχει ένα μοντέλο μεγιστοποίησης που θα προσομοιώνει το αποτέλεσμα της αγοράς κάτω από τις προς τα κάτω κεκλιμένες συναρτήσεις ζήτησης. Η κύρια ανησυχία του ήταν με τις χωρικές κατανομές, αλλά η βασική του αντίληψη ισχύει εξίσου καλά στις αγορές σε ένα σημείο στο πεδίο ορισμού. Η ουσία της υπόδειξης του ήταν ότι η αντικειμενική συνάρτηση του μοντέλου πρέπει να αντιστοιχεί στο άθροισμα του πλεονάσματος του παραγωγού και του καταναλωτή, δηλαδή της περιοχής μεταξύ των καμπυλών (συναρτήσεων) ζήτησης και παροχής.

Διάγραμμα 5. Μεγιστοποίηση της περιοχής μεταξύ των συναρτήσεων ζήτησης και παροχής

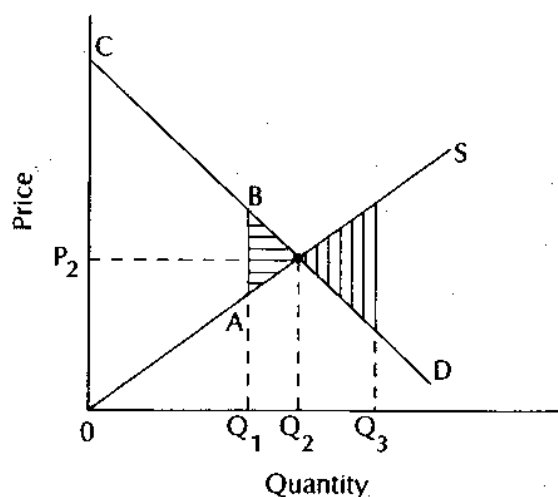


Figure 7.4 Maximizing the area between the demand and supply function.

(Σχήμα 7.4.Πηγή : Peter B.R.Hazell , Roger D.Norton *Mathematical Programming for Economic Analysis in Agriculture*)

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα 5, η μεγιστοποίηση αυτής της περιοχής θα οδηγήσει το υπόδειγμα στην ανταγωνιστική έκβαση της τιμής και της ποσότητας (P_2 , Q_2). Εάν η λύση του προβλήματος έπρεπε να είναι στην ποσότητα Q_1 , η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης θα ήταν $OABC$ και η

αντικειμενική συνάρτηση θα μπορούσε να αυξηθεί από την οριζόντια εκκολαφθείσα περιοχή μετακινώντας την ποσότητα Q2. Ομοίως, εάν το μοντέλο μεταβεί στο Q3, η αντικειμενική συνάρτηση μειώνεται από τη μέγιστη τιμή του από την κατακόρυφα εκκολαφθείσα περιοχή. Επομένως, αν είναι επιθυμητό η λύση του υποδείγματος να αντιγράφει ένα ανταγωνιστικό αποτέλεσμα στην αγορά, τότε είναι γνωστή μόνο μία αντικειμενική συνάρτηση: η περιοχή μεταξύ των συναρτήσεων της προσφοράς και της ζήτησης.

Εκ των υστέρων, αυτή η ανακάλυψη φαίνεται μάλλον προφανής, αλλά ο καθορισμός αντικειμενικής συνάρτησης σε ένα μοντέλο περιλαμβάνει μερικά λιγότερο προφανή βήματα. Ένα εμπόδιο που πρέπει να ξεπεραστεί είναι ο τρόπος μέτρησης αυτής της περιοχής όταν η συνάρτηση προσφοράς είναι σιωπηρή - όταν είναι άγνωστη εκ των προτέρων. Ένα άλλο εμπόδιο αφορά τη μαθηματική μορφή της έκφρασης για την περιοχή αυτή.

Δεδομένου ότι περιλαμβάνει τρίγωνα, πρέπει να περιλαμβάνει όρους με μονάδες μέτρησης [τιμές επί ποσότητα]. Αλλά τόσο η τιμή όσο και η ποσότητα πρέπει να είναι ενδογενείς, και σε γραμμικό προγραμματισμό δύο ενδογενείς μεταβλητές δεν μπορούν να πολλαπλασιαστούν γιατί το πρόβλημα δεν μπορεί πια να επιλυθεί από τον αλγόριθμο simplex. Μια λύση στο δεύτερο πρόβλημα είναι να χρησιμοποιηθεί ένας τετραγωνικός αλγόριθμος προγραμματισμού. Μια άλλη λύση είναι να χρησιμοποιηθούν τεχνικές που ονομάζονται γραμμικοποιήσεις πλέγματος. Γίνονται αναφορές στη βιβλιογραφία, με περισσότερους τόπους έμφασης στη γραμμική έκδοση, δεδομένου ότι ο γραμμικός προγραμματισμός εξακολουθεί να είναι ο πιο ευρέως διαθέσιμος αλγόριθμος βελτιστοποίησης σε παγκόσμια κλίμακα.

Επίσης, η γραμμική εξειδίκευση του υποδείγματος έχει κάποια χρήσιμα χαρακτηριστικά που δεν υπάρχουν στην τετραγωνική εξειδίκευση, όπως οι δυϊκές μεταβλητές που αντιστοιχούν στην αξία του πλεονάσματος του καταναλωτή και της μετατρεψιμότητας σε ένα μοντέλο γενικής ισορροπίας. Το σημείο ισορροπίας στο οποίο το μοντέλο φθάνει μέσω αυτής της διαδικασίας μεγιστοποίησης αντιπροσωπεύει μια μερική ισορροπία παρά μια γενική ισορροπία. Είναι μερικό επειδή, αν και οι τιμές είναι ενδογενείς, τα εισοδήματα δεν είναι. Εάν τα εισοδήματα ήταν επίσης ενδογενή, η θέση των συναρτήσεων ζήτησης του μοντέλου (σε χώρο τιμών - ποσότητας) θα μετατοπίζονταν καθώς τα εισοδήματα αλλάζουν, αλλά σε τομεακά μοντέλα οι συναρτήσεις ζήτησης είναι σταθερές.

2.8 ΕΠΙΛΟΓΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΓΙΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΡΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ

Η γλώσσα προγραμματισμού GAMS (General Algebraic Modeling System) αποτελεί περιβάλλον Η/Υ που επιτρέπει τον προσδιορισμό, την ανάλυση και τελικά την επίλυση προβλημάτων βελτιστοποίησης. Έχει ως χαρακτηριστικό τη απλότητα και την ισχύ και μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένα δυνατό και ευέλικτο εργαλείο επίλυσης προβλημάτων μαθηματικού προγραμματισμού, αφού πρώτα κατανοηθούν οι δομές της και περάσει ένα απαραίτητο διάστημα εξοικείωσης. Μερικά από τα πλεονεκτήματα της είναι:

- Η παροχή μηχανισμών για την επίλυση συλλογών δομημένων προβλημάτων βελτιστοποίησης, όπως αυτά που προκύπτουν από τεχνικές διάσπασης.
- Διαχωρίζεται η εξειδίκευση και διατύπωση του προβλήματος από την τεχνική επίλυσης του. Συγκεκριμένα, μετά την καταγραφή του μοντέλου από το χρήστη και την ανάθεση αυτού σε έναν από τους διαθέσιμους επιλυτές (solvers), ακολουθεί η εστίαση στη διαχείριση ασυνεπειών του μοντέλου και δεν δίνεται βάση στις τεχνικές λεπτομέρειες κατασκευής του αλγορίθμου επίλυσης. Κοινώς, είναι γλώσσα πιο κοντά στις γνώσεις Μηχανικών και όχι στις γνώσεις Προγραμματιστών.

- Είναι γλώσσα μίμησης της μαθηματικής περιγραφής ενός τυπικού προβλήματος βελτιστοποίησης, όπως είναι το πρόβλημα της ελάχιστης διαδρομής. Αποτελεί ουσιαστικά αυτεξήγητο κώδικα για αναγνώστες με υπόβαθρο στη βελτιστοποίηση συστημάτων.
- Δίνεται η δυνατότητα επίλυσης προβλημάτων διαφόρων μεγεθών χωρίς να είναι απαραίτητη η αλλαγή του μεγέθους του ήδη διαμορφωμένου κώδικα. Αυτό συμβαίνει διότι υπάρχει η δυνατότητα γραφής ενός πλήθους παρόμοιων περιορισμών σε μια εντολή, με χρήση ενός δείκτη με συμπαγή και αποδοτική μορφή.
- Στη GAMS δεν υπάρχει διαχωρισμός κεφαλαίων και μικρών γραμμών, άρα ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τη μορφή της αρεσκείας του.
- Ο αριθμός των κενών μεταξύ εντολών είναι αδιάφορος για τον μεταγλωττιστή του GAMS. Υπάρχει δηλαδή μεγάλη ευελιξία στο τρόπο που παρουσιάζονται οι εντολές τυπογραφικά, με αποτέλεσμα κενές γραμμές, πολλαπλές γραμμές ανά εντολή και πολλαπλές εντολές ανά γραμμή, να επιτρέπονται.
- Πολλαπλές αναθέσεις ή δηλώσεις στοιχείων ίδιου τύπου είναι δυνατόν να γίνουν με μια εντολή, χωρίς να χρειάζεται η επανάληψή της.
- Μεγάλος αριθμός εντολών αναγνωρίζεται από τα αρχικά γράμματα κάθε εντολής, χωρίς να γίνεται διάκριση με βάση το τελικό "s" που μπορεί να έχουμε προσθέσει σε αυτή. Για παράδειγμα, η σύνταξη Parameter, Parameters δεν αποτελεί διαφορετική σύνταξη για τη GAMS.

Συνοπτικά τα κύρια χαρακτηριστικά πλεονεκτήματα της GAMS ως αλγεβρικής γλώσσας είναι:

- Η αναγνωσιμότητα του κώδικα.
- Ο σημαντικός έλεγχος που έχει ο χρήστης πάνω στις εξόδους του.
- Η αποδοτική ανακύκλωση ενός κώδικα GAMS, εξαιτίας της γενικής διατύπωσης ως φυσικό χαρακτηριστικό ενός αλγεβρικού προβλήματος.
- Η εξοικονόμηση χρόνου που προκύπτει από τη δυνατότητα εκτέλεσης ενός συνόλου διαδικασιών με μία και μόνο δήλωση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ

Ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή του μεθοδολογικού πλαισίου, το οποίο περιλαμβάνει σύντομες αναφορές με παραδείγματα σε μεθόδους αξιολόγησης των γεωργικών επενδύσεων. Εισάγονται για πρώτη φορά έννοιες όπως οι Ράντες πληρωμών, η τελική αξία σταθερής ράντας, ο χρόνος επανάκτησης του Κεφαλαίου, η Καθαρή Παρούσα Αξία, ο Εσωτερικός Συντελεστής Αποδοτικότητας και ο λόγος Ωφελειών- Κόστους.



3.1 Μέθοδοι αξιολόγησης των γεωργικών επενδύσεων

Η επιτυχία μιας επιχείρησης εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από τις επενδυτικές αποφάσεις που λαμβάνει. Ως επένδυση θεωρούνται οι δεσμεύσεις των οικονομικών πόρων που πραγματοποιούνται με την προσδοκία της πραγματοποίησης μελλοντικών ωφελειών που αναμένονται κατά τη διάρκεια μιας σχετικά μεγάλης χρονικής περιόδου. Με την προϋπόθεση ότι οι συνέπειες μιας επένδυσης μπορούν να εκφραστούν με βέβαιες (ή αβέβαιες) χρηματικές ροές που θα δημιουργηθούν σε καθορισμένο χρονικό διάστημα, είναι δυνατή η αξιολόγηση των εναλλακτικών επενδυτικών ευκαιριών και η λήψη αποφάσεων σχετικά με αυτές που θα πραγματοποιηθούν και εκείνες που θα αποκλειστούν. Σε περίπτωση όπου κατά τη διάρκεια μιας συγκεκριμένης χρονικής περιόδου τα οφέλη υπερβούν τις δαπάνες, έχουμε να κάνουμε με καθαρά οφέλη ή εισροές μετρητών. Σε αντίθετη περίπτωση, αν οι δαπάνες υπερβούν τα οφέλη, έχουμε να κάνουμε με καθαρές δαπάνες ή εκροές μετρητών.

Η αξιολόγηση επενδύσεων βασίζεται σε εισροές ή εκροές μετρητών κατά τη διάρκεια μιας δεδομένης χρονικής περιόδου, χρησιμοποιώντας κατά αντιστοιχία θετικά ή αρνητικά χρηματικά ποσά. Το σύνολο των καθαρών εισροών και καθαρών εκροών που σχετίζονται με μια επένδυση, αποτελούν τη χρηματική ροή της επένδυσης. Σε περίπτωση που ορισμένες από τις εισροές υπόκεινται σε φορολογία, θα πρέπει να μετρώνται οι εισροές αυτές μετά την πληρωμή των φόρων. Οι μη κερδοσκοπικοί οργανισμοί (Μ.Κ.Ο.) και οι κυβερνητικές υπηρεσίες δεν υπόκεινται σε φορολογία εισοδήματος, επομένως οι εισροές που έχουν από μια επένδυση δεν εξαρτώνται από τη λογιστική μέθοδο αποσβέσεως που χρησιμοποιείται. Άξιο μνείας είναι το ότι ο ορισμός των καθαρών ωφελειών ή χρηματικών εισροών που προαναφέρθηκε δεν ταυτίζεται με την έννοια του εισοδήματος, όπως αυτή χρησιμοποιείται στη λογιστική εταιρειών. Η σημαντικότερη διαφορά είναι ότι, κατά τον υπολογισμό των χρηματικών εισροών, οι αποσβέσεις όλων των πάγιων στοιχείων δεν αφαιρούνται από τα ακαθάριστα έσοδα επειδή δεν αποτελούν δαπάνες μετρητών.

Στη βιβλιογραφία απαριθμούνται διάφορες μέθοδοι μέτρησης της αξίας των επενδύσεων, οι κυριότερες από τις οποίες είναι οι ακόλουθες:

- 1) Ο Χρόνος Επανάκτησης του Κεφαλαίου (Payback Period).
- 2) Το Κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Αξίας (Net Present Value).
- 3) Ο Εσωτερικός Συντελεστής Αποδοτικότητας (Internal Rate Of Return).
- 4) Ο Λόγος Ωφελειών – Κόστους.

Οι παραπάνω μέθοδοι, θεωρούνται ως οι κυριότερες και χρησιμοποιούνται συστηματικά σήμερα στις επιχειρήσεις. Όπως είναι λογικό, οι προαναφερθείσες μέθοδοι δεν εξαντλούν σε καμία περίπτωση όλες τις πιθανές μεθόδους μετρήσεως των επενδύσεων. Είναι κοινώς αποδεκτό ότι έχουν προταθεί ή γίνεται χρήση σε κάποιες εταιρείες και άλλων μεθόδων, που σε πολλές περιπτώσεις αποτελούν παραλλαγές των τεσσάρων αυτών βασικών μεθόδων.

3.1.2 ΡΑΝΤΕΣ ΠΛΗΡΩΜΩΝ

Μία ακολουθία χρηματικών ποσών (εισροών ή εκροών) που λήγουν (εισπράττονται ή πληρώνονται) σε ίσα απέχουσες μεταξύ τους χρονικές στιγμές ονομάζεται ράντα ή σειρά πληρωμών. Κάθε χρηματικό ποσό λέγεται όρος της ράντας.

Οι ράντες διακρίνονται σε σταθερές, όταν οι όροι τους είναι ίσοι μεταξύ τους, και σε μη σταθερές, όταν οι όροι τους δεν είναι ίσοι (π.χ. οι όροι αυξάνουν κατά ένα σταθερό ποσό ή με ένα σταθερό ρυθμό).

3.1.3 ΤΕΛΙΚΗ ΑΞΙΑ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΡΑΝΤΑΣ

Η τελική αξία σταθερής ληξιπρόθεσμης ράντας βρίσκεται αν αθροιστούν οι τελικές αξίες όλων των δόσεων στο τέλος της τελευταίας περιόδου της ράντας. Αν η δόση είναι ίση με μία νομισματική μονάδα (πχ ένα ευρώ), τότε η τελική της αξία s_n ή $s_{n,i}$ είναι :

$$s_n = (1+i)^{n-1} + (1+i)^{n-2} + \dots + (1+i) + 1 = \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

Όπου n είναι ο αριθμός των δόσεων και i το επιτόκιο της ράντας. Αν η δόση είναι ίση με R , τότε ο τύπος της τελικής αξίας μετατρέπεται εύκολα σε :

$$S_n = R * s_n = R \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

Αφού το R είναι σταθερό για όλες τις δόσεις, κοινός παράγοντας στο άθροισμα.

3.1.4 Ο Χρόνος Επανάκτησης του Κεφαλαίου (Payback Period)

Ο χρόνος επανάκτησης κεφαλαίου αποτελεί μια από τις απλούστερες και συνηθέστερες μεθόδους μέτρησης της οικονομικής αξίας μιας επένδυσης. Το κριτήριο αυτό συναντάται στη βιβλιογραφία και αλλιώς, ως Χρόνος ή Περίοδος Αποπληρωμής της Επένδυσης ή Χρόνος Απόσβεσης του Κεφαλαίου, κ.ά.. Το κριτήριο του Χρόνου Επανάκτησης του Κεφαλαίου υπολογίζει το χρονικό διάστημα που είναι αναγκαίο ώστε να εξισωθεί το σύνολο των χρηματικών εισροών που παράγει μια επένδυση με την αρχική χρηματική εκροή που απαιτήθηκε κατά την επένδυση αυτή. Σε περίπτωση που μια επένδυση αναμένεται να παράγει μια σειρά χρηματικών εισροών που είναι σταθερή από χρόνο σε χρόνο, ο χρόνος επανάκτησης του κεφαλαίου προσδιορίζεται από τη διαίρεση της συνολικής αρχικής χρηματικής εκροής με το ποσό των αναμενόμενων ετήσιων χρηματικών εισροών. Δηλαδή, αν για μια επένδυση απαιτείται αρχική εκροή 300 € και αναμένεται να παραχθούν εισροές 100 € το χρόνο για τα επόμενα πέντε χρόνια, ο χρόνος επανάκτησης του κεφαλαίου υπολογίζεται ως : $300 \text{ €} / 100 \text{ €} = 3$ χρόνια. Εφόσον η σειρά των αναμενόμενων εισροών δεν παραμένει σταθερή από χρόνο σε χρόνο, τότε ο χρόνος επανάκτησης του κεφαλαίου προσδιορίζεται από την πρόσθεση των εισροών που είναι αναμενόμενες σε διαδοχικά χρόνια μέχρι το σύνολό τους να είναι ίσο με την αρχική εκροή.

Συνηθίζεται ο επενδυτής να καθορίζει το ανώτατο χρονικό όριο επανάκτησης του κεφαλαίου και να απορρίπτει όλες τις επενδυτικές προτάσεις των οποίων ο χρόνος επανάκτησης είναι μεγαλύτερος αυτού του χρονικού ορίου. Για παράδειγμα, σε περίπτωση όπου το όριο είναι τέσσερα χρόνια, τότε μια επενδυτική πρόταση που έχει χρόνο επανάκτησης του κεφαλαίου μικρότερο ή ίσο με τέσσερα, γίνεται αποδεκτή. Η τιμή-ανώτατο όριο διαφέρει από επένδυση σε επένδυση και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, οι βασικότεροι από τους οποίους είναι:

- Ο βαθμός επικινδυνότητας της επένδυσης¹. Όσο μεγαλύτερος είναι ο κίνδυνος τόσο γρηγορότερα απαιτείται από τον επενδυτή να επανακτήσει το κεφάλαιό του.

- Η ύπαρξη αριθμού διαφορετικών ευκαιριών επενδύσεων με γνωστούς χρόνους αποπληρωμής. Σε περίπτωση όπου υπάρχουν διάφορες ευκαιρίες επένδυσης με μικρούς χρόνους αποπληρωμής, είναι λογικό ο επενδυτής να απαιτεί χρόνους αποπληρωμής το πολύ ίσους με αυτούς που του προσφέρονται από εναλλακτικές επενδύσεις.
- Τα ύψη των επιτοκίων δανεισμού και πληθωρισμού. Σε εποχές υψηλού πληθωρισμού και επιτοκίων, οι επενδυτές ψάχνουν επενδύσεις με όσο το δυνατόν γρηγορότερη επιστροφή των κεφαλαίων που επενδύουν. Διότι το κριτήριο της επανάκτησης του κεφαλαίου δεν προεξοφλεί τις μελλοντικές ταμειακές ροές αλλά προχωρά απλά στο άθροισμα αυτών, η διαχρονική αξία του χρήματος εκφράζεται μόνο μέσω της απαίτησης κατά το δυνατόν μικρών χρόνων αποπληρωμής (Bierman H. Jr, Smidt S., Οικονομικός προγραμματισμός επενδύσεων, Τόμος Α, Αρχές για τη λήψη αποφάσεων).

1 Ο κίνδυνος μετριέται από την αβεβαιότητα για το μέγεθος της απόκλισης του πραγματικού από το προβλεπόμενο.

Παράδειγμα 1.

Ο ακόλουθος πίνακας που δείχνει τις ετήσιες εισροές και εκροές που θα δημιουργηθούν αν υλοποιηθεί η επένδυση Α. Να υπολογιστεί ο χρόνος επανάκτησης του κεφαλαίου για την πρόταση αυτή.

Πίνακας 7. Ταμειακές ροές του σχεδίου της επένδυσης Α , (σε εκατ. €).

	Αρχική επένδυση	Περίοδος 1	Περίοδος 2	Περίοδος 3	Περίοδος 4	Περίοδος 5
Εισροές		30	40	50	50	50
Εκροές	-100	-20	-20	-20	-20	-20
Καθ. Εισροές	-100	10	20	30	30	30
Σωρευτικές Καθ. Εισροές	-100	-90	-70	-40	-10	20

Πηγή: Bierman H. Jr, Smidt S., Οικονομικός προγραμματισμός επενδύσεων, Τόμος Α, Αρχές για τη λήψη αποφάσεων

Από τον προηγούμενο πίνακα είναι εμφανές το ότι οι καθαρές εισροές του επενδυτικού σχεδίου Α, μόνο μετά την τέταρτη περίοδο αθροίζουν σε ποσό που υπερβαίνει την αρχική επένδυση (100 εκ. €). Άρα, ο Χρόνος Επανάκτησης του Κεφαλαίου θα είναι μεταξύ των περιόδων 4 και 5 και θα είναι ίσος με 4,33 περιόδους.

Payback Period = 4 + (100-90)/(120-90) = 4 + 10/30 = 4,33 έτη

Μερικά από τα πλεονεκτήματα του Χρόνου επανάκτησης κεφαλαίου είναι τα παρακάτω:

1. Ο υπολογισμός του είναι πολύ απλός και ευκολονόητος.
2. Δε χρειάζεται σωρό δεδομένων για να υπολογιστεί και, το σημαντικότερο, δε χρειάζεται μακροχρόνιες προβλέψεις.
3. Είναι εύκολα κατανοητός απ’ όλους ως έννοια.

Το κριτήριο αυτό παρουσιάζει τρία μεγάλα μειονεκτήματα:

1. Δε συνυπολογίζει χρηματικές ροές της επένδυσης που προκύπτουν σε περιόδους μετά το χρόνο επανάκτησης.
2. Δεν συνυπολογίζει τη διαχρονική αξία του χρήματος.

3. Είναι συνηθισμένη η αβεβαιότητα σχετικά με το ύψος της αρχικής επένδυσης και δημιουργείται πρόβλημα εκτίμησης του κριτηρίου. (Για παράδειγμα, ποιες από τις αρχικές καλλιεργητικές επεμβάσεις σε μια πολυετή φυτεία είναι κόστος επένδυσης και ποιες τακτικές ετήσιες δαπάνες;).

3.1.5 Το κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Αξίας (Net Present Value)

Το κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Αξίας ή απλούστερα η Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ, NPV) είναι το σημαντικότερο από όλα τα κριτήρια, διότι είναι σύμφωνο με τη θεωρία της λήψης των επενδυτικών αποφάσεων και υπολογίζει το απόλυτο μέγεθος του καθαρού οφέλους από την επένδυση.

Η ΚΠΑ συνυπολογίζει όλα τα μελλοντικά έσοδα και έξοδα μιας επένδυσης και έτσι αξιολογεί τη συνολική της επίπτωση στην επιχείρηση. Για να καταστεί δυνατή η άθροιση και σύγκριση των χρηματικών ποσών τα οποία αναφέρονται σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, το κριτήριο της ΚΠΑ προεξοφλεί όλες τις μελλοντικές χρηματικές ροές που σχετίζονται με την επένδυση και αθροίζει αλγεβρικά τις παρούσες αξίες τους (κατά σύμβαση τα έσοδα θεωρούνται θετικά και τα έξοδα αρνητικά). Σε περίπτωση που η ΚΠΑ μιας επένδυσης είναι θετική, τότε η επένδυση κρίνεται θετικά, ενώ σε κάθε άλλη περίπτωση η επένδυση απορρίπτεται. Θετική ΚΠΑ σημαίνει ότι τα προεξοφλημένα έσοδα είναι μεγαλύτερα από τα προεξοφλημένα έξοδα, και επομένως η ΚΠΑ προχωράει στη μέτρηση του ποσού κατά το οποίο τα μελλοντικά έσοδα ξεπερνούν τις μελλοντικές δαπάνες (Bierman H. Jr, Smidt S., Οικονομικός προγραμματισμός επενδύσεων, Τόμος Α, Αρχές για τη λήψη αποφάσεων).

Ο μαθηματικός τύπος της ΚΠΑ, η οποία συνηθίζεται να συμβολίζεται με τα γράμματα N.P.V (Net Present Value), είναι απλός και προκύπτει από τον ορισμό της:

$$NPV = CF_0 + \frac{CF_1}{(1+d)} + \frac{CF_2}{(1+d)^2} + \dots + \frac{CF_n}{(1+d)^n} = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+d)^t}$$

όπου:

- CF_0 = Αρχική επένδυση (αρνητικός αριθμός). Καταβάλλεται στο τέλος της περιόδου μηδέν, δηλαδή αμέσως προτού αρχίσει η λειτουργία της επένδυσης. Στη πραγματικότητα θεωρείται ότι όλα τα έσοδα και έξοδα κάθε περιόδου πραγματοποιούνται στο τέλος της περιόδου. Με αυτό τον τρόπο η εκταμίευση της αρχικής δαπάνης – επένδυσης, θεωρείται ότι λαμβάνει χώρα στο τέλος της μηδενικής περιόδου, που συμπίπτει με την αρχή της πρώτης περιόδου της επένδυσης.)
- CF_t = Διαφορά μεταξύ εσόδων και εξόδων της περιόδου t.
- d = Επιτόκιο προεξόφλησης περιόδου, ενιαίο για όλες τις περιόδους.
- n = Συνολικός αριθμός περιόδων (π.χ. ετών) της αξιολόγησης. Συνηθίζεται ο αριθμός αυτός να είναι ίσος με την οικονομική ζωή της επένδυσης, ωστόσο αυτό δεν είναι και απαραίτητο.

Ο προηγούμενος τύπος υποθέτει ότι το κόστος της επένδυσης εκταμιεύεται ολόκληρο κατά την περίοδο μηδέν. Αυτό σπάνια αποτελεί πραγματικότητα, γιατί οι δαπάνες για επενδύσεις είναι συνήθως δυσβάσταχτα υψηλές και ο διακανονισμός τους συνηθίζεται σχεδόν εξολοκλήρου στην πράξη, να συμπεριλαμβάνει πληρωμές σε δόσεις, τουλάχιστον κατά τη διάρκεια κατασκευής και εγκατάστασης της επένδυσης. Ένας από τους τρόπους αντιμετώπισης αυτού του προβλήματος που προκύπτει είναι το CF_0 να εξισωθεί με την ισοδύναμη αξία όλων των δόσεων της επενδυτικής

δαπάνης στο χρόνο μηδέν. Η διαφορά μεταξύ εσόδων και εξόδων κατά την περίοδο t , (ή το αλγεβρικό άθροισμά τους αν τα έξοδα σημειώνονται με αρνητικούς αριθμούς), παριστάνεται με CF_t (cash-flow της περιόδου t), για κάθε μία περίοδο από 1 έως n . Η οικονομική ζωή της επένδυσης τελειώνει όταν η επένδυση απαξιωθεί τεχνολογικά ή η παραγωγικότητά της ελαττωθεί σε βαθμό που να μην είναι συμφέρουσα η συνέχιση της λειτουργίας. Κάτι τέτοιο συμβαίνει αρκετά συχνά πριν από το τέλος της φυσικής ζωής της. (Bierman H. Jr, Smidt S., Οικονομικός προγραμματισμός επενδύσεων, Τόμος Α, Αρχές για τη λήψη αποφάσεων).

3.1.6 Ο Εσωτερικός Συντελεστής Αποδοτικότητας (Internal Rate Of Return)

Ο Εσωτερικός Συντελεστής Αποδοτικότητας ή Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης (IRR) μιας επένδυσης είναι το επιτόκιο προεξόφλησης εκείνο το οποίο εξισώνει την Καθαρή Παρούσα Αξία της με μηδέν. Επενδύσεις με IRR μεγαλύτερο από ένα επιτόκιο – κατώφλι ή κρίσιμο όριο (το οποίο συνήθως είναι το επιτόκιο της κεφαλαιαγοράς που εκφράζει το κόστος ευκαιρίας των κεφαλαίων), γίνονται αποδεκτές, ενώ σε κάθε άλλη περίπτωση απορρίπτονται. Επιπρόσθετα, όταν συγκρίνονται δύο επενδυτικά σχέδια, εκείνο με το μεγαλύτερο IRR είναι προτιμότερο (Bierman H. Jr, Smidt S., Οικονομικός προγραμματισμός επενδύσεων, Τόμος Α, Αρχές για τη λήψη αποφάσεων).

Η εξίσωση για τον υπολογισμό του Εσωτερικού Συντελεστή Αποδοτικότητας είναι:

$$NPV = CF_0 - \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+d)^t} = 0$$

Όπου:

- CF_0 = Αρχικό κόστος της επένδυσης.
- CF_t = Διαφορά μεταξύ εσόδων και εξόδων της περιόδου t .
- d = Επιτόκιο προεξόφλησης.
- n = Συνολικός αριθμός περιόδων (π.χ. ετών) της αξιολόγησης. Συνήθως, αλλά όχι απαραίτητα, ο αριθμός αυτός ισούται με την οικονομική ζωή της επένδυσης.

3.1.7 Ο Λόγος Ωφελειών – Κόστους

Ο λόγος Ωφελειών – Κόστους ορίζεται ως το κλάσμα των προεξοφλούμενων αυξανόμενων εσόδων προς τα προεξοφλούμενα αυξανόμενα έξοδα (Bierman H. Jr, Smidt S., Οικονομικός προγραμματισμός επενδύσεων, Τόμος Α, Αρχές για τη λήψη αποφάσεων). Με βάση αυτό το κριτήριο οι επενδύσεις που έχουν λόγο πάνω από 1 κρίνονται αποδεκτές, και όσο μεγαλύτερη η τιμή του λόγου τόσο προτιμότερη η επένδυση.

$$\text{Λόγος Ωφελειών – Κόστους} = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+d)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+d)^t}}$$

Όπου:

- B_t = εισροές της επένδυσης την περίοδο t .
- C_t = εκροές της επένδυσης την περίοδο t .
- d = Επιτόκιο προεξόφλησης.
- n = Συνολικός αριθμός περιόδων (π.χ. ετών) της αξιολόγησης. Συνήθως, αλλά όχι απαραίτητα, ο αριθμός αυτός είναι ίσος με την οικονομική ζωή της επένδυσης.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

Η σταδιακή εισαγωγή στη μελέτη περίπτωσης προετοιμάζεται και κατά τα προηγούμενα κεφάλαια, ωστόσο στο ακόλουθο γίνεται εκτεταμένη αναφορά. Αναφέρονται χαρακτηριστικά της Σ.Η.Θ και στοιχεία που συνδέουν αυτήν την τεχνολογία με την Ε.Ε σε πρώτο στάδιο και με την Πολωνία ειδικότερα, σε δεύτερο στάδιο. Η μελέτη περίπτωσης του Lubelskie της ανατολικής Πολωνίας πλαισιώνεται από αναφορές στο σόργο, ως κατάλληλο θρεπτικό υπόστρωμα για την περιοχή, αλλά και με μιας ιδιαίτερης σημασίας αναφορά σε νομοθετικά χαρακτηριστικά που καθιστούν την επένδυση σε Α.Π.Ε και ειδικότερα σε μονάδες παραγωγής και αξιοποίησης της βιομάζας μέσω της συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας, ως ιδιαίτερα ελκυστική για τους επενδυτές.



TECHNICAL
UNIVERSITY
OF CRETE

4.1 ΣΗΘ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΕΕ ΚΑΙ ΠΟΛΩΝΙΑ

Η συνδυασμένη παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, ή απλά CHP, είναι ένας από τους βασικούς πυλώνες μέσα σε ένα σύγχρονο, βιώσιμο και φιλικό προς το περιβάλλον σύστημα παραγωγής ενέργειας. Η αρχική ιδέα ήταν η αύξηση της αποδοτικότητας και της κερδοφορίας της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, κάνοντας χρήση της μη χρησιμοποιούμενης ή μη αξιοποιήσιμης θερμότητας που προκύπτει λόγω των θερμοδυναμικών περιορισμών. Η μη αξιοποιήσιμη θερμότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλές μορφές, όπως σε ατμό υψηλής πίεσης, ζεστό νερό χαμηλής πίεσης ή ως μια πηγή ενέργειας για τις διεργασίες ψύξης με θέρμανση μέσω ψυκτών προσρόφησης ή απορρόφησης. Οι ευκαιρίες και τα όρια καθορίζονται από τις διαθέσιμες και κατάλληλες ψύκτρες θερμότητας.

Σε πολλές περιπτώσεις, η μεταφορά της θερμότητας σε μεγάλες αποστάσεις δεν μπορεί να υλοποιηθεί οικονομικά. Η αξιοποίηση της αποκεντρωμένης CHP μπορεί να καταστήσει δυνατή τη μείωση των αποστάσεων της μεταφοράς θερμότητας και επομένως των ανανεώσιμων απωλειών μεταφοράς. Τα σημαντικά πλεονεκτήματα της αποκεντρωμένης συνδυασμένης παραγωγής είναι η αύξηση της συνολικής απόδοσης του συστήματος, η μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, η χαμηλότερη ζήτηση για δίκτυα μεταφοράς και διανομής και η ενεργειακή και προσοδοφόρος χρήση των τυπικών ενεργειακών πόρων (για παράδειγμα μέσω της χρήσης των τοπικών αποβλήτων και πόρων βιομάζας)

Για να επιτευχθεί το μέγιστο πλεονέκτημα, ο τρόπος λειτουργίας της μονάδας CHP θα πρέπει να ανταποκρίνεται στις συγκεκριμένες απαιτήσεις που αφορούν την κάθε περίπτωση εφαρμογής. Σύμφωνα με τα στοιχεία έως και το 2017 μόνο το 9% της παγκόσμιας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται με CHP. Εξαίρεση αποτελούν ορισμένες Ευρωπαϊκές χώρες όπως η Δανία, η Γερμανία και η Φινλανδία, οι οποίες έχουν προχωρήσει επιτυχώς στην επέκταση της χρήσης της συμπαραγωγής σε επίπεδα που φτάνουν το 30 – 50 % της συνολικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας κάθε χώρας, κυρίως με την εγκατάσταση μεγάλων μονάδων ΣΗΘ με δίκτυα θέρμανσης. Το 2014 περίπου το 10.5 % της συνολικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην ΕΕ έγινε με τη χρήση μονάδων ΣΗΘ.

Μια λεπτομερής παγκόσμια ανάλυση δεν είναι δυνατή, κυρίως λόγω της ανεπαρκούς βάσης πληροφοριών και δεδομένων. Από τα διαθέσιμα στοιχεία, μπορεί να υποθεθεί ότι το περιφερειακό μερίδιο συμπαραγωγής συνδέεται άμεσα με τα υφιστάμενα δίκτυα τηλεθέρμανσης. Χωρίς τηλεθέρμανση είναι συχνά αδύνατη η αξιοποίηση της θερμότητας που προέρχεται από μονάδες συμπαραγωγής και αυτό οφείλεται στα μεγάλα ποσά θερμότητας που παράγει μια τυπική μονάδα συμπαραγωγής.

Με ένα ποσοστό κοντά στο 45%, το φυσικό αέριο ήταν η πιο σημαντική πηγή ενέργειας για ΣΗΘ στην ΕΕ το 2014. Ένα επιπλέον 20% παράγεται με τη χρήση ΑΠΕ. Με τον παγκόσμιο πληθυσμό να αυξάνεται και με περαιτέρω δράσεις για την επίτευξη των στόχων προστασίας του κλίματος, αναμένεται να αυξηθεί και η παγκόσμια σημασία των ΣΗΘ από ΑΠΕ. Εξαιτίας των περιορισμένων πόρων, μια πιο αποτελεσματική χρήση των διαθέσιμων πηγών θα γίνει μείζονος σημασίας, σε αυτό το πλαίσιο. Η παροχή θέρμανσης σε ιδιωτικά νοικοκυριά και ο εμπορικός τομέας με χρήση βιομάζας έχουν ανέλθει σε σημασία εδώ και κάποια χρόνια.

Σε αυτό το πεδίο, η ζήτηση και το ενδιαφέρον για μονάδες ΣΗΘ έχουν αυξηθεί σημαντικά, ενώ η πλειοψηφία των ήδη εγκατεστημένων ΣΗΘ εξακολουθούν να λειτουργούν με ορυκτά καύσιμα. Για να γίνεται χρήση της βιομάζας στα μικρά κλίμακα συστήματα ΣΗΘ, είναι θεμελιώδους σημασίας

να διαμορφωθούν κατάλληλες μονάδες συμπαραγωγής στην αγορά. Στη συνέχεια ακολουθεί μια επισκόπηση της παγκόσμιας σημασίας της ΣΗΘ από βιομάζα σε ένα μικρό εύρος ηλεκτρικής ισχύος, αλλά και το σημερινό στάδιο ανάπτυξης των τεχνολογιών. Γίνεται κυρίως αναφορά σε κατάλληλες έννοιες για μικρής κλίμακας εφαρμογές, στις οποίες υγρή ή στερεή βιομάζα προστίθεται απευθείας στη μονάδα επεξεργασίας, δηλαδή σε μονάδες καύσης και αεριοποίησης, είτε στην περίπτωση αγροτικών αποβλήτων σε ζύμωση με αναερόβια χώνευση πριν την ενεργειακή αξιοποίηση του παραχθέντος βιοαερίου. Άλλες διεργασίες, όπως η πυρόλυση και η παραγωγή βιοντίζελ δεν λαμβάνονται υπόψη εδώ.

Η παραγωγή βιοαερίου από την ενεργειακή αξιοποίηση της παραγόμενης βιομάζας αποτελεί φιλική προς το περιβάλλον τεχνολογία, ιδιαίτερα ανερχόμενη και επιδοτούμενη από την Ευρωπαϊκή ένωση, η οποία έχει θέσει όρους και στόχους διείσδυσης των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο κάθε χώρας-κράτους μέλους, έως το 2020. Στην Πολωνία η συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας έχει δρομολογηθεί και η εκθετική αύξηση των αγροτικών μονάδων συμπαραγωγής τα τελευταία 10 χρόνια δείχνει τις τάσεις διαμόρφωσης της αγοράς

Μεγάλος αριθμός μελετών έχει δείξει ότι περίπου το 50% της ενεργειακής ζήτησης στην Πολωνία μπορεί να καλυφθεί από αγροτικό βιοαέριο, με βάση τις υπάρχουσες εγκαταστάσεις. Παρά την αξιοποίηση μεγάλου δυναμικού βιομάζας, στην Πολωνία κατασκευάζονται πολύ λίγες μονάδες βιοαερίου αναλογικά. Βάσει των στοιχείων που διαβίβασε η Υπηρεσία Γεωργικής Αγοράς, υπάρχουν 52 μονάδες γεωργικού βιοαερίου που λειτουργούν (από τις 8 Ιουνίου 2015) στην Πολωνία έναντι 7000 εγκαταστάσεων βιοαερίου στη Γερμανία. Η συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας με αξιοποίηση του χωνεμένου υπολείμματος είναι η πλέον διαδεδομένη τεχνολογία, και χρηματοδοτούμενη από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Σε συνδυασμό με το σύστημα αδειών – επιδοτήσεων στους αγρότες, που αποτελεί τη μεταφορά του Γερμανικού καθεστώτος στην Πολωνία, οι περισσότερες αιτήσεις νέων εγκαταστάσεων αφορούν ΣΗΘ από αγροτική βιομάζα μικρής κλίμακας, που είναι της τάξης των 1-2 MW ονομαστικής ισχύος.

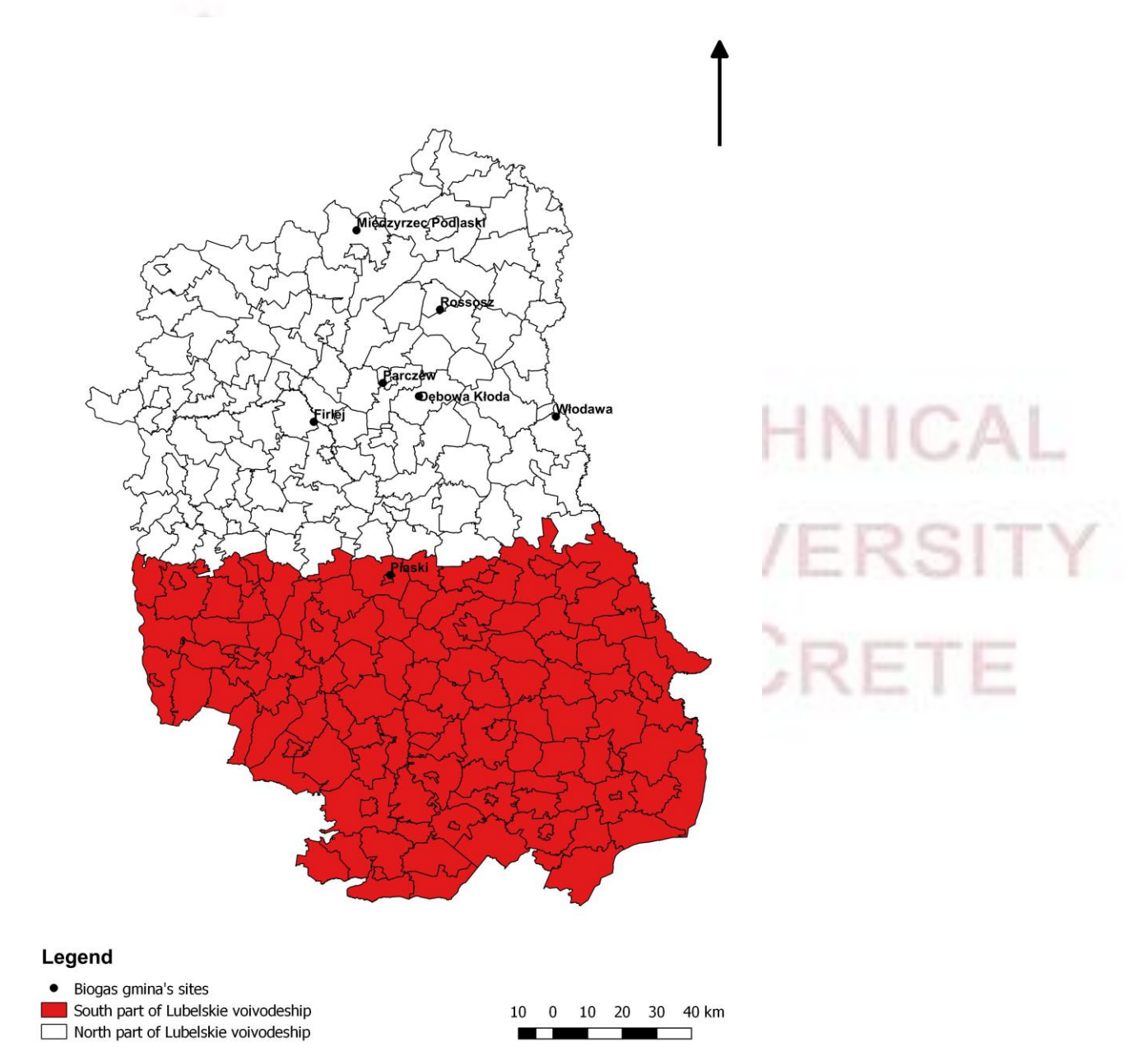
Οι υπάρχουσες μονάδες στο Lubelskie είναι λίγες στο αριθμό, καθώς δεν ξεπερνούν τις 7, και δεν ξεπερνούν τα 2.4 MW σε ονομαστική ισχύ (Πίνακας), ενώ τοποθετούνται χωρικά στο βόρειο τμήμα της περιφέρειας (Χάρτης 1). Η πλέον χρησιμοποιούμενη τεχνολογία είναι η αναερόβια χώνευση με μηχανή εσωτερικής καύσης, για αξιοποίηση του βιοαερίου. Η Ε.Ρ.Α (Environmental Protection Agency) συγκεντρωτικά σε πίνακες δίνει τα βασικά χαρακτηριστικά των υπαρχόντων τεχνολογιών προς ΣΗΘ από αγροτική βιομάζα, και σε συνδυασμό με μελέτες που έχουν γίνει στη Γερμανία και συγκρίνουν τις παραπάνω τεχνολογίες καταλήγουμε σε ICE ως τεχνολογία δοκιμασμένη επιτυχώς για ικανό χρονικό διάστημα, και σε MGT ως ανερχόμενη τεχνολογία (Blumenstain et al, 2016). Οι υπόλοιπες τεχνολογίες απορρίπτονται για διάφορους λόγους, όπως είναι η ονομαστική ισχύς των μονάδων τους, το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας τους, η απόδοση τους, η τεχνολογική τους ωριμότητα και ο ανεπαρκής έλεγχος αλλά και τα επίπεδα θορύβου που παράγουν.

Πίνακας 8. Χαρακτηριστικά μονάδων Αγροτικού βιοαερίου στο Lubelskie.

Επωνυμία	Πόλη	Ετήσια Παραγωγή [kWh]	Ονομαστική Ισχύς [kW]	Διεύθυνση
Bioelektrownia Sp. z o.o.	Dębowa Kłoda	4.500.000	1200	21-211 Dębowa Kłoda woj. lubelskie
Wikana Bioenergia Sp. z o.o.	Piaski	4.250.000	999	21-050 Piaski woj. lubelskie
DMG Sp. z o.o.	Koczergi	9.000.000	2400	21-200 Parczew woj. lubelskie
BIO-POWER Sp. z o.o.	Zaścianki	7.850.000	2199	21-560 Międzyrzec Podlaski woj.

P.P.H. KONTRAKT Sp. z o.o. Lubelskie Biogazownie Sp. z o. o. Lubelskie Biogazownie Sp. z o. o.	lubelskie			
	Orchówek	3.500.000	1063	22-200 Włodawa woj. lubelskie
	Kożanówka	3.500.000	999	21-533 Rossosz woj. lubelskie
	Przypisówka	3.500.000	999	21-136 Firlej woj. lubelskie

Χάρτης 1. Υπάρχουσες μονάδες αγροτικού βιοαερίου στην Περιφέρεια Lubelskie



Επίσης, σε συνδυασμό με την περίοδο αποπληρωμής (pay-back period) αναφέρεται στη βιβλιογραφία ότι οι ίδιοι οι επενδυτές προτιμούν δυναμικότητα μονάδων της τάξης του 1-2 MW ονομαστικής ισχύος, όπως φανερώνουν και τα σχέδια για εγκαταστάσεις που είναι σε φάση κατασκευής αυτή την περίοδο (Oil and Gas Institute- Natural Research institute of Poland). Οι τεχνολογίες ΣΗΘ είναι στο σύνολο τους φιλικές προς το περιβάλλον και η επιλογή επιμέρους

τεχνολογίας δεν βασίζεται τόσο στις εκπομπές, οι οποίες είναι μηδαμινές και σε τέφρα και σε αέρια του θερμοκηπίου.

Με βάση την ενεργειακή πολιτική υπάρχουν διαφορές στα έσοδα ανάλογα με τη δυναμικότητα της μονάδας και την χρησιμοποιούμενη τεχνολογία, ενώ τα διαγράμματα Gantt από ήδη υπάρχουσες εγκαταστάσεις δείχνουν ότι ο χρόνος κυμαίνεται από 1 έως και 3 χρόνια για την διαμόρφωση μιας εξολοκλήρου νέας μονάδας. Η τροποποίηση προηγούμενης εγκατάστασης δεν συνίσταται, διότι το κόστος τροποποίησης υπερβαίνει συχνά το κόστος επένδυσης, ενώ τίθεται και αρκετά συχνά θέμα χωροταξικού σχεδιασμού.

4.2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

Η ανασκόπηση των πρόσφατων μελετών σε αυτό τον τομέα έχει υποδείξει ότι παρά τις διαφορές στις μεθόδους υπολογισμού, οι διαδικασίες για την προσέγγιση θεωρητικών και τεχνικών δυνατοτήτων είναι κοινώς αποδεκτές. Παρόλα αυτά, έχουν υπάρξει διάφορες προσεγγίσεις ανάπτυξης μεθοδολογίας υπολογισμού της οικονομικής δυνατότητας της αγοράς. Παρακάτω μια προσέγγιση δομημένη ως σενάριο χρησιμοποιείται για μια μελέτη περίπτωσης για την περιφέρεια του Lubelskie της ανατολικής Πολωνίας. Τα αποτελέσματα έχουν δείξει ότι η αναπτυσσόμενη μεθοδολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί από λήπτες αποφάσεων που είναι αρμόδιοι στη διαμόρφωση πολιτικής, για να ολοκληρώσουν επίσης και άλλες, αναπτυσσόμενες στο σχεδιασμό, διαδικασίες.

Οι αυξανόμενες τιμές του πετρελαίου, οι αυξανόμενες ανησυχίες για την εθνική ασφάλεια της ενέργειας και η παγκόσμια κλιματική αλλαγή που προκαλείται από την εντατική χρήση ορυκτών καυσίμων έχουν δημιουργήσει τη δυνατότητα ανάπτυξης τοπικά διαθέσιμων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Στην ΕΕ η αυξανόμενη χρησιμοποίηση πράσινης ενέργειας έχει γίνει καθοριστικής σημασίας για την επίτευξη περιβαλλοντικών και οικονομικών στόχων, όπως η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και η εξάρτηση από ρωσικό φυσικό αέριο.

Η τοπική οικονομική πρόσθετη αξία δημιουργείται επίσης αντιστρέφοντας τις οικονομικές ροές, δηλαδή με το να επενδύονται χρήματα σε τοπικές ενεργειακές πηγές, οι οποίες παραμένουν στην Περιφέρεια και συνεισφέρουν στην αύξηση του Περιφερειακού τζίρου. Η δημιουργία τοπικού τζίρου και η δημιουργία θέσεων εργασίας τυγχάνει αυξανόμενης προσοχής από τους περιφερειακούς λήπτες αποφάσεων. Παρόλα αυτά, τα κέρδη της Περιφέρειας, ή όπως αποκαλούνται, "η περιφερειακή προστιθέμενη αξία, που προκύπτουν από τις τοπικές πηγές είναι δύσκολο να καταμετρηθούν και να αποτυπωθούν στις περιφερειακές χαράξεις πολιτικής.

Οι περιφέρειες αναμένεται να συμμετέχουν ενεργά στην συνειδητοποίηση των στόχων RES, ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, αλλά πολύ συχνά δεν έχουν την εξειδίκευση, τα εργαλεία και μέσα και το προσωπικό για να θεσπίσουν την εφαρμογή νέων διαδεδομένων έργων υποδομών ενέργειας. Ειδικά οι αγροτικοί τομείς είναι από τη μία πλούσιοι σε τοπικούς πόρους, αλλά από την άλλη υπο-χρηματοδοτούνται σε όρους υποδομών, οργάνωσης και άυλων περιουσιακών στοιχείων.

Η παραγωγή βιοαερίου διακρίνεται ως ένα σημαντικό συστατικό για να δοθούν περιβαλλοντικά οφέλη σε αγροτικές περιφέρειες, όπως η αγροτική επιχειρηματικότητα. Στις προτάσεις της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για το μέλλον της Πολιτικής συνοχής, η πράσινη οικονομία είναι στο κεντρικό σημείο για την περίοδο χρηματοδότησης 2014-2020, και πολλά από τα μέτρα θα εφαρμοσθούν σε Περιφερειακό επίπεδο. Υπάρχει μια ένδειξη για την εκ των προτέρων αξιολόγηση των μελλοντικών επενδύσεων. Η μεθοδολογία που παρουσιάζεται εδώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί

ωστόσο από περιφερειακές αρχές, ειδικά σε υπαίθριες αγροτικές περιοχές, για να αξιολογηθεί η δυνατότητα και τα οφέλη της ανάπτυξης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Πολλές αγροτικές Περιφέρειες, συμπεριλαμβανομένης της Περιφέρειας Lubelskie της Πολωνίας, βλέπουν ευκαιρίες στη στήριξη της ανάπτυξης υποδομών γεωργικού βιοαερίου. Οι πιο σημαντικοί παράγοντες στην Πολωνία, που έχουν αντίκτυπο στην ανάπτυξη αυτής της τεχνολογίας, είναι η αγροτική δομή και το προφίλ των αγροτικών δραστηριοτήτων. Η Πολωνία είναι μια από τις χώρες με το μεγαλύτερο ποσοστό αγροτικών εκτάσεων σε σχέση με την ολική της έκταση : Περίπου 18.9 εκατομμύρια εκτάρια, δηλαδή το 60.4 % της ολικής της έκτασης. Η χρησιμοποιούμενη αξιοποιήσιμη αγροτική έκταση με κατάλληλες αγροτικές πρακτικές αριθμεί 15,4 εκατομμύρια εκτάρια (49% της χώρας). Το 2011 περίπου 2,2 εκατομμύρια φάρμες λειτούργησαν στην Πολωνία, συμπεριλαμβανομένων 1,5 εκατομμυρίων αγροκτημάτων μεγαλύτερων του ενός εκταρίου. Η μέση επιφάνεια μιας φάρμας που ξεπερνάει το 1 εκτάριο αυξάνεται αργά αλλά σταθερά, και τώρα είναι περίπου στα 9,8 εκτάρια.

Εξαιτίας της έλλειψης επαρκών πληροφοριών και στοιχείων στο πώς να συμπεριλάβουν έργα υποδομών γεωργικού βιοαερίου σε χωρικές και ενεργειακές διαδικασίες, οι λήπτες αποφάσεων για την Περιφέρεια χρειάζονται έτοιμα προς χρήση βοηθητικά εργαλεία για την διερεύνηση μελλοντικών επιλογών που στηρίζονται στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Έχουν παρατηρηθεί αποκλίσεις στις μεθοδολογίες υπολογισμού δυναμικής της βιομάζας, εξαιτίας των διαφορετικών οπτικών, οι οποίες μπορεί να είναι θεωρητικές, τεχνικές, οικονομικές, ανανεώσιμων και εφαρμόσιμων δυνατοτήτων, αλλά και των τύπων της βιομάζας που αναλύονται, των αντικειμένων, των ορίων του συστήματος, των χρονικών περιθωρίων, των δεδομένων που εισάγονται και τέλος των μεθοδολογιών.

Ο εναρμονισμός των προσεγγίσεων είναι απαραίτητος για να δοθούν ξεκάθαρες ενδείξεις σε αυτούς που τελικά θα τις χρησιμοποιήσουν ώστε να σχηματίσουν και να διατυπώσουν Πολιτικές και στόχους. Οι Viss M. και Dees M. ανέλυσαν 40 απλοποιημένες μεθοδολογίες για διαφορετικές πηγές βιομάζας με το BEE project, ωστόσο υποδεικνύουν την ανάγκη για περαιτέρω έρευνα που θα οδηγήσει στο αυξανόμενο επίπεδο λεπτομέρειας και τυποποίησης της δυναμικής μεθόδων υπολογισμού βιομάζας.

Μια από τις ανάγκες της έρευνας που υποδεικνύεται είναι η ανάλυση των δυνατοτήτων της βιομάζας και σε περιφερειακό επίπεδο, καθώς οι περισσότερες από τις υπάρχουσες μελέτες ανατρέξει κανείς στη βιβλιογραφία έχουν μόνο εθνικό προσανατολισμό και αναφέρονται σε επίπεδο χώρας. Στόχος είναι η παρουσίαση μιας ανασκόπησης των μεθοδολογιών που επιτρέπουν τον υπολογισμό αγροτικού βιοαερίου σε περιφερειακό επίπεδο, ώστε οι αρμόδιοι λήπτες αποφάσεων να εντάξουν το γεωργικό βιοαέριο σε πλάνα ανάπτυξης της Περιφέρειας, και οι ίδιοι οι επενδυτές να συνειδητοποιήσουν ότι μια ενδεχόμενη επένδυση θα απέφερε κέρδη στο σύντομο μέλλον.

4.3 ΤΟ ΣΟΡΓΟ ως θρεπτικό υπόστρωμα

Το σόργο είναι φυτό που προέρχεται από την Αφρική, ενώ στις Πολωνικές κλιματολογικές συνθήκες δεν μπορεί να παράγει καρπό παρόλο που έχει υψηλή απόδοση χλωρής βιομάζας με χαμηλές απαιτήσεις σε εδαφική έκταση, θρεπτικά συστατικά και νερό. Η αντοχή του στην λειψυδρία και στην ξηρασία που παρατηρείται συχνότερα τα τελευταία χρόνια στην Πολωνία καθιστά το σόργο εναλλακτική καλλιέργεια στον αραβόσιτο, ο οποίος είναι ιδιαίτερα ευάλωτος στις

προαναφερθείσες συνθήκες. Μπορεί να συγκομιστεί σόργο πολλές φορές ανά εποχή λόγω του γρήγορου ρυθμού αναγέννησής του και της αναπλήρωσης των προμηθειών ζωοτροφών. Η απόδοση του σόργου σε μεσαίας και χαμηλής παραγωγικότητας εδάφη μπορεί να φθάσει τους 100t / ha, ενώ η ενεργειακή του αξία είναι παρόμοια με εκείνη του αραβοσίτου, περίπου 18MJ / kg (Prazak, 2016).[2]

Το σόργο μπορεί να υποστηρίξει υπόστρωμα κοπριάς από ένα αγρόκτημα γαλακτοπαραγωγής, εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί μίγμα σόργου και αραβοσίτου. Οι Agostini et al. (2016) πραγματοποίησαν λεπτομερή ανάλυση κόστους με δεδομένα πεδίου και πηγές βιβλιογραφίας. Κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες (δηλαδή από κοινού χώνευση κοπριάς με το πολύ 30% σόργο, χωρίς ξήρανση και σχετικά με την επεξεργασία, χρήση αεροστεγών δεξαμενών για την αποθήκευση χωνευμάτων) παρέχονται επαρκείς ενδείξεις για την εξοικονόμηση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (σε σύγκριση με το ιταλικό μείγμα ηλεκτρικής ενέργειας) και κέρδους για τους οικονομικούς φορείς στην κοιλάδα του Πάδου της Ιταλίας. Σημειώνεται ότι τόσο η οικονομική όσο και η περιβαλλοντική επίδοση βελτιώνονται με τη χρήση σόργου ως εισροής αντί του αραβοσίτου κατά Agostini.

4.4 ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΑΠΕ ΚΑΙ Σ.Η.Θ ΣΤΗΝ ΠΟΛΩΝΙΑ

Η ανάγνωση του νομοθετικού πλαισίου στην Πολωνία για χρηματοδοτήσεις που αφορούν έργα Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας για ενεργειακή αξιοποίηση βιομάζας μέσω της παραγωγής βιοαερίου, και η αποκωδικοποίηση του είναι απαραίτητο βήμα για να προχωρήσουμε στην τεχνοοικονομική ανάλυση. Αυτό συμβαίνει γιατί το πλαίσιο προσδιορίζει κάποιες παραμέτρους που επηρεάζουν χρηματικές εισροές ή και εκροές, γι αυτό το λόγο είναι κρίσιμη η ανασκόπηση του. Σύμφωνα με το reslegal.eu και την ακριβή μετάφραση του νομοθετικού κειμένου για τις Α.Π.Ε. στην Πολωνία οι διαγωνισμοί-δημοπρασίες (Tenders) για χρήση ανανεώσιμης ενέργειας επί του παρόντος διενεργούνται με την ακόλουθη διαδικασία. Ο πρώτος διαγωνισμός διοργανώθηκε στις 30 Δεκεμβρίου 2016. Σύμφωνα μάλιστα με την παράγραφο 127.61 ορίζονται τα παρακάτω :

- Δάνειο. Το Εθνικό Ταμείο Περιβαλλοντικής Προστασίας και Διαχείρισης Υδάτων χορηγεί δάνεια χαμηλού επιτοκίου για την υποστήριξη της αγοράς και εγκατάστασης μονάδων ΑΠΕ.
- Φορολογικά κίνητρα. Οι παραγωγοί ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές εξαιρούνται από τον φόρο επί της πώλησης και κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα, στον οποίο αναφέρονται οι επιλέξιμες μέγιστες χρηματοδοτήσεις ανάλογα με την ονομαστική ισχύ εγκαταστάσεων 40 kW – 2 MW αλλά και τις διευκρινίσεις σχετικά με τα δάνεια , προχωρήσαμε σε υπολογισμούς.

Πίνακας 9. Μέγιστες χρηματοδοτήσεις (σε εκατ. PLN και εκατ.€ ανά μονάδα εγκαταστημένης

$$\text{ισχύος). Ισοτιμία} \frac{\text{€}}{\text{PLN}} = \frac{4.34}{1}$$

Εκατομμύρια PLN Ονομαστική Ισχύς(kWe)
ανά MW
ηλεκτρικής ισχύος

25	40-100
20	100-300
16	300-2000

Πηγή του Πίνακα: <http://www.res-legal.eu/search-by-country/poland/tools-list/c/poland/s/res-e/t/promotion/sum/176/lpid/175/>

Συγκεκριμένα, τα βήματα της διαδικασίας είναι με τη σειρά τα εξής:

1. Αίτηση: Ο επενδυτής υποβάλλει αίτηση δανείου στο Εθνικό Ταμείο Περιβαλλοντικής Προστασίας και Διαχείρισης Υδάτων.
2. Έλεγχος επιλεξιμότητας: Επιλέξιμοι για τη στήριξη του δανείου είναι οι επιχειρηματίες σύμφωνα με το άρθρο. 4 του νόμου περί ελεύθερης οικονομικής δραστηριότητας (7.4 RES Stork)
3. Περιορισμός εγκρίσεων με βάση τον διαθέσιμο προϋπολογισμό. Ο συνολικός προϋπολογισμός του προγράμματος ανέρχεται σε 570 εκατ. PLN (130 εκατ. Ευρώ) για το χρονικό διάστημα 2015-2023 (παρ.3 πρόγραμμα προτεραιότητας RES Stork). Έγκριση δανείου: Το δάνειο καλύπτει έως το 85% των επιλέξιμων δαπανών της επένδυσης (7.2 Πρόγραμμα Προτεραιότητας RES Stork). Ο περιορισμός αυτός δίνει μια εικόνα για τον αριθμό των δυνατών εγκρίσεων.

Το δάνειο ανέρχεται σε 40 εκατ. PLN (9,11 εκατ. Ευρώ) (7.3.1 πρόγραμμα προτεραιότητας RES Stork).

Το επιτόκιο του δανείου είναι: WIBOR (διατραπεζικό επιτόκιο της Βαρσοβίας) 3M - 100 μονάδες βάσης, αλλά τουλάχιστον 2% (7.3.2 Πρόγραμμα προτεραιότητας RES Stork). Η μέγιστη διάρκεια δανειοδότησης είναι 15 έτη (7.3.4 Πρόγραμμα Προτεραιότητας RES Stork).

Το προηγούμενο σύστημα που ίσχυε στην Πολωνία ήταν σύστημα ποσοστώσεων (quotas) και εφαρμόζεται ακόμη σε εγκαταστάσεις που ξεκίνησαν τη λειτουργία τους πριν από την 1η Ιουλίου 2016. Οι φορείς εκμετάλλευσης τέτοιων εγκαταστάσεων μπορούν να επιλέξουν μεταξύ του παλαιού συστήματος ποσοστώσεων και του συστήματος δημοπρασιών.

Στην Πολωνία, επιβάλλεται ειδικός φόρος κατανάλωσης για την πώληση ηλεκτρικής ενέργειας στους τελικούς χρήστες και την κατανάλωση αυτών (άρθρο 9 περί ειδικών φόρων κατανάλωσης). Η ηλεκτρική ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές εξαιρείται από τον φόρο κατανάλωσης (άρθρο 30 παρ. 1 νόμου περί ειδικών φόρων κατανάλωσης).

Το ποσό της επιδότησης ισούται με το ποσό των φόρων από τους οποίους απαλλάσσονται τα πρόσωπα. Επί του παρόντος, ο φόρος κατανάλωσης για την ηλεκτρική ενέργεια ανέρχεται σε 20 PLN (περίπου 4,55 ευρώ) ανά MWh (άρθρο 89 παρ. 3 του νόμου περί ειδικών φόρων κατανάλωσης).

Τόσο οι παραγωγοί ηλεκτρικής ενέργειας όσο και οι προμηθευτές ηλεκτρικής ενέργειας απαλλάσσονται από την καταβολή φόρου επί όλων των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που πωλούνται στους τελικούς χρήστες ή καταναλώνονται (άρθρο 30 παρ. 1 σε συνδυασμό με το άρθρο 9 παρ. 1 του νόμου περί ειδικών φόρων κατανάλωσης). Η διαδικασία εξαίρεσης από το φόρο είναι η εξής:

- Συλλογή φόρου ροής διαδικασιών. Ο φόρος εισπράττεται όταν η ηλεκτρική ενέργεια παρέχεται στον τελικό χρήστη ή όταν καταναλώνεται (άρθρο 11 του νόμου περί ειδικών φόρων κατανάλωσης).
- Πιστοποιητικά που εκδίδονται από την URE. Η ρυθμιστική αρχή URE εκδίδει πιστοποιητικά στους διανομείς ηλεκτρικής ενέργειας που συμμορφώνονται με την υποχρέωσή τους για ποσόστωση (βλ. Σύστημα ποσοστώσεων).
- Απαλλαγή από τον φόρο. Οι παραγωγοί και οι προμηθευτές απαλλάσσονται από τον φόρο όταν υποβάλλουν τα πιστοποιητικά τους στην αρμόδια αρχή (άρθρο 30 παρ. 1 του νόμου περί ειδικών φόρων κατανάλωσης).
- Αρμόδια αρχή. Η αρμόδια αρχή είναι το τελωνείο (άρθρο 14 παρ. 1 του νόμου περί ειδικών φόρων κατανάλωσης).
- Οι διαγωνισμοί-δημοπρασίες (tenders) είναι διαθέσιμοι για όλες τις τεχνολογίες. Υπάρχουν διαφορετικοί διαγωνισμοί για επτά κατηγορίες έργων και διενεργούνται χωριστές προσφορές για εγκαταστάσεις με εγκατεστημένη ισχύ άνω και κάτω του 1 MW. Ο διαγωνισμός έχει μόνο ένα στάδιο σε μορφή σφραγισμένης προσφοράς. Οι νικητές των διαγωνισμών λαμβάνουν εγγυημένο τιμολόγιο (pay-as-bid) για 15 χρόνια εάν η εγκατεστημένη ισχύς της εγκατάστασης είναι μικρότερη από 500 kW.

Ισχύουν επίσης οι παρακάτω περιορισμοί:

Περιορισμοί στο διαγωνισμό

- Το Συμβούλιο Υπουργών καθορίζει την ποσότητα ενέργειας που θα αγοραστεί κατά το επόμενο έτος μέχρι τις 31 Οκτωβρίου του προηγούμενου έτους (νόμος περί ΑΠΕ, άρθρο 72.1., Επί του παρόντος Διάταγμα της 16/03/2017).
- Το ανώτατο όριο τιμών καθορίζεται από τον Υπουργό Ενέργειας πριν από κάθε διαγωνισμό (νόμος ΑΠΕ, άρθρο 77.1., επί του παρόντος Διάταξη της 20/03/2017 όπως τροποποιήθηκε).
- Το μέγιστο ποσό της δημόσιας στήριξης ισούται με τη διαφορά μεταξύ της τιμής αναφοράς - που πολλαπλασιάζεται με την ποσότητα της παραγόμενης ενέργειας- και των εσόδων από την ίδια ποσότητα ενέργειας που πωλείται στην ανταγωνιστική αγορά σε μέση τιμή (που ρυθμίζεται επί του παρόντος με την εντολή 01/12/00) 2016).

Ποινικές ρήτρες

Ποσό της αμοιβής :

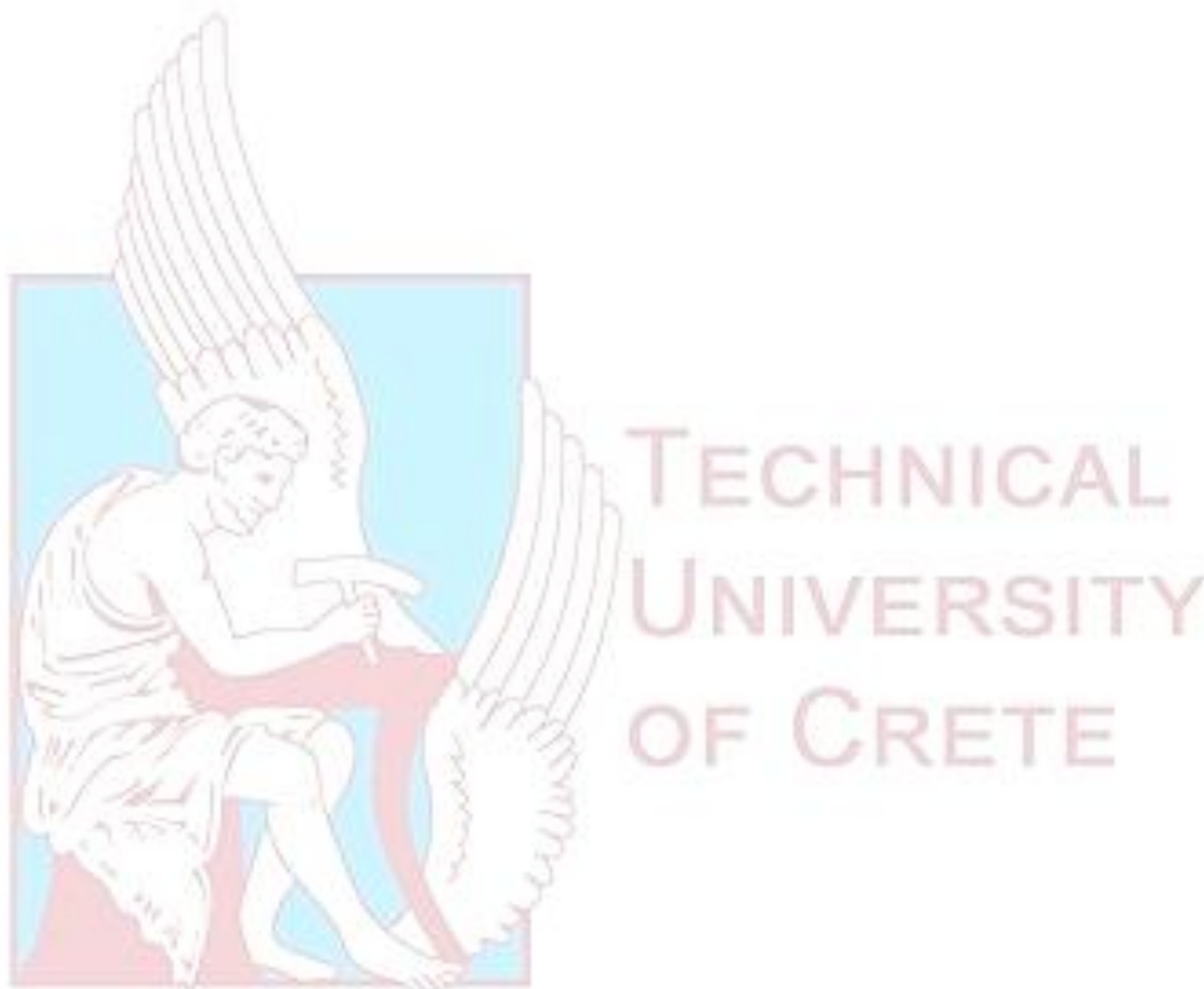
Το ποσό της αμοιβής είναι η διαφορά μεταξύ της ποσότητας ενέργειας που παράγεται και της ενέργειας που θα έπρεπε να παραχθεί πολλαπλασιαζόμενη επί το ήμισυ της προσφερόμενης

τιμής (νόμος ΑΠΕ, άρθρο 170. 6.). Ο πρόεδρος της Ρυθμιστικής Υπηρεσίας Ενέργειας μπορεί επίσης να επιβάλει ποινή στον διευθυντή της επιχείρησης, η οποία δεν μπορεί να υπερβαίνει το 300% του μισθού του (νόμος ΑΠΕ, άρθρο 172).

Μηχανισμός που εφαρμόζεται για την εξασφάλιση της πληρωμής του τέλους:

Δεν υπάρχει μηχανισμός.

Οι νικητές των προσφορών λαμβάνουν εγγυημένη πριμοδότηση (pay-as-bid) επί 15 έτη για να αντισταθμίσουν τη διαφορά μεταξύ της τιμής που προσφέρεται στην προσφορά και της τρέχουσας τιμής αγοράς αν η χωρητικότητα της εγκατάστασης δεν είναι μικρότερη από 500 kW.¹



¹<http://www.res-legal.eu/search-by-country/poland/tools-list/c/poland/s/res-e/t/promotion/sum/176/lpid/175/>
[https://skslegal.pl/wp-content/uploads/2017/09/Alert - RES_July_2017.pdf](https://skslegal.pl/wp-content/uploads/2017/09/Alert_-_RES_July_2017.pdf)

ΤΕΧΝΙΚΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΟΝΑΔΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

Η δυνατότητα εκτίμησης (ποιοτικά και ποσοτικά) των οικονομικών επιπτώσεων-συνεπειών των τεχνικών αποφάσεων που θα παρθούν, δηλαδή τι συνεπάγονται αυτές οι αποφάσεις σε κατανάλωση πόρων, αλλά και τι αναμένεται να αποδώσουν, αποτελούν το αντικείμενο της Τεχνικο-οικονομικής ανάλυσης.

Στην πραγματικότητα οι διαθέσιμοι πόροι (ανθρώπινο δυναμικό, κεφάλαιο, εξοπλισμός, εγκαταστάσεις) είναι πάντα περιορισμένοι και πρωταρχικός σκοπός της μηχανικής είναι η ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης πόρων και η μεγιστοποίηση της απόδοσης των έργων. Επίσης, είναι πολύ συχνή η ανάγκη επιλογής ανάμεσα σε εναλλακτικές δυνατότητες επένδυσης πόρων, ή ανάμεσα σε εναλλακτικά έργα που θα υλοποιηθούν. Είναι επομένως επιτακτικής σημασίας η , με δομημένο τρόπο και ορθολογικά κριτήρια, ιεράρχηση των προτεραιοτήτων, σχετικά με το ποια / ποιες αποφάσεις-επενδύσεις θα πρέπει να ληφθούν, αφού λαμβάνονται πάντα υπόψιν οι διάφορες τεχνικές και οικονομικές παράμετροι. Αφού γίνει η απαραίτητη σύνδεση με τη νομοθεσία μέσω των όσων έχουν ήδη αναφερθεί προηγουμένως, αναλύεται το σκεπτικό που ακολουθείται για τις εισροές και εκροές του συγκεκριμένου σχεδίου με χρήση αναλυτικών πινάκων δεδομένων.



UNIVERSITY
OF CRETE

5.1 ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ, ΠΡΩΤΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ

Στο πλαίσιο της τεchnικοοικονομικής μελέτης έχουμε με βάση τα όσα συνάγονται από τη νομοθεσία των Α.Π.Ε για Σ.Η.Θ στην Πολωνία, τους παρακάτω πίνακες :

Πίνακας 10. Κόστος ανά ισχύ εγκατάστασης

Ισχύς kW	Ισχύς MW	Μοναδιαίο Κόστος [M PLN]	Συνολικό Κόστος [€]
130	0,13	2,6	598.660
250	0,25	5	1.151.270
530	0,53	8,48	1.952.554
1000	1	16	3.684.064
2000	2	32	7.368.128

Πίνακας 11. Βασικές υποθέσεις

	Υπόθεση
Δάνειο 85% MAXIMUM	50%
Επιδοτ. επιτόκιο 2% MINIMUM	2%
Διάρκεια ζωής 15 Έτη MAXIMUM	15
Προεξοφλητικό επιτόκιο	4%

Για να κατανοήσουμε τι σημαίνει επιδοτούμενο δάνειο, θα πρέπει να συγκρίνουμε τις χρηματικές ροές 2 σεναρίων: Το πρώτο σενάριο (Α) αφορά την περίπτωση που ο επενδυτής πληρώνει το συνολικό ποσό από ίδιους πόρους σε μετρητά μέσα στη διάρκεια του έτους 0 που γίνεται η κατασκευή της υποδομής και η εγκατάσταση του εξοπλισμού. Το δεύτερο σενάριο (Β) αφορά δανειοδότηση, δηλαδή να πληρώσει ένα μέρος της δαπάνης από ίδιους πόρους και ένα άλλο μέρος από δανεισμό. Αυτό συνεπάγεται ότι η χρηματική εκροή στο έτος μηδέν θα περιοριστεί στο μισό ενώ το άλλο μισό θα αντικατασταθεί από τη δόση (ταμειακή εκροή) που πληρώνεται κάθε τέλος έτους για 15 έτη με επιτόκιο (επιδοτούμενο) 2%. Όταν η σειρά των ταμειακών ροών του δεύτερου σεναρίου προεξοφληθεί (προεξοφλητικό επιτόκιο 4%) διαπιστώνουμε ότι η διαφορετική Καθαρή Παρούσα Αξία των δαπανών επένδυσης είναι σε ευρώ 843994 – 787148 δηλαδή 56845, ποσό μη αμελητέο. Επομένως το επιδοτούμενο δάνειο μειώνει τη δαπάνη επένδυσης κατά περίπου 10%. Ο παραπάνω υπολογισμός θα ενσωματωθεί στην ανάλυση των Ταμειακών Ροών για όλα τα σενάρια (τεχνολογίες, μεγέθη σύνολο 7) για τον προσδιορισμό της ΚΠΑ σε καθένα από αυτά.

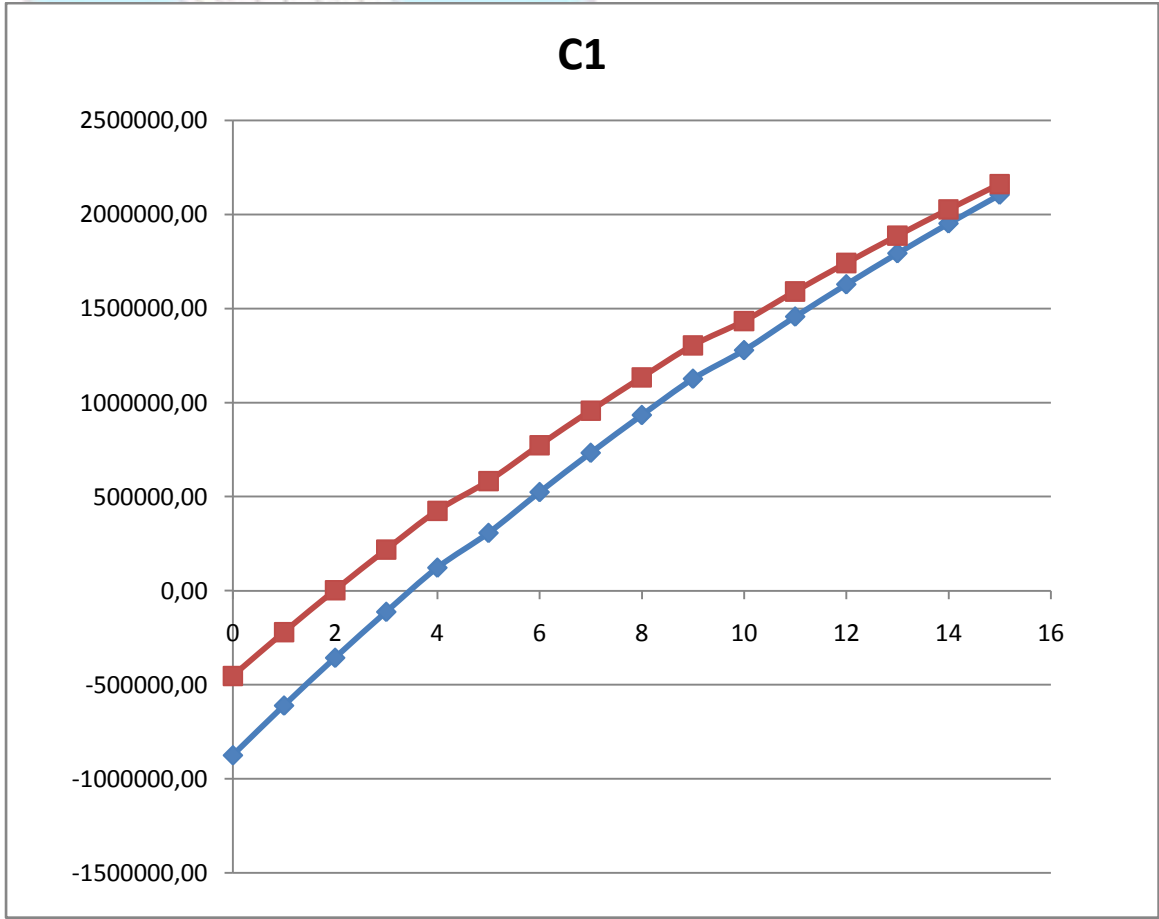
Παραδείγματα υπολογισμού διαφορικής παρούσας αξίας για επιδότηση δανείου

Πίνακας 12. Διαφορική παρούσα αξία επιδότησης δάνειο για C1

Έτος 0	0	1	2	3	...	14	15	
scenario A: own funds	NPV (year 0)							
equipment purchase/replacement [€]	843.994	843.994						
scenario B: 50% subsidized loan	annuity for loan / interest rate 2%					...		
50% own funds	421.997							
50% loan payments [€]		32.842	32.842	32.842	...	32.842	32.842	
							NPV (year 0)	
total discounted flows	421.997	31.579	30.364	29.197	...	18.966	18.236	
							787.148	

Στο παρακάτω γράφημα βλέπουμε τις αθροιστικές προεξοφλημένες καθαρές χρηματικές ροές για τα σενάρια A,B για το C1 (100 kW ICE). Με κόκκινη γραμμή και χωρίς επιδοτούμενο δάνειο το A και με γαλάζια γραμμή το B.

Διάγραμμα 6 . Αθροιστικές προεξοφλημένες καθαρές χρηματικές ροές για το C1 (100 kW ICE)



Για τη συνέχεια των υπολογισμών υποθέτουμε ότι το κόστος της επένδυσης καλύπτεται εξ ολοκλήρου από Ίδια Κεφάλαια (σενάριο A), ενώ εναλλακτικά λαμβάνεται επιδοτούμενο δάνειο ύψους 50% κατά το μέγιστο του ποσού της δαπάνης επένδυσης. Επιλέγεται η αναλυτική

παρουσίαση και των υπολοίπων παραδειγμάτων , και ακολουθεί σωρευτικός πίνακας διαφορικής παρούσας αξίας για το σύνολο αυτών (Πίνακας 19)

Πίνακας 13. Διαφορική παρούσα αξία επιδότησης δανείου για C2

Έτος	0	1	2	3	14	15	
<i>scenario A: own funds[€]</i>							NPV (year 0)
equipment purchase/replacement	1.386.650						1.386.650
<i>scenario B: 50% subsidized loan [€]</i>	annuity for loan / interest rate 2%						
<i>50% own funds</i>	693.325						
<i>50% loan payments</i>		53.958	53.958	53.958	53.958	53.958	NPV (year 0)
total discounted flows	693.325	51.883	49.888	47.969	31.160	29.961	1.293.255

Πίνακας 14. Διαφορική παρούσα αξία επιδότησης δανείου για C3

Έτος	0	1	2	3	14	15	
scenario A: own funds[€]							NPV (year 0)
equipment purchase/replacement	2.652.846						2.652.846
scenario B: 50% subsidized loan	annuity for loan / interest rate 2%						
50% own funds	1.326.423						
50% loan payments[€]		103.229	103.229	103.229	103.229	103.229	NPV (year 0)
total discounted flows	1.326.423	99.259	95.441	91.771	59.612	57.320	2.474.168

Πίνακας 15. Διαφορική παρούσα αξία επιδότησης δανείου για C4

Έτος	0	1	2	3	14	15	
scenario A: own funds[€]							NPV (year 0)
equipment purchase/replacement	4.778.248						4.778.248
scenario B: 50% subsidized loan	annuity for loan / interest rate 2%						
50% own funds	2.389.124						
50% loan payments[€]		185.935	185.935	185.935	185.935	185.935	NPV (year 0)
total discounted flows	2.389.124	178.783	171.907	165.295	107.373	103.243	4.456.418

Πίνακας 16. Διαφορική παρούσα αξία επιδότησης δανείου για C5

Έτος	0	1	2	3	14	15	
scenario A: own funds[€]							NPV(year 0)
equipment purchase/replacement	9.300.379						9.300.379
scenario B: 50% subsidized loan	annuity for loan / interest rate 2%						

50% own funds	4.650.190						
50% loan payments[€]		361.903	361.903	361.903	361.903	361.903	NPV (year 0)
total discounted flows	4.650.190	347.984	334.510	321.731	208.990	200.952	8.673.969

Πίνακας 17. Διαφορική παρούσα αξία επιδότησης δανείου για C6

Έτος	0	1	2	3	14	15	
scenario A: own funds[€]							NPV (year 0)
equipment purchase/replacement	982.101						982.101
scenario B: 50% subsidized loan							
	annuity for loan / interest rate 2%						
50% own funds	491.051						
50% loan payments[€]		38.216	38.216	38.216	38.216	38.216	NPV (year 0)
total discounted flows	491.051	36.746	35.333	33.974	22.069	21.220	915.953

Πίνακας 18. Διαφορική παρούσα αξία επιδότησης δανείου για C7

Έτος	0	1	2	3	14	15	
scenario A: own funds[€]							NPV (year 0)
equipment purchase/replacement	1.652.240						1.652.240
scenario B: 50% subsidized loan							
	annuity for loan / interest rate 2%						
50% own funds	826.120						
50% loan payments[€]		64.293	64.293	64.293	64.293	64.293	NPV (year 0)
total discounted flows	826.120	61.820	59.443	57.156	37.128	35.700	1.540.957

Πίνακας 19. Σωρευτικός πίνακας διαφορικής καθαρής παρούσας αξίας

[€]	ΣΕΝΑΡΙΟ Α (ΧΩΡΙΣ ΔΑΝΕΙΟ)	ΣΕΝΑΡΙΟ Β (ΜΕ ΔΑΝΕΙΟ 50%)	ΔΙΑΦΟΡΙΚΗ Κ.Π.Α
C1	843.994	787.148	56.846
C2	1.386.650	1.293.255	93.395
C3	2.652.846	2.474.169	178.677
C4	4.778.248	4.456.418	321.830
C5	9.300.379	8.673.969	626.410
C6	982.101	915.953	66.148
C7	1.652.240	1.540.957	111.284

5.2 ΕΙΣΡΟΕΣ

Για τον υπολογισμό των εισροών (cash inflows) συνυπολογίζονται:

- τα έσοδα από τη διάθεση πράσινων, κίτρινων και μωβ πιστοποιητικών/καρτών σύμφωνα με το νομοθετικό πλαίσιο για την συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας από Α.Π.Ε στην Πολωνία.

- η διάθεση του έδαφο-βελτιωτικού λιπάσματος, το οποίο εκτιμάται στο 40% της F.M σύμφωνα με βιβλιογραφικές αναφορές , σε τιμή 11,5 €/Mg.
- η υποχρεωτική από τη νομοθεσία διάθεση του 50% της θερμικής ενέργειας που παράγεται μετά την κάλυψη των θερμικών αναγκών της εκάστοτε εγκατάστασης.
- Τα έσοδα από τη διάθεση της διαθέσιμης παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας μετά το συνυπολογισμό των αναγκών ίδιο-κατανάλωσης και των απωλειών , ανάλογα πάντα με το μέγεθος και την χρησιμοποιούμενη τεχνολογία κάθε εγκατάστασης, με βασική feed-in tariff 0,17 €/kWh.

Συγκεκριμένα, ακολουθεί το σκεπτικό σε πίνακες. Αρχικά υπενθυμίζεται η ισοτιμία.
$$\frac{\text{€}}{\text{PLN}} = \frac{4.34}{1}$$

Με βάση τα προαναφερθέντα νομοθετικά κείμενα και βιβλιογραφία οι επιδοτήσεις ανά κατηγορία συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 20. Στοιχεία για Πιστοποιητικά/Κάρτες και Έδαφο-βελτιωτικό λίπασμα. [3][4][5][6]

Πιστοποιητικά/Κάρτες	$\frac{PLN}{MWh}$	$\frac{€}{MWh}$
Πράσινα	270	62,10
Κίτρινα	127	29,21
Μωβ	59	13,57
Έδαφο-βελτιωτικό	$\frac{PLN}{Mg}$	$\frac{€}{Mg}$
Λίπασμα	50	11,50

Για τον υπολογισμό του συνόλου από τη διάθεση Πιστοποιητικών/Καρτών πολλαπλασιάζουμε τις μοναδιαίες τιμές των καρτών επί την ηλεκτρική ενέργεια που διαθέτει στην αγορά η κάθε μονάδα. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα και αν αναχθούν ανά κιλοβατώρα υπερβαίνουν τα 10 cents , τα οποία προστίθενται στην τιμή των 17 cents.

Πίνακας 21. Έσοδα από Πιστοποιητικά/ Κάρτες

Τύπος Μονάδας Σ.Η.Θ	Διαθέσιμη Παραγόμενη Ηλεκτρική Ενέργεια [kWh]	Διαθέσιμη Παραγόμενη Ηλεκτρική Ενέργεια [MWh]	Πράσινα [€]	Κίτρινα [€]	Μώβ [€]	Σύνολο [€]
C1	987012	987,012	61293,45	28830,62	13393,75	103517,8
C2	1898100	1898,1	117872	55443,5	25757,22	199072,7
C3	3981614	3981,614	247258,2	116302,9	54030,5	417591,7
C4	7312680	7312,68	454117,4	213603,4	99233,07	766953,9
C5	15984000	15984	992606,4	466892,6	216902,9	1676402
C6	987012	987,012	61293,45	28830,62	13393,75	103517,8
C7	1898100	1898,1	117872	55443,5	25757,22	199072,7

Για τον υπολογισμό του συνόλου των εσόδων από το έδαφο-βελτιωτικό λίπασμα, έγινε η παραδοχή ότι το σόργο έχει απόδοση της τάξεως των 100 Mg/ha [7]. Με βάση την εκτιμώμενη ποσότητα και τιμή πώλησης τα 11,5 €/Mg προκύπτει το κέρδος εκμετάλλευσης.

Πίνακας 22. Εξοικονόμηση Δαπάνης από Έδαφο-βελτιωτικό Λίπασμα.

Μονάδα Σόργο Κοπριά Σόργο Παραδοχή Σύνολο
Σ.Η.Θ + 40%
Κοπριά

	$\frac{Mg}{\text{έτος}}$	$\frac{Mg}{\text{έτος}}$	$\frac{Mg}{\text{έτος}}$	$\frac{Mg}{\text{έτος}}$	€
C1	2730	8018	10748	4299	49441
C2	5104	14990	20094	8038	92432
C3	10252	30107	40359	16144	185651
C4	18608	73257	91865	36746	422579
C5	35253	103531	138784	55514	638406
C6	3675	10793	14468	5787	66553
C7	6563	19273	25836	10334	118846

Για τα έσοδα από αξιοποίηση της παραγόμενης θερμότητας.

Πίνακας 23. Έσοδα από πώληση θερμότητας

Μονάδα Θεωρητική Ετήσιες Παραγόμενη Διάθεση Θεωρητική 50%
Σ.Η.Θ Θερμική Ώρες Θερμική Θερμικής Αξιοποίηση Υποχρεωτική
Ισχύς Pth λειτουργίας Ενέργεια Ενέργειας με
βάση
νομοθεσία

	kWth	h	$\frac{kWh}{\text{έτος}}$	$\frac{€}{kWh}$	$\frac{€}{\text{έτος}}$	€
C1	62,4	7.992	498.701	0,04	19.948	9.974
C2	120	7.992	959.040	0,04	38.362	19.181
C3	259,7	7.992	2.075.522	0,04	83.021	41.510
C4	495	7.992	3.956.040	0,04	158.242	79.121
C5	1000	7.992	7.992.000	0,04	319.680	159.840
C6	68,9	7.992	550.649	0,04	22.026	11.013
C7	135	7.992	1.078.920	0,04	43.157	21.578

5.3 ΕΚΠΡΟΕΣ

Οι εκροές-δαπάνες (outflows) είναι το άθροισμα του λειτουργικού κόστους (operating cost), του κόστους ενοικίασης απαραίτητης έκτασης και του κόστους αρχικής επένδυσης και αντικατάστασης στοιχείων του εξοπλισμού κατά τη διάρκεια της επένδυσης (investment equipment purchase/replacement). Σε γενικές γραμμές, η διάρκεια ζωής μιας αγροτικής μονάδας συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας ξεπερνάει τα 15 έτη, γεγονός που σημαίνει ότι η αντικατάσταση βασικών τμημάτων της εγκατάστασης δεν είναι συνηθισμένη, ωστόσο στο πλαίσιο ασφαλείας εισάγεται ανά 5 έτη, από τα 15 έτη που επιλέγονται ως χρονικός ορίζοντας αξιολόγησης της επένδυσης, μια επιπλέον δαπάνη που είναι ίση περίπου με το κόστος συντήρησης της υπάρχουσας εγκατάστασης, ανάλογα βέβαια με τη δυναμικότητα και την χρησιμοποιούμενη τεχνολογία. Στο πλαίσιο απλούστευσης ορίζεται μια μέση τιμή 50.000 ευρώ. Το λειτουργικό κόστος περιλαμβάνει το κόστος συντήρησης (maintenance), το κόστος αγοράς θρεπτικού υποστρώματος σόργου (raw material- sorghum), το κόστος των λιπαντικών ελαίων

(lubricants), το κόστος του φορτωτή εκφόρτωσης (loader), το κόστος των εργατικών λειτουργίας και συντήρησης (labour) και το κόστος ασφάλισης και τήρησης λογιστικών βιβλίων (insurance). Με βάση τα παραπάνω υπολογίζεται η Καθαρή Παρούσα Αξία, και εξετάζεται το ενδεχόμενο δανειοδότησης του 50 % της αρχικής επένδυσης με επιτόκιο 2% για 15 έτη, ώστε να σημειωθεί η επίπτωση των ευνοϊκών ρυθμίσεων στην Κ.Π.Α.

Αρχικά , με αντίστοιχο τρόπο που έχει χρησιμοποιηθεί και προηγουμένως , υπολογίζεται η Δόση με το Σύστημα Σταθερού Τόκου και Χρεολυσίου (Loans Amortisation) , για ποσό που ισούται με το 50% της αρχικής επένδυσης , για επιτόκιο 2% και χρονικό ορίζοντα 15 έτη. Είναι ουσιαστικά η νομισματική αξία σταθερής ράντας όπως έχει παρουσιαστεί αναλυτικά. Η δόση προκύπτει ως το άθροισμα του Τόκου με το Χρεολύσιο , και συγκεντρώνεται για κάθε εγκατάσταση C1,C2,C3,C4,C5,C6,C7 στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 24. Δόση δανεισμού 50%

Μονάδα Σ.Η.Θ	Δόση [€]
C1	32.842
C2	53.958
C3	103.229
C4	185.935
C5	361.903
C6	38.216
C7	64.293

5.3.1 ΚΑΜΠΥΛΗ ΠΡΟΣΦΟΡΑΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Στο πλαίσιο της εκπλήρωσης του στόχου αύξησης του μεριδίου της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στο 14% έως το 2020, η βιοενέργεια έχει ανέλθει σημασίας στην Πολωνία. Παρόλο που έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές έρευνες σε κρατικό ή επαρχιακό επίπεδο , αυτές αποτυγχάνουν σε μεγάλο βαθμό να απεικονίσουν τις ιδιαιτερότητες των μεμονωμένων αγροτών σε μια μεταβατική οικονομία ,στην οποία λαμβάνουν αποφάσεις σχετικά με την εισαγωγή ενεργειακών καλλιεργειών. Για να καλυφθεί αυτό το ερευνητικό κενό, αναπτύχθηκε ένα δυναμικό μοντέλο χωροταξικού σχεδιασμού της χρήσης της γεωργικής γης για την προσομοίωση της διαδικασίας εισαγωγής σόργου στο επίπεδο του νομού και των επακόλουθων επιπτώσεων στην τοπική χρήση γης. Αυτό το μοντέλο εφαρμόστηκε αρχικά στην περιοχή Lubelskie της ανατολικής Πολωνίας και παρέχει πληροφορίες για τη χωρική κατανομή των εξεταζόμενων συμβατικών καλλιεργειών καθώς και την προσφορά βιομάζας.

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

Στοχεύοντας στην απεικόνιση των αντιδράσεων των αγροτών στην ταλαντούμενη ζήτηση βιομάζας αναπτύχθηκε ένα μαθηματικό υπόδειγμα βελτιστοποίησης για τον γεωργικό τομέα, ώστε να λαμβάνεται υπόψη η παραγωγή τροφίμων και βιομάζας. Αυτό το πλαίσιο υποδείγματος συνδυάζει την έννοια των μεταμοσχευμένων παραμέτρων από τα υποδείγματα συστημάτων που βασίζονται σε παραμέτρους με τη μέθοδο βελτιστοποίησης από υποδείγματα μερικής ισορροπίας του αγροτικού τομέα. Οι βασικές μονάδες προσομοίωσης στο υπόδειγμα, δηλαδή οι παράμετροι, ορίζονται ως η συσσωμάτωση των μεμονωμένων αγροτών σε επίπεδο NUTS-5(Nomenclature of Units for Territorial Statistics-5). Με αυτόν τον τρόπο, οι θέσεις των αγροτών στο χάρτη ,το

διαφορετικού είδους έδαφος και τα φυσιογραφικά χαρακτηριστικά μπορούν να συνδεθούν και να μεταφερθούν στο υπόδειγμα.

Το υπόδειγμα απεικονίζει τα ετερογενή γεωγραφικά χαρακτηριστικά κάθε παράγοντα, για παράδειγμα την κλίση, την υφή του εδάφους, το βάθος του εδάφους, την σκληρότητα, τις λεκάνες απορροής, την εδαφική κάλυψη, το κλίμα και ούτω καθεξής. Αυτά τα χαρακτηριστικά οδηγούν στο μη ομοιόμορφο κόστος ευκαιρίας για την καλλιέργεια φυτών, το οποίο αφήνει το περαιτέρω περιθώριο για τους αγρότες να βελτιστοποιούν τις καλλιέργειες τους. Παρόμοια με άλλα υποδείγματα μερικής ισορροπίας του γεωργικού τομέα (Shu et al., 2015, McCarl και Schneider 2001), η προσέγγιση της βελτιστοποιημένης εργασίας αποτελείται από μια αντικειμενική συνάρτηση, δηλαδή τη συνολική ευημερία του γεωργικού τομέα, τις μεταβλητές απόφασης, δηλαδή τις αποφάσεις των αγροτών για τα μοτίβα των καλλιεργειών, καθώς και μια ομάδα περιοριστικών εξισώσεων που αντανakλούν τις προσφερόμενες αγροτικές πηγές, την τεχνική πρόοδο, τις πολιτικές και τους στόχους. Μαθηματικά, οι εξισώσεις αυτές ορίζουν την κυρτή εφικτή περιοχή για όλες τις μεταβλητές απόφασης.

Η επίλυση του μοντέλου βρίσκει ένα βέλτιστο επίπεδο για όλες τις μεταβλητές απόφασης ώστε να μεγιστοποιηθεί η αντικειμενική συνάρτηση ενώ συγχρόνως τηρούνται όλες οι εξισώσεις περιορισμών. Οι McCarl και Spreen (1980) δήλωσαν ότι η μεγιστοποίηση του πλεονάσματος των καταναλωτών και των παραγωγών δημιουργεί την ανταγωνιστική ισορροπία της αγοράς. Άρα, τα βέλτιστα επίπεδα μεταβλητών μπορούν να θεωρηθούν ως επίπεδα ισορροπίας των γεωργικών δραστηριοτήτων υπό δεδομένες οικονομικές, περιβαλλοντικές και τεχνολογικές συνθήκες. Εν τω μεταξύ, οι σκιώδεις τιμές, που προκύπτουν από τις οριακές τιμές των εξισώσεων περιορισμού της ζήτησης βιομάζας, καθορίζουν τις τιμές εκκαθάρισης της αγοράς πρώτης ύλης βιοενέργειας. Ένα άλλο αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό στην κατασκευή του υποδείγματος είναι η εφαρμογή της ιστορικής προσέγγισης του συνδυασμού καλλιεργειών. Αντί να τεκμηριώνεται κάθε πληροφορία μικρο-επιπέδου για να περιγραφεί εξαντλητικά η διαδικασία λήψης αποφάσεων του γεωργού, για παράδειγμα, ο περιορισμός των γεωργικών σειρών καλλιεργειών, η διαφοροποίηση των κινδύνων, η αποφυγή μεγάλων διακυμάνσεων της ζήτησης εργασίας και μηχανημάτων κ.λπ., η προσέγγιση αυτή βασίζεται στις ιστορικές παρατηρήσεις των συνολικών απαντήσεων των αγροτών. Αυτές οι παρατηρήσεις λαμβάνονται από διαθέσιμα στο κοινό στατιστικά στοιχεία και άλλες πηγές δεδομένων.

Το υπόδειγμα βρίσκει τις βέλτιστες λύσεις που προκύπτουν από τον καλύτερο συνδυασμό (δηλαδή σταθμισμένο μέσο όρο) ιστορικών αποφάσεων φύτευσης με βάση την παραδοχή ότι ένα παρατηρούμενο ιστορικό μοτίβο καλλιέργειας (ή μείγμα καλλιεργειών) αντανakλά τη συνάθροιση των βέλτιστων απαντήσεων σε μεμονωμένες επιχειρήσεις. Αυτή η αρχή έχει αποδειχτεί από τους Önal και McCarl (1989, 1991). Αυτοί εξηγούν ότι οι βέλτιστες λύσεις ενός συνολικού γραμμικού προγράμματος που συμπεριλαμβάνουν όλες τις επιχειρήσεις ως ανεξάρτητους υπεύθυνους για τη λήψη αποφάσεων είναι σε ένα σε ένα αντιστοιχία με τις βέλτιστες λύσεις της μεμονωμένης επιχείρησης. Έτσι, η συνολική λύση (δηλ. μαθηματικά, ένα ακραίο σημείο του αθροιστικού μοντέλου - υποθέτοντας γραμμικούς περιορισμούς) σχηματίζεται με τη στοίβαξη των βέλτιστων λύσεων (δηλαδή των ακραίων σημείων) των μοντέλων σταθερής στάθμης (Chen και Önal 2012).

ΔΟΜΗ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

Το υπόδειγμα βελτιστοποίησης γεωργικού τομέα είναι ένα Περιφερειακό υπόδειγμα αναδρομικής δυναμικής μερικής ισορροπίας που απεικονίζει την αλλαγή χρήσης της αρόσιμης γης, ε βάση τη ζήτηση για τρόφιμα και βιομάζα. Το υπόδειγμα γραμμικού προγραμματισμού κωδικοποιείται στο

εμπορικό λογισμικό GAMS, χρησιμοποιώντας το CPLEX ως επιλυτή. Αναπτύσσεται ένα πλαίσιο μοντελοποίησης για να προσομοιωθεί η ετήσια επαναλαμβανόμενη διαδικασία λήψης αποφάσεων των αγροτών, των ενδογενών παραμέτρων του υποδείγματος.

Η περιφέρεια Lubelskie αποτελείται από 213 δήμους. Η συσσώρευση όλων των μεμονωμένων αγροτών ενός δήμου θεωρείται ως μία παράμετρος στο Περιφερειακό υπόδειγμα του γεωργικού τομέα. Επομένως, υπάρχουν στο μοντέλο 213 παράμετροι. Αποφασίζουν για το είδος και την ένταση των καλλιεργειών καθώς και για τα επίπεδα σχετικών δραστηριοτήτων. Καθ' όλη τη διάρκεια του υποδείγματος (2017-2050), οι αποφάσεις που πάρθηκαν σε ένα έτος μεταφέρονται σταθερά στον επόμενο χρόνο, εισάγοντας αναδρομική δυναμική στο υπόδειγμα. Η σκιώδης τιμή της βιομάζας, που αντικατοπτρίζει το συνολικό κόστος που όλος ο κόσμος είναι πρόθυμος να πληρώσει για κάθε μονάδα προσφοράς βιομάζας, καθορίζεται από τη διασταύρωση της συνολικής προσφοράς από όλους τους αγρότες και από το επίπεδο στόχου της ζήτησης που τίθεται. Οι αγρότες αναμένεται να αντιδρούν συνεχώς στη μεταβαλλόμενη ζήτηση βιομάζας αλλάζοντας τη χρήση της γης, δηλαδή τα πρότυπα των καλλιεργειών και το ποσοστό των ενεργειακών καλλιεργειών, εάν είναι κερδοφόρες, και επομένως επηρεάζουν την τιμή της αγοράς. Οι εξωγενώς εκπροσωπούμενοι παράμετροι στο μοντέλο είναι οι καταναλωτές βιομάζας και οι κυβερνήσεις, μέσω της ρύθμισης των εξωτερικών παραγόντων, για παράδειγμα της ζήτησης βιομάζας και τροφής, του επιπέδου επιδότησης για την παραγωγή τροφίμων και την καλλιέργεια φυτών.

Το υπόδειγμα καθορίζει τη βέλτιστη κατανομή περιορισμένων αρόσιμων καλλιεργειών μεταξύ των συμβατικών καλλιεργειών και των ενεργειακών καλλιεργειών για την ταυτόχρονη κάλυψη της ζήτησης για τροφή και βιομάζα. Στην παρούσα έρευνα, καλύπτονται 15 τοπικές επικρατούσες συμβατικές καλλιέργειες. Πρόκειται για χειμερινό σιτάρι, σιτάρι εαρινό, σίκαλη, χειμερινό κριθάρι, ελαιόλαδο, βρώμη, τριτικάλ(μείγμα σίτου και σίκαλης) ελάτης, αραβόσιτο για σιτηρά, αραβόσιτο για κτηνοτροφία, κεχρί, πατάτα, ζαχαρότευτλα και γογγυλόσπορο. Για λόγους απλούστευσης, εξετάζεται το σόργο που αντιπροσωπεύει την ετήσια ενεργειακή καλλιέργεια. Από μαθηματικούς όρους, το μοντέλο περιλαμβάνει αντικειμενική συνάρτηση, ομάδα μεταβλητών απόφασης και εξισώσεις περιορισμού.

Η αντικειμενική συνάρτηση μεγιστοποιεί τη σημερινή αξία της συνολικής ευημερίας του γεωργικού τομέα σε 34-ετή χρονική περίοδο με ετήσιο βήμα. Υπολογίζεται αφαιρώντας το συνολικό κόστος από τα συνολικά έσοδα. Τα συνολικά έσοδα προέρχονται από τις πωλήσεις και τις κυβερνητικές επιδοτήσεις δύο εμπορικών προϊόντων: σπόροι από συμβατικές καλλιέργειες και πρώτες ύλες βιομάζας από υπολείμματα καλλιεργειών συμβατικών καλλιεργειών και ειδικών ενεργειακών καλλιεργειών. Το συνολικό κόστος προκύπτει από τις δραστηριότητες και τους συντελεστές εισροής της παραγωγής που επενδύονται στην καλλιέργεια. Οι τιμές των μεταβλητών απόφασης προσδιορίζονται ενδογενώς από τη διαδικασία βελτιστοποίησης. Οι εξισώσεις περιορισμού απεικονίζουν τις παραμέτρους που επηρεάζουν τη διαδικασία λήψης αποφάσεων των παραμέτρων (εξωτερικοί περιορισμοί). Μαθηματικά, ορίζουν την κυρτή εφικτή περιοχή για όλες τις μεταβλητές απόφασης. Σε αυτό το υπόδειγμα, μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις ομάδες: φυσικούς, τεχνικούς και πολιτικούς περιορισμούς.

Οι φυσικοί περιορισμοί είναι κατασκευασμένοι για να καθοδηγούν την κατανομή των πόρων αρόσιμης γης. Μία εξίσωση ρυθμίζει τους χορηγούμενους πόρους αροτραίων καλλιεργειών για την παραγωγή τροφίμων και βιομάζας ώστε να βρίσκονται εντός του εύρους της προσφοράς τους στην περιοχή μελέτης. Μία άλλη ορίζει ότι το μείγμα καλλιεργειών στα έτη προσομοίωσης πρέπει να είναι ένας γραμμικός συνδυασμός ιστορικών παρατηρήσεων σύμφωνα με την αρχή της ιστορικής προσέγγισης του μείγματος καλλιεργειών. Για την εξασφάλιση της συνοχής χρήσης γης

μεταξύ διαδοχικών ηλικιακών ομάδων του ίδιου είδους πολυετών καλλιεργειών σε γειτονικά έτη εφαρμόζονται τεχνικοί περιορισμοί. Για παράδειγμα, ενόψει της φυσικής εξάλειψης και της εκούσιας εξάλειψης από τους αγρότες, η περιοχή φυτειών της ιτιάς στην τέταρτη ηλικιακή τάξη το 2030 δεν πρέπει ποτέ να υπερβεί την έκτασή της στην τρίτη τάξη ηλικιών το 2029. Οι περιορισμοί πολιτικής αναφέρονται εδώ στους στόχους πολιτικής για τη διατήρηση της επισιτιστικής ασφάλειας και στην επαρκή παροχή βιομάζας ταυτόχρονα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι, ενώ οι ενεργειακές καλλιέργειες είναι αφιερωμένες στην παραγωγή βιομάζας, οι συμβατικές καλλιέργειες παράγουν τόσο κόκκους όσο και υπολείμματα καλλιεργειών, ένα ποσοστό των οποίων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ενεργειακούς σκοπούς. Μετά την αφαίρεση των απαιτήσεών τους για τη βελτίωση της οργανικής ύλης του εδάφους, της διατροφής των ζώων και της στρωμνής, καθώς και των υποστρωμάτων για την παραγωγή μανιταριών, ο λόγος χρησιμοποίησης των υπολειμμάτων καλλιεργειών για βιομάζα είναι 40% για αυτό το μοντέλο. Ένας απλοποιημένος ενιαίος δείκτης χρησιμοποίησης για όλους τους δήμους που υιοθετήθηκε στην τρέχουσα έκδοση του υποδείγματος δεν μπορεί να αντικατοπτρίζει πλήρως την τοπική πρακτική της χρήσης της βιομάζας και συνεπώς μπορεί να οδηγήσει σε κάποια απόκλιση από τα αποτελέσματα που ανακτώνται υπό ιδανικές συνθήκες προσομοίωσης.

Αντικειμενική συνάρτηση

Το άθροισμα των εσόδων των παραγωγών σε όλες τις αγορές βασικών προϊόντων, μείον το συγκεκριμένο και μη εξειδικευμένο κόστος παραγωγής και το κόστος της αποκατάστασης των λασπώσεων.

Φυσικοί περιορισμοί

Η καλλιεργούμενη έκταση σε κάθε περιοχή και χρονική περίοδο δεν μπορεί να υπερβεί την διαθέσιμη έκταση.

Τεχνικοί περιορισμοί

Η έκταση της καλλιέργειας ενεργειακών καλλιεργειών σε ανώτερες ηλικιακές κατηγορίες δεν μπορεί να υπερβεί την περιοχή της αντίστοιχης προηγούμενης τάξης ηλικίας κατά την προηγούμενη περίοδο.

Περιορισμοί πολιτικής

- Η παραγωγή βιομάζας πρέπει να ικανοποιεί την ελάχιστη ζήτηση βιομάζας.
- Η παραγωγή τροφίμων πρέπει να ικανοποιεί την ελάχιστη ζήτηση τροφίμων.
- Οι καλλιεργητικές δραστηριότητες διαμορφώνονται από ιστορικά παρατηρούμενες επιλογές για τη διασφάλιση των κανόνων διαφοροποίησης της CAP (Criteria Air Pollutant).

Μεταβλητές απόφασης

- Η καλλιεργούμενη έκταση περιλαμβάνει αρόσιμες εκτάσεις και λασπώδη εδάφη.
- Οι καλλιέργειες στο μοντέλο χωρίζονται σε συμβατικές καλλιέργειες και ενεργειακές καλλιέργειες.
- Τα βάρη των ιστορικών χρήσεως γης χρησιμοποιούν πρότυπα για αποφάσεις σχετικά με τη χρήση γης κατά τα επόμενα έτη.

ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΣΕΝΑΡΙΟΥ

Αρχικά, δημιουργείται ένα βασικό σενάριο για την αξιολόγηση της αλλαγής χρήσης γης μεταξύ 2010 και 2050 στην περιφέρεια Lubelskie υπό την προϋπόθεση της συνήθους επιχειρηματικής πρακτικής (business as usual). Στο συγκεκριμένο σενάριο, δίνεται έμφαση στην αγοραία αξία των υπολειμμάτων των καλλιεργειών για ενεργειακούς σκοπούς, αλλά χωρίς συγκεκριμένο στόχο βιομάζας. Με άλλα λόγια, η παραγωγή βιομάζας εξαρτάται εξ ολοκλήρου από τις επιχειρηματικές αποφάσεις των αγροτών, οι οποίες εξαιρούνται από οποιαδήποτε επιρροή από τον στόχο της βιομάζας. Για να προσεγγιστεί η τάση διαμόρφωσης του εμπορίου τροφίμων στο μέλλον, εισάγεται ο δείκτης αυτάρκειας τροφής και τίθεται στο 75% στην περίπτωση αυτή.

Το παραπάνω σενάριο θεωρείται ως αναφορά για την ανάλυση της χωρικής κατανομής των συμβατικών καλλιεργειών καθώς και της σύνθεσης της παροχής βιομάζας από τις καλλιέργειες αυτές. Δεδομένου ότι δεν συνηθίζονται οι ενεργειακές καλλιέργειες στην περιοχή αυτή, το σενάριο αποκλείει επίσης τη συμμετοχή τους.

Το δεύτερο σενάριο δημιουργείται για την προσομοίωση της διαδικασίας εισαγωγής σόργου και της αλλαγής χρήσης γης που προκύπτει. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η παραγωγή βιομάζας μπορεί να θέσει σε κίνδυνο την επισιτιστική ασφάλεια. Δίχως να δίνεται προτεραιότητα στην παραγωγή τροφίμων, στο συγκεκριμένο υπόδειγμα οι ενεργειακές καλλιέργειες επικεντρώνονται σε συμβατικές καλλιέργειες για περιορισμένους πόρους αρόσιμων γαιών. Από τα αποτελέσματα προσομοίωσης, προκύπτει πως κατανέμονται αποτελεσματικά οι πόροι γης μεταξύ των δύο ομάδων.

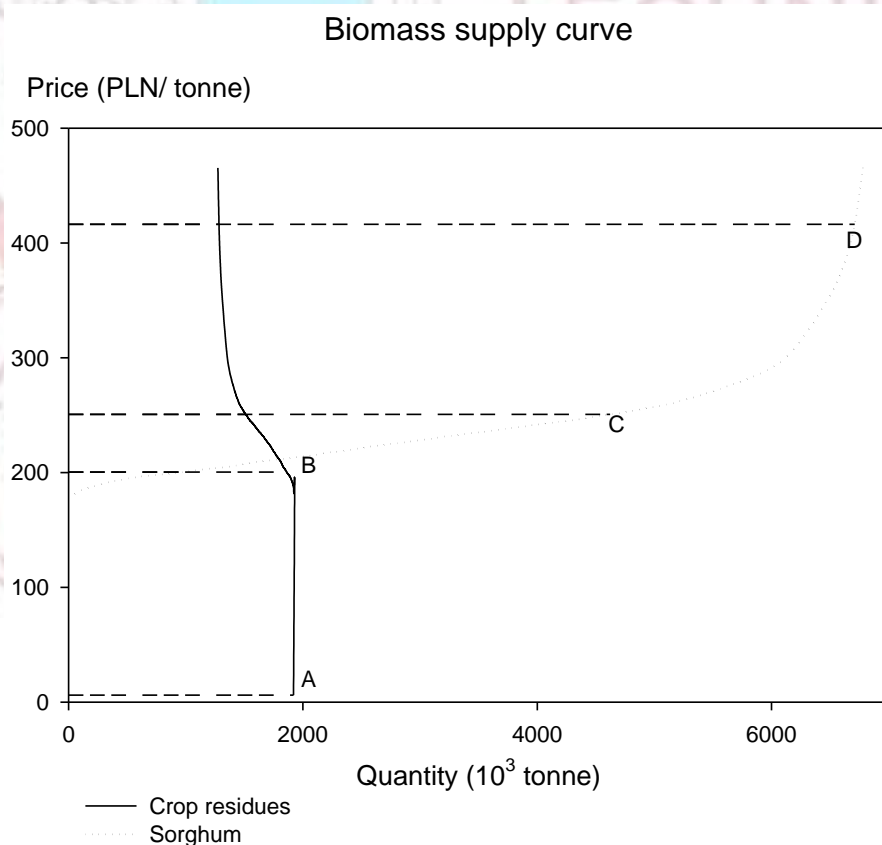
Κατά τη μοντελοποίηση της διαδικασίας εισαγωγής σόργου, πρέπει να επιλυθεί ένα κρίσιμο πρόβλημα, το οποίο είναι η ποσοτική απεικόνιση των δυνάμεων που προκαλούν τη δυναμική διαδικασία εισαγωγής σε σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα. Για την επίλυση αυτού του προβλήματος, δημιουργήθηκαν 100 σενάρια για την αντιπροσώπευση διαφόρων επιπέδων στόχων βιομάζας. Έτσι μετατρέπεται μια προσωρινή προοδευτική διαδικασία σε μια χωρική συσσωρευτική διαδικασία. Για να ρυθμιστεί κατάλληλα το επίπεδο ζήτησης για κάθε σενάριο,

- στο πρώτο βήμα χρησιμοποιείται το υπόδειγμα για να ανακτηθεί το υψηλότερο εφικτό ποσό της παραγωγής βιομάζας που παρουσιάζεται από το 100ο σενάριο, κατά το οποίο οι αγρότες είναι υποχρεωμένοι να παράγουν βιομάζα με την πλήρη χωρητικότητά των καλλιεργειών τους, αντί να επιδιώκουν τη μέγιστη ευημερία.
- Στο δεύτερο βήμα, το ποσό αυτό θεωρείται ως το ανώτερο όριο και το ποσό που λαμβάνεται στο βασικό σενάριο ως το χαμηλότερο όριο της ζήτησης βιομάζας. Με αυτό τον τρόπο προσδιορίζεται το εύρος της ζήτησης βιομάζας.
- Στο τελευταίο βήμα, οι 99 αναλογίες οι οποίες κατανέμονται ομοιόμορφα μεταξύ 0% και 100% κατανέμονται κατ'αντιστοιχία και στα υπόλοιπα 99 σενάρια, δηλαδή από το 1% έως το 99% του χάσματος μεταξύ του ελάχιστου και του μέγιστου επιπέδου.

Επομένως οι καμπύλες προκύπτουν από διαδοχικές επιλύσεις (παραμετρική επίλυση) όπου κάθε φορά αυξάνεται η τιμή της βιομάζας για ενέργεια.

- ✓ Τα περισσότερα γεωργικά δεδομένα, όπως οι αποδόσεις των καλλιεργειών και τα ιστορικά μίγματα καλλιεργειών, συλλέγονται από επίσημα στατιστικά βιβλία που καταρτίζονται από την Κεντρική Στατιστική Υπηρεσία της Πολωνίας με βάση τα στοιχεία της Γεωγραφικής Απογραφής 1996, 2002 και 2010.
- ✓ Οι τιμές των συμβατικών καλλιεργειών ανακτώνται από το σύνολο δεδομένων του Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών (FAO). Τα τοπικά δεδομένα, για παράδειγμα, η απόδοση των ενεργειακών καλλιεργειών και το κόστος καλλιέργειας, είναι δεδομένα πεδίου τα οποία συλλέχθηκαν από ίδια έρευνα.
- ✓ Όσον αφορά τον λόγο άχυρου / κόκκων, υιοθετείται η μελέτη του Lal (2005) για την εκτίμηση της παραγωγής υπολειμμάτων καλλιεργειών.
- ✓ Για να αντικατοπτριστούν οι αβέβαιες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, γίνεται η υπόθεση ότι η μεταβολή των αποδόσεων των καλλιεργειών στα έτη πρόβλεψης υπακούει σε μια κανονική κατανομή με μέση τιμή όμοια με το επίπεδο του 2010.

Διάγραμμα 7 . Καμπύλη Προσφοράς Βιομάζας σόργου και υπολειμμάτων καλαμποκιού



Καμπύλη προσφοράς βιομάζας αποτελούμενη από υπολείμματα καλλιεργειών και σόργο, με τέσσερα επεξηγηματικά σημεία. Πηγή "K. Shu, N.B. Fradj, T.Zylowski, , R.Pudelko, S. Rozakis .Simulation of sorghum introduction and its impacts on local land use -A case study on Lubelskie region of Eastern Poland."

Κάτω από κάθε στόχο βιομάζας, ανακτάται η σκιώδης τιμή της βιομάζας και η αντίστοιχη παραγωγή βιομάζας από υπολείμματα καλλιεργειών και σόργο ξεχωριστά. Το διάγραμμα παρουσιάζει όλα τα παρατηρούμενα ζεύγη τιμών και ποσότητας βιομάζας από τη προσομοίωση του υποδείγματος-μοντέλου το οποίο χρησιμοποιείται στην συγκεκριμένη περίπτωση [13]. Σε χαμηλά επίπεδα τιμής για βιομάζα και μέχρι σχεδόν 200 PLN/Mg η προσφερόμενη βιομάζα προκύπτει από το διάγραμμα και αποτελείται αποκλειστικά από υπολείμματα καλαμποκιού-εν προκειμένω συνολικού ύψους 1,92 εκατομμύρια τόνους βιομάζας (σημείο Α στο διάγραμμα). Καθώς τα υπολείμματα των καλλιεργειών είναι ουσιαστικά υποπροϊόντα τροφίμων, η παραγωγή τους δεν απαιτεί πολλές πρόσθετες εισροές. Ως εκ τούτου, το κόστος προμήθειας αυτής της μορφής βιομάζας είναι σχετικά χαμηλό και περιορίζεται στο κόστος μεταφοράς. Λόγω του πρόσθετου κόστους καλλιέργειας του σόργου και του κόστους ευκαιρίας που συνεπάγεται η αντικατάσταση κάποιας υφιστάμενης καλλιέργειας για να καλλιεργηθεί το σόργο για ενεργειακή χρήση, η προσφερόμενη ποσότητα σόργου είναι μηδενική, κανένας αγρότης δεν ξεκινά να καλλιεργήσει μέχρις ότου η τιμή αγοράς φθάσει τα $181 \frac{PLN}{Mg}$, δηλαδή με χρήση της ισοτιμίας που έχει ήδη προαναφερθεί περίπου στα $42 \frac{€}{Mg}$. Στη συνέχεια για υψηλότερες τιμές, η παραγωγή σόργου εισέρχεται στη φάση της ταχείας αύξησης, ενώ η παραγωγή των υπολειμμάτων καλλιέργειας υφίσταται σχετικά ελαφρά μείωση (όπως προκύπτει με σύγκριση των σημείων Β και C στο διάγραμμα). Στο εύρος της τιμής βιομάζας που βρίσκεται μεταξύ 250 και $300 \frac{PLN}{Mg}$, δηλαδή μεταξύ 58 και $69 \frac{€}{Mg}$, η καμπύλη προσφοράς των υπολειμμάτων των καλλιεργειών και του σόργου παρουσιάζει υψηλή ανελαστικότητα δηλαδή παρά την μεγάλη αύξηση της τιμής, η προσφερόμενη ποσότητα αυξάνεται μεν αλλά με μικρότερο ρυθμό. Πάνω από το σημείο D, οι δύο καμπύλες είναι ανεξάρτητες από τις υψηλές τιμές, υποδηλώνοντας την εξάντληση της παραγωγικής ικανότητας των αγροτών (Σημείο D στο διάγραμμα). Υποθέτουμε λοιπόν ότι δεδομένου του συνολικού δυναμικού καλλιέργισιμης γης στην περιοχή Lubelskie, το τεχνικό δυναμικό των περιφερειακών πόρων βιομάζας ανέρχεται σε περίπου 8 εκατομμύρια τόνους.

Σχετικά με τις απαιτήσεις σε σόργο , αυτές έχουν υπολογιστεί προηγουμένως , ενώ στο πλαίσιο αυτής της μελέτης χρησιμοποιούνται τα προσωρινά αποτελέσματα του υποδείγματος για τις εκμεταλλεύσεις μεγάλων καλλιεργειών που εφαρμόστηκε σε επίπεδο περιφέρειας [13] , που δίνουν τιμές της τάξεως των 50 €/Mg , ενώ η κοπριά (raw material- manure) θεωρείται ότι διατίθεται δωρεάν, με το κόστος μεταφοράς να επιβαρύνει τους παραγωγούς, οι οποίοι θα πρέπει να μεριμνήσουν για την αξιοποίηση των παραπροϊόντων των διεργασιών τους λόγω απαγόρευσης της ακατάσχετης ρίψης/διάθεσης σε γειτονικές περιοχές . Στην πραγματικότητα θα διαμορφωθεί μια αγορά και για αυτή την πρώτη ύλη , ανάλογα με την προσφορά και τη ζήτηση , ωστόσο σε αυτό το στάδιο κάτι τέτοιο δεν συνυπολογίζεται.

Πίνακας 25. Κόστος θρεπτικού υποστρώματος

Τύπος Μονάδας Σ.Η.Θ	Απαιτήσεις σε Σόργο $\frac{Mg}{έτος}$	Κόστος Σόργου $\frac{€}{Mg}$	Ετήσια δαπάνη $\frac{€}{έτος}$
C1	2730	45	122.850
C2	5104	50	255.200

C3	10252	55	563.860
C4	18608	60	1.116.480
C5	35253	65	2.291.445
C6	3675	45	165.375
C7	6563	50	328.150

Για την απαίτηση σε έκταση χρησιμοποιήθηκαν τιμές από τη βιβλιογραφία καθώς και επεξεργασία δεδομένων από άλλες μελέτες. Συγκεκριμένα , με βάση τα όσα αναφέρονται στο [8] ελήφθησαν τιμές αναφοράς με βασική παραδοχή ότι το χωνεμένο υπόλειμμα που προέρχεται από αναερόβια χώνευση αγροτικού υποστρώματος περιέχει $4.1 \frac{kgN}{Mg}$ F.M, του συνολικού N-tot, ενώ οι μέγιστες συγκεντρώσεις N ανά έκταση, παρόλο που διαφέρουν από χώρα σε χώρα, είναι συνήθως στα $170 \frac{kgN}{ha}$. Με βάση τα παραπάνω κατασκευάζεται ο πίνακας 26, με τον οποίο προχωράμε στον διαδοχικό υπολογισμό των kgN , και έπειτα των απαιτούμενων ha. Το σύνολο του υπολείμματος έχει υπολογιστεί και παρουσιάστηκε στον πίνακα 22 των εισροών.

Πίνακας 26. Απαιτούμενη έκταση υπολείμματος.

Μέγιστο Συνολικού $\frac{kgN}{ha}$	170 N
$\frac{kgN}{Mg}$ F.M	4,1
kg N	$[Mg \text{ F.M}] * [\frac{kgN}{Mg} F. M]$
Ha	$[kg \text{ N}] * [\frac{ha}{kgN}]$

Κόστος οικοπέδου για εγκατάσταση μονάδας βιοαερίου.

Σχετικά με την τιμή ενοικίασης ανά εκτάριο, σύμφωνα με τα όσα αναφέρονται στο [9], αποτυπώνονται και οι τάσεις αύξησης του τιμήματος , που οφείλεται στην αύξηση της ζήτησης των συγκεκριμένων εκτάσεων (2016). Συγκεκριμένα, με βάση τις παρακάτω τιμές για ενοίκιο γεωργικής γης, ο μέσος όρος ενοικίασης υπολογίζεται στα $402 \frac{\text{€}}{ha}$.

Πίνακας 27. Δαπάνες ενοικίασης απαιτούμενης έκτασης [9].

Έκταση που ενοικιάζεται	Συνολική έκταση	Ενοικίαση ανά Εκτάριο
ha	ha	$\frac{\text{€}}{ha}$
60	120	700
29,9	230	220
75	250	750
150	300	355
312	1300	245
1020	1700	140
	M.O	402

Το εκτιμώμενο ενοίκιο πρέπει να συνυπολογιστεί στα κόστη ανεξάρτητα αν η έκταση είναι ή όχι ιδιόκτητη. Ο ιδιοκτήτης δεν πληρώνει αλλά έχει κόστος ευκαιρίας που είναι ίσο με το τεκμαρτό ενοίκιο που θα εισέπραττε αν νοίκιαζε. με βάση τον τύπο της μονάδας Σ.Η.Θ και τις ανάγκες του σε έκταση.

Πίνακας 28. Υπόθεση για δαπάνες για ενοικίαση απαραίτητης έκτασης.

Τύπος Μονάδας Σ.Η.Θ	Απαίτηση σε έκταση	Μέση τιμή Ενοικίασης ανά εκτάριο	Ενοικίαση Συνολικά απαιτούμενης έκτασης
	ha	$\frac{\text{€}}{\text{ha}}$	€
C1	259	402	104.032
C2	485	402	194.808
C3	973	402	390.822
C4	1767	402	709.745
C5	3347	402	1.344.378
C6	349	402	140.182
C7	623	402	250.238

Για τον υπολογισμό βασικών δαπανών γίνονται οι παρακάτω παραδοχές που βασίζονται στη βιβλιογραφία [10][11][12][13][14] και παρουσιάζονται με τη μορφή πινάκων στο παράρτημα. Η Καθαρή Παρούσα Αξία υπολογίζεται για τα δύο σενάρια (ίδια κεφάλαια και επιδοτούμενο δανεισμό). Για τη μονάδας τεχνολογίας MEK 130 kWη ΚΠΑ είναι 2,10 και 2,16 εκ. ευρώ αντίστοιχα. Στη συνέχεια προχωράμε σε ανάλυση ευαισθησίας σε σχέση με την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας, τις επιδοτήσεις των χρωματιστών καρτών, το ποσοστό εκμετάλλευσης της θερμικής ενέργειας, την αξία του λιπάσματος, την αξία της πρώτης ύλης, το επιτόκιο επιδοτούμενου δανείου, και το προεξοφλητικό επιτόκιο.

5.4 Τεχνοποαραγωγική Ανάλυση- Ισοζύγιο Μάζας

Τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά προκύπτουν από εργαστηριακές αναλύσεις, ωστόσο στην περίπτωση μελέτης και έπειτα από διεξοδική μελέτη της υπάρχουσας βιβλιογραφίας επιλέγονται για απόβλητα αγελάδων ως ζωικής προέλευσης βιομάζα και για σόργο ως φυτικής προέλευσης βιομάζα , οι ακόλουθες τιμές από τον Frascarelli (2014).

Πίνακας 29. Υποθέσεις φυσικοχημικών χαρακτηριστικών υποστρώματος.

ΖΩΙΚΑ	Αιωρούμενα στερεά [% S.S]	Πτητικά στερεά [% V.S]	Ειδικός Όγκος [$\frac{m^3}{Mg}$ VS]	Ποσοστό Μεθανίου [%CH4, $\frac{Nm^3}{Nm^3}$]	Απόδοση [% CH4, $\frac{kWh}{Nm^3}$]
απόβλητα αγελάδων γαλακτοπαραγωγής 80/20	8	73	350	55	9,88
ΦΥΤΙΚΑ	Ολικά στερεά	Πτητικά στερεά	Ειδικός Όγκος	Ποσοστό Μεθανίου [%CH4	Απόδοση [% CH4, $\frac{kWh}{Nm^3}$]

	[% S.S]	[% V.S]	$\left[\frac{m^3}{Mg} \text{ VS}\right]$	$\left[\frac{Nm^3}{Nm^3}\right]$	
Ενσίρωμα σόργου	30	95	510	53	9,88

Ανάλογα τον βαθμό ηλεκτρικής απόδοσης της μονάδας Σ.Η.Θ εισάγεται και ο συντελεστής ηλεκτρικής απόδοσης. Για παράδειγμα, στη μονάδα Σ.Η.Θ τεχνολογίας M.E.K 530 kW, δηλαδή στην C3, ο βαθμός ηλεκτρικής απόδοσης είναι 38%. Πολλαπλασιάζοντας τις τιμές αυτές μεταξύ τους, προκύπτει αντίστοιχα για τον κάθε τύπο βιομάζας :

$$\begin{aligned} \text{απόβλητα αγελάδων γαλακτοπαραγωγής: } & 8\% * 73\% * 350 \frac{m^3}{Mg} * 55 \frac{Nm^3}{Nm^3} * 9,88 \frac{kWh}{Nm^3} * 38\% \\ & = 42,21 \frac{kW}{Mg} \quad (1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ενσίρωμα σόργου: } & 30\% * 95\% * 510 \frac{m^3}{Mg} * 53 \frac{Nm^3}{Nm^3} * 9,88 \frac{kWh}{Nm^3} * 38\% \\ & = 289,22 \frac{kW}{Mg} \quad (2) \end{aligned}$$

Με βάση τιμές από την βιβλιογραφία για την πυκνότητα του CH₄ ($1,158 \frac{kg}{Nm^3}$, Hamelin et al. 2011) μπορούν να υπολογιστούν και τα $\frac{Nm^3}{Mg} CH_4$, όπως και τα $\frac{kg}{Mg} CH_4$.

Αρκεί για τα :

$$\begin{aligned} \text{απόβλητα αγελάδων γαλακτοπαραγωγής: } & 8\% * 73\% * 350 \frac{m^3}{Mg} * 55 \frac{Nm^3}{Nm^3} * \frac{1}{1000000} \\ & = 11,24 \frac{Nm^3}{Mg} * 1,158 \frac{kg}{Nm^3} = 13,02 \frac{kg}{Mg} CH_4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ενσίρωμα σόργου: } & 30\% * 95\% * 510 \frac{m^3}{Mg} * 53 \frac{Nm^3}{Nm^3} * \frac{1}{1000000} = 77,04 \frac{Nm^3}{Mg} * 1,158 \frac{kg}{Nm^3} \\ & = 89,21 \frac{kg}{Mg} CH_4 \end{aligned}$$

Άρα συνολικά για 1 Mg μίγματος βιομάζας υποστρώματος:

$$13,02 \frac{kg}{Mg} CH_4 + 89,21 \frac{kg}{Mg} CH_4 = 102,23 \frac{kg}{Mg} CH_4$$

Έπειτα επιλέγεται ο αριθμός των ημερών λειτουργίας της μονάδας και πάλι με βάση τις τιμές τις βιβλιογραφίας, στις 333 ημέρες, άρα στις 7992 ώρες. Η ονομαστική ισχύς της μονάδας C3 είναι 530 kW, άρα 4.235.760 kWh ή 4,236 GWh ανά έτος λειτουργίας. Η πραγματικά παραγόμενη ενέργεια υπολογίζεται με βάση την υπόθεση ότι οι απώλειες είναι στο 1% και οι ανάγκες ιδιοκατανάλωσης για τη συγκεκριμένη μονάδα στο 5%, όπως παρουσιάζεται και στον πίνακα “ Πραγματικά παραγόμενη ενέργεια ” του παραρτήματος. Επομένως αυτή είναι ανά έτος λειτουργίας 3.981.614 kWh ή 3,982 GWh. Διαιρώντας με τις ώρες λειτουργίας βρίσκουμε ότι από τα 530 kW της ονομαστικής ισχύος, τα 498 είναι τα “ενεργά”.

Έπειτα, επιλέγονται 2 βασικά σενάρια για την αναλογία συνεισφοράς φυτικής βιομάζας/ζωικής βιομάζας το A Σενάριο (70/30) και το B Σενάριο (30/70), και υπολογίζονται οι kWh για κάθε περίπτωση.

$$4.235.760 \text{ kWh} * 70 \% = 2.965.032 \text{ kWh} \quad (3)$$

$$4.235.760 \text{ kWh} * 30 \% = 1.270.728 \text{ kWh} \quad (4)$$

Για τους υπολογισμούς του A Σεναρίου :

$$\text{Προχωράμε στις πράξεις} \frac{(3)}{(2)} = \frac{2.965.032 \text{ kWh}}{289,22 \frac{\text{kWh}}{\text{Mg}}} = 10.252 \text{ Mg ενσιρώματος σόργου ετησίως}$$

Άρα και με την υπόθεση ότι το σόργο έχει απόδοση $100 \frac{\text{Mg}}{\text{ha}}$, μπορούμε να υπολογίσουμε την απαίτηση σε έκταση καλλιέργειας, η οποία είναι

$$\frac{10.252 \text{ Mg}}{100 \frac{\text{Mg}}{\text{ha}}} = 103 \text{ ha ετησίως}$$

$$\text{Με αντίστοιχο τρόπο υπολογίζουμε} \frac{(4)}{(1)} = \frac{1.270.728 \text{ kWh}}{42,21 \frac{\text{kWh}}{\text{Mg}}} = 30.107 \text{ Mg ζωικά απόβλητα ετησίως.}$$

Για την παραγωγή 1 kWh, με αντίστοιχο τρόπο υπολογίζεται πως χρειάζεται η καλλιέργεια 0,24 m² σόργου και 2,42 kg αυτού, ενώ η μάζα των ζωικών αποβλήτων είναι 7,11 kg.

Για τους υπολογισμούς του B Σεναρίου:

$$\text{Προχωράμε στις πράξεις} \frac{(4)}{(2)} = \frac{1.270.728 \text{ kWh}}{289,22 \frac{\text{kWh}}{\text{Mg}}} = 4.394 \text{ Mg ενσιρώματος σόργου ετησίως}$$

Άρα και με την υπόθεση ότι το σόργο έχει απόδοση $100 \frac{\text{Mg}}{\text{ha}}$, μπορούμε να υπολογίσουμε την απαίτηση σε έκταση καλλιέργειας, η οποία είναι

$$\frac{4.394 \text{ Mg}}{100 \frac{\text{Mg}}{\text{ha}}} = 44 \text{ ha ετησίως}$$

$$\text{Με αντίστοιχο τρόπο υπολογίζουμε} \frac{(3)}{(1)} = \frac{2.965.032 \text{ kWh}}{42,21 \frac{\text{kWh}}{\text{Mg}}} = 70.245 \text{ Mg ζωικά απόβλητα ετησίως.}$$

Για την παραγωγή 1 kWh, με αντίστοιχο τρόπο υπολογίζεται πως χρειάζεται η καλλιέργεια 0,10 m² σόργου και 1,04 kg αυτού, ενώ η μάζα των ζωικών αποβλήτων είναι 16,58 kg.

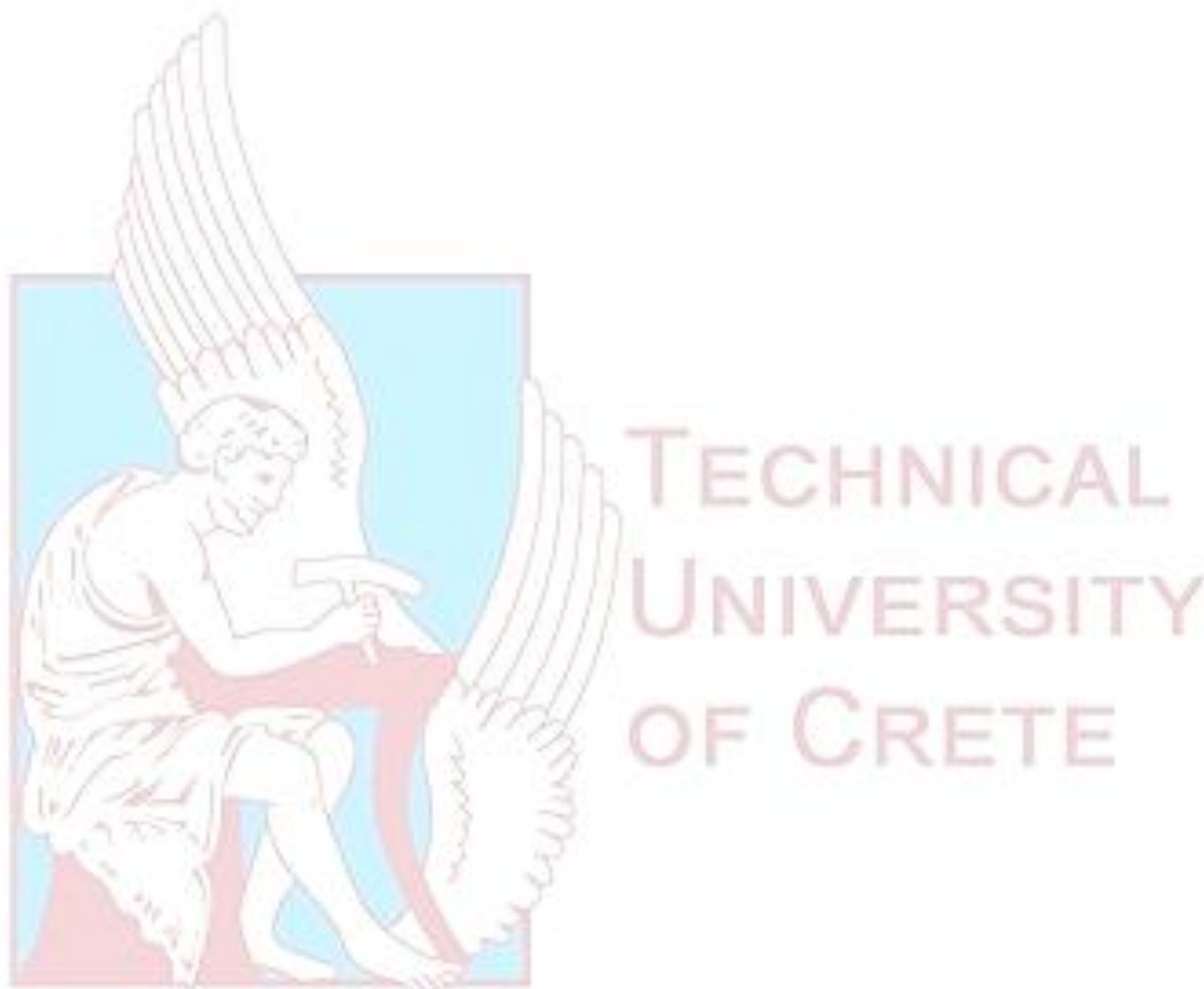
Το παραπάνω υπολογιστικό παράδειγμα αναφέρεται στην μονάδα Σ.Η.Θ. C3, στην οποία χρησιμοποιείται ως τεχνολογία αξιοποίησης βιοαερίου η Μ.Ε.Κ. Με αντίστοιχο τρόπο υπολογίζονται και οι ετήσιες απαιτήσεις για την μονάδα Σ.Η.Θ. C6, που χρησιμοποιείται ως τεχνολογία αξιοποίησης βιοαερίου η χρήση μικροτουρμπινών.

Ενδεικτικά, για το Σενάριο A, για παραγωγή 1.038.960 kWh απαιτούνται 37 ha σόργου ετησίως, 3.675 Mg σόργου και 10.793 Mg ζωικών αποβλήτων, ενώ για την παραγωγή 1 kWh, απαιτείται η καλλιέργεια 0,35 m² σόργου και 3,54 kg αυτού, ενώ η μάζα των ζωικών αποβλήτων είναι 10,39 kg.

Αντίστοιχα, για το Σενάριο Β, για παραγωγή 1.038.960 kWh απαιτούνται 16 ha σόργου ετησίως, 1.575 Mg σόργου και 25.184 Mg ζωικών αποβλήτων , ενώ για την παραγωγή 1 kWh, απαιτείται η καλλιέργεια 0,15 m² σόργου και 1,52 kg αυτού, ενώ η μάζα των ζωικών αποβλήτων είναι 24,24 kg.

5.5 ΑΝΑΛΥΤΙΚΕΣ ΤΑΜΕΙΑΚΕΣ ΡΟΕΣ

Παρακάτω παρουσιάζεται το σύνολο των πινάκων υπολογισμού που διαμορφώθηκε σε περιβάλλον excel για τις μονάδες Σ.Η.Θ C1 – C7.



Πίνακας 30. Αναλυτικές ταμειακές ροές για την επένδυση C1 MEK 130 kW

biogas size_tech	C1		thermal energy kWh		fert equiv												
	energy to sell	987012	498.700,80														
	0,204 feed-in tariff	0,17	0,04	euro/kWh th													
discount rate	Έτος 0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
4%	INFLOWS																
	inflow electric energy		444216,5	444216,5	444216,5	444216,5	444216,5	444216,5	444216,5	444216,5	444216,5	444216,5	444216,5	444216,5	444216,5	444216,5	444216,5
0,0621	green		167792,04	167792,04	167792	167792	167792,04	167792,04	167792	167792	167792	167792	167792	167792	167792	167792	167792,04
0,02921	yellow		61293,4	61293,4	61293,4	61293,4	61293,4	61293,4	61293,4	61293,4	61293,4	61293,4	61293,4	61293,4	61293,4	61293,4	61293,4
0,01357	mauve		28830,6	28830,6	28830,6	28830,6	28830,6	28830,6	28830,6	28830,6	28830,6	28830,6	28830,6	28830,6	28830,6	28830,6	28830,6
0,10	SUM		13393,8	13393,8	13393,8	13393,8	13393,8	13393,8	13393,8	13393,8	13393,8	13393,8	13393,8	13393,8	13393,8	13393,8	13393,8
	inflow thermal		103517,8	103517,8	103517,8	103517,8	103517,8	103517,8	103517,8	103517,8	103517,8	103517,8	103517,8	103517,8	103517,8	103517,8	103517,8
	value of fertil eq		19948,0	19948,0	19948,0	19948,0	19948,0	19948,0	19948,0	19948,0	19948,0	19948,0	19948,0	19948,0	19948,0	19948,0	19948,0
			49440,8	49440,8	49440,8	49440,8	49440,8	49440,8	49440,8	49440,8	49440,8	49440,8	49440,8	49440,8	49440,8	49440,8	49440,8
	Operating costs	0	46698	46698	46698	46698	46698	46698	46698	46698	46698	46698	46698	46698	46698	46698	46698
	maintenance		27537	27537	27537	27537	27537	27537	27537	27537	27537	27537	27537	27537	27537	27537	27537
	lubricants		3402	3402	3402	3402	3402	3402	3402	3402	3402	3402	3402	3402	3402	3402	3402
	loader		4085	4085	4085	4085	4085	4085	4085	4085	4085	4085	4085	4085	4085	4085	4085
	labour		4789	4789	4789	4789	4789	4789	4789	4789	4789	4789	4789	4789	4789	4789	4789
	insurance		6885	6885	6885	6885	6885	6885	6885	6885	6885	6885	6885	6885	6885	6885	6885
	raw material																
	sorghum		122850	122850	122850	122850	122850	122850	122850	122850	122850	122850	122850	122850	122850	122850	122850
	corn stover																
	manure																
843.994,00	INVESTMENT																
1.012.792,80	equipment purchase/re	843994					50000					50000					
	land purchase	30000															
	OUTFLOWS	873994	169548	169548	169548	169548	219548	169548	169548	169548	169548	219548	169548	169548	169548	169548	169548
scenario A own funds ONLY	NET FLOWS	-873994	274669	274669	274669	274669	224669	274669	274669	274669	274669	224669	274669	274669	274669	274669	274669
	discounted NCF	-873994,00	264104	253946	244179	234788	184661	217075	208725	200698	192978	151778	178419	171557	164959	158614	152514
	accumulated DDCF	-873994,00	-609890	-355943	-111764	123024	307685	524760	733485	934183	1127161	1278939	1457359	1628916	1793874	1952489	2105002
scenario B subs loan 50%	INVESTMENT																
	50% own funds	421997					50000					50000					
	50% loan payments	0	\$32.842	32842,116	32842,12	32842,12	32842,116	32842,1158	32842,12	32842,12	32842,12	32842,12	32842,12	32842,12	32842,12	32842,12	32842,1158
	land purchase	30000															
	OUTFLOWS	451997	202390,1	202390,1	202390,1	202390,1	252390,1	202390,1	202390,1	202390,1	202390,1	252390,1	202390,1	202390,1	202390,1	202390,1	202390,1
	NET FLOWS	-451997	241826	241826	241826	241826	191826	241826	241826	241826	241826	191826	241826	241826	241826	241826	241826
	discounted NCF	-451997,00	232525,38	223582,1	214982,8	206714,2	157667,3	191118,9	183768,2	176700,2	169904,0	129591,0	157085,8	151044,1	145234,7	139648,7	134277,61
	accumulated DDCF	-451997,00	-219472	4110	219093	425807	583475	774594	958362	1135062	1304966	1434557	1591643	1742687	1887922	2027570	2161848

Πίνακας 31. Αναλυτικές ταμειακές ροές για την επένδυση C2 MEK 250 kW

biogas size_tech	C2	thermal energy kWh	fert equiv														
	energy to sell	1898100	959.040,00														
0,204	feed-in tariff	0,17	0,04 euro/kWh th														
discount rate	Έτος 0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
4%	INFLOWS		851616,5	851616,5	851616,5	851616,5	851616,5	851616,5	851616,5	851616,5	851616,5	851616,5	851616,5	851616,5	851616,5	851616,5	851616,5
	inflow electric energy		322677	322677	322677	322677	322677	322677	322677	322677	322677	322677	322677	322677	322677	322677	322677
0,0621	green		117872,0	117872,0	117872,0	117872,0	117872,0	117872,0	117872,0	117872,0	117872,0	117872,0	117872,0	117872,0	117872,0	117872,0	117872,0
0,02921	yellow		55443,5	55443,5	55443,5	55443,5	55443,5	55443,5	55443,5	55443,5	55443,5	55443,5	55443,5	55443,5	55443,5	55443,5	55443,5
0,01357	mauve		25757,2	25757,2	25757,2	25757,2	25757,2	25757,2	25757,2	25757,2	25757,2	25757,2	25757,2	25757,2	25757,2	25757,2	25757,2
0,10	SUM		199072,7	199072,7	199072,7	199072,7	199072,7	199072,7	199072,7	199072,7	199072,7	199072,7	199072,7	199072,7	199072,7	199072,7	199072,7
	inflow thermal		38361,6	38361,6	38361,6	38361,6	38361,6	38361,6	38361,6	38361,6	38361,6	38361,6	38361,6	38361,6	38361,6	38361,6	38361,6
	value of fertil eq		92432,4	92432,4	92432,4	92432,4	92432,4	92432,4	92432,4	92432,4	92432,4	92432,4	92432,4	92432,4	92432,4	92432,4	92432,4
	Operating costs	0	80303	80303	80303	80303	80303	80303	80303	80303	80303	80303	80303	80303	80303	80303	80303
	maintenance		49309	49309	49309	49309	49309	49309	49309	49309	49309	49309	49309	49309	49309	49309	49309
	lubricants		6606	6606	6606	6606	6606	6606	6606	6606	6606	6606	6606	6606	6606	6606	6606
	loader		9016	9016	9016	9016	9016	9016	9016	9016	9016	9016	9016	9016	9016	9016	9016
	labour		6469	6469	6469	6469	6469	6469	6469	6469	6469	6469	6469	6469	6469	6469	6469
	insurance		8903	8903	8903	8903	8903	8903	8903	8903	8903	8903	8903	8903	8903	8903	8903
	raw material																
	sorghum		255200	255200	255200	255200	255200	255200	255200	255200	255200	255200	255200	255200	255200	255200	255200
	corn stover																
	manure																
843.994,00	INVESTMENT																
1.012.792,80	equipment purchase/re	1386650					50000					50000					
	land purchase	30000															
	OUTFLOWS	1416650	335503	335503	335503	335503	385503	335503	335503	335503	335503	385503	335503	335503	335503	335503	335503
scenario A	NET FLOWS	-1416650	516113	516113	516113	516113	466113	516113	516113	516113	516113	466113	516113	516113	516113	516113	516113
own funds ONLY	discounted NCF	-1416650,0	496263	477176	458823	441176	383111	407892	392204	377119	362614	314890	335257	322363	309964	298043	286579
	accumulated DDCF	-1416650,0	-920387	-443211	15612	456788	839899	1247791	1639995	2017114	2379728	2694618	3029875	3352238	3662203	3960245	4246825
scenario B	INVESTMENT																
subs loan 50%	50% own funds	693325					50000					50000					
	50% loan payments	0	\$53.958	53958,346	53958,35	53958,35	53958,346	53958,3455	53958,35	53958,35	53958,35	53958,35	53958,35	53958,35	53958,35	53958,35	53958,3455
	land purchase	30000															
	OUTFLOWS	723325	389461,3	389461,3	389461,3	389461,3	439461,3	389461,3	389461,3	389461,3	389461,3	439461,3	389461,3	389461,3	389461,3	389461,3	389461,3
	NET FLOWS	-723325	462155	462155	462155	462155	412155	462155	462155	462155	462155	412155	462155	462155	462155	462155	462155
	discounted NCF	-723325,00	444379,91	427288,4	410854,2	395052,1	338761,5	365247,9	351199,9	337692,2	324704,1	278437,2	300207,1	288660,7	277558,4	266883,1	256618,33
	accumulated DDCF	-723325,00	-278945	148343	559198	954250	1293011	1658259	2009459	2347151	2671855	2950292	3250500	3539160	3816719	4083602	4340220

Πίνακας 32. Αναλυτικές ταμειακές ροές για την επένδυση C3 MEK 530 kW

biogas size_tech	C3	thermal energy kWh										fert equiv					
	energy to sell	3981614	2.075.522,00														
0,204	feed-in tariff	0,17	0,04 euro/kWh th														
discount rate	Έτος 0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
4%	INFLOWS		1780730,0	1780730,0	1780730,0	1780730,0	1780730,0	1780730,0	1780730,0	1780730,0	1780730,0	1780730,0	1780730,0	1780730,0	1780730,0	1780730,0	1780730,0
	inflow electric energy		676874,38	676874,38	676874,4	676874,4	676874,38	676874,38	676874,4	676874,4	676874,4	676874,4	676874,4	676874,4	676874,4	676874,4	676874,38
0,0621	green		247258,2	247258,2	247258,2	247258,2	247258,2	247258,2	247258,2	247258,2	247258,2	247258,2	247258,2	247258,2	247258,2	247258,2	247258,2
0,02921	yellow		116302,9	116302,9	116302,9	116302,9	116302,9	116302,9	116302,9	116302,9	116302,9	116302,9	116302,9	116302,9	116302,9	116302,9	116302,9
0,01357	mauve		54030,5	54030,5	54030,5	54030,5	54030,5	54030,5	54030,5	54030,5	54030,5	54030,5	54030,5	54030,5	54030,5	54030,5	54030,5
0,10	SUM		417591,7	417591,7	417591,7	417591,7	417591,7	417591,7	417591,7	417591,7	417591,7	417591,7	417591,7	417591,7	417591,7	417591,7	417591,7
	inflow thermal		83020,9	83020,9	83020,9	83020,9	83020,9	83020,9	83020,9	83020,9	83020,9	83020,9	83020,9	83020,9	83020,9	83020,9	83020,9
	value of fertil eq		185651,4	185651,4	185651,4	185651,4	185651,4	185651,4	185651,4	185651,4	185651,4	185651,4	185651,4	185651,4	185651,4	185651,4	185651,4
	Operating costs	0	157464	157464	157464	157464	157464	157464	157464	157464	157464	157464	157464	157464	157464	157464	157464
	maintenance		100110	100110	100110	100110	100110	100110	100110	100110	100110	100110	100110	100110	100110	100110	100110
	lubricants		14081	14081	14081	14081	14081	14081	14081	14081	14081	14081	14081	14081	14081	14081	14081
	loader		20519	20519	20519	20519	20519	20519	20519	20519	20519	20519	20519	20519	20519	20519	20519
	labour		9140	9140	9140	9140	9140	9140	9140	9140	9140	9140	9140	9140	9140	9140	9140
	insurance		13614	13614	13614	13614	13614	13614	13614	13614	13614	13614	13614	13614	13614	13614	13614
	raw material																
	sorghum		563860	563860	563860	563860	563860	563860	563860	563860	563860	563860	563860	563860	563860	563860	563860
	corn stover																
	manure																
843.994,00	INVESTMENT																
1.012.792,80	equipment purchase/re	2652846					50000					50000					
	land purchase	30000															
	OUTFLOWS	2682846	721324	721324	721324	721324	771324	721324	721324	721324	721324	771324	721324	721324	721324	721324	721324
scenario A	NET FLOWS	-2682846	1059406	1059406	1059406	1059406	1009406	1059406	1059406	1059406	1059406	1009406	1059406	1059406	1059406	1059406	1059406
	discounted NCF	-2682846,0	1018660	979480	941808	905585	829658	837264	805062	774098	744325	681919	688170	661702	636252	611781	588251
	accumulated DNCF	-2682846,0	-1664186	-684706	257102	1162687	1992345	2829609	3634670	4408768	5153093	5835011	6523181	7184883	7821135	8432915	9021166
scenario B	INVESTMENT																
	50% own funds	1326423					50000					50000					
	50% loan payments	0	\$103.229	103229,5	103229,5	103229,5	103229,5	103229,5	103229,496	103229,5	103229,5	103229,5	103229,5	103229,5	103229,5	103229,5	103229,496
	land purchase	30000															
	OUTFLOWS	1356423	824553,5	824553,5	824553,5	824553,5	874553,5	824553,5	824553,5	824553,5	824553,5	874553,5	824553,5	824553,5	824553,5	824553,5	824553,5
	NET FLOWS	-1356423	956177	956177	956177	956177	906177	956177	956177	956177	956177	906177	956177	956177	956177	956177	956177
	discounted NCF	-1356423,0	919400,50	884038,9	850037,4	817343,7	744811,0	755680,2	726615,6	698668,8	671796,9	612180,4	621114,0	597225,0	574254,8	552168,1	530930,88
	accumulated DNCF	-1356423,0	-437023	447016	1297054	2114398	2859209	3614889	4341504	5040173	5711970	6324151	6945265	7542490	8116744	8668913	9199843

Πίνακας 33. Αναλυτικές ταμειακές ροές για την επένδυση C4 MEK 1000 kW

biogas size_tech	C4	thermal energy kWh		fert equiv													
	energy to sell	7312680	3.956.040,00														
0,204	feed-in tariff	0,17	0,04	euro/kWh th													
discount rate	Έτος 0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
4%	INFLOWS		3357884,0	3357884,0	3357884,0	3357884,0	3357884,0	3357884,0	3357884,0	3357884,0	3357884,0	3357884,0	3357884,0	3357884,0	3357884,0	3357884,0	3357884,0
	inflow electric energy		1243155,6	1243155,6	1243156	1243156	1243155,6	1243155,6	1243156	1243156	1243156	1243156	1243156	1243156	1243156	1243156	1243155,6
0,0621	green		454117,4	454117,4	454117,4	454117,4	454117,4	454117,4	454117,4	454117,4	454117,4	454117,4	454117,4	454117,4	454117,4	454117,4	454117,4
0,02921	yellow		213603,4	213603,4	213603,4	213603,4	213603,4	213603,4	213603,4	213603,4	213603,4	213603,4	213603,4	213603,4	213603,4	213603,4	213603,4
0,01357	mauve		99233,1	99233,1	99233,1	99233,1	99233,1	99233,1	99233,1	99233,1	99233,1	99233,1	99233,1	99233,1	99233,1	99233,1	99233,1
0,10	SUM		766953,9	766953,9	766953,9	766953,9	766953,9	766953,9	766953,9	766953,9	766953,9	766953,9	766953,9	766953,9	766953,9	766953,9	766953,9
	inflow thermal		158241,6	158241,6	158241,6	158241,6	158241,6	158241,6	158241,6	158241,6	158241,6	158241,6	158241,6	158241,6	158241,6	158241,6	158241,6
	value of fertil eq		422579,0	422579,0	422579,0	422579,0	422579,0	422579,0	422579,0	422579,0	422579,0	422579,0	422579,0	422579,0	422579,0	422579,0	422579,0
	Operating costs	0	285601	285601	285601	285601	285601	285601	285601	285601	285601	285601	285601	285601	285601	285601	285601
	maintenance		185382	185382	185382	185382	185382	185382	185382	185382	185382	185382	185382	185382	185382	185382	185382
	lubricants		26630	26630	26630	26630	26630	26630	26630	26630	26630	26630	26630	26630	26630	26630	26630
	loader		39829	39829	39829	39829	39829	39829	39829	39829	39829	39829	39829	39829	39829	39829	39829
	labour		12240	12240	12240	12240	12240	12240	12240	12240	12240	12240	12240	12240	12240	12240	12240
	insurance		21520	21520	21520	21520	21520	21520	21520	21520	21520	21520	21520	21520	21520	21520	21520
	raw material																
	sorghum		1116480	1116480	1116480	1116480	1116480	1116480	1116480	1116480	1116480	1116480	1116480	1116480	1116480	1116480	1116480
	corn stover																
	manure																
843.994,00	INVESTMENT																
1.012.792,80	equipment purchase/re	4778248					50000					50000					
	land purchase	30000															
	OUTFLOWS	4808248	1402081	1402081	1402081	1402081	1452081	1402081	1402081	1402081	1402081	1452081	1402081	1402081	1402081	1402081	1402081
scenario A own funds ONLY	NET FLOWS	-4808248	1955803	1955803	1955803	1955803	1905803	1955803	1955803	1955803	1955803	1905803	1955803	1955803	1955803	1955803	1955803
	discounted NCF	-4808248	1880580	1808250	1738702	1671829	1566431	1545699	1486250	1429086	1374121	1287492	1270452	1221589	1174605	1129427	1085988
	accumulated DNCF	-4808248	-2927668	-1119418	619283	2291112	3857543	5403242	6889492	8318578	9692699	10980191	12250644	13472232	14646837	15776264	16862252
scenario B subs loan 50%	INVESTMENT																
	50% own funds	2389124					50000					50000					
	50% loan payments	0	\$185.935	185934,7	185934,7	185934,7	185934,7	185934,704	185934,7	185934,7	185934,7	185934,7	185934,7	185934,7	185934,7	185934,7	185934,704
	land purchase	30000															
	OUTFLOWS	2419124	1588015,7	1588016	1588016	1588016	1638016	1588016	1588016	1588016	1588016	1638016	1588016	1588016	1588016	1588016	1588015,7
	NET FLOWS	-2419124	1769868	1769868	1769868	1769868	1719868	1769868	1769868	1769868	1769868	1719868	1769868	1769868	1769868	1769868	1769868
	discounted NCF	-2419124	1701796,40	1636343	1573406	1512891	1413606	1398753	1344954	1293225	1243486	1161881	1149673	1105454	1062937	1022055	982745,02
accumulated DNCF	-2419124	-717328	919015	2492422	4005312	5418919	6817671	8162626	9455851	10699337	11861218	13010891	14116346	15179283	16201337	17184082	

Πίνακας 34. Αναλυτικές ταμειακές ροές για την επένδυση C5 MEK 2000 kW

biogas size_tech	C5	thermal energy kWh		fert equiv														
	energy to sell	15984000	7.992.000,00															
0,204	feed-in tariff	0,17	0,04	euro/kWh th														
discount rate	Έτος 0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
4%	INFLOWS																	
	inflow electric energy	7028170,2	7028170,2	7028170,2	7028170,2	7028170,2	7028170,2	7028170,2	7028170,2	7028170,2	7028170,2	7028170,2	7028170,2	7028170,2	7028170,2	7028170,2	7028170,2	
0,0621	green	2717280	2717280	2717280	2717280	2717280	2717280	2717280	2717280	2717280	2717280	2717280	2717280	2717280	2717280	2717280	2717280	
0,02921	yellow	992606,4	992606,4	992606,4	992606,4	992606,4	992606,4	992606,4	992606,4	992606,4	992606,4	992606,4	992606,4	992606,4	992606,4	992606,4	992606,4	
0,01357	mauve	466892,6	466892,6	466892,6	466892,6	466892,6	466892,6	466892,6	466892,6	466892,6	466892,6	466892,6	466892,6	466892,6	466892,6	466892,6	466892,6	
0,10	SUM	216902,9	216902,9	216902,9	216902,9	216902,9	216902,9	216902,9	216902,9	216902,9	216902,9	216902,9	216902,9	216902,9	216902,9	216902,9	216902,9	
	inflow thermal	1676401,9	1676401,9	1676401,9	1676401,9	1676401,9	1676401,9	1676401,9	1676401,9	1676401,9	1676401,9	1676401,9	1676401,9	1676401,9	1676401,9	1676401,9	1676401,9	
	value of fertil eq	319680,0	319680,0	319680,0	319680,0	319680,0	319680,0	319680,0	319680,0	319680,0	319680,0	319680,0	319680,0	319680,0	319680,0	319680,0	319680,0	
		638406,4	638406,4	638406,4	638406,4	638406,4	638406,4	638406,4	638406,4	638406,4	638406,4	638406,4	638406,4	638406,4	638406,4	638406,4	638406,4	
	Operating costs	0	556236	556236	556236	556236	556236	556236	556236	556236	556236	556236	556236	556236	556236	556236	556236	
	maintenance		366813	366813	366813	366813	366813	366813	366813	366813	366813	366813	366813	366813	366813	366813	366813	
	lubricants		53330	53330	53330	53330	53330	53330	53330	53330	53330	53330	53330	53330	53330	53330	53330	
	loader		80914	80914	80914	80914	80914	80914	80914	80914	80914	80914	80914	80914	80914	80914	80914	
	labour		16837	16837	16837	16837	16837	16837	16837	16837	16837	16837	16837	16837	16837	16837	16837	
	insurance		38342	38342	38342	38342	38342	38342	38342	38342	38342	38342	38342	38342	38342	38342	38342	
	raw material																	
	sorghum		2291445	2291445	2291445	2291445	2291445	2291445	2291445	2291445	2291445	2291445	2291445	2291445	2291445	2291445	2291445	
	corn stover																	
	manure																	
843.994,00	INVESTMENT																	
1.012.792,80	equipment purchase/re	9300379					50000					50000						
	land purchase	30000																
	OUTFLOWS	9330379	2847681	2847681	2847681	2847681	2897681	2847681	2847681	2847681	2847681	2897681	2847681	2847681	2847681	2847681	2847681	
scenario A own funds ONLY	NET FLOWS	-9330379	4180489	4180489	4180489	4180489	4130489	4180489	4180489	4180489	4180489	4130489	4180489	4180489	4180489	4180489	4180489	
	discounted NCF	-9330379,00	4019701	3865097	3716440	3573500	3394961	3303901	3176828	3054643	2937156	2790411	2715566	2611121	2510694	2414128	2321277	
	accumulated DNCF	-9330379,00	-5310678	-1445581	2270859	5844359	9239320	12543221	15720050	18774692	21711848	24502259	27217825	29828946	32339640	34753768	37075045	
scenario B subs loan 50%	INVESTMENT																	
	50% own funds	4650189,5					50000					50000						
	50% loan payments	0	\$361.903	361903,19	361903,2	361903,2	361903,19	361903,194	361903,2	361903,2	361903,2	361903,2	361903,2	361903,2	361903,2	361903,2	361903,194	
	land purchase	30000																
	OUTFLOWS	4680189,5	3209584,2	3209584	3209584	3209584	3259584	3209584,2	3209584	3209584	3209584	3259584	3209584	3209584	3209584	3209584	3209584,2	
	NET FLOWS	-4680190	3818586	3818586	3818586	3818586	3768586	3818586	3818586	3818586	3818586	3768586	3818586	3818586	3818586	3818586	3818586	
	discounted NCF	-4680189,50	3671717,35	3530497	3394709	3264143	3097503	3017884	2901812	2790203	2682888	2545922	2480481	2385078	2293344	2205138	2120325	
	accumulated DNCF	-4680189,50	-1008472	2522025	5916734	9180878	12278381	15296265	18198076	20988280	23671168	26217089	28697570	31082648	33375991	35581130	37701455	

Πίνακας 35. Αναλυτικές ταμειακές ροές για την επένδυση C6 MGT 130 kW

biogas size_tech	C6	thermal energy kWh															fert equiv			
	energy to sell	987012	550.648,80																	
0,204	feed-in tariff	0,17	0,04	euro/kWh th																
discount rate	Έτος 0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
4%	INFLOWS																			
	inflow electric energy		463406,4	463406,4	463406,4	463406,4	463406,4	463406,4	463406,4	463406,4	463406,4	463406,4	463406,4	463406,4	463406,4	463406,4	463406,4			
0,0621	green		167792,04	167792,04	167792	167792	167792,04	167792,04	167792	167792	167792	167792	167792	167792	167792	167792	167792,04			
0,02921	yellow		61293,4	61293,4	61293,4	61293,4	61293,4	61293,4	61293,4	61293,4	61293,4	61293,4	61293,4	61293,4	61293,4	61293,4	61293,4			
0,01357	mauve		28830,6	28830,6	28830,6	28830,6	28830,6	28830,6	28830,6	28830,6	28830,6	28830,6	28830,6	28830,6	28830,6	28830,6	28830,6			
0,10	SUM		13393,8	13393,8	13393,8	13393,8	13393,8	13393,8	13393,8	13393,8	13393,8	13393,8	13393,8	13393,8	13393,8	13393,8	13393,8			
	inflow thermal		103517,8	103517,8	103517,8	103517,8	103517,8	103517,8	103517,8	103517,8	103517,8	103517,8	103517,8	103517,8	103517,8	103517,8	103517,8			
	value of fertil eq		22026,0	22026,0	22026,0	22026,0	22026,0	22026,0	22026,0	22026,0	22026,0	22026,0	22026,0	22026,0	22026,0	22026,0	22026,0			
			66552,8	66552,8	66552,8	66552,8	66552,8	66552,8	66552,8	66552,8	66552,8	66552,8	66552,8	66552,8	66552,8	66552,8	66552,8			
	Operating costs	0	46698	46698	46698	46698	46698	46698	46698	46698	46698	46698	46698	46698	46698	46698	46698			
	maintenance		27537	27537	27537	27537	27537	27537	27537	27537	27537	27537	27537	27537	27537	27537	27537			
	lubricants		3402	3402	3402	3402	3402	3402	3402	3402	3402	3402	3402	3402	3402	3402	3402			
	loader		4085	4085	4085	4085	4085	4085	4085	4085	4085	4085	4085	4085	4085	4085	4085			
	labour		4789	4789	4789	4789	4789	4789	4789	4789	4789	4789	4789	4789	4789	4789	4789			
	insurance		6885	6885	6885	6885	6885	6885	6885	6885	6885	6885	6885	6885	6885	6885	6885			
	raw material																			
	sorghum		165375	165375	165375	165375	165375	165375	165375	165375	165375	165375	165375	165375	165375	165375	165375			
	corn stover																			
	manure																			
843.994,00	INVESTMENT																			
1.012.792,80	equipment purchase/re	982101					50000					50000								
	land purchase	30000																		
	OUTFLOWS	1012101	212073	212073	212073	212073	262073	212073	212073	212073	212073	262073	212073	212073	212073	212073	212073			
scenario A own funds ONLY	NET FLOWS	-1012101	251333	251333	251333	251333	201333	251333	251333	251333	251333	201333	251333	251333	251333	251333	251333			
	discounted NCF	-1012101,00	241667	232372	223435	214841	165481	198632	190993	183647	176584	136014	163261	156982	150944	145139	139557			
	accumulated DNCF	-1012101,00	-770434	-538062	-314628	-99787	65694	264327	455320	638967	815550	951564	1114825	1271807	1422752	1567890	1707447			
scenario B subs loan 50%	INVESTMENT																			
	50% own funds	491050,5					50000					50000								
	50% loan payments	0	\$38.216	38216,237	38216,24	38216,24	38216,237	38216,2371	38216,24	38216,24	38216,24	38216,24	38216,24	38216,24	38216,24	38216,24	38216,2371			
	land purchase	30000																		
	OUTFLOWS	521050,5	250289,2	250289,2	250289,2	250289,2	300289,2	250289,2	250289,2	250289,2	250289,2	300289,2	250289,2	250289,2	250289,2	250289,2	250289,2			
	NET FLOWS	-521051	213117	213117	213117	213117	163117	213117	213117	213117	213117	163117	213117	213117	213117	213117	213117			
	discounted NCF	-521050,50	204920,38	197038,8	189460,4	182173,5	134070,4	168429,61	161951,6	155722,6	149733,3	110196,1	138436,9	133112,4	127992,7	123069,9	118336,41			
	accumulated DNCF	-521050,50	-316130	-119091	70369	252543	386613	555043	716994	872717	1022450	1132646	1271083	1404196	1532188	1655258	1773594			

Πίνακας 36. Αναλυτικές ταμειακές ροές για την επένδυση C7 MGT 250 kW

biogas size_tech	C7	thermal energy kWh	fert equiv														
	energy to sell	1898100	1.078.920,00														
0,204	feed-in tariff	0,17	0,04	euro/kWh th													
discount rate	Έτος 0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
4%	INFLOWS																
	inflow electric energy		830532,1	830532,1	830532,1	830532,1	830532,1	830532,1	830532,1	830532,1	830532,1	830532,1	830532,1	830532,1	830532,1	830532,1	830532,1
0,0621	green		322677	322677	322677	322677	322677	322677	322677	322677	322677	322677	322677	322677	322677	322677	322677
0,02921	yellow		117872,0	117872,0	117872,0	117872,0	117872,0	117872,0	117872,0	117872,0	117872,0	117872,0	117872,0	117872,0	117872,0	117872,0	117872,0
0,01357	mauve		55443,5	55443,5	55443,5	55443,5	55443,5	55443,5	55443,5	55443,5	55443,5	55443,5	55443,5	55443,5	55443,5	55443,5	55443,5
0,10	SUM		25757,2	25757,2	25757,2	25757,2	25757,2	25757,2	25757,2	25757,2	25757,2	25757,2	25757,2	25757,2	25757,2	25757,2	25757,2
	inflow thermal		199072,7	199072,7	199072,7	199072,7	199072,7	199072,7	199072,7	199072,7	199072,7	199072,7	199072,7	199072,7	199072,7	199072,7	199072,7
	value of fertil eq		43156,8	43156,8	43156,8	43156,8	43156,8	43156,8	43156,8	43156,8	43156,8	43156,8	43156,8	43156,8	43156,8	43156,8	43156,8
	Operating costs	0	66552,8	66552,8	66552,8	66552,8	66552,8	66552,8	66552,8	66552,8	66552,8	66552,8	66552,8	66552,8	66552,8	66552,8	66552,8
	maintenance		80303	80303	80303	80303	80303	80303	80303	80303	80303	80303	80303	80303	80303	80303	80303
	lubricants		49309	49309	49309	49309	49309	49309	49309	49309	49309	49309	49309	49309	49309	49309	49309
	loader		6606	6606	6606	6606	6606	6606	6606	6606	6606	6606	6606	6606	6606	6606	6606
	labour		9016	9016	9016	9016	9016	9016	9016	9016	9016	9016	9016	9016	9016	9016	9016
	insurance		6469	6469	6469	6469	6469	6469	6469	6469	6469	6469	6469	6469	6469	6469	6469
	raw material		8903	8903	8903	8903	8903	8903	8903	8903	8903	8903	8903	8903	8903	8903	8903
	sorghum																
	corn stover		328150	328150	328150	328150	328150	328150	328150	328150	328150	328150	328150	328150	328150	328150	328150
	manure																
843.994,00	INVESTMENT																
1.012.792,80	equipment purchase/re	1652240					50000					50000					
	land purchase	30000															
	OUTFLOWS	1682240	408453	408453	408453	408453	458453	408453	408453	408453	408453	458453	408453	408453	408453	408453	408453
scenario A	NET FLOWS	-1682240	422079	422079	422079	422079	372079	422079	422079	422079	422079	372079	422079	422079	422079	422079	422079
own funds ONLY	discounted NCF	-1682240,00	405845	390236	375227	360795	305822	333575	320745	308409	296547	251363	274175	263629	253490	243740	234366
	accumulated DNCF	-1682240,00	-1276395	-886159	-510932	-150137	155685	489260	810005	1118414	1414961	1666325	1940499	2204129	2457618	2701358	2935724
scenario B	INVESTMENT																
subs loan 50%	50% own funds	826120					50000					50000					
	50% loan payments	0	\$64.293	64293,179	64293,18	64293,18	64293,179	64293,1791	64293,18	64293,18	64293,18	64293,18	64293,18	64293,18	64293,18	64293,18	64293,1791
	land purchase	30000															
	OUTFLOWS	856120	472746,2	472746,2	472746,2	472746,2	522746,2	472746,2	472746,2	472746,2	472746,2	522746,2	472746,2	472746,2	472746,2	472746,2	472746,2
	NET FLOWS	-856120	357786	357786	357786	357786	307786	357786	357786	357786	357786	307786	357786	357786	357786	357786	357786
	discounted NCF	-856120,00	344024,88	330793,2	318070,3	305836,9	252977,6	282763,4	271887,9	261430,6	251375,6	207929,1	232410,9	223472,0	214876,9	206612,4	198665,80
	accumulated DNCF	-856120,00	-512095	-181302	136768	442605	695583	978346	1250234	1511665	1763040	1970969	2203380	2426852	2641729	2848342	3047007

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΝΟΨΗ

Επιδιώκεται η αναλυτική παρουσίαση σε πίνακες και διαγράμματα και ο ακόλουθος σχολιασμός των όποιων συμπερασμάτων.

6.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Αρχικά με βάση τις αναλυτικές ταμειακές ροές για κάθε επένδυση διαμορφώνεται ο πίνακας ΧΧ , Επιστροφή στην επένδυση για κάθε επενδυτικό σχέδιο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 37. Επιστροφή στην επένδυση

Τύπος μονάδας Συμπαραγωγής	Ονομαστική ισχύς	Επένδυση	Παραγόμενη ενέργεια	Τιμή απόσυρσης	Ετήσια έσοδα (ηλεκτρική, θερμική, λίπασμα)	Ετήσια έσοδα - επιδότηση	Λειτουργικές δαπάνες	Δαπάνες πρώτης ύλης	Σταθερές ετήσιες δαπάνες	Σύνολο ετήσιων δαπανών	Κέρδος	Επιστροφή στην Επένδυση
	kW	€	kWh	€	€	€	€	€	€	€	€	-
C1	130	843994	987012	0.17	237181	103518	46698	122850	112644	282192	58507	0,069
C2	250	1386650	1898100	0.17	453471	199073	80303	255200	161451	496954	155590	0,112
C3	530	2652846	3981614	0.17	945547	417592	157464	563860	275334	996658	366480	0,138
C4	1000	4778248	7312680	0.17	1823976	766954	285601	1116480	466495	1868576	722354	0,151
C5	2000	9300379	15984000	0.17	3675366	1676402	556236	2291445	873221	3720902	1630867	0,175
C6	130	982101	987012	0.17	256371	103518	46698	165375	125066	337139	22750	0,023
C7	250	1652240	1898100	0.17	432387	199073	80303	328150	185339	593792	37668	0,022

Με βάση τον πίνακα 37 , κατασκευάζεται και ο παρακάτω συγκεντρωτικός πίνακας 38, στον οποίο παρουσιάζονται οι ανηγμένες ανά kWh τιμές.

Πίνακας 38. Παράμετροι ανά διαθέσιμη παραγόμενη ηλεκτρική kWh

Τύπος μονάδας Συμπαγωγής	Έσοδα	Επιδότηση	Λειτουργικές δαπάνες	Δαπάνες πρώτης ύλης	Σταθερές ετήσιες δαπάνες	Σύνολο ετήσιων δαπανών
	€ kWh	€ kWh	€ kWh	€ kWh	€ kWh	€ kWh
C1	0,2403	0,1049	0,0473	0,1245	0,1141	0,2859
C2	0,2389	0,1049	0,0423	0,1345	0,0851	0,2618
C3	0,2375	0,1049	0,0395	0,1416	0,0692	0,2503
C4	0,2494	0,1049	0,0391	0,1527	0,0638	0,2555
C5	0,2299	0,1049	0,0348	0,1434	0,0546	0,2328
C6	0,2597	0,1049	0,0473	0,1676	0,1267	0,3416
C7	0,2278	0,1049	0,0423	0,1729	0,0976	0,3128

Στη συνέχεια εισάγονται πρωτίστως οι αναλυτικές αθροιστικές καθαρές παρούσες αξίες και τα διαγράμματα αθροιστικής καθαρής παρούσας αξίας που προκύπτουν από αυτές , για τα Σενάρια Α (χωρίς δανεισμό) και Β (με επιδοτούμενο δανεισμό).

Πίνακας 39. Αθροιστική Κ.Π.Α Σενάριο Α

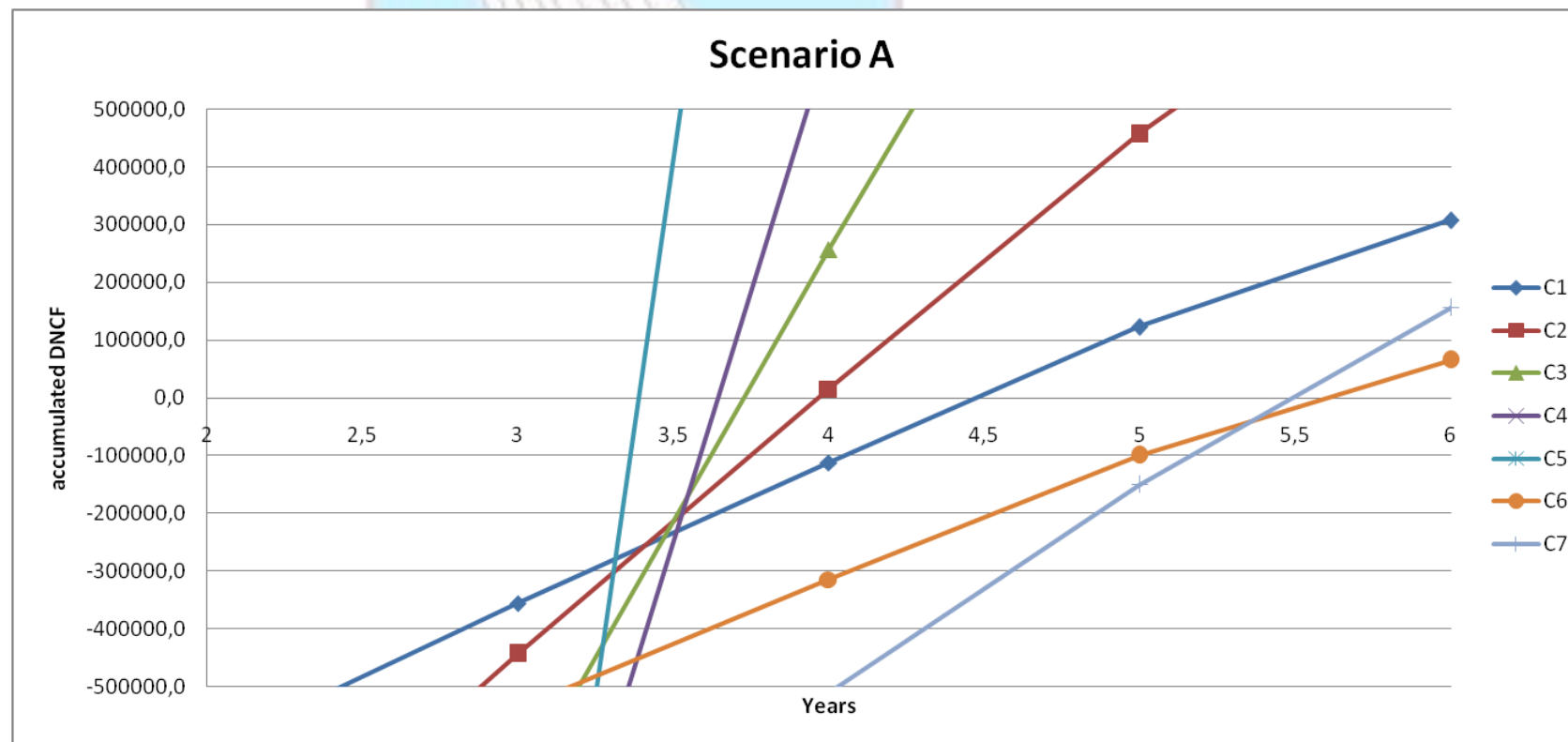
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	C1	-873994	-609890	-355943	-111764	123024	307685	524760	733485	934183	1127161	1278939	1457359	1628916	1793874	1952489	2105002
	C2	-1416650	-920387	-443211	15612	456788	839899	1247791	1639995	2017114	2379728	2694618	3029875	3352238	3662203	3960245	4246825
	C3	-2682846	-1664186	-684706	257102	1162687	1992345	2829609	3634670	4408768	5153093	5835011	6523181	7184883	7821135	8432915	9021166
	C4	-4808248	-2927668	-1119418	619283	2291112	3857543	5403242	6889492	8318578	9692699	10980191	12250644	13472232	14646837	15776264	16862252
	C5	-9330379	-5310678	-1445581	2270859	5844359	9239320	12543221	15720050	18774692	21711848	24502259	27217825	29828946	32339640	34753768	37075045
	C6	-1012101	-770434	-538062	-314628	-99787	65694	264327	455320	638967	815550	951564	1114825	1271807	1422752	1567890	1707447
	C7	-1682240	-1276395	-886159	-510932	-150137	155685	489260	810005	1118414	1414961	1666325	1940499	2204129	2457618	2701358	2935724

Πίνακας 40. Αθροιστική Κ.Π.Α Σενάριο Β

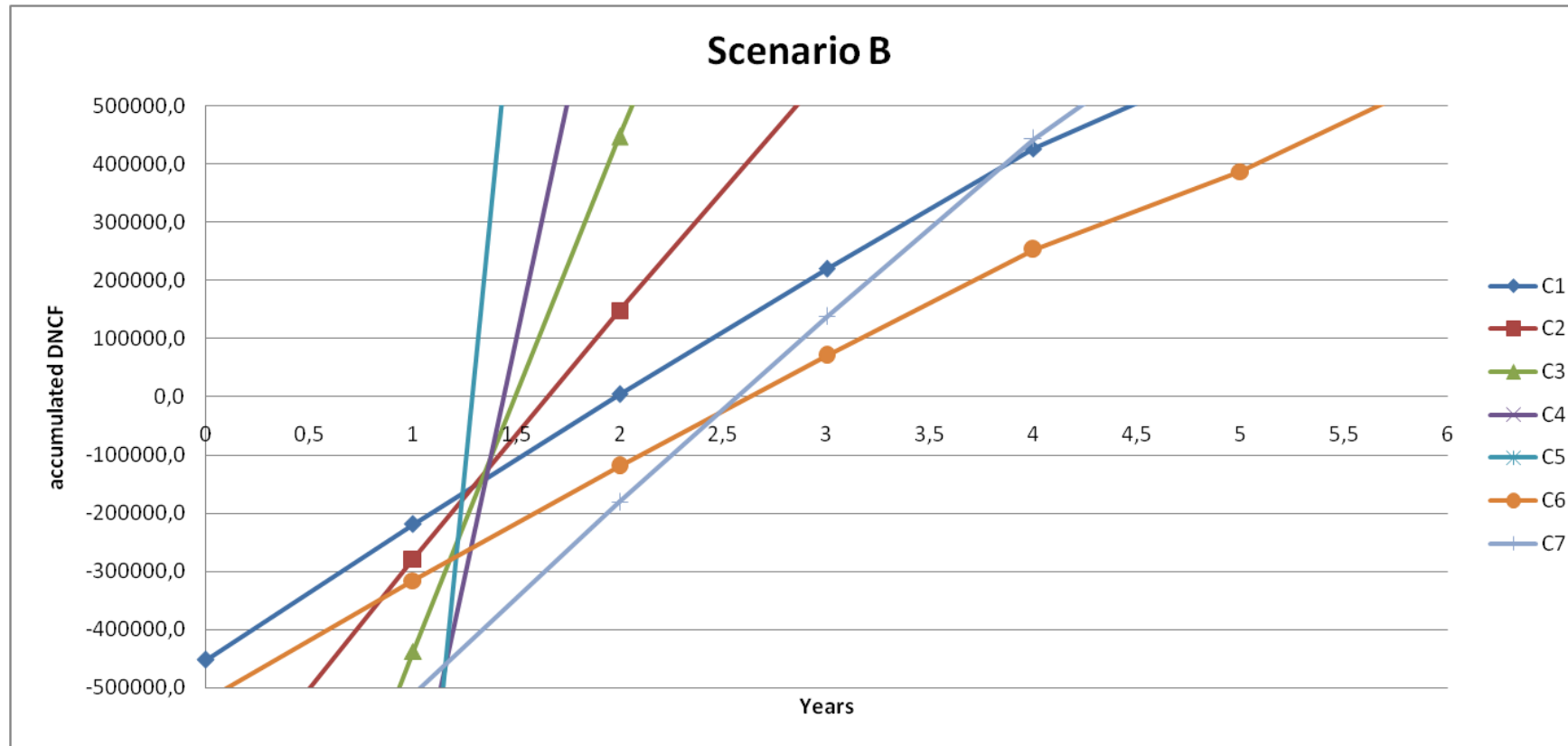
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
B	C1	-451997	-219472	4110	219093	425807	583475	774594	958362	1135062	1304966	1434557	1591643	1742687	1887922	2027570	2161848
	C2	-723325	-278945	148343	559198	954250	1293011	1658259	2009459	2347151	2671855	2950292	3250500	3539160	3816719	4083602	4340220
	C3	-1356423	-437023	447016	1297054	2114398	2859209	3614889	4341504	5040173	5711970	6324151	6945265	7542490	8116744	8668913	9199843

C4	-2419124	-717328	919015	2492422	4005312	5418919	6817671	8162626	9455851	10699337	11861218	13010891	14116346	15179283	16201337	17184082
C5	-4680190	-1008472	2522025	5916734	9180878	12278381	15296265	18198076	20988280	23671168	26217089	28697570	31082648	33375991	35581130	37701455
C6	-521051	-316130	-119091	70369	252543	386613	555043	716994	872717	1022450	1132646	1271083	1404196	1532188	1655258	1773594
C7	-856120	-512095	-181302	136768	442605	695583	978346	1250234	1511665	1763040	1970969	2203380	2426852	2641729	2848342	3047007

Διάγραμμα 8. Αθροιστική Κ.Π.Α Σεναρίου Α



Διάγραμμα 9. Αθροιστική Κ.Π.Α Σεναρίου Β.



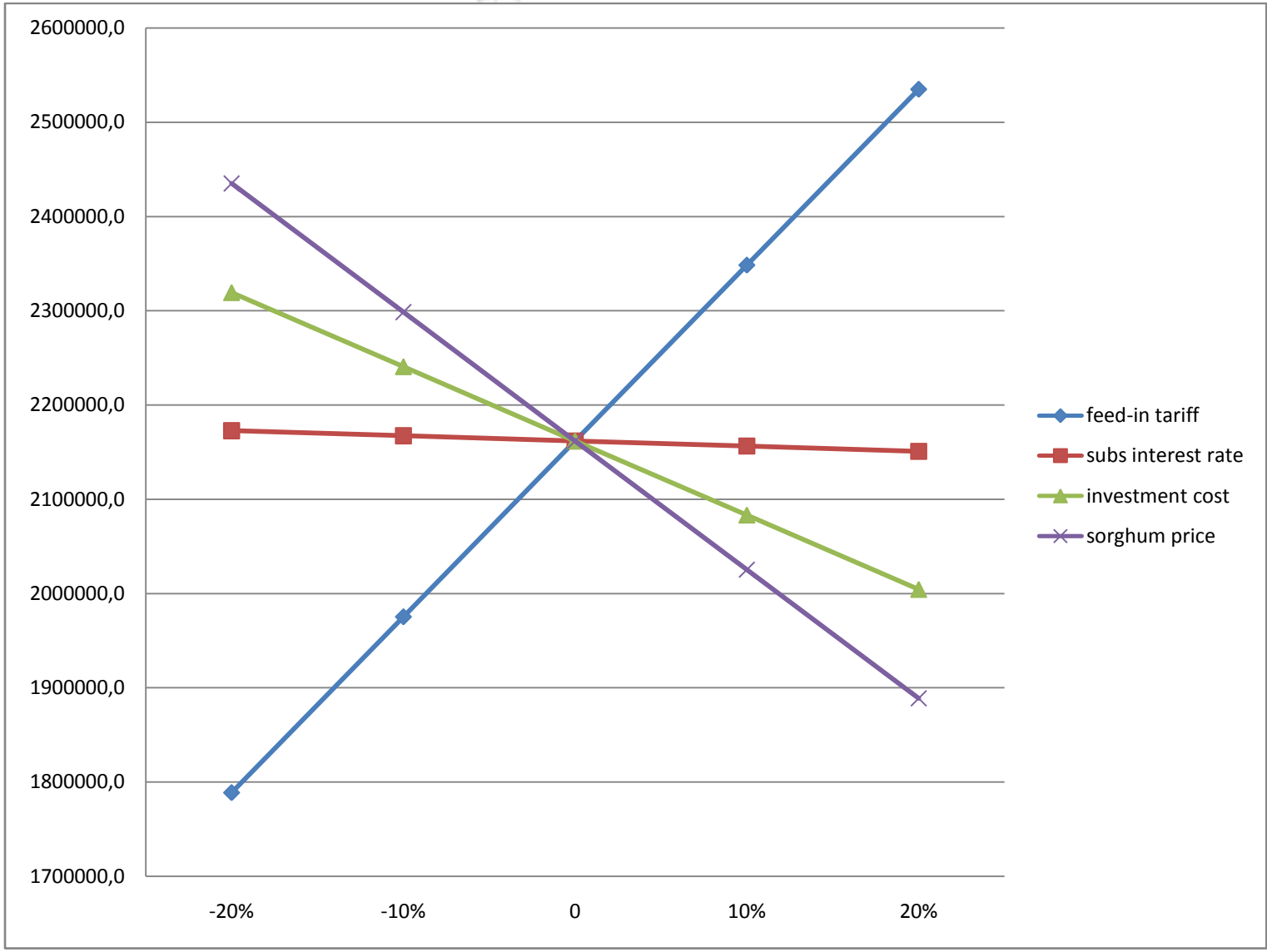
Η εναλλαγή της διαφορικής Κ.Π.Α έχει εισαχθεί ως έννοια , και διαγραμματικά φαίνεται ανά τύπο μονάδας το ύψος αυτής της διαφοράς , με βάση τα στοιχεία που προέκυψαν από την χρηματοοικονομική ανάλυση.

Διάγραμμα 10. Διαφορική Κ.Π.Α ανά τύπο μονάδας Σ.Η.Θ



Επίσης , ακολουθεί η Ανάλυση ευαισθησίας για κάθε τύπο μονάδας, και παρουσιάζεται διαγραμματικά η μονάδα C1, με τις υπόλοιπες να έχουν αντίστοιχη εικόνα , απλά διαφορετική διαβάθμιση στον κάθετο άξονα , αυτόν της Κ.Π.Α . Η τιμή απόσυρσης της ηλεκτρικής ενέργειας, το επιτόκιο, το κόστος επένδυσης και η τιμή του σόργου ως βιομάζα επιλέγονται ως ευαίσθητες παράμετροι στην Κ.Π.Α.

Διάγραμμα 11. Ανάλυση ευαισθησίας C1



Πίνακες 41-47. Ανάλυση Ευαισθησίας C1-C2-C3-C4-C5-C6-C7

C1	feed-in tariff	subs interest rate	investment cost	sorghum price
-20%	1788732,6	2172685,0	2319277,6	2435026,7
-10%	1975290,3	2167289,1	2240562,8	2298437,4
0	2161848,0	2161848,0	2161848,0	2161848,0
10%	2348405,7	2156361,9	2083133,1	2025258,6
20%	2534963,4	2150831,2	2004418,3	1888669,2
critical price	-0,03	53,8%	3161965	116
current price	0,17	2%	843994	50

C2	feed-in tariff	subs interest rate	investment cost	sorghum price
-20%	3622690,4	4358024,8	4598871,0	4907702,5
-10%	3981455,2	4349159,5	4469545,5	4623961,3
0	4340220,0	4340220,0	4340220,0	4340220,0
10%	4698984,8	4331206,7	4210894,5	4056478,8
20%	5057749,6	4322119,8	4081569,0	3772737,5
critical price	-0,04	64,0%	6040308	126
current price	0,17	2%	1386650	50

C3	feed-in tariff	subs interest rate	investment cost	sorghum price
-20%	7694693,1	9233906,4	9694677,1	10453686,2
-10%	8447268,2	9216945,8	9447260,3	9826764,8
0	9199843,4	9199843,4	9199843,4	9199843,4
10%	9952418,6	9182599,7	8952426,5	8572922,0
20%	10704993,7	9165215,4	8705009,7	7946000,6
critical price	-0,04	70,1%	12517076	136
current price	0,17	2%	2652846	50

C4	feed-in tariff	subs interest rate	investment cost	sorghum price
-20%	14419705,3	17245435,8	18075366,0	19666773,8
-10%	15801893,8	17214886,9	17629724,2	18425428,1
0	17184082,4	17184082,4	17184082,4	17184082,4
10%	18566270,9	17153023,4	16738440,6	15942736,7
20%	19948459,5	17121711,1	16292798,8	14701390,9
critical price	-0,04	72,5%	23203316	143
current price	0,17	2%	4778248	50

C5	feed-in tariff	subs interest rate	investment cost	sorghum price
-20%	31659100,7	37820873,4	39436248,9	42796889,7
-10%	34680277,9	37761413,0	38568852,0	40249172,4
0	37701455,0	37701455,0	37701455,0	37701455,0
10%	40722632,2	37641001,8	36834058,1	35153737,7
20%	43743809,4	37580055,7	35966661,2	32606020,4
critical price	-0,04	80,7%	49724527	161
current price	0,17	2%	9300379	50

C6	feed-in tariff	subs interest rate	investment cost	sorghum price
-20%	1400479,1	1786204,8	1956785,1	2141335,1
-10%	1587036,8	1779925,9	1865189,8	1957464,8
0	1773594,4	1773594,4	1773594,4	1773594,4
10%	1960152,1	1767210,7	1681999,1	1589724,1
20%	2146709,8	1760774,9	1590403,8	1405853,8
critical price	0,01	40,0%	2883779	88
current price	0,17	2%	982101	50

C7	feed-in tariff	subs interest rate	investment cost	sorghum price
-20%	2329477,9	3068222,5	3355198,7	3776707,2
-10%	2688242,6	3057659,1	3201103,1	3411857,3
0	3047007,4	3047007,4	3047007,4	3047007,4
10%	3405772,2	3036267,7	2892911,8	2682157,5
20%	3764537,0	3025440,5	2738816,1	2317307,7
critical price	0,03	40,7%	4919293,705	92
current price	0,17	2%	1652240	50

Για τα παρακάτω σενάρια υπολογίζεται ο θεωρητικός οριακός αριθμός των μονάδων Σ.Η.Θ που θα μπορούσαν να υπάρξουν στην περιφέρεια του Lubelskie, με βασική παραδοχή ότι τα επίπεδα καλλιέργειας του σόργου παραμένουν στα επίπεδα του 2016 , δηλαδή στα 20.000 ha σόργου στην Πολωνία [7] , και δεν αυξάνονται.

- σενάριο A : απόδοση σόργου 40 τόνους το εκτάριο ως το ελάχιστο που δίνουν οι Prazak R (2016) για τις Πολωνικές συνθήκες,
- σενάριο B : απόδοση σόργου 55 τόνους το εκτάριο ως μέσο όρο από τους Agostini et al (2016) για την Ιταλία, στην οποία έχουν σχετική εμπειρία και είναι πιο παραγωγικοί σε θέματα αγροτικού βιοαερίου.
- σενάριο Γ : απόδοση σόργου 100 τόνους το εκτάριο , ως ιδανική απόδοση κατάλληλων κλιματικών και εδαφολογικών συνθηκών.

Πίνακας 48. Θεωρητικός Αριθμός Μονάδων Σ.Η.Θ για αναλογία $\frac{\text{Σόργο}}{\text{Ζωική ή κοπριά}} = \frac{70}{30}$

Τύπος Μονάδας Σ.Η.Θ	Απαίτηση σε Σόργο $\frac{Mg}{\text{έτος}}$	Σενάριο A	Σενάριο B	Σενάριο Γ
C1	2730	293	403	733
C2	5104	157	216	392
C3	10252	78	107	195
C4	18608	43	59	107

C5	35253	23	31	57
C6	3675	218	299	544
C7	6563	122	168	305

Πίνακας 49. Θεωρητικός Αριθμός Μονάδων Σ.Η.Θ για αναλογία $\frac{\text{Σόργο}}{\text{Ζωικ ή κοπρι ά}} = \frac{30}{70}$

Τύπος Μονάδας Σ.Η.Θ	Απαίτηση σε Σόργο $\frac{Mg}{έτος}$	Σενάριο Α	Σενάριο Β	Σενάριο Γ
C1	1170	684	940	1709
C2	2188	366	503	914
C3	4394	182	250	455
C4	7975	100	138	251
C5	15109	53	73	132
C6	1575	508	698	1270
C7	2813	284	391	711

6.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο πλαίσιο της τρέχουσας διπλωματικής εξετάστηκε η κερδοφορία επένδυσης σε μονάδες Σ.Η.Θ μικρής-μεσαίας κλίμακας δυναμικότητας ονομαστικής ισχύος 130-2000 kW και δύο διαφορετικών τεχνολογιών (Μ.Ε.Κ., μικροτουρμπίνες), για την περιφέρεια Lubelskie της ανατολικής Πολωνίας. Με σειρά των πινάκων και διαγραμμάτων που παρουσιάστηκαν, σχολιάζονται τα αποτελέσματα τα οποία είναι τα αναμενόμενα, και δείχνουν ότι η επένδυση σε Α.Π.Ε και ειδικότερα στην ενεργειακή αξιοποίηση του βιοαερίου που προκύπτει από μονάδες Σ.Η.Θ αγροτικών υπολειμμάτων είναι ένα επενδυτικό πλάνο που αποφέρει σε σύντομο χρονικό πλαίσιο σημαντικά έσοδα. Η τάση προώθησης των Α.Π.Ε από πλευράς Ευρωπαϊκής Ένωσης για καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής, και ο στόχος του 20% έως το 2020 διαμορφώνουν κρατικές επιχορηγήσεις και διευκολύνσεις τις οποίες οι αγρότες δεν θα πρέπει να παραβλέψουν σε καμία περίπτωση, ενώ οι επενδυτές θα πρέπει να σκεφτούν σοβαρά.

Η επιστροφή στην επένδυση είναι ο λόγος του κέρδους προς την αρχική επένδυση. Παρατηρείται ότι ο τύπος μονάδας Συμπαγωγής C5 έχει το μεγαλύτερο λόγο, 0.175, που σημαίνει ότι είναι η επένδυση η οποία επιστρέφει και ταχύτερα τα ίδια κεφάλαια από οποιαδήποτε άλλη, άρα είναι και η περισσότερο ελκυστική για τους επενδυτές. Κάτι τέτοιο είναι αναμενόμενο, καθώς η διαθέσιμη προς πώληση παραγόμενη ενέργεια (ηλεκτρική, θερμική), αλλά και το διαθέσιμο λίπασμα είναι σε αριθμητικά μεγέθη τόσο μεγαλύτερα όσο η ονομαστική ισχύς της εγκατάστασης. Μεταξύ των δύο διαφορετικών τεχνολογιών, δηλαδή της μηχανής εσωτερικής καύσης και της χρήσης μικροτουρμπινών, αυτή με τον μεγαλύτερο λόγο επιστροφής στην αρχική επένδυση είναι η περισσότερο συνηθισμένη τεχνολογία, η Μ.Ε.Κ.

Συγκρίνοντας μονάδες ίδιας ονομαστικής ισχύος, η C1 έχει περίπου 3 φορές μεγαλύτερο λόγο από την C6, γεγονός που την καθιστά περισσότερο ελκυστική ως επένδυση. Αυτό συμβαίνει διότι ο βαθμός ηλεκτρικής απόδοσης στις Μ.Ε.Κ είναι περίπου 10% μεγαλύτερος από αυτόν των μικροτουρμπινών, μια διαφορά από το 35% στο 26%, γεγονός που σημαίνει λιγότερη παραγόμενη ενέργεια, άρα και λιγότερα έσοδα, και αυτό δεν αντισταθμίζεται από την υπεροχή των μικροτουρμπινών στο βαθμό θερμικής απόδοσης κατά 5% (έχουν 53% σε σχέση με το 48% των Μ.Ε.Κ), αφού και η τιμή διάθεσης θερμικής ενέργειας είναι υποτετραπλάσια της τιμής απόσυρσης της ηλεκτρικής ενέργειας στην Πολωνία, με βάση τις τιμές για το 2018 (4 σέντς του ευρώ ανά θερμική kWh, σε σχέση με 17 σέντς του ευρώ ανά ηλεκτρική kWh). Η αξιοποίηση της βιομάζας για ενεργειακούς σκοπούς επιδοτείται, ωστόσο από το τρέχον νομοθετικό πλαίσιο δεν ευνοείται η χρήση κάποιας τεχνολογίας, με αποτέλεσμα οι λιγότερο αποδοτικές να αποφέρουν και μικρότερα έσοδα, καθώς δεν ισοσταθμίζεται η επιλογή τους από υψηλότερες επιδοτήσεις.

Η Επιδότηση ανά kWh είναι σταθερή, και δεν υπάρχει διαβάθμιση με βάση την ονομαστική ισχύ της εκάστοτε μονάδας συμπαραγωγής, ενώ παρατηρείται ότι το σύνολο των ετήσιων δαπανών μειώνεται κατά κανόνα όσο μεγαλύτερη είναι η ονομαστική ισχύς της μονάδας. Η μονάδα Μ.Ε.Κ εμφανίζει λιγότερες δαπάνες σε σχέση με τις δαπάνες που εμφανίζει η μονάδα μικροτουρμπινών, και αυτό συμβαίνει διότι οι δαπάνες πρώτης ύλης είναι υψηλότερες για την δεύτερη τεχνολογία. Αυτό συμβαίνει διότι είναι οι απαιτήσεις σε ποσότητα πράσινης βιομάζας (=σόργου) μεγαλύτερες, καθώς γίνεται για λόγους απλούστευσης η παραδοχή ότι οι λειτουργικές δαπάνες είναι συνάρτηση μόνο της ονομαστικής ισχύος, και όχι της χρησιμοποιούμενης τεχνολογίας. Το γεγονός ότι έχουμε υποθέσει ένα διάνυσμα για την τιμή σόργου, από 45 € στο C1 έως 65 € στο C5, έχει ως αποτέλεσμα το C4 με το C5 να έχουν συνολικές ετήσιες δαπάνες οι οποίες η λογική θα υπαγόρευε ότι είναι αντίθετες.

Ωστόσο είναι κρίσιμη η διαπίστωση ότι η τιμή της πρώτης ύλης είναι καθοριστική για την βιωσιμότητα της επένδυσης, αφού οι λειτουργικές δαπάνες ανά kWh και οι σταθερές ετήσιες δαπάνες ανά kWh μειώνονται όσο μεγαλύτερη ονομαστική ισχύ έχει η μονάδα. Η υπόθεση ότι η τιμή του σόργου θα μπορούσε να είναι σταθερή δεν ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα της αγοράς, αφού όσο μεγαλύτερη ζήτηση έχει μια μονάδα για να καλύψει τις ανάγκες της, σε τόσο περισσότερους προμηθευτές θα απευθυνθεί, και ακόμα και να εξασφαλίζει την ίδια τιμή μονάδας από αυτούς, δεν μπορεί να έχουν όλοι το ίδιο κόστος μεταφοράς και παράδοσης. Είναι και με τη χρήση αυτού του δείκτη προφανές ότι η επένδυση C5 είναι αυτή που συμφέρει περισσότερο σε σχέση με τις υπόλοιπες, ωστόσο χρειάζεται και τα περισσότερα ίδια κεφάλαια επένδυσης, άρα εμπεριέχει και το μεγαλύτερο ρίσκο.

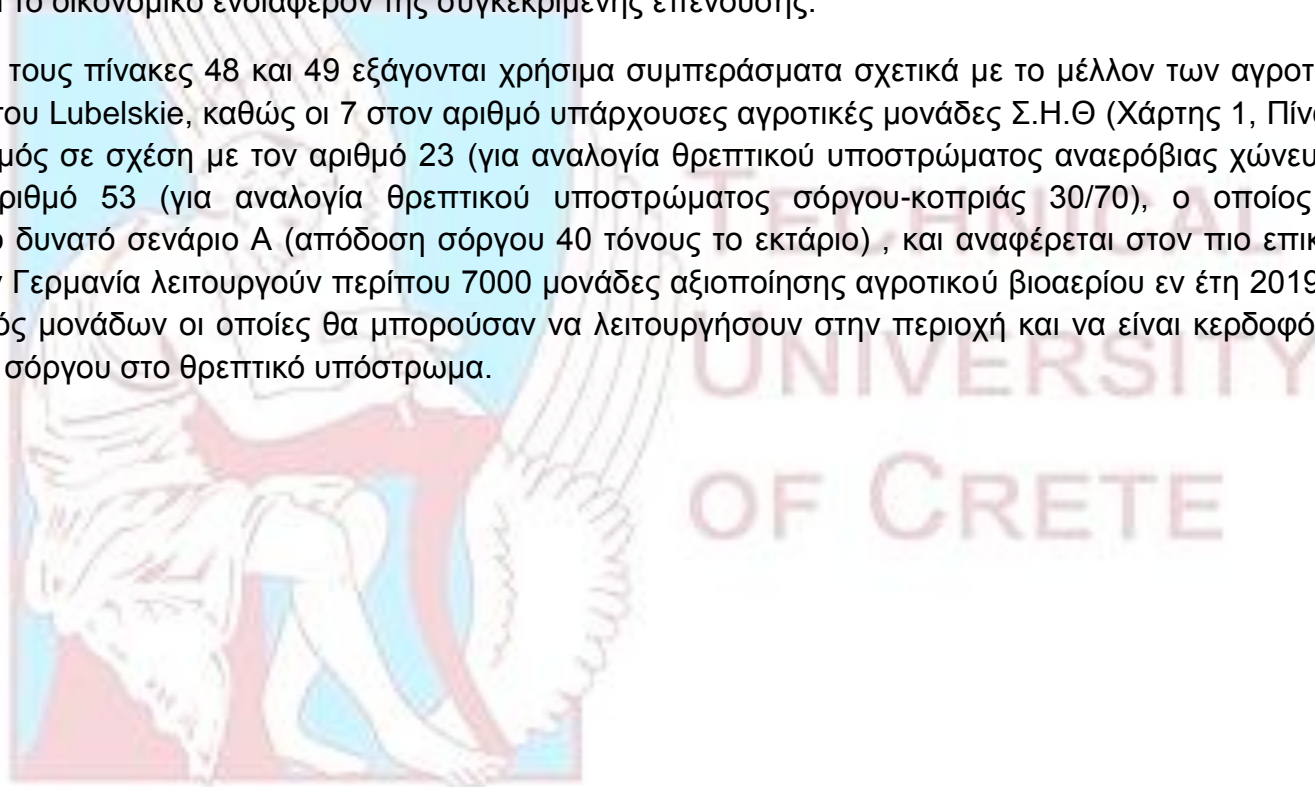
Το σενάριο Α (εξ'ολοκλήρου ίδια κεφάλαια χρηματοδότησης) φέρει θετικές Κ.Π.Α από 3,4 – 5,6 έτη, ενώ το σενάριο Β (50% επιδοτούμενο δάνειο) φέρει Κ.Π.Α από 1,3 – 2,6 έτη. Με βάση την παραπάνω διαπίστωση είναι προφανές ότι θα συνέφερε τον επενδυτή το σενάριο Β για κάθε τύπο επένδυσης, ωστόσο υπάρχει η αβεβαιότητα λήψης του επιδοτούμενου δανείου, αλλά και του ποσοστού της επένδυσης το οποίο θα καλύπτεται στην πραγματικότητα. Όσο μεγαλύτερη ισχύ έχει μια μονάδα τόσο γρηγορότερα αποφέρει θετικές Κ.Π.Α για τις μονάδες Μ.Ε.Κ, και αυτό φαίνεται από τα παραπάνω διαγράμματα. Κάτι τέτοιο δεν ισχύει για τις μονάδες C6, C7 που χρησιμοποιούν μικροτουρμπίνες, γεγονός το οποίο οφείλεται στο διάνυσμα τιμής βιομάζας που έχει προαναφερθεί, αλλά και στις μικρές διαφορές στους συντελεστές ηλεκτρικής απόδοσης (26% και 28% αντίστοιχα), θερμικής απόδοσης (53% και 54% αντίστοιχα), που διαταράσσουν την κερδοφορία της επένδυσης, έστω και σε μικρό βαθμό (5,6 έτη, 5,5 έτη αντίστοιχα στο Σενάριο Α, και 2,6 έτη, 2,55 έτη στο Σενάριο Β).

Σχετικά με την διαφορική καθαρή παρούσα αξία, είναι προφανές ότι όσο μεγαλύτερη η ονομαστική ισχύ της επένδυσης, άρα και το ύψος αρχικής επένδυσης, τόσο μεγαλύτερη είναι και η διαφορική Κ.Π.Α στο έτος εκκίνησης (θεωρητικό έτος 0, ακριβώς πριν την

έναρξη της επένδυσης), επομένως θα πρέπει κατά κανόνα να προτιμάται το Σενάριο Β για επενδύσεις, κατά το οποίο επιλέγεται ο μερικός δανεισμός του αρχικού κεφαλαίου επένδυσης.

Κατά την ανάλυση ευαισθησίας για 5 επιλεγμένες παραμέτρους που θεωρήθηκε ότι είναι σημαντικές για την εφικτότητα της επένδυσης, παρατηρείται ότι πράγματι η Καθαρή Παρούσα Αξία είναι πολύ ευαίσθητη σε τέσσερις από αυτές, με πιο σημαντική από την πλευρά των εσόδων την τιμή πώλησης ηλεκτρικού ρεύματος, ενώ από την πλευρά των δαπανών, το κόστος σόργου ως πρώτης ύλης. Οι κλίσεις στο διάγραμμα υποδηλώνουν ποια είναι πιο σημαντική ανάλογα με το πόσο απότομες είναι. Στην προτελευταία γραμμή του πίνακα υπολογίστηκε η λεγόμενη κρίσιμη τιμή της μεταβλητής που δείχνει την τιμή που μηδενίζει την ΚΠΑ. Στο βασικό σενάριο η ΚΠΑ είναι αρκετά υψηλή με αποτέλεσμα οι κρίσιμες τιμές να είναι πολύ μακριά από τις τρέχουσες, κάτι που επιβεβαιώνει το οικονομικό ενδιαφέρον της συγκεκριμένης επένδυσης.

Επίσης, με βάση τους πίνακες 48 και 49 εξάγονται χρήσιμα συμπεράσματα σχετικά με το μέλλον των αγροτικών μονάδων Σ.Η.Θ της Περιφέρειας του Lubelskie, καθώς οι 7 στον αριθμό υπάρχουσες αγροτικές μονάδες Σ.Η.Θ (Χάρτης 1, Πίνακας 8, Κεφαλαίου 4) είναι μικρός αριθμός σε σχέση με τον αριθμό 23 (για αναλογία θρεπτικού υποστρώματος αναερόβιας χώνευσης σόργου-κοπριάς 70/30) ή τον αριθμό 53 (για αναλογία θρεπτικού υποστρώματος σόργου-κοπριάς 30/70), ο οποίος προκύπτει από το επιφυλακτικότερο δυνατό σενάριο Α (απόδοση σόργου 40 τόνους το εκτάριο) , και αναφέρεται στον πιο επικερδή τύπο μονάδας, τον C5, ενώ στην Γερμανία λειτουργούν περίπου 7000 μονάδες αξιοποίησης αγροτικού βιοαερίου εν έτη 2019. Συνοψίζοντας, είναι μεγάλος ο αριθμός μονάδων οι οποίες θα μπορούσαν να λειτουργήσουν στην περιοχή και να είναι κερδοφόρες, ανεξάρτητα από την αναλογία του σόργου στο θρεπτικό υπόστρωμα.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

7.1 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Agostini A. , Battini F., Padella M., Giuntoli J., Baxter D., Marelli L., Amaducci S. (2016): Economics of GHG emissions mitigation via biogas production from Sorghum, maize and dairy farm manure digestion in the Po valley. In Biomass and Bioenergy 89, pp. 58–66. DOI: 10.1016/j.biombioe.2016.02.022.
2. Διάφοροι, <http://www.crops4energy.co.uk/wp-content/uploads/2015/11/Willow-asfuel1.pdf> ,[November 2018]
3. B. Iglinski, R.Buczowski , A.Iglinska, M. Cichosz, G.Piechota, W.Kujawski.(2012): Agricultural biogas plants in Poland : Investment process, economical and environmental aspects , biogas potential. Renewable and sustainable energy reviews 16 (7), 4890-4900

4. Curkowski A, Oniszk-Poplawska A, Mroczkowski P, Owsik M, Wisniewski G.(2014) A guide for investors interested in construction of agricultural biogas plants, Institute for Renewable Energy, Warsaw [in Polish]. Clean Technologies and Environmental Policy 17(6):1-15
5. Walczak J. Investment costs for agricultural biogas plants and possibility of their funding.(2010) In:. Agricultural Biogas Plants. Cracow : Publishing and Printing team of the Institute of Animal. p.39-52 [in Polish].
6. Cebula J. Agricultural biogas plants as a part of economic use of agricultural production residue and development of distributed renewable energy (2011). Available from : http://www.czwa.odr.net.pl/x_download/BIOGAZOWNIE_ROLNICZE_KATOWICE-2005.pdf [December 18].
7. Prażak R. Prospects for Sorghum cultivation in Poland (2016). Acta Agrobot. 69(2):1661. <http://dx.doi.org/10.5586/aa.1661>
8. A. Oniszk-Poplawska, M.Matyka , E.Dagny-Rynska. Evaluation of a long-term potential for the development of agricultural biogas plants A case study for the Lubleskie Province, Poland. (2016). Environment Development and Sustainability 18(5) , DOI: 10.1007/s10668-016-9808-5
9. S.von Munchhausena, T.Mollmannb, P.Nowakc. Increasing costs for land use challenge the international competitiveness of European arable farming – lessons learned from SUFISA case studies in three different areas (2018). 13th European International Farming Systems Association (IFSA) Symposium, Farming systems: facing uncertainties and enhancing opportunities, 1-5 July 2018, Chania, Crete, Greece 2018 pp.1-19 ref.16
10. Διάφοροι, <https://wynagrodzenia.pl/gus/dane-wojewodzkie/lubelskie>, [January 2019]
11. Jones P. Modelling the commercial profitability of AD energy production at the farm level within arable and dairy systems. Integrated systems for farm diversification into energy production by anaerobic digestion: implications for rural development ,

land use and the environment (2011). Work Package 7. Realised in the Centre for Agricultural Strategy School of Agriculture, Policy and Development University of Reading. Project No. RES-229-25-0022, sponsored by the UK Joint Research Council. Available from :http://www.ad4rd.soton.ac.uk/publications/Farm_modelling_AD_finalreport.pdf.4[January 2019]

12. Agostini A, Battini F, Padella M, et al. Economics of GHG emissions mitigation via biogas production from Sorghum, maize and dairy farm manure digestion in the Po valley. (2016) Biomass and Bioenergy 89:58–66. doi: 10.1016/j.biombioe.2016.02.022
13. K.Shu, N.Ben Fradj, T. Zylowski, , R.Pudelko, S.Rozakis .Simulation of sorghum introduction and its impacts on local land use -A case study on Lubelski region of Eastern Poland.(2019). Drafts , not yet published.
14. A. Piwowara, M. Dzikuć, J.Adamczyk. 7 Agricultural biogas plants in Poland – selected technological, market and environmental aspects. (2017). Environ Sci Pollut Res Int. 2017 Jul,24(19):16316-16327. doi: 10.1007/s11356-017-9233-9. Epub 2017 May 25. Available at : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115015361> [January 2019]
15. P.B.R. Hazell , R. D. Norton MATHEMATICAL PROGRAMMING FOR ECONOMIC ANALYSIS IN AGRICULTURE (1986) . 1st Edition, Macmillan Publishers.
16. W.M.Budzianowski. Sustainable biogas energy in Poland Prospects and challenges (2012). Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16, 1, 342-349. Available at : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032111004084> [January 2019]
17. B.Igliński, R. Buczkowski, M.Cichosz. Biogas production in Poland—Current state, potential and perspectives. (2015).Renewable and Sustainable Energy Reviews,vol.50 , pages 686-695 . Available at : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115004712> [January 2019]

18. D.Szymańska. A.Lewandowska. Biogas Power Plants in Poland—Structure, Capacity, and Spatial Distribution (2015). Sustainability, MDPI, Open Access Journal, vol. 7(12), pages 1-19, December. Available : <http://www.mdpi.com/2071-1050/7/12/15846/htm> [January 2019]
19. J.Chodkowska-Miszczuk,D.Szymańska. Agricultural biogas plants—A chance for diversification of agriculture in Poland (2013). In: Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 20, Elsevier Ltd, pp. 514–518,<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2012.12.013>. Available at <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032112007095> [January 2019]
20. B.Igliński R. Buczkowski. Agricultural biogas plants in Poland Investment process, economical and environmental aspects, biogas potential. (2012) Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2012, vol. 16, issue 7, 4890-4900. Available at : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032112003127#bib19> [January 2019]
21. A.Piowara ,M.Dzikuć ,J.Adamczyk.Agricultural biogas plants in Poland – selected technological, market and environmental aspects (2017). Environ Sci Pollut Res Int. 2017 Jul;24(19):16316-16327. doi: 10.1007/s11356-017-9233-9. Epub 2017 May 25. Available at : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115015361> [January 2019]
22. REPORT THE AGRICULTURE BIOGAS MARKET ACTORS IN POLAND (2014). Prepared by: Oil and Gas Institute – National Research Institute. Poland, May 2014
23. REMAP 2030 Renewable Energy Prospects for Poland (2015). Prepared by IRENA , Background paper , October 2015

24. State aid : Commission approves Polish scheme to support high- efficiency co-generation of heat and power (2016) . European Commission – Press release, Brussels , 28 September 2016.
25. CODE2 Cogeneration Observatory and Dissemination Europe, D5.1 Final Cogeneration roadmap (2014) , Member State: POLAND, Date : November 2014 , Version 1.0. Leading Partner: Jozef Stefan Institute
26. S. Rozakis. Mathematical model building in GAMS (2017). BiEcon Workshop and Training Event on Integrating modeling frameworks. 10-14/4/2017 IUNG, Pulawy, Poland.– Operations Research in Agriculture and Energy. Technical University of Crete, Environmental Engineering Department- Environmental Management.
27. Catalog of CHP Technologies. U.S. Environmental Protection Agency Combined Heat and Power Partnership, September 2017.
28. D. Buchner, A. Ortwein, E. Hofberger and V. Lenz. Biomass Energy Small-Scale , Combined Heat and Power Systems (2017). DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH, Leipzig, Germany. Springer Science+Business Media LLC 2017 .R.A. Meyers (ed.), Encyclopedia of Sustainability Science and Technology, https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2493-6_249-3
29. P. Sulwski, E. Majewski , A. Was. The Importance of Agriculture in the Renewable Energy Production In Poland and the EU (2016).Warsaw University of Life Sciences (SGGW) , Warsaw Available : <https://doi.org/10.560400441600.1232992> [January 2019]

30. Διπλωματική εργασία Χ. Δαβή. Ενεργειακή εκμετάλλευση βιομάζας προς παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας : παρούσα κατάσταση και προοπτικές., Επιβλέπων καθηγητής : Κονσολάκης Μιχάλης, Χανιά 2016.
31. O. Hijazi, S.Munro, B.Zerhusen, M.Effenberger. Review of life cycle assessment for biogas production in Europe (2015). Bavarian State Research Center for Agriculture, Institute for Agricultural Engineering and Animal Husbandry, Vöttinger Straße 36, 85 354 Freising, Germany. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.013> 1364-0321/& 2015ElsevierLtd.Allrightsreserved. [January 2019]
32. M.Fuchsz, N.Kohlh, S.Istv . Comparison of the environmental effects of manure- and crop-based agricultural biogas plants using life cycle analysis (2014). Doctoral School of Environmental Studies, Faculty of Agriculture and Environmental Studies, Institute for Environmental and Landscape Management, ESSRG, Hungary. Available at : <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.058> 0959-6526/© 2014 Elsevier Ltd. [January 2019]
33. O.Taylan, D.Kaya, A.A. Bakhsh and A. Demirbas . Bioenergy life cycle assessment and management in energy generation (2018).. Energy Exploration & Exploitation 2018, Vol. 36(I) 166-181. Available at : DOI: 10.1177/0144598717725871journals.sagepub.com/home/eea [January 2019]
34. R. Wnuk, B. Asztemborksi. ROADMAP FOR BIOMETHANE MARKET DEVELOPMENT IN POLAND (2014). Green Gas Grids project of the European Commission's "Intelligent Energy- Europe" Available at www.kape.gov.pl [January 2019]
35. D.Mertzis , P.Mitsakis , S.Tsiakmakis , P.Manara , A.Zabaniotou , Z.Samaras. Performance analysis of a small-scale combined heat and power system using agricultural biomass residues: The SMART-CHP demonstration project (2013). 0360-5442/Elsevier. Available at : <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2013.11.055> [January 2019]
36. J. Kaikko, J. Backman. Technical and economic performance analysis for a microturbine in combined heat and power generation (2006) Received 4 November 2005. 0360-5442/Elsevier Available at : doi:10.1016/j.energy.2006.06.013 [January 2019]

37. ANALYSIS OF THE POTENTIAL USE OF BIOMASS IN THE REGION OF WIELKOPOLSKA FOR EXISTING INDUSTRIAL APPLICATIONS. P. Czyzewski J. Jojka (2017). Journal of Mechanical and Transport Engineering Vol. 69, no. 1 2017 Available at : DOI 10.21008/j.2449-920X.2017.69.1.02 [January 2019]
38. W. Czekala, W. Polskiego. Agricultural Biogas Plants as a Chance for the Development of the Agri-Food Sector (2018). Journal of Ecological Engineering Volume 19, Issue 2, March 2018, pages 179–183 Available at : <https://doi.org/10.12911/22998993/83563> [January 2019]
39. M. Pöschl , S. Ward , P. Owende. Evaluation of energy efficiency of various biogas production and utilization Pathways (2010). Available at : doi:10.1016/j.apenergy.2010.05.011 [January 2019]
40. K. Heinsoo. BioEnergy Farm , Implementation plan , Description of best examples (2011). Deliverable 4.1. IEE Contract No: IEE/09/637 S12.558213. European Commission , Available at : https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/iee-projects/files/projects/documents/bioenergy_farm_description_of_best_case_examples_en.pdf [January 2019]
41. M. Świerzewski, P. Gładysz . BIOMASS-FIRED CHP PLANTS - ENERGY, ECONOMIC AND ECOLOGICAL ASSESSMENT - POLAND CASE STUDY (2016). 4th International Conference on Contemporary Problems of Thermal Engineering CPOTE 2016, 14-16 September 2016, Katowice, Poland Institute of Thermal Technology
42. W. J. Wardal, J. Barwicki, K. Mazur, M. Majchrzak, K. Borek. TECHNICAL AND ECONOMICAL ASPECTS OF BIOGAS PRODUCTION FROM AGRICULTURAL SOURCES INCLUDING POLISH CONDITIONS (2015). Available at : DOI: <http://dx.medra.org/10.14654/ir.2015.154.129> [January 2019]
43. W. Czekala , K. Gawrych, A. Smurzyńska, J. Mazurkiewicz, A. Pawlisiak , D. Chełkowski, M. Brzoski. The possibility of functioning microbiogas plant in selected farm (2017). Journal of Water and Land Development. No. 35 p. 19–25. Available at : DOI: 10.1515/jwld-2017-0064. [January 2019]
44. M. Zubrzycka, J. Wojdalski, K. Tucki, M. Zubrzycki, S. Główna. PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE AGRICULTURAL BIOGAS SECTOR IN POLAND (2017). Available at : <http://dx.doi.org/10.17306/J.JARD.2017.00275> [January 2019]

45. P. Sulewski, E. Majewski, A. Wąs, M. Szymańska, A. Malak-Rawlikowska, A. Fraj, A. Trząski, A. Wiszniewski, M. Amrozy. ECONOMIC AND LEGAL CONDITIONS AND PROFITABILITY OF INVESTMENTS IN AGRICULTURAL BIOGAS PLANTS IN POLAND. (2016). Problems of Agricultural Economics. Zagadnienia Ekonomiki Rolnej 2016;346(1):119–142. Available at : DOI: 10.5604/00441600.1196369 [January 2019]

46. H. I. Cobuloglu, E. Buyuktahtakin. Food vs. biofuel: An optimization approach to the spatio-temporal analysis of land-use competition and environmental impacts (2014). Available at : <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.11.080> [January 2019]

47. N. Bonatsos, E. Dheskalia, D.M.G. Freire, A. Machado de Castro, A.A. Koutinas, I.K. Kookos. A mathematical programming formulation for biorefineries technology selection (2016). Available at : <http://dx.doi.org/10.1016/j.bej.2016.05.001> [January 2019]

48. A. Bartoli, D. Cavicchioli, D. Kremmydas, S. Rozakis, A. Olper. The impact of different energy policy options on feedstock price and land demand for maize silage: The case of biogas in Lombardy (2016). Available at : <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2016.06.018> [January 2019]

49. A. Popławska, M. Matyka, E. Dagny. Evaluation of a long-term potential for the development of agricultural biogas plants: A case study for the Lubelskie Province, Poland (2014). Available at : <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.04.010> [January 2019]



OF CRETE

7.2 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας 1. Ποσοστά διατροφής για πέντε διαφορετικές μονάδες αναερόβιας χώνευσης οι οποίες διαφοροποιούνται ανάλογα με το μέγεθος (130, 250, 530, 1000 και 2000 kW), το είδος και τη συμβατική αναλογία υποστρώματος (αναλογία νωπού βάρους ζωοτροφών ζωικής προέλευσης (MF) και βάρους υποστρώματος φυτικής προέλευσης (PF)).

Εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς (kW)	Προέλευση υποστρώματος (CV)	Ποσοστά τροφοδοσίας (MF:PF)	Διαφοροποίηση και αναλογία (νωπό βάρος) υποστρωμάτων (%)			
			Ζωϊκές Κοπριές	Χορτονομές Χόρτου	Σόργο	Συμβατικό Σιτάρι Καλαμποκιού
130	CV	70 - 30	70	-	30	-
250						
530						
1000						
2000						

Πίνακας 2. Υποκείμενες τεχνικές παράμετροι για πέντε διαφορετικά μεγέθη εγκαταστάσεων αναερόβιας χώνευσης Μ.Ε.Κ, Σ.Η.Θ (ICE ,CHP) (130, 250, 530, 1000 και 2000 kW) βάσει συμβατικών εισροών υποστρώματος (CV), καθώς και στρατηγικών διατροφής με ζωική κοπριά (MF) και φυτικής προέλευσης (PF).

Εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς	kW	130	250	530	1000	2000
Προέλευση υποστρώματος	CV					
Απόδοση μονάδας Σ.Η.Θ						
- Ηλεκτρική	%	35	36	38	39,5	41,7
- Θερμική	%	48	48	49	49,5	50
Ώρες λειτουργίας μονάδας Σ.Η.Θ	$\left[\frac{h}{a}\right]$	7992	7992	7992	7992	7992
Απώλειες μετατροπής (ποσοστό της παραγόμενης ισχύος)	%	1	1	1	1	1
Αναλογία υποστρωμάτων ζώων (υγρός πολτός : στερεά κοπριά)	%	80-20	80-20	80-20	80-20	80-20
Μέσοι χρόνοι κατακράτησης						
- MF	d	50	50	50	50	50
- PF	d	55	55	55	55	55
Μέσος όγκος Χωνευτήρα						
- MF	m ³	1101	1676	2336	2895	3504
- PF	m ³	455	827	1695	3153	6255
Απαιτήσεις ηλεκτρικής ενέργειας (αναλογία παραγόμενης ισχύος)						
- MF	%	4	4	4	7,5	7,5
- PF	%	5	5	5	8,5	8,5
Ανάγκες θερμότητας (αναλογία παραγόμενης θερμότητας)						
- MF	%	24,5	23,2	20,1	14,9	3,9
- PF	%	11,4	10,7	9,0	6,2	0,2
Ποσοστό υποχρεωτικής χρήσης θερμότητας	%	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
Εξωτερική χρήση θερμότητας (πωλήσεις)	%	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
Ποσοστό συνολικής χρήσης θερμότητας						
- MF	%	74,5	73,2	70,1	64,9	53,9

- PF	%	61,4	60,7	59,0	56,2	50,2
------	---	------	------	------	------	------

Πίνακας 3. Υποκείμενες οικονομικές παράμετροι για πέντε διαφορετικά μεγέθη εγκαταστάσεων αναερόβιας χώνευσης ICECHP (130, 250, 530, 1000 και 2000 kW) βάσει της συμβατικής (CV) γεωργίας.

Εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς	kW	130	250	530	1000	2000
Προέλευση υποστρώματος	CV					
- Κατασκευή	a	15	15	15	15	15
- Μηχανήματα	a	10	10	10	10	10
- Σ.Η.Θ	a	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5
Σχεδιασμός και εξουσιοδότηση	% της επένδυσης.	10	10	10	10	10
Επισκευή και συντήρηση						
- Κατασκευή	% της επένδυσης	1	1	1	1	1
- Μηχανήματα	% της επένδυσης.	2	2	3	4	5
- Σ.Η.Θ	$\left[\frac{\text{c€}}{\text{kWh}} \right]$	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51
Επιτόκιο	%	4	4	4	4	4
Απαιτήσεις χρόνου εργασίας						
	$\left[\frac{\text{h * year}}{\text{kWel}} \right]$	7,5	5,3	3,5	2,5	1,7
Εργατικός μισθός (ακαθάριστος)	$\left[\frac{\text{€}}{\text{h}} \right]$	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
Ποσοστό θερμότητας προς πώληση	%	50	50	50	50	50
Έσοδα ηλεκτρικής ενέργειας: μέσες πληρωμές, Πολωνία 2017						
- MF	$\left[\frac{\text{c€}}{\text{kWh}} \right]$	17	17	17	17	17
- PF	$\left[\frac{\text{c€}}{\text{kWh}} \right]$	17	17	17	17	17
a = έτος , FM = Fresh Matter, νωπή ιλύς.						

--	--	--	--	--	--	--

Πίνακας 4. Τεχνολογίες Σ.Η.Θ και αποδόσεις

Μ.Ε.Κ (ICE)	Βαθμός ηλεκτρικής απόδοσης η_{el}	Βαθμός θερμικής απόδοσης η_{th}	Ηλεκτρική Ισχύς P_{el}	Θερμική Ισχύς P_{th}	Απώλειες Ισχύος P	Ποσοστιαίες απώλειες Ισχύος P	Συνολική Απόδοση Μονάδας Σ.Η.Θ
[kW]	[-]	[-]	[kW _{el}]	[kW _{th}]	[kW]	[%]	[%]
130	0,35	0,48	45,50	62,40	22,10	17,00	83,00
250	0,36	0,48	90,00	120,00	40,00	16,00	84,00
530	0,38	0,49	201,40	259,70	68,90	13,00	87,00
1000	0,40	0,50	395,00	495,00	110,00	11,00	89,00
2000	0,42	0,50	834,00	1000,00	166,00	8,30	91,70
Μικροτουρμπίνες (MGT)							
[kW]							
130	0,26	0,53	33,80	68,90	27,30	21,00	79,00
250	0,28	0,54	70,00	135,00	45,00	18,00	82,00

Πίνακας 5. Υπολογισμός των αποδόσεων που βασίζονται σε φυτά και κοπριά, με βάση τη βιβλιογραφία(Frascarelli,2014)

Τύπος Φυτού	TS	VS	VS	%CH4	Yield (%CH4)
	[%]	[%]	[m3/Mg]	[-]	[kWh/Nm3]
Συμβατική Αραβόσιτος	0,35	0,95	640	0,53	9,88
Φρέσκο χορτάρι Σόργου	0,3	0,95	510	0,53	9,88
Triticale (μίγμα σιταριού και σίκαλης)	0,3	0,92	550	0,53	9,88
Σίτα σιταριού	0,3	0,92	520	0,53	9,88
Σίκαλη σιταριού	0,3	0,92	535	0,53	9,88
Χορτονομή χόρτου	0,35	0,9	580	0,52	9,88
Σανός	0,86	0,83	500	0,54	9,88
Τριφύλλι	0,2	0,8	300	0,54	9,88
Άχυρο	0,86	0,85	180	0,5	9,88
Στελέχη καλαμποκιού	0,86	0,72	300	0,51	9,88
Τύπος κόπρου ή τύπου αποβλήτων	TS	VS	VS	%CH4	Yield (%CH4)
	[%]	[%]	[m3/Mg]	[-]	[kWh/Nm3]
Αλειία αγελάδων γαλακτοπαραγωγής 80:20	0,08	0,73	350	0,55	9,88
Βόειο κρέας αποχέτευσης	0,082	0,73	280	0,55	9,88
Χοιρολάσπη	0,03	0,75	500	0,6	9,88
Φρέσκια Κοπριά	0,23	0,78	290	0,52	9,88
Ωριμη Κοπριά	0,45	0,6	240	0,55	9,88
Κτηνοτροφικά απόβλητα	0,6	0,68	250	0,55	9,88
Μελάσα	0,81	0,9	850	0,6	9,88
Απορρίμματα σίτου	0,8	0,92	490	0,52	9,88
Τυρόγαλο	0,11	0,9	700	0,6	9,88
Υπολείμματα Ψωμιού	0,73	0,96	790	0,6	9,88

Πίνακας 6. Θεωρητικά Παραγόμενη Ενέργεια

Τύπος Μονάδας Σ.Η.Θ	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Αρχικό Κεφάλαιο €	104555	164427	304128	538625	1037556	104555	164427
Επένδυση €	843994	1386650	2652846	4778248	9300379	982101	1652240
Συντήρηση €	27537	49309	100110	185382	366813	27537	49309
Λιπαντικό Λάδι €	3402	6606	14081	26630	53330	3402	6606
Φορτωτής €	4085	9016	20519	39829	80914	4085	9016
Εργατικά €	4789	6469	9140	12240	16837	4789	6469
Ασφάλιση. Τήρηση λογιστικών βιβλίων, Συμβουλευτική παροχή €	6885	8903	13614	21520	38342	6885	8903
Παραγόμενη Ενέργεια kWh	1038960	1998000	4235760	7992000	15984000	1038960	1998000



Πίνακας 7. Πραγματική Παραγόμενη Ενέργεια

Τύπος Μονάδας Σ.Η.Θ	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Θεωρητικά Παραγόμενη Ενέργεια [kWh]	1038960	1998000	4235760	7992000	15984000	1038960	1998000
Ιδιοκατανάλωση [-]	0.04	0.04	0.05	0.075	0.075	0.04	0.04
Απώλειες [-]	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Παραγόμενη ενέργεια [kWh]	987012	1898100	3981614	7312680	14625360	987012	1898100

Πίνακας 8. Μ.Ε.Κ και Δαπάνες

M.E.K.(ICE) Εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς [kW] (Τύπος Μονάδας Σ.Η.Θ)	130 (C1)	250 (C2)	530 (C3)	1000 (C4)	2000 (C5)
Ποσοστά τροφοδοσίας M.F(Manure Feed ,Ζωοτροφή) P.F (PlantFeed, Φυτική τροφή)	70%MF + 30%PF				
Προέλευση υποστρώματος CV (ConventionalFarming, Συμβατική Γεωργία)	CV				
Επενδυτικές δαπάνες [€]					
Κατασκευή	307468	462684	824854	1432782	2726245
Μηχανήματα/Τεχνική	217695	338321	619782	1092233	2097450
Μονάδα Σ.Η.Θ (ICE ή Μ.Ε.Κ)	253339	487190	1032843	1948760	3897520
Σχεδιασμός και Εξουσιοδότηση	65492	98455	175368	304473	579163
Σύνολο	843994	1386650	2652846	4778248	9300379
$\left[\frac{\text{€}}{\text{kW}}\right]$ Εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύος	6492	5547	5005	4778	4650
Δαπάνες που σχετίζονται με το κεφάλαιο $\left[\frac{\text{€}}{a}\right]$. a=annum , έτος					
Κόστος που σχετίζεται με τις επενδύσεις	77018	115118	204018	353243	670743
Επισκευή και συντήρηση	27537	49309	100110	185382	366813

Σύνολο	104555	164427	304128	538625	1037556
Κόστος που σχετίζεται με τη λειτουργία $[\frac{\epsilon}{a}]$. a=annum , έτος					
Εργατικά	4789	6469	9140	12240	16837
Τροχοφόρος φορτωτής φυτών	4085	9016	20519	39829	80914
Σύνολο	8874	15485	29659	52069	97751
Έξοδα που σχετίζονται με την κατανάλωση $[\frac{\epsilon}{a}]$. a=annum , έτος					
Λιπαντικό λάδι	3402	6606	14081	26630	53330
Σύνολο	3402	6606	14081	26630	53330
Άλλες δαπάνες $[\frac{\epsilon}{a}]$. a=annum , έτος					
Ασφάλιση. Τήρηση λογιστικών βιβλίων, Συμβουλευτική παροχή	6885	8903	13614	21520	38342
Σύνολο	6885	8903	13614	21520	38342
Συνολικό κόστος $[\frac{\epsilon}{a}]$.	123716	195420	361482	638845	1226980
Ώρες λειτουργίας μονάδας	7992	7992	7992	7992	7992
$[\frac{\epsilon}{kWh}]$ Εγκατεστημένης ηλεκτρικής Ισχύος	0,12	0,10	0,09	0,08	0,08

Πίνακας 9. Μικροτουρμπίνες (M.G.T) και Δαπάνες

Μικροτουρμπίνες (MGT) Εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς [kW] (Τύπος Μονάδας Σ.Η.Θ)	130 (C6)	250 (C7)
Ποσοστά τροφοδοσίας M.F(Manure Feed ,Ζωοτροφή) P.F (PlantFeed, Φυτική τροφή)	70%MF + 30%PF	
Προέλευση υποστρώματος CV (ConventionalFarming, Συμβατική Γεωργία)	CV	
Επενδυτικές δαπάνες [€]		
Κατασκευή	307468	462684
Μηχανήματα/Τεχνική	217695	338321

Μονάδα Σ.Η.Θ (MGT ή Μικροτουρμπίνες)	391446	752780
Σχεδιασμός και Εξουσιοδότηση	65492	98455
Σύνολο	982101	1652240
$\left[\frac{\text{€}}{\text{kW}}\right]$ Εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύος	7555	6609
Δαπάνες που σχετίζονται με το κεφάλαιο $\left[\frac{\text{€}}{a}\right]$. a=annum , έτος		
Κόστος που σχετίζεται με τις επενδύσεις	77018	115118
Επισκευή και συντήρηση	27537	49309
Σύνολο	104555	164427
Κόστος που σχετίζεται με τη λειτουργία $\left[\frac{\text{€}}{a}\right]$. a=annum , έτος		
Εργατικά	4789	6469
Τροχοφόρος φορτωτής φυτών	4085	9016
Σύνολο	8874	15485
Έξοδα που σχετίζονται με την κατανάλωση $\left[\frac{\text{€}}{a}\right]$. a=annum , έτος		
Λιπαντικό Λάδι	3402	6606
Σύνολο	3402	6606
Άλλες δαπάνες $\left[\frac{\text{€}}{a}\right]$. a=annum , έτος		
Ασφάλιση. Τήρηση λογιστικών βιβλίων, Συμβουλευτική παροχή	6885	8903
Σύνολο	6885	8903
Συνολικό κόστος $\left[\frac{\text{€}}{a}\right]$.	123716	195420
Ώρες λειτουργίας μονάδας	7992	7992
$\left[\frac{\text{€}}{\text{kWh}}\right]$ Εγκατεστημένης ηλεκτρικής Ισχύος	0,12	0,10