



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ – ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (Δ.Π.Μ.Σ.)  
«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ»**

**Διπλωματική Μεταπτυχιακή Εργασία**

**«Αξιοποίηση των Γεωργικών Υπολειμμάτων και Κτηνοτροφικών  
Αποβλήτων της Περιφερειακής Ενότητας Σερρών, για την Συμπαραγωγή  
Ηλεκτρικής και Θερμικής Ενέργειας (Σ.Η.Θ) μέσω της Συνδυασμένης  
Αναερόβιας Χώνευσης»**



**ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ  
ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ**

**Μεταπτυχιακός Φοιτητής: Ρεκλείτης Γρηγόριος**

**Επιβλέπων Καθηγητής : κ. Κορωναίος Χριστοφής**

**Αθήνα, 06 Φεβρουαρίου 2014**

**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**



**ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ – ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ  
ΣΠΟΥΔΩΝ (Δ.Π.Μ.Σ.) «ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ»**

**Διπλωματική Μεταπτυχιακή Εργασία**

**«Αξιοποίηση των Γεωργικών Υπολειμμάτων και Κτηνοτροφικών Αποβλήτων της  
Περιφερειακής Ενότητας Σερρών, για την Συμπαράγωγή Ηλεκτρικής και Θερμικής  
Ενέργειας (Σ.Η.Θ) μέσω της Συνδυασμένης Αναερόβιας Χώνευσης»**

**Ρεκλείτης Γρηγόριος**

**Χημικός Μηχανικός**

Η παρούσα διπλωματική εξετάστηκε επιτυχώς

Η τριμελής επιτροπή

.....  
**Καλιαμπάκος Δημήτριος**  
**Καθηγητής Ε.Μ.Π**

.....  
**Κορωνάιος Χριστοφής**  
**Επισκ. Καθηγητής Ε.Μ.Π**

.....  
**Σαγιάς Ίων**  
**Επ. Καθηγητής Ε.Μ.Π**

**Αθήνα, 06 Φεβρουαρίου 2014**

## Πίνακας Περιεχομένων

<b>1 ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....</b>	<b>12</b>
<b>2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>15</b>
<b>3 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΒΙΟΑΕΡΙΟ.....</b>	<b>17</b>
<b>3.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΟΝΑΔΩΝ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ .....</b>	<b>19</b>
<b>4 ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ (ΑΧ) .....</b>	<b>22</b>
<b>4.1 ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ .....</b>	<b>22</b>
<b>4.2 ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΙΛΥΟΣ.....</b>	<b>23</b>
<b>4.3 ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ ΤΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (ΥΓΡΩΝ ΚΑΙ ΣΤΕΡΕΩΝ) ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ ΜΕΤΑΠΟΙΗΣΗΣ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ .....</b>	<b>24</b>
<b>4.4 ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΧΩΝΕΥΣΗΣ.....</b>	<b>30</b>
4.4.1 ΥΔΡΟΛΥΣΗ .....	31
4.4.2 ΟΞΥΓΕΝΕΣΗ.....	32
4.4.3 ΑΚΕΤΟΓΕΝΕΣΗ .....	32
4.4.4 ΜΕΘΑΝΟΓΕΝΕΣΗ.....	32
<b>4.5 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΗΣ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΧΩΝΕΥΣΗΣ .....</b>	<b>32</b>
<b>5 ΚΥΡΙΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ .....</b>	<b>39</b>
<b>5.1 ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ.....</b>	<b>39</b>
5.1.1 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΑΓΡΟΚΤΗΜΑΤΟΣ .....	40
5.1.2 ΚΕΝΤΡΙΚΕΣ (ΚΟΙΝΕΣ) ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗΣ ΧΩΝΕΥΣΗΣ .....	43
<b>6 ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ .....</b>	<b>46</b>
<b>6.1 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ .....</b>	<b>46</b>
<b>6.2 ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (ΣΗΘ) .....</b>	<b>48</b>
<b>7 ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤ .....</b>	<b>50</b>
<b>7.1 ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ - ΜΙΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΖΩΙΚΩΝ ΠΕΡΙΤΤΩΜΑΤΩΝ ....</b>	<b>50</b>
<b>7.2 ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΟΠΡΙΑ ΣΤΟ ΚΟΜΠΟΣΤ ΩΣ ΛΙΠΑΣΜΑ .....</b>	<b>50</b>

7.2.1 ΒΙΟ-ΔΙΑΣΠΑΣΗ ΤΗΣ ΟΡΓΑΝΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ .....	50
7.2.2 ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΟΣΜΩΝ .....	51
7.2.3 ΥΓΙΕΙΝΗ .....	51
7.2.4 ΑΠΟΦΥΓΗ ΤΟΥ ΚΑΨΙΜΑΤΟΣ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ .....	51
7.2.5 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ ΛΙΠΑΣΜΑΤΟΣ .....	52
<b><u>8 ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΕΡΓΩΝ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....</u></b>	<b>53</b>
<b>8.1 ΠΑΡΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ .....</b>	<b>53</b>
<b>8.2 ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ .....</b>	<b>54</b>
<b>8.3 ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΤΩΝ ΑΠΕ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ .....</b>	<b>55</b>
<b><u>9 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ ΣΕΡΡΩΝ .....</u></b>	<b>56</b>
<b>9.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΣΕΡΡΩΝ.....</b>	<b>56</b>
<b>9.2 ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ .....</b>	<b>58</b>
<b>9.3 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΤΟΠΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ .....</b>	<b>63</b>
<b>9.4 ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ.....</b>	<b>63</b>
9.4.1 ΕΙΔΙΚΕΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ.....	63
9.4.2 ΆΛΛΕΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ.....	64
9.4.3 ΒΛΑΣΤΗΣΗ – ΧΛΩΡΙΔΑ .....	68
9.4.4 ΠΑΝΙΔΑ.....	71
<b>9.5 ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ.....</b>	<b>73</b>
9.5.1 ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ – ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ .....	73
9.5.2 ΔΟΜΗΜΕΝΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ – ΚΑΤΟΙΚΟΙ .....	73
<b>9.6 ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ–ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ.....</b>	<b>75</b>
9.6.1 ΓΕΩΡΓΙΑ .....	75
9.6.2 ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΑ .....	75
9.6.3 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ - ΒΙΟΤΕΧΝΙΑ .....	75
9.6.4 ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ .....	77
9.6.5 ΤΟΥΡΙΣΜΟΣ-ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ.....	77
9.6.6 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΥΠΟΔΟΜΕΣ .....	78
9.6.7 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΑΙ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ .....	79
<b>9.7 ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΙΣ ΠΙΕΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ .....</b>	<b>81</b>
9.7.1 ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ .....	83
9.7.2 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΑ ΥΔΑΤΙΝΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ .....	83
9.7.3 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΑ ΧΕΡΣΑΙΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ .....	83
9.7.4 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΑ ΥΠΟΓΕΙΑ ΥΔΑΤΑ.....	84

**10 ΒΙΟΜΑΖΑ ΣΤΟΝ ΝΟΜΟ ΣΕΡΡΩΝ..... 86**

**10.1 ΥΨΗΛΟ ΕΠΕΝΔΥΤΙΚΟ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝ ΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΣΤΟΝ ΝΟΜΟ ΣΕΡΡΩΝ..... 86**

**10.2 ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ..... 87**

10.2.1 ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ..... 87

10.2.2 ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ..... 87

10.2.3 ΔΕΝΔΡΟΚΟΜΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ..... 88

**10.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΩΝ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ..... 88**

**10.4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΑΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ..... 89**

10.4.1 ΔΙΑΘΕΣΙΜΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΑΠΟ ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ..... 89

10.4.2 ΔΙΑΘΕΣΙΜΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΑΠΟ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ..... 94

**11 ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗΣ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ..... 99**

**11.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΠΟΥ ΘΑ ΑΠΑΙΤΗΘΟΥΝ ..... 99**

**11.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ..... 99**

**11.3 ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ..... 100**

**11.4 ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΜΟΝΑΔΑΣ..... 100**

**11.5 ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΚΑΙ ΠΡΟ-ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΕΙΣΕΡΧΟΜΕΝΩΝ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ..... 101**

**11.6 ΜΟΝΑΔΑ ΠΑΣΤΕΡΙΩΣΗΣ ..... 102**

**11.7 ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΑΝΑΜΙΞΗΣ -ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΡΟΦΟΛΟΣΙΑΣ ..... 102**

**11.8 ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΑΡΧΙΚΗΣ ΧΩΝΕΥΣΗΣ (PRIMARY DIGESTION) ..... 104**

**11.9 ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΧΩΝΕΥΣΗΣ – ΑΕΡΙΟΦΥΛΑΚΙΟ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ..... 105**

**11.10 ΜΟΝΑΔΑ ΑΠΟΘΕΙΩΣΗΣ, ΣΥΣΤΗΜΑ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ, ..... 107**

**11.11 ΜΟΝΑΔΑ ΑΠΟΘΕΙΩΣΗΣ..... 107**

**11.12 ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΑΠΟΘΕΙΩΣΗ ΣΤΟ ΧΩΝΕΥΤΗΡΑ ..... 107**

**11.13 ΧΗΜΙΚΗ ΑΠΟΘΕΙΩΣΗ ΕΞΩ ΑΠΟ ΤΟΝ ΧΩΝΕΥΤΗΡΑ..... 108**

**11.14 ΠΥΡΣΟΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΕΚΤΑΚΤΟΥ ΑΝΑΓΚΗΣ..... 108**

**11.15 ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΗΡΑΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ..... 109**

**11.16 ΜΟΝΑΔΑ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ/ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (ΣΗΘ)..... 109**

**11.17 ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΤΟΥ ΥΓΡΟΥ ΟΡΓΑΝΙΚΟΥ ΚΛΑΣΜΑΤΟΣ (ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΟΣ ΖΥΜΩΣΗΣ) ..... 110**

**11.18 ΜΟΝΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑΣ..... 113**

**12 ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΣΤΟΝ ΝΟΜΟ ΣΕΡΡΩΝ( ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ Γ.Π.Σ – SOFTWARE (ARCGIS)) ..... 115**

<b>12.1 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....</b>	<b>118</b>
<b>12.2 ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ Γ.Π.Σ, ΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ .....</b>	<b>121</b>
<b><u>13 ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΛΥΣΕΙΣ.....</u></b>	<b><u>127</u></b>
<b>13.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΑΛΛΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ .....</b>	<b>127</b>
13.1.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	127
13.1.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΓΡΟΤΙΚΟ ΠΛΗΘΥΣΜΟ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΧΩΝΕΥΣΗΣ.....	128
13.1.3 ΔΥΣΜΕΝΕΙΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΝΕΞΕΛΕΓΚΤΗΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ .....	130
13.1.4 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ.....	130
13.1.5 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΑ ΥΔΑΤΙΝΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	131
13.1.6 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΑ ΧΕΡΣΑΙΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ .....	131
<b>13.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ.....</b>	<b>131</b>
13.2.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ.....	131
13.2.1.1 Ενεργειακή αξιοποίηση αποβλήτων με τεχνολογία αεριοποίησης πλάσματος .....	132
13.2.1.2 Κομποστοποίηση οργανικών υπολειμμάτων .....	135
<b>13.3 ΣΥΝΟΨΗ-ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ.....</b>	<b>140</b>
13.3.1 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ .....	141
13.3.2 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ .....	141
<b><u>14 ΤΑΣΕΙΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ – ΜΗΔΕΝΙΚΗ ΛΥΣΗ.....</u></b>	<b><u>143</u></b>
<b><u>15 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ (ΚΥΡΙΩΣ ΕΡΓΟΥ ΚΑΙ ΣΥΝΟΔΩΝ ΑΥΤΟΥ ΜΕ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΕΡΓΙΣΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ).....</u></b>	<b><u>146</u></b>
<b>15.1 ΜΗ ΒΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....</b>	<b>146</b>
15.1.1 ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ .....	146
15.1.2 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΤΟΠΙΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ .....	146
15.1.3 ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ, ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΚΑΙ ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	147
<b>15.2 ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ .....</b>	<b>148</b>
15.2.1 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗ – ΒΙΟΤΟΠΟΥΣ.....	148
15.2.2 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΧΕΡΣΑΙΑ ΠΑΝΙΔΑ ΚΑΙ ΟΡΝΙΘΟΠΑΝΙΔΑ.....	149
<b>15.3 ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ .....</b>	<b>151</b>
15.3.1 ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ .....	151
15.3.2 ΔΟΜΗΜΕΝΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ .....	151

15.3.3 ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ .....	151
15.3.4 ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ–ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ .....	152
15.3.5 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΥΠΟΔΟΜΕΣ .....	152
15.3.6 ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ .....	152
15.3.7 ΑΚΟΥΣΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ, ΔΟΝΗΣΕΙΣ, ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΕΣ .....	154
15.3.8 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΚΑΙ ΥΠΟΓΕΙΑ ΝΕΡΑ.....	155
<b>15.4 ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΣΕ ΜΟΡΦΗ ΜΗΤΡΑΣ .....</b>	<b>157</b>

**16 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ**  
..... **158**

<b>16.1 ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ .....</b>	<b>159</b>
<b>16.2 ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ ΚΑΙ ΤΟ ΥΠΕΔΑΦΟΣ .....</b>	<b>160</b>
<b>16.3 ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΣΤΟΥΣ ΥΔΑΤΙΝΟΥΣ ΠΟΡΟΥΣ .....</b>	<b>160</b>
<b>16.4 ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΣΤΗ ΧΛΩΡΙΔΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΑΝΙΔΑ .....</b>	<b>161</b>
<b>16.5 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΗΧΟΡΥΠΑΝΣΗΣ.....</b>	<b>161</b>
<b>16.6 ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΣΤΟ ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ.....</b>	<b>162</b>
<b>16.7 ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΛΗΨΗΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ.....</b>	<b>163</b>
16.7.1 ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ .....	163
<b>16.8 ΜΕΤΡΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ .....</b>	<b>164</b>
<b>16.9 ΜΕΤΡΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.....</b>	<b>165</b>
<b>16.10 ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΟΣΜΩΝ.....</b>	<b>165</b>

**17 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....** **166**

**18 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....** **169**

<b>18.1 ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>169</b>
<b>18.2 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>173</b>
<b>18.3 ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ.....</b>	<b>175</b>

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 4.1 Παραγωγή βιοαερίου από διάφορα φυτικά απόβλητα [61] .....	23
Πίνακας 4.2 Βιο-απόβλητα, κατάλληλα για βιολογική επεξεργασία, σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων 2007 (EWC) [2] .....	27
Πίνακας 4.3 : Τα χαρακτηριστικά μερικών τύπων κατάλληλων για χώνευση πρώτων υλών [2] .....	28
Πίνακας 4.4 : Κατηγοριοποίηση μερικών υποστρωμάτων, σχετικά με τον πιθανό φόρτο προβληματικών υλικών, μολυσματικών παραγόντων και παθογόνων οργανισμών [52] .....	29
Πίνακας 4.5 Συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων (σε διαλυτή μορφή), που δρουν παρεμποδιστικά στην αναερόβια διεργασία [61].....	36
Πίνακας 6.1: Σύνθεση του βιοαερίου [2] .....	47
Πίνακας 6.2: Θεωρητικές παραγωγές αερίου [2] .....	47
Πίνακας 6.3: Παραγωγές μεθανίου των διαφορετικών υλικών πρώτης ύλης, [2] .....	47
Πίνακας 7.1: Διανομή των θρεπτικών ουσιών στο κομπόστ [2].....	51
Πίνακας 8.1: Απαιτήσεις εγκατάστασης ΑΠΕ για επίτευξη του στόχου 2010 [86] .....	55
Πίνακας 9.1 : Μετεωρολογικά στοιχεία Σερρών .....	59
Πίνακας 9.2: Περιοχές Natura 2000, Νομού Σερρών .....	63
Πίνακας 9.3: Πληθυσμιακή Πυκνότητα στην Π.Ε Σερρών ανά Δημοτικό Διαμέρισμα [93], [95] .....	74
Πίνακας 9.4 Βιομηχανικές Μονάδες στην Π.Ε Σερρών [66] .....	76
Πίνακας 9.5 : Πληροφορίες για τη διαχείριση υγρών αποβλήτων οικισμών με ισοδύναμο πληθυσμό άνω των 2000 κατοίκων για το υδατικό διαμέρισμα της -υπό μελέτη- περιοχής .....	80
Πίνακας 10.1 Αγροτική Παραγωγή Π.Ε Σερρών ανα Καλλιεργούμενη έκταση [64] .....	88
Πίνακας 10.2: Στοιχεία για τον υπολογισμό των υπολειμμάτων γεωργικής προέλευσης .....	90
Πίνακας 10.3: Παραγόμενη ποσότητα υπολείμματος από δενδροκομικές καλλιέργειες.....	90
Πίνακας 10.4:Συγκεντρωτικός Πίνακας Διαθέσιμου δυναμικού Βιομάζας από Γεωργικές καλλιέργειες. 91	
Πίνακας 10.5:Πίνακας Ποσότητας υπολειμμάτων ξ.β (ξηρού βάρους), τη/έτος .....	92
Πίνακας 10.6: Βιβλιογραφικός Πίνακας με τα χαρακτηριστικά κάθε κατηγορίας υποστρώματος: τη σύνθεσή του, τα ολικά στερεά (Ξ.Ο), τα πτητικά στερεά ( VS) και την απόδοσή του σε βιοαέριο.....	93
Πίνακας 10.7Πίνακας Παραγόμενης ποσότητας βιοαερίου (m <sup>3</sup> /γ),από καλλιέργειες.....	93
Πίνακας 10.8: Κτηνοτροφική Δραστηριότητα Π.Ε. ΣΕΡΡΩΝ( [54],[55]) .....	94
Πίνακας 10.9:Συνολικά Απόβλητα Προς επεξεργασία από Κτηνοτροφική Παραγωγή .....	95
Πίνακας 10.10: Συνολικά Πτητικά Στερεά (VS/ έτος) .....	96
Πίνακας 10.11:Συνολική Παραγωγή βιοαερίου Από απόβλητα Κτηνοτροφικής Παραγωγής.....	96
Πίνακας 10.12: Συνολική Παραγόμενη Ποσότητα Βιοαερίου στην Π.Ε Σερρών .....	97
Πίνακας 10.13:Ενεργειακό Περιεχόμενο βιοαερίου Π.Ε Σερρών .....	98
Πίνακας 11.1: Εγκατεστημένη Ισχύς (KW)/ βαθμό Απόδοσης .....	99
Πίνακας 12.1: Αποστάσεις που πρέπει να τηρούνται, για εγκατάσταση μονάδας βιοαερίου .....	119
Πίνακας 12.2: Περιορισμοί για χωροθέτηση της Κεντρικής Μονάδας Βιοαερίου .....	120
Πίνακας 13.1: Περιβαλλοντικά οφέλη από την εφαρμογή τεχνολογιών αναερόβιας χώνευσης.....	130
Πίνακας 15.1: Εκπομπές αέριων ρύπων σταθμών Δ.Ε.Η. ....	153



Πίνακας 15.2: Σύγκριση περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη λειτουργία θερμοηλεκτρικών σταθμών [87] .....	153
--	-----

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 3.1: Ενεργειακή αξιοποίηση βιοαερίου για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας [88] .....	17
Σχήμα 3.2 : Ο αειφόρος κύκλος του βιοαερίου από ΑΧ [2].....	20
Σχήμα 3.3 : (Α) Συγκεντρώσεις των πτητικών λιπαρών οξέων με δυσάρεστη οσμή στον μη επεξεργασμένο και χωνευμένο πολτό. (Β) Η συγκέντρωση οσμών σε δείγματα αέρα που συλλέχθηκαν επάνω από τους αγρούς μετά από την εφαρμογή του μη επεξεργασμένου και του χωνευμένου πολτού [52] .....	21
Σχήμα 4.1 : Απλουστευμένο διάγραμμα ροής αναερόβιας χώνευσης [101] .....	22
Σχήμα 4.2 : Σημεία αναφοράς για τις ειδικές παραγωγές μεθανίου [52] .....	29
Σχήμα 4.3 : Τα κύρια στάδια της διεργασίας της αναερόβιας χώνευσης [101].....	31
Σχήμα 5.1 : Σχηματική αναπαράσταση των «δύο σε μία» εγκαταστάσεων κλίμακας αγροκτήματος, με κάλυψη μαλακής μεμβράνης [101] .....	42
Σχήμα 5.2 : Σχηματική αναπαράσταση κεντρικής εγκατάστασης εγκαταστάσεων συνδυασμένης χώνευσης, με χρήση πρωτεύοντος και δευτερεύοντος αντιδραστήρα χώνευσης [101].....	44
Σχήμα 5.3 : Τα κύρια ρεύματα της ολοκληρωμένης βασικής αρχής των κεντρικών εγκαταστάσεων χώνευσης. [101] .....	45
Σχήμα 6.1: Επισκόπηση των χρήσεων του βιοαερίου [101] .....	46
Σχήμα 7.1: Χρήση του αζώτου στο κομπόστ σε σύγκριση με τον μη επεξεργασμένο πολτό χοίρων και βοοειδών [2] .....	52
Σχήμα 8.1: Μονάδες βιοαερίου στην Ελλάδα (σε λειτουργία το έτος 2007) [86].....	54
Σχήμα 13.1: Διάγραμμα ροής ολοκληρωμένης επεξεργασίας βιοαποβλήτων[2] .....	129
Σχήμα 13.2: Διάγραμμα ροής διεργασίας πλάσματος [73].....	133
Σχήμα 13.3: Αναδεδυμένο σειράδιο κομποστοποίησης [84].....	137
Σχήμα 13.4: Αεριζόμενο στατικό σειράδι κομποστοποίησης [84].....	138
Σχήμα 13.5: Κατακόρυφος αντιδραστήρας κομποστοποίησης [84].....	139
Σχήμα 13.6: Οριζόντιος αντιδραστήρας κομποστοποίησης [84] .....	139
Σχήμα 13.7: Περιστερόμομο τύμπανο κομποστοποίησης [84] .....	140

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 3.1: ΜΕΚ ενεργειακής αξιοποίησης του Βιοαερίου [89] .....	18
Εικόνα 3.2: Σταθμός διανομής και οχήματα που κινούνται με βιοαέριο στη Σουηδία.[84] .....	18
Εικόνα 3.3: Μονάδες αναβάθμισης βιοαερίου στη Σουηδία [100].....	19
Εικόνα 4.1 Διακρίνονται α) αριστερά, αναερόβιοι χωνευτήρες για την επεξεργασία ενεργού ιλύος στον Σαν Φρανσίσκο της Αμερικής, β) στη μέση, αναερόβιοι χωνευτήρες και γ) δεξιά, διάταξη ταυτόχρονης	

αναερόβιας και αερόβιας επεξεργασίας αστικών λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων στην Αμερική [84] .....	24
Εικόνα 4.2 Διακρίνονται α) αριστερά, διάταξη UASB και αναερόβιου φίλτρου μαζί (Ταϊβάν), για την επεξεργασία φθαλικού οξέος με δυναμικότητα επεξεργασίας 50.500 κιλών χημικά απαιτούμενου οξυγόνου ανά ημέρα (περίπου 8.400 κιλά φθαλικό οξύ ανά ημέρα), β) στη μέση, αναερόβια λίμνη σταθεροποίησης στην Ουάσινγκτον της Αμερικής και γ) δεξιά, υβριδικός χωνευτήρας που στην βάση του συμπεριφέρεται ως UASB και στην κορυφή του ως αναερόβιο φίλτρο [84] .....	26
Εικόνα 4.3 Διακρίνονται α) αριστερά, αναερόβιο φίλτρο ανοδικής ροής (Φιλιπίνες), για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων από κονσερβοποιεία ψαριών, με δυναμικότητα επεξεργασίας 2.450 κιλών χημικά απαιτούμενου οξυγόνου ανά ημέρα, β) στη μέση, διάταξη UASB (Κορέα) για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων από επεξεργασία αμύλου, με δυναμικότητα επεξεργασίας 12.585 κιλών χημικά απαιτούμενου οξυγόνου ανά ημέρα και γ) δεξιά, διάταξη UASB (Αυστραλία) για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων από παραγωγή χαρτιού, με δυναμικότητα επεξεργασίας 12.000 κιλών χημικά απαιτούμενου οξυγόνου ανά ημέρα [84].....	26
Εικόνα 4.4 Διακρίνονται διατάξεις UASB και αερόβιας επεξεργασίας ταυτόχρονα: α) αριστερά, για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων ζυθοποιίας, με δυναμικότητα επεξεργασίας 3.300 κιλών χημικά απαιτούμενου οξυγόνου ανά ημέρα (Μαλαισία), β) στη μέση, για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων ζυθοποιίας, με δυναμικότητα επεξεργασίας 27.060 κιλών χημικά απαιτούμενου οξυγόνου ανά ημέρα (Κίνα) και γ) δεξιά, για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων από βιομηχανία παραγωγής ζάχαρης, με δυναμικότητα επεξεργασίας 35.545 κιλών χημικά απαιτούμενου οξυγόνου ανά ημέρα (Καναδάς) [84]26	
Εικόνα 5.1 : Εγκατάσταση βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος στη Γερμανία 364 kW, για την απλή χώνευση κοπριάς με τη χρήση τσιμεντένιου χωνευτήρα [84] .....	41
Εικόνα 5.2 : Οριζόντιος χωνευτήρας μικρής αγροτικής κλίμακας. [84] .....	41
Εικόνα 5.3 : Εγκατάσταση βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος στη Γερμανία 2x180 kW, για τη συνδυασμένη χώνευση κοπριάς και ενεργειακών καλλιεργειών με τη χρήση μεταλλικού χωνευτήρα. [89] .....	42
Εικόνα 5.4 : Εγκατάσταση βιοαερίου στη Γερμανία που κατασκευάστηκε το 2005 από 99 αγρότες για την χώνευση των ενεργειακών καλλιεργειών, ενσίρωμα καλαμποκιού και σιταριού. [84].....	43
Εικόνα 5.5 : Εικόνα μιας εγκατάστασης συγχώνευσης από τη Δανία [84] .....	44
Εικόνα 6.1: Καυστήρας βιοαερίου για παραγωγή θερμότητας [84].....	48
Εικόνα 11.1 Στάδια λειτουργίας μονάδας αναερόβιας ζύμωσης, [101] .....	100
Εικόνα 11.2: Αποθήκες τύπου σιλό [89] .....	101
Εικόνα 11.3: Αποθήκευση σε έναν μεγάλο σωρό στο έδαφος, [84].....	101
Εικόνα 11.4: Δεξαμενή αποθήκευσης υγρής κοπριάς από οπλισμένο σκυρόδεμα, εφοδιασμένη με πλαστικό κάλυμμα [84] .....	102
Εικόνα 11.5: Σύστημα τεμαχισμού ενσιρώματος και μεταφοράς στο εσωτερικό του αντιδραστήρα χώνευσης [84] .....	104
Εικόνα 11.6: Συστήματα αντλιών σωληνώσεων και αυτόματων βαλβίδων διακοπής και άντλησης εντός προστατευτικού οικίσκου [84].....	104
Εικόνα 11.7: Επιτόπου κατασκευή κατακόρυφων χωνευτήρων φτιαγμένων από χάλυβα [84].....	106

Εικόνα 11.8: Πρωτεύων κατακόρυφος χωνευτήρας (αριστερά), αναδευτήρας στη κορυφή του πρωτεύοντα χωνευτήρα, (μέση) δευτερεύων χωνευτήρας καλυμμένος από αεροστεγή μεμβράνη. Η μεμβράνη διογκώνεται από το παραγόμενο βιοαέριο (δεξιά) [84] .....	107
Εικόνα 11.9: Στοιχειακό θείο, που προκύπτει από βιολογική αποθείωση μέσα στο χωνευτήρα [84] ...	108
Εικόνα 11.10: Πυρσός βιοαερίου [84].....	109
Εικόνα 11.11: Κινητήρας Jenbacher JMC 208 GS-BL [88] .....	110
Εικόνα 11.12:Ανοικτές τεχνητές λίμνες για την αποθήκευση του κομπόστ .....	111
Εικόνα 11.13 Απεικόνιση ενός συστήματος παρακολούθησης με τη βοήθεια υπολογιστή, σε εγκατάσταση βιοαερίου με δύο κύριους χωνευτήρες [84] .....	114
Εικόνα 12.1:Χρήσεις Γής.....	115

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 9.1: Ελάχιστη, μέση και μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία.....	59
Διάγραμμα 9.2: Μέση μηνιαία υγρασία .....	60
Διάγραμμα 9.3: Μέση μηνιαία βροχόπτωση – συνολικές μέρες βροχής .....	60
Διάγραμμα 9.4: Μέση μηνιαία ένταση ανέμου .....	62
Διάγραμμα 9.5 Κατανομή χρήσεων γης Ν. Σερρών .....	77
Διάγραμμα 10.1:Α)Αιτηθήσα ηλεκτρικής ισχύς στους 5 πρώτους νομούς, Β) Γεωγραφική κατανομή εγκατεστημένης ισχύος μονάδων βιομάζας [70] .....	86
Διάγραμμα 11.1: Διάγραμμα Ροής Διαδικασίας Κεντρικής Συνδυασμένης Παραγωγής Βιοαερίου Από Απόβλητη Βιομάζα .....	112

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 9.1. Δορυφορικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής του νομού Σερρών. Στο βορειοδυτικό τμήμα του κόκκινου πλαισίου διακρίνεται η λίμνη Κερκίνη, ενώ στο κέντρο του πλαισίου το ανοιχτό καφέ χρώμα απεικονίζει την πεδιάδα του ποταμού Στρυμόνα [95] .....	57
Χάρτης 9.2: Μέση υπερετήσια βροχόπτωση [97] .....	61
Χάρτης 9.3: Χάρτης περιοχών Νατούρα 2000, [98] .....	64
Χάρτης 9.4 Χάρτης ποιότητας υπόγειων υδάτων [62] .....	85
Χάρτης 12.1: Χρήσεις Γής στην Περιφερειακή Ενότητα Σερρών .....	117
Χάρτης 12.2: Χρήσεις Γής στις οποίες επιτρέπεται η εγκατάσταση μονάδας βιοαερίου.....	122
Χάρτης 12.3: Σχηματική Απεικόνιση, που φαίνεται με κόκκινο, οι περιοχές στις οποίες επιτρέπεται η εγκατάσταση μονάδας βιοαερίου .....	123
Χάρτης 12.4: Ακτίνα 15 χλμ από μεγάλες αγροτοκτηνοτροφικές μονάδες της Π.Ε Σερρών .....	124
Χάρτης 12.5: Βέλτιστη Περιοχή χωροθέτησης μονάδας βιοαερίου .....	125
Χάρτης 12.6: Σχηματική απεικόνιση (με κόκκινο) των τελικών βέλτιστων περιοχών για χωροθέτηση μονάδας βιοαερίου .....	126

## **1 ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η παρούσα διπλωματική μεταπτυχιακή εργασία, αποσκοπεί στην μελέτη, διερεύνηση και αξιολόγηση της δυνατότητας πλήρους αξιοποίησης των απορριμμάτων και αποβλήτων που προέρχονται από αγροτικές και κτηνοτροφικές μονάδες. Συγκεκριμένα, εξετάστηκε η Περιφερειακή Ενότητα Σερρών, μία Περιφερειακή Ενότητα στην οποία η γεωργία και κτηνοτροφία αποτελούν τους σημαντικότερους τομείς στους οποίους δραστηριοποιούνται οικονομικά οι κάτοικοί της. Το γεγονός αυτό, αποκαλύπτει το υψηλό διαθέσιμο δυναμικό βιομάζας το οποίο προέρχεται από απόβλητα αγροτοκτηνοτροφικών μονάδων το οποίο μπορεί να αξιοποιηθεί, συντελώντας σε διπλό όφελος: α) Παραγωγή Ενέργειας και β) Προστασίας του Περιβάλλοντος.

Αρχικά θα παρουσιαστεί η μέθοδος παραγωγής βιοαερίου μέσω της διεργασίας της αναερόβιας χώνευσης, διεργασία η οποία χρησιμοποιείται ευρέως για την επεξεργασία γεωργικών και κτηνοτροφικών υπολειμμάτων καθώς και ενεργειακών καλλιεργειών προς αξιοποίηση (ενεργειακή και παραγωγής εδαφοβελτιωτικού) κυρίως σε χώρες της κεντρικής, Βόρειας Ευρώπης με δυνατότητες ανάπτυξης της συγκεκριμένης διεργασίας και σε παγκόσμιο επίπεδο.

Στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο περιγράφεται μια γενική κατάσταση σχετικά με το πρόβλημα των αγροτικών και κτηνοτροφικών αποβλήτων σε παγκόσμιο επίπεδο καθώς και την προσπάθεια αντιμετώπισής του.

Στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζονται γενικά στοιχεία για το βιοαέριο καθώς και τα οφέλη που απορρέουν από την χρήση του.

Στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζεται αναλυτικά η αναερόβια χώνευση (Α.Χ) (Βιβλιογραφικά στοιχεία, Ανάλυση της μικροβιολογικής διεργασίας, Παράμετροι)

Στο 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζονται οι κύριες εφαρμογές του βιοαερίου (Εγκαταστάσεις παραγωγής βιοαερίου)

Στο 6<sup>ο</sup> και 7<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζονται οι χρήσεις του βιοαερίου (Ιδιότητες καθώς και Συμπαράγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας) και του κόμποστ (Βιοδιάσπαση της οργανικής ουσίας, χρήση, εφαρμογή, Βελτίωση του κόμποστ ως λίπασμα)

Στο 8<sup>ο</sup> κεφάλαιο θα παρουσιαστεί η παρούσα κατάσταση έργων στον Ελλαδικό χώρο, Δυναμικό βιοαερίου καθώς και η πολιτική των Α.Π.Ε στην Ελλάδα).

Στο 9<sup>ο</sup> Κεφάλαιο αναλύεται η υφιστάμενη κατάσταση της Περιφερειακής Ενότητας Σερρών (Γεωγραφική Θέση, Φυσικό Περιβάλλον, Ανθρωπογενές, Κοινωνικό-Οικονομικό Περιβάλλον, Υφιστάμενη κατάσταση Ρύπανσης στην Π.Ε Σερρών)

Στο 10<sup>ο</sup> Κεφάλαιο, υπολογίζεται το υψηλό διαθέσιμο δυναμικό βιομάζας αγροτο-κτηνοτροφικών αποβλήτων.

Στο 11<sup>ο</sup> Κεφάλαιο, πραγματοποιείται η Διαστασιολόγηση και Περιγραφή Κεντρικής Εγκατάστασης Συνδυασμένης Συμπαράγωγής Ηλεκτρικής και Θερμικής ενέργειας από Βιοαέριο, (Χρησιμοποιούμενη τεχνολογία, Γενική διάταξη και Εγκαταστάσεις μονάδας συμπαράγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας)

Στο 12<sup>ο</sup> Κεφάλαιο, παρουσιάζεται η Χωροθέτηση της Κεντρικής Εγκατάστασης Συνδυασμένης Συμπαράγωγής Ηλεκτρικής και Θερμικής ενέργειας από Βιοαέριο.

Στο 13<sup>ο</sup> Κεφάλαιο, τονίζεται γιατί επιλέχθηκε η συγκεκριμένη τεχνολογία μέσω της διεργασίας της Αναερόβιας Χώνευσης.

*Αξιοποίηση των Γεωργικών Υπολειμμάτων και Κτηνοτροφικών Αποβλήτων της Περιφερειακής Ενότητας Σερρών, για την Συμπαράγωγή Ηλεκτρικής και Θερμικής Ενέργειας (Σ.Η.Θ) μέσω της Συνδυασμένης Αναερόβιας Χώνευσης*

Στο 14<sup>ο</sup> Κεφάλαιο, παρουσιάζεται η Μηδενική Λύση, δηλαδή ποιες είναι οι επιπτώσεις αν δεν πραγματοποιηθεί το συγκεκριμένο προτεινόμενο έργο

Στο 15<sup>ο</sup> Κεφάλαιο, πραγματοποιείται η Εκτίμηση και Αξιολόγηση των Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων από την εγκατάσταση της Κεντρικής Εγκατάστασης Συνδυασμένης Συμπαράγωγής Ηλεκτρικής και Θερμικής ενέργειας από Βιοαέριο.

Στο 16<sup>ο</sup> Κεφάλαιο, παρουσιάζεται η Αντιμετώπιση και Παρακολούθηση των Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων που προκύπτουν από την εγκατάσταση της Κεντρικής Εγκατάστασης Συνδυασμένης Συμπαράγωγής Ηλεκτρικής και Θερμικής ενέργειας από Βιοαέριο .

Στο 17<sup>ο</sup> Κεφάλαιο, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την εκπόνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας.

## **Ευχαριστίες**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Επισκ. Καθηγητή Ε.Μ.Π κ. Χριστοφή Κορωναίο, επιβλέποντα αυτής της Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας, που μου ανέθεσε ένα τόσο επίκαιρο και ενδιαφέρον θέμα και με καθοδήγησε καθ'όλη την διάρκεια συγγραφής αυτής της διπλωματικής μεταπτυχιακής εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω, τον καθηγητή Ε.Μ.Π κ. Καλιαμπάκο Δημήτριο και τον επίκουρο καθηγητή Ε.Μ.Π Ίων Σαγιά, μέλη της τριμελούς επιτροπής εξέτασης της εργασίας μου, για την ενημέρωση και γενικότερη βοήθειά τους κατά την διάρκεια εκπόνησης αυτής της διπλωματικής Εργασίας.

Στη συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Διδάκτορα Ε.Μ.Π Κώστα Βαμβουκάκη και τον κ.Μανέτο Παναγιώτη, Διδάκτορα ΕΜΠ και μέλος ΙΔΑΧ, για τις πολύτιμες συμβουλές τους.

Τέλος, θέλω να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου, στην οικογένειά μου, για την στήριξη καθ'όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

## **ABSTRACT**

This diploma thesis aims to study, investigate and evaluate the possibility of full recovery of waste from agricultural and livestock farms. Specifically, Regional Unit of Serres, is examined, a regional unit in which agriculture and livestock are the most important areas in which residents are economically active. This reveals the high potential available biomass derived potential from waste agricultural and livestock units which utilized, resulting in a double benefit : a) Energy production and b ) Environmental Protection.

Firstly we present the method of biogas through the process of anaerobic digestion process which is widely used for processing of agricultural and livestock residues and energy crops for recovery (energy production and compost), mainly in the countries of central, northern Europe's and globally with great development potential.

The second chapter describes a general statement regarding the problem of agricultural and livestock waste globally and what efforts are being held for overcoming this serious environmental problem.

The third chapter presents general information on biogas and the benefits arising from its use.

The fourth chapter presents the analytical method of anaerobic digestion (Bibliographic data, Analysis of microbiological process parameters)

The fifth chapter presents the main applications of biogas (Biogas plants)

The 6th and 7th chapter, describes the use of biogas (Properties and Combined Heat and Power) and compost (Biodegradation of organic matter, Use, Application, Improving the compost as fertilizer)

The 8th chapter, presents the current status of projects in Greece, Dynamic of biogas and the politics of RES in Greece)

In the 9th chapter, the current situation of the Regional Unity Serres is being analyzed (Geographic location, Natural Environment, Socio- Economic Environment, Existing Conditions Pollution in Regional Unity of Serres )

In chapter 10, high available biomass potential of agro - livestock waste, is being estimated

In chapter 11, takes place Dimensioning and Description of a Central Combined electricity and heat Production unit from biogas (Usable technology, general layout and installation of CHP electricity and heat )

In the 12th chapter, describes where the Central Facility installation of combined production of electricity and heat from biogas, will be located .

In the 13th Chapter, highlighted why this technology was selected (process of anaerobic digestion) .

In the 14th chapter, the zero option, describes what are the implications if this proposed project is not installed

In the 15th Chapter, describes the Assessment and Environmental Impact Assessment by the installation of central Combined production of electricity and heat from biogas .

In the 16th chapter, the Management and Monitoring of environmental impacts arising from the installation of central Combined Production of electricity and heat from biogas .

In the 17th Chapter, presented the results from the development of this thesis.

## **2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Τις τελευταίες δύο δεκαετίες, ο μέσος πολίτης του πλανήτη μας, έχει γίνει όλο και περισσότερο ενήμερος για την εξάντληση των αποθεμάτων των ορυκτών καυσίμων και τις ενδείξεις των κλιματικών αλλαγών με βάση τις εκπομπές των αερίων φαινομένου θερμοκηπίου και ιδιαίτερα του διοξειδίου του άνθρακα. Ως εκ τούτου η επέκταση της χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η αποδοτική παραγωγή ενέργειας και η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, έχουν γίνει οι κύριοι στόχοι μας για την επίτευξη ενός βιώσιμου πλανητικού ενεργειακού εφοδιασμού. Σήμερα, πολλές χώρες στην Ευρώπη αλλά και σε παγκόσμιο επίπεδο, προωθούν την χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με εγγυημένες τιμές επιστροφής ή συστήματα εμπορίας εκπομπών.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας περιλαμβάνουν την ηλιακή, αιολική, υδροηλεκτρική, την γεωθερμική ενέργεια, την ενέργεια από την θάλασσα καθώς και την ενέργεια από την βιομάζα. Η τεχνική δυνατότητα επίτευξης αυτών των στόχων και η πραγματική χρήση αυτών των πηγών ενέργειας είναι διαφορετική σε όλη την Ευρώπη, αλλά η βιομάζα παρατηρούμε ότι έχει πολύ μεγάλες δυνατότητες αξιοποίησης. Μια αποτελεσματική μέθοδος για τη μετατροπή της βιομάζας σε ενέργεια, είναι η παραγωγή βιοαερίου με μικροβιακή αποικοδόμηση της οργανικής ύλης υπό την απουσία οξυγόνου (αναερόβια χώνευση).

Το Βιοαέριο είναι ένα αέριο που παράγεται από την βιολογική κατανομή των οργανικών υλών και την έλλειψη οξυγόνου. Αποτελείται κυρίως από μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα. Προέρχεται από βιογενές υλικό και είναι ένα είδος βιοκαυσίμου. Αποτελεί προϊόν της αναερόβιας ζύμωσης των βιοαποδομήσιμων υλικών.

Η ανάπτυξη και εγκατάσταση τεχνολογιών βιοαερίου, αποτελεί μία εναλλακτική λύση με σημαντικά πλεονεκτήματα, καθώς προσφέρει περιβαλλοντικά φιλική ενέργεια και ταυτόχρονα επιλύει το πρόβλημα της διαχείρισης των απορριμμάτων. Υπολογίζεται ότι 1.000.000 τόνοι απορριμμάτων παρέχουν αρκετό βιοαέριο για την παραγωγή ενός MW ηλεκτρικού ρεύματος ετησίως για δέκα περίπου χρόνια.

Η οικονομικότητα μιας μονάδας βιοαερίου βασίζεται στο γεγονός ότι η πρώτη ύλη έχει μηδενική ή αρνητική αξία ενώ τα προϊόντα της έχουν αδιαμφισβήτητα εμπορική αξία. Το βιοαέριο, που αποτελεί μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, παράγεται από την αναερόβια χώνευση κτηνοτροφικών κυρίως αποβλήτων (λύματα από χοιροστάσια, βουστάσια), βιομηχανικών αποβλήτων και λυμάτων καθώς και από αστικά οργανικά απορρίμματα. Αποτελείται τυπικά από 65% μεθάνιο και 35% διοξείδιο του άνθρακα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας και ως καύσιμο για μηχανές εσωτερικής καύσης. Ένα κυβικό μέτρο βιοαερίου υποκαθιστά 0,661 ντίζελ ή 0,751 πετρελαίου ή 0,85 κ. κάρβουνου.

Από τις αρχές της δεκαετίας του 70 ξεκίνησε το ενδιαφέρον για τη παραγωγή και χρήση βιοαερίου, σαν αποτέλεσμα των κρίσεων του πετρελαίου. Το βιοαέριο το οποίο παράγεται κατά την διάθεση ή επεξεργασία οργανικών αποβλήτων και αστικών λυμάτων σε κεντρικές μονάδες συνδυασμένης χώνευσης, μπορεί να συμβάλει μερικώς στην ενεργειακή αυτάρκεια της χώρας μας, υποκαθιστώντας διάφορα ρυπογόνα ή εισαγόμενα καύσιμα.

Εναλλακτική λύση με σημαντικά πλεονεκτήματα αποτελεί, η ανάπτυξη και εγκατάσταση τεχνολογιών βιοαερίου καθώς προσφέρει περιβαλλοντικά φιλική ενέργεια και ταυτόχρονα αντιμετωπίζει το θέμα της ανάκτησης/ ανακύκλωσης των στερεών αποβλήτων. Οι εγκαταστάσεις βιοαερίου από ΑΧ,

που επεξεργάζονται τα γεωργικά υποστρώματα (όπως τα ζωικά περιττώματα, τα φυτικά υπολείμματα, οι ενεργειακές καλλιέργειες, τα οργανικά απόβλητα από τις αγροτοβιομηχανικές μονάδες και την βιομηχανία παραγωγής τροφίμων) είναι μερικές από τις πιο σημαντικές εφαρμογές της ΑΧ σήμερα.

Η ανάπτυξη της κτηνοτροφίας οδήγησε στην παραγωγή τεράστιων ποσοτήτων ζωικών αποβλήτων και τη δημιουργία δυσεπίλυτων προβλημάτων ως προς την επεξεργασία και τη διάθεση τους στο περιβάλλον. Στις περιπτώσεις αυτές η ανάπτυξη των τεχνολογιών βιοαερίου προσέφερε σειρά από πλεονεκτήματα και περιβαλλοντικά οφέλη όπως:

- εξοικονόμηση χρημάτων για τους αγρότες
- βελτιωμένη απόδοση της λίπανσης
- μικρότερες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου
- οικονομική και περιβαλλοντικά αποδεκτή ανακύκλωση αποβλήτων
- μειωμένες οχλήσεις λόγω οσμών και παρουσίας μυγών
- δυνατότητες μείωσης παθογόνων οργανισμών

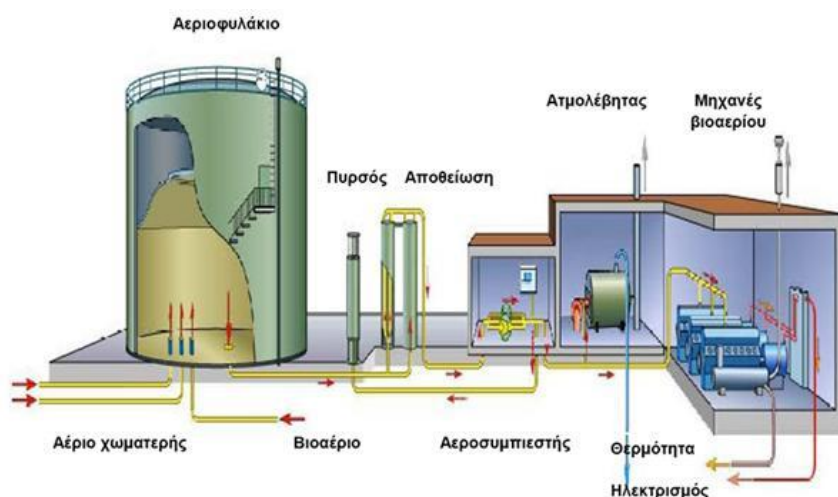
Μια εγκατάσταση παραγωγής βιοαερίου δεν παρέχει μόνο τη δυνατότητα αξιοποίησης του ενεργειακού δυναμικού του βιοαερίου, αλλά συμμετέχει παράλληλα και στη συνολική επεξεργασία των αποβλήτων της αγροτοκτηνοτροφικής δραστηριότητας που τα παράγει, μειώνοντας το ρυπαντικό τους φορτίο, και μάλιστα του πιο βεβαρημένου κλάσματος, σε ποσοστό πάνω από το 50%.

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία αφορά στην παρουσίαση διαχείρισης και ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας που προκύπτει ως απόβλητο/υποπροϊόν από αγροτικές και κτηνοτροφικές δραστηριότητες.



### 3 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΒΙΟΑΕΡΙΟ

Γενικότερα, με τον όρους βιομάζα ή οργανικό υλικό εννοούμε τα προϊόντα και τα κατάλοιπα φυτικής, ζωικής και δασικής παραγωγής, τα παραπροϊόντα που προέρχονται από τη βιομηχανική επεξεργασία αυτών και τη βιομηχανία τροφίμων, τα αστικά απορρίμματα και τα στερεά των αστικών λυμάτων. Το βιοαέριο παράγεται από την αναερόβια χώνευση της βιομάζας κτηνοτροφικών αποβλήτων όπως είναι τα λύματα χοιροστασιών, πτηνοτροφείων, βουστασιών καθώς και άλλων αγροτοβιομηχανικών μονάδων, αλλά και από λύματα μονάδων βιολογικών καθαρισμών, καθώς και διάφορα αποσυντιθέμενα οργανικά κλάσματα απορριμμάτων.



Σχήμα 3.1: Ενεργειακή αξιοποίηση βιοαερίου για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας [88]

Η πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται για τη διεργασία αυτή δυνητικά περιέχει επιβαρυντικούς χημικούς καθώς και μολυσματικούς βιολογικούς παράγοντες. Ο εργαστηριακός ποιοτικός έλεγχος του οργανικού φορτίου που προορίζεται ως πρώτη ύλη στον αναερόβιο βιοαντιδραστήρα είναι επιβεβλημένος ώστε να εξασφαλιστεί η ασφαλής περαιτέρω αξιοποίηση του οργανικού κλάσματος ως λίπασμα σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Κανονισμό 1069/2009 που καθορίζει τους κανόνες υγιεινής και θέτει τους ελάχιστους κανόνες και τα μέτρα που πρέπει να εφαρμόζονται στα ζωικά υποπροϊόντα ώστε να μπορούν να υποβληθούν σε επεξεργασία στις εγκαταστάσεις παραγωγής βιοαερίου.

Το βιοαέριο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο ( $\text{CH}_4$ ) με περιεκτικότητα 55-70 (%) και διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) 30-45(%). Επίσης περιέχει ελάχιστες ποσότητες άλλων αερίων, όπως άζωτο, υδρογόνο, αμμωνία, υδρατμούς και υδρόθειο, η δε θερμογόνος δύναμή του κυμαίνεται από 5,5 έως 7,0 kWh/m<sup>3</sup>.

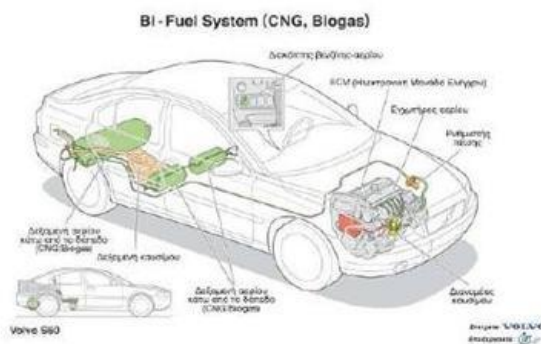
Το βιοαέριο μπορεί να τροφοδοτήσει Μηχανές Εσωτερικής Καύσης (Μ.Ε.Κ.), καυστήρες αερίου ή αεριοστρόβιλους για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας (Βλέπε Εικόνα 3.1).

Αξιοποίηση των Γεωργικών Υπολειμμάτων και Κτηνοτροφικών Αποβλήτων της Περιφερειακής Ενότητας Σερρών, για την Συμπαράγωγή Ηλεκτρικής και Θερμικής Ενέργειας (Σ.Η.Θ) μέσω της Συνδυασμένης Αναερόβιας Χώνευσης



Εικόνα 3.1: ΜΕΚ ενεργειακής αξιοποίησης του Βιοαερίου [89]

Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο μεταφορών, αφού πρώτα προηγηθεί ένα στάδιο καθαρισμού/αναβάθμισης του (Εικόνα 3.3). Στο στάδιο αυτό περιλαμβάνεται η απομάκρυνση των σωματιδίων,  $H_2S$ ,  $NH_3$ ,  $H_2O$  και η θερμιδική του αναβάθμιση. Η τελευταία περιλαμβάνει την απομάκρυνση  $CO_2$  ή/και την προσθήκη προπανίου. Χρήση του βιοαερίου ως καύσιμο μεταφορών απαντάται στη Σουηδία και Γαλλία, ενώ στη Σουηδία το βιοαέριο διοχετεύεται και στο δίκτυο του φυσικού αερίου [1], [2].



Εικόνα 3.2: Σταθμός διανομής και οχήματα που κινούνται με βιοαέριο στη Σουηδία.[84]

Οι τεχνικές μέχρι σήμερα που έχουν αναπτυχθεί για την αναβάθμιση του βιοαερίου είναι κυρίως οι εξής:

- Πλύση με νερό, (water wash, water scrubbing)
- Προσρόφηση με εναλλαγή της πίεσης Pressure Swing Adsorption (PSA),
- Απορρόφηση με χρήση γλυκόλης και αιθανοαμινών
- Διαχωρισμός με χρήση μεμβρανών (diaphragm technology)
- Με κρυογονική διαδικασία που λαμβάνει χώρα σε συνθήκες πίεσης 80 bar και ψύξης - 45°C. Στις συνθήκες αυτές το  $CO_2$  συμπυκνώνεται σε υγρή μορφή σε χαμηλότερη πίεση και υψηλότερη θερμοκρασία από ότι το  $CH_4$  και μ' αυτόν τον τρόπο γίνεται εύκολος ο διαχωρισμός του.



Εικόνα 3.3: Μονάδες αναβάθμισης βιοαερίου στη Σουηδία [100]

### 3.1 Πλεονεκτήματα από την εγκατάσταση μονάδων βιοαερίου

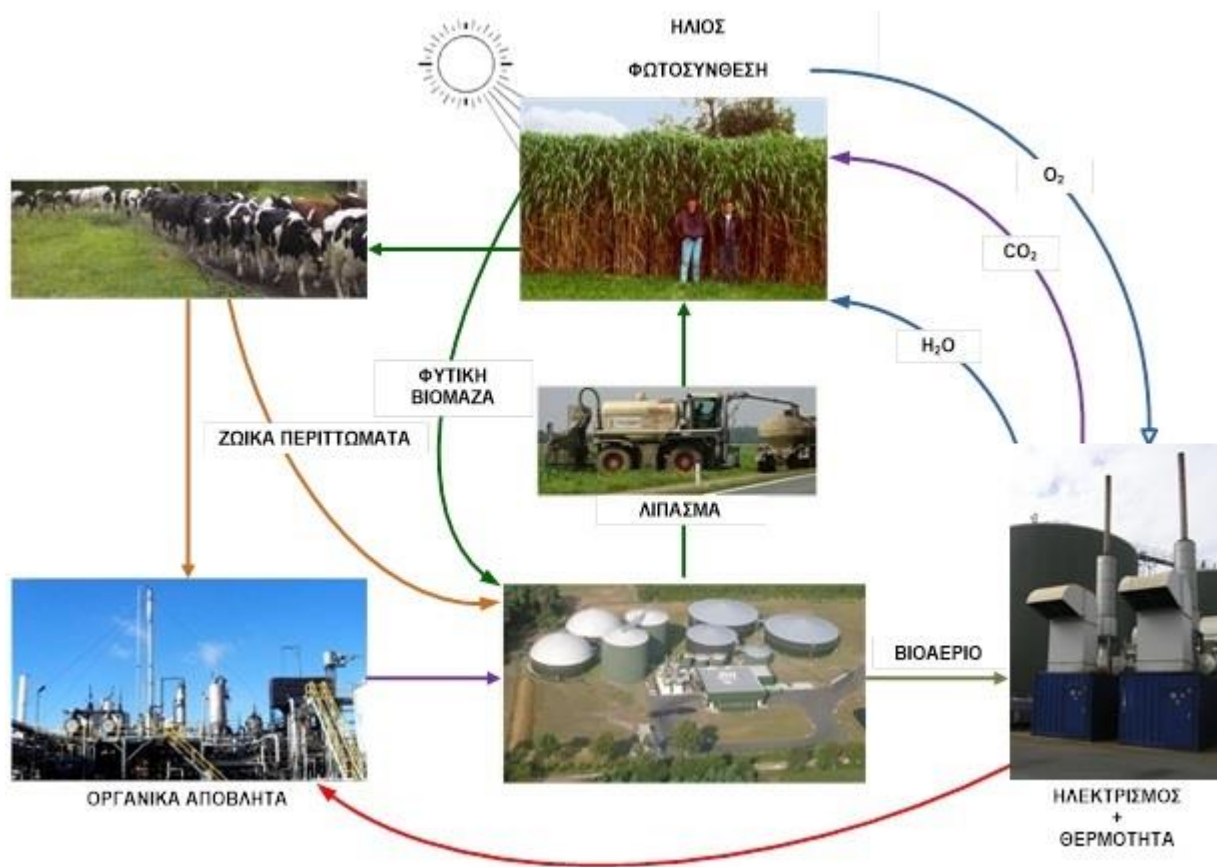
Μέσω της υλοποίησης εγκαταστάσεων εκμετάλλευσης του βιοαερίου που προκύπτει από γεωργικές και κτηνοτροφικές μονάδες επιτυγχάνονται πολλαπλά οφέλη, που συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- Επωφελής διαχείριση των υποπροϊόντων / αποβλήτων αγροτοβιομηχανικών δραστηριοτήτων / μονάδων.
- Επωφελής διαχείριση κοπριάς των κτηνοτροφικών μονάδων
- Παραγωγή ενέργειας με χρήση αειφόρων τεχνικών. Η καύση του μεθανίου από οργανικά παραπροϊόντα θεωρείται ένας εξόχως «πράσινος» τρόπος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και είναι στις ύψιστες περιβαλλοντικές προτεραιότητες όλων των κρατών - μελών της Ε.Ε. Έλλειψη σχεδίου διαχείρισης των οργανικών παραπροϊόντων οδηγεί σε ανεξέλεγκτη «ζύμωση» οργανικών και διαφυγή μεθανίου στην ατμόσφαιρα, γεγονός που ενισχύει πολλαπλώς το φαινόμενο του θερμοκηπίου (το μεθάνιο θεωρείται 21 φορές πιο επιβλαβές στην εκδήλωση του φαινομένου του θερμοκηπίου σε σχέση με το διοξείδιο του άνθρακα)– (United Nations Framework Convention on Climate Change).
- Εκμετάλλευση των τελικών παραπροϊόντων της αναερόβιας χώνευσης δηλαδή του υγρού κλάσματος για άρδευση καλλιεργειών και χρήση του παραγόμενου στερεού κλάσματος ως εδαφοβελτιωτικού.
- Βελτίωση της ενεργειακής αυτόρκειας της χώρας μέσω της προοπτικής της αειφορίας.
- Βελτίωση της θέσης της χώρας μας στη χρηματιστηριακή αγορά των πρασίνων δικαιωμάτων ρύπων.
- Τόνωση της εμπορικής - οικονομικής δραστηριότητας σε τοπικό επίπεδο με αποτέλεσμα την κοινωνική και οικονομική βιωσιμότητα.
- Η κατασκευή μονάδων παραγωγής βιοαερίου συνεισφέρει στην αποκεντρωμένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, μια τάση που εδώ και αρκετά χρόνια είναι εξαιρετικά διαδεδομένη σε όλη την Ευρώπη.
- Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται στις μονάδες παραγωγής βιοαερίου αποτελούν πολλές φορές υλικά που υποβαθμίζουν την ποιότητα της περιοχής όπου παράγονται (π.χ. ζωικές κοπρίες, οργανικά υγρά απόβλητα κ.λπ.). Η συλλογή και η ενεργειακή αξιοποίηση

*Αξιοποίηση των Γεωργικών Υπολειμμάτων και Κτηνοτροφικών Αποβλήτων της Περιφερειακής Ενότητας Σερρών, για την Συμπαράγωγή Ηλεκτρικής και Θερμικής Ενέργειας (Σ.Η.Θ) μέσω της Συνδυασμένης Αναερόβιας Χώνευσης*

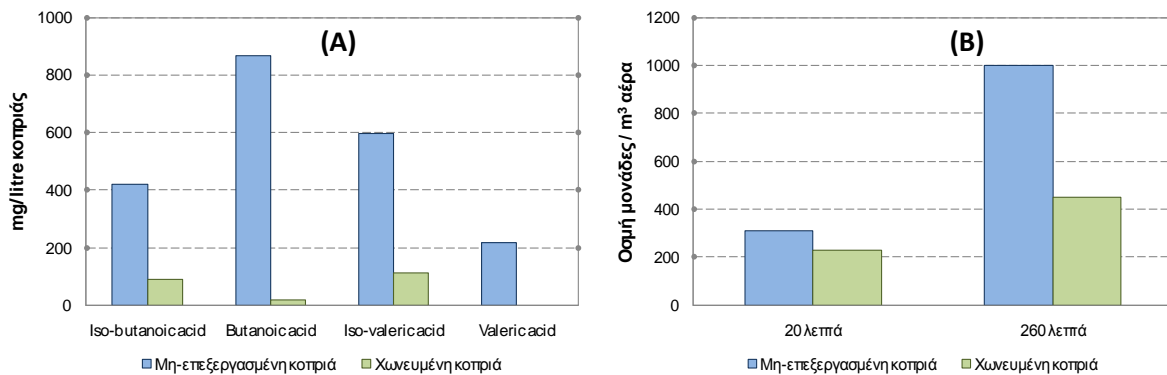
τέτοιων υλικών, όχι μόνο προσφέρει πολύτιμη πράσινη ενέργεια στο δίκτυο ηλεκτροδότησης, αλλά περιορίζει τα φαινόμενα ρύπανσης βελτιώνοντας την ποιότητα ζωής της τοπικής κοινωνίας ενώ συμβάλει, ταυτόχρονα, στην αναπτυξιακή προοπτική της.

- Διευκολύνεται η διαχείριση και η τελική διάθεση των οργανικών αποβλήτων λόγω της μείωσης του όγκου τους που πραγματοποιείται στον αναερόβιο χωνευτήρα.
- Κατά την αποθήκευση του υγρού υπολείμματος της χώνευσης, εκλύονται σημαντικά λιγότερες οσμές από ότι κατά τη διάθεση ανεπεξέργαστων αποβλήτων στα χωράφια. (βλ. Σχήμα 3.3)
- Σημαντική ελάττωση ή και πλήρης εξαφάνιση των παθογόνων μικροοργανισμών στο υγρό υπόλειμμα. Το γεγονός αυτό καθιστά δυνατή την απευθείας χρήση του υπολείμματος ως εδαφοβελτιωτικού στα χωράφια.



**Σχήμα 3.2 : Ο αειφόρος κύκλος του βιοαερίου από ΑΧ [2]**

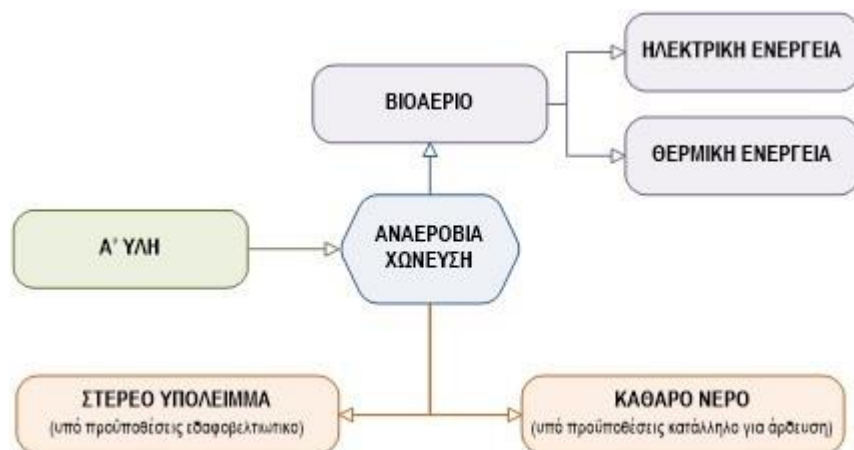
Αξιοποίηση των Γεωργικών Υπολειμμάτων και Κτηνοτροφικών Αποβλήτων της Περιφερειακής Ενότητας Σερρών, για την Συμπαράγωγή Ηλεκτρικής και Θερμικής Ενέργειας (Σ.Η.Θ) μέσω της Συνδυασμένης Αναερόβιας Χώνευσης



Σχήμα 3.3 : (Α) Συγκεντρώσεις των πτητικών λιπαρών οξέων με δυσάρεστη οσμή στον μη επεξεργασμένο και χωνευμένο πολτό. (Β) Η συγκέντρωση οσμών σε δείγματα αέρα που συλλέχθηκαν επάνω από τους αγρούς μετά από την εφαρμογή του μη επεξεργασμένου και του χωνευμένου πολτού [52]

#### 4 ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ (ΑΧ)

Η Αναερόβια Χώνευση είναι μια βιοχημική διεργασία κατά τη διάρκεια της οποίας σύνθετα οργανικά στοιχεία αποσυντίθεται απουσία οξυγόνου, από διάφορους τύπους αναερόβιων μικροοργανισμών. Η διεργασία της αναερόβιας χώνευσης είναι κοινή σε πολλά φυσικά περιβάλλοντα όπως τα ιζήματα θαλάσσιου ύδατος, το στομάχι των μηρυκαστικών ή τα έλη τύρφης. Σε μία εγκατάσταση βιοαερίου, το αποτέλεσμα της διεργασίας της αναερόβιας χώνευσης είναι το βιοαέριο και το κομπόστ (Σχήμα 4.1). Όταν το υπόστρωμα για την αναερόβια χώνευση είναι ένα ομοιογενές μίγμα από δύο ή περισσότερους τύπους πρώτων υλών (π.χ. ζωικοί πολτοί και οργανικά απόβλητα από τις βιομηχανίες τροφίμων) τότε έχουμε την λεγόμενη «συγχώνευση» η οποία είναι κοινή με πολλές από τις εφαρμογές του βιοαερίου σήμερα.



Σχήμα 4.1 : Απλοστευμένο διάγραμμα ροής αναερόβιας χώνευσης [101]

##### 4.1 Υποστρώματα για την αναερόβια χώνευση

Η βιολογική υλύς, που παράγεται κατά την πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια επεξεργασία των αστικών αποβλήτων [30], καθώς και τα αστικά στερεά απόβλητα [15] αποτελούν τα συνηθέστερα υποστρώματα της διεργασίας της αναερόβιας χώνευσης. Επιπλέον, τα στερεά απόβλητα φρούτων και λαχανικών, που παράγονται σε μεγάλες ποσότητες ημερησίως, μπορούν να επεξεργαστούν αναερόβια, [11] εξαιτίας της μεγάλης βιοαποδόμησής τους [49]. Τα ζωικά απόβλητα, τα οποία είναι πλούσια σε πρωτεΐνες [24] και τα απόβλητα βιομηχανιών, όπως από βιομηχανίες πατάτας και ζάχαρης, όπου τα απόβλητα τους είναι πλούσια σε άμυλο και απλά σάκχαρα αντίστοιχα [41], συχνά διασπώνται και σταθεροποιούνται μέσω αναερόβιας επεξεργασίας.

Τα δασοκομικά υλικά και υπολείμματα που περιέχουν κυρίως λιγνοκυτταρινούχο βιομάζα επεξεργάζονται αναερόβια, μετά από προεπεξεργασία, για τη διάσπαση των μεγάλων πολυμερών [18].

Τα ενεργειακά φυτά όπως ζαχαροκάλαμο [16], σιτάρι, άχυρο [31], καλαμπόκι [45] και σόργο [23] έχουν μελετηθεί για την παραγωγή μεθανίου, δίνοντας μεγάλες αποδόσεις. Τα διαφορετικά μέρη των φυτών που μελετήθηκαν [16], η συχνότητα συγκομιδής [16] και η ηλικία των φυτών [28] παρουσίασαν διαφορετική επίδραση στην τελική απόδοση παραγωγής μεθανίου (πίνακας 4.1).

**Πίνακας 4.1 Παραγωγή βιοαερίου από διάφορα φυτικά απόβλητα [61]**

Φυτικά απόβλητα	Βιοαέριο (L/kg ξηρού βάρους)
Άχυρο σιταριού τρυφερού	300
Άχυρο σιταριού σκληρού	318
Άχυρο βρώμης	368
Άχυρο κριθαριού	380
Άχυρο ρυζιού	360
Κοτσάνι καλαμποκιού	295
Σπόρος βαμβακιού	357
Κάναβις	358
Άχυρο σίκαλης	315
Φύλλα φακής	292
Φύλλα ρεβιθιού	297

#### 4.2 Αναερόβια χώνευση βιολογικής ιλύος

Η αναερόβια επεξεργασία της ιλύος είναι η πλέον εφαρμοζόμενη μέθοδος σε όλες τις προηγμένες χώρες του κόσμου, όπου υπάρχει ολοκληρωμένη διαχείριση των αστικών και βιομηχανικών λυμάτων. Έχει ως στόχο την μετατροπή της παραγόμενης ιλύος (από το αερόβιο στάδιο του βιολογικού καθαρισμού) σε ένα αβλαβές υλικό, χωρίς υψηλό ποσοστό υγρασίας. Κατά τη διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης, ένα κλάσμα των οργανικών στερεών μετατρέπεται βιολογικά σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα, ενώ πολλοί παθογόνοι μικροοργανισμοί καταστρέφονται. Το τελικό προϊόν είναι μία σταθεροποιημένη ιλύς, που μπορεί να εναποτεθεί με ασφάλεια στο έδαφος. Η μείωση της μάζας και του όγκου της ιλύος από τη μετατροπή των πτητικών στερεών του οργανικού υλικού σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα, συνήθως φθάνει το 30-40 % της αρχικής προστιθέμενης ποσότητας [32]. Η σταθεροποιημένη ιλύς μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εδαφοβελτιωτικό σε αγροτικές καλλιέργειες καθώς

περιέχει άζωτο, φώσφορο και άλλα θρεπτικά συστατικά. Εξάλλου, το μεθάνιο που παράγεται από τη διεργασία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ενέργειας, για τη διατήρηση της θερμοκρασίας που λειτουργεί ο αντιδραστήρας. Ακολουθούν ενδεικτικά κάποιες εικόνες με αναερόβιους αντιδραστήρες από μονάδες ολοκληρωμένης διαχείρισης αστικών και βιομηχανικών αποβλήτων, όπως προκύπτουν από το διαδίκτυο [84].



**Εικόνα 4.1 Διακρίνονται α) αριστερά, αναερόβιοι χωνευτήρες για την επεξεργασία ενεργού λύσος στον Σαν Φρανσίσκο της Αμερικής, β) στη μέση, αναερόβιοι χωνευτήρες και γ) δεξιά, διάταξη ταυτόχρονης αναερόβιας και αερόβιας επεξεργασίας αστικών λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων στην Αμερική [84]**

#### **4.3 Αναερόβια χώνευση της φυτικής βιομάζας οργανικών καλλιεργειών και των αποβλήτων (υγρών και στερεών) βιομηχανιών μεταποίησης αγροτικών προϊόντων**

Στην Ινδία χρησιμοποιείται ευρύτατα η αναερόβια χώνευση για την επεξεργασία των υπολειμμάτων οινόπνευματοποιείων. Για κάθε 1 λίτρο αιθανόλης παράγονται 13-15 λίτρα υγρά απόβλητα, που έχουν βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο 40-50 γραμμάρια ανά λίτρο απόβλητου και χημικά απαιτούμενο οξυγόνο 90-120 γραμμάρια ανά λίτρο απόβλητου. Συνήθως χρησιμοποιείται η διεργασία δύο φάσεων. Ο οξεογόνος αντιδραστήρας είναι τύπου CSTR και λειτουργεί με υδραυλικό χρόνο παραμονής 2.5 ημέρες, ενώ ο μεθανογόνος είναι αναερόβιο φίλτρο (με δακτυλίους από πολυβινυλοχλωρίδιο, PVC), με ανακυκλοφορία ενεργού λάσπης 15-25. Με μέγιστη φόρτιση 25 κιλά χημικά απαιτούμενου οξυγόνου ανά κυβικό μέτρο αντιδραστήρα και ημέρα κατάφερε να επιτευχθεί παραγωγή μεθανίου 280 λίτρα ανά μετατρεπόμενο κιλό χημικά απαιτούμενου οξυγόνου [43].

Στη Σουηδία έχει χρησιμοποιηθεί η αναερόβια χώνευση για παραγωγή ενέργειας από άχυρα. Προηγείται τεμαχισμός των υπολειμμάτων άχυρου σε μέγεθος 20-50 χιλιοστά και αραιώση τους με νερό, όπου το διάλυμα που προκύπτει έχει περιεκτικότητα σε στερεά 5%. Για φόρτιση 2.1 κιλά άχυρου (εκφρασμένα σε ολικά στερεά) ανά κυβικό μέτρο αντιδραστήρα και ημέρα, η παραγωγή μεθανίου είναι 240 λίτρα ανά προστιθέμενο κιλό ολικών στερεών άχυρου και η μετατροπή των στερεών έφτασε το 42%. Όμως, με την προσθήκη καυστικού νατρίου (NaOH) αυξήθηκε η παραγωγή σε 280 λίτρα ανά προστιθέμενο κιλό ολικών στερεών άχυρου και η μετατροπή των στερεών έφτασε το 53%. Επίσης, η ιλύς που προκύπτει από την χώνευση είναι κατάλληλη για λίπασμα. Με βάση τις δοκιμές αυτές, ακολούθως κατασκευάστηκε ολοκληρωμένο εργοστάσιο επεξεργασίας του άχυρου, για παραγωγή ρεύματος ισχύος 2 μεγαβάτ (MW).



Οι Reeked et al. περιγράφουν επίσης την αναερόβια διεργασία για παραγωγή βιοαερίου από υπολείμματα κριθαριού. Η διεργασία αποτελείται από τα εξής στάδια: α) ένα πρώτο στάδιο υδρόλυσης 3 ημερών για υδρόλυση του εύκολα αποδομήσιμου υλικού, β) ένα στάδιο τεμαχισμού των στερεών με σφαιρόμυλο (από 1 χιλιοστό σε λιγότερο από 0.2 χιλιοστά) και ακολούθως χημική επεξεργασία τους, με διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου κανονικότητας 0.2 N σε θερμοκρασία 70 °C, γ) ένα δεύτερο στάδιο υδρόλυσης 4 ημερών για υδρόλυση της κυτταρίνης, της ημικυτταρίνης και της λιγνίνης που περιέχεται στη τροφοδοσία και τέλος δ) το στάδιο της μεθανογένεσης. Η διεργασία τροφοδοτείται με αραιωμένο κριθάρι σε νερό (διάλυμα περιεκτικότητας σε στερεά 5 %). Με αυτή την τροφοδοσία, σε πιλοτική μονάδα ζυθοποιείου, η παραγωγή βιοαερίου (75 % σε μεθάνιο) έφτασε τα 500 λίτρα ανά προστιθέμενο κιλό πτητικών στερεών κριθαριού (όπου πτητικά στερεά είναι το οργανικό κλάσμα των ολικών στερεών).

Με το ίδιο απόβλητο (διάλυμα περιεκτικότητας όμως σε στερεά 7 %) ασχολήθηκαν οι Poirgier και Chammy σε μία αναερόβια διεργασία 2 φάσεων. Ο οξεογόνος αντιδραστήρας CSTR δεχόταν οργανική φόρτιση 0.7 γραμμάρια χημικά απαιτούμενου οξυγόνου ανά λίτρο αντιδραστήρα και ημέρα και απέδωσε μείγμα οξικού, προπιονικού και βουτυρικού οξέος σε αναλογία επί τοις εκατό 40:7:53 αντίστοιχα. Ο μεθανογόνος αντιδραστήρας UASBR δεχόταν οργανική φόρτιση 9 γραμμάρια χημικά απαιτούμενου οξυγόνου ανά λίτρο αντιδραστήρα και ημέρα και κατάφερε να επιτευχθεί παραγωγή βιοαερίου (80 % σε μεθάνιο) ίση με 1.4 λίτρα ανά λίτρο αντιδραστήρα ανά ημέρα· ενώ η μετατροπή του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου της τροφοδοσίας στον UASBR έφτασε το 65 % [35].

Ακόμη, οι Clarkson και Xiao μελέτησαν την παραγωγή βιοαερίου από χαρτιά εφημερίδων (82 % των πτητικών στερεών τους είναι κυτταρίνη και 3.6 % λιγνίνη) και χαρτιά γραφείων (50 % των πτητικών στερεών τους είναι κυτταρίνη και 31 % λιγνίνη). Επιβεβαίωσαν την σπουδαιότητα που κατέχει η σύσταση της τροφοδοσίας στην ολοκλήρωση της αναερόβιας διεργασίας, αφού το χαρτί του γραφείου χρειάστηκε 20 μέρες για να αποδομηθεί σχεδόν τελείως, ενώ το χαρτί από εφημερίδες χρειάστηκε σχεδόν τον εξαπλάσιο χρόνο (λόγω της μεγαλύτερης περιεκτικότητας σε λιγνίνη, η οποία διασπάται πολύ δύσκολα). Επίσης, παρατήρησαν ότι προεπεξεργασία των αποβλήτων με διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου (NaOH 10 %), επιτάχυνε σημαντικά τη διεργασία και στις δύο περιπτώσεις, αφού έχει αποδειχτεί ότι το υδροξείδιο του νατρίου βοηθά στην διάσπαση της λιγνίνης [17].

Τέλος, σε εργαστηριακή κλίμακα έχει μελετηθεί η αναερόβια συγχώνευση αγροτοβιομηχανικών αποβλήτων (μείγμα από απόβλητα τυροκομείου, ελαιοτριβείου και χοιροστασίου) με ταυτόχρονη μοντελοποίηση της διεργασίας [56], καθώς και η αναερόβια χώνευση γλυκού σόργου σε μία ολοκληρωμένη διεργασία δύο φάσεων, που αποτελείται: α) από ένα στάδιο υδρόλυσης και οξεογένεσης μαζί και β) ένα δεύτερο στάδιο, που λαμβάνει χώρα η μεθανογένεση [61]. Επίσης έχει μελετηθεί η αναερόβια χώνευση των αποβλήτων, που προκύπτουν κατά την παραγωγή της βρώσιμης ελιάς σε αντιδραστήρα τύπου “εκκένωσης-πλήρωσης” (draw-fill) [53], καθώς και η ταχύρυθμη αναερόβια χώνευση σε υβριδικό αντιδραστήρα τύπου UASB, των υγρών αποβλήτων που προέρχονται από τα τριφασικά και τα παραδοσιακά ελαιοτριβεία [80]. Ακολουθούν εικόνες από αναερόβιους βιομηχανικούς αντιδραστήρες ανά τον κόσμο, όπως προκύπτουν από το διαδίκτυο [84].

*Αξιοποίηση των Γεωργικών Υπολειμμάτων και Κτηνοτροφικών Αποβλήτων της Περιφερειακής Ενότητας Σερρών, για την Συμπαράγωγή Ηλεκτρικής και Θερμικής Ενέργειας (Σ.Η.Θ) μέσω της Συνδυασμένης Αναερόβιας Χώνευσης*



**Εικόνα 4.2 Διακρίνονται α) αριστερά, διάταξη UASB και αναερόβιου φίλτρου μαζί (Ταϊβάν), για την επεξεργασία φθαλικού οξέος με δυναμικότητα επεξεργασίας 50.500 κιλών χημικά απαιτούμενου οξυγόνου ανά ημέρα (περίπου 8.400 κιλά φθαλικό οξύ ανά ημέρα), β) στη μέση, αναερόβια λίμνη σταθεροποίησης στην Ουάσινγκτον της Αμερικής και γ) δεξιά, υβριδικός χωνευτήρας που στην βάση του συμπεριφέρεται ως UASB και στην κορυφή του ως αναερόβιο φίλτρο [84]**



**Εικόνα 4.3 Διακρίνονται α) αριστερά, αναερόβιο φίλτρο ανοδικής ροής (Φιλιπίνες), για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων από κονσερβοποιεία ψαριών, με δυναμικότητα επεξεργασίας 2.450 κιλών χημικά απαιτούμενου οξυγόνου ανά ημέρα, β) στη μέση, διάταξη UASB (Κορέα) για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων από επεξεργασία αμύλου, με δυναμικότητα επεξεργασίας 12.585 κιλών χημικά απαιτούμενου οξυγόνου ανά ημέρα και γ) δεξιά, διάταξη UASB (Αυστραλία) για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων από παραγωγή χαρτιού, με δυναμικότητα επεξεργασίας 12.000 κιλών χημικά απαιτούμενου οξυγόνου ανά ημέρα [84]**



**Εικόνα 4.4 Διακρίνονται διατάξεις UASB και αερόβιας επεξεργασίας ταυτόχρονα: α) αριστερά, για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων ζυθοποιίας, με δυναμικότητα επεξεργασίας 3.300 κιλών χημικά απαιτούμενου οξυγόνου ανά ημέρα (Μαλαισία), β) στη μέση, για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων ζυθοποιίας, με δυναμικότητα επεξεργασίας 27.060 κιλών χημικά απαιτούμενου οξυγόνου ανά ημέρα (Κίνα) και γ) δεξιά, για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων από βιομηχανία**

**παραγωγής ζάχαρης, με δυναμικότητα επεξεργασίας 35.545 κιλών χημικά απαιτούμενου οξυγόνου ανά ημέρα (Καναδάς) [84]**

**Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων 2007 (EWC), τα βιοαπόβλητα κατατάσσονται: Πίνακας 4.2 Βιο-απόβλητα, κατάλληλα για βιολογική επεξεργασία, σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων 2007 (EWC) [2]**

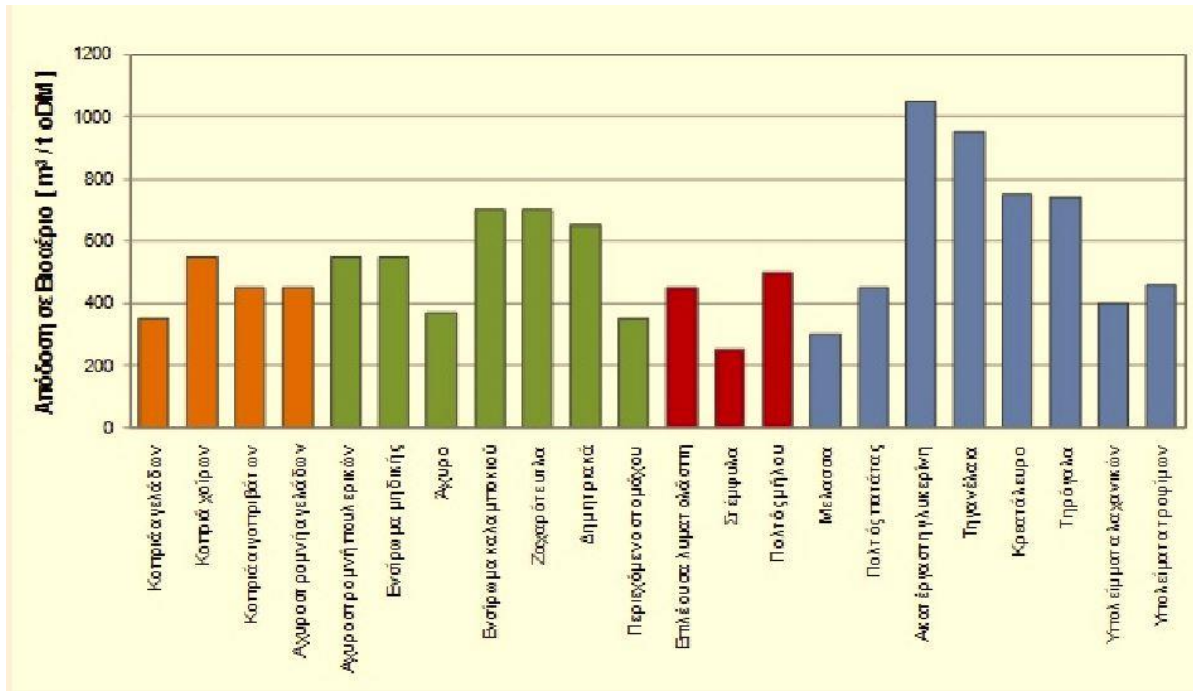
Κωδικός αποβλήτων	Περιγραφή αποβλήτων	
02 00 00 <sup>1</sup>	Απόβλητα από τη γεωργία, τη δενδροκτηνοκομία, τις υδατοκαλλιέργειες, τη δασοκομία, το κυνήγι και την αλιεία, την προετοιμασία και επεξεργασία των τροφίμων	<p>Απόβλητα από τη γεωργία, τη δενδροκτηνοκομία, την υδατοκαλλιέργεια, τη δασοκομία, το κυνήγι και την αλιεία</p> <p>Απόβλητα από την προετοιμασία και την επεξεργασία του κρέατος, των ψαριών και άλλων τροφίμων ζωικής προέλευσης</p> <p>Απόβλητα από την προετοιμασία και την επεξεργασία των φρούτων, των λαχανικών, των δημητριακών, των ελαίων, του κακάο, του τσαγιού και του καπνού - την κονσερβοποιία - την παραγωγή ζύμης και παραγώγων ζύμης, την προετοιμασία και ζύμωση μελάσσας.</p> <p>Απόβλητα από την επεξεργασία ζάχαρης</p> <p>Απόβλητα από τη βιομηχανία γαλακτοκομικών προϊόντων</p> <p>Απόβλητα από την αρτοποιία και την ζαχαροπλαστική</p> <p>Απόβλητα από την παραγωγή των οινόπνευματούχων και μη ποτών (εκτός από τον καφέ, το τσάι και το κακάο)</p>
03 00 00	Απόβλητα από την επεξεργασία ξυλείας και την παραγωγή κουφωμάτων, επίπλων, πολτού, χαρτιού και χαρτονιού	<p>Απόβλητα από την επεξεργασία της ξυλείας και την παραγωγή κουφωμάτων και επίπλων</p> <p>Απόβλητα από την παραγωγή και την επεξεργασία πολτού, χαρτιού και χαρτονιών.</p>
04 00 00	Απόβλητα από τις βιομηχανίες δερμάτων, γυνών και τις κλωστοϋφαντουργίες	<p>Απόβλητα από τις βιομηχανίες δερμάτων και γούνας</p> <p>Απόβλητα από την κλωστοϋφαντουργία</p>
15 00 00	Απόβλητα συσκευασιών, απορροφητικά, υφάσματα καθαρισμού, υλικά φίλτρων και προστατευτικό ιματισμό ή μη καθοριζόμενα αλλιώς	Συσκευασίες (συμπεριλαμβανομένων των χωριστά συλλεχθέντων δημοτικών αποβλήτων από συσκευασίες)
19 00 00	Απόβλητα από τις εγκαταστάσεις διαχείρισης αποβλήτων, τις εξωτερικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας υδάτινων αποβλήτων και την προετοιμασία του πόσιμου νερού και του ύδατος για βιομηχανική χρήση.	<p>Απόβλητα από την αναερόβια επεξεργασία των αποβλήτων</p> <p>Απόβλητα από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας υδάτων αποβλήτων που δεν διευκρινίζονται αλλιώς.</p> <p>Απόβλητα από την προετοιμασία του πόσιμου νερού ή του ύδατος για βιομηχανική χρήση.</p>
20 00 00	Δημοτικά απόβλητα (οικιακά απόβλητα και παρόμοια εμπορικά, βιομηχανικά και σχολικά απόβλητα), συμπεριλαμβανομένων των χωριστά συλλεχθέντων μερών	<p>Χωριστά συλλεχθέντα μέρη (εκτός από αυτά του 15 01)</p> <p>Απόβλητα κήπων και πάρκων (συμπεριλαμβανομένων των αποβλήτων των νεκροταφείων)</p> <p>Άλλα δημοτικά απόβλητα</p>

<sup>1</sup> Ο εξαψήφιος κωδικός αναφέρεται στην αντίστοιχη καταχώρηση στον ευρωπαϊκό κατάλογο αποβλήτων (EWC) που υιοθετήθηκε με Απόφαση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής.

**Πίνακας 4.3 : Τα χαρακτηριστικά μερικών τύπων κατάλληλων για χώνευση πρώτων υλών [2]**

Τύπος πρώτης ύλης	Οργανικό περιεχόμενο	Αναλογία C:N	DM (%)	VS (% DM)	Παραγωγή βιοαερίου m <sup>3</sup> kg <sup>-1</sup> VS	Ανεπιθύμητες φυσικές ακαθαρσίες	Άλλα ανεπιθύμητα υλικά
Κοπριά χοίρων	Υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λιπίδια	3-10	3-8	70-80	0,25 - 0,50	Ξέσματα ξύλου, τρίχες, νερό, άμμος, άχυρο	Αντιβιοτικά, απολυμαντικά
Κοπριά βοοειδών	Υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λιπίδια	6-20	5-12	80	0,20 - 0,30	Σκληρές τρίχες, χόμα, Νερό, άχυρα	Αντιβιοτικά, Απολυμαντικά, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
Κοπριά πουλερικών	Υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λιπίδια	3-10	10-30	80	0,35 - 0,60	Αμμοχάλικο, άμμος, φτερά	Αντιβιοτικά, απολυμαντικά, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
Περιεχόμενα στομαχιών, εντέρων	Υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λιπίδια	3-5	15	80	0,40 - 0,68	Ζωικοί ιστοί	Αντιβιοτικά, απολυμαντικά
Τυρόγαλα	75-80% λακτόζη 20-25% πρωτεΐνες	-	8-12	90	0,35 - 0,80	Ακαθαρσίες μεταφοράς	
Συμπυκνωμένος ορός γάλακτος	75-80% λακτόζη 20-25% πρωτεΐνες	-	20-25	90	0,80 - 0,95	Ακαθαρσίες μεταφοράς	
Άχυρο	Υδατάνθρακες, λιπίδια	80-100	70-90	80-90	0,15-0,35	Άμμος, αμμοχάλικο	
Απόβλητα κήπων		100-150	60-70	90	0,20-0,50	Χόμα, κυτταρινικά συστατικά	Φυτοφάρμακα
Τριφύλλι		12-25	20-25	90	0,55	Αμμοχάλικο	Φυτοφάρμακα
Ενσίρωμα τριφυλλίου		10-25	15-25	90	0,56	Αμμοχάλικο	
Απόβλητα φρούτων		35	15-20	75	0,25-0,50		
Ιχθυέλαια	30-50% λιπίδια						
Έλαια / μαργαρίνη	90% φυτικά έλαια						
Αλκοόλ	40% αλκοόλ						
Υπολ. τροφίμων	-		10	80	0,50-0,60	Κόκαλα, πλαστικό	Απολυμαντικά
Οργανικά οικιακά Απόβλητα						Πλαστικό, μέταλλο, πέτρες, ξύλο, γυαλί	Βαριά μέταλλα, οργανικοί ρύποι
Λυματολάσπη							Βαριά μέταλλα, οργανικοί ρύποι

Αξιοποίηση των Γεωργικών Υπολειμμάτων και Κτηνοτροφικών Αποβλήτων της Περιφερειακής Ενότητας Σερρών, για την Συμπαράγωγή Ηλεκτρικής και Θερμικής Ενέργειας (Σ.Η.Θ) μέσω της Συνδυασμένης Αναερόβιας Χώνευσης



Σχήμα 4.2 : Σημεία αναφοράς για τις ειδικές παραγωγές μεθανίου [52]

Πίνακας 4.4 : Κατηγοριοποίηση μερικών υποστρωμάτων, σχετικά με τον πιθανό φόρτο προβληματικών υλικών, μολυσματικών παραγόντων και παθογόνων οργανισμών [52]

		Κίνδυνος			
		Ασφαλή	Υγειονομικοί κίνδυνοι	Περιέχει προβληματικά υλικά	Κίνδυνος για μολυσματικούς παράγοντες
Πρώτη Ύλη	Υλικό κοινοτικών υπολειμμάτων	Πρασινάδα, υπολείμματα κουράς του γρασιδιού		Βιολογικά απόβλητα, πρασινάδα στην άκρη των δρόμων	
	Υλικά βιομηχανικών υπολειμμάτων	Φυτικά απόβλητα, πολτοί, στέμφυλα, κ.λπ.	Ληγμένα τρόφιμα, τρόφιμα με φθορές κατά την μεταφορά		Υπόλειμμα από την παραγωγή φυτικού ελαίου
	Γεωργικά υπολείμματα	Ρευστή κοπριά, στερεή κοπριά			Cu και Zn
	Ανανεώσιμες πρώτες ύλες	Φύλλα τεύτλων, άχυρο			
	Απόβλητα σφαγείων	Ενσίρωμα καλαμποκιού,			
			Περιεχόμενα στομαχιών-εντέρων, διαχωρισμένα λίπη, πηγμένο αίμα, πεπτικό σύστημα, κλπ.		Διαχωρισμένα λίπη
	Διάφορα		Απόβλητα κουζίνας, οικιακά απόβλητα		

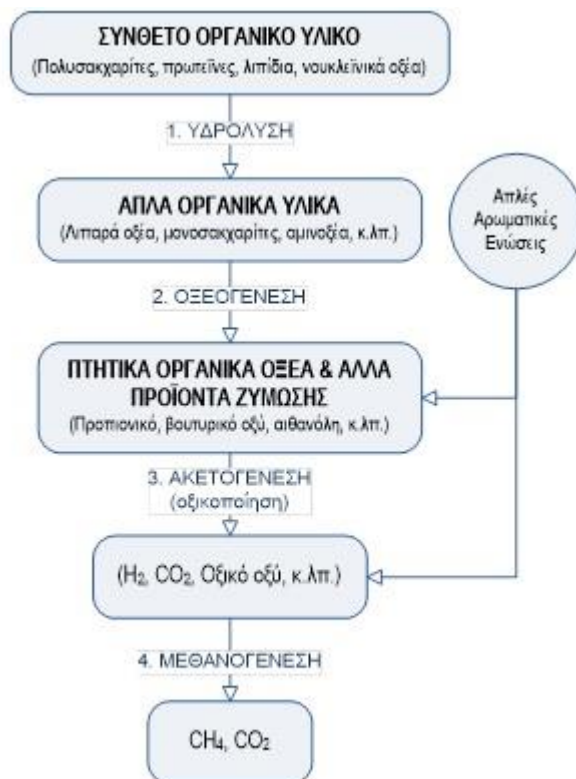
#### **4.4 ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΧΩΝΕΥΣΗΣ**

Η πλήρης βιολογική αποδόμηση της οργανικής ύλης προς βιοαέριο, σε συνθήκες απουσίας οξυγόνου (αναερόβιες συνθήκες), αποτελεί μία σύνθετη διεργασία που συνίσταται στην αλληλεπίδραση διαφορετικών ομάδων μικροοργανισμών. Κάθε μία από αυτές τις ομάδες, ευθύνεται για την πραγματοποίηση διαφορετικού μέρους της συνολικής διεργασίας. Έτσι, το υλικό που μπορεί να αποτελεί απόβλητο για μια ομάδα μικροοργανισμών μπορεί να αποτελέσει υπόστρωμα (τροφή των μικροοργανισμών) για κάποια άλλη ομάδα τους. Σε σύγκριση με την αερόβια χώνευση της οργανικής ύλης (αποδόμηση της οργανικής ύλης παρουσία αέρα-οξυγόνου), ο ρυθμός αύξησης των αναερόβιων βακτηρίων είναι σημαντικά μικρότερος από εκείνο των αερόβιων βακτηρίων. Κατά συνέπεια, το τελικό παραπροϊόν που προκύπτει από την αναερόβια χώνευση είναι μικρότερο ανά μονάδα βάρους της οργανικής ύλης σε σχέση με την αερόβια. Για παράδειγμα, ενώ η αερόβια αποδόμηση 1 kg οργανικού υλικού (υποστρώματος) συνεπάγεται την παραγωγή 0,5 kg βιομάζας, η αντίστοιχη τιμή για την αναερόβια χώνευση είναι μόλις 0,1 kg. Το χαρακτηριστικό αυτό της αναερόβιας χώνευσης, δηλαδή η σημαντική μείωση του τελικού όγκου που επιτυγχάνεται, την καθιστά ιδιαίτερα ελκυστική ως μέθοδο επεξεργασίας οργανικών αποβλήτων [1]

Κατά τη διάρκεια της αναερόβιας χώνευσης παράγεται πολύ λίγη θερμότητα. Η ενέργεια, που είναι χημικά δεσμευμένη μέσα στο υπόστρωμα, παραμένει κυρίως στο παραγόμενο βιοαέριο με τη μορφή μεθανίου. Η διεργασία σχηματισμού του βιοαερίου είναι ένα αποτέλεσμα συνδυαστικών βημάτων, στα οποία το αρχικό υλικό συνεχώς διασπάται σε μικρότερα στοιχεία. Η διεργασία της αναερόβιας χώνευσης παρουσιάζει τέσσερα κύρια διακριτά στάδια: Την υδρόλυση, την οξεογένεση, την ακετογένεση (οξικοποίηση) και την μεθανογένεση. Όπως έχει ήδη σημειωθεί, διαφορετικά είδη μικροοργανισμών είναι υπεύθυνα για την ομαλή ολοκλήρωση κάθε ενός από τα παραπάνω στάδια.

Τα στάδια της διεργασίας που αναφέρονται στο Σχήμα 4.3 λαμβάνουν χώρα παράλληλα στη δεξαμενή χώνευσης. Η ταχύτητα της συνολικής διεργασίας αποδόμησης καθορίζεται από τα πιο αργά στάδια των διαφορετικών φάσεων.

Αξιοποίηση των Γεωργικών Υπολειμμάτων και Κτηνοτροφικών Αποβλήτων της Περιφερειακής Ενότητας Σερρών, για την Συμπαράγωγή Ηλεκτρικής και Θερμικής Ενέργειας (Σ.Η.Θ) μέσω της Συνδυασμένης Αναερόβιας Χώνευσης



Σχήμα 4.3 : Τα κύρια στάδια της διεργασίας της αναερόβιας χώνευσης [101]

#### 4.4.1 Υδρόλυση

Κατά το στάδιο της υδρόλυσης, που είναι και το πρώτο βήμα της διεργασίας, υδρολυτικά βακτηρίδια εκκρίνουν υδρολυτικά ένζυμα, μετατρέποντας τα βιοπολυμερή σε απλούστερες και διαλυτές ενώσεις. Με αυτόν τον τρόπο οργανικές μακρομοριακές ενώσεις, όπως οι πρωτεΐνες, οι υδατάνθρακες, τα νουκλεϊκά οξέα και τα λιπίδια, διασπώνται σε ενώσεις μικρότερης μοριακής αλυσίδας - στα ολιγομερή και μονομερή τους. Η διεργασία αυτή είναι εξωκυτταρική, δηλαδή λαμβάνει χώρα εξωτερικά του κυτταρικού τοιχώματος των μικροοργανισμών, στην κυρίως μάζα του υγρού.

Ενώσεις όπως οι πρωτεΐνες, το άμυλο και κάποια απλά σάκχαρα υδρολύονται με μεγάλη ευκολία σε αναερόβιες συνθήκες. Αντίθετα, η λιγνοκυτταρίνη και η λιγνίνη, οι οποίες είναι βασικά φυτικά συστατικά, αποδομούνται υπό αναερόβιες συνθήκες αργά και ατελώς. Η κυτταρίνη, ένα φυσικό πολυμερές υλικό που απαρτίζεται από πλήθος μορίων γλυκόζης, είναι σύνθετος πολυσακχαρίτης ο οποίος αποσυντίθεται εύκολα από συγκεκριμένου είδους μικροοργανισμούς. Η υδρόλυση των υδρογονανθράκων ολοκληρώνεται εντός ολίγων ωρών. Αντίθετα εκείνη των πρωτεϊνών και των λιπιδίων ολοκληρώνεται εντός ολίγων ημερών.

#### **4.4.2 Οξυγένωση**

Κατά τη διάρκεια της οξυγένωσης, τα προϊόντα της υδρόλυσης μετατρέπονται από οξεογενή βακτηρίδια σε μεθανογενή υποστρώματα. Οι ολιγοσακχαρίτες και οι μονοσακχαρίτες, τα αμινοξέα και τα λιπαρά οξέα υποβιβάζονται σε οξικό οξύ ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) (50%), διοξείδιο του άνθρακα και υδρογόνο (20%), καθώς επίσης και σε πτητικά λιπαρά οξέα (VFA's) και αλκοόλες (30%).

#### **4.4.3 Ακετογένωση**

Κατά τη διάρκεια της ακετογένωσης, τα προϊόντα από την οξυγένωση που δεν μπορούν να μετατραπούν άμεσα σε μεθάνιο από τα μεθανογενή βακτηρίδια μετατρέπονται σε μεθανογενή υποστρώματα. Τα πτητικά λιπαρά οξέα και οι αλκοόλες οξειδώνονται σε μεθανογενή υποστρώματα, όπως οξικό οξύ, υδρογόνο και διοξείδιο του άνθρακα. Τα πτητικά λιπαρά οξέα με αλυσίδες άνθρακα με περισσότερους από δύο δεσμούς και οι αλκοόλες με αλυσίδες άνθρακα με περισσότερους από ένα δεσμό οξειδώνονται σε οξικό οξύ και υδρογόνο. Η παραγωγή του υδρογόνου αυξάνει την μερική πίεση του. Αυτό μπορεί να θεωρηθεί ως «υπόλειμμα» της ακετογένωσης και εμποδίζει το μεταβολισμό των ακετογενών βακτηριδίων. Κατά τη διάρκεια της μεθανογένωσης, το υδρογόνο μετατρέπεται σε μεθάνιο. Η ακετογένωση και η μεθανογένωση συνήθως λαμβάνουν χώρα παράλληλα, ως συμβίωση δύο ομάδων οργανισμών.

#### **4.4.4 Μεθανογένωση**

Αποτελεί το τελευταίο στάδιο της αναερόβιας χώνευσης και πραγματοποιείται από τα μεθανογενή βακτήρια. Το 70% του παραγομένου μεθανίου προέρχεται από οξικό άλας, ενώ το υπόλοιπο 30% παράγεται από τη μετατροπή του υδρογόνου και του  $\text{CO}_2$ .

Η μεθανογένωση είναι ένα κρίσιμο βήμα σε ολόκληρη τη διεργασία της χώνευσης, δεδομένου ότι είναι η πιο αργή βιοχημική και επομένως ρυθμορυθμιστική αντίδραση της διεργασίας. Τα μεθανογενή βακτήρια παρουσιάζουν το βραδύτερο ρυθμό ανάπτυξης (περίπου το 20% του ρυθμού ανάπτυξης των οξυγενών βακτηρίων) από όλους του αναερόβιους μικροοργανισμούς στη διεργασία. Τα μεθανοβακτήρια παρουσιάζουν πολύ μεγάλη ευαισθησία και επηρεάζονται σοβαρά από τις συνθήκες λειτουργίας του βιοαντιδραστήρα. Η σύνθεση της πρώτης ύλης, ο ρυθμός τροφοδοσίας, η θερμοκρασία και το pH είναι παραδείγματα παραγόντων που επηρεάζουν τη μεθανογένωση [1],[2].

### **4.5 Παράμετροι της Αναερόβιας Χώνευσης**

Όπως έχει ήδη αναφερθεί η αναερόβια χώνευση είναι μία διεργασία, στην οποία λαμβάνουν μέρος μία ποικιλία από διαφορετικούς μικροβιακούς πληθυσμούς. Πέρα από τις διαθέσιμες προς χώνευση ουσίες, οι οποίες παίζουν το ρόλο των υποστρωμάτων για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών, υπάρχουν και πολλοί άλλοι λειτουργικοί και περιβαλλοντικοί παράγοντες, που επηρεάζουν σημαντικά την αναερόβια διεργασία. Ο έλεγχος των παραγόντων αυτών είναι ιδιαίτερα σημαντικός, για την αποτελεσματικότητα της διεργασίας και μάλιστα είναι τόσο σημαντική η συμβολή τους, που όταν οι



τιμές τους κυμαίνονται πέρα από κάποια όρια, παρεμποδίζεται ή αναστέλλεται εντελώς η διεργασία. Ακολουθεί αναλυτική περιγραφή αυτών των παραγόντων και επισημαίνεται η ιδιαίτερη σημασία τους για την αναερόβια χώνευση.

- **Θερμοκρασία**

Όπως ισχύει στις περισσότερες μικροβιακές διεργασίες, η αναερόβια χώνευση και ιδιαίτερα η μεθανογένεση έχει αποδειχθεί ότι εξαρτάται ισχυρά από τη θερμοκρασία• με αυξανόμενο ρυθμό αντίδρασης όταν λαμβάνει χώρα αύξηση της θερμοκρασίας, μέχρι ενός σημείου όμως, αφού πέρα από αυτό η δομή των κυτταρικών συστατικών μπορεί να αλλάξει, καθιστώντας πλέον τα κύτταρα ανενεργά. Μεθανογόνοι μικροοργανισμοί έχουν βρεθεί σε ένα ευρύ φάσμα θερμοκρασιακών περιοχών από 2 οC σε θαλάσσια ιζήματα, μέχρι πάνω από 100 οC σε γεωθερμικές περιοχές [21]. Γενικά οι ρυθμοί των αντιδράσεων αυξάνονται με την θερμοκρασία μέχρι τους 60 οC. Για παράδειγμα, ο χρόνος διπλασιασμού της παραγόμενης ποσότητας H<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub> στους 37 οC για τον μικροοργανισμό *Methanococcus voltae* είναι περίπου 2 ώρες ενώ ο αντίστοιχος χρόνος για τον μικροοργανισμό *Methanococcus thermolithotrophicus* στους 65 οC είναι 1 ώρα. Η θερμοκρασία επίσης εκτός από την επίδραση που έχει στις μεταβολικές δραστηριότητες των μικροβιακών πληθυσμών, επιδρά καθοριστικά και σε άλλους παράγοντες, όπως στο ρυθμό μεταφοράς αερίων και στα χαρακτηριστικά καθίζησης των βιολογικών στερεών [31].

Διακρίνουμε τρεις θερμοκρασιακές περιοχές για τη βέλτιστη ανάπτυξη των μικροοργανισμών: 1) την ψυχρόφιλη (T<20 °C), 2) την μεσόφιλη (20<T<45 °C, με βέλτιστη θερμοκρασία τους 35 °C) και 3) την θερμόφιλη περιοχή (T>45 °C, με βέλτιστη θερμοκρασία τους 55 °C). Έτσι τα βακτήρια μπορούν να χαρακτηρισθούν ως ψυχρόφιλα, μεσόφιλα ή θερμόφιλα ανάλογα με την θερμοκρασιακή περιοχή, όπου παρατηρείται η βέλτιστη ανάπτυξη τους. Πρόσφατα απομονώθηκε ψυχρόφιλο μεθανογόνο βακτήριο (*Methanogenium frigidum*), ενώ προηγουμένως είχαν ήδη βρεθεί θερμόφιλα στελέχη σε θερμές πηγές, τα οποία λειτουργούν ικανοποιητικά σε μία θερμοκρασιακή κλίμακα από 50 °C ως 75 °C. Συγκεκριμένα, ο μικροοργανισμός *Methanodermus fervidus* βρέθηκε σε θερμή πηγή στην Ισλανδία και μπορεί να αναπτυχθεί σε ένα φάσμα θερμοκρασίας από 63 °C ως 97 °C [37].

Η επίδραση της θερμοκρασίας στην παραγωγή μεθανίου, από αναερόβια χώνευση οργανικού υλικού, υπήρξε αντικείμενο από πολλούς ερευνητές στο παρελθόν, όπως και η βέλτιστη θερμοκρασία λειτουργίας αναερόβιων χωνευτήρων. Και ενώ συμφωνούν ότι ο ρυθμός παραγωγής μεθανίου αυξάνει σημαντικά με τη θερμοκρασία (συγκεκριμένα η παραγωγή μεθανίου στους 25 °C είναι κατά 25 % μικρότερη από αυτή που επιτυγχάνεται στους 60 °C) [33], υπάρχουν αντικρουόμενες απόψεις σχετικά με τους ρυθμούς ανάπτυξης των μικροοργανισμών σε αναερόβιους χωνευτήρες συναρτήσει της θερμοκρασίας. Αυτό μπορεί να αποδοθεί: α) στα διαφορετικά είδη μικροοργανισμών τα οποία επικρατούν σε κάθε αναερόβιο χωνευτήρα ανάλογα με το είδος του και β) στα χαρακτηριστικά της τροφοδοσίας.

Συνολικά η θερμόφιλη αναερόβια χώνευση φαίνεται να υπερτερεί έναντι της μεσόφιλης, αφού παρουσιάζει τα εξής πλεονεκτήματα: α) μεγαλύτερο ρυθμό παραγωγής μεθανίου, β) αυξημένους ρυθμούς αντιδράσεων και κατά συνέπεια μεγαλύτερο ποσοστό αποδόμησης των οργανικών στερεών, γ) καλύτερο διαχωρισμό υγρής - στερεάς φάσεως και δ) καταστροφή παθογόνων μικροοργανισμών. Οι υψηλές όμως ενεργειακές απαιτήσεις, σε συνδυασμό με τη μεγαλύτερη ευαισθησία σε τοξικές ενώσεις, καθώς και με τη μειωμένη ευστάθεια των συστημάτων αυτών καθιστούν συνήθως την θερμόφιλη αναερόβια χώνευση οικονομικά ασύμφορη και δύσκολα εφαρμόσιμη [14].

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί, ότι ενώ οι μεθανογόνοι μικροοργανισμοί αντέχουν σε ένα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών, απότομες μεταβολές τις θερμοκρασίας μπορούν να αποβούν μοιραίες για την διεργασία της αναερόβιας χώνευσης. Συγκεκριμένα έχει αναφερθεί ότι αύξηση της θερμοκρασίας λειτουργίας ενός χωνευτήρα από τους 32 °C στους 40 °C προκαλεί σοβαρή διαταραχή στη διεργασία της αναερόβιας χώνευσης με κυριότερη συνέπεια τη συσσώρευση πτητικών λιπαρών οξέων [13].

- **pH**

Η ρύθμιση του pH παίζει μεγάλο ρόλο στην απόδοση των αναερόβιων διεργασιών, ιδιαίτερα για τα μεθανογόνα βακτήρια, τα οποία είναι πολύ ευαίσθητα στις απότομες αλλαγές του σε αντίθεση η επίδραση του pH στα οξεογόνα βακτήρια είναι μικρότερη, αφού αυτά είναι πιο ανθεκτικά και επηρεάζονται λιγότερο. Τα περισσότερα μεθανογόνα βακτήρια αναπτύσσονται και λειτουργούν χωρίς προβλήματα, για pH μεταξύ 6.7 και 7.4, με βέλτιστο pH από 7.0 έως 7.2, ενώ για pH κοντά στο 6 η δραστηριότητα των μεθανογόνων μικροοργανισμών μειώνεται σημαντικά [9].

Όταν σημειώνονται αποκλίσεις από την περιοχή του βέλτιστου pH παρατηρείται μεγάλη παραγωγή και συσσώρευση όξινων ή βασικών προϊόντων, όπως λιπαρά οξέα και αμμωνία αντίστοιχα. Το χαμηλό pH, ως αποτέλεσμα της μεγάλης παραγωγής και συσσώρευσης λιπαρών οξέων, σε ομαλές συνθήκες (όπου το σύστημα διαθέτει υψηλή αλκαλικότητα), αυτορυθμίζεται: α) από τα όξινα ανθρακικά ανιόντα ( $\text{HCO}_3$ ), που παράγονται κατά τη διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης και β) από την κατανάλωση των παραγόμενων οξέων, από τα οξικογόνα και μεθανογόνα βακτήρια. Σε περίπτωση όμως που η αλκαλικότητα βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα, το σύστημα χάνει την αυτορυθμιστική του ικανότητα και κατά συνέπεια η παραγωγή μεθανίου παρεμποδίζεται ή μπορεί ακόμη και να διακοπεί [36].

Ωστόσο, παραγωγή μεθανίου έστω και σε πολύ μικρές ποσότητες μπορεί να συμβεί είτε σε όξινο είτε σε βασικό περιβάλλον, υποδηλώνοντας ότι η μεθανογένεση δεν περιορίζεται μόνο στα όρια του ουδέτερου pH. Δύο είδη μεθανοβακτηρίων που καταναλώνουν οξικό, τα *Methanosarcina barkeri* και *Methanosarcina vacuolata*, αναπτύσσονται και σε pH κοντά στο 5. Επίσης μεθανογόνοι μικροοργανισμοί σε βαλτώδη τύρφη παράγουν υπολογίσιμες ποσότητες μεθανίου σε pH περίπου 3, ενώ η βέλτιστη τιμή τους είναι σε pH γύρω στο 6 [51]. Τέλος, έχει παρατηρηθεί ανάπτυξη μεθανοβακτηρίων και σε pH κοντά στο 9 [10].

- **Αλκαλικότητα**

Η ολική αλκαλικότητα ενός αναερόβιου συστήματος [εκφρασμένη συνήθως σε μιλιγραμμάρια ανθρακικού ασβεστίου στο λίτρο ( $\text{mg CaCO}_3/\text{l}$ )] ρυθμίζεται από ουσίες, οι οποίες είτε παράγονται κατά τη διεργασία της αναερόβιας χώνευσης, όπως είναι η παραγωγή όξινου ανθρακικού αμμωνίου ( $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ) από τη διάσπαση των πρωτεϊνών, είτε υπάρχουν στη τροφοδοσία, όπως είναι το όξινο ανθρακικό ασβέστιο  $\{\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2\}$ , το όξινο ανθρακικό μαγνήσιο  $\{\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2\}$  και το όξινο ανθρακικό αμμώνιο.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η πιο αποτελεσματική μέθοδος διατήρησης του pH στα επιθυμητά όρια είναι η διατήρηση της αλκαλικότητας σε υψηλά επίπεδα.

- **Χημική σύσταση της τροφοδοσίας**

Η χημική σύσταση της τροφοδοσίας είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες, που διαμορφώνουν τον μικροβιακό πληθυσμό της αναερόβιας χώνευσης. Το ποια είδη μικροοργανισμών θα αναπτυχθούν εξαρτάται, από τα οργανικά και ανόργανα συστατικά της τροφοδοσίας και φυσικά οι μικροοργανισμοί εκείνοι που έχουν την ικανότητα να τα μεταβολίσουν, υπερτερούν αριθμητικά και

τελικά επικρατούν, έναντι αυτών που δεν έχουν τη δυνατότητα να αποδομήσουν το διαθέσιμο προς χώνευση υλικό. Τα μεταβολικά προϊόντα που σχηματίζονται (υποστρώματα για ανάπτυξη άλλων ειδών μικροβιακών πληθυσμών) συντελούν στην ανάπτυξη κυτταρικής βιομάζας, αφού αναπτύσσονται άλλα είδη βακτηρίων, τα οποία οδηγούν τελικά τη διεργασία προς μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα. Αξίζει να αναφερθεί, ότι πολλές φορές, κάποια συστατικά πολυσύνθετων υποστρωμάτων μπορεί να είναι μη βιοαποδομήσιμα, οπότε δεν έχουμε πλήρη απομάκρυνση του οργανικού υλικού. Η γνώση λοιπόν των χαρακτηριστικών του διαθέσιμου υλικού είναι ουσιαστικής σημασίας, για την κατανόηση της συμπεριφοράς ενός χωνευτήρα, αλλά και για το σχεδιασμό διεργασιών αναερόβιας χώνευσης [29].

Για την ομαλή και βέλτιστη λειτουργία της αναερόβιας χώνευσης, τα βακτήρια εκτός από άνθρακα (C), χρειάζονται και άλλα στοιχεία προκειμένου να ικανοποιήσουν τις λειτουργικές τους ανάγκες, έτσι ώστε η μικροβιακή δραστηριότητα να κινείται σε ικανοποιητικά επίπεδα. Τα κυριότερα στοιχεία είναι το άζωτο (N), και ο φώσφορος (P), τα οποία καλούνται και ως θρεπτικά συστατικά, καθώς και το θείο (S). Αρκετή έρευνα έχει γίνει για το ποια θα πρέπει να είναι η απαραίτητη αναλογία C:N:P σε ένα υλικό, ώστε να υπάρχει επαρκής μικροβιακή ανάπτυξη. Κατά τον Sahm, η προτιμώμενη C:N:P αναλογία για τα αναερόβια βακτήρια, είναι 700:5:1 [37]. Άλλοι επιστήμονες υποστηρίζουν ότι η επαρκής αναλογία C:N είναι 25~30:1, ενώ οι Henze και Harremoos υποστηρίζουν ότι ο λόγος COD:N πρέπει να κυμαίνεται από 400:7 έως 1000:7 [22], παρόμοια, ο βέλτιστος λόγος N:P υποστηρίζεται ότι είναι 7:1. Αν το υλικό δεν περιέχει τις απαιτούμενες ποσότητες, μπορεί να γίνει εξισορρόπηση σε άζωτο με την προσθήκη είτε ουρίας (NH<sub>2</sub>CONH<sub>2</sub>), είτε ιόντων +NH<sup>•</sup> ενώ η εξισορρόπηση σε φώσφορο επιτυγχάνεται κυρίως με την προσθήκη ιόντων PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>.

Τέλος, απαραίτητα για την μεθανογένεση είναι διάφορα ιχνοστοιχεία, όπως **ο σίδηρος (Fe), το κοβάλτιο (Co), το μολυβδαίνιο (Mo), το νικέλιο (Ni), το μαγνήσιο (Mg), το ασβέστιο (Ca), το νάτριο (Na), το βάριο (Ba), το σελήνιο (Se) και ο ψευδάργυρος (Zn).**

Αναφορικά, το νικέλιο μπορεί να αυξήσει το ρυθμό κατανάλωσης του οξικού οξέος από 2 σε 10 γραμμάρια ανά γραμμάριο πτητικών αιωρούμενων στερεών και ημέρα [40], καθώς επίσης συμβάλλει και στη σύνθεση του συνενζύμου F430, το οποίο συμμετέχει στη παραγωγή του βιοαερίου [20]. Συνήθως, τα παραπάνω στοιχεία υπάρχουν σε επαρκείς συγκεντρώσεις στα περισσότερα διαθέσιμα προς χώνευση υλικά.

- **Τοξικές ουσίες**

Οι τοξικές ουσίες που υπάρχουν στα προς χώνευση υλικά μπορούν να προέρχονται από διάφορες πηγές• για παράδειγμα βιομηχανικά απόβλητα μπορεί να περιέχουν απορρυπαντικά, είδη καθαρισμού, διαλυτικά, φάρμακα, συντηρητικά τροφίμων, ουσίες δηλαδή που δύσκολα μπορούν να αποδομηθούν. Γενικά τα αναερόβια βακτήρια δεν αντέχουν σε πολλές από αυτές τις τοξικές ουσίες, υπάρχουν όμως και ορισμένα είδη που έχουν την ικανότητα να βιοαποδομήσουν μερικές ουσίες από αυτές. Από τους μικροοργανισμούς που λαμβάνουν μέρος στην αναερόβια χώνευση, τα μεθανογόνα βακτήρια είναι τα πιο ευαίσθητα στην τοξικότητα. Η τοξικότητα ή η παρεμπόδιση στη μεθανογένεση έχει συνέπεια τη μειωμένη παραγωγή μεθανίου και την αύξηση της συγκέντρωσης των πτητικών λιπαρών οξέων, με προφανή επίδραση στο:

- **Οξυγόνο**

Οι μεθανογόνοι μικροοργανισμοί είναι αυστηρά αναερόβιοι. Αυτό κάνει την παρουσία οξυγόνου, ακόμη και σε ίχνη, να δρα παρεμποδιστικά στην ανάπτυξή τους και κατά συνέπεια στην ομαλή

λειτουργία της διεργασίας της αναερόβιας χώνευσης. Να σημειωθεί όμως πως υπάρχουν κάποιες μελέτες, που αναφέρουν πως κάποια είδη μεθανογόνων μικροοργανισμών (*Methanobrevibacter arboriphilus*, *Methanobacterium thermoautotrophicum*, *Methanosarcina barkeri*) μπορούν να αντέξουν την έκθεση στο οξυγόνο για κάποιες ώρες έως και μία ημέρα [26].

- **Αμμωνία**

Η μη ιονισμένη μορφή της αμμωνίας ( $\text{NH}_3$ ) είναι εξαιρετικά τοξική για τα μεθανογόνα βακτήρια [28]. Η παρεμποδιστική της δράση ξεκινάει σε συγκεντρώσεις 1500-3000 μιλιγραμμάρια στο λίτρο και  $\text{pH} > 7.4$ , ενώ σε συγκεντρώσεις πάνω από 3000 μιλιγραμμάρια στο λίτρο επέρχεται πλήρης αναστολή της διεργασίας ([42]). Η τοξικότητα της αυξάνεται σημαντικά με την αύξηση του  $\text{pH}$ , όπου σε τιμές  $\text{pH}$  κοντά στο 8 σχηματίζεται περισσότερη ελεύθερη αμμωνία [από τα αμμωνιόντα ( $\text{NH}_4^+$ ) και τα υδροξυλιανιόντα ( $\text{OH}^-$ )], ενώ σε ουδέτερο  $\text{pH}$  (περίπου στο 7) παρατηρείται μικρή τοξικότητα [79].

- **Βαρέα μέταλλα**

Τα βαρέα μέταλλα διακρίνονται: α) σε αυτά που συναντώνται συχνότερα, όπως χαλκός ( $\text{Cu}^{2+}$ ), κάδμιο ( $\text{Cd}^{2+}$ ), χρώμιο ( $\text{Cr}^{6+}$ ) ή χρώμιο ( $\text{Cr}^{3+}$ ), μόλυβδος ( $\text{Pb}^{2+}$ ), νικέλιο ( $\text{Ni}^{2+}$ ) και ψευδάργυρος ( $\text{Zn}^{2+}$ ), β) σε αυτά που συναντώνται λιγότερο συχνά, όπως αρσενικό ( $\text{As}^{3+}$ ), σίδηρος ( $\text{Fe}$ ), μαγγάνιο ( $\text{Mn}$ ), υδράργυρος ( $\text{Hg}$ ) και άργυρος ( $\text{Ag}$ ) και γ) σε αυτά που συναντώνται σπανιότερα, όπως κοβάλτιο ( $\text{Co}^{2+}$ ), μολυβδαίνιο ( $\text{Mo}^{6+}$ ), αλουμίνιο ( $\text{Al}^{3+}$ ), σελήνιο ( $\text{Se}^{2+}$ ) και κασσίτερος ( $\text{Sn}^{3+}$ ). Αυτά απαντώνται κατά κύριο λόγο σε βιομηχανικά απόβλητα και σε ελάχιστες συγκεντρώσεις (όταν είναι σε διαλυτή μορφή) δρουν παρεμποδιστικά στη διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης, όπως φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί.

**Πίνακας 4.5 Συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων (σε διαλυτή μορφή), που δρουν παρεμποδιστικά στην αναερόβια διεργασία [61]**

Βαρέα Μέταλλα	Συγκέντρωση σε $\text{mg/l}$
Αρσενικό, $\text{As}^{3+}$	0.5-1
Κάδμιο, $\text{Cd}^{2+}$	0.01-0.02
Νικέλιο, $\text{Ni}^{2+}$	1-2
Χαλκός, $\text{Cu}^{+}$	0.5-1
Χρώμιο, $\text{Cr}^{3+}$	1-1.5
Ψευδάργυρος, $\text{Zn}^{2+}$	0.5-1

- **Χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες**

Οι χλωριωμένοι αλειφατικοί υδρογονάνθρακες είναι ιδιαίτερα τοξικοί για τους μεθανογόνους μικροοργανισμούς. Ειδικότερα το χλωροφόρμιο ( $\text{CHCl}_3$ ) είναι πολύ τοξικό ακόμη και σε ίχνη και οδηγεί σε πλήρη παρεμπόδιση του μεταβολισμού των μεθανογόνων βακτηρίων, όταν η συγκέντρωση του

ξεπεράσει το 1 μιλιγραμμάριο στο λίτρο. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι ο εγκλιματισμός των μεθανογόνων μικροοργανισμών σ' αυτή την ένωση μπορεί να αυξήσει το όριο ανεκτικότητά τους, μέχρι και 15 μιλιγραμμάρια χλωροφορμίου στο λίτρο.

- **Αρωματικές ενώσεις**

Καθαρές καλλιέργειες μεθανογόνων όπως τα είδη *Methanotrix concilii*, *Methanobacterium espanolae* και *Methanobacterium bryantii* παρεμποδίζονται ισχυρά από αρωματικές ενώσεις όπως το βενζόλιο (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), το τολουόλιο (C<sub>7</sub>H<sub>8</sub>) και οι φαινόλες [αρωματικές ενώσεις που έχουν υποκαταστάτες οξυγονούχες ομάδες, όπως υδροξυλομάδες (-OH), καρβοξυλομάδες (-COOH) κ.α. Συγκεκριμένα η χλωροφαινόλη (C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>-OH) είναι η πιο τοξική απ' όλες τις αρωματικές ενώσεις των οποίων η τοξικότητα έχει ερευνηθεί μέχρι τώρα. Η σχετική τοξικότητα των φαινολικών ενώσεων για τη μεθανογένεση έχει ως εξής: νιτροφαινόλες > χλωροφαινόλες > υδροξυφαινόλες.

- **Φορμαλδεΐδη**

Τα μεθανοβακτήρια παρεμποδίζονται σημαντικά, όταν εκτίθενται σε συγκέντρωση φορμαλδεΐδης (HCHO) της τάξεως των 50-100 μιλιγραμμάτων στο λίτρο, ενώ η λειτουργία τους αποκαθίσταται σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις φορμαλδεΐδης (κάτω των 5-10 μιλιγραμμάτων στο λίτρο) [48].

- **Υδρόθειο, θειούχα και θειικά ανιόντα**

Το υδρόθειο (H<sub>2</sub>S) και γενικότερα τα θειούχα ανιόντα (HS<sup>-</sup>, S<sub>2</sub><sup>2-</sup>) είναι από τους πιο ισχυρούς παρεμποδιστές της αναερόβιας χώνευσης. Το υδρόθειο είναι τοξικό για τα μεθανογόνα βακτήρια όταν η συγκέντρωσή του είναι μεγαλύτερη από 150-200 μιλιγραμμάρια στο λίτρο, ενώ σε αντίθεση τα οξεογόνα βακτήρια είναι λιγότερο ευαίσθητα στο υδρόθειο σε σχέση με τα μεθανογόνα.

- **Αλατότητα και ανόργανα στοιχεία**

Σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις από 0.2 M NaCl η αλατότητα (εκφρασμένη συνήθως σε M NaCl) δρα παρεμποδιστικά, ενώ σε χαμηλότερα επίπεδα δεν έχουν αναφερθεί συνέπειες στα μεθανογόνα βακτήρια.

### ***Ενδιάμεσα μεταβολικά προϊόντα της αναερόβιας διεργασίας***

Είναι αξιοσημείωτο πως η ίδια η διεργασία της αναερόβιας χώνευσης παράγει προϊόντα, που σε μεγάλες συγκεντρώσεις δρουν παρεμποδιστικά για την ομαλή λειτουργία αυτής. Αυτά είναι α) τα ανώτερα λιπαρά οξέα και β) τα πτητικά λιπαρά οξέα, που προκύπτουν κατά το στάδιο της οξεογένεσης. Τα ανώτερα λιπαρά οξέα περιλαμβάνουν ενώσεις, όπως το καπρυλικό οξύ {CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>6</sub>COOH}, το καπρινικό οξύ {CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>8</sub>COOH}, το λαυρικό οξύ {CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>10</sub>COOH}, το μυριστικό οξύ {CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>12</sub>COOH}, το παλμιτικό οξύ {CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>14</sub>COOH}, το στεατικό οξύ {CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>16</sub>COOH} και το ελαϊκό οξύ {CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>7</sub>CH=CH(CH<sub>2</sub>)<sub>7</sub>COOH, οι οποίες σε μεγάλες συγκεντρώσεις δρουν παρεμποδιστικά στα μεθανογόνα οξικολυτικά βακτήρια [28].

- **Υδραυλικός χρόνος παραμονής αναερόβιων συστημάτων επεξεργασίας**

Ο υδραυλικός χρόνος παραμονής είναι το μέσο χρονικό διάστημα κατά το οποίο διατηρείται το υπόστρωμα μέσα στη δεξαμενή του χωνευτήρα. Σχετίζεται με τον όγκο του χωνευτήρα (VR), και τον όγκο του υποστρώματος που τροφοδοτείται στη μονάδα του χρόνου, σύμφωνα με την ακόλουθη εξίσωση:

$$HRT = VR / V$$

HRT : υδραυλικός χρόνος παραμονής [ημέρες]

VR : όγκος του χωνευτήρα [m<sup>3</sup>]

V : όγκος του υποστρώματος που τροφοδοτείται στη μονάδα του χρόνου [m<sup>3</sup>/d]

Σύμφωνα με την παραπάνω εξίσωση, όσο αυξάνεται το οργανικό φορτίο θα μειώνεται ο υδραυλικός χρόνος παραμονής. Ο χρόνος παραμονής πρέπει να είναι αρκετά μεγάλος για να εξασφαλιστεί ότι η ποσότητα των βακτηριδίων που αφαιρούνται με τα απόβλητα αποχέτευσης (κομπόστ) δεν θα είναι υψηλότερη από την ποσότητα των αναπαραγόμενων βακτηριδίων (π.χ. ο ρυθμός διπλασιασμού των αναερόβιων βακτηριδίων είναι 10 ημέρες ή περισσότερο). Ένας μικρός χρόνος παραμονής παρέχει μια καλή παροχή υποστρώματος αλλά χαμηλή παραγωγή αερίου. Είναι επομένως σημαντικό να προσαρμοστεί ο χρόνος παραμονής στον συγκεκριμένο ρυθμό αποσύνθεσης των χρησιμοποιούμενων υποστρωμάτων. Ξέροντας τον στοιχειοθετημένο χρόνο παραμονής, την καθημερινή εισαγωγή πρώτης ύλης και τον ρυθμό αποσύνθεσης του υποστρώματος, είναι δυνατό να υπολογιστεί ο απαραίτητος όγκος του χωνευτήρα.

- **Οργανική φόρτιση αναερόβιων συστημάτων επεξεργασίας**

Ο ρυθμός φόρτισης στην αναερόβια επεξεργασία είναι πρωταρχικής σημασίας για τη διατήρηση σταθερών συνθηκών, καθώς είναι αυτός που καθορίζει τον υδραυλικό χρόνο παραμονής (HRT) σε ένα αντιδραστήρα, με δεδομένη σταθερή σύσταση του διαθέσιμου προς χώνευση απόβλητου. Εκφράζει τον ρυθμό με τον οποίο παρέχεται το υπόστρωμα (σε υγρή ή και στερεή μορφή) στους μικροοργανισμούς και ορίζεται ως η μάζα της οργανικής ύλης (εκφρασμένη σε κιλά πτητικών αιωρούμενων στερεών ή κιλά χημικά απαιτούμενου οξυγόνου) ανά μονάδα όγκου του αντιδραστήρα και ημέρα. Η μέγιστη τιμή που μπορεί να πάρει καθορίζεται από τον αρχικό σχεδιασμό του αντιδραστήρα και από την σύσταση του απόβλητου.

Διαφορετικές τροφοδοσίες μπορούν να επιτευχθούν με δύο τρόπους, είτε μεταβάλλοντας το ρυθμό ροής της στον χωνευτήρα, είτε μεταβάλλοντας τη συγκέντρωση του οργανικού φορτίου της τροφοδοσίας. Επειδή η συγκέντρωση σε οργανικό φορτίο ενός απόβλητου σπάνια μεταβάλλεται, συνήθως για την αλλαγή της φόρτισης του υποστρώματος χρησιμοποιείται αλλαγή της παροχής. Πρέπει όμως να έχουμε κατά νου, ότι υπερβολική φόρτιση σε έναν αναερόβιο χωνευτήρα δημιουργεί ασταθείς συνθήκες, με αποτέλεσμα να παρατηρείται συσσώρευση πτητικών λιπαρών οξέων και τελικά παρεμπόδιση της διεργασίας.

- **Εγκλιματισμός αναερόβιας καλλιέργειας**

Πλήρως εγκλιματισμένη (ή προσαρμοσμένη) καλλιέργεια σε ένα υπόστρωμα, είτε αυτό είναι συνθετικό είτε πραγματικό απόβλητο, μπορεί να χαρακτηριστεί μία ετερογενής αναερόβια μικροβιακή καλλιέργεια, η οποία έχει τροφοδοτηθεί με το συγκεκριμένο υπόστρωμα για διάστημα ίσο και μεγαλύτερο από δώδεκα χρόνους παραμονής [44]. Αργότερα οι Chynoweth και Mah (1971) επισήμαναν ότι ο εγκλιματισμός μίας ετερογενούς αναερόβιας καλλιέργειας οδηγεί σε φυσική επιλογή και τελικά σε επικράτηση πληθυσμού μικροοργανισμών διαφορετικού από αυτόν που υπάρχει στην αρχική καλλιέργεια [16]. Συνολικά έχει αποδειχτεί, από διάφορους ερευνητές, ότι εγκλιματισμένη αναερόβια μικροβιακή καλλιέργεια σε ένα υλικό προς χώνευση, παρουσιάζει καλύτερη αποδόμηση του υλικού αυτού, απ' ότι η μη εγκλιματισμένη αναερόβια μικροβιακή καλλιέργεια στο ίδιο υλικό [12].

## 5 ΚΥΡΙΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

Η παραγωγή βιοαερίου μέσω της διαδικασίας της αναερόβιας χώνευσης χρησιμοποιείται ευρέως από τη σύγχρονη κοινωνία για την επεξεργασία των αποβλήτων από σταβλισμένα ζώα. Σκοπός είναι να παραχθεί ενέργεια (ηλεκτρική και θερμική) ενώ παράλληλα να βελτιωθούν οι ιδιότητες λίπανσης της κοπριάς η οποία χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη για τη ζύμωση. Στις ανεπτυγμένες χώρες με μεγάλη γεωργική παραγωγή, οι συνεχώς αυστηρότεροι κανονισμοί σχετικά με την αποθήκευση και διάθεση / ανακύκλωση του λιπάσματος, των φυτικών αποβλήτων, αύξησαν το ενδιαφέρον για την αναερόβια χώνευση. Επιπλέον, οι πρόσφατες εξελίξεις στην Ευρώπη, την Αμερική και άλλα μέρη στον κόσμο έχουν επίσης καταδείξει ένα αυξανόμενο ενδιαφέρον των αγροτών για στροφή στις ενεργειακές καλλιέργειες, με στόχο να χρησιμοποιηθούν ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαερίου.

### 5.1 Αγροτικές εγκαταστάσεις βιοαερίου

Οι αγροτικές εγκαταστάσεις βιοαερίου επεξεργάζονται τα υποστρώματα πρώτης ύλης που κυρίως προέρχονται από την αγροτική παραγωγή. Τα συνηθέστερα είδη πρώτης ύλης για αυτές τις εγκαταστάσεις είναι τα ζωικά περιττώματα - κοπριές (υγρή και στερεή φρέσκια κοπριά), οι αχρροστρομένες, τα υπολείμματα και τα υποπροϊόντα από τις συγκομιδές λαχανικών και άλλων γεωργικών προϊόντων και οι ενεργειακές καλλιέργειες. Η κοπριά από βοοειδή και χοίρους αποτελεί την κύρια πρώτη ύλη των περισσότερων αγροτικών εγκαταστάσεων βιοαερίου ανά τον κόσμο αν και ο αριθμός των εγκαταστάσεων που χρησιμοποιούν ως κυρίαρχη πρώτη ύλη τις εξειδικευμένες για την παραγωγή ενέργειας ενεργειακές καλλιέργειες αυξάνεται τα τελευταία έτη.

Οι ακατέργαστες κοπριές χρησιμοποιούνταν συνήθως έως σήμερα ως οργανικά λιπάσματα στα χωράφια και στους αγρούς. Με τη διαδικασία την αναερόβιας χώνευσης βελτιώνεται η αξία λίπανσης τους ως εξής:

- Οι κοπριές από διαφορετικά ζώα (π.χ. βοοειδή, χοίροι, πουλερικά) αναμιγνύονται στον ίδιο χωνευτήρα, παρέχοντας έτσι ένα τελικό βιολογικό λίπασμα με εξαιρετικά ισορροπημένο περιεχόμενο σε θρεπτικές ουσίες.
- Η διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης (κατάλληλοι μικροοργανισμοί) διαλύει / διασπά τα σύνθετα οργανικά υλικά που υπάρχουν στην ακατέργαστη κοπριά (συμπεριλαμβανομένου του οργανικού αζώτου) και αυξάνει την ποσότητα των δεσμεύσιμων από φυτά θρεπτικών ουσιών.
- Η συνδυασμένη χώνευση κοπριάς με λοιπά υποστρώματα (π.χ. απόβλητα σφαγείων, υπολείμματα από λίπη και έλαια, οικιακά απόβλητα, φυτικά υπολείμματα, κλπ.) προσθέτει σημαντικές ποσότητες θρεπτικών ουσιών στο μίγμα της πρώτης ύλης άρα και στο εξαγόμενο λίπασμα.

Ο σχεδιασμός και η τεχνολογία των εγκαταστάσεων βιοαερίου διαφέρουν από χώρα σε χώρα, ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες και τα εθνικά πλαίσια (νομοθεσία και ενεργειακές πολιτικές), την ενεργειακή διαθεσιμότητα και προσβασιμότητα. Σύμφωνα με το σχετικό τους μέγεθος, λειτουργία και θέση, υπάρχουν τρεις κύριες κατηγορίες αγροτικών εγκαταστάσεων αναερόβιας χώνευσης:

- Οι εγκαταστάσεις βιοαερίου οικογενειακής κλίμακας (μικρής κλίμακας)

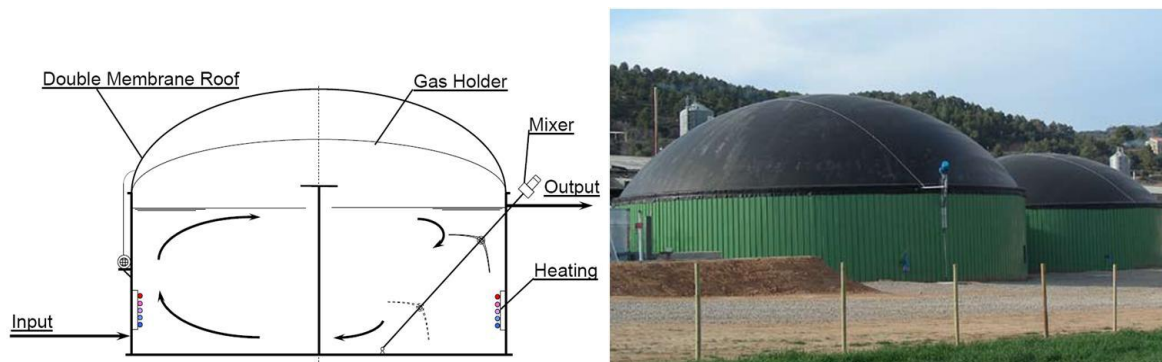
- Οι εγκαταστάσεις βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος (μεσαίας έως μεγάλης κλίμακας)
- Οι κεντρικές εγκαταστάσεις βιοαερίου / κοινή συνδυασμένη χώνευση (μεσαίας έως μεγάλης κλίμακας)

### 5.1.1 Εγκαταστάσεις βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος

Μια εγκατάσταση βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος είναι συνδεδεμένη με ένα μόνο αγρόκτημα, χωνεύοντας την πρώτη ύλη που παράγεται στο συγκεκριμένο αγρόκτημα. Σε πολλές εγκαταστάσεις πραγματοποιείται συνδυασμένη χώνευση μικρών ποσοτήτων υποστρωμάτων πλουσίων σε μεθάνιο (π.χ. ελαιούχα απόβλητα / υπολείμματα), με στόχο την αύξηση της παραγωγής βιοαερίου (βλέπε ειδικές αποδόσεις βιοαερίου στο Σχήμα 4.2). Είναι επίσης δυνατό μια εγκατάσταση βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος να επεξεργάζεται κοπριάς από ένα ή περισσότερα γειτονικά αγροκτήματα (π.χ. μέσω διασύνδεσης αγωγού, ο οποίος συνδέει τα αγροκτήματα αυτά με την αντίστοιχη μονάδα βιοαερίου.

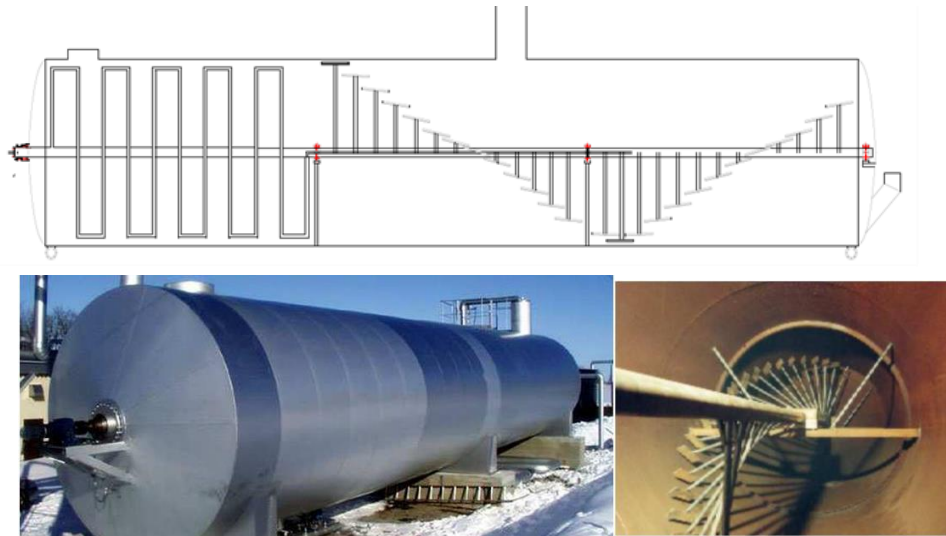
Υπάρχουν πολλοί τύποι και σχεδιασμοί εγκαταστάσεων βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος σε όλο τον κόσμο. Στην Ευρώπη και ειδικότερα σε χώρες όπως η Γερμανία και η Αυστρία η παραγωγή του βιοαερίου παρουσιάζει σημαντική αύξηση τα τελευταία χρόνια. Αυτό οφείλεται όχι μόνο στο γεγονός ότι η αναερόβια χώνευση μετατρέπει τα απόβλητα σε πολύτιμη ενέργεια και στο γεγονός ότι από τη διαδικασία παράγεται υψηλής ποιότητας λίπασμα, αλλά και επειδή δημιουργεί νέες επιχειρηματικές ευκαιρίες για τους εμπλεκόμενους στον κύκλο αγρότες και τους δίνει μία νέα υπόσταση, ως προμηθευτές ενέργειας.

Οι εγκαταστάσεις βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος απαντούνται σε διάφορα μεγέθη, σχεδιασμούς και τεχνολογίες. Μερικές είναι πολύ μικρές και τεχνολογικά απλές, ενώ άλλες είναι πολύ μεγάλες και σύνθετες, παρόμοιες με τις κεντρικές εγκαταστάσεις συγχώνευσης. Εντούτοις, όλες έχουν μια κοινή αρχή διαμόρφωσης: η κοπριά συλλέγεται σε μια δεξαμενή προ-αποθήκευσης, κοντά στον χωνευτήρα και αντλείται στο χωνευτήρα, ο οποίος είναι μια αεροστεγής δεξαμενή, κατασκευασμένη από χάλυβα ή σκυρόδεμα, μονωμένη ώστε να διατηρεί μια σταθερή θερμοκρασία διεργασίας. Οι χωνευτήρες μπορεί να είναι κάθετοι (Εικόνα 5.1) ή οριζόντιοι (Εικόνα 5.2) με συστήματα ανάδευσης, που βοηθούν στη μίξη και την ομογενοποίηση του υποστρώματος, και συντελούν στην ελαχιστοποίηση των κινδύνων σχηματισμού επιπλέοντων στρωμάτων και ιζηματογενέσεων. Ο μέσος υδραυλικός χρόνος παραμονής είναι συνήθως μεταξύ 20 και 40 ημέρες, ανάλογα με τον τύπο του υποστρώματος και την θερμοκρασία χώνευσης.





**Εικόνα 5.1 :** Εγκατάσταση βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος στη Γερμανία 364 kW, για την απλή χώνευση κοπριάς με τη χρήση τοιμεντένιου χωνευτήρα [84]

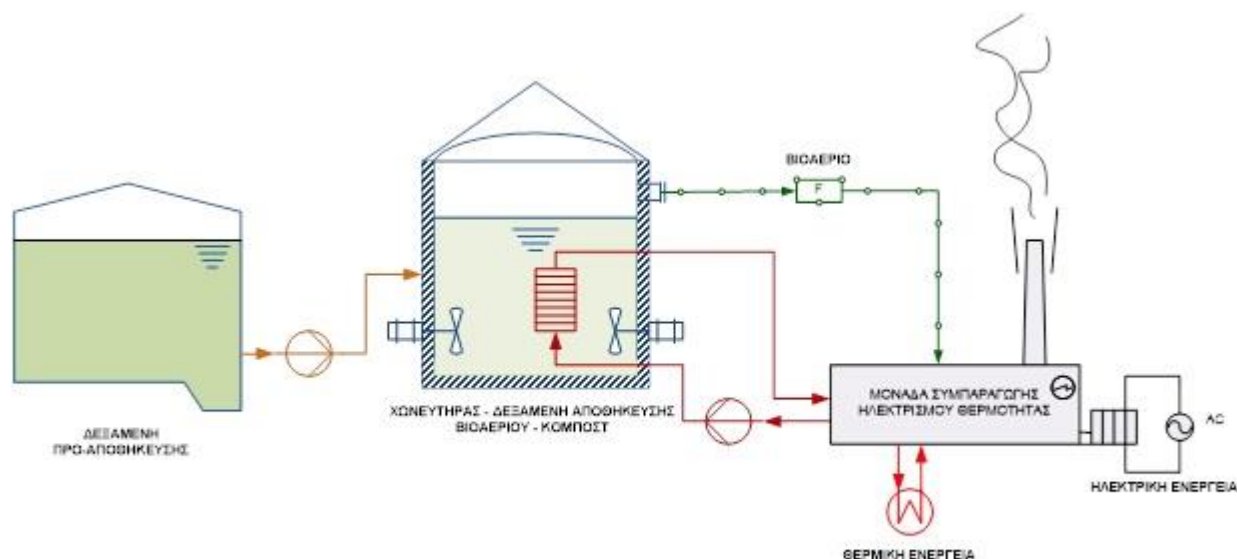


**Εικόνα 5.2 :** Οριζόντιος χωνευτήρας μικρής αγροτικής κλίμακας. [84]

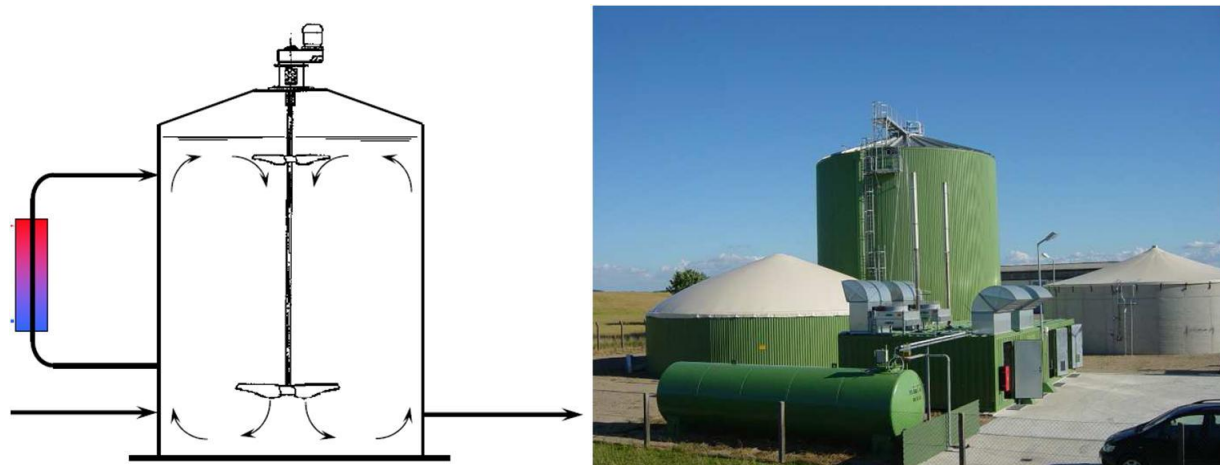
Το κομπόστ χρησιμοποιείται ως λίπασμα στο αγρόκτημα και το πλεόνασμα μπορεί να πωληθεί σε άλλα γεωργικά αγροκτήματα της περιοχής. Το παραγόμενο βιοαέριο χρησιμοποιείται σε μια μηχανή αερίου, για την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας. Περίπου το 10-30% της παραχθείσας θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιείται για την λειτουργία της εγκατάστασης του βιοαερίου και για τις οικιακές ανάγκες του αγρότη, ενώ το πλεόνασμα πωλείται στις επιχειρήσεις ηλεκτρισμού. Εκτός από το χωνευτήρα που είναι εξοπλισμένος με σύστημα ανάδευσης, η εγκατάσταση μπορεί να περιλαμβάνει δεξαμενή προ-αποθήκευσης για τη νωπή βιομάζα, δεξαμενή αποθήκευσης για τη χωνευμένη βιομάζα και για το βιοαέριο, καθώς και μια μονάδα ΣΗΘ.

Ο χωνευτήρας μπορεί επίσης να είναι κάθετος, με ή χωρίς κωνική βάση (Σχήμα 5.1 και Εικόνα 5.3), γνωστός και ως «δύο σε μία» δεξαμενή αποθήκευσης πολτού και χώνευσης, όπου ο χωνευτήρας κατασκευάζεται εντός της δεξαμενής αποθήκευσης του υλικού χώνευσης. Οι δύο δεξαμενές καλύπτονται με μια αεροστεγή μεμβράνη, η οποία διογκώνεται από το παραγόμενο αέριο, και υφίστανται ανάδευση από ειδικούς αναμκτήρες [52].

Αξιοποίηση των Γεωργικών Υπολειμμάτων και Κτηνοτροφικών Αποβλήτων της Περιφερειακής Ενότητας Σερρών, για την Συμπαράγωγή Ηλεκτρικής και Θερμικής Ενέργειας (Σ.Η.Θ) μέσω της Συνδυασμένης Αναερόβιας Χώνευσης



Σχήμα 5.1 : Σχηματική αναπαράσταση των «δύο σε μία» εγκαταστάσεων κλίμακας αγροκτήματος, με κάλυψη μαλακής μεμβράνης [101]



Εικόνα 5.3 : Εγκατάσταση βιοαερίου κλίμακας αγροκτήματος στη Γερμανία 2x180 kW, για τη συνδυασμένη χώνευση κοπριάς και ενεργειακών καλλιεργειών με τη χρήση μεταλλικού χωνευτήρα. [89]

Μια πρόσφατη εξέλιξη είναι ο σχεδιασμός εγκαταστάσεων βιοαερίου, βασιζόμενων εξολοκλήρου στις ενεργειακές καλλιέργειες (Εικόνα 5.4). Το πλεονέκτημα τους είναι ότι το ενεργειακό περιεχόμενο των ενεργειακών καλλιεργειών είναι πολύ υψηλότερο απ' ότι αυτό των περισσότερων οργανικών αποβλήτων. Εντούτοις, περιορισμοί και ανησυχίες προκύπτουν όσον αφορά στα κόστη λειτουργίας, καθώς και τη χρήση και τη διαθεσιμότητα του εδάφους.



**Εικόνα 5.4 : Εγκατάσταση βιοαερίου στη Γερμανία που κατασκευάστηκε το 2005 από 99 αγρότες για την χώνευση των ενεργειακών καλλιεργειών, ενσίρωμα καλαμποκιού και σιταριού. [84]**

### **5.1.2 Κεντρικές (κοινές) εγκαταστάσεις συνδυασμένης χώνευσης**

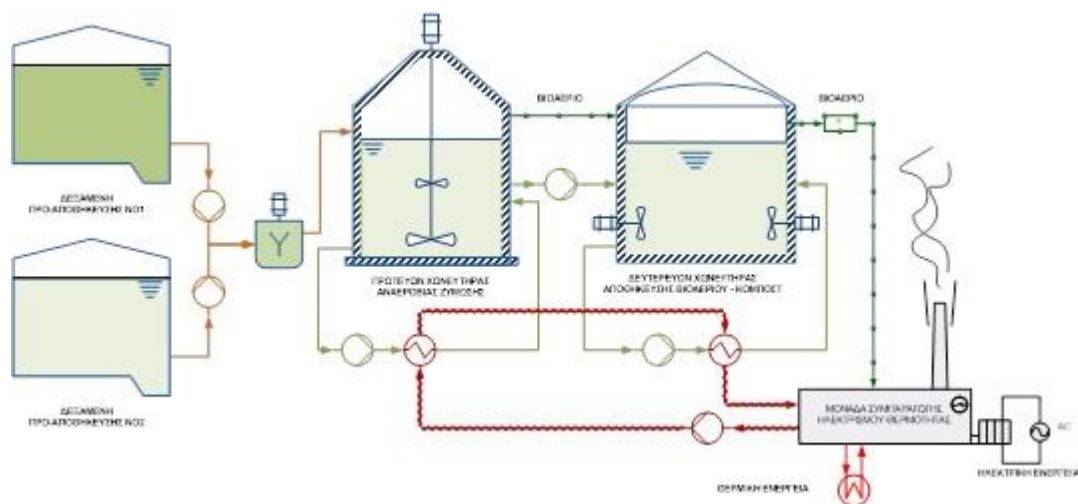
Η κεντρική συνδυασμένη χώνευση βασίζεται στην χώνευση κοπριών, που συλλέγονται από διάφορα αγροκτήματα σε μονάδα βιοαερίου που βρίσκεται εγκατεστημένη κεντρικά στην περιοχή συλλογής της κοπριάς. Η κεντρική θέση των εγκαταστάσεων βιοαερίου στοχεύει στη μείωση των δαπανών, το χρόνο και το εργατικό δυναμικό που απαιτείται για τη μεταφορά της κοπριάς από και προς την εγκατάσταση βιοαερίου. Τα ζωικά περιττώματα υφίστανται συγχώνευση με ποικίλους άλλους τύπους κατάλληλης πρώτης ύλης (π.χ. υπολείμματα από τη γεωργία, τις βιομηχανίες τροφίμων, οργανικά απόβλητα, λυματολάσπη, ενεργειακές καλλιέργειες κ.λπ.). Οι κεντρικές εγκαταστάσεις συνδυασμένης χώνευσης αναπτύσσονται και εφαρμόζονται ευρέως στη Δανία (Εικόνα 5.5), αλλά και σε άλλες περιοχές του κόσμου με εντατική ζωική καλλιέργεια.

Ζωικά περιττώματα και κοπριές συλλέγονται από τις δεξαμενές προ-αποθήκευσης ή από τα κανάλια εξόδου υγρής κοπριάς του αγροκτήματος και μεταφέρονται με ειδικά βυτιοφόρα στην εγκατάσταση παραγωγής βιοαερίου όπου και αναμιγνύονται με λοιπά υποστρώματα. Μετά την ολοκλήρωση της ομογενοποίησης οδηγούνται στο χωνευτήρα για χώνευση. Η επιχείρηση παραγωγής βιοαερίου συνήθως ευθύνεται για τη συλλογή και μεταφορά της κοπριάς από τις φάρμες στην εγκατάσταση βιοαερίου και του κομπόστ από την εγκατάσταση βιοαερίου στους αγρότες (

Σχήμα 5.2). Οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης του παραγόμενου κομπόστ είναι συνήθως κοινές για ομάδες αγροτών.

Η διεργασία της χώνευσης πραγματοποιείται σε μεσόφιλες ή θερμοφιλες θερμοκρασίες και ο υδραυλικός χρόνος παραμονής διατηρείται στις περίπου 25 ημέρες.

Αξιοποίηση των Γεωργικών Υπολειμμάτων και Κτηνοτροφικών Αποβλήτων της Περιφερειακής Ενότητας Σερρών, για την Συμπαράγωγή Ηλεκτρικής και Θερμικής Ενέργειας (Σ.Η.Θ) μέσω της Συνδυασμένης Αναερόβιας Χώνευσης



Σχήμα 5.2 : Σχηματική αναπαράσταση κεντρικής εγκατάστασης εγκαταστάσεων συνδυασμένης χώνευσης, με χρήση πρωτεύοντος και δευτερεύοντος αντιδραστήρα χώνευσης [101]



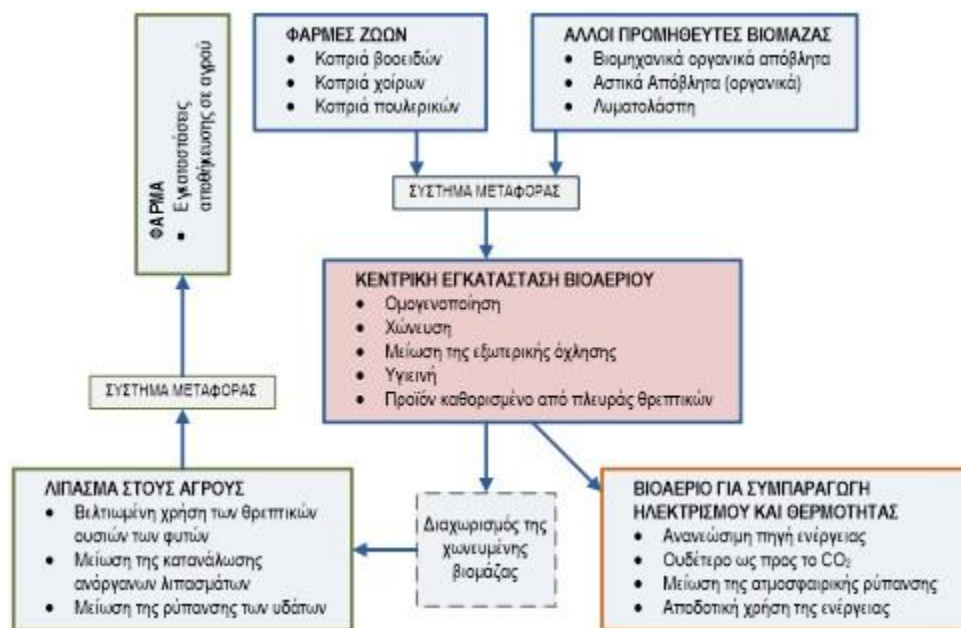
Εικόνα 5.5 : Εικόνα μιας εγκατάστασης συγχώνευσης από τη Δανία [84]

Η τροφοδοσία του αντιδραστήρα είναι συνεχής, και η βιομάζα που εισέρχεται και εξέρχεται στους χωνευτήρες σταθερή. Το κομπόστ, όπως αντλείται από τον χωνευτήρα, μεταφέρεται με σωληνώσεις στις δεξαμενές αποθήκευσης. Σε πολλές περιπτώσεις, αυτές καλύπτονται με μια αεροστεγή μεμβράνη, όπου πραγματοποιείται η συλλογή της συμπληρωματικής παραγωγής βιοαερίου (μέχρι 15% του συνόλου) σε χαμηλότερη θερμοκρασία. Πριν από την έξοδό του από την εγκατάσταση βιοαερίου, το παραγόμενο κομπόστ αναλύεται και καθορίζονται τα θρεπτικά συστατικά του (DM, VS, N, P, K, pH). Οι αγρότες παραλαμβάνουν μόνο εκείνη την ποσότητα του κομπόστ που από το νόμο επιτρέπεται να διασκορπιστεί στους αγρούς. Η περίσσεια πωλείται ως λίπασμα στους καλλιεργητές της περιοχής. Σε κάθε περίπτωση, το κομπόστ ενσωματώνεται στο σχέδιο λίπανσης κάθε αγροκτήματος, αντικαθιστώντας τα ανόργανα λιπάσματα. Με τον τρόπο αυτό, η παραγωγή βιοαερίου είναι μέρος του κλειστού κύκλου ανακύκλωσης των θρεπτικών ουσιών από τις κοπριές και τα οργανικά απόβλητα

Όλο και περισσότερες εγκαταστάσεις βιοαερίου εξοπλίζονται επίσης με μονάδες διαχωρισμού του κομποστ σε υγρά και στερεά μέρη.

Με αυτό τον τρόπο, η κεντρική συνδυασμένη χώνευση αντιπροσωπεύει ένα ολοκληρωμένο σύστημα παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας, επεξεργασίας οργανικών αποβλήτων και ανακύκλωσης θρεπτικών ουσιών. Η εμπειρία δείχνει ότι το σύστημα (Σχήμα 5.3) μπορεί να δημιουργήσει γεωργικά, περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη για τους αγρότες και την κοινωνία, όπως:

- παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας,
- φθηνή και περιβαλλοντικά ασφαλή ανακύκλωση των κοπριών και των οργανικών αποβλήτων, βελτιωμένη κτηνιατρική ασφάλεια μέσω της υγιεινής του κομποστ,
- βελτιωμένη αποδοτικότητα λίπανσης,
- μειωμένη όχληση από οσμές και μύγες,
- οικονομικά οφέλη για τους αγρότες.

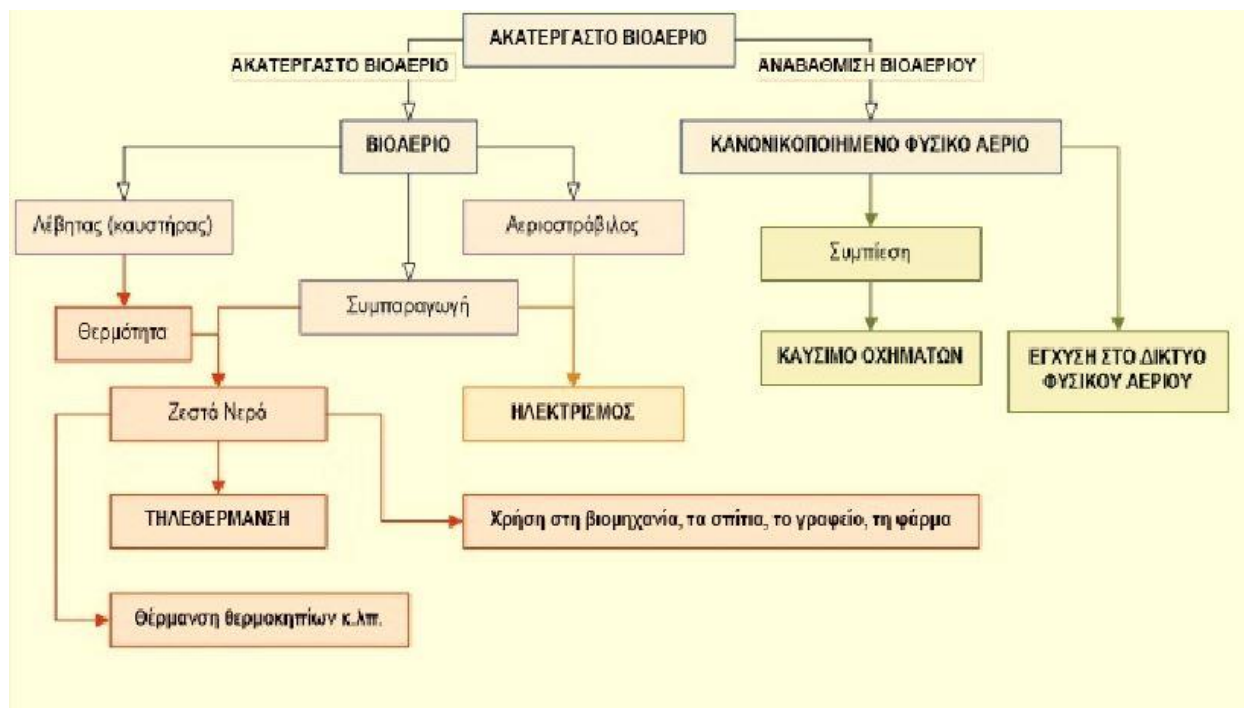


**Σχήμα 5.3 : Τα κύρια ρεύματα της ολοκληρωμένης βασικής αρχής των κεντρικών εγκαταστάσεων χώνευσης. [101]**

Οι περισσότερες κεντρικές εγκαταστάσεις συνδυασμένης χώνευσης οργανώνονται ως συνεταιριστικές επιχειρήσεις, με τους αγρότες να παραδίδουν την κοπριά (πρώτη ύλη) στις εγκαταστάσεις ως συμμετοχοί και συνιδιοκτήτες. Συνήθως, αυτές οι επιχειρήσεις έχουν ένα διοικητικό συμβούλιο, αρμόδιο για τη διαχείριση της εγκατάστασης και την απασχόληση του απαραίτητου προσωπικού, καθώς και για όλες τις οικονομικές και δεσμευτικές ως προς τους νόμους συμφωνίες σχετικά με την κατασκευή της εγκατάστασης, του ανεφοδιασμού με πρώτη ύλη, την διανομή και πώληση του κομποστ, την πώληση του βιοαερίου ή/και της ενέργειας, και την αναγκαία χρηματοδότηση. Στη Δανία και τη Γερμανία, έχει αποδειχθεί ότι η συνεταιριστική επιχείρηση είναι μια οικονομικά εφικτή και λειτουργική οργανωτική δομή, αλλά είναι συχνοί και άλλοι τύποι επιχειρήσεων όπως οι Εταιρείες Περιορισμένης Ευθύνης (ΕΠΕ), Ανώνυμες Εταιρείες (Α.Ε.) ή οι δημοτικές επιχειρήσεις.

## 6 ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

Το βιοαέριο έχει πολλές ενεργειακές χρήσεις, ανάλογα με τη φύση της πηγής και την τοπική ζήτηση για μια συγκεκριμένη μορφή ενέργειας. Γενικά, το βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή θερμότητας μέσω άμεσης καύσης, παραγωγή ηλεκτρισμού από κυψέλες καυσίμου ή μικροστροβίλους, συνδυασμένη παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού (ΣΗΘ) ή ως καύσιμο οχημάτων (Σχήμα 6.1)



Σχήμα 6.1: Επισκόπηση των χρήσεων του βιοαερίου [101]

### 6.1 Ιδιότητες του βιοαερίου

Το ενεργειακό περιεχόμενο του βιοαερίου είναι χημικά δεσμευμένο στο μεθάνιο. Οι ιδιότητες και η σύνθεση του βιοαερίου ποικίλλουν ανάλογα με τον τύπο και τη δομή της πρώτης ύλης, το σύστημα της εγκατάστασης, τη θερμοκρασία, τον χρόνο παραμονής και άλλους παράγοντες. Στον Πίνακα 6.1 παρουσιάζονται κάποιες από τις μέσες τιμές σύνθεσης του βιοαερίου που βρέθηκαν στις περισσότερες βιβλιογραφικές παραπομπές. Θεωρώντας ότι το βιοαέριο περιέχει 50% μεθάνιο, η μέση θερμαντική τιμή του είναι περίπου  $21 \text{ MJ/Nm}^3$ , η μέση πυκνότητα  $1,22 \text{ kg/Nm}^3$  και η μάζα του είναι παρόμοια με αυτή του αέρα ( $1,29 \text{ kg/Nm}^3$ ).

**Πίνακας 6.1: Σύνθεση του βιοαερίου [2]**

Συστατικό	Χημικός τύπος	Περιεκτικότητα (Vol. %)
Μεθάνιο	CH <sub>4</sub>	50-75
Διοξείδιο του άνθρακα	CO <sub>2</sub>	25-45
Υδρατμοί	H <sub>2</sub> O	2 (20°C) -7 (40°C)
Οξυγόνο	O <sub>2</sub>	<2
Αζωτο	N <sub>2</sub>	<2
Αμμωνία	NH <sub>3</sub>	<1
Υδρογόνο	H <sub>2</sub>	<1
Υδρόθειο	H <sub>2</sub> S	<1

Η βιοχημική σύνθεση των διαφορετικών τύπων πρώτης ύλης ποικίλλει και είναι καθοριστική για τη θεωρητική παραγωγή του μεθανίου, όπως φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα (Πίνακας 6.2).

**Πίνακας 6.2: Θεωρητικές παραγωγές αερίου [2]**

Υπόστρωμα	Λίτρα αερίου / kg TS	CH <sub>4</sub> [%]	CO <sub>2</sub> [%]
Ακατέργαστη πρωτεΐνη	700	70 -71	29 -30
Ακατέργαστο λίπος	1.200 -1.250	67 -68	32 -33
Υδατάνθρακες	790 -800	50	50

Η παραγωγή μεθανίου των υποστρωμάτων της αναερόβιας χώνευσης εξαρτάται από το περιεχόμενο σε πρωτεΐνες, λίπη, και υδατάνθρακες, όπως φαίνεται στον Πίνακα 6.3.

**Πίνακας 6.3: Παραγωγές μεθανίου των διαφορετικών υλικών πρώτης ύλης, [2]**

Πρώτη ύλη	Παραγωγή μεθανίου [%]	Παραγωγή βιοαερίου [m <sup>3</sup> /tΦΠΥ*]
Υγρή κοπριά βοοειδών	60	25
Υγρή κοπριά χοίρων	65	28
Υπολείμματα αποστακτήρων με διαλύτες	61	40
Στερεή κοπριά βοοειδών	60	45
Στερεή κοπριά χοίρων	60	60
Στερεή κοπριά πουλερικών	60	80
Τεύτλα	53	88

Αξιοποίηση των Γεωργικών Υπολειμμάτων και Κτηνοτροφικών Αποβλήτων της Περιφερειακής Ενότητας Σερρών, για την Συμπαράγωγή Ηλεκτρικής και Θερμικής Ενέργειας (Σ.Η.Θ) μέσω της Συνδυασμένης Αναερόβιας Χώνευσης

Οργανικά απόβλητα	61	100
Γλυκό σόργο	54	108
Τεύτλα	51	111
Ενσίρωμα χλόης	54	172
Ενσίρωμα καλαμποκιού	52	202

\* ΦΠΥ (FF) = Φρέσκια Πρώτη Ύλη (Fresh Feedstock)

## 6.2 Συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ)

Η συμπαράγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας - ΣΗΘ (Combined Heat and Power - CHP) είναι η τυπική εφαρμογή του βιοαερίου και θεωρείται ως μια πολύ αποδοτική χρήση του βιοαερίου για την παραγωγή ενέργειας. Πριν την καύση του, το βιοαέριο υπόκειται σε αφύγρανση και ξήρανση. Οι περισσότερες μηχανές καύσης βιοαερίου έχουν μέγιστα επιτρεπόμενα όρια σουλφιδίου του υδρογόνου, αλογονομένους υδρογονάνθρακες και τις σιλοζίνες στο βιοαέριο.

Μια μονάδα ΣΗΘ που χρησιμοποιεί μηχανή εσωτερικής καύσης έχει αποδοτικότητα μέχρι 90% και παράγει από 35-45% ηλεκτρική ενέργεια και 55-65% θερμική ενέργεια. Η πιο συνήθης εφαρμογή των μονάδων ΣΗΘ είναι οι θερμικές εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής με κινητήρες καύσης που συνδέονται με μια γεννήτρια. Οι γεννήτριες έχουν συνήθως μια σταθερή ταχύτητα περιστροφής (1.500 περιστροφές/λεπτό) προκειμένου να είναι συμβατές με τη συχνότητα του δικτύου.



Εικόνα 6.1: Καυστήρας βιοαερίου για παραγωγή θερμότητας [84]

Η παραχθείσα ηλεκτρική ενέργεια από το βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ενέργεια διεργασίας για τον ηλεκτρικό εξοπλισμό, όπως είναι οι αντλίες, τα συστήματα ελέγχου και οι αναδευτήρες. Σε πολλές χώρες με υψηλά τιμολόγια αγοράς της ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας, όλη η παραχθείσα ηλεκτρική ενέργεια πωλείται στο δίκτυο και η ηλεκτρική ενέργεια της διεργασίας αγοράζεται



από το ίδιο το εθνικό ηλεκτρικό δίκτυο. Ένα σημαντικό ζήτημα για την ενεργειακή και την οικονομική αποδοτικότητα των εγκαταστάσεων του βιοαερίου είναι η χρήση της παραχθείσας θερμότητας.

Συνήθως, ένα μέρος της θερμότητας χρησιμοποιείται για τη θέρμανση των χωνευτήρων (θερμότητα διεργασίας) και περίπου τα δύο τρίτα όλης της παραχθείσας ενέργειας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για εξωτερικές ανάγκες. Πολλές εγκαταστάσεις βιοαερίου, σε χώρες όπως η Γερμανία, σχεδιάστηκαν αποκλειστικά για λόγους ηλεκτροπαραγωγής, χωρίς πρόβλεψη για χρήση της θερμότητας.

Η θερμότητα από βιοαέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις βιομηχανικές διεργασίες, στις γεωργικές δραστηριότητες ή για τη θέρμανση κτιρίων. Ο καταλληλότερος χρήστης της θερμότητας είναι η βιομηχανία, δεδομένου ότι η ζήτηση είναι σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Η ποιότητα της θερμότητας είναι ένα σημαντικό ζήτημα για τις βιομηχανικές εφαρμογές. Η χρήση της θερμότητας από βιοαέριο για την θέρμανση κτιρίων και νοικοκυριών (θέρμανση μικρού-δικτύου ή περιοχής) είναι μια άλλη επιλογή, αν και αυτή η εφαρμογή έχει χαμηλή ζήτηση κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και υψηλή, κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Η θερμότητα από βιοαέριο μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την ξήρανση προϊόντων, τεμαχίων ξύλου ή για το διαχωρισμό του κομπόστ

## 7 ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΚΟΜΠΟΣΤ

Η παραγωγή βιοαερίου από γεωργική βιομάζα αποτελεί ένα ενδογενές στοιχείο της ολιστικής γεωργίας, η οποία λαμβάνει υπόψη όχι μόνο τα οικονομικά κόστη και κέρδη των γεωργικών δραστηριοτήτων, αλλά και κοινωνικοοικονομικές και περιβαλλοντικές πτυχές. Η παραγωγή βιοαερίου στους αγρούς παρέχει έναν συνδυασμό γεωργικών, οικονομικών και περιβαλλοντικών οφελών και, για το λόγο αυτό, οι πρωτοπόροι των τεχνολογιών βιοαερίου στην Ευρώπη, μετά από την πετρελαϊκή κρίση, ήταν οι οργανικοί αγρότες που έβλεπαν την αναερόβια χώνευση όχι μόνο ως έναν τρόπο για παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας, αλλά και βελτίωση της ποιότητας λίπανσης των ζωικών περιττωμάτων.

### 7.1 Αναερόβια Χώνευση - Μια τεχνολογία για τη διαχείριση των ζωικών περιττωμάτων

Η κτηνοτροφία είναι επίσης γνωστή για την παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων ζωικών περιττωμάτων. Συνηθέστερα, οι γεωργικές εκτάσεις που διαθέτουν οι κτηνοτροφικές μονάδες δεν επαρκούν για τη βέλτιστη χρήση των παραχθέντων κοπριών ως λιπάσματος. Το πλεόνασμα των ζωικών περιττωμάτων απαιτεί τη λήψη επαρκών μέτρων για τη διαχείρισή τους, ώστε να αποτραπούν πιθανές σοβαρές επιπτώσεις από την υπερβολική λίπανση με ζωικά περιττώματα σε αυτές τις περιοχές, όπως είναι:

- η ρύπανση του εδάφους και των επιφανειακών υδάτων μέσω της διαρροής θρεπτικών ουσιών,
- η καταστροφή της δομής και της μικροβιολογίας του εδάφους,
- η καταστροφή συγκεκριμένων πληθυσμών χορτολιβαδικής βλάστησης και ο σχηματισμός χαρακτηριστικής «βλάστησης κοπριάς»,
- σοβαροί κίνδυνοι εκπομπών μεθανίου και αμμωνίας,
- η όχληση λόγω οσμών και μυγών, από την αποθήκευση και την εφαρμογή της κοπριάς,
- ο κίνδυνος μόλυνσης και διάδοσης των παθογόνων μικροοργανισμών.

Η αναερόβια χώνευση των ζωικών περιττωμάτων και των πολτών μπορεί να είναι η λύση στα ανωτέρω προβλήματα, επιτρέποντας τις φιλικές προς το περιβάλλον γεωργικές πρακτικές.

### 7.2 Από την κοπριά στο κομπόστ ως λίπασμα

#### 7.2.1 Βιο-διάσπαση της οργανικής ουσίας

Στην πράξη, οι εγκαταστάσεις βιοαερίου που επεξεργάζονται τις ζωικές κοπριές έχουν ένα ρυθμό υποβάθμισης της οργανικής ουσίας της τάξης του 40% για την περίπτωση της κοπριάς βοοειδών και 65% για την κοπριά των χοίρων. Ο ρυθμός υποβάθμισης εξαρτάται κυρίως από τον τύπο της πρώτης ύλης, τον υδραυλικό χρόνο παραμονής (HRT) και τη θερμοκρασία της διεργασίας. Λόγω της υποβάθμισης της οργανικής ουσίας, γίνεται ευκολότερη η άντληση και η χρήση του κομπόστ ως λίπασμα, με μειωμένες ανάγκες για ανάδευση, σε σύγκριση με την ακατέργαστη κοπριά.

**Πίνακας 7.1: Διανομή των θρεπτικών ουσιών στο κομπόστ [2]**

	<b>Ξηρή ουσία %</b>	<b>Σύνολο N kg/ton</b>	<b>NH<sub>4</sub>-N kg/ton</b>	<b>P kg/ton</b>	<b>K kg/ton</b>	<b>pH</b>
Κοπριά βοοειδών	6,0	5,0	2,8	0,8	3,5	6,5
Κοπριά χοίρων	4,0	5,0	3,8	1,0	2,0	7,0
Χωνευμένη κοπριά	2,8	5,0	4,0	0,9	2,8	7,5

### 7.2.2 Μείωση των οσμών

Μια από τις σημαντικές θετικές αλλαγές που πραγματοποιούνται μέσω της αναερόβιας χώνευσης της, είναι η σημαντική μείωση των οσμηρών ουσιών (πτητικά οξέα, φαινόλη και παράγωγα φαινολών). Η εμπειρία δείχνει ότι μπορεί να επιτευχθεί μείωση μέχρι και το 80% των οσμών στα υποστρώματα της πρώτης ύλης. Είναι όχι μόνο μια μείωση της έντασης και της διατήρησης των οσμών, αλλά και μια θετική αλλαγή στη σύνθεση των οσμών, καθώς το κομπόστ δεν έχει πλέον τη δυσάρεστη μυρωδιά της κοπριάς. Ακόμα κι αν αποθηκεύεται για μεγαλύτερες χρονικές περιόδους, το κομπόστ δεν παρουσιάζει καμία αύξηση στην εκπομπή των οσμών. Μελέτες έχουν δείξει [1] ότι 12 ώρες μετά από την εφαρμογή του κομπόστ στον αγρό, η μυρωδιά έχει σχεδόν εξαφανιστεί.

### 7.2.3 Υγιεινή

Η διεργασία της αναερόβιας χώνευσης αδρανοποιεί τους ιούς, τα βακτηρίδια και τα παράσιτα στα επεξεργασμένα υποστρώματα πρώτης ύλης, επίδραση που συνήθως καλείται “υγιεινή”. Η αποδοτικότητα της υγιεινής της αναερόβιας χώνευσης εξαρτάται από το χρόνο παραμονής της πρώτης ύλης μέσα στο χωνευτήρα, τη θερμοκρασία της διεργασίας, την τεχνική ανάδευσης και τον τύπο του χωνευτήρα. Προκειμένου να εξασφαλιστεί η κτηνιατρικώς ασφαλής ανακύκλωση του κομπόστ ως λίπασμα, η Ευρωπαϊκή νομοθεσία απαιτεί συγκεκριμένα μέτρα υγιεινής στην περίπτωση των τύπων πρώτης ύλης ζωικής προέλευσης. Ανάλογα με τον τύπο της πρώτης ύλης απαιτείται προ-υγιεινή μέσω παστερίωσης, ή μέσω αποστείρωσης υπό πίεση πριν την παροχή του υποστρώματος στον χωνευτήρα.

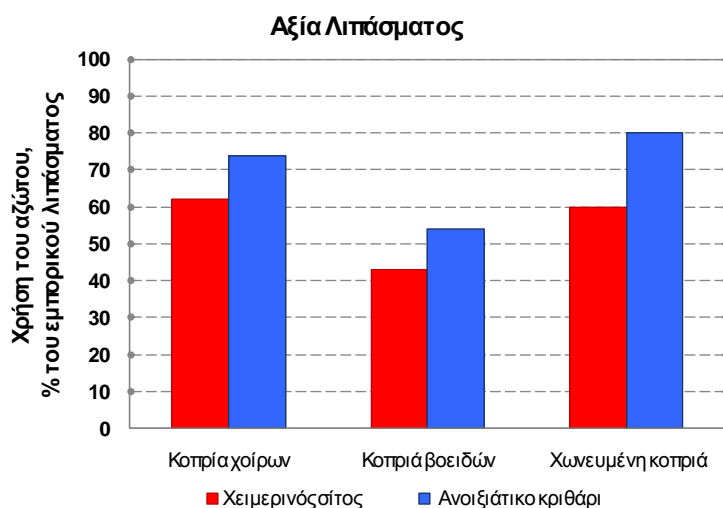
### 7.2.4 Αποφυγή του καψίματος των φυτών

Η εφαρμογή του ακατέργαστου πολτού ως λιπάσματος μπορεί να προκαλέσει το κάψιμο των φύλλων των φυτών, που οφείλεται στην επίδραση των χαμηλής πυκνότητας λιπαρών οξέων, όπως το οξικό οξύ. Κατά τη λίπανση με κομπόστ, αποφεύγεται το κάψιμο των φυτών, δεδομένου ότι τα περισσότερα λιπαρά οξέα έχουν διαλυθεί από τη διεργασία της ΑΧ. Το κομπόστ ρέει ευκολότερα από τα φυτά απ’ ότι ο μη χωνευμένος πολτός, πράγμα που μειώνει το χρόνο της άμεσης επαφής μεταξύ του πολτού /κομπόστ και των εναέριων μερών των φυτών και μέσω αυτού τον κίνδυνο ζημίας των φύλλων.

### 7.2.5 Βελτίωση του λιπάσματος

Μέσω της διεργασίας της αναερόβιας χώνευσης, οι πιο οργανικά συνδεδεμένες θρεπτικές ουσίες, ιδιαίτερα το άζωτο, είναι μεταλλοποιημένες και διατίθενται εύκολα στα φυτά. Το Σχήμα 7.1 παρουσιάζει την χρήση του αζώτου από χωνευμένη κοπριά, που εφαρμόζεται στο χειμερινό σίτο και το ανοιξιάτικο κριθάρι, έναντι της χρήσης αζώτου από μη χωνευμένη κοπριά. Λόγω της αυξανόμενης διαθεσιμότητας του αζώτου, το κομπόστ μπορεί να ενσωματωθεί πλήρως στα σχέδια λίπανσης των αγροκτημάτων, καθώς είναι δυνατό να υπολογιστούν τα αποτελέσματα λίπανσής του με τον ίδιο τρόπο όπως και για τα ορυκτά λιπάσματα.

Το κομπόστ έχει χαμηλότερη αναλογία C/N, έναντι του ακατέργαστου λιπάσματος. Η χαμηλότερη αναλογία C/N σημαίνει ότι το κομπόστ έχει μια καλύτερη επίδραση βραχυπρόθεσμης N-λίπανσης. Όταν η τιμή της αναλογίας C/N είναι πάρα πολύ υψηλή, οι μικροοργανισμοί υπερισχύουν στο χώμα, καθώς ανταγωνίζονται επιτυχώς με τις ρίζες των φυτών για το διαθέσιμο άζωτο.



Σχήμα 7.1: Χρήση του αζώτου στο κομπόστ σε σύγκριση με τον μη επεξεργασμένο πολτό χοίρων και βοειδών [2]

## **8 ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΕΡΓΩΝ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**

### **8.1 Παρούσα κατάσταση**

Στην δεκαετία του 1980 λίγα έργα για την ενεργειακή αξιοποίηση του βιοαερίου υλοποιήθηκαν στην Ελλάδα με πρώτη ύλη κυρίως κτηνοτροφικά απόβλητα και απόβλητα από βιομηχανίες επεξεργασίας τροφίμων. Κάποια από αυτά ήταν επιδεικτικά έργα τα οποία μετά τον αρχικό ενθουσιασμό και την εξασφάλιση επιστημονικής υποστήριξης σταμάτησαν την λειτουργία τους.

Στις μέρες μας η εκμετάλλευση του βιοαερίου αποτελεί μια γνωστή τεχνολογία στις περιπτώσεις των Χώρων Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (Χ.Υ.Τ.Α.) και των Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων (Ε.Ε.Λ.). Παρ' όλα αυτά, υπάρχει ακόμη έλλειψη γνώσης και πληροφόρησης όχι μόνο των αγροτών αλλά και των βιομηχανιών και του ευρύτερου κοινού γενικότερα σχετικά με τις δυνατότητες ενεργειακής αξιοποίησης των αποβλήτων, της τελικής τους χρήσης (π.χ. παραγωγή ηλεκτρισμού, κάλυψη θερμικών αναγκών, έγχυση στο δίκτυο του φυσικού αερίου, χρήση ως καύσιμο στις μεταφορές) και των πλεονεκτημάτων τους.

**Η προσέγγιση είναι αυτή της διάθεσης των αποβλήτων μετά από κάποια επεξεργασία παρά η υιοθέτηση μιας γνωστής και ολοκληρωμένης τεχνολογίας όπως η αναερόβια χώνευση για την παράλληλη παραγωγή βιοαερίου και την χρήση του υπολείμματος ως εδαφοβελτιωτικό. Επιπρόσθετα, η διάθεση ανεπεξέργαστων αποβλήτων δεν έχει δημιουργήσει σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα ως τώρα σε σύγκριση με τις χώρες της Δυτικής Ευρώπης. Στις περισσότερες δε των περιπτώσεων η αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει» δεν εφαρμόζεται επαρκώς αν και η ελληνική περιβαλλοντική νομοθεσία είναι αυστηρή.**

Το 2006 οι ΑΠΕ συνεισέφεραν 1,8 Mt.I.P της ακαθάριστης εγχώριας κατανάλωσης. Η βιομάζα συνεισέφερε το 56% αυτού καλύπτοντας κυρίως θερμικές ανάγκες.[86]

Το βιοαέριο που παρήχθη από Ε.Ε.Λ., Χ.Υ.Τ.Α. και ελάχιστες βιομηχανικές εφαρμογές συνεισέφερε 0,036 Mt.I.P. κυρίως λόγω ηλεκτροπαραγωγής. Η εγκατεστημένη ισχύς των μονάδων βιοαερίου ανήλθε σε 24 MW, με δεδομένο ότι η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των ΑΠΕ ήταν 3.894 MW. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιοαέριο ανήλθε σε 92 GWh (1,1% στο σύνολο της ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ) [86].

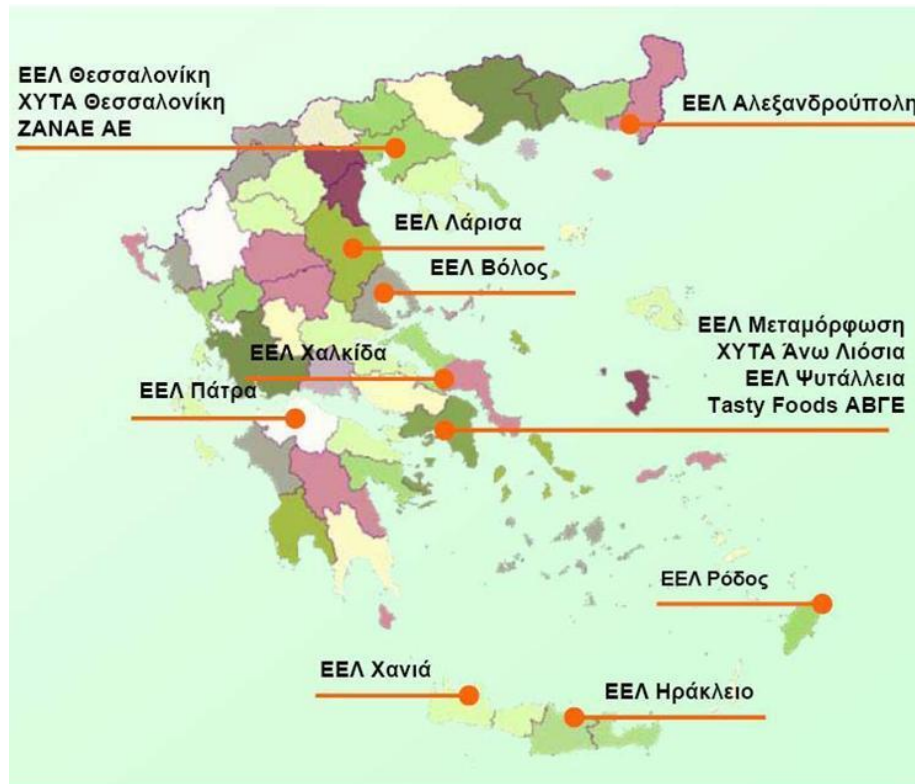
Κατά την διάρκεια του έτους 2007 δεκαπέντε μονάδες βιοαερίου λειτούργησαν στην Ελλάδα όπως φαίνεται στο Σχήμα 8.1 [92].

. Στις περισσότερες των περιπτώσεων η εκμετάλλευση του βιοαερίου καλύπτει θερμικές ανάγκες των μονάδων. Παρ' όλα αυτά η εγκατεστημένη ισχύς των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής από βιοαέριο ανήλθε σε 37,4 MW και η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια ανήλθε σε 155,9 GWh [59], [85]

Το μεγαλύτερο τμήμα της ενέργειας παρήχθη στην Αθήνα λόγω της λειτουργία μονάδων βιοαερίου στην Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων (Ε.Ε.Λ.) της Ψυτάλλειας και στον Χώρο Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (Χ.Υ.Τ.Α.) Άνω Λιοσίων, χώροι οι οποίοι επεξεργάζονται υγρά και στερεά απόβλητα αντίστοιχα.

Η κύρια αγορά βιοαερίου στην Ελλάδα αφορά στην ηλεκτροπαραγωγή (από Χ.Υ.Τ.Α. και Βιολογικούς Καθαρισμούς) ενώ η κάλυψη θερμικών αναγκών είναι σχεδόν ανύπαρκτη (εσωτερική χρήση στις μονάδες αναερόβιας χώνευσης). Σήμερα υπάρχει μία αρκετά ώριμη ενεργειακή αγορά στην Ελλάδα σχετικά με το βιοαέριο. Παρ' όλα αυτά χρειάζεται η περαιτέρω ενδυνάμωση της εγχώριας ενεργειακής βιομηχανίας. Με τον τρόπο αυτό θα προωθηθεί περαιτέρω η ανάπτυξη έργων βιοαερίου και μειωθούν τα κόστη επένδυσης.

Αξιοποίηση των Γεωργικών Υπολειμμάτων και Κτηνοτροφικών Αποβλήτων της Περιφερειακής Ενότητας Σερρών, για την Συμπαράγωγή Ηλεκτρικής και Θερμικής Ενέργειας (Σ.Η.Θ) μέσω της Συνδυασμένης Αναερόβιας Χώνευσης



Σχήμα 8.1: Μονάδες βιοαερίου στην Ελλάδα (σε λειτουργία το έτος 2007) [86]

## 8.2 Δυναμικό βιοαερίου

Στην Ελλάδα στις περισσότερες των περιπτώσεων η Τοπική Αυτοδιοίκηση και οι Περιφερειακοί-Εθνικοί Φορείς είναι υπεύθυνοι για την συλλογή, επεξεργασία και τελική διάθεση των υγρών και στερεών οικιακών αποβλήτων στην Ελλάδα και την χάραξη πολιτικής. Στις περιπτώσεις αυτές η διαθεσιμότητα των αποβλήτων είναι σταθερή και δεδομένη (με εξαίρεση μικρές εποχιακές διακυμάνσεις λόγω τουρισμού). Αντίθετα, τα γεωργικά - κτηνοτροφικά απόβλητα αποτελούν ιδιαίτερο ζήτημα λόγω του υψηλού δυναμικού τους αλλά και της χωρικής τους διασποράς σε ολόκληρη την χώρα. Σε κάποιες περιπτώσεις υπάρχει έλλειψη γνώσης για το δυναμικό των αποβλήτων και της εναλλακτικής δυνατότητας εκμετάλλευσης του βιοαερίου.

Παράμετροι όπως η σταθερή διαθεσιμότητα των παραγωγή βιοαερίου. Σε περιοχές όπως η Ελλάδα η εποχιακή παραγωγή αποβλήτων (πχ. απόβλητα χυμοποιείων, κομπόστας, τυροκομείων, επεξεργασίας πατάτας κ.λπ.) αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την επιτυχή υλοποίηση ενός έργου βιοαερίου. Βιοαέριο μπορεί να παραχθεί σχεδόν από όλα τα ήδη οργανικών αποβλήτων. Σήμερα στην Ευρώπη, υπάρχουν σχετικά περιορισμένοι όγκοι βιοαερίου που προέρχονται από Ε.Ε.Λ., Χ.Υ.Τ.Α. και βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Ο μεγάλος όγκος βιοαερίου το 2020 προβλέπεται ότι θα προέρχεται από μεγάλες κεντρικές μονάδες συνδυασμένης χώνευσης και κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις οι οποίες θα έχουν ενσωματωθεί στην γενικότερη δομή του τομέα της κτηνοτροφίας και της επεξεργασίας τροφίμων.

Στην Ελλάδα η κατάσταση είναι κάπως διαφορετική καθώς η παραγωγή βιοαερίου προέρχεται κυρίως από Ε.Ε.Λ., Χ.Υ.Τ.Α. και ελάχιστες βιομηχανικές εφαρμογές. Αν και σε επίπεδο χώρας υπάρχει σημαντικό δυναμικό οργανικών αποβλήτων και ειδικότερα ζωικά απόβλητα, σήμερα δεν υπάρχουν μικρής κλίμακας αγροτικές - κτηνοτροφικές μονάδες. Αξίζει να σημειωθεί ότι λαμβάνοντας

υπόψη μόνο τους εκτρεφόμενους πληθυσμούς ζώων στην Ελλάδα (βοοειδή και χοίρους) και βασιζόμενοι σε διαφορετικές παραδοχές, αρκετοί συγγραφείς έχουν εκτιμήσει ότι η θεωρητική παραγωγή ζωικών αποβλήτων σε ετήσια βάση ανέρχεται σε 10-17 εκατομμύρια τόνους.

Σύμφωνα με εκτιμήσεις του Κ.Α.Π.Ε., βασιζόμενοι σε συντηρητικά σενάρια, υπολογίζεται ότι η Αναερόβια Χώνευση ζωικών αποβλήτων και αποβλήτων σφαγείων και γαλακτοβιομηχανιών θα μπορούσε να τροφοδοτήσει μονάδες συμπαράγωγής συνολικής ισχύος 350 MW με μέση ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας 1.121.389 MWhel [67].

### 8.3 Πολιτική των ΑΠΕ στην Ελλάδα

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) διαφαίνεται ότι θα έχουν σημαντική συνεισφορά στο ενεργειακό σύστημα της χώρας στα επόμενα χρόνια. Παράλληλα, την τελευταία δεκαετία ένα θετικό κλίμα έχει δημιουργηθεί για την αντικατάσταση των συμβατικών ενεργειακών πηγών καθώς συνεισφέρουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και η χρήση τους σχετίζεται με μία σειρά περιβαλλοντικών προβλημάτων. Για το λόγο αυτό οι ΑΠΕ καταλαμβάνουν ολοένα και ψηλότερη θέση στην ενεργειακή ατζέντα.

Η ανάπτυξη και περαιτέρω διεξόδυση των ΑΠΕ συνεισφέρει όχι μόνο στο ενεργειακό σύστημα αλλά και στην προστασία του περιβάλλοντος και στις ενεργειακές και περιβαλλοντικές δεσμεύσεις της χώρας. Οι κύριοι υποστηρικτικοί μηχανισμοί σήμερα στην Ελλάδα στα θέματα ΑΠΕ είναι: α) η εγγυημένη τιμή πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας και β) η δημόσια χρηματοδότηση έργων ΑΠΕ.

Σύμφωνα με την Οδηγία 2001/77/ΕΚ «Για την προαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας» (ΟJL283/27.10.2001) ένας ενδεικτικός στόχος τέθηκε για την Ελλάδα. Ειδικότερα, το Παράρτημα Ι της Οδηγίας θέτει ενδεικτικούς εθνικούς στόχους κάλυψης από Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ως ποσοστό της ακαθάριστης κατανάλωσης ενέργειας κατά το έτος 2010 για τα κράτη μέλη. Για την Ελλάδα ο στόχος αυτός είναι 20,1% (συμπεριλαμβανομένων των μεγάλων υδροηλεκτρικών έργων).

Σύμφωνα με εκτιμήσεις του Υπουργείου Ανάπτυξης και τις εθνικές εκθέσεις οι απαιτήσεις σε εγκατεστημένη ισχύ ΑΠΕ για το 2010 προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος που φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα (Πίνακας 8.1). Ο Νόμος 3468/2006 παρέχει το νομοθετικό πλαίσιο και εναρμονίζει την Οδηγία 2001/77/ΕΚ στο εθνικό δίκαιο.

**Πίνακας 8.1: Απαιτήσεις εγκατάστασης ΑΠΕ για επίτευξη του στόχου 2010 [86]**

	Απαιτήσεις σε Εγκατεστημένη ισχύ το 2010 σε MW	Παραγωγή ενέργειας το 2010 σε δις kWh	Ποσοστιαία συμμετοχή ανά τύπο ΑΠΕ το 2010
Αιολικά πάρκα	3.372	7,09	10,42
Μικρά υδροηλεκτρικά	364	1,09	1,60
Μεγάλα υδροηλεκτρικά	3.325	4,58	6,74
Βιομάζα	103	0,81	1,19
Γεωθερμία	12	0,09	0,13
Αιολικά πάρκα	18	0,02	0,03
Σύνολο	7.193	13,67	20,10

## **9 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ ΣΕΡΡΩΝ**

### **9.1 Γεωγραφική θέση του νομού Σερρών**

Ο νομός Σερρών είναι ένας από τους 13 Νομούς της Μακεδονίας, του μεγαλύτερου διαμερίσματος της πατρίδας μας σε έκταση και πλούτο. Καταλαμβάνει το Ανατολικό της τμήμα και απλώνεται από το Στρυμονικό κόλπο, που βρίσκεται στην Νότιο πλευρά του μέχρι τα Ελληνοβουλγαρικά σύνορα στο Βορρά. Ανατολικά συνορεύει με τους Νομούς Δράμας και Καβάλας και Δυτικά με τους Νομούς Θεσσαλονίκης και Κιλκίς. Ανήκει στους πεδινότερους Νομούς της χώρας, δεδομένου ότι το 48% της συνολικής έκτασης του χαρακτηρίζεται σαν πεδινό-ημιορεινό, και περικλείεται από τις οροσειρές Κερκίνης-Βερτίσκου-Κερδυλίων, δυτικά και Ορβήλου-Μενοικίου-Παγγαίου, Ανατολικά. Το Νομό διασχίζει ο ποταμός Στρυμόνας, που πηγάζει από τη Βουλγαρία και εκβάλλει στο Στρυμονικό κόλπο (Ορφανού). Κυριότερος παραπόταμος του είναι ο Αγγίτης, στο ανατολικό τμήμα του Νομού.

Η συνολική έκταση του Νομού ανέρχεται σε 3.968 km<sup>2</sup>, δηλ. το 3% της χώρας, από την οποία το 41% είναι γεωργική γη, πράγμα που καθορίζει και την κυριότερη ασχολία των κατοίκων του Νομού.

Κυρίαρχο στοιχείο στο φυσικό περιβάλλον του νομού Σερρών είναι η απέραντη εύφορη πεδιάδα του, που περικλείεται από οροσειρές δασώδεις, με έντονη χειμαρρική δράση. Εξήντα οκτώ χειμάρροι εκβάλλουν στην καταπράσινη αυτή πεδιάδα, "εμπλουτίζοντας" την στο διάβα τους με φερτές ύλες, επιφανειακής και χαραδρωτικής διάβρωσης, συνολικού όγκου 14.000m<sup>3</sup>/ km<sup>2</sup>/έτος.

Αυτή η "εδαφορραγία" του νομού, που με τα προϊόντα της διάβρωσης κατακλύζει κυριολεκτικά τις καλλιεργημένες εκτάσεις της πεδιάδας και καταχώνει τα μνημεία του πολιτισμού του νομού, αντιμετωπίζεται με ένα μεγάλο πρόγραμμα διευθέτησης των χειμάρρων, που λειτουργεί συνεχώς από το 1932 με κυμαινόμενη ένταση. Στις νότιες πλαγιές των ορεινών όγκων της Βροντούς, οι λεκάνες απορροής των χειμάρρων χαρακτηρίζονται από ανεπαρκή φυτοκάλυψη (ποσοστό δοσοκάλυψης 15-24%). Έντονα χαρακτηριστικό γνώρισμα αυτής της περιοχής είναι επίσης η λιθολογική της δομή, η οποία αποτελείται, κατά ποσοστό 30-45%, από ευδιάβρωτα εδαφολογικά στρώματα. Τα δάση του νομού, που καλύπτουν έκταση 820.000 στρεμμάτων, έχουν περιοριστεί στον ορεινό όγκο που περιβάλλει την πεδιάδα και μόνο η λευκοκαλλιέργεια- δημόσια και ιδιωτική- ακολουθεί τα αναχώματα του ποταμού Στρυμόνα ως την αποξηραμένη λίμνη της Αχινούς.

Εξάλλου, υδρόβια και υδροχαρή μικροδάση αναπτύσσονται στις άλλοτε στρατιωτικές ζώνες του Στρυμόνα, πάνω από τη γέφυρα του Πετριτσίου, και σ' όλα τα μεγάλα υπό διευθέτηση ορεινά ράματα, στο φαράγγι του Αγγίτη, και στα πηγαία νερά του Αγκίστρου. Στην πεδινή και ημιορεινή περιοχή αναπτύσσονται σημαντικοί υγροβιότοποι, διεθνούς σημασίας και αποδοχής.

Σημαντικότερους από όλους είναι ο υγροβιότοπος της λίμνης Κερκίνης, ένα "θαύμα" του οποίου η μοναδικότητα ολοκληρώθηκε από την τεχνική επέμβαση του ανθρώπου πάνω στα φυσικά χαρακτηριστικά του Στρυμόνα ποταμού. Ένας άλλος σημαντικός, αλλά μικρότερος σε έκταση, υγρότοπος είχε δημιουργηθεί στο παλιό Δέλτα του Στρυμόνα, ο οποίος, όμως, έχει δεχθεί όλες τις αρνητικές επιπτώσεις των μεγάλων οδικών έργων που έγιναν πρόσφατα στην περιοχή, με αποτέλεσμα να αλλάξει στο σημείο αυτό η κοίτη και να δημιουργηθούν οι σημερινές νέες εκβολές του στο Αιγαίο. Από το Στρυμόνα έχουν δημιουργηθεί, διαδοχικά, τα τελευταία είκοσι χρόνια και άλλοι μικρότεροι υγρότοποι, διάσπαρτοι γύρω και ανάμεσα στις ορυζοκαλλιέργειες του νομού, στο κεντρικό μέρος του κάμπου.





Χάρτης 9.1. Δορυφορικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής του νομού Σερρών. Στο βορειοδυτικό τμήμα του κόκκινου πλαισίου διακρίνεται η λίμνη Κερκίνη, ενώ στο κέντρο του πλαισίου το ανοιχτό καφέ χρώμα απεικονίζει την πεδιάδα του ποταμού Στρυμόνα [95]

Ο συνολικός πληθυσμός του νομού, κατά την απογραφή του 2001, ήταν 200.916 κάτοικοι, που αποτελεί ποσοστιαία το 2% περίπου του συνολικού πληθυσμού της χώρας. Η ποσοστιαία κατανομή του πληθυσμού σε αγροτικό και αστικό είναι 53% (106.599 κάτοικοι) και 47% (94.317 κάτοικοι) αντίστοιχα. Η έκταση του νομού ανέρχεται σε 3.970 km<sup>2</sup>, που αντιστοιχεί στο 3% της συνολικής έκτασης της χώρας. Το 48% του νομού αποτελούν γεωργικές εκτάσεις, γεγονός που καθορίζει και τον κύριο τομέα απασχόλησης στον οποίο δραστηριοποιούνται οι κάτοικοί του [93].

Διοικητικά ο νομός Σερρών διαιρείται σε τέσσερις επαρχίες:

- Επαρχία Σερρών, με πρωτεύουσα τις Σέρρες.
- Επαρχία Βισαλτίας, με πρωτεύουσα τη Νιγρίτα.
- Επαρχία Σιντικής, με πρωτεύουσα το Σιδηρόκαστρο.
- Επαρχία Φυλλίδας, με πρωτεύουσα τη Νέα Ζίχνη.

## **9.2 Κλιματολογικά και βιοκλιματικά χαρακτηριστικά**

Στο νομό διακρίνονται δύο κλιματικές περιοχές.

- α) η ορεινή του βόρειου τμήματος και η
- β) η νοτιοανατολική

Η πρώτη χαρακτηρίζεται από αυξημένο ύψος βροχοπτώσεων, δριμύτερους χειμώνες και βραχεία βλαστική περίοδο. Η μέση μηνιαία θερμοκρασία κατεβαίνει κάτω από τους 15 βαθμούς Κελσίου από τον Οκτώβριο και ανεβαίνει πάλι τον Μάιο. Ψυχρότεροι μήνες είναι ο Ιανουάριος και ο Φεβρουάριος. Παρατηρούνται πρώιμοι και όψιμοι παγετοί.

Η δεύτερη κλιματική ζώνη χαρακτηρίζεται από μικρότερου ύψους βροχοπτώσεις, που κυμαίνονται από 500-600 χλμ. Η μέση μηνιαία θερμοκρασία κατεβαίνει κάτω από τους 15 βαθμούς Κελσίου το Νοέμβριο, με εμφάνιση ημερών παγετού από τις αρχές του μήνα. Ο ψυχρότερος μήνας είναι ο Ιανουάριος ενώ θερμότεροι είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος.

Η κατανομή των βροχοπτώσεων παρουσιάζει δύο απόλυτα μέγιστες τιμές, την κύρια το Νοέμβριο και τη δευτερεύουσα το Μάιο.

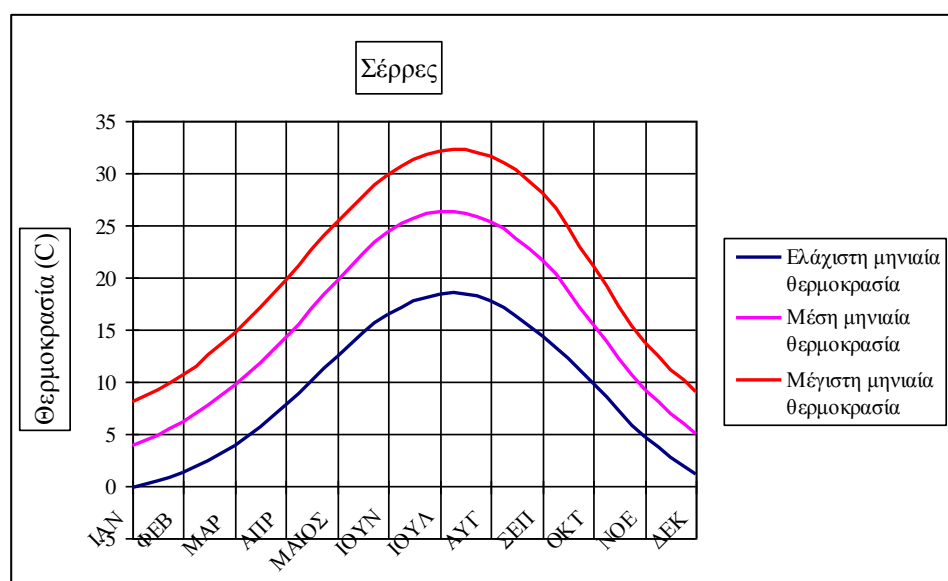
Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται οι μέσες μηνιαίες τιμές των μετεωρολογικών στοιχείων για τις Σέρρες. Τα δεδομένα προέρχονται από το Μετεωρολογικό σταθμό των Σερρών. [97]

Γεωγραφικό μήκος (Longitude) 23ο41'1" / Γεωγραφικό Πλάτος (Latitude) 41ο4'1" / Ύψος 35μ

Αξιοποίηση των Γεωργικών Υπολειμμάτων και Κτηνοτροφικών Αποβλήτων της Περιφερειακής Ενότητας Σερρών, για την Συμπαράγωγή Ηλεκτρικής και Θερμικής Ενέργειας (Σ.Η.Θ) μέσω της Συνδυασμένης Αναερόβιας Χώνευσης

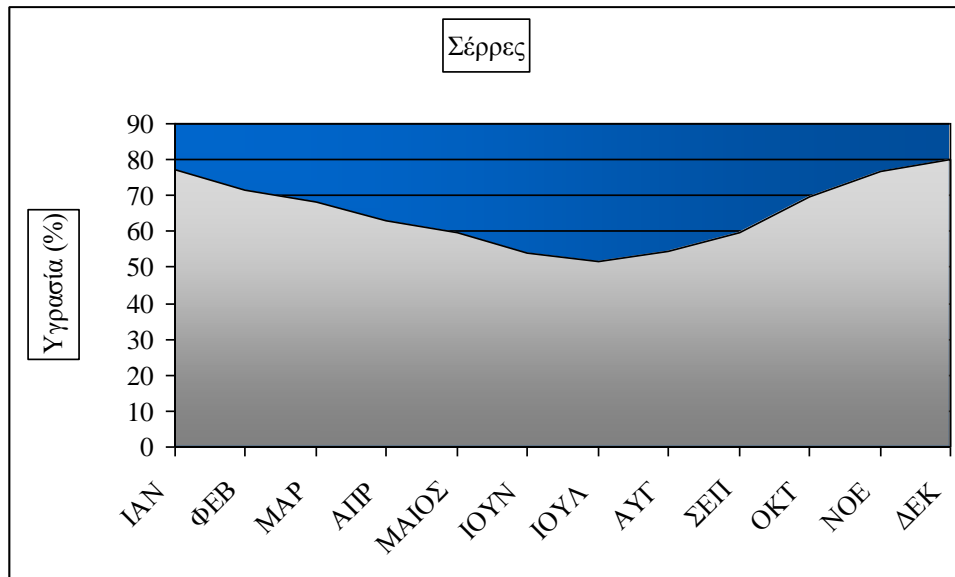
	Ελάχιστη Μηνιαία Θερμοκρασία °C	Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία °C	Μέγιστη Μηνιαία Θερμοκρασία °C	Μέση Μηνιαία Υγρασία %	Συνολικές Μέρες Βροχής d	Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση mm	Μέση Μηνιαία Διεύθυνση Ανέμων	Μέση Μηνιαία Ένταση Ανέμων
ΙΑΝ	-0,1	3,9	8,1	77,1	8,2	32,1	Δ	2,0
ΦΕΒ	1,3	6,2	10,6	71,7	8,7	40,6	N	2,8
ΜΑΡ	3,9	9,6	14,6	68,1	9,3	33,2	A	3,2
ΑΠΡ	7,7	14,2	19,6	63,2	9,4	37,6	A	3,6
ΜΑΙ	12,5	19,6	25,3	59,8	10,5	47,7	A	3,7
ΙΟΥΝ	16,5	24,3	29,9	53,8	6,7	40,7	Δ	4,3
ΙΟΥΛ	18,4	26,3	32,1	51,7	5,3	29,1	Δ	3,9
ΑΥΓ	17,7	25,3	31,6	54,5	5,5	30,2	Δ	3,4
ΣΕΠ	14,3	21,6	28,0	59,5	4,3	20,7	A	3,1
ΟΚΤ	9,8	15,5	21,2	69,6	6,4	38,3	N	2,2
ΝΟΕ	4,6	9,2	13,7	76,8	8,6	50,7	N	2,0
ΔΕΚ	1,1	5,0	9,0	80,2	8,5	47,6	Δ	1,6

Πίνακας 9.1 : Μετεωρολογικά στοιχεία Σερρών

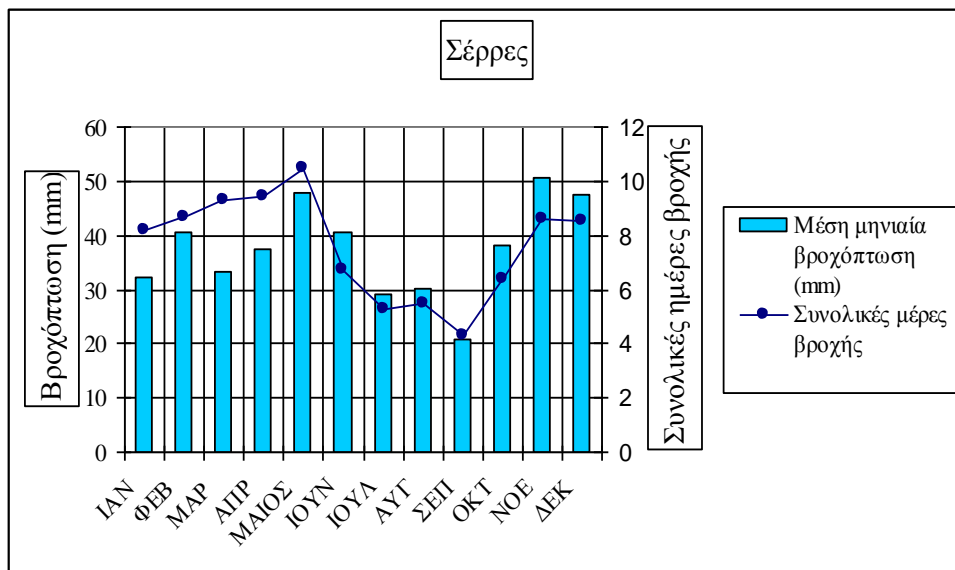


Διάγραμμα 9.1: Ελάχιστη, μέση και μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία

Αξιοποίηση των Γεωργικών Υπολειμμάτων και Κτηνοτροφικών Αποβλήτων της Περιφερειακής Ενότητας Σερρών, για την Συμπαράγωγή Ηλεκτρικής και Θερμικής Ενέργειας (Σ.Η.Θ) μέσω της Συνδυασμένης Αναερόβιας Χώνευσης

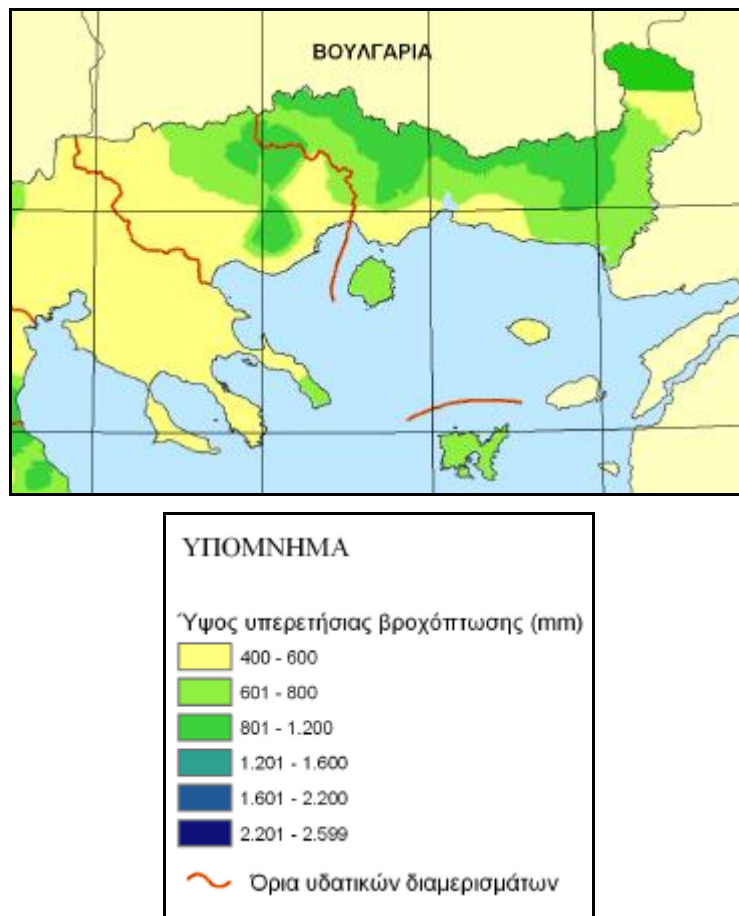


Διάγραμμα 9.2: Μέση μηνιαία υγρασία

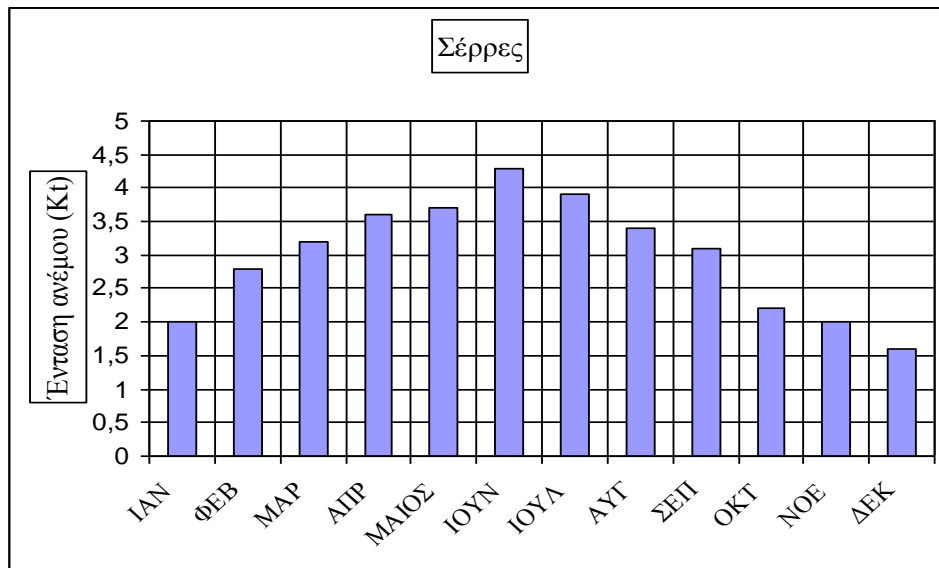


Διάγραμμα 9.3: Μέση μηνιαία βροχόπτωση – συνολικές μέρες βροχής

Αξιοποίηση των Γεωργικών Υπολειμμάτων και Κτηνοτροφικών Αποβλήτων της Περιφερειακής Ενότητας Σερρών, για την Συμπαράγωγή Ηλεκτρικής και Θερμικής Ενέργειας (Σ.Η.Θ) μέσω της Συνδυασμένης Αναερόβιας Χώνευσης



Χάρτης 9.2: Μέση υπερετήσια βροχόπτωση [97]



**Διάγραμμα 9.4: Μέση μηνιαία ένταση ανέμου**

Η μέση ετήσια θερμοκρασία οριοθετείται γύρω στους 15°C. Όπως παρατηρείται στον παραπάνω πίνακα οι ψυχρότεροι μήνες είναι ο Ιανουάριος, ο Φεβρουάριος, ο Μάρτιος και ο Δεκέμβριος με μέσες μηνιαίες τιμές χαμηλότερες των 7°C, ενώ οι θερμότεροι είναι ο Ιούνιος, ο Ιούλιος και ο Αύγουστος με μέσες θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 24°C. Η μέση ελάχιστη θερμοκρασία για το μετεωρολογικό σταθμό των Σερρών είναι -0,1°C και παρατηρείται κατά το μήνα Ιανουάριο, ενώ η μέση μέγιστη είναι 26,3°C και παρατηρείται κατά το μήνα Ιούλιο. Η απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία του σταθμού είναι 42,8°C και η απόλυτη ελάχιστη θερμοκρασία -17,6°C.

Ενδεικτικά, το μέσο ετήσιο ύψος των βροχοπτώσεων είναι 448,5 mm στο σταθμό Σερρών. Οι πιο βροχεροί μήνες είναι από τον Φεβρουάριο ως τον Μάιο, ενώ οι πιο ξηροί είναι οι Ιούλιος, Αύγουστος και Σεπτέμβριος. Η μέση ετήσια υγρασία είναι γύρω στο 65,5%.

Οι τιμές της υγρασίας είναι αρκετά υψηλές και διατηρούνται σε όλη τη διάρκεια του έτους πάνω από 51,5%. Η πιο ξηρή περίοδος είναι κατά τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο, ενώ κατά την περίοδο Νοέμβριο – Ιανουάριο οι τιμές ξεπερνούν το 76,8%.

Οι ψηλότερες τιμές νέφωσης απαντώνται στους μήνες Νοέμβριο ως Μάιο. Οι χιονοπτώσεις είναι συνηθισμένες, ιδιαίτερα στα ορεινά, με μέσο όρο 4,7 μέρες το χρόνο. Οι περισσότερες χιονοπτώσεις παρατηρούνται τους μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο. Γενικά δεν εμφανίζονται χαλαζοπτώσεις (0,2 μέρες το χρόνο), ενώ οι ημέρες με ομίχλη κάνουν την εμφάνισή τους κυρίως τους μήνες Νοέμβριο ως Ιανουάριο (33,5 μέρες το χρόνο). Τέλος ο παγετός εμφανίζεται κυρίως τους μήνες Δεκέμβριο και Ιανουάριο με ετήσια τιμή τις 25,5 ημέρες το χρόνο [97].

### 9.3 Μορφολογικά και τοπιολογικά χαρακτηριστικά

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το 48% της συνολικής έκτασης του νομού Σερρών χαρακτηρίζεται πεδινό, γεγονός που τον κατατάσσει ως τον δεύτερο από πλευράς καλλιεργούμενων εκτάσεων, μετά το νομό Λαρίσης, στη χώρα. Η Σερραϊκή πεδιάδα περικλείεται από τις οροσειρές Κερκίνης βορειοδυτικά, Μαυροβουνίου-Βερτίσκου δυτικά, Κερδυλλίων νοτιοδυτικά, από την οροσειρά του Παγγαίου νοτιοανατολικά και ανατολικά από τις οροσειρές Μενοικίου-Βροντούς ανατολικά (βλ. χάρτη 2). Μορφολογικά η πεδινή έκταση του νομού μπορεί να χωριστεί σε τρεις μικρότερες πεδιάδες, αυτή του Σιδηροκάστρου, των Σερρών και της Νέας Ζίχνης. Πλούσιο είναι το υδρογραφικό δίκτυο του νομού. Διασχίζεται από τον ποταμό Στρυμόνα, που πηγάζει από την Βουλγαρία και έχοντας διεύθυνση ροής βορειοδυτικά-νοτιοανατολικά εκβάλλει στο Στρυμονικό Κόλπο. Κυριότερος παραπόταμος του Στρυμόνα είναι ο Αγγίτης, ο οποίος γεωγραφικά τοποθετείται στο ανατολικό τμήμα του νομού, ενώ άλλοι παραπόταμοί του είναι ο Κρουσοβίτης, ο Ξηροπόταμος κ.λ.π. Στο βορειοδυτικό τμήμα της Σερραϊκής πεδιάδας βρίσκεται η τεχνητή λίμνη Κερκίνη, η οποία δημιουργήθηκε το 1932 (με την κατασκευή φράγματος) για την διαχείριση των υδάτων του ποταμού Στρυμόνα. Η χωρητικότητά της ξεπερνάει τα 300.000.000 m<sup>3</sup>. Η επιφάνεια της λίμνης Κερκίνης κυμαίνεται εποχικά από 54.000 έως και 72.000 στρέμματα, ενώ γύρω από αυτήν έχει δημιουργηθεί ένα από τους σημαντικότερους υγροβιότοπους της Ελλάδας [93].

### 9.4 Φυσικό Περιβάλλον

#### 9.4.1 Ειδικές φυσικές περιοχές

Παρακάτω παρουσιάζονται οι περιοχές του Νομού Σερρών, οι οποίες εντάσσονται στο Δίκτυο Προστατευόμενων περιοχών Natura 2000 [98].

Όνομα Τόπου	Κατηγορία	Κωδικός	Έκταση (Ha)
<a href="#">ΛΙΜΝΗ ΚΕΡΚΙΝΗ - ΚΡΟΥΣΙΑ - ΚΟΡΥΦΕΣ ΟΡΟΥΣ ΜΠΕΛΕΣ, ΑΓΓΙΣΤΡΟ-ΧΑΡΩΠΟ</a>	SCI	GR1260001	78315.82
<a href="#">ΑΪ ΓΙΑΝΝΗΣ-ΕΠΤΑΜΥΛΟΙ</a>	SCI	GR1260003	327.29
<a href="#">ΚΟΡΥΦΕΣ ΟΡΟΥΣ ΜΕΝΟΙΚΙΟΝ- ΟΡΟΣ ΚΟΥΣΚΟΥΡΑΣ-ΥΨΩΜΑ</a>	SCI	GR1260004	23288.69
<a href="#">ΚΟΡΥΦΕΣ ΟΡΟΥΣ ΟΡΒΙΛΟΣ</a>	SCI	GR1260005	4914.83
<a href="#">ΟΡΗ ΒΡΟΝΤΟΥΣ - ΛΑΪΛΙΑΣ-ΕΠΙΜΗΚΕΣ</a>	SCI	GR1260007	6799.47
<a href="#">ΕΚΒΟΛΕΣ ΠΟΤΑΜΟΥ ΣΤΡΥΜΟΝΑ</a>	SCI/SPA	GR1260002	1297.10
<a href="#">ΤΕΧΝΗΤΗ ΛΙΜΝΗ ΚΕΡΚΙΝΗΣ - ΟΡΟΣ ΚΡΟΥΣΙΑ</a>	SPA	GR1260008	27712.00
<a href="#">ΚΟΙΛΑΔΑ ΤΙΜΙΟΥ ΠΡΟΔΡΟΜΟΥ - ΜΕΝΟΙΚΙΟΝ</a>	SPA	GR1260009	26512.00
<a href="#">ΟΡΟΣ ΜΠΕΛΕΣ</a>	SPA	GR1260010	25264.00

Πίνακας 9.2: Περιοχές Natura 2000, Νομού Σερρών





- **614.08** Υγροβιότοπος Λίμνης Κερκίνης Περιοχή: Δήμων Κερκίνης-Ηράκλειας-Πετριτσίου-Σιδηροκάστρου. Έκταση : 192.000 στρ. Δασαρχείο Σιδηροκάστρου
- **614.09** Πρ.Ηλίας-Αμπέλια Εμμ.Παππά Περιοχή:Κοινοτήτων Πεντάπολης, Εμμ.Παππά και Μετάλλων. Έκταση : 9.600 στρ. Δασαρχείο Σερρών.
- **614.10** Λιβαδίτσας-Ρούπελ Περιοχή:Δήμου Σιδηροκάστρου. Έκταση : 14.880 στρ. Δασαρχείο Σιδηροκάστρου
- **614.11** Μυρτιά-Ξηροπόταμος-Χαλάσματα Περιοχή:Κοινοτήτων Χειμάρρου και Λιθοτόπου. Έκταση : 13.100 στρ. Δασαρχείο Σερρών
- **614.12** Αγριανής-Αναστασιάς Περιοχή:Δήμου Νέας Ζίχνης. Έκταση : 14.300 στρ. Δασαρχείο Σερρών
- **614.13** Λογγάς Περιοχή:Κοινοτήτων Κρηνίδος, Φυλλίδος. Έκταση : 8.300 στρ. Δασαρχείο Σερρών.
- **614.14** Βιρός Περιοχή:Κοινοτήτων Επταμύλων, Οινούσας και Δήμου Σερρών. Έκταση : 8.700 στρ. Δασαρχείο Σερρών
- **614.15** Καστανοχωρίου-Αηδονοχωρίου Περιοχή:Καστανοχωρίου και Αηδονοχωρίου. Έκταση : 25.200 στρ. Δασαρχείο Νιγρίτας.
- **614.17** Θεοδωρείου-Ανατολής ΠΕΡΙΟΧΗ:Θεοδωρείου-Ανατολής, Δήμου Κερκίνης. Έκταση : 8.900 στρ. Δασαρχείο Σιδηροκάστρου
- **614.18** Αχλαδοχωρίου Περιοχή:Κοινοτήτας Αχλαδοχωρίου. Έκταση : 3.400 στρ. Δασαρχείο Σιδηροκάστρου
- **614.19** Καλίας-Ηλιοκόμης Περιοχή:Κοινοτήτων Πρώτης και Ηλιοκόμης. Έκταση : 8.000 στρ. Δασαρχείο Σερρών.
- **614.20** Πετριτσίου Περιοχή:Δήμου Πετριτσίου. Έκταση : 38.500 στρ. Δασαρχείο: Σιδηροκάστρου
- **614.21** Κορμίτσας-Ηλιοκόμης Περιοχή: Κορμίτσας-Ηλιοκόμης Έκταση : 15.600 στρ. Δασαρχείο Σερρών.
- **614.22** Ζευγολατειού Περιοχή:Κοινοτήτας Ζευγολατειού. Έκταση : 12.000 στρ. Δασαρχείο Σερρών.

- **614.23** Αλιστράτης-Πετρωτού Περιοχή:Κοινότητας Αλιστράτης. ΕΚΤΑΣΗ : 10.800 στρ. Δασαρχείο Σερρών
- **614.24** Τερπνής-Νικόκλειας Περιοχή:Δήμων Νιγρίτας και Βισαλτίας. Έκταση : 18.800 στρ. Δασαρχείο Νιγρίτας
- **614.25** Χουμικού-Θερμών-Νιγρίτας Περιοχή :Χουμικού-Θερμών-Νιγρίτας. Έκταση : 27.200 στρ. Δασαρχείο Νιγρίτας.
- **614.26** Μεσολακκιάς-Παλαιοκόμης Περιοχή:Κοινοτήτων Μεσολακκιάς, Παλαιοκόμης. Έκταση : 12.500 στρ. Δασαρχείο Σερρών.
- **614.27** Ροδόλιβος-Δομίρου Περιοχή:Κοινοτήτων Ροδόλιβος-Δομίρου. Έκταση : 11.950 στρ. Δασαρχείο Σερρών.
- **614.28** Νιγρίτας-Τερπνής-Αγ.Παρασκευής

#### Εθνικά Πάρκα

- Εθνικό Πάρκο Υγρότοπου Κερκίνης Περιοχή:Σιδηροκάστρου κλπ

#### Εκτροφεία Θηραμάτων (κρατικά)

- **614.28** Χρυσοπηγής Σερρών Περιοχή:Κοινότητας Ορεινής Σερρών. Έκταση : 980 στρ. Δασαρχείο Σερρών.

#### Ζώνες Διάβασης

- Περιοχή Παγγαίου . Δασαρχείο Σερρών.
- Περιοχή:Στρυμονικού. Δασαρχείο Σερρών.
- Περιοχή:Νιγρίτας. Δασαρχείο Νιγρίτας
- Περιοχή:Κεδρυλλίων. Δασαρχείο Νιγρίτας.

*Αξιοποίηση των Γεωργικών Υπολειμμάτων και Κτηνοτροφικών Αποβλήτων της Περιφερειακής Ενότητας Σερρών, για την Συμπαράγωγή Ηλεκτρικής και Θερμικής Ενέργειας (Σ.Η.Θ) μέσω της Συνδυασμένης Αναερόβιας Χώνευσης*

- Περιοχή:Σιδηροκάστρου-λεκανοπεδίου Ροδόπολης. Δασαρχείο Σιδηροκάστρου.
- Περιοχή:Αγκίστρου. Δασαρχείο Σιδηροκάστρου.

#### **Διατηρητέα Μνημεία της Φύσης**

- Ασφάκες στο δασικό σύμπλεγμα Λαϊλιά Σερρών Περιοχή:Λαϊλιά Σερρών. Έκταση : 390 στρ. Δασαρχείο Σερρών.

#### **Υγρότοποι Ramsar**

- Περιοχή:Λίμνη Κερκίνη. Έκταση : 50.000 στρ. Δασαρχείο Σιδηροκάστρου.

#### **Υγρότοποι-Υγροβιότοποι**

- Ποταμός Αγγίτης. Περιοχή:Όρια νομών Δράμας-Σερρών. Δασαρχείο Σερρών.
- Ποταμός Στρυμόνας Περιοχή:Νομού Σερρών. Δασαρχεία : Σερρών, Νιγρίτας, Σιδηροκάστρου.
- Δέλτα Στρυμόνα-Λιμνοθάλασσα Τούζλα Περιοχή:Νέων Κεδρυλλίων, Συκιάς, Αμφίπολης. Δασαρχείο : Νιγρίτας.
- Λίμνη Κερκίνη (τεχνητή) Περιοχή:Σιδηροκάστρου, Κερκίνης, Δασοχωρίου, Μεγαλοχωρίου, Νέου Πετριτσίου. Δασαρχείο : Σιδηροκάστρου.

**Πηγή:** [99]

### 9.4.3 Βλάστηση – Χλωρίδα

Στη χλωρίδα του νομού συμμετέχουν φυτά, που προέρχονται από διάφορες χλωριδικές περιοχές. Με αξιόπιστη προσέγγιση από τις διάφορες μελέτες, διαπιστώνεται ότι τα φυτά της Μεσογειακής και Ευρασιατικής χλωρίδας είναι τα περισσότερα, με ποσοστά που πλησιάζουν το 27,5% και το 25% αντίστοιχα. Από το σύνολο αυτών των ποσοστών των δύο ομάδων που είναι >50%, ενισχύεται η παραπάνω διαπίστωση ότι η συνολική περιοχή του νομού, ανήκει ουσιαστικά στο χώρο μεταξύ του Μεσογειακού και Μεσευρωπαϊκού.

Η βιοποικιλότητα στα επίπεδα των ειδών των φυτών και των φυτοκοινωνιών παραμένει αρκετά υψηλή σε όλα τα ορεινά τοπία του νομού. Δασικό σύμπλεγμα, όπως του Λαϊλιά, του Μενοικίου, της Κερκίνης, και των Κρουσίων, εμφανίζει την παρουσία 500-550 (είδη και υποείδη) τα οποία ανήκουν σε 60-70 οικογένειες και 220-230 είδη.

Ένα ποσοστό 5-7% από αυτά, είναι υπό προστασία και ένα 3% περίπου θεωρούνται απειλούμενα. Εξάλλου το 26% είναι ενδημικά των Βαλκανίων και 6%, περίπου της Ελλάδας.

Το ίδιο όμως δεν συμβαίνει και στις πεδινές περιοχές του νομού παρόλο που υπερτερούν αισθητά των ορεινών, γιατί η εντατικοποίηση και μηχανοποίηση της γεωργίας σε συνδυασμό με τους αναγκαστικούς αναδασμούς επέφερε μια σημαντική μείωση της βιοποικιλίας των ειδών. Φαινόμενο που συμβαίνει σε όλες τις παρόμοιες καταστάσεις.

Τα ποσοστά αυτά όμως είναι ενδεικτικά καθώς δεν είναι δυνατό να παρουσιαστούν τα πραγματικά μεγέθη σε μια γενική παρουσίαση.

Από τα δενδρώδη και θαμνώδη είδη των συμπλεγμάτων διαπιστώνεται η κυρίαρχη παρουσία των πλατύφυλλων έναντι των κωνοφόρων με σχέση 62:32, και η μικρή αναλογία του σπερμοφυτούς δάσους προς το πρεμνοφυές, που κατά μέσο όρο είναι 45:55.

Από τα πλατύφυλλα η εμφάνιση των διαφόρων ειδών της οξιάς, όπως: Η Οξιά η δασική, η ταινιολέπιος μοισιακή, και σπάνια, η ανατολική και σπαθιδολέπιος μοισιακή οξιά.

Από τα υπόλοιπα, φυλλοβόλα και μη, δασικά στοιχεία εμφανίζονται ενδεικτικά τα παρακάτω: :

*Acer-hyrcanum*, *Acer-obtusatum*, *Acer-platanoides*, *Acer-pseudoplatanus*, *Alnus-gludiosa*, *Betula-pendula*, *Betula-pubescens*, *Carpinus-orientalis*, *Cornus-mas*, *Corylus-avellana*, *Cotoneaster-integerrimus*, *Crataegus-monogyna*, *Evonymus-latifolius*, *Fraxinus-ornus*, *Juniperus-oxycedrus*, *Juniperus-communis*, *Ostrya-carpinifolia*, *Pyrus-amygdaliformis*, *Pyrus divaricate*, *Platanus-orientalis*, *Populus-tremula*, *Prunus-spinosa*, *Rosa* και *Rubus sp.*, *Quercus-petraea* *Salix. Sp*, *Salix alba*, *Salix-caprea*, *Salix-fragilis*, *Salix-purpurea*, *Salix triandra*, *Sambucus-nigra*, *Sorbus-aucuparia*.

- Σφένδαμνος
- Σφένδαμνος
- Σφένδαμνος ο πλατανοειδής
- Σφένδαμνος ο ψευτοπλάτανος -Σκλήθρο
- Σημύδα η κρεμοκλαδής -Σημίδα η ρνοώδης
- Γαύρος ο σκυλόγαυρος
- Κρανιά

*Αξιοποίηση των Γεωργικών Υπολειμμάτων και Κτηνοτροφικών Αποβλήτων της Περιφερειακής Ενότητας Σερρών, για την Συμπαράγωγή Ηλεκτρικής και Θερμικής Ενέργειας (Σ.Η.Θ) μέσω της Συνδυασμένης Αναερόβιας Χώνευσης*

- Λεπτοκαρυά-Φουντουκιά
- Κυδωνίαστρο
- Τσαπουρνιά, Μουμουτζιλιά
- Ευώνυμος
- Φράξος όρνος ή μελιός, μέλεγος, μηλιάρι –Οξύκεδρος
- Αρκευθος η κοινή, Κέδρος ο κοινός
- Οστριά η καρπινόφυλλη, κοινός μελιόγαυρος
- Αγρια αμυγδαλιά
- Προύνος ο δικρανώδης
- Πλάτανος
- Λεύκη η τρέμουλα
- Τσαπουρνιά, γκοριτσιά
- Αγριοτριανταφυλλιά και βατόμουρο
- Δρυς
- Ιτιά, είδος:
- Ιτιά η λευκή
- Ιτιά με στρόγγυλα φύλλα
- Ιτιά η εύθραυστος
- Ιτιά με κόκκινους ανθήρες
- Ιτιά με τρεις στήμονες
- Σαμπούκος
- Κουφοξύλια
- Σορβιά των πτηνών ή μουσμουλιά
- Sorbus graeca Sorbus tormihalis Sorbus aria
- Σορβιά η ελληνική

Στα δάση αναπτύσσεται πλούσια δασική υποβλάστηση από Αγρωστώδη όπως: Agropyron, Anthoxanthum, Arrhenatherum, Briza, Bromus, Calamagrostis, Dacrytilis, Festuca, Holcus, milium,

Phleum, Ροα, όπως και Vaccinium myrtillus, Rubus, Cytisus, Asperula, Gallium, Cardamine, Fragaria, Veronica, πτέριδες Pteridium aquilinum κ.ά

Από τα βολβόφυτα και κονδυλόφυτα έχουμε την παρουσία των:

Crocus biflorus C. pulchellus, C. chrysanthus, Corydalis densiflora, Scilla bifolia, Primula columae, Gagea pratensis, Muscari.

Από τα κωνοφόρα διακρίνονται η Δασική Πεύκη-η Μαύρη παλασιανή Πεύκη, η Τραχεία Βρούτιος, η Κυπάρισσος, Η λευκόδερμος Πεύκη, κ.α

Ενδεικτικά αναφέρονται και ορισμένα τοπικά και για την Ελλάδα, ενδημικά είδη:

Τοπικά: Dianthus simulans, Paronychia rechingeri, Veronica uromovii, Dianthus strymonius.

Για τη χώρα: Inula supine, Viola delphinantha, Centaurea indurate, Orchis ustulata, Coniolumon dalmaticum, Poxentilla cinerea κ.α

Στις παραποτάμιες και λιμνώδεις εκτάσεις (Λίμνη Κερκίνης) του Στρυμόνα και του Αγγίτη ποταμού συναντώνται χαρακτηριστικά υδροχαρή και υδρόφιλα είδη, όπως :

- Trapa natans-Νεροκάστανο,
- Nymphaea alba- νούφαρο,
- Salvinia natans- Φτέρη,
- Cyperus spp,
- Ranunculus spp-βατράχια,
- Salix spp -Ιτιές,
- Populus spp.-λεύκες,
- Alnus glutinosa -σκλήθρα κλπ.,

Ενώ στις παραθαλάσσιες περιοχές (Δέλτα Στρυμόνα, παραλιακή ζώνη ) η βλάστηση περιορίζεται σε βλάστηση καλαμώνων, βλάστηση αμμοθινών, αλοφυτική βλάστηση και Αρμυρίκια- Tamarix.

Τέλος εκτός των αυτοφυών ειδών σε μεγάλες εκτάσεις του νομού, εξαιτίας επιβεβλημένων μέτρων, χρειάστηκε να αναπτυχθούν τεχνητές καλλιέργειες με είδη όπως Λεύκης (Υβρίδια ταχυαξή), Τραχείας Πεύκης, Κυπαρίσσου, Ακακίας, σπάρτου, πλατάνου και ά.

Ιστορικά οι επεμβάσεις αυτές είχαν σαν κύρια αιτία την αποτροπή πλημμυρών και την ουσιαστική συγκράτηση των φερτών υλικών πολλών καταστρεπτικών χειμάρρων που θα επηρέαζαν καθοριστικά τα μεγάλα εγγειοβελτιωτικά έργα της διευθέτησης του ποταμού Στρυμόνα που ξεκίνησαν από το 1930. Εκτός της κατασκευής των μεγάλων φραγμάτων έπρεπε να γίνει και συγκράτηση των επιφανειακών διαβρώσεων με φυτοκομική διευθέτηση. Κατά την περίοδο μέχρι το 1940, είχαν δασωθεί με Τραχεία Πεύκη (Pinus brutia-διβέλονη Πεύκη της ομάδας Halepensis του γένους Pinus), Κυπάρισσο και Ακακία, 40-50.000 στρ.

Στην έκταση αυτή που εκτεινόταν μέχρι του υψομέτρου των 600μ περίπου, δημιουργήθηκαν νέες φυτοκοινωνίες που σήμερα αναδεικνύονται σαν ένα μεγάλο περιαστικό δάσος, ωφέλιμο στον πολίτη και αξιοποιήσιμο από τους αντίστοιχους δήμους και την πολιτεία.

Στη χλωρίδα των τεχνητών αυτών δασών συμμετέχουν τα Δικότυλα με 76,74%, τα Μονοκότυλα με 19,9%, τα γυμνόσπερμα με 2,33%, και τα πτεριδόφυτα με 7,74%, ενώ στο βιολογικό φάσμα επικρατούν τα ημικρυπτόφυτα με ποσοστό 24,42%. Στο χωρολογικό φάσμα τα Μεσογειακά είδη

επικρατούν με ποσοστό 50,58%, και ακολουθούν τα Ευρωπαϊκά με 16,28%. Από τα δενδρώδη και θαμνώδη είδη συναντώνται :

- *Cupressus semprevirens*
- *Quercus pubescus*
- *Ficus carica*
- *Juniperus oxycedrus*
- *Quercus coccifera*
- *Crataegus oxyacantha*
- *Spartium junceum*
- *Phyllirea media* κ.ά

Περιορισμένος είναι ο αριθμός των χαμαιφύτων και μεταξύ αυτών συναντώνται : *Asparagus acutifolius* *Ruscus aculeatus* *Coridothymus capitatus* .

Από τα ημικρυπτόφυτα έχουμε: *Oryzopsis miliacea*, *Poa bulbosa*, *Poa nemoralis*, *Dactylis glomerata* κ.ά. [68], [99]

#### **9.4.4 Πανίδα**

Τα είδη που απαντώνται με μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης ανά κατηγορία θηλαστικών, ερπετών & αμφιβίων, και ορνιθοπανίδας δίνονται παρακάτω:

Θηλαστικά

- *Vulpes vulpes* (Αλεπού)
- *Martes foina* (Κουνάβι)
- *Microtus arvalis* (Αρουραίος)
- *Rattus rattus* (Μαυροποντικός)
- *Spalax leucodon* (Μικροτυφλοποντικός)
- *Talpa europaea* (Τυφλοπόντικας)
- *Erinaceus concolor* (Σκαντζόχοιρος)

Ερπετά και αμφίβια

Βάτραχοι:

- *Rana dalmatina* (Σβελτοβάτραχος). Παρατηρείται στα παρόχθια δάση και στις υγρές θέσεις των εκτεταμένων αγρών.
- *Hyla arborea* (Δενδροβάτραχος). Προτιμά μία ποικιλία βιοτόπων.

- *Rana graeca* (Γραικοβάτραχος)

Χελώνες:

- *Testudo hermanni* (Οχυνοχελώνα)
- *Testudo graeca* (Γραικοχελώνα)

Σαύρες:

- *Lacerta trilineata* (Μεγάλη πρασινογουστέρα)
- *Lacerta viridis* (Πρασινόσαυρα)

Φίδια:

- *Natrix natrix* (Νερόφιδο)
- *Elaphe quatorlineata* (Λαφίτης)
- *Elaphe situla* (Σπιτόφιδο)

Ορνιθοπανίδα

Κατά τη διάρκεια του χειμώνα διάφορα είδη μικρών πουλιών καταφεύγουν στα χωράφια για αναζήτηση τροφής, όπως είδη από τις οικογένειες Κορυδαλλοί (*Alaudidae*), Κελάδες και Σουσουράδες (*Motocillidae*) και Σπίζες (*Fringillidae*). Επίσης παρατηρήθηκαν σποραδικά και κάποια αρπακτικά είδη τα οποία αναζητούν την τροφή τους στις ανοιχτές επιφάνειες των λιβαδιών και των αγρών. Γενικά τα περισσότερα από τα είδη που υπάρχουν στην περιοχή δεν παρατηρούνται σε μόνιμη βάση διότι η τοπική βλάστηση και πανίδα δεν μπορεί να τους παρέχει την απαραίτητη τροφή και προστασία [93],[95].

Τα σημαντικότερα από τα πτηνά που έχουν καταγραφεί στην περιοχή είναι:

- *Buteo buteo* (Ποντικοβαρβακίνα)
- *Ciconia ciconia* (Πελαργός)
- *Colynba livia* (Περιστέρι)
- *Coracias garrulous* (Χαλκοκουρούνα)
- *Corvus corone* (Κουρούνα)
- *Corvus monedula* (Κάργα)
- *Frigilla coelebs* (Σπίνος)
- *Hirundo rustica* (Χελιδόνι)
- *Otus scops* (Γκιώνης)
- *Passer domesticus* (Σπουργίτης)
- *Passer hispanioeensis* (Δενδροσπουργίτης)
- *Pica pica* (Καρακάξα)
- *Streptopelia decaocto* (Δεκαοχτούρα)



- *Troglodytes troglodytes* (Τρυποφράχτης)
- *Turdus merula* (Κότσυφας)
- *Urupa erops* (Τσαλαπετεινός)

## **9.5 Ανθρωπογενές περιβάλλον**

### **9.5.1 Χωροταξικός σχεδιασμός – Χρήσεις γης**

Αναλυτικά, η κατανομή χρήσεων γης στο νομό Σερρών έχει ως εξής:

- Γεωργική γη: 1.628.000 στρέμματα
- Βοσκότοποι: 1.133.000 στρέμματα
- Δάση: 820.000 στρέμματα
- Άγονες εκτάσεις: 52.000 στρέμματα
- Οικισμοί, δρυμοί κ.λ.π.: 167.000 στρέμματα
- Λίμνες, ποτάμια: 170.000 στρέμματα

**Πηγή:** [93]

### **9.5.2 Δομημένο περιβάλλον – Κάτοικοι**

Ο νομός Σερρών διαιρείται σε 4 επαρχίες:

- Την επαρχία Σερρών με έδρα τις Σέρρες,
- την Επαρχία Σιντικής με έδρα το Σιδηρόκαστρο,
- την Επαρχία Φυλλίδας με έδρα τη Ν. Ζίχνη και
- την Επαρχία Βισαλτίας με έδρα τη Νιγρίτα.

**Πηγή:**[93]

Στο νομό υπάρχουν συνολικά 194 κοινότητες και οικισμοί. 5 δήμοι, 149 κοινότητες και 46 οικισμοί. Από το σύνολο των Ο.Τ.Α., μόνο 154 δηλαδή το 36,4% έχουν πληθυσμό πάνω από 1000 κατοίκους. Αυτό σημαίνει πως ο νομός έχει μεγάλη διασπορά μικρών κοινοτήτων.

Ο συνολικός πληθυσμός του νομού κατά την απογραφή του 1981 ήταν 196.247 κάτοικοι. Δηλαδή το 2% της χώρας.

Κατανέμεται δε σε :

- αστικό 23,6%
- ημιαστικό 19,4%
- αγροτικό 57,0%

Το 60% του πληθυσμού ασχολείται στον πρωτογενή τομέα, το 17,5% ασχολείται στο δευτερογενή τομέα και το 22,5% ασχολείται στον τριτογενή τομέα. Ο ημιαστικός και ο αγροτικός πληθυσμός φθάνει το 80% περίπου του πληθυσμού του νομού. Η σχέση αστικού προς αγροτικό πληθυσμό είναι για το νομό Σερρών 0,41 έναντι 1,91 που είναι για όλη την Ελλάδα. Η σχέση αστικού προς ημιαστικό είναι 1,21 στο νομό έναντι 5,0 στη χώρα. Τα στοιχεία αυτά δείχνουν ότι έχει αποφευχθεί η μεγάλη συγκέντρωση πληθυσμού στο αστικό κέντρο του νομού ότι υπάρχουν προοπτικές για μεσαίου μεγέθους οικισμούς και ότι είναι σημαντικό το βάρος των αγροτικών οικισμών στο νομό.

Διαμέρισμα (τέως ΟΤΑ)	Πληθυσμός	Έκταση (στρέμματα)
Αγ. Χριστόφορος	390	12.245
Αγιοχώρι	330	
Αγριανή	448	32.837
Αλιστράτη	2764	
Αναστασία	362	17.943
Γάζωρος	1666	18.452
Δήμητρα	490	12.520
Δραβήσκος	1660	26.814
Θολός	918	22.211
Λευκοθέα	406	
Μανδήλι	134	
Μαυρόλοφος	652	10.220
Μεσορράχη	420	12.542
Μύρκινος	370	8.896
Μυρρίνη	318	9.796
Νέα Ζίχνη	2421	47.057
Νέα Πέτρα	389	15.694
Σκοπιά	163	
Σ.Σ.Αγγίστας	324	
Σφελινός	448	27.202
Σύνολο	10.952	274.429

Πίνακας 9.3: Πληθυσμιακή Πυκνότητα στην Π.Ε Σερρών ανά Δημοτικό Διαμέρισμα [93], [95]

## **9.6 Κοινωνικό-οικονομικό περιβάλλον**

### **9.6.1 Γεωργία**

Η κυριότερη οικονομική δραστηριότητα των κατοίκων του νομού είναι η γεωργία. Στη γεωργία αναλογούσε το 22% του προϊόντος του νομού το 2001 (η 7η υψηλότερη συμμετοχή στη χώρα). Εκεί παράγεται το 3,4% του συνολικού γεωργικού προϊόντος της χώρας (η 8η υψηλότερη συμμετοχή). Από τα 1.628.000 στρέμματα καλλιεργήσιμης έκτασης (βλ. χρήσεις γης), τα 1.000.000 βρίσκονται στην Σερραϊκή πεδιάδα, σε υψόμετρο μέχρι 50 m περίπου. Από τις πεδινές εκτάσεις αρδεύονται 700.000 στρέμματα. Η γεωργία στο νομό θεωρείται πολύ καλά ανεπτυγμένη, καθώς τα εγχειροβελτιωτικά έργα που κατασκευάζονται στο πεδινό τμήμα εξυπηρετούν τα 2/3 της καλλιεργήσιμης γης. Ο νομός αποτελεί έναν από τους πλέον σημαντικούς παραγωγούς προϊόντων πανελληνίως, καθώς είναι η 2η παραγωγός περιοχή ρυζιού της χώρας με 10% της συνολικής παραγωγής, η 4η παραγωγός βαμβακιού με 8% της συνολικής παραγωγής, η 4η παραγωγός γάλακτος με 4%, η 4η σιταριού με 7%, 6η παραγωγός τομάτας με 5% και 6η παραγωγός περιοχή καπνού με ποσοστό 6% της συνολικής παραγωγής της χώρας .

Τα δάση του νομού αποδίδουν κάθε χρόνο 130.000 χωρικά κυβικά μέτρα (χ.κ.μ.) περίπου ξυλώδη όγκο. Στο νομό λειτουργούν περίπου 50 βιοτεχνίες και βιομηχανίες ξύλου. Σημαντική είναι η λευκοκαλλιέργεια, που ασκείται στις περιοχές των αναχωμάτων του Στρυμόνα και που είναι πρώτη σε έκταση, όγκο παραγωγής και ποιότητα ξύλου σ' όλη την Ελλάδα [93], [95].

### **9.6.2 Κτηνοτροφία**

Η κτηνοτροφία αποτελεί έναν επίσης σημαντικό τομέα στον οποίο δραστηριοποιούνται οικονομικά οι κάτοικοι του νομού. Ο νομός Σερρών είναι ένας από τους πρώτους κτηνοτροφικά παραγωγούς της χώρας και ένας από τους κυριότερους προμηθευτές βοδινού κρέατος της πρωτεύουσας. Παράγει μεγάλες ποσότητες βοδινού, χοιρινού, αιγοπρόβειου και ορνίθιου κρέατος, καθώς και αυγά και ποικίλα τυροκομικά προϊόντα [93], [95].

### **9.6.3 Βιομηχανία - βιοτεχνία**

Στο νόμο υπάρχει μια βιομηχανία παστερίωσης γάλακτος, μια παρασκευής ζάχαρης, μια άλατος, πέντε βιομηχανίες παρασκευής τοματοπολτού ενώ επίσης υπάρχουν και βιομηχανίες τυροκομίας, ποτοποιίας, επεξεργασίας ξύλου, εκκοκκιστήρια βάμβακος κ.λ.π. Ακόμη υπάρχουν εργοστάσια παραγωγής δομικών υλικών, έτοιμων ενδυμάτων κ.ά. Στη μεταποίηση αναλογούσε το 6,5% του προϊόντος του νομού το 2001 (από 5,2% το 1997), ενώ στο νομό παράγεται το 0,6% της συνολικής μεταποιητικής παραγωγής της χώρας. Τέλος, οι εξορύξεις αποτελούν μια ακόμη σημαντική οικονομική δραστηριότητα των κατοίκων του νομού. Αξιόλογος είναι ο ορυκτός πλούτος του νομού, καθώς κοιτάσματα λιγνίτη (Σέρρες, Παγγαίο), χρωμίτη (Νιγρίτα), μαγγανίου, ουρανίου αλλά και χρυσού συνθέτουν το φάσμα των ορυκτών στο υπέδαφος του νομού. Γι' αυτό και λειτουργούν πολλές μικρές εξορυκτικές μονάδες στο νομό [93], [95].

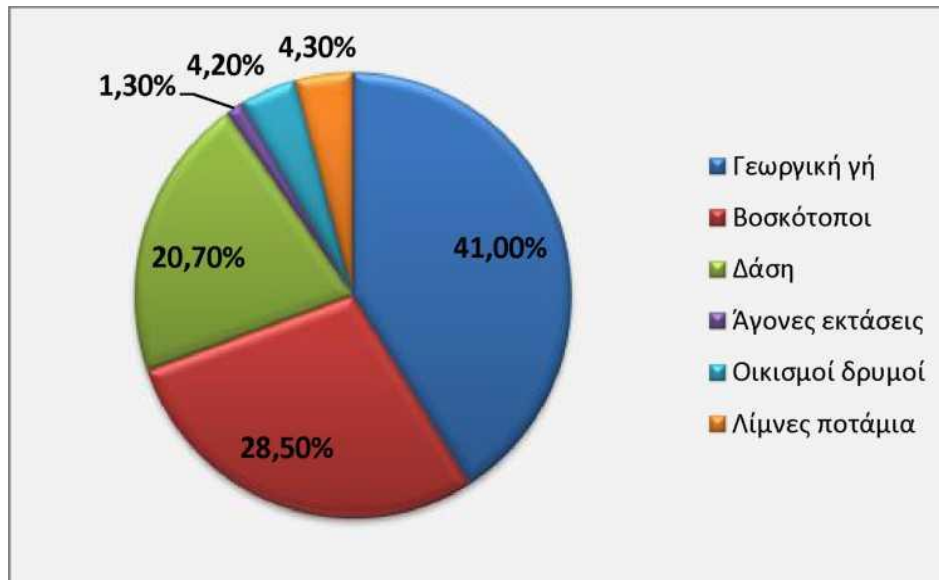
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΩΝ ΣΕΡΡΩΝ

Επωνυμία Επιχείρησης	Τόπος Εγκατάστασης	Παραγωγική Δραστηριότητα
<b>Βιομηχανίες / Βιοτεχνίες Τροφίμων &amp; Ποτών</b>		
ΑΡΓΩ Α.Ε.	ΛΕΥΚΩΝΑΣ	Επεξεργασία ρυζιού,
ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΖΑΧΑΡΕΩΣ Α.Ε	ΛΕΥΚΩΝΑΣ	Παραγωγή ζάχαρης και υποπροϊόντων
ΣΕΡΚΟ Α.Ε.	ΣΕΡΡΕΣ	Παραγωγή τοματοπολτού, κονσερβοποίηση λαχανικών
Σ.Ε.Κ.Ο.Β.Ι. Ε.Π.Ε.	ΣΚΟΥΤΑΡΙ	Επεξεργασία ντομάτας,
ΣΕΡΓΑΛ	ΛΕΥΚΩΝΑΣ	Βιομηχανία γάλακτος
ΚΡΙ - ΚΡΙ Α.Ε.	3 <sup>ο</sup> ΧΛΜ ΣΕΡΡΩΝ - ΔΡΑΜΑΣ	Βιομηχανία γαλακτοκομικών προϊόντων
ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΓΑΤΙΔΗΣ Α.Ε.	3 <sup>ο</sup> ΧΛΜ. ΣΕΡΡΩΝ ΔΡΑΜΑΣ	Παραγωγή, τυποποίηση και εμπορία άρτου, αρτοσκευασμάτων
ΛΑΜΚΟ Α.Ε.Β.Ε.	ΒΙ.ΠΕ.	Συσκευασία οσπρίων
ΒΑΣΑΚΗΣ - ΚΑΖΑΚΙΔΗΣ	ΣΕΡΡΕΣ	Παραγωγή ειδών ζαχαροπλαστικής
ΠΑΡΦΕ Α.Ε.	3 <sup>ο</sup> ΧΛΜ. ΣΕΡΡΩΝ - ΔΡΑΜΑΣ	Παραγωγή και εμπορία ειδών ζαχαροπλαστικής
ΜΥΛΟΙ ΚΑΠΛΑΝΙΔΗ Ο.Ε.	ΣΕΡΡΕΣ	Βιομηχανία αλεύρου, ζυμαρικών
ΒΙΟΤΕΝΚ	ΣΙΔΗΡΟΚΑΣΤΡΟ	Βιομηχανία Τυποποίησης και Επεξεργασίας Νωπών Κρέατων

Πίνακας 9.4 Βιομηχανικές Μονάδες στην Π.Ε Σερρών [66]

#### 9.6.4 Χρήσεις γης

Μετά την παράθεση των παραπάνω δεδομένων για οικονομική δραστηριότητα στο νομό, σημαντική κρίνεται η αναφορά στην κατανομή των χρήσεων γης που υφίσταται στο νομό.



#### Διάγραμμα 9.5 Κατανομή χρήσεων γης Ν. Σερρών

Αναλυτικά, η κατανομή χρήσεων γης στο νομό Σερρών έχει ως εξής:

- Γεωργική γη: 1.628.000 στρέμματα
- Βοσκότοποι: 1.133.000 στρέμματα
- Δάση: 820.000 στρέμματα
- Άγονες εκτάσεις: 52.000 στρέμματα
- Οικισμοί, δρυμοί κ.λ.π.: 167.000 στρέμματα

Πηγή: [93], [95]

#### 9.6.5 Τουρισμός-Πολιτιστικές δραστηριότητες

Ο νομός Σερρών αποτελεί περιοχή με μεγάλες δυνατότητες τουριστικής αξιοποίησης. Η πόλη διαθέτει άριστο οδικό δίκτυο, ενώ η πρόσβαση στις τουριστικές περιοχές διευκολύνεται από την αστική συγκοινωνία. Οι τουρίστες μπορούν να επισκεφθούν το γραφικό προάστιο του Αγ. Ιωάννη, με τους μικρούς καταρράκτες του, που συγκεντρώνει μεγάλο αριθμό επισκεπτών καθ' όλη την διάρκεια του χρόνου. Μπορούν επίσης να θαυμάσουν το τοπίο της κοιλάδας των Αγίων Αναργύρων και τις ιδανικές κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στα Άνω Πορόια. Σημαντικό τουριστικό πόλο

έλης αποτελεί η κωμόπολη της Αλιστράτης, όπου βρίσκεται το σπάνιο σε ομορφιά ομώνυμο σπήλαιο, ένα από τα ομολογουμένως καλύτερα της Ευρώπης. Οι επισκέπτες μπορούν ακόμη να θαυμάσουν τον αξιόλογο υδροβιότοπο της λίμνης Κερκίνης, όπου πολλά είδη από σπάνια και προστατευόμενα πουλιά αλλά και παραποτάμια δάση χαρακτηριστικής βλάστησης συνυπάρχουν με ποικίλα είδη ψαριών και πολλά νούφαρα που επιπλέουν σε έκταση μερικών χιλιάδων στρεμμάτων, προσδίδοντας στο τοπίο γοητεία αλλά και πολύ υψηλή οικολογική αξία. Το χιονοδρομικό κέντρο του Λαϊλιά (20 km βόρεια των Σερρών) συμβάλλει στην ανάπτυξη του χειμερινού τουρισμού του νομού και δίνει την ευκαιρία στους επισκέπτες του να ψυχαγωγηθούν και να ασχοληθούν με διάφορα χειμερινά σπορ (π.χ. ορειβασία, σκι κ.λ.π.). Στο εμπορικό κέντρο τη πόλης διατίθεται μεγάλος αριθμός προϊόντων (τοπικών και μη) ενώ συνυπάρχουν πολλά καταστήματα, εστιατόρια, τράπεζες, ξενοδοχεία, κινηματογράφοι, αθλητικά κέντρα κ.λ.π. Διάφορες πολιτιστικές δραστηριότητες λαμβάνουν χώρα στο νομό. Από το Πνευματικό και Πολιτιστικό κέντρο του Δήμου Σερρών διοργανώνονται εκδηλώσεις όπως συναυλίες, θεατρικές παραστάσεις, αθλητικοί αγώνες, καλλιτεχνικές δραστηριότητες κ.ά. Γνωστά είναι τα Αναστενάρια της Αγίας Ελένης και η Γυναικοκρατία στις κοινότητες Μονοκλησιάς, Νέας Πέτρας και Άνω Καμήλας [93], [95].

#### **9.6.6 Τεχνικές υποδομές**

Από τον Νομό Σερρών διέρχεται ο διεθνής αυτοκινητόδρομος E-79, ο οποίος ξεκινά από τη Ρουμανία και τελειώνει στη Θεσσαλονίκη. Το τμήμα του που αφορά την Ελλάδα είναι το Προμαχώνας – Σέρρες - Θεσσαλονίκη

#### **Οδικό Δίκτυο**

Η περιοχή μελέτης διατρέχεται από πρωτεύον και δευτερεύον επαρχιακό οδικό δίκτυο. Νότια από το οικόπεδο που βρίσκεται η βιομηχανία, διέρχεται η Εθνική Οδός Σερρών – Θεσσαλονίκης (ΕΟ63). Επίσης, σε απόσταση 223 m και ανατολικά της ΒΙ.ΠΕ. Σερρών διέρχεται η Εθνική Οδός Σερρών-Προμαχώνα η οποία συνδέεται με αυτήν με ισόπεδο κόμβο. Εντός της ΒΙ.ΠΕ. υπάρχει ασφαλτοστρωμένο οδικό δίκτυο μεταξύ των οικοδομικών τετραγώνων. Αναφέρεται επίσης ότι το αγροτικό δίκτυο στο πεδινό τμήμα της περιοχής μελέτης είναι εκτεταμένο, με πλήρη εξυπηρέτηση.

Συγκεκριμένα, στο οδικό τμήμα του Δήμου Λευκώνα ανήκει τμήμα της εθνικής οδού Σερρών - Θεσσαλονίκης, μήκους δέκα (10) περίπου χιλιομέτρων, καθώς και τμήμα του εθνικού οδικού δικτύου που οδηγεί στα σύνορα Ελλάδας-Βουλγαρίας (Προμαχώνας). Ο Δήμος Λευκώνα είναι το σταυροδρόμι της εθνικής οδού Σερρών - Θεσσαλονίκης, από την περιοχή του οποίου διέρχεται ο κάθετος οδικός άξονας της Εγνατίας οδού που οδηγεί στον Προμαχώνα.

Όσον αφορά την διακοινοτική σύνδεση των Δημοτικών Διαμερισμάτων μεταξύ τους, βρίσκεται σε μέτρια κατάσταση. Μεγάλος είναι ο αριθμός και το μήκος των αγροτικών δρόμων που περιλαμβάνουν τα αγροτεμάχια των Δημοτικών Διαμερισμάτων, ενώ μικρό είναι το μήκος των δασικών δρόμων. Λόγω της μικρής απόστασης της έδρας του Δήμου Λευκώνα από την πόλη των Σερρών, η μεταξύ τους επικοινωνία επιτυγχάνεται με αστική συγκοινωνία. Αντίθετα, τα Δημοτικά Διαμερίσματα Καλά Δένδρα και Χριστός επικοινωνούν με την πόλη των Σερρών με υπεραστική συγκοινωνία.

Εν κατακλείδι όσον αφορά στη κυκλοφοριακή συμφόρηση του οδικού δικτύου στο Νομό Σερρών, πρόβλημα εμφανίζεται κυρίως στις εισόδους της πόλης των Σερρών. Επίσης, αρκετά υψηλοί κυκλοφοριακοί φόρτοι καταγράφονται στο τμήμα μεταξύ των ανισόπεδων κόμβων Ευκαρπίας και

Σερρών. Ο υψηλός αυτός φόρτος είναι αναμενόμενος καθώς το τμήμα αυτό εξυπηρετεί, εκτός της διαμπερούς κυκλοφορίας, μεγάλο ποσοστό ενδονομαρχιακών μετακινήσεων καθώς και υπεραστικών μετακινήσεων, όπου το ένα άκρο τους είναι η Θεσσαλονίκη. Πρέπει να σημειωθεί ότι πολλές από τις μετακινήσεις αυτές πραγματοποιούνται σε καθημερινή βάση καθώς πρόκειται για μετακινήσεις, από και προς την εργασία [96],[99].

Η σύνδεση του νομού με την πρωτεύουσα γίνεται με:

- Οδικές συγκοινωνίες: από την Αθήνα με λεωφορεία του ΚΤΕΛ.
- Σιδηροδρομικές συγκοινωνίες: από την Αθήνα.

## **Ύδρευση**

Γενικά οι υδρευτικές ανάγκες του νομού έχουν καλυφθεί σε ικανοποιητικό επίπεδο λόγω του μεγάλου υδροφόρου ορίζοντα. Το σύνολο του νομού υδρεύεται από υπόγεια και από επιφανειακά νερά. Τα τελευταία χρόνια παρουσιάζεται μια τάση στην ύδρευση να εγκαταλείπονται οι παραδοσιακές κλασσικές επιφανειακές πηγές υδροληψίας και να αντικαθίστανται από υπόγεια νερά (γεωτρήσεις). Με τον τρόπο αυτό έχουμε μια σωστότερη –υγειονομικά– υδροδότηση του πληθυσμού, αλλά από την άλλη πλευρά παρουσιάζεται μια όχι σωστή διαχείριση των υπογείων υδάτων από έλλειψη οργάνωσης και συγχρονισμού.

Η ύδρευση της επιχείρησης θα γίνεται από το δίκτυο ύδρευσης που υπάρχει στη Βιομηχανική Περιοχή Σερρών και εξυπηρετεί τις ήδη υπάρχουσες βιομηχανικές μονάδες [96], [99].

### **9.6.7 Διαχείριση στερεών και υγρών αποβλήτων**

#### **Δίκτυο Αποχέτευσης**

Το αποχετευτικό δίκτυο της πόλης των Σερρών και των άλλων Δήμων είναι μεικτό (Παντορροικό). Επίσης μερικοί μεγάλοι οικισμοί διαθέτουν το ίδιο σύστημα για κεντρικά τμήματα τους και επομένως τα υγρά απόβλητα τους εναποθέτονται – χωρίς καμία επεξεργασία – επιφανειακά σε τάφρους, χειμάρρους αλλά και στο έδαφος. Σε πολλούς οικισμούς που έχουν υπονόμους τα λύματα εξέρχονται σε κάποιον ξηροχείμαρρο και εκεί δημιουργούνται ανθυγιεινές εστίες. Γενικά : α) στα πεδινά που το έδαφος δεν έχει κλίσεις και δεν υπάρχουν φυσικοί αποδέκτες (χειμάρροι) ή τεχνητοί (τάφροι), η αποχέτευση γίνεται με βόθρους ή με σηπτικές βόθρους, που βρίσκονται μέσα στις αυλές των σπιτιών β) στις υψηλότερες πεδινές περιοχές με σχετικές ελαφρές κλίσεις γίνεται, ή με βόθρους ή με υπονόμους που χύνονται σε φυσικούς αποδέκτες χωρίς να γίνεται βιολογικός καθαρισμός [96], [99].

### Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ)

Η διάθεση των αστικών βοθρολυμάτων γίνεται κυρίως στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων (ΕΕΛ) της ΔΕΥΑΣ. Όσον αφορά τους υδατικούς πόρους προκύπτει ο ακόλουθος πίνακας.

**Πίνακας 9.5 : Πληροφορίες για τη διαχείριση υγρών αποβλήτων οικισμών με ισοδύναμο πληθυσμό άνω των 2000 κατοίκων για το υδατικό διαμέρισμα της -υπό μελέτη- περιοχής.**

Οικισμός	Πληθυσμός Αιχμής	Πληθυσμός Εξυπηρετούμενος από ΕΕΛ	Κατάσταση ΕΕΛ*	Είδος Παρεχόμενης Επεξεργασίας από ΕΕΛ**	Πληθυσμός Εξυπηρετούμενος από Βόθρους	Αποδέκτης	Κατηγορία Αποδέκτη	Χαρακτηρισμός Αποδέκτη (91/271/ΕΟΚ) - Προτεραιότητα
Αλιστράτη	2716	0	-	-	2716	-	Γλυκά	Κανονικός (Γ)
Ηράκλεια	3551	0	-	-	3551	Τάφος Μπελίτσα	Γλυκά	Κανονικός (Γ)
Νέα Ζίγνη	2421	0	A	-	2421	Ρέμα	Γλυκά	Κανονικός (Γ)
Νέο Πετρίτσι	2373	0	-	-	2373	-	Γλυκά	Κανονικός (Γ)
Νιγρίτα	5620	0	A	-	5620	Παραπόταμος Χρυσορροής	Γλυκά	Ευαίσθητος (Γ)
Ροδόλμπος	2552	0	-	-	2552	-	Γλυκά	Κανονικός (Γ)
Σέρρες	75000	60000	Λ	2N	15000	Ποταμός Στρυμόνας	Γλυκά	Ευαίσθητος (A)
Σιδηρόκαστρο	5911	0	-	-	5911	Τάφος Μπελίτσα	Γλυκά	Ευαίσθητος (Γ)
Σκουτάρι	2625	0	-	-	2625	-	Γλυκά	Κανονικός (Γ)

\* A : Αδρανή, Λ : Λειτουργεί

\*\* 2 : Δευτεροβάθμια επεξεργασία, 2N : Δευτεροβάθμια επεξεργασία με απομάκρυνση Αζώτου

### Διαχείριση αστικών στερεών αποβλήτων

Η διάθεση των απορριμμάτων στο νομό Σερρών γίνεται στο ΧΥΤΑ του δήμου Σερρών καθώς και σε σκουπιδότοπους ανεξέλεγκτης απόρριψης (ΧΑΔΑ). Η διαχείριση για τους ΧΑΔΑ γίνεται από τους Ο.Τ.Α. που ο καθένας τους έχει τη ζώνη ευθύνης (1 ΧΑΔΑ ανά Ο.Τ.Α σε περιοχές οι οποίες δεν εξυπηρετούνται από ΧΥΤΑ). Οι θέσεις στις οποίες έχουν επιλεγεί οι σκουπιδότοποι για την διάθεση των απορριμμάτων λόγω της υφιστάμενης χωροθέτησης καθώς και του ανάγλυφου των περιοχών (μικρή απόσταση των οικισμών, άνεμοι) σε συσχέτιση με τον τρόπο διάθεσης, δημιουργούν προβλήματα και υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος.

Ο περιφερειακός σχεδιασμός διαχείρισης στερεών αποβλήτων (ΠΕΣΔΑ) περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας ο οποίος έχει εγκριθεί σύμφωνα με τη Α.Π. 639/22.12.2005 βρίσκεται σε φάση υλοποίησης. Σύμφωνα λοιπόν με τον εγκεκριμένο ΠΕΣΔΑ προβλέπεται η εξυπηρέτηση του νομού Σερρών από 1 ΧΥΤΑ και από 2 ΣΜΑ (Σταθμός Μεταφόρτωσης Απορριμμάτων) επιπλέον. Οι 2 ΣΜΑ βρίσκονται στη φάση της υλοποίησης (Νιγρίτας και Νέας Ζίγνης). Επίσης προβλέπεται επέκταση του ΧΥΤΑ του δήμου Σερρών.

Σύμφωνα με τον εγκεκριμένο ΠΕΣΔΑ ο σχεδιασμός για την επεξεργασία των στερεών αποβλήτων πριν την ταφή ως δράση ουσιαστικής προστασίας του περιβάλλοντος και της βιώσιμης διαχείρισης όσον αφορά:



α) την προεπεξεργασία των στερεών αποβλήτων και  
β) την εκτροπή του βιοαποδομήσιμου κλάσματος των αστικών στερεών αποβλήτων πριν από την ταφή

θέτει ως αρχικό στόχο για το έτος 2010 την επεξεργασία 300.000 τόνων Αστικών Στερεών Αποβλήτων πριν την τελική διάθεση, όσον αφορά τη περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας.

Η επίτευξη των παραπάνω στόχων θα γίνει με την εφαρμογή προγραμμάτων διαλογής στην Πηγή υλικών συσκευασίας, την λειτουργία Κέντρων Ανακυκλώσιμων Υλικών (Κ.Δ.Α.Υ) και Κεντρικών Μονάδων Επεξεργασίας των Στερεών Αποβλήτων. Προβλέπεται η εξυπηρέτηση του νομού Σερρών από 1 μονάδα μηχανικής – βιολογικής επεξεργασίας (Μ.Μ.Β.Ε – δυναμικότητας 90.000 τόνων / έτος) και ενός Κ.Δ.Α.Υ.

Τα στερεά ανθρωπογενή απόβλητα από την ΒΙ.ΠΕ. Σερρών συλλέγονται από ιδιωτικό φορέα και τελικά οδηγούνται στην χωματερή του δήμου Σερρών μετά από συμφωνία που έχει υπογραφεί μεταξύ της ΒΙ.ΠΕ. και του δήμου Σερρών. Η συλλογή των απορριμμάτων γίνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα [96], [99].

### **9.7 Ανθρωπογενείς πιέσεις στο περιβάλλον**

Τα προβλήματα του φυσικού περιβάλλοντος συνδέονται σε σημαντικό βαθμό με τις γεωργικές και βιομηχανικές δραστηριότητες. Η γεωργία που αναπτύχθηκε και εφαρμόζεται με την πλέον εντατικής της μορφή ασκεί πιέσεις στο οικοσύστημα της λεκάνης του Στρυμόνα. Έτσι, τα κυριότερα προβλήματα που παρουσιάστηκαν στην περιοχή είναι:

- Η αλλαγή της υδροπεριόδου στο οικοσύστημα της Κερκίνης.
- Οι αυξημένες απώλειες των δικτύων μεταφοράς και διανομής του αρδευτικού νερού.
- Η υψηλή συγκέντρωση θρεπτικών αλάτων και κυρίως νιτρικών στα επιφανειακά ύδατα της λεκάνης του Στρυμόνα.
- Η επιβάρυνση με ρύπανση των κατάνη καλλιεργούμενων εδαφών, λόγω της άρδευσής τους με νερό από τις στραγγιστικές τάφρους.
- Η είσοδος της θάλασσας στον κάτω ρου του Στρυμόνα κατά την περίοδο των αρδεύσεων, λόγω της μειωμένης παροχής του.

Η όχληση από την κτηνοτροφία εντοπίζεται κυρίως στην επιβάρυνση των υδάτινων αποδεκτών με υψηλά οργανικά φορτία και του αέρα με έντονες οσμές και μεθάνιο. Ωστόσο, από διαθέσιμα στοιχεία, προκύπτει ότι η συμβολή της ρύπανσης από κτηνοτροφικές δραστηριότητες στη διαμόρφωση της ποιότητας των υδάτινων αποδεκτών των Σερρών (ρεμάτων κλπ.) είναι γενικά μικρή.

Προβλήματα προκαλεί επίσης η ανεξέλεγκτη σε μεγάλο βαθμό διάθεση των απορριμμάτων των Δήμων και Κοινοτήτων, με μοναδική μέριμνα σε ελάχιστες περιπτώσεις την επικάλυψη με χόμα. Αποτέλεσμα της κατάστασης αυτής είναι η δημιουργία δεκάδων εστιών ρύπανσης του περιβάλλοντος. Ο νομός των Σερρών εκτιμάται ότι παράγει 160 περίπου τόνους σκουπιδιών την ημέρα (0,7-1 kg /άτομο/ημέρα). Πάντως βρίσκεται σε αποπεράτωση το έργο για την εξυγίανση και αποκατάσταση των ΧΑΔΑ (Χώροι Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων) της επικράτειας του νομού Σερρών.

Οι κυριότερες απειλές υποβάθμισης ή καταστροφής των διαφόρων κατηγοριών υγροτόπων που

απαντώνται στο Νομό Σερρών είναι:

Για τα ποτάμια:

- οι αμμοληψίες
- οι καταστροφικές υλοτομήσεις της παραποτάμιας βλάστησης
- η κατασκευή υδραυλικών έργων που αλλάζουν τη μορφή και μειώνουν τη φυσικότητα των ποταμών
- η απόρριψη υγρών αστικών ή βιομηχανικών αποβλήτων χωρίς επεξεργασία
- η μη σημειακή ρύπανση από γεωργικές δραστηριότητες

Για τις μικρές λίμνες και τα έλη:

- οι αποξηράνσεις
- οι επιχωματώσεις
- οι υπεραντλήσεις
- η επέκταση αγροτικών καλλιεργειών
- το παράνομο ή αλόγιστο κυνήγι

Για τις λιμνοθάλασσες και τις εκβολές των ποταμών:

- οι επιχωματώσεις
- η επέκταση οικισμών
- το παράνομο ή αλόγιστο κυνήγι

Τέλος, η εξορυκτική δραστηριότητα των αδρανών υλικών συμβάλλει με τον τρόπο που γίνεται στην σημαντική υποβάθμιση του τοπίου και του φυσικού περιβάλλοντος.

Επίσης, στην ευρύτερη περιοχή του Νομού Σερρών, υπάρχουν ανθρωπογενείς δραστηριότητες βιομηχανικής κλίμακας δεδομένου ότι, υπάρχει η Βιομηχανική Περιοχή (ΒΙ.ΠΕ.) Σερρών, συνολικής έκτασης 1200 στρεμμάτων. Η παραπάνω έκταση αναλύεται ως εξής:

- |                               |            |
|-------------------------------|------------|
| ▪ Βιομηχανικά γήπεδα:         | 710 στρεμ. |
| ▪ Βιοτεχνικά γήπεδα:          | 171 στρεμ. |
| ▪ Κοινόχρηστες εξυπηρετήσεις: | 57 στρεμ.  |
| ▪ Δρόμοι:                     | 130 στρεμ. |
| ▪ Πράσινο:                    | 132 στρεμ. |

Η δημιουργία της παραπάνω ΒΙ.ΠΕ. τις τελευταίες δεκαετίες έχει προσελκύσει πλήθος επιστημόνων και εργατών.

Άλλες πιέσεις στην περιοχή που μπορούν να αναφερθούν είναι, οι πυρκαγιές, το παράνομο κυνήγι και η πίεση της οικιστικής ανάπτυξης [96], [99].

### **9.7.1 Ατμοσφαιρικό περιβάλλον**

Στον νομό Σερρών δραστηριοποιούνται ένα πλήθος αγροτοβιομηχανιών που απορρίπτουν ανεξέλεγκτα τα οργανικά λύματά τους στους υδάτινους και χερσαίους αποδέκτες, σημαντική περιβαλλοντική επιβάρυνση προέρχεται από τις κτηνοτροφικές μονάδες, η χωρική συγκέντρωση των οποίων είναι ιδιαίτερα αυξημένη στην περιοχή.

Η ανεξέλεγκτη απόθεση οργανικών αποβλήτων οδηγεί στην παραγωγή οσμών που οφείλονται σε δύσοσμες ουσίες που προκύπτουν κατά την αναερόβια αποσύνθεση των αποβλήτων (NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, πτητικά οργανικά οξέα, μερκαπτάνες, αλκοόλες, αλδεΐδες, κετόνες, μεθανίου). Αν και οι οσμές δεν έχουν χαρακτηριστεί ως τυπικοί ρυπαντές, δημιουργούν ισχυρές οχλήσεις και ως εκ τούτου σημαντικό κοινωνικό πρόβλημα.

Επίσης, η πρακτική αυτή οδηγεί στη δημιουργία αερίων ρυπαντών. Οι εκπομπές αμμωνίας και πτητικών υδρογονανθράκων από τις κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις, τα συστήματα συλλογής των αποβλήτων και τη διασπορά της υγρής κοπριάς στους αγρούς δημιουργούν σοβαρά προβλήματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης τόσο στο μικροπεριβάλλον των εκτροφών όσο και στο ευρύτερο περιβάλλον. Οι εκπομπές αμμωνίας στην ατμόσφαιρα συμβάλουν στον σχηματισμό της όξινης βροχής.

### **9.7.2 Επιπτώσεις στα υδάτινα οικοσυστήματα**

Η ανεξέλεγκτη διάθεση οργανικών λυμάτων οδηγεί στη δημιουργία ασφυκτικού περιβάλλοντος στα υδάτινα οικοσυστήματα. Το ασφυκτικό περιβάλλον στα υδάτινα οικοσυστήματα δημιουργείται εξαιτίας της αρχικά αερόβιας αποδόμησης της οργανικής ύλης που περιέχεται στα απόβλητα των κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων. Στη συνέχεια και αφού εξαντληθεί το διαλυμένο στο νερό οξυγόνο, η αποδόμηση συνεχίζεται αναερόβια με αποτέλεσμα την έκλυση ασφυκτικών αλλά και τοξικών αερίων (NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>).

Επίσης, κατά την πρακτική αυτή παρατηρείται ευτροφισμός επιφανειακών συστημάτων. Η εμφάνιση του ευτροφισμού στα επιφανειακά υδάτινα οικοσυστήματα εξαιτίας της απόρριψης ζωικών αποβλήτων οφείλεται στην υψηλή περιεκτικότητα των τελευταίων σε θρεπτικά στοιχεία (N, P, K). Αποτέλεσμα του ευτροφισμού είναι η υπέρμετρη ανάπτυξη υδρόβιων φυτικών οργανισμών που εμποδίζουν τη διείσδυση της ηλιακής ακτινοβολίας στα βαθύτερα στρώματα των υδάτινων οικοσυστημάτων καθώς και της συγκέντρωσης των νεκρών οργανισμών στον πυθμένα αυτών, δημιουργώντας αναερόβιο ασφυκτικό περιβάλλον.

Συγχρόνως, παρατηρείται ρύπανση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα με συστατικά που προέρχονται από τα απόβλητα των κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων που γίνεται κυρίως με τα ευδιάλυτα νιτρικά άλατα (NO<sub>3</sub>-), τα οποία ευθύνονται για την πρόκληση της θανατηφόρου για τα βρέφη ασθένειας της μεθαιμογλομβιναιμίας.

### **9.7.3 Επιπτώσεις στα χερσαία οικοσυστήματα**

Οι επιπτώσεις από την ανεξέλεγκτη εναπόθεση αποβλήτων από κτηνοτροφικές εκμεταλλεύσεις στο έδαφος έχει σαν αποτέλεσμα τη μεταβολή της δομής και των ιδιοτήτων του, όπως τη μείωση της

αποστραγγιστικής του ικανότητας και της διαπερατότητας του από τον αέρα, τη μείωση των δραστηριοτήτων των μικροοργανισμών εξαιτίας μεγάλης συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων, τη μετατροπή αγρών σε ακατάλληλους για βόσκηση, τη διάδοση ασθeneιών και τη δημιουργία αντιαισθητικών οσμών.

#### **9.7.4 Επιπτώσεις στα υπόγεια ύδατα**

##### ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΟΙΟΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

(Εθνικό πρόγραμμα διαχείρισης και προστασίας των υδατικών πόρων – ΥΠΕΧΩΔΕ / Ε.Μ.Π.)

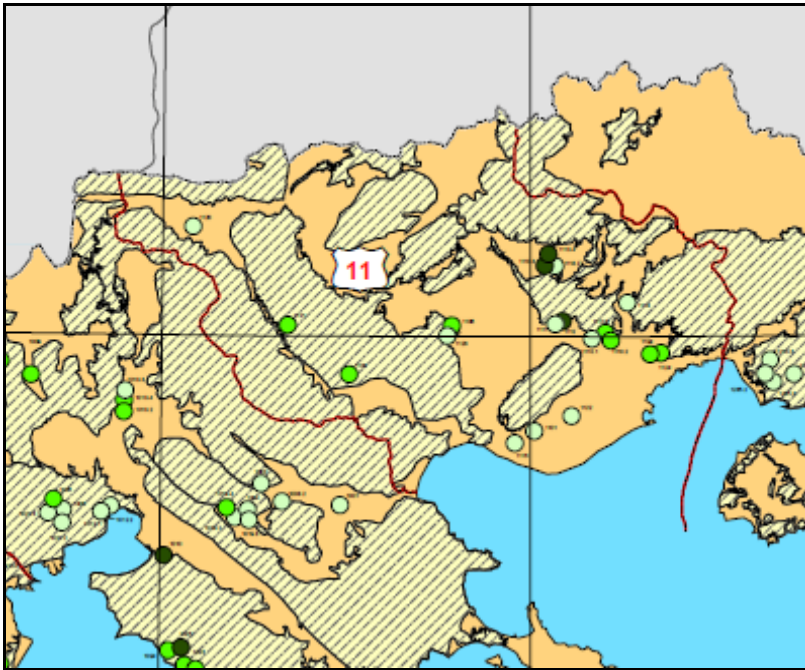
Στο υδατικό διαμέρισμα Ανατολικής Μακεδονίας αναπτύσσονται σημαντικοί υδροφορείς στους καρστικοποιημένους σχηματισμούς (μάρμαρα και διλλουβιακά λατυποκροκαλοπαγή), στις αλλουβιακές προσχώσεις των πεδινών εκτάσεων, στα κροκαλοπαγή, στους μαργαϊκούς ασβεστόλιθους και στους ψαμμίτες του Νεογενούς.

Πλούσια υδροφορία τόσο στα επιφανειακά όσο και στα βαθύτερα στρώματα αναπτύσσεται στις αλλουβιακές αποθέσεις στις πεδιάδες Σερρών. Πολλές καρστικές πηγές, μερικές από τις οποίες έχουν μεγάλες παροχές, αναβλύζουν από την επιφάνεια των λατυποκροκαλοπαγών. Η μεγάλη δυναμικότητα των πηγών αυτών οφείλεται κυρίως στις έμμεσες πλευρικές μεταγγίσεις υπογείων καρστικών νερών από τα μάρμαρα της περιοχής. Στα νεογενή η ανάπτυξη των υδροφορέων εξαρτάται από τα ποσοστά των κροκαλοπαγών, των μαργαϊκών ασβεστολίθων και της τεκτονικής τους καταπόνηση. Σε πολλές θέσεις στη λεκάνη των Σερρών βαθιές υδρογεωτρήσεις συνεκμεταλεύονται προσχωματικούς και νεογενείς υδροφορείς.

Τα μάρμαρα που έχουν μεγάλη εξάπλωση στο ανατολικό τμήμα του υδατικού διαμερίσματος αποτελούν το σημαντικότερο παράγοντα στην εκδήλωση πολλών και μεγάλης παροχής πηγών στο τμήμα αυτό.

Σύμφωνα με αποτελέσματα μετρήσεων, υψηλές συγκεντρώσεις αζωτούχων ενώσεων καταγράφονται σε 7 σε σύνολο 10 σημείων δειγματοληψίας στο νομό Σερρών και πιο συγκεκριμένα στη λεκάνη του ποταμού Στρυμόνα και της λίμνης Κερκίνης. Ειδικότερα, συγκεντρώσεις νιτρικών που υπερβαίνουν σε αρκετές περιπτώσεις το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο για ύδρευση, 50 mg/L, σημειώνονται στις περιοχές Γάζωρο, Νιγρίτα, Μεσολλάκια, Κερκίνη και Κρίνος. Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις νιτρικών παρουσιάζονται στη περιοχή Γάζωρο και κυμαίνονται από 25-100.8 mg/L με τυπική τιμή τα 55mg/L. Επιπρόσθετα, στην περιοχή Νιγρίτα Σερρών σημειώνονται συγκεντρώσεις νιτρικών που σε μέγιστες τιμές ξεπερνούν τα 60 mg/L, ενώ υψηλές είναι και οι συγκεντρώσεις των νιτρώδων, των αμμωνιακών και των κολοβακτηριδίων, γεγονός που υποδηλώνει ότι η αυξημένη ρύπανση οφείλεται κατά κύριο λόγο σε αστικά λύματα – βοθρολύματα. Επισημαίνεται ότι η περιοχή της λεκάνης του Στρυμόνα, δηλαδή ο κάμπος των Σερρών περιλαμβανομένης και της λίμνης Κερκίνης, έχει χαρακτηριστεί ως ευπρόσβλητη ζώνη από νιτρορρύπανση γεωργικής προέλευσης σύμφωνα με την ΚΥΑ 20419/2522/2001, σε εφαρμογή της οδηγίας 91/676/ΕΟΚ [62].

*Αξιοποίηση των Γεωργικών Υπολειμμάτων και Κτηνοτροφικών Αποβλήτων της Περιφερειακής Ενότητας Σερρών, για την Συμπαράγωγή Ηλεκτρικής και Θερμικής Ενέργειας (Σ.Η.Θ) μέσω της Συνδυασμένης Αναερόβιας Χώνευσης*



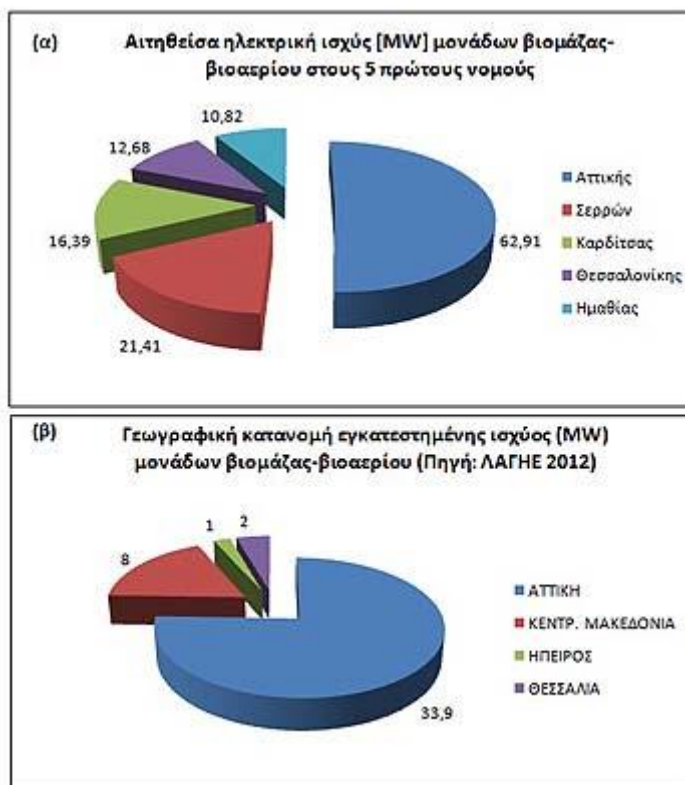
**Χάρτης 9.4 Χάρτης ποιότητας υπόγειων υδάτων [62]**

## 10 ΒΙΟΜΑΖΑ ΣΤΟΝ ΝΟΜΟ ΣΕΡΡΩΝ

### 10.1 Υψηλό επενδυτικό ενδιαφέρον για ηλεκτροπαραγωγικούς σταθμούς βιομάζας και βιοαερίου στον Νομό Σερρών

Μεγάλο επενδυτικό ενδιαφέρον έχουν συγκεντρώσει οι ηλεκτροπαραγωγικοί σταθμοί βιομάζας και βιοαερίου στον Ελλαδικό χώρο μετά την ψήφιση του Νόμου υπ' αριθμό 3851 του 2010 περί επιταχύνσεως της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.

Ο Νομός Σερρών είναι ο πρώτος σε επενδυτικές προτάσεις στην Βόρεια Ελλάδα και δεύτερος σε κατατιθέμενες αιτήσεις για μονάδες βιομάζας βιοαερίου συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 21,4 MW,. Στο γράφημα (α) παρουσιάζονται οι πέντε μεγαλύτεροι Νομοί σε αιτηθείσα ηλεκτρική ισχύ με την τεχνολογία της βιομάζας, ενώ στο γράφημα (β) παρουσιάζεται η γεωγραφική κατανομή της εγκατεστημένης ισχύος μονάδων βιομάζας βιοαερίου που έχουν τεθεί σε λειτουργία μέχρι τον Σεπτέμβριο του 2012.



#### Διάγραμμα 10.1:Α)Αιτηθήσα ηλεκτρικής ισχύς στους 5 πρώτους νομούς, Β) Γεωγραφική κατανομή εγκατεστημένης ισχύος μονάδων βιομάζας [70]

Ο επιδιωκόμενος στόχος της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος για την τεχνολογία της «βιομάζας»,στον Ελλαδικό χώρο είναι 200 MW για το έτος 2014 ενώ για το έτος 2020 φτάνει τα 350 MW [70].

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι οι υποβληθείσες αιτήσεις στον ΔΕΔΔΗΕ, για σταθμούς βιομάζας βιοαερίου, από τον Ιούλιο του 2010 μέχρι και τον Σεπτέμβριο του 2012,αναφέρονται σε συνολική εγκατεστημένη ισχύ που φτάνει τα 304MW. Η τιμή αυτή, που ξεπερνάει τον επιδιωκόμενο στόχο, δεν ανταποκρίνεται σε πραγματική εγκατεστημένη ισχύ, καθώς μέχρι τον Σεπτέμβριο του 2012 οι μονάδες βιομάζας βιοαερίου οι οποίες υλοποιήθηκαν και ενεργοποιήθηκαν αποδίδουν συνολικά 45 MW ή 22,5 % της επιδιωκόμενης τιμής για το έτος στόχο 2014(πηγή ΛΑΓΗΕ). Αυτό δίνει μεγάλο

περιθώριο σε νέους ενδιαφερόμενους να επενδύσουν στον ενεργειακό τομέα της βιομάζας βιοαερίου, καθώς η τεχνολογία αυτή θα πριμοδοτηθεί λόγω πιθανής αδυναμίας κάλυψης του επιδιωκόμενου στόχου.

Η Κεντρική, Δυτική και Ανατολική Μακεδονία, λόγω της περίσσειας διάθεσης ποικίλων ειδών βιομάζας (αγροτική και δασική βιομάζα, κτηνοτροφικά και αγροτοβιομηχανικά απόβλητα, κ.α.) έχει συγκεντρώσει μεγάλο επενδυτικό ενδιαφέρον, όπως αποδεικνύεται και από τον μεγάλο αριθμό των αιτήσεων που έχουν κατατεθεί τα δύο τελευταία χρόνια. Συγκεκριμένα, η συνολική αιτηθείσα εγκατεστημένη ισχύς φτάνει τα 91,67 MW, εκ των οποίων μόνο τα 8 MW αναφέρονται σε σταθμούς που βρίσκονται σε λειτουργία [70].

## **10.2 Δυναμικό Βιομάζας**

### **10.2.1 Γεωργικής προέλευσης**

Ως υλικά γεωργικής προέλευσης επιλέχθηκαν τα παρακάτω υπολείμματα καλλιεργειών:

- Άχυρο μαλακού σίτου
- Στελέχη βαμβακιού
- Άχυρο σκληρού σίτου
- Άχυρο μακρόσπερμου ρυζιού
- Άχυρο κριθαριού
- Άχυρο κοντόσπερμου ρυζιού
- Στελέχη καλαμποκιού

Αυτό επιδιώχθηκε, διότι, υπάρχει εκτεταμένη καλλιέργεια αυτών των υλικών στην Περιφερειακή Ενότητα Σερρών καθώς και μεγάλη δυνατότητα συλλογής των υπολειμμάτων. Υπάρχει ήδη εγκατεστημένη αγορά για την χρήση τους ως χορτονομή και ως στρωμή σε κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις. Ο υπολογισμός των υπολειμμάτων έγινε με βάση τις μέσες στρεμματικές αποδόσεις που αναζητήθηκαν μέσω των Διευθύνσεων Γεωργίας των Νομαρχιών της Περιφέρειας [60].

### **10.2.2 Κτηνοτροφικής προέλευσης**

Τα κτηνοτροφικά υπολείμματα τα οποία θεωρήθηκαν κατάλληλα για ενεργειακή αξιοποίηση είναι:

- Απόβλητα μονάδων γαλακτοπαραγωγής
- Απόβλητα χοιροτροφείων
- Απόβλητα μονάδων κρεοπαραγωγής
- Απόβλητα πτηνοτροφείων

Η επιλογή αυτή έγινε με κριτήριο τον εσταβλισμό των ζώων αυτών έτσι ώστε να υπάρχει η δυνατότητα συλλογής των αποβλήτων. Για τον υπολογισμό των ποσοτήτων αυτών κατ' αρχήν συλλέχθηκαν όλα τα διαθέσιμα στοιχεία για τον αριθμό των ζώων που εκτρέφονται στην Περιφερειακή Ενότητα Σερρών καθώς και στοιχείων αναφορικά με τις εγχώριες συνθήκες παραγωγής, όπως το μέσο βάρος των ζώων και την μέση παραγωγή αποβλήτων ανά ζωική μονάδα [60].

### 10.2.3 Δενδροκομικά απόβλητα

Η Περιφερειακή Ενότητα Σερρών, έχει εκτεταμένη δενδροκομική παραγωγή και για αυτό δόθηκε βαρύτητα στον υπολογισμό των ποσοτήτων κλαδευμάτων από την δενδροκομία. Τα υπολείμματα που μελετήθηκαν είναι:

- Κλαδέματα Μηλιάς
- Κλαδέματα Κερασιάς
- Κλαδέματα Αχλαδιάς
- Κλαδέματα Αμπουργιάς
- Κλαδέματα Ροδακινιάς
- Κλαδέματα Ελιών
- Κλαδέματα Βερικοκιάς

Η επιλογή αυτών των υπολειμμάτων έγινε με κριτήριο την αυξημένη παραγωγή τους στην Περιφερειακή Ενότητα Σερρών, την ύπαρξη στοιχείων παραγωγής κλαδεμάτων και την χρονική τους κατανομή [60].

### 10.3 Ανάλυση διαθέσιμων δυναμικών

Για να υπολογιστεί το διαθέσιμο δυναμικό βιομάζας ακολουθήθηκε η μεθοδολογία που αναπτύσσεται στο κεφ. 10.4. Οι καλλιεργούμενες εκτάσεις λήφθηκαν από την ΕΣΥΕ και αφορούν το έτος 2005. Όλες οι ποσότητες παρουσιάζονται σε kg ενώ οι εκτάσεις δίνονται σε 1000m<sup>2</sup>.

Αγροτική Παραγωγή στην Περιφερειακή Ενότητα Σερρών :

Αγροτική παραγωγή	Καλλιεργούμενη έκταση[1000 m <sup>2</sup> ]
Σιτάρι Μαλακό	15.714
Σιτάρι Σκληρό	533.754
Κριθάρι	14.849
Καλαμπόκι	209..437
Βαμβάκι	367.047
Ρύζι μακρόσπερμο	70
Ρύζι μεσόσπερμο	33.457
Δενδροκομική παραγωγή	Καλλιεργούμενη έκταση[1000 m <sup>2</sup> ]
Αχλαδιές	659
Μηλιές	745
Βερικοκιάς	39
Ροδακινιάς	644
Κερασιές	2.339
Ελαιόδεντρα	1.783
Αμπέλια	6.646

Πίνακας 10.1 Αγροτική Παραγωγή Π.Ε Σερρών ανα Καλλιεργούμενη έκταση [64]



## 10.4 Μεθοδολογία Υπολογισμού Δυναμικότητας Βιομάζας

### 10.4.1 Διαθέσιμο δυναμικό Βιομάζας από Γεωργικές Δραστηριότητες

Για να υπολογιστούν οι διαθέσιμες ποσότητες βιομάζας που παράγονται από γεωργικές δραστηριότητες χρησιμοποιούνται σχέσεις υπολογισμού οι οποίες προτείνονται από τη βιβλιογραφία. Οι σχέσεις αυτές χρησιμοποιούν σαν συντελεστές τη μέση στρεμματική απόδοση των καλλιεργειών, την καλλιεργούμενη έκταση και το ποσοστό του υπολείμματος που μπορεί να συλλεχθεί [39]. Το κύριο μέγεθος υπολογισμού για την γεωργική βιομάζα είναι το Διαθέσιμο Δυναμικό Βιομάζας [ $B_{av}$ ] το οποίο υπολογίζεται σύμφωνα με τη [39] Εξίσωση 10.1 :

$$B_{av} = \frac{f_g \sum B_n a_n}{A_r}$$

όπου

**Εξίσωση 10.1:**

$$B_n = \sum_n B_n Y_n$$

και :

$A_n$  Καλλιεργούμενη έκταση [ha]

$B_n$  Θεωρητικό δυναμικό βιομάζας [t/yr]

$A_r$  Συνολική καλλιεργούμενη έκταση [ha]

$f_g$  Βαθμός απόδοσης της συλλογής της βιομάζας[%]

$a_n$  Διαθέσιμο ποσοστό βιομάζας για αξιοποίηση [%]

$Y_n$  Στρεμματική απόδοση καλλιέργειας [t/ha/yr]

$B_{av}$  Διαθέσιμο δυναμικό βιομάζας [t/yr]

Στον Πίνακα 10.2 εμφανίζονται τα στοιχεία που χρειάζονται για να υπολογιστεί η διαθέσιμη απόβλητη γεωργική βιομάζα σχετικά με το διαθέσιμο ποσοστό βιομάζας προς αξιοποίηση, σε σχέση με τον δείκτη καρπού προς υπόλειμμα.

Το μέγεθος  $a_n$  εξαρτάται από την δυνατότητα απόληψης του υπολείμματος από τον χώρο παραγωγής και έχει να κάνει με τον τρόπο συγκομιδής τους καρπού και απόθεσης του υπολείμματος στο έδαφος

**Πίνακας 10.2: Στοιχεία για τον υπολογισμό των υπολειμμάτων γεωργικής προέλευσης**  
[74].

Υπόλειμμα	Δείκτης καρπού προς υπόλειμμα	Διαθέσιμο ποσοστό βιομάζας για αξιοποίηση $a_n$ (%)
Άχυρο σίτου	1	15
Άχυρο ρυζιού	1	60
Άχυρο κριθαριού	1,24	15
Στελέχη καλαμποκιού	1	60
Στελέχη βαμβακιού	0,5	60

Για να υπολογιστούν τα υπολείμματα των δενδροκομικών καλλιεργειών χρησιμοποιούνται αντίστοιχοι τύποι με συντελεστές οι οποίοι λαμβάνονται από την βιβλιογραφία [74]. Ενδεικτικές τιμές παρουσιάζονται στον Πίνακα 10.3. Παρατηρούμε ότι το διαθέσιμο ποσοστό βιομάζας για αξιοποίηση στην περίπτωση των δενδροκομικών υπολειμμάτων είναι ιδιαίτερα αυξημένο λόγω της φύσης των υπολειμμάτων τα οποία παράγονται ανά δέντρο και σε υπολογίσιμο μέγεθος.

**Πίνακας 10.3: Παραγόμενη ποσότητα υπολείμματος από δενδροκομικές καλλιέργειες**  
[74].

Καλλιέργεια	Παραγόμενη ποσότητα υπολείμματος [t/ha]	Διαθέσιμο ποσοστό βιομάζας για αξιοποίηση $a_n$ (%)
Αχλαδιές	16,92	90
Μηλιές	4,77	90
Βερικοκιές	6,23	90
Ροδακινιές	5,61	90
Κερασιές	5,11	90
Ελαιόδεντρα	2,82	90
Πυρηνόξυλο	64,0	-
Αμπέλια	4,97	90

Αξιοποίηση των Γεωργικών Υπολειμμάτων και Κτηνοτροφικών Αποβλήτων της Περιφερειακής Ενότητας Σερρών, για την Συμπαραγωγή Ηλεκτρικής και Θερμικής Ενέργειας (Σ.Η.Θ) μέσω της Συνδυασμένης Αναερόβιας Χώνευσης

Οπότε, καταλήγουμε στον παρακάτω συγκεντρωτικό πίνακα στον οποίο προκύπτει το διαθέσιμο δυναμικό βιομάζας (σε kg) το οποίο είναι αξιοποιήσιμο :

Αγροτική παραγωγή	Καλλιεργούμενη έκταση[1000 m <sup>2</sup> ]	Διαθέσιμο ποσοστό βιομάζας για αξιοποίηση an (%)	Διαθέσιμο δυναμικό βιομάζας [kg]
Σιτάρι Μαλακό	15.714	15	<b>801.414</b>
Σιτάρι Σκληρό	533.754	15	<b>23.818.772</b>
Κριθάρι	14.849	15	<b>939.050</b>
Καλαμπόκι	209.437	30	<b>55.291.368</b>
Βαμβάκι	367.047	15	<b>18.168.826</b>
Ρύζι μακρόσπερμο	70	25	<b>4.746</b>
Ρύζι μεσόσπερμο	33.457	25	<b>2.268.384</b>
Δενδροκομική παραγωγή	Καλλιεργούμενη έκταση[1000 m <sup>2</sup> ]	Διαθέσιμο ποσοστό βιομάζας για αξιοποίηση an (%)	Διαθέσιμο δυναμικό βιομάζας [kg]
Αχλαδιές	659	90	<b>1.003.525</b>
Μηλιές	745	90	<b>319.828</b>
Βερικοκιές	39	90	<b>21.867</b>
Ροδακινιές	644	90	<b>325.155</b>
Κερασιές	2.339	90	<b>1.075.706</b>
Ελαιόδεντρα	1.783	90	<b>452.525</b>
Αμπέλια	6.646	90	<b>2.972.755</b>

Πίνακας 10.4:Συγκεντρωτικός Πίνακας Διαθέσιμου δυναμικού Βιομάζας από Γεωργικές καλλιέργειες

Αξιοποίηση των Γεωργικών Υπολειμμάτων και Κτηνοτροφικών Αποβλήτων της Περιφερειακής Ενότητας Σερρών, για την Συμπαράγωγή Ηλεκτρικής και Θερμικής Ενέργειας (Σ.Η.Θ) μέσω της Συνδυασμένης Αναερόβιας Χώνευσης

Αφαιρώντας την υγρασία\* [39] από τα υπολείμματα των καλλιεργειών, προκύπτει η τελική ποσότητα υπολειμμάτων καλλιεργειών που αξιοποιείται (ξ.β = ξηρού βάρους, σε tn/έτος)

Αγροτική παραγωγή	Καλλιεργούμενη έκταση[1000 m <sup>2</sup> ]	Διαθέσιμο δυναμικό βιομάζας [kg]	Υγρασία* [%]	Ποσότητα υπολειμμάτων ξ.β (tn / έτος)
Σιτάρι Μαλακό	15.714	801.414	15	120,2
Σιτάρι Σκληρό	533.754	23.818.772	15	3.572,8
Κριθάρι	14.849	939.050	15	140,9
Καλαμπόκι	209.437	55.291.368	55	30.410,3
Βαμβάκι	367.047	18.168.826	15	2.725,3
Ρύζι μακρόσπερμο	70	4.746	25	1,2
Ρύζι μεσόσπερμο	33.457	2.268.384	25	567,1
Δενδροκομική παραγωγή	Καλλιεργούμενη έκταση[1000 m <sup>2</sup> ]	Διαθέσιμο δυναμικό βιομάζας [kg]	Υγρασία [%]	Ποσότητα υπολειμμάτων ξ.β (tn / έτος)
Αχλαδιές	659	1.003.525	40	401,4
Μηλιές	745	319.828	40	127,9
Βερικοκιές	39	21.867	40	8,7
Ροδακινιές	644	325.155	40	130,1
Κερασιές	2.339	1.075.706	40	430,3
Ελαιόδεντρα	1.783	452.525	35	158,4
Αμπέλια	6.646	2.972.755	45	1.337,7
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>1.187.183</b>	<b>107.463.921</b>		<b>40.132,3</b>

Πίνακας 10.5: Πίνακας Ποσότητας υπολειμμάτων ξ.β (ξηρού βάρους), tn/έτος

*Αξιοποίηση των Γεωργικών Υπολειμμάτων και Κτηνοτροφικών Αποβλήτων της Περιφερειακής Ενότητας Σερρών, για την Συμπαράγωγή Ηλεκτρικής και Θερμικής Ενέργειας (Σ.Η.Θ) μέσω της Συνδυασμένης Αναερόβιας Χώνευσης*

Ακολουθεί πίνακας από βιβλιογραφία με τα χαρακτηριστικά κάθε κατηγορίας υποστρώματος: τη σύνθεσή του, τα ολικά στερεά (Ξ.Ο), τα πτητικά στερεά ( VS) και την απόδοσή του σε βιοαέριο [1], [63], [27].

Πρώτη ύλη	Οργανικό περιεχόμενο	ΞΟ %	VS % της ΞΟ	Παραγωγή βιοαερίου $m^3 \cdot kg^{-1} VS$
Καλλιέργειες	Λιγνίνη, κυταρρίνη, ημικυτταρίνες	20-40	76-90	0,6-0,7

**Πίνακας 10.6:** Βιβλιογραφικός Πίνακας με τα χαρακτηριστικά κάθε κατηγορίας υποστρώματος: τη σύνθεσή του, τα ολικά στερεά (Ξ.Ο), τα πτητικά στερεά ( VS) και την απόδοσή του σε βιοαέριο.

Πραγματοποιώντας όλους τους υπολογισμούς, καταλήγουμε στον παρακάτω πίνακα, που μας παρουσιάζει την τελική παραγόμενη ποσότητα βιοαερίου (αξιοποιώντας πλήρως τα απόβλητα των γεωργικών υπολειμμάτων).

Πρώτη ύλη	Διαθέσιμη ποσότητα ΦΠΥ (kg/έτος)	ΞΟ %*	VS % της ΞΟ	VS (kg)	Παραγωγή βιοαερίου $m^3 \cdot kg^{-1} VS$	Παραγόμενη ποσότητα βιοαερίου ( $m^3/y$ )
Καλλιέργειες	107.463.921	37.3*	80	32.105.840	0,6	<b>19.263.504</b>

**Πίνακας 10.7** Πίνακας Παραγόμενης ποσότητας βιοαερίου ( $m^3/y$ ), από καλλιέργειες

\* (Εκτιμήθηκε βάσει υπολογισμών για το σύνολο των διαφορετικών καλλιεργειών)

#### 10.4.2 Διαθέσιμο δυναμικό Βιομάζας από Κτηνοτροφικές Δραστηριότητες

##### Καταγραφή κτηνοτροφικής δραστηριότητας

Στον Πίνακα 10.8 παρουσιάζεται η συγκεντρωτική απογραφή του κλάδου της κτηνοτροφίας για την Περιφέρεια Σερρών (αριθμός ζώων, αριθμός και δυναμικότητα μονάδων εκτροφής) Στην κτηνοτροφική δραστηριότητα των αγελάδων, περιλαμβάνεται τόσο οι αγελάδες για γαλακτοκομική παραγωγή (51%) όσο και τα βοοειδή για κρεατοπαραγωγή (49%).

Οι φάρμες αγελάδων γαλακτοκομικής παραγωγής αποτελούν το 68% του συνόλου των μονάδων έναντι 32% των βοοειδών κρεατοπαραγωγής.

Η μεγαλύτερη κτηνοτροφική δραστηριότητα στον κλάδο των αγελάδων παρουσιάζεται στο Δήμο Ηράκλειας (5.571 αγελάδες σε 274 φάρμες).

**Πίνακας 10.8: Κτηνοτροφική Δραστηριότητα Π.Ε. ΣΕΡΡΩΝ( [54],[55])**

ΕΙΔΟΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΖΩΩΝ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ
Χοιρομητέρες	5.364	77
Αιγοπρόβατα	286.290	2.269
Αγελάδες	26.378	1.662
Ορνίθες	481.600	57

Όσον αφορά την κτηνοτροφική δραστηριότητα των ορνίθων, περιλαμβάνεται η συστηματική ορνιθοτροφία και συγκεκριμένα μονάδες (κρεατοπαραγωγής και ωοτοκίας) δυναμικότητας μεγαλύτερης των 1000 πτηνών.

Η πιο έντονη ορνιθοτροφική δραστηριότητα παρουσιάζεται στον Δήμο Τραγίλου όπου εκτρέφονται 165.300 όρνιθες.

Ο Δήμος Κερκίνης με 910 χοιρομητέρες και 9 φάρμες είναι ο Δήμος με την μεγαλύτερη χοιροτροφική δραστηριότητα.

Πρέπει να σημειωθεί ότι μία χοιρομητέρα αντιστοιχεί σε 1.900 κιλά τον χρόνο (1 χοιρομητέρα\* 2,4 γέννες/χρόνο\*10 χοίρου/γέννα\* 70κιλά/χοίρο + 200κιλά), [57],[58].

Στον κλάδο των αιγοπροβάτων η σύσταση του ζωικού κεφαλαίου κατανέμεται ως εξής: 56% πρόβατα και 44% αίγες. Το 44,5% του συνόλου των μονάδων είναι φόρμες προβάτων, το 28,5% είναι φόρμες αιγών και το 27% είναι φάρμες που περιλαμβάνουν και τα δύο είδη. Ο Δήμος Σερρών εμφανίζει το μεγαλύτερο αριθμό αιγοπροβάτων (26.240), τα οποία και κατανέμονται σε 128 φάρμες.

##### ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

##### Ειδική κτηνοτροφική παραγωγή αποβλήτων ανά κατηγορία ζώου:

- Εξαιτίας του μεγάλου αριθμού μικρών σχετικά εκμεταλλεύσεων και του γεγονότος ότι τα βοοειδή κρεατοπαραγωγής είναι κατά βάση ελεύθερα βοσκής, λαμβάνονται

υπόψη οι συστηματικές αγελαδικές μονάδες με δυναμικότητα μεγαλύτερης από 20 αγελάδες γαλακτοπαραγωγής. ([57],[58])

- Η ειδική ετήσια ζωική παραγωγή αποβλήτων ισούται με:
  - 40.223 kg / ζώο & χρόνο (0,058 lit/kg ζώου, 1.900 kg/ζώο) για τις χοιρομητέρες,
  - 26,9 kg/ζώο & χρόνο (0,0246 lit/kg ζώου, 3 kg/ζώο) για τις όρνιθες,
  - 15.330 lit / ζώο & χρόνο (0,084 lit/kg/ζώου, 500kg/ζώο) για τις αγελάδες και
  - 580lit/ ζώο & χρόνο (0,04 lit/kg/ ζώου, 40 kg/ζώο) για τα αιγοπρόβατα.

Η διαθεσιμότητα των κτηνοτροφικών αποβλήτων (πραγματική συλλεχθείσα ποσότητα) λαμβάνεται ίση με 50% για τα κτηνοτροφικά απόβλητα των αγελάδων, των χοιρομητέρων και των ορνίθων και ίση με 10% για τα απόβλητα των αιγοπροβάτων [54],[55].

- Τα ολικά στερεά (TS) στα κτηνοτροφικά απόβλητα είναι: 7% για τα απόβλητα των χοιρομητέρων, 25% για τα απόβλητα των ορνίθων, 10% για τα απόβλητα των αγελάδων και 23% για τα απόβλητα των αιγοπροβάτων. Το ποσοστό των πτητικών στερεών (VS) στα κτηνοτροφικά απόβλητα λαμβάνεται ίσο με 80% των ολικών στερεών [57],[58].

Συνοψίζοντας, όλες τις παραδοχές που κάναμε καταλήγουμε στον παρακάτω πίνακα, όπου παρουσιάζεται : το Μέσο Ζωικό Βάρος(MZB)-(kg ZB/Zώο), (W) - η Ημερήσια Παραγωγή Αποβλήτων ανα kg ZB (kg/kgZB/d), η Ετήσια Παραγωγή Κτηνοτροφικών Αποβλήτων (tn/χρόνο), και υπολογίζοντας την διαθεσιμότητα, καταλήγουμε στα Απόβλητα Προς Επεξεργασία (tn/έτος)

Κτηνοτροφική παραγωγή	Αριθμός Ζώων	Μέσο Ζωικό Βάρος (MZB) - (kg ZB/Zώο)	(W)- Ημερήσια Παραγωγή Αποβλήτων ανα kg ZB (kg/kgZB /d)	Ειδική Παραγωγή (kg/ζώο τον χρόνο)	Ετήσια Παραγωγή Κτηνοτροφικών Αποβλήτων (tn/χρόνο)	Διαθεσιμότητα [%]	Απόβλητα Προς επεξεργασία (tn / έτος)
Χοιρομητέρες	5.364	1.900	0,058	40.223	215.756	50	107.878
Όρνιθες	481.600	3	0,0246	26,9	12.955	50	6.478
Αγελάδες	8.039	500	0,084	12.955	123.238	50	61.619
Αιγοπρόβατα	222.690	40	0,04	580	129.160	10	12.916
<b>Σύνολο</b>					<b>481.109</b>		<b>188.891</b>

**Πίνακας 10.9:Συνολικά Απόβλητα Προς επεξεργασία από Κτηνοτροφική Παραγωγή**

Από τα Απόβλητα προς επεξεργασία ανά έτος που καταλήξαμε στον προηγούμενο πίνακα, υπολογίζουμε τα (TS- Total Solids – Ολικά στερεά, καθώς και τα πτητικά στερεά, VS- Volatile Solids ) και βρίσκουμε τα τελικά Πτητικά Στερεά σε tn /έτος

Κτηνοτροφική παραγωγή	Απόβλητα Προς επεξεργασία (tn / έτος)	Ολικά Στερεά (TS)- (%)	Ολικά Στερεά (TS)- (tn / έτος)	Πτητικά Στερεά (VS) (%TS)	Πτητικά Στερεά (VS) (tn / έτος)
Χοιρομητέρες	107.878	7	107.878	80	6.041
Όρνιθες	6.478	25	6.478	80	1.269
Αγελάδες	61.619	10	61.619	80	4.930
Αιγοπρόβατα	12.916	23	12.916	80	2.377
<b>Σύνολο</b>	<b>188.891</b>				<b>14.643</b>

**Πίνακας 10.10: Συνολικά Πτητικά Στερεά (VS/ έτος)**

Για τον υπολογισμό του παραγόμενου βιοαερίου από τα κτηνοτροφικά θα χρησιμοποιηθεί η εξίσωση από τη Εξίσωση (10.2) και οι συντελεστές του Πίνακας 5-4.

Η παραγόμενη ποσότητα βιοαερίου προκύπτει αν πολλαπλασιάσουμε την διαθέσιμη οργανική ύλη για κάθε κατηγορία το συντελεστή παραγωγής βιοαερίου Φbg [25]

**Εξίσωση 10.2:**

$$Y_a = B_a \times \Phi_{bg}$$

Κτηνοτροφική παραγωγή	Πτητικά Στερεά (VS) (tn / έτος)	Φbg (m <sup>3</sup> /kg)	Παραγόμενη Ποσότητα βιοαερίου (m <sup>3</sup> /y)
Χοιρομητέρες	6.041	0,35	<b>2.114.350</b>
Όρνιθες	1.269	0,29	<b>368.010</b>
Αγελάδες	4.930	0,2	<b>986.000</b>
Αιγοπρόβατα	2.377	0,02	<b>47.540</b>
<b>Σύνολο</b>	<b>14.643</b>		<b>3.515.900</b>

**Πίνακας 10.11:Συνολική Παραγωγή βιοαερίου Από απόβλητα Κτηνοτροφικής Παραγωγής**



Αξιοποίηση των Γεωργικών Υπολειμμάτων και Κτηνοτροφικών Αποβλήτων της Περιφερειακής Ενότητας Σερρών, για την Συμπαράγωγή Ηλεκτρικής και Θερμικής Ενέργειας (Σ.Η.Θ) μέσω της Συνδυασμένης Αναερόβιας Χώνευσης

Από την Συνολική παραγωγή αποβλήτων καλλιεργείων (Πίνακα 10.7) και Κτηνοτροφική Παραγωγή αποβλήτων (Πίνακα 10.11), καταλήγουμε στους συγκεντρωτικούς πίνακες:

Πρώτη ύλη	Διαθέσιμη ποσότητα ΦΠΥ (kg/έτος)	ΞΟ %	VS % της ΞΟ	VS (kg)	Παραγωγή βιοαερίου $m^3 \cdot kg^{-1} \cdot VS$	Παραγόμενη ποσότητα βιοαερίου ( $m^3/y$ )
Καλλιέργειες	107.463.921	37.3	80	32.105.840	0,6	<b>19.263.504</b>

Κτηνοτροφική παραγωγή	Πτητικά Στερεά (VS) (tn / έτος)	Φbg ( $m^3/kg$ )	Παραγόμενη Ποσότητα βιοαερίου ( $m^3/y$ )
Χοιρομητέρες	6.041	0,35	2.114.350
Όρνιθες	1.269	0,29	368.010
Αγελάδες	4.930	0,2	986.000
Αιγοπρόβατα	2.377	0,02	47.540
<b>Σύνολο</b>	<b>14.643</b>		<b>3.515.900</b>

Πίνακας Συνολικής Παραγόμενης Ποσότητας Βιοαερίου:

Παραγωγή στην Π.Ε Σερρών	Παραγόμενη Ποσότητα βιοαερίου ( $m^3/y$ )
Συνολική Παραγωγή από Καλλιέργειες	19.263.504
Κτηνοτροφική παραγωγή	3.515.900
<b>Σύνολο</b>	<b>22.779.404</b>

**Πίνακας 10.12: Συνολική Παραγόμενη Ποσότητα Βιοαερίου στην Π.Ε Σερρών**

Το ενεργειακό περιεχόμενο του βιοαερίου από την ΑΧ( Αναερόβια Χώνευση) είναι χημικά δεσμευμένο στο μεθάνιο. Οι ιδιότητες και η σύνθεση του βιοαερίου ποικίλλουν ανάλογα με τον τύπο και τη δομή της πρώτης ύλης, το σύστημα της εγκατάστασης, τη θερμοκρασία, τον χρόνο παραμονής και άλλους παράγοντες. Θεωρώντας ότι το βιοαέριο έχει 50% περιεχόμενο σε μεθάνιο, η μέση θερμοαντική τιμή του είναι περίπου  $21 \text{ MJ/ Nm}^3$ , η μέση πυκνότητα  $1,22 \text{ kg/ Nm}^3$  και η μάζα του είναι παρόμοια με αυτή του αέρα ( $1,29 \text{ kg/ Nm}^3$ ) [ 25].

Στον Πίνακα 10-13 φαίνεται αναλυτικά το ενεργειακό περιεχόμενο κάθε κατηγορίας καθώς και το συνολικό.

Παραγωγή στην Π.Ε Σερρών	Συνολική εισερχόμενη διαθέσιμη ποσότητα ΦΠΥ ( tn / y)	Συνολική εισερχόμενη πρώτη ύλη-πτητικών στερεών (tn VS / y)	Παραγόμενη Ποσότητα βιοαερίου (m <sup>3</sup> /y)	Ενεργειακό Περιεχόμενο (MJ/Nm <sup>3</sup> )
Αγροτική Παραγωγή	107.464	32.105,840	19.263.504	404.533.584
Κτηνοτροφική παραγωγή	188.891	14.643	3.515.900	73.833.900
<b>Σύνολο</b>	<b>296.355</b>	<b>46.748,84</b>	<b>22.779.404</b>	<b>478.367.484</b>

Πίνακας 10.13:Ενεργειακό Περιεχόμενο βιοαερίου Π.Ε Σερρών

## 11 ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗΣ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ

### 11.1 Περιγραφή της χρησιμοποιούμενης τεχνολογίας και των εγκαταστάσεων που θα απαιτηθούν

Η τεχνολογία που θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή βιοαερίου και στη συνέχεια ηλεκτρικής ενέργειας είναι η συνδυασμένη αναερόβια χώνευση οργανικών υλών για την παραγωγή βιοαερίου (καυσίμου αερίου) και στη συνέχεια η καύση του παραγόμενου αερίου σε μονάδα συμπαράγωγής, αποτελούμενη από Μηχανή Εσωτερικής Καύσης (ΜΕΚ) και γεννήτρια, για την μετατροπή της εσωτερικής ενέργειας του καυσίμου σε ηλεκτρική ενέργεια. Επίσης από την ΜΕΚ ανακτάται ίση σχεδόν ποσότητα θερμικής ενέργειας υπό μορφή θερμού νερού ή/ και ατμού.

### 11.2 Υπολογισμοί Παραγωγής Θερμικής και Ηλεκτρικής Ενέργειας

Από τον Πίνακα 10.13 παρατηρούμε ότι την ημέρα θα εισέρχονται στην εγκατάσταση περίπου **811 tn**/ημέρα πρώτη ύλη, η οποία αντιστοιχεί σε **62.409 m<sup>3</sup>** βιοαερίου.

Η τεχνολογία που θα χρησιμοποιηθεί για την αξιοποίηση του βιοαερίου είναι η συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ). Μια μονάδα ΣΗΘ που χρησιμοποιεί Μηχανή Εσωτερικής Καύσης (ΜΕΚ) έχει αποδοτικότητα μέχρι 90% και παράγει κατά μέσο όρο 35% ηλεκτρική ενέργεια και 65% θερμότητα.

Θερμική ενέργεια : Λαμβάνοντας υπόψη ότι η θερμική ενέργεια του βιοαερίου είναι της τάξεως των 6,8 kWh ανά m<sup>3</sup> βιοαερίου, [50], τότε η εκτιμώμενη παραγόμενη θερμική ενέργεια είναι ίση με:

**Εξίσωση 11.1 :  $E_{\theta} = 6,8 \text{ kWh} / \text{m}^3 \times 62.409 \text{ m}^3 / \text{ημέρα} = 424.381 \text{ kWhth} / \text{ημέρα}$**

Ηλεκτρική ενέργεια: Για το σύστημα μας η απόδοση μιας μηχανής εσωτερικής καύσης κυμαίνεται από 36% μέχρι 39%. Θεωρώντας  $\eta = 37,4\%$  [50] και δεδομένου ότι μια μονάδα ΣΗΘ λειτουργεί το 90% του χρόνου της σε ετήσια βάση, η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια θα είναι :

**Εξίσωση 11.2  $E_{\eta} = E_{\theta} \times \eta \times 0,9 \times 365 \text{ kWhel} / \text{έτος}$**

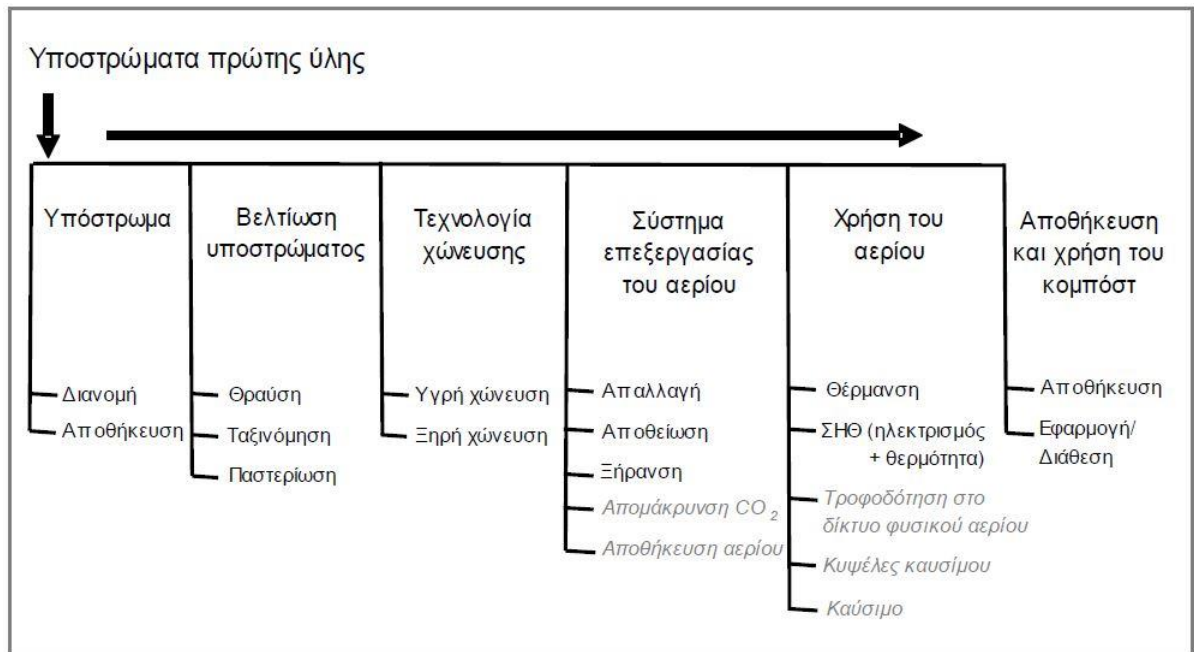
Βαθμός Απόδοσης (η)	Ηλεκτρική Ενέργεια/ ημέρα (kWh)	Ηλεκτρική Ενέργεια/ έτος ~ (328.5 ημέρες) (kwh)	Εγκατεστημένη Ισχύς (KW)
Min = 0,36	152.777,16	50.187.297,6	6.365,71
Nom= 0,374	158.718,49	52.139.025,28	6.613,27
Max= 0,39	165.508,59	<b>54.369.571,82</b>	<b>6.896,19</b>

**Πίνακας 11.1: Εγκατεστημένη Ισχύς (KW)/ βαθμό Απόδοσης**

Οπότε μια καλή προσέγγιση θα ήταν η μονάδα μας να εγκατασταθεί με ισχύ **6,6 MW**.

### 11.3 Συνοπτική Τεχνική περιγραφή εγκατάστασης παραγωγής βιοαερίου

Στην εικόνα που ακολουθεί, παρουσιάζονται συνοπτικά τα διάφορα βήματα που λαμβάνουν χώρα στη μονάδα παραγωγής βιοαερίου. Αρχικά στάδιο αποτελεί η συλλογή και αποθήκευση των πρώτων υλών για αναερόβια ζύμωση. Στη συνέχεια ακολουθεί η βελτίωση του υποστρώματος η οποία αποτελείται από τα στάδια τεμαχισμού, ταξινόμησης ανάλογα την ποιότητα και την προέλευση, ανάμιξη, παστερίωση κ.λπ. προετοιμασίας για την διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης που ακολουθεί. Στο στάδιο της αναερόβιας χώνευσης το ήδη προετοιμασμένο υπόστρωμα οδηγείται στους πρωτεύοντες και στη συνέχεια στους δευτερεύοντες χωνευτήρες για την πραγματοποίηση και ολοκλήρωση της διαδικασίας της αναερόβιας χώνευσης. Από τη διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης παράγονται το βιοαέριο το οποίο και υπόκειται μια σειρά επεξεργασιών (αποθείωση, ξήρανση, κ.λπ.) προκειμένου να καταστεί κατάλληλο για χρήση. Τέλος το εξυγениσμένο βιοαέριο καίγεται σε μονάδα ΣΗΘ για την παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας. Το υπόλειμμα της διαδικασίας της αναερόβιας ζύμωσης αποθηκεύεται και στη συνέχεια διατίθεται ως υγρό λίπασμα για τους αγρούς.



**Εικόνα 11.1** Στάδια λειτουργίας μονάδας αναερόβιας ζύμωσης, [101]

Η γενική διάταξη (Layout) και η μεθοδολογία της διεργασίας για τις εγκαταστάσεις βιοαερίου είναι σχεδιασμένη για χώνευση και αναερόβια επεξεργασία ενός συνολικού μίγματος γεωργοκτηνοτροφικών αποβλήτων και υπολειμμάτων όπως: κοπριά βοοειδών, χοίρων και κοτόπουλων, υπόλειμμα καλλιέργειας καλαμποκιού, ορυζοφλοιός από την επεξεργασία ρυζιού, κτλ.

### 11.4 Γενική διάταξη και εγκαταστάσεις μονάδας

Η γενική διάταξη (layout) των εγκαταστάσεων σχεδιάζεται ώστε να πληρούνται καλύτερα οι γενικές απαιτήσεις. Ο τρόπος που το υλικό διακινείται από ολόκληρη τη διαδικασία αναερόβιας χώνευσης είναι ο βέλτιστος για την εξοικονόμηση καταναλισκόμενης ενέργειας λόγω των σύντομων διαδρομών-αποστάσεων άντλησης των πρώτων υλών.

### 11.5 Παραλαβή και προ-επεξεργασία των εισερχομένων πρώτων υλών

Η αποθήκευση της πρώτης ύλης είναι αναγκαία για την αντιστάθμιση των εποχιακών διακυμάνσεων του ανεφοδιασμού της πρώτης ύλης. Επίσης διευκολύνει την ανάμιξη των διαφορετικών υποστρωμάτων για την συνεχή και ομοιογενή τροφοδοσία στο χωνευτήρα. Ο τύπος των εγκαταστάσεων αποθήκευσης εξαρτάται από την πρώτη ύλη. Οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης του εργοστασίου μπορούν να ταξινομηθούν κυρίως σε αποθήκες τύπου επιδαπέδιας εναπόθεσης για την στερεή πρώτη ύλη (όπως υπολείμματα καλλιέργειας αραβόσιτου) και σε δεξαμενές αποθήκευσης για τις υγρές/αντλήσιμες πρώτες ύλες (π.χ. κοπριά αγελάδων και μοσχαριών). Για να υπολογίσουμε τις διαστάσεις των εγκαταστάσεων αποθήκευσης, κάνουμε τον εξής συλλογισμό : αφού η συνολική διαθέσιμη εισερχόμενη ποσότητα ΦΠΥ από τον Πίνακα 10.13, είναι **811 tn/d**, στο γενικότερο σύστημα εγκατάστασης αποθήκευσης για φύλαξη –εφεδρεία περίπου 4 ημερών, θα χρειαστούν περίπου όγκου **3.244 m<sup>3</sup>** δεξαμενές και σιλό.



Εικόνα 11.2: Αποθήκες τύπου σιλό [89]



Εικόνα 11.3: Αποθήκευση σε έναν μεγάλο σωρό στο έδαφος, [84]



**Εικόνα 11.4: Δεξαμενή αποθήκευσης υγρής κοπριάς από οπλισμένο σκυρόδεμα, εφοδιασμένη με πλαστικό κάλυμμα [84]**

### **11.6 Μονάδα Παστερίωσης**

Οι ευρωπαϊκές και εθνικές νομοθεσίες ρυθμίζουν τις πρακτικές επεξεργασίας των αποβλήτων όσον αφορά τους επιδημικούς και υγειονομικούς κινδύνους, προκαθορίζοντας τη θερμική επεξεργασία για τα κρίσιμα υλικά. Στην περίπτωση της γραμμής των ζωικών υποπροϊόντων Κατηγορίας 3 (κοπριά αγελάδων-μοσχαραίων, χοίρων, οργανικής λάσπης βιολογικού καθαρισμού και παστεριωμένων ζωικών υποπροϊόντων σφαγείου και κοπριάς κοτόπουλων κ.λπ.) πρέπει να πραγματοποιηθούν πριν αντληθούν οι αντίστοιχες πρώτες ύλες στους πρωτεύοντες χωνευτήρες αναερόβιας χώνευσης.

Ο λόγος που εφαρμόζονται οι συγκεκριμένες τεχνικές είναι η αποφυγή μόλυνσης ολόκληρου του φορτίου της πρώτης ύλης και η διατήρηση των δαπανών υγιεινής σε χαμηλά επίπεδα. Η παστερίωση πραγματοποιείται σε θερμαινόμενες δεξαμενές κατασκευασμένες από ανοξείδωτο χάλυβα, συνδεδεμένες με το σύστημα τροφοδοσίας των χωνευτήρων μέσω της δεξαμενής προσωρινής αποθήκευσης (buffer tank) κατασκευασμένη από ανοξείδωτο χάλυβα.

### **11.7 Δεξαμενές ανάμιξης -συστήματα τροφοδοσίας**

Μετά από την αποθήκευση και την προ-ομογενοποίηση/ανάμιξη, η πρώτη ύλη τροφοδοτείται στους πρωτεύοντες χωνευτήρες. Η τεχνική τροφοδοσίας εξαρτάται από τον τύπο της πρώτης ύλης και την ικανότητα άντλησης της.

Η αντλήσιμη πρώτη ύλη που πρόκειται να παστεριωθεί μεταφέρεται από τη δεξαμενή ανάμιξης στους παστεριωτές διαλείποντος έργου και στη συνέχεια στην δεξαμενή προσωρινής αποθήκευσης απ' όπου το παστεριωμένο υλικό θα προωθείται στους πρωτεύοντες χωνευτήρες.

Η αντλήσιμη πρώτη ύλη που δεν θα παστεριωθεί μεταφέρεται από τη δεξαμενή ανάμιξης στους πρωτεύοντες χωνευτήρες.

Η μη αντλήσιμη πρώτη ύλη όπως τα υπολείμματα του καλαμποκιού μεταφέρεται με τη χρήση φορτωτή στο σύστημα τροφοδοσίας/σύστημα ελάττωσης μεγέθους και έπειτα προωθούνται στους

πρωτεύοντες χωνευτήρες μέσω δύο συστημάτων κοχλιομεταφορέων. Ο σχεδιασμός της μονάδας γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε και οι δύο τύποι πρώτης ύλης, αντλήσιμη και μη-αντλήσιμη να μπορούν να τροφοδοτηθούν ταυτόχρονα στο χωνευτήρα.

Η τροφοδότηση ομοιογενούς υποστρώματος στις Δεξαμενές Χώνευσης που είναι σημαντικό για την βιολογική διαδικασία, είναι απαραίτητο να αναμιχθούν τα ρεύματα εισόδου διαφορετικών υλικών.

Για τον υπολογισμό του Συστήματος Τροφοδοσίας:

Για την τροφοδότηση της πρώτης ύλης, ο τύπος που ορίζει την ροή της παροχής πρώτης ύλης Η ροή αυτή ορίζει την παροχή πρώτης ύλης  $Q_{\Delta A}$  (m<sup>3</sup>/h) προς το χωνευτή [19].

**Εξίσωση 11.3 :**  $Q_{\Delta A} = V_{\Delta A} / t_{\Delta A-x}$

$$Q_{\Delta A} = 42,24 \text{ m}^3/\text{h}$$

Για τον υπολογισμό της Δεξαμενής Ανάμειξης:

Αν υποθεθεί πως το μείγμα έχει πυκνότητα ίση με αυτή του νερού  $\rho_G = \rho_{\text{νερού}} = 1000 \text{ kg/m}^3$  και ληφθεί υπόψη και ένας παράγοντας  $f=1.25$  με τον οποίο συμπεριλαμβάνεται ο όγκος του αέρα αλλά και των εξαρτημάτων μέσα στη δεξαμενή τότε ο απαραίτητος όγκος για το σχεδιασμό της δεξαμενής θα είναι ίσος με:

**[19] Εξίσωση 11.4 :**  $V_{\Delta A} = M_G \times t_{\Delta A} / \rho_G \times f$

Όπου,

$V_{\Delta A}$ : όγκος δεξαμενής ανάμειξης

$M_G$ : ημερήσια ποσότητα οργανικής ύλης

$t_{\Delta A}$ : χρόνος παραμονής στην δεξαμενή ανάμειξης

$f$ : συντελεστής με τον οποίο συμπεριλαμβάνεται ο όγκος του αέρα αλλά και των εξαρτημάτων μέσα στην δεξαμενή αποθήκευσης

Όπως προκύπτει από την παραπάνω σχέση η δεξαμενή ανάμειξης θα έχει όγκο(811\*10\*1,25)

$V_{\Delta A} = 10.138 \text{ m}^3$  με διάμετρο  $D_{\Delta A} = 34,2 \text{ m}$  και ύψος  $H_{\Delta A} = 11 \text{ m}$ .

Βέβαια, μπορεί να χρησιμοποιηθούν 2 δεξαμενές ανάμειξης με μισές διαμέτρους και μισό ύψος.



Εικόνα 11.5: Σύστημα τεμαχισμού ενσιρώματος και μεταφοράς στο εσωτερικό του αντιδραστήρα χώνευσης [84]



Εικόνα 11.6: Συστήματα αντλιών σωληνώσεων και αυτόματων βαλβίδων διακοπής και άντλησης εντός προστατευτικού οικίσκου [84]

### 11.8 Δεξαμενές Αρχικής Χώνευσης (Primary Digestion)

Μετά την ανάμιξη των διαφορετικών πρώτων υλών, το υγροποιημένο υλικό προωθείται με κατάλληλο αυτοματισμό στις Δεξαμενές Χώνευσης (Χωνευτήρες) α΄ φάσης, όπου ολοκληρώνεται το κύριο στάδιο της Χώνευσης.

Η μη αντλήσιμη πρώτη ύλη αφού διέλθει από το σύστημα τροφοδοσίας/σύστημα ελάττωσης μεγέθους προωθείται στους πρωτεύοντες χωνευτήρες μέσω δύο συστημάτων κοχλιομεταφορέων.

Το υλικό κατασκευής των δεξαμενών είναι χάλυβας επικαλυμμένος με γυαλί (επισμαλτωμένος χάλυβας) και στην ζώνη αέριου/υγρού ανοξείδωτος χάλυβας (stainless steel) ή χάλυβας με υψηλής ποιότητας επισμάλτωση. Η κατασκευή των δεξαμενών από προκατασκευασμένα ελάσματα εφυαλωμένου χάλυβα γίνεται με κοχλιοτές συνδέσεις. Η εξωτερική επιφάνεια της δεξαμενής θερμομονώνεται με 10 εκ. πολυουρεθάνης και το θερμομονωτικό υλικό προστατεύεται με μεταλλική επικάλυψη π.χ. από φύλλα κυματοειδούς λαμαρίνας.



Κάθε δεξαμενή εξοπλίζεται με έναν αναμικτήρα τοποθετημένο στην οροφή για την ομογενοποίηση του περιεχομένου οργανικού υποστρώματος (substrate). Στην οροφή ή στο τοίχωμα της δεξαμενής τοποθετούνται δύο βαλβίδες (διατάξεις) ασφαλείας έναντι κενού/υπερπίεσης για την δομική προστασία των δεξαμενών από βλάβη (συρρίκνωση, κ.λπ.). Αυτή η συσκευή πρέπει να ελέγχεται καθημερινά. Επιπλέον ένας ενδείκτης υγρού (liquid indicator) συνδέεται με το PLC. Οι κύριες Δεξαμενές Χώνευσης εξοπλίζονται με διαδρόμους (walkway), πλατφόρμες και διατάξεις παρατήρησης με ύαλο.

Το περιεχόμενο υγρό (υπόστρωμα) των χωνευτών κυκλοφορεί μέσω των εναλλακτών θερμότητας όπου θερμαίνεται και στη συνέχεια επιστρέφει μέσω των ως άνω αντλιών πίσω στους χωνευτές. Κατά την μόνιμη λειτουργία, στους εναλλάκτες θερμότητας το θερμαίνον μέσο είναι θερμό νερό από την θερμότητα των συγκροτημάτων παραγωγής Ηλεκτρισμού/ Θερμότητας (ΣΗΘ).

Στην αρχή κάθε περιόδου λειτουργίας λ.χ. μετά την προγραμματισμένη συντήρηση (start-up), για την αρχική θέρμανση του περιεχομένου στις κύριες Δεξαμενές Χώνευσης (έως την παραγωγή βιοαερίου) θα χρησιμοποιείται στους εναλλάκτες θερμότητας ως θερμαίνον μέσο θερμό νερό από λέβητα καύσης ελαφρού πετρελαίου.

Η διαστασιολόγηση του χωνευτήρα εξαρτάται από το χρόνο ζύμωσης.

**[19] Εξίσωση 11.5 :  $Vx = Mg/\rho G \times tx \times fx$**

**Όπου,**

**$Vx$** : όγκος δεξαμενής του χωνευτή

**$Mg$** : τροφοδοσία του χωνευτή

**$\rho G$** : πυκνότητα μείγματος

**$tx$** : χρόνος ζύμωσης ίσος με 25 ημέρες

**$fx$** : συντελεστής με τον οποίο συμπεριλαμβάνεται ο όγκος του αέρα αλλά και των εξαρτημάτων μέσα στην δεξαμενή αποθήκευσης

Όπως προκύπτει από την παραπάνω σχέση η δεξαμενή του χωνευτή θα έχει όγκο  $Vx = 25.343 \text{ m}^3$  με διάμετρο  $Dx = 54 \text{ m}$  και ύψος  $Hx = 11 \text{ m}$ .

Βέβαια, μπορεί να χρησιμοποιηθούν 2 δεξαμενές πρωτευόντων χωνευτήρων με μισές διαμέτρους και μισό ύψος.

### **11.9 Δευτεροβάθμια Δεξαμενή Χώνευσης – αεριοφυλάκιο βιοαερίου**

Το χωνευμένο υλικό (digestate) διοχετεύεται από τις κύριες Δεξαμενές Χώνευσης στη δευτεροβάθμια Δεξαμενή Χώνευσης. Αυτή η δεξαμενή λειτουργεί ως δεξαμενή αποθήκευσης και προσωρινής παραμονής (buffer) για το χωνευμένο υλικό (digestate) και το βιοαέριο. Επιπλέον η χώνευση του παραμένου δυναμικού παραγωγής βιοαερίου πραγματοποιείται σε αυτήν την δεξαμενή.

Η θερμοκρασία διαδικασίας αυτής της δεξαμενής διαφέρει μεταξύ του θέρους και του χειμώνα ως προς τη βιολογική διεργασία. Η δεξαμενή κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα. Υπάρχει

κατάλληλη διάταξη ελέγχου διαρροών μέσω φρεατίου για τακτική και ευχερή επιθεώρηση. Η ζώνη αερίου/η υγρού φέρει κατάλληλη προστασία. Η δεξαμενή είναι θερμομονωμένη εξωτερικά και με μεταλλική επικάλυψη.

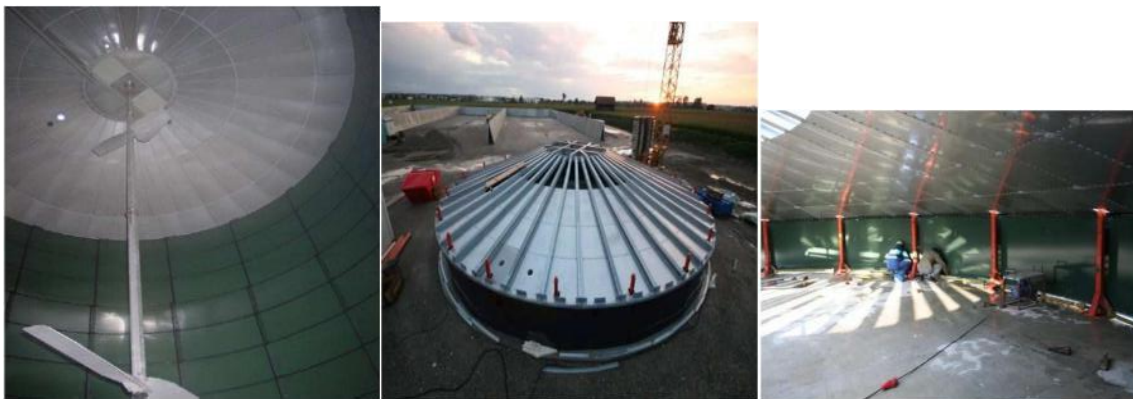
Ένα αεριοφυλάκιο (gasholder) τύπου μεμβράνης συλλέγει το παραγόμενο βιοαέριο. Η μεμβράνη (φύλλο από θερμοπλαστικό υλικό) είναι ανθεκτική στην υπεριώδη ακτινοβολία και τις καιρικές συνθήκες. Η στέγη είναι μεταβλητού όγκου και εξισορροπεί την παραγωγή και την κατανάλωση βιοαερίου. Σε περίπτωση χρησιμοποίησης στέγης συγκράτησης βιοαερίου με διπλή μεμβράνη, εγκαθίσταται ανεμιστήρας αέρα διαφορικής πίεσης έξω από την δεξαμενή.

Ο δευτεροβάθμιος χωνευτής εξοπλίζεται με δύο καταδυόμενους αναμίκτες ομογενοποίησης του περιεχομένου.

Όσον αφορά τη χαμηλότερη περιεκτικότητα σε ολικά στερεά (TS) του περιεχομένου στον δευτεροβάθμιο χωνευτή και την ηλεκτρική κατανάλωση, προβλέπεται η διακοπτόμενη κατά περιόδους λειτουργία των αναμικτών. Στο τοίχωμα της δεξαμενής δευτεροβάθμιας χώνευσης τοποθετείται διάταξη ασφαλείας έναντι κενού/υπερπίεσης για την προστασία της οροφής του αεριοφυλακίου της δεξαμενής από βλάβη. Αυτή η διάταξη/συσκευή πρέπει να ελέγχεται καθημερινά. Η πρόσβαση σε υάλινες διατάξεις παρατήρησης θα είναι εφικτή από μια πλατφόρμα .

Η διαστασιολόγηση του δευτερογενούς χωνευτήρα, διότι λειτουργεί σαν buffer tank, είναι ο μισός όγκος που χρειάζεται για τον πρωτογενή χωνευτήρα, ήτοι :

Η δεξαμενή του χωνευτή θα έχει όγκο  $V_x = 12.670 \text{ m}^3$  με διάμετρο  $D_x = 27 \text{ m}$  και ύψος  $H_x = 5,5 \text{ m}$ .



**Εικόνα 11.7:** Επιτόπου κατασκευή κατακόρυφων χωνευτήρων φτιαγμένων από χάλυβα [84]



**Εικόνα 11.8:** Πρωτεύων κατακόρυφος χωνευτήρας (αριστερά), αναδευτήρας στη κορυφή του πρωτεύοντα χωνευτήρα, (μέση) δευτερεύων χωνευτήρας καλυμμένος από αεροστεγή μεμβράνη. Η μεμβράνη διογκώνεται από το παραγόμενο βιοαέριο (δεξιά) [84]

### 11.10 Μονάδα αποθείωσης, Σύστημα Βιοαερίου,

Η παρουσία υδρόθειου ( $H_2S$ ) στο αέριο ζύμωσης εξασθενίζει τη διάρκεια ζωής των σωληνώσεων και όλων των εγκαταστάσεων του βιοαερίου. Είναι τοξικό και έντονα διαβρωτικό σε πολλά είδη χάλυβα. Όταν το  $H_2S$ , που περιέχεται στο βιοαέριο- καίγεται μετατρέπεται στα οξείδια θείου, τα οποία αφ' ενός διαβρώνουν τα μεταλλικά συστατικά και αφ' ετέρου οξειδώνουν το πετρέλαιο μηχανών, π.χ., της μηχανής εσωτερικής καύσης στο ΣΗΘ. Προκειμένου να αποτραπεί η βλάβη της μονάδας ΣΗΘ και άλλου εξοπλισμού, π.χ., των εναλλακτών θερμότητας και των καταλυτών, το  $H_2S$  πρέπει να αφαιρεθεί από το βιοαέριο ή τουλάχιστον να μειωθεί σημαντικά.

Για τη λειτουργία της μονάδας ΣΗΘ χωρίς προβλήματα απαιτούνται οριακές τιμές από 100 έως 500 mg  $H_2S/Nm^3$  βιοαερίου (0.05% κατ' όγκο), και πάντα ανάλογα με τις συστάσεις του κατασκευαστή της μονάδας ΣΗΘ. Τα σύντομα μέγιστα φορτία (αιχμές) πάνω από αυτά τα όρια μπορεί περιστασιακά να γίνουν αποδεκτά. Γενικά, χαμηλές τιμές  $H_2S$  έχουν ευνοϊκές επιπτώσεις στη διάρκεια ζωής όλων των εγκαταστάσεων .

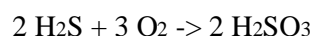
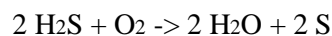
### 11.11 Μονάδα αποθείωσης

Η αφαίρεση του υδρόθειου ( $H_2S$ ) από το βιοαέριο (αποθείωση) πραγματοποιείται με βιολογικές και χημικές διεργασίες, χώρα εσωτερικά και εξωτερικά του χωνευτήρα.

### 11.12 Βιολογική αποθείωση στο χωνευτήρα

Το πρώτο στάδιο της αποθείωσης, η βιολογική οξείδωση, πραγματοποιείται στο εσωτερικό του αντιδραστήρα, βασιζόμενη στην έγχυση μικρής ποσότητας αέρα (2-8%) στο ακατέργαστο βιοαέριο. Με αυτόν τον τρόπο, το υδρόθειο οξειδώνεται βιολογικά είτε σε ελεύθερο (στερεό) θείο είτε σε (υδατώδες) θειούχο οξύ, σύμφωνα με τις ακόλουθες εξισώσεις:

**Εξίσωση 11.6 :**



Η βιολογική αποθείωση λαμβάνει χώρα μέσα στον δευτεροβάθμιο χωνευτήρα. Η μετατροπή του υδρόθειου σε στοιχειακό θείο επιτυγχάνεται παρουσία οξυγόνου και οξειδωτικών σουλφοβακτηρίων. Τα οξειδωτικά σουλφοβακτήρια είναι παρόντα μέσα στο χωνευτήρα μέσω της πρώτης ύλης. Το οξυγόνο παρέχεται δια εγχύσεως αέρα στο επάνω μέρος του χωνευτήρα με τη χρήση αεριοσυμπιεστή. Οι σωλήνες εγχύσεως αέρα μέσα στο χωνευτήρα τοποθετούνται στην αντίθετη πλευρά της εξαγωγής του βιοαερίου, προκειμένου να αποφευχθεί η παρεμπόδιση του σωλήνα εξαγωγής.

Σύμφωνα με την σύσταση των υποστρωμάτων εισαγωγής, θα παράγεται Υδρόθειο ( $H_2S$ ) κατά την διάρκεια της αναερόβιας χώνευσης το οποίο θα περιέχεται στο παραγόμενο βιοαέριο. Λόγω των επιλεγμένων υποστρωμάτων είναι απαραίτητη η αποθείωση. Το παραχθέν βιοαέριο από τον την οροφή του αεριοφυλακίου (πάνω από την δεξαμενή δευτεροβάθμιας χώνευσης) οδηγείται στην εξωτερική μονάδα αποθείωσης.



**Εικόνα 11.9: Στοιχειακό θείο, που προκύπτει από βιολογική αποθείωση μέσα στο χωνευτήρα [84]**

### **11.13 Χημική αποθείωση έξω από τον χωνευτήρα**

Η δεύτερη χημική αποθείωση του βιοαερίου λαμβάνει χώρα έξω από το χωνευτήρα, χρησιμοποιώντας διάταξη έκλυσης του βιοαερίου με τη χρήση πλυντηρίδας μέσα στην οποία βρίσκεται υδατικό διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου. Στη συγκεκριμένη διάταξη, το εξαγόμενο από τον αντιδραστήρα μερικώς αποθειωμένο βιοαέριο διέρχεται από οριζόντια δεξαμενή, η οποία περιέχει διάλυμα υδροξειδίου του Νατρίου το οποίο και δεσμεύει το περιεχόμενο στο βιοαέριο  $H_2S$ .

Ο καθαρισμός του βιοαερίου έως την προκαθορισμένη (μέγιστη επιτρεπόμενη) περιεκτικότητα σε  $H_2S$  είναι απαραίτητος για την εξασφάλιση της καλής λειτουργίας των μηχανών εσωτερικής καύσης αερίου χωρίς προβλήματα λόγω διάβρωσης. Σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, μία σωλήνωση παράκαμψης (bypass) επιτρέπει τη λειτουργία του πυρσού (flare) άμεσα με ακατέργαστο βιοαέριο. Αυτό είναι σχεδόν αναπόφευκτο κατά τη διάρκεια της συντήρησης οποιασδήποτε συνιστώσας της εγκατάστασης αποθείωσης. Το αποθειωμένο βιοαέριο προσάγεται τώρα στις μηχανές εσωτερικής καύσης αερίου μέσω συμπιεστών.

### **11.14 Πυρσός βιοαερίου εκτάκτου ανάγκης**

Εκτός από την περίπτωση προσωρινής διακοπής λειτουργίας της μονάδας αποθείωσης (λόγω βλάβης ή συντήρησης), υπάρχουν καταστάσεις όπου παράγεται περισσότερο βιοαέριο απ' ό,τι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ενέργειας. Αυτό μπορεί να συμβεί λόγω του εξαιρετικά υψηλού ρυθμού παραγωγής αερίου ή μέσω της διακοπής/συντήρησης του συστήματος ανάκτησης της

ενέργειας. Σε τέτοιες περιπτώσεις, είναι απαραίτητες εφεδρικές λύσεις, όπως η πρόσθετη αποθήκευση βιοαερίου, ενώ τα πρόσθετα συστήματα παραγωγής ενέργειας είναι ιδιαίτερα δαπανηρά. Η αποθήκευση του βιοαερίου είναι δυνατή για μικρές χρονικές περιόδους χωρίς συμπίεση, αλλά για περιόδους άνω των μερικών ωρών γενικά δεν είναι εφικτή λόγω του μεγάλου όγκου.

Για όλους τους παραπάνω λόγους, η εγκατάσταση βιοαερίου είναι εξοπλισμένη με έναν “πυρσό” βιοαερίου εκτάκτου ανάγκης ικανότητας καύσης βιοαερίου (μεγαλύτερη από την μέση ωραία παραγωγή βιοαερίου). Στις καταστάσεις όπου υπάρχει περίσσεια βιοαερίου, η οποία δεν μπορεί να αποθηκευτεί ή να χρησιμοποιηθεί, η ανάφλεξη είναι η τελευταία λύση, απαραίτητη για την εξάλειψη οποιονδήποτε κινδύνων ασφάλειας και για την προστασία του περιβάλλοντος. Σε εξαιρετικές καταστάσεις, η ανάφλεξη θα μπορούσε να είναι η λύση για την ασφαλή διάθεση του βιοαερίου που παρήχθη από τις διεργασίες της αναερόβιας χώνευσης, όπου δεν είναι εφικτή η ενεργειακή ανάκτηση. Ο σχεδιασμός του πυρσού στοχεύει στη μεγιστοποίηση της μετατροπής του μεθανίου προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η απελευθέρωση άκαυστου μεθανίου και οποιονδήποτε προϊόντων της ελλιπούς οξειδωσης (όπως το μονοξείδιο του άνθρακα). Προκειμένου να μεγιστοποιηθούν οι επιθυμητές αντιδράσεις και να ελαχιστοποιηθούν οι ανεπιθύμητες, το εύρος της θερμοκρασίας καύσης είναι 850-1.200oC και ο χρόνος παραμονής το ελάχιστο 0,3 δευτερόλεπτα.



**Εικόνα 11.10: Πυρσός βιοαερίου [84]**

#### **11.15 Συμπυκνωτήρας υγρασίας βιοαερίου**

Ο κύριος σωλήνας αερίου, μετά από την έξοδό του καθαρισμένου βιοαερίου από την μονάδα αποθείωσης, οδηγείται στον συμπυκνωτήρα υγρασίας δηλ. τον ψυκτήρα βιοαερίου (gas cooler). Κατά την διάρκεια της ροής του βιοαερίου σ’ επαφή με την επιφάνεια ψύξης του συμπυκνωτήρα (παγίδα συμπύκνωσης) θα αποβάλλεται σημαντική ποσότητα της υγρασίας του βιοαερίου. Αυτό το συμπύκνωμα συλλέγεται σε δεξαμενή από σκυρόδεμα και οδηγείται πίσω στο σύστημα (δεξαμενή δευτεροβάθμιας χώνευσης), όταν η στάθμη συμπυκνώματος ανέλθει σε ένα καθορισμένο ανώτατο όριο. Η χρήση δοχείου ψύξης της υγρασίας του βιοαερίου βελτιώνει την ποιότητα του βιοαερίου με μείωση της θερμοκρασίας και ως εκ τούτου της υγρασίας του βιοαερίου. Το αυξανόμενο συμπύκνωμα κατευθύνεται στην εγκατάσταση συμπύκνωσης βιοαερίου.

#### **11.16 Μονάδα Συμπαράγωγής Ηλεκτρισμού/Θερμότητας (ΣΗΘ)**

Η μονάδα συμπαράγωγής ηλεκτρισμού/θερμότητας είναι αντίστοιχης δυναμικότητας με αυτής του βιοαερίου και αποτελείται από:

- Συγκρότημα ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους (Η/Ζ) με Μηχανή Εσωτερικής Καύσης (ΜΕΚ) βιοαερίου και γεννήτρια, όλους τους αναγκαίους αυτοματισμούς λειτουργίας και διασύνδεσης στο δίκτυο. Κάθε συγκρότημα θα τοποθετηθεί εντός οικίσκου.
- Υποσταθμός βιοαερίου για την εισαγωγή καυσίμου στους κινητήρες
- Μετασχηματιστές ανύψωσης ΧΤ/ΜΤ
- Διακόπτες (Γεννήτριας/Μ/Σ)
- Ένα πεδίο Μ.Τ. με τους αναγκαίους διακόπτες
- Δίκτυο κυκλοφορίας ζεστού νερού με τα εξαρτήματα σύνδεσης προς τους συλλέκτες και τις αντίστοιχες αντλίες
- Εναλλάκτη θερμότητας καυσαερίων/νερού για την παραγωγή ατμού.
- Καλώδια ισχύος ΧΤ και ΜΤ
- Δίκτυο βιοαερίου από τους χωνευτήρες έως τα δύο συγκροτήματα ΜΕΚ-γεννήτριας
- Βοηθητικά συστήματα πυρανίχνευσης–πυρόσβεσης, υδρεύσεως, αποχετεύσεως



**Εικόνα 11.11: Κινητήρας Jenbacher JMC 208 GS-BL [88]**

### **11.17 Αποθήκευση του υγρού οργανικού κλάσματος (υπολείμματος ζύμωσης)**

Το χωνευμένο υπόστρωμα αντλείται έξω από τον χωνευτήρα μέσω μιας σειράς αντλήσεων και μεταφέρεται μέσω αγωγών στις εγκαταστάσεις αποθήκευσης, που βρίσκονται κοντά στον χωνευτήρα, όπου το χωνευμένο υπόλειμμα μπορεί να αποθηκευτεί προσωρινά (μερικές ημέρες). Όταν το χωνευμένο υπόλειμμα χρησιμοποιείται ως λίπασμα, μεταφέρεται από την εγκατάσταση βιοαερίου μέσω σωληνώσεων ή με ειδικά βυτιοφόρα και αποθηκεύεται προσωρινά σε δεξαμενές αποθήκευσης που βρίσκονται π.χ. έξω στους αγρούς, όπου εφαρμόζεται η λίπανση. Η συνολική χωρητικότητα αυτών των δεξαμενών πρέπει να είναι αρκετή για την αποθήκευση του παραγόμενου κομποστ για αρκετούς μήνες. Σύμφωνα με την αγροτική νομοθεσία, απαιτούνται τρεις μήνες αποθηκευτικής ικανότητας, προκειμένου να εξασφαλισθεί η βέλτιστη και αποδοτική χρήση τους ως λιπάσματος και να αποφευχθεί η

εφαρμογή τους κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου. Η αποθήκευση του υγρού υπολείμματος γίνεται σε μία τεχνητή λίμνη (lagoon) η οποία είναι καλυμμένη με μεμβράνη.

Μπορούμε να υπολογίσουμε την ποσότητα του χωνευμένου υπολείμματος ως εξής:

Η είσοδός μας, στο σύστημα είναι 296.355 tn ΦΠΥ / έτος.

Οι απώλειες που έχουμε, είναι το βάρος του βιοαερίου σε tn. οι οποίες υπολογίζονται ως εξής.:

**[19] Εξίσωση 11.7: Gas(tn/y)= Pbiogas\*(m3 biogas/year) = 1,22kg/m<sup>3</sup> \* 22.779404 m<sup>3</sup>/y = 27.790 tn/a.**

Επίσης έχουμε απώλειες, σε βάρος από το βάρος της υγρασίας.

**[19] Εξίσωση 11.8: Υγρασία = Gas(tn/a)\*11%(περίπου) = 3.057 tn/a**

Άρα, Συνολικό υπόλειμμα = 296.355- 27.790-3.057 = 265.508 tn/y ~60.000m<sup>3</sup>/(Τρίμηνο).

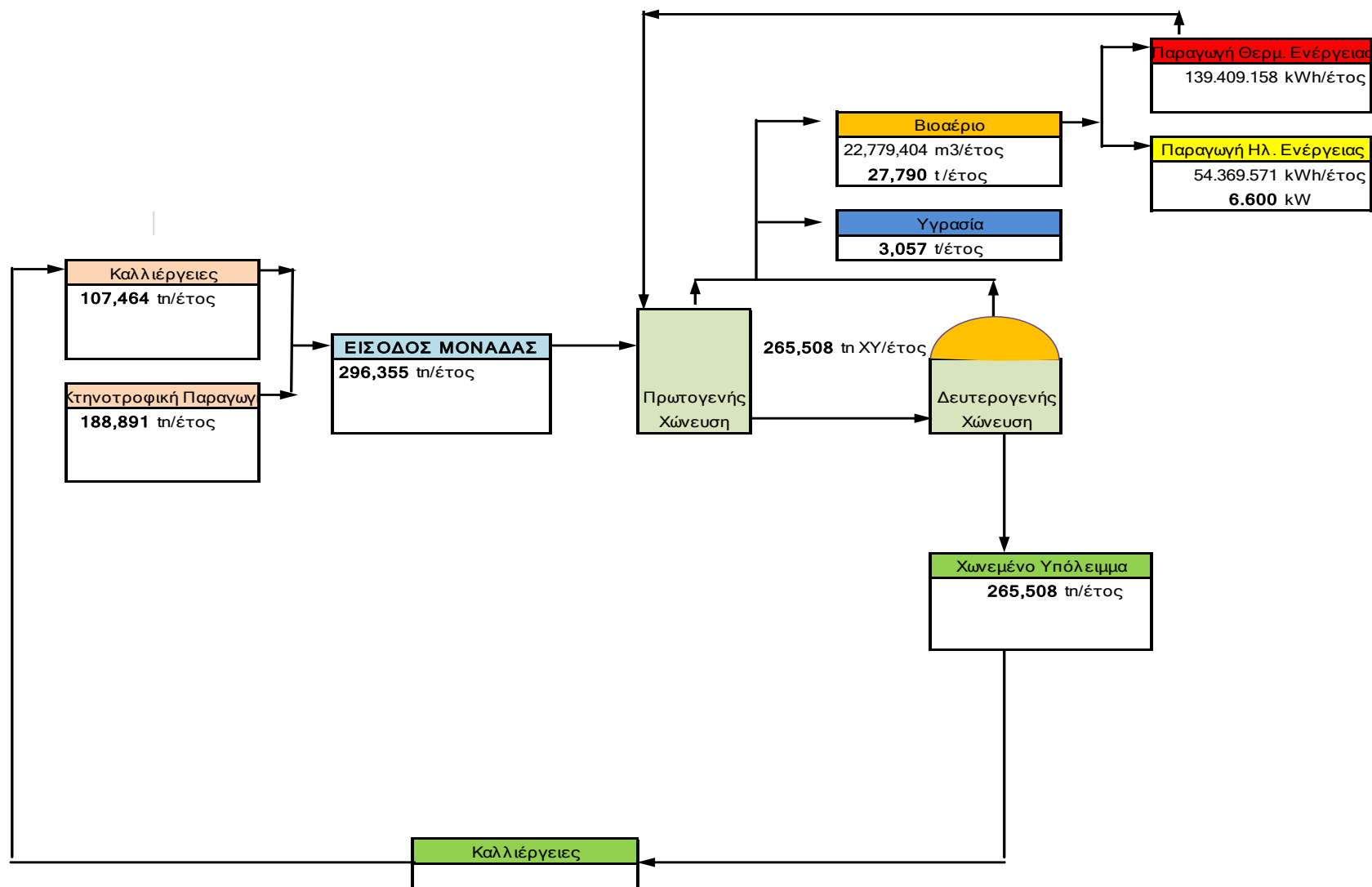
Lagoon : 50 μ (Μήκος) \* 50μ (Πλάτος)\*26μ (Υψος)

Λεπτομέρειες φαίνονται στο διάγραμμα ροής (βλ.11.1) της διαδικασίας που ακολουθεί:



Εικόνα 11.12:Ανοικτές τεχνητές λίμνες για την αποθήκευση του κομπόστ

**Διάγραμμα 11.1: Διάγραμμα Ροής Διαδικασίας Κεντρικής Συνδυασμένης Παραγωγής Βιοαερίου Από Απόβλητη Βιομάζα**





### **11.18 Μονάδα ελέγχου διεργασίας**

Η εγκατάσταση βιοαερίου είναι μια σύνθετη μονάδα με στενές αλληλεξαρτήσεις μεταξύ όλων των επιμέρους τμημάτων της. Γι' αυτόν τον λόγο, η κεντρική, αυτοματοποιημένη παρακολούθηση και ο έλεγχος είναι ένα σημαντικό μέρος της συνολικής λειτουργίας της εγκατάστασης, που πρέπει να εγγυάται την επιτυχία και να αποφεύγει τις αστοχίες. Η τυποποίηση και η περαιτέρω ανάπτυξη της τεχνολογίας της διεργασίας της αναερόβιας χώνευσης είναι δυνατές μόνο με τον συστηματικό έλεγχο και την τεκμηρίωση των σημαντικών στοιχείων. Η παρακολούθηση και η τεκμηρίωση είναι επίσης απαραίτητες στις σταθερές διεργασίες προκειμένου να αναγνωρίζονται οι αποκλίσεις από τις τυπικές τιμές. Κατ' αυτόν τον τρόπο είναι δυνατή η πρόωρη επέμβαση και η λήψη των αντίστοιχων διορθωτικών μέτρων.

Η όλη εγκατάσταση βιοαερίου είναι ελεγχόμενη σε όλα τα σημαντικά σημεία. Οι μετρούμενες τιμές συλλέγονται μέσα σε ένα ηλεκτρικό γραφείο ελέγχου. Αυτό το γραφείο ελέγχει όλα τα μηχανήματα και τις μηχανές. Πολλές γενικές διαδικασίες γίνονται αυτοματοποιημένα.

Η διεργασία ελέγχου περιλαμβάνει τη συλλογή και την ανάλυση χημικών και φυσικών παραμέτρων. Συνήθεις εργαστηριακές δοκιμές απαιτούνται για τη βελτιστοποίηση της διεργασίας της αναερόβιας χώνευσης και για την αποφυγή της κατάρρευσης της διεργασίας μεθανογένεσης (παραγωγής βιοαερίου). Πρέπει να παρακολουθούνται, κατ' ελάχιστο, οι εξής παράμετροι:

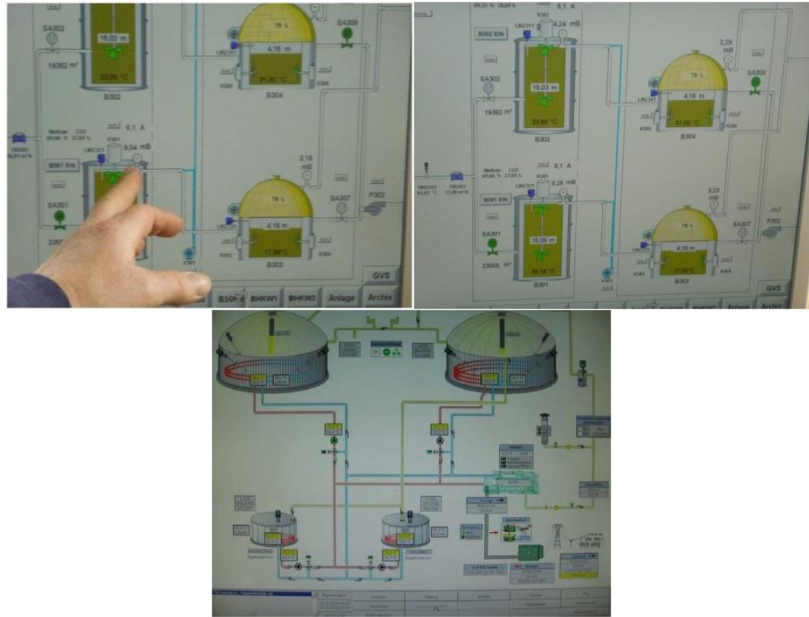
- Ο τύπος και η ποσότητα της εισαγόμενης πρώτης ύλης (καθημερινά)
- Η θερμοκρασία της διεργασίας (καθημερινά)
- Η τιμή του pH (καθημερινά)
- Η ποσότητα και η σύνθεση του αερίου (online)
- Η περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα βραχείας αλυσίδας
- Το επίπεδο φόρτισης του αντιδραστήρα

Ο έλεγχος των εγκαταστάσεων βιοαερίου είναι αυτοματοποιημένος με τη χρήση ειδικών συστημάτων ελέγχου της διεργασίας μέσω υπολογιστή. Ακόμη είναι δυνατός και ο ασύρματος έλεγχος εξ' αποστάσεως της μονάδας. Πραγματοποιείται ο έλεγχος των ακόλουθων συνιστωσών/διεργασιών:

- Τροφοδοσία της πρώτης ύλης
- Αδρανοποίηση / Παστερίωση
- Θέρμανση του χωνευτήρα
- Ένταση και συχνότητα της ανάδευσης
- Αφαίρεση των ιζημάτων

*Αξιοποίηση των Γεωργικών Υπολειμμάτων και Κτηνοτροφικών Αποβλήτων της Περιφερειακής Ενότητας Σερρών, για την Συμπαράγωγή Ηλεκτρικής και Θερμικής Ενέργειας (Σ.Η.Θ) μέσω της Συνδυασμένης Αναερόβιας Χώνευσης*

- Μεταφορά της πρώτης ύλης
- Διαχωρισμός υγρών και στερεών
- Αποθείωση
- Παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας



**Εικόνα 11.13** Απεικόνιση ενός συστήματος παρακολούθησης με τη βοήθεια υπολογιστή, σε εγκατάσταση βιοαερίου με δύο κύριους χωνευτήρες [84]

















## 12 ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΣΤΟΝ ΝΟΜΟ ΣΕΡΡΩΝ( με την χρήση Γ.Π.Σ – software (ArcGis))

Αρχικά θέλω να ευχαριστήσω, τον κ.Μανέτο Παναγιώτη,Διδάκτορα ΕΜΠ και μέλος ΙΔΑΧ, που μου προσέφερε το αρχείο Corine, CLC2000, στο οποίο αποτυπώνονται οι χρήσεις γής στον Ελλαδικό χώρο και,είναι οι εξής (Αγγλική Ορολογία)

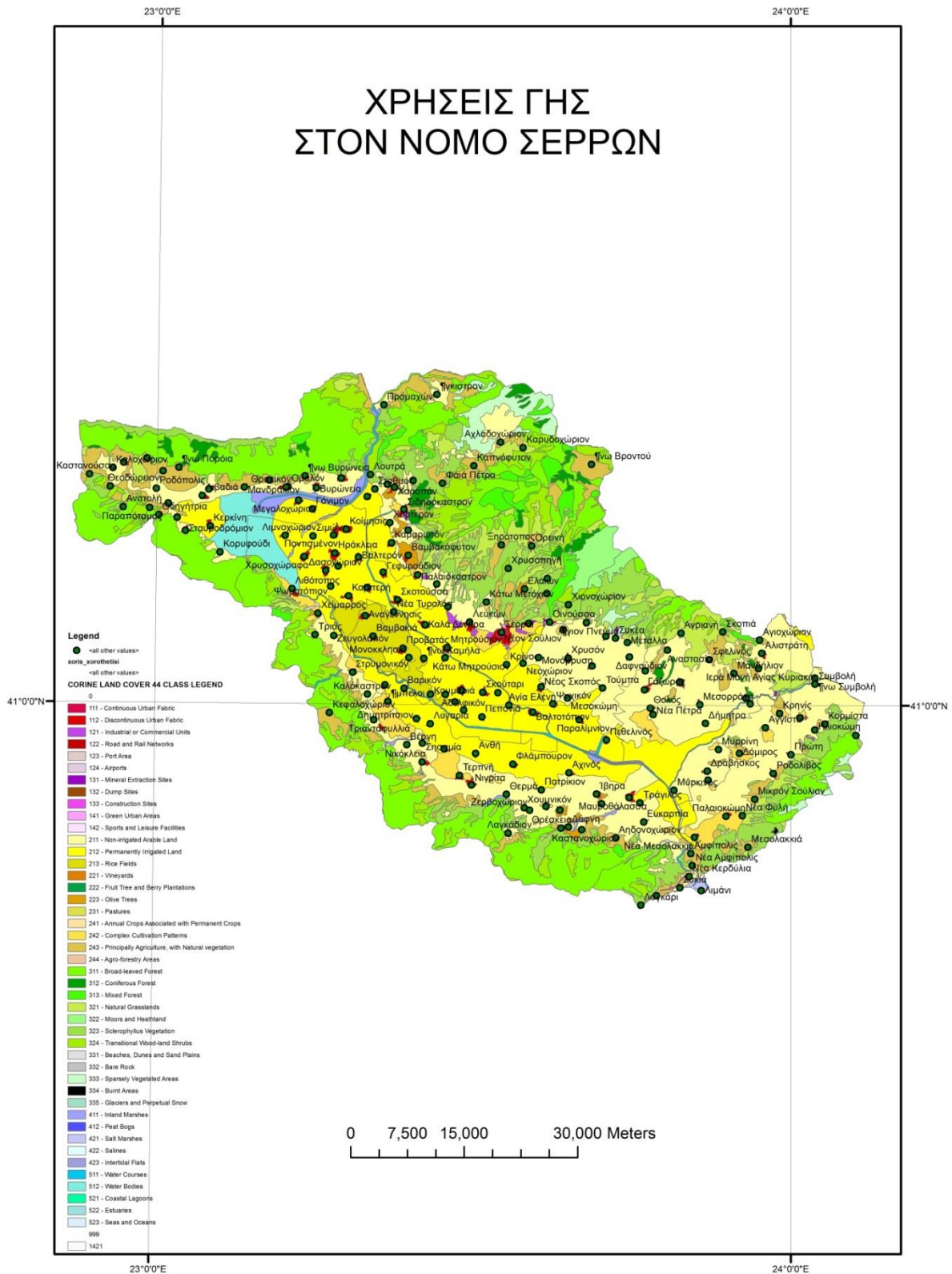
### Εικόνα 12.1:Χρήσεις Γής

- 111 - Continuous Urban Fabric
- 112 - Discontinuous Urban Fabric
- 121 - Industrial or Commercial Units
- 122 - Road and Rail Networks
- 123 - Port Area
- 124 - Airports
- 131 - Mineral Extraction Sites
- 132 - Dump Sites
- 133 - Construction Sites
- 141 - Green Urban Areas
- 142 - Sports and Leisure Facilities
- 211 - Non-irrigated Arable Land
- 212 - Permanently Irrigated Land
- 213 - Rice Fields
- 221 - Vineyards
- 222 - Fruit Tree and Berry Plantations
- 223 - Olive Trees
- 231 - Pastures
- 241 - Annual Crops Associated with Permanent Crops
- 242 - Complex Cultivation Patterns
- 243 - Principally Agriculture, with Natural vegetation
- 244 - Agro-forestry Areas
- 311 - Broad-leaved Forest
- 312 - Coniferous Forest
- 313 - Mixed Forest
- 321 - Natural Grasslands
- 322 - Moors and Heathland
- 323 - Sclerophyllus Vegetation
- 324 - Transitional Wood-land Shrubs
- 331 - Beaches, Dunes and Sand Plains
- 332 - Bare Rock
- 333 - Sparsely Vegetated Areas
- 334 - Burnt Areas
- 335 - Glaciers and Perpetual Snow
- 411 - Inland Marshes
- 412 - Peat Bogs
- 421 - Salt Marshes
- 422 - Salines
- 423 - Intertidal Flats
- 511 - Water Courses
- 512 - Water Bodies
- 521 - Coastal Lagoons
- 522 - Estuaries
- 523 - Seas and Oceans

Ενώ κατά την Ελληνική Ορολογία, οι χρήσεις γης παρουσιάζονται ως εξής:

	111 - Συνεχής αστικός ιστός
	112 - Ασυνεχής αστικό ιστός
	121 - Βιομηχανικές ή εμπορικές μονάδες
	122 – Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα I
	123 - Περιοχή Λιμανιού
	124 - Αεροδρόμια
	131 - Χώροι εξόρυξης ορυκτών
	132 - Χωματερές
	133 - Εργοτάξια I
	141 - Πράσινες Αστικές Περιοχές
	142 - Αθλητικές και ψυχαγωγικές εγκαταστάσεις
	211 - Μη αρδευόμενη καλλιεργήσιμη γη
	212 - Μόνιμα αρδευόμενες εκτάσεις
	213- Ορυζώνες I
	221 - Αμπελώνες
	222 - Οπωροφόρα δένδρα και φυτείες μούρων
	223 - Ελαιόδεντρα
	231 - Βοσκότοποι
	241 - Ετήσιες καλλιέργειες που συνδέονται με μόνιμες καλλιέργειες
	242 – Σταθερών σχημάτων καλλιέργειες
	243 - Κυρίως Γεωργία, με φυσική βλάστηση
	244 - Αγρο-δασικές περιοχές
	311 – Δάση πλατύφυλλων δέντρων
	312 - Κωνοφόρα δάση
	313 - Μικτό δάσος
	321 - Φυσικοί βοσκότοποι
	322 Υψίπεδα με θάμνους I
	323 - Σκληρόφυλλων Βλάστηση
	324 - Μεταβατικές δασικές εκτάσεις με θάμνους
	331 - Παραλίες, αμμόλοφοι και Ερημικές Πεδιάδες
	332- Βραχώδεις Εκτάσεις
	333 – Περιοχές με αραιή βλάστηση
	334 - Καμένες περιοχές
	335 Περιοχές με παγετώνες και χιόνι
	411 - Εσωτερικά Έλη
	412 - Τυρφώνες
	421 Αλυκές
	422- Περιοχές με αλάτι
	423 Παλιρροιακές περιοχές
	511 - Βάλτοι νερού
	512 Περιοχές με ύδατα
	521 - Παράκτιες λιμνοθάλασσες
	522 - Εκβολές
	523 - Θάλασσες και ωκεανοί

Αξιοποίηση των Γεωργικών Υπολειμμάτων και Κτηνοτροφικών Αποβλήτων της Περιφερειακής Ενότητας Σερρών, για την Συμπαράγωγή Ηλεκτρικής και Θερμικής Ενέργειας (Σ.Η.Θ) μέσω της Συνδυασμένης Αναερόβιας Χώνευσης



Χάρτης 12.1: Χρήσεις Γής στην Περιφερειακή Ενότητα Σερρών

## 12.1 Νομοθεσία για Χωροθέτηση Εγκαταστάσεων Παραγωγής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Σύμφωνα με το ΦΕΚ με αρ.2464 τις 3-12-2008 «Έγκριση ειδικού πλαισίου χωροταξικού σχεδιασμού και αιεφόρου ανάπτυξης για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και της στρατηγικής μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων αυτού, πρέπει να τηρούνται οι εξής αποστάσεις:

<b>A. Αποστάσεις από περιοχές περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος</b>	
<b>Περιοχή</b>	<b>Ελάχιστη απόσταση εγκατάστασης</b>
Περιοχές απολύτου προστασίας της Φύσης του άρθρου 19 παρ.1,2 Ν.1650/86 (Α' 160)	Σύμφωνα με την εγκεκριμένη ΕΠΜ ή το σχετικό π.δ. (του άρθρου 21 του ν. 1650/86) ή την σχετική ΚΥΑ (ν. 3044/02)
Πυρήνες των Εθνικών Δρυμών, κηρυγμένα μνημεία της φύσης, αισθητικά δάση που δεν περιλαμβάνονται στις περιοχές απολύτου προστασίας της φύσης και προστασίας της φύσης των παρ. 1 και 2 του άρθρου 19 του ν. 1650/1986 Οι οικότοποι προτεραιότητας περιοχών της Επικράτειας που έχουν ενταχθεί στον κατάλογο των τόπων κοινοτικής σημασίας του δικτύου ΦΥΣΗ 2000 σύμφωνα με την απόφαση 2006/613/ΕΚ της Επιτροπής (ΕΕ L 259 της 21.9.2006, σ. 1)	Κρίνεται κατά περίπτωση στο πλαίσιο της Ε.Π.Ο.
Ακτές κολύμβησης, που περιλαμβάνονται στο πρόγραμμα παρακολούθησης της ποιότητας των νερών κολύμβησης που συντονίζεται από το Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.	1.000 μ.
Περιοχές ΖΕΠ ορνιθοπανίδας (SPA)	200 μ.

<b>B. Αποστάσεις από περιοχές και στοιχεία πολιτιστικής κληρονομιάς</b>	
<b>Περιοχή</b>	<b>Ελάχιστη απόσταση εγκατάστασης</b>
Εγγεγραμμένα στον Κατάλογο Παγκόσμιας Κληρονομιάς και τα άλλα μείζονος σημασίας μνημεία, αρχαιολογικούς χώρους και ιστορικούς τόπους. της παρ. 5. εδάφιο ββ του άρθρου 50 του ν. 3028/2002	Κατά περίπτωση μετά από γνώμη του ΥΠ.ΠΟ. στο πλαίσιο της διαδικασίας περιβαλλοντικής αδειοδότησης .
Ζώνη απολύτου προστασίας (Ζώνη Α) λοιπών αρχαιολογικών χώρων	Κατά περίπτωση μετά από γνώμη του ΥΠ.ΠΟ. στο πλαίσιο της διαδικασίας περιβαλλοντικής αδειοδότησης
Κηρυγμένα πολιτιστικά μνημεία και ιστορικοί τόποι	Κατά περίπτωση μετά από γνώμη του ΥΠ.ΠΟ. στο πλαίσιο της διαδικασίας περιβαλλοντικής αδειοδότησης

Αξιοποίηση των Γεωργικών Υπολειμμάτων και Κτηνοτροφικών Αποβλήτων της Περιφερειακής Ενότητας Σερρών, για την Συμπαράγωγή Ηλεκτρικής και Θερμικής Ενέργειας (Σ.Η.Θ) μέσω της Συνδυασμένης Αναερόβιας Χώνευσης













































<b>Γ. Αποστάσεις από οικιστικές δραστηριότητες</b>	
<b>Περιοχή</b>	<b>Ελάχιστη απόσταση εγκατάστασης</b>
Πόλεις και οικισμοί με πληθυσμό >2000 κατοίκων ή οικισμοί με πληθυσμό < 2000 κατοίκων που χαρακτηρίζονται ως δυναμικοί, τουριστικοί ή αξιόλογοι κατά την έννοια του άρθρου 2 του π.δ. 24.4/3.5.1985	Για τις μονάδες έως 500 kWe (μη οχλούσες δραστηριότητες) δεν τίθεται κανένας περιορισμός. Για τις μονάδες άνω των 500 kWe, απαγορεύεται η εγκατάστασή τους σε περιοχές εντός εγκεκριμένων σχεδίων πόλεων, εντός οικισμών και εντός θεσμοθετημένης περιοχής οργανωμένης δόμησης Α' ή Β' κατοικίας (ΠΕΡΠΟ κλπ), εκτός αν η εγκατάσταση προορίζεται για εκπαιδευτικούς ή πλοητικούς σκοπούς (μέχρι 5 MW). Για τις μονάδες μέσης όχλησης (>5 MW) εφαρμόζονται οι ελάχιστες αποστάσεις, που ισχύουν για τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις.
Παραδοσιακοί οικισμοί	
Λοιποί οικισμοί	
Οργανωμένη δόμηση Α' ή Β' κατοικίας (Π.Ε.Ρ.Π.Ο., συνεταιρισμοί κλπ) ή και διαμορφωμένες περιοχές Β' κατοικίας, όπως αναγνωρίζονται στο πλαίσιο της ΜΠΕ κάθε μεμονωμένης εγκατάστασης αιολικού πάρκου	
Ιερές Μονές	
Μεμονωμένη κατοικία (νομίμως υφιστάμενη)	

<b>Δ. Αποστάσεις από τα Δίκτυα τεχνικής υποδομής και ειδικές χρήσεις</b>	
<b>Είδος έργου ή δραστηριότητας</b>	<b>Ελάχιστη απόσταση εγκατάστασης</b>
Κύριοι οδικοί άξονες, οδικό δίκτυο αρμοδιότητας των Ο.Τ.Α. και σιδηροδρομικές γραμμές	Κατά περίπτωση στο πλαίσιο της διαδικασίας περιβαλλοντικής αδειοδότησης
Γραμμές υψηλής τάσεως	
Υποδομές τηλεπικοινωνιών (κεραίες), RADAR	
Εγκαταστάσεις ή δραστηριότητες της αεροπλοΐας	
Λιμενικές εγκαταστάσεις και δραστηριότητες	

<b>Ε. Αποστάσεις από αναπτυξιακές ζώνες και δραστηριότητες</b>	
<b>Περιοχή ή δραστηριότητα</b>	<b>Ελάχιστη απόσταση εγκατάστασης</b>
ΒΕΠΕ	Εντός οριοθετημένης ζώνης επιτρέπεται η εγκατάσταση
Λατομικές ζώνες και δραστηριότητες	Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία.
Λειτουργούσες επιφανειακά μεταλλευτικές - εξορυκτικές ζώνες και δραστηριότητες	500 μ.
ΠΟΤΑ, και άλλες περιοχές οργανωμένης ανάπτυξης παραγωγικών δραστηριοτήτων του τριτογενούς τομέα, θεματικά πάρκα, τουριστικοί λιμένες και άλλες θεσμοθετημένες ή διαμορφωμένες τουριστικά περιοχές (όπως αναγνωρίζονται στο πλαίσιο της ΜΠΕ για κάθε μεμονωμένη εγκατάσταση).	500 μ. από τα όρια της ζώνης
Μεμονωμένες τουριστικές μονάδες	Εφαρμόζονται οι ελάχιστες αποστάσεις, που ισχύουν για τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις

**Πίνακας 12.1: Αποστάσεις που πρέπει να τηρούνται, για εγκατάσταση μονάδας βιοαερίου**  
Αφού έλαβα υπόψη τους περιορισμούς του ειδικού χωροταξικού πλαισίου για τις Α.Π.Ε, έγιναν οι εξής παραδοχές στον Πίνακα 12.2.

Αξιοποίηση των Γεωργικών Υπολειμμάτων και Κτηνοτροφικών Αποβλήτων της Περιφερειακής Ενότητας Σερρών, για την Συμπαράγωγή Ηλεκτρικής και Θερμικής Ενέργειας (Σ.Η.Θ) μέσω της Συνδυασμένης

Χρώμα	Χρήσεις Γής	Περιορισμοί
	111 - Συνεχής αστικός ιστός	> 500 μέτρα
	112 - Ασυνεχής αστικό ιστό	> 500 μέτρα
	121 - Βιομηχανικές ή εμπορικές μονάδες	Εκτός
	122 – Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα I	Εκτός
	123 - Περιοχή Λιμανιού	Εκτός
	124 – Αεροδρόμια	Εκτός
	131 - Χώροι εξόρυξης ορυκτών	Εκτός
	132 – Χωματερές	Εκτός
	133 - Εργοτάξια I	Εκτός
	141 - Πράσινες Αστικές Περιοχές	Εκτός
	142 - Αθλητικές και ψυχαγωγικές εγκαταστάσεις	> 500 μέτρα
	211 - Μη αρδευόμενη καλλιεργήσιμη γη	Εντός
	212 - Μόνιμα αρδευόμενες εκτάσεις	Εκτός
	213- Ορυζώνες I	Εντός
	221 – Αμπελώνες	Εντός
	222 - Οπωροφόρα δένδρα και φυτείες μούρων	Εντός
	223 – Ελαιόδεντρα	Εντός
	231 – Βοσκότοποι	Εντός
	241 - Ετήσιες καλλιέργειες που συνδέονται με μόνιμες	Εντός
	242 Σταθερών σχημάτων καλλιέργειες	Εντός
	243 - Κυρίως Γεωργία, με φυσική βλάστηση	Εντός
	244 - Αγρο-δασικές περιοχές	Εντός
	311 – Δάση πλατύφυλλων δέντρων	Εκτός
	312 - Κωνοφόρα δάση	Εκτός
	313 - Μικτό δάσος	Εκτός
	321 - Φυσικοί βοσκότοποι	Εντός
	322 Υψίπεδα με θάμνους	Εκτός
	323 - Σκληρόφυλλων Βλάστηση	Εκτός
	324 - Μεταβατικές δασικές εκτάσεις με Θάμνους	Εκτός
	331 - Παραλίες, αμμόλοφοι και Ερημικές Περιοχές	Εκτός
	332- Βραχώδεις Εκτάσεις	Εκτός
	333 – Περιοχές με αραιή Βλάστηση	Εντός
	334 - Καμένες περιοχές	Εκτός
	335 Περιοχές με παγετώνες και χιόνι	Εκτός
	411 - Εσωτερικά Έλη	Εκτός
	412 – Τυρφώνες	Εκτός
	421 Αλυκές	Εκτός
	422- Περιοχές με αλάτι	Εκτός
	423 Παλιρροιακές περιοχές	Εκτός
	511 - Βάλτοι νερού	Εκτός
	512 Περιοχές με ύδατα	Εκτός
	521 - Παράκτιες λιμνοθάλασσες	Εκτός
	522 – Εκβολές	>500 μ
	523 - Θάλασσες και ωκεανοί	>1.000 μ

Πίνακας 12.2: Περιορισμοί για χωροθέτηση της Κεντρικής Μονάδας Βιοαερίου



## **12.2 Χρήση των Γ.Π.Σ, για υπολογισμό χωροθέτησης της Κεντρικής Μονάδας**

Χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα ArcGis, και τηρώντας όλους τους περιορισμούς που τέθηκαν στον Πίνακα 12.2 καταλήγουμε στον παρακάτω Χάρτη 12.2, στον οποίο εμφανίζονται όλες οι χρήσεις Γής, εντός της Περιφερειακής Ενότητας Σερρών, στις οποίες, σύμφωνα με την κείμενη Νομοθεσία, επιτρέπεται η εγκατάσταση και λειτουργία μιας Κεντρικής Συνδυασμένης Μονάδας Παραγωγής Ενέργειας και Θερμότητας από Βιοαέριο, με την χρήση της Αναερόβιας Χώνευσης, η διαστασιολόγησή της οποίας έχει γίνει στο Κεφάλαιο 11.

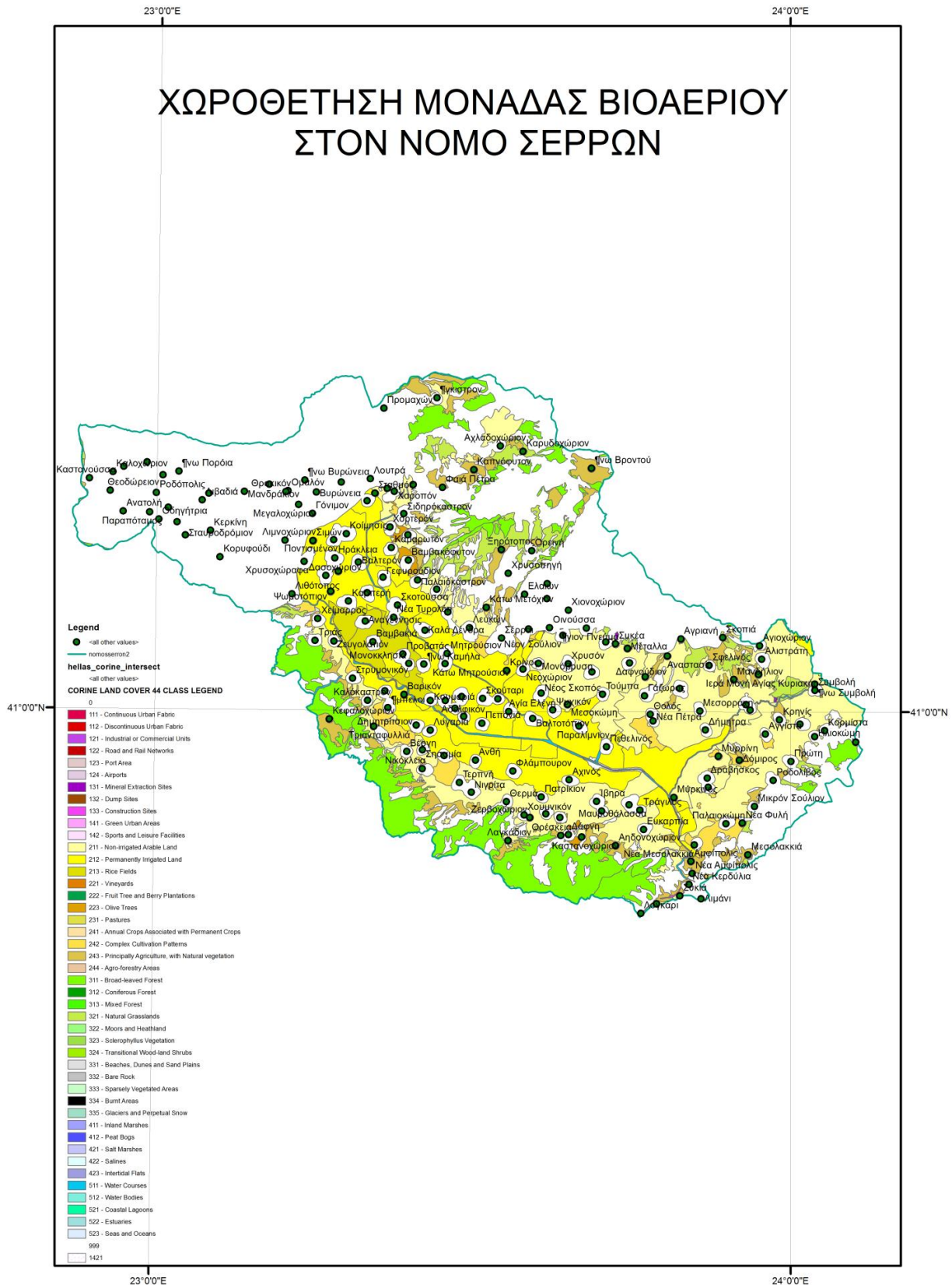
Για καλύτερο οπτικό αποτέλεσμα αυτής της απεικόνισης,, δημιουργήθηκε ο παρακάτω Χάρτης 12.3, στον οποίο με το κόκκινο χρώμα παρουσιάζονται όλες οι διαθέσιμες περιοχές, στις οποίες είναι νόμιμο να χωροθετηθεί μία τέτοια μονάδα.

Από Βιβλιογραφία, όμως , και καθαρά για οικονομικούς λόγους, μία Κεντρική Μονάδα, όπως η εξεταζόμενη, για να είναι οικονομικά βιώσιμη θα πρέπει να είναι εντός ακτίνας 15 χλμ, από μεγάλες αγροκτηνοτροφικές μονάδες [1], [2] .

Έτσι, στον παρακάτω Χάρτη 12.4., τοποθετήθηκαν οι μεγαλύτερες Αγροτοκτηνοτροφικές μονάδες, οι οποίες παρουσιάζονται και στον Πίνακα 9.4, στο Κεφάλαιο 9, και δημιουργήθηκε μια ακτίνα (15 χλμ – με την εντολή `buffer`).

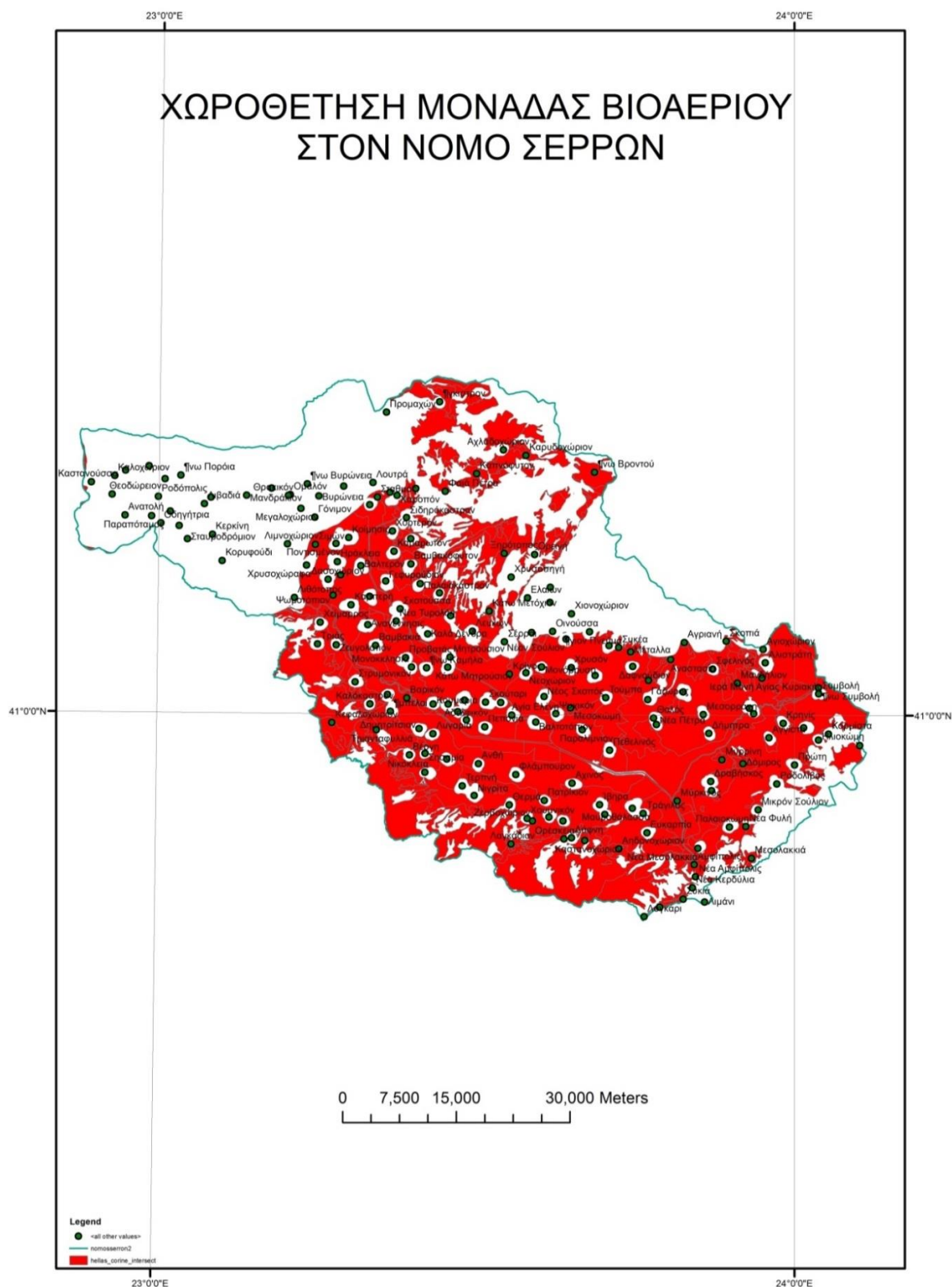
Έπειτα, για να παρουσιαστεί η βέλτιστη περιοχή χωροθέτησης, έγινε μία τομή αυτών των ακτίνων, και δημιουργήθηκε ο παρακάτω Χάρτης 12.6., ο οποίος δείχνει με απλή και καλή προσέγγιση, μία περιοχή εντός της Περιφερειακής Ενότητας Σερρών που θα μπορούσε να χωροθετηθεί μια τέτοια μονάδα.

Αξιοποίηση των Γεωργικών Υπολειμμάτων και Κτηνοτροφικών Αποβλήτων της Περιφερειακής Ενότητας Σερρών, για την Συμπαράγωγή Ηλεκτρικής και Θερμικής Ενέργειας (Σ.Η.Θ) μέσω της Συνδυασμένης Αναερόβιας Χώνευσης

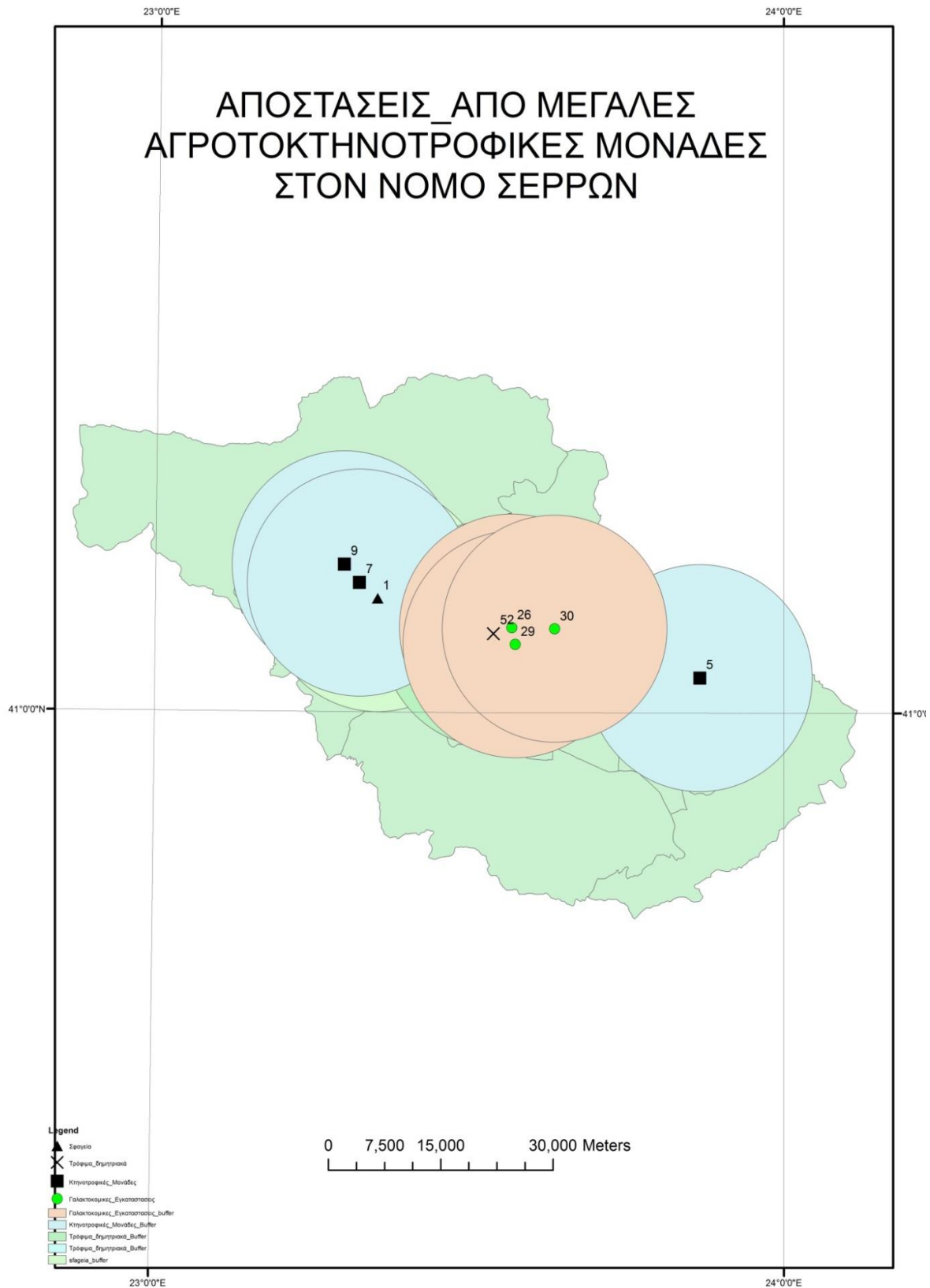


Χάρτης 12.2: Χρήσεις Γής στις οποίες επιτρέπεται η εγκατάσταση μονάδας βιοαερίου

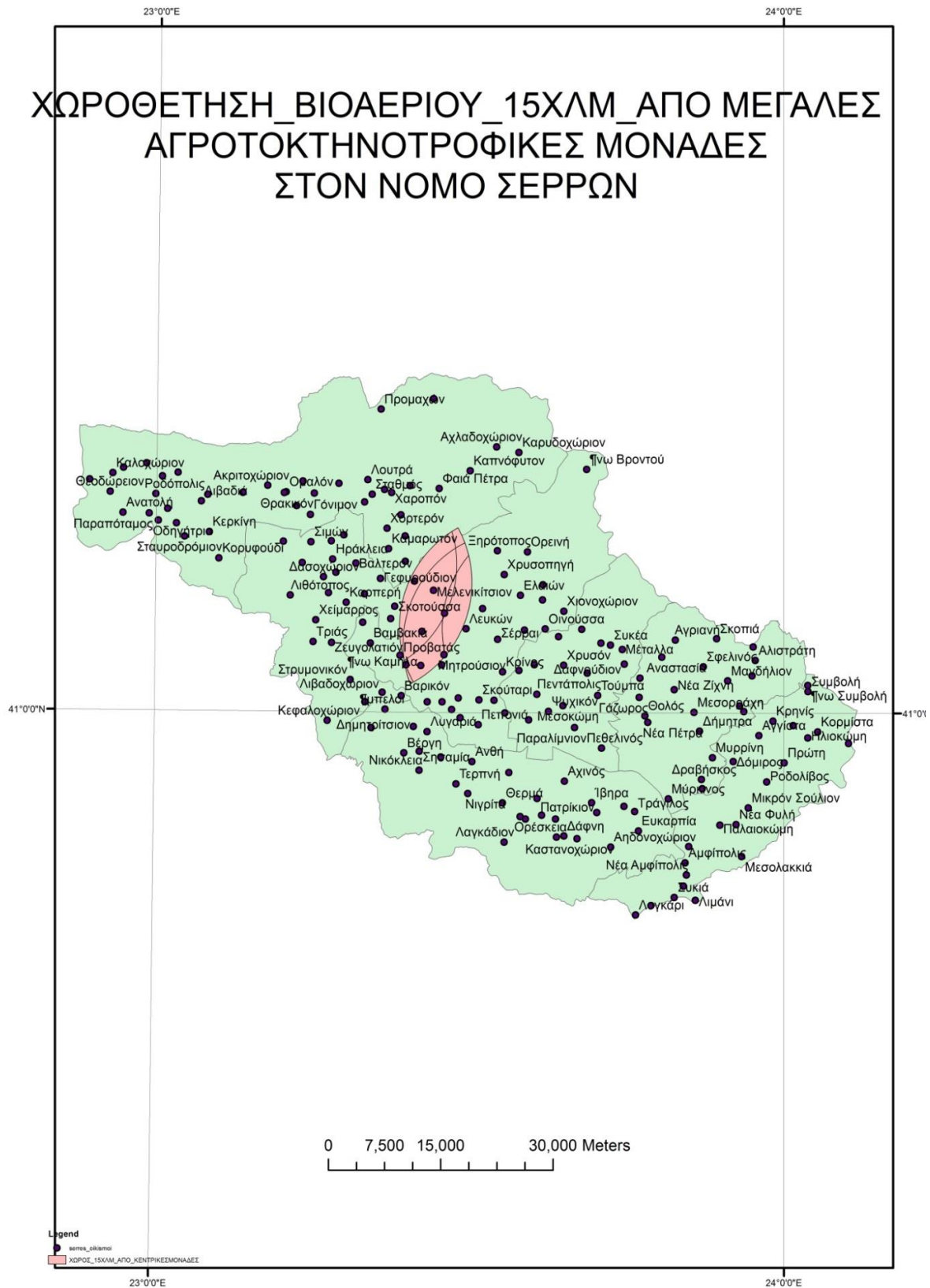
Αξιοποίηση των Γεωργικών Υπολειμμάτων και Κτηνοτροφικών Αποβλήτων της Περιφερειακής Ενότητας Σερρών, για την Συμπαράγωγή Ηλεκτρικής και Θερμικής Ενέργειας (Σ.Η.Θ) μέσω της Συνδυασμένης Αναερόβιας Χώνευσης



Χάρτης 12.3: Σχηματική Απεικόνιση, που φαίνεται με κόκκινο, οι περιοχές στις οποίες επιτρέπεται η εγκατάσταση μονάδας βιοαερίου



**Χάρτης 12.4: Ακτίνα 15 χλμ από μεγάλες αγροτοκτηνοτροφικές μονάδες της Π.Ε Σερρών**



Χάρτης 12.5: Βέλτιστη Περιοχή χωροθέτησης μονάδας βιοαερίου

Αξιοποίηση των Γεωργικών Υπολειμμάτων και Κτηνοτροφικών Αποβλήτων της Περιφερειακής Ενότητας Σερρών, για την Συμπαράγωγή Ηλεκτρικής και Θερμικής Ενέργειας (Σ.Η.Θ) μέσω της Συνδυασμένης Αναερόβιας Χώνευσης



Χάρτης 12.6: Σχηματική απεικόνιση (με κόκκινο) των τελικών βέλτιστων περιοχών για χωροθέτηση μονάδας βιοαερίου

### **13 Εναλλακτικές Λύσεις**

Κατά τη φάση των προκαταρκτικών μελετών και σχεδίασης του έργου, εξετάστηκαν διάφορες προτάσεις, αναλύθηκαν τα θετικά και αρνητικά στοιχεία καθεμίας από αυτές, προτού να προκριθεί η πρόταση που περιγράφεται στην παρούσα διπλωματική μεταπτυχιακή εργασία.

Οι βασικοί παράγοντες που εξετάστηκαν, αφορούν στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και στην οικονομοτεχνική ανάλυση κάθε πρότασης. Σκοπός της ανάλυσης, ήταν να εντοπισθεί η λύση που αξιοποιεί με το βέλτιστο τρόπο το υψηλό δυναμικό αποβλήτων της περιοχής και ελαχιστοποιεί κατά το δυνατό τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Οι εναλλακτικές προτάσεις που αξιολογήθηκαν περιγράφονται ακολούθως.

#### **13.1 Επιλογή τεχνολογίας σε σχέση με άλλες πηγές ενέργειας**

##### **13.1.1 Γενικά**

Η τεχνολογία ενεργειακής αξιοποίησης του εκλούμενου βιοαερίου κατά τη ζύμωση των οργανικών αποβλήτων επιλέγεται για την υλοποίηση της προτεινόμενης επένδυσης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ λόγω των σημαντικών πλεονεκτημάτων σε σχέση με άλλες τεχνολογίες ΑΠΕ, αλλά και τις συμβατικές. Σημειώνεται δε ότι αποτελεί τη μοναδική τεχνολογία εκμετάλλευσης ΑΠΕ σε σχέση με τις υπόλοιπες (π.χ. αιολική ενέργεια, ηλιακή ενέργεια, υδροηλεκτρικά, γεωθερμία).

Τα βασικά χαρακτηριστικά των εν λόγω συστημάτων, που τα διαφοροποιούν από τις άλλες μορφές ΑΠΕ αναφέρονται συνοπτικά ακολούθως.

Ειδικότερα, για την προτεινόμενη επένδυση δεν απαιτούνται ειδικές συνθήκες αναφορικά με το χώρο εγκατάστασης, σε αντίθεση με άλλες πηγές. Για παράδειγμα, για την οικονομικά ανταποδοτική λειτουργία ενός αιολικού πάρκου απαιτείται υψηλό αιολικό δυναμικό, η απόδοση των φωτοβολταϊκών συστημάτων εξαρτάται από την ηλιοφάνεια της περιοχής, ενώ η διαθεσιμότητα υδάτων απαιτεί απαραίτητη προϋπόθεση για τη λειτουργία υδροηλεκτρικών σταθμών.

Η μοναδική ουσιαστική προϋπόθεση για τη λειτουργία της προτεινόμενης εγκατάστασης συνίσταται στη δυνατότητα τροφοδοσίας των μηχανών εσωτερικής καύσης με βιοαέριο το οποίο παράγεται κατά τη ζύμωση των οργανικών αποβλήτων στον χώρο εγκατάστασης.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ακόμη και σε πολύ μικρή κλίμακα είναι εφικτή, με δυνατότητα εγκατάστασης σχεδόν οπουδήποτε χωρίς να προσβάλλουν αισθητικά το περιβάλλον, ενώ μπορούν εύκολα να συνδυαστούν με άλλες πηγές ενέργειας για τη δημιουργία υβριδικών συστημάτων.

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα της προτεινόμενης τεχνολογίας έγκειται στο γεγονός ότι τέτοιου είδους συστήματα είναι εύκολα επεκτάσιμα με την προσθήκη νέων μηχανών εσωτερικής καύσης και, υπό προϋποθέσεις μεταφέρονται χωρίς ιδιαίτερη δυσκολία ή μετατροπή του αρχικού συστήματος.

Εξάλλου, τα συγκεκριμένα συστήματα είναι κατάλληλα τόσο για κεντρική όσο και για κατανεμημένη παραγωγή ισχύος και ενέργειας, καθώς μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στη λεγόμενη «Διάσπαρτη Παραγωγή Ενέργειας» (Distributed Power Generation), η οποία αποτελεί το νέο μοντέλο ανάπτυξης σύγχρονων ενεργειακών συστημάτων παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Η διαφοροποίηση στην παραγωγή ενέργειας, που προσφέρεται από τις μηχανές εσωτερικής καύσης, σε συνδυασμό με την κατά μεγάλο ποσοστό απεξάρτηση από το πετρέλαιο και την αποφυγή περαιτέρω ρύπανσης του περιβάλλοντος, μπορούν να δημιουργήσουν συνθήκες οικονομικής ανάπτυξης σε ένα νέο ενεργειακό τοπίο που αυτή τη στιγμή διαμορφώνεται στις αναπτυγμένες χώρες. Παράλληλα, η προτεινόμενη τεχνολογία χρησιμοποιεί ως καύσιμο το βιοαέριο που παράγεται κατά τη ζύμωση των οργανικών αποβλήτων που ουσιαστικά αποτελεί μια πρακτικά ανεξάντλητη πηγή. Δεδομένης της αφθονίας που χαρακτηρίζει τις «πρώτες ύλες» της εγκατάστασης, η εν λόγω ενεργειακή πηγή μπορεί εύκολα να γίνεται άμεσα διαθέσιμη προς εκμετάλλευση.

Τέλος, η σημαντική διάρκεια ζωής μιας αντίστοιχης επένδυσης που μπορεί να ξεπεράσει τα 25 έτη με χαμηλό κόστος συντήρησης και λειτουργίας συνιστά ένα σημαντικό πλεονέκτημα της εν λόγω τεχνολογίας.

### **13.1.2 Πλεονεκτήματα για τον αγροτικό πληθυσμό από την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων και οργανικών λυμάτων με την τεχνολογία της αναερόβιας χώνευσης**

Η μεικτή χώνευση κοπριάς ζώων και άλλων κατηγοριών κατάλληλων οργανικών αποβλήτων και λυμάτων σε κεντρικές εγκαταστάσεις βιοαερίου είναι μία ολοκληρωμένη διαδικασία, μιας και πέρα της παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμους πόρους, έχει αλληλένδετα περιβαλλοντικά και γεωργικά οφέλη, όπως:

- μικρότερες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (κυρίως του εξαιρετικά επικίνδυνου CH<sub>4</sub>)
- εξοικονόμηση χρημάτων για τους αγρότες
- βελτιωμένη απόδοση της λίπανσης
- οικονομική και περιβαλλοντικά αποδεκτή ανακύκλωση αποβλήτων και λυμάτων
- μειωμένες οχλήσεις λόγω εξάλειψης των οσμών και των ενοχλητικών εντόμων (π.χ. μύγες, κουνούπια)
- μείωση παθογόνων οργανισμών στη χωνευμένη κοπριά.



Το παρακάτω σχήμα (Σχήμα 13.1) δείχνει τους κύριους δρόμους της ολοκληρωμένης επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων και των οργανικών λυμάτων με την τεχνολογία της αναερόβιας χώνευσης.

**Σχήμα 13.1: Διάγραμμα ροής ολοκληρωμένης επεξεργασίας βιοαποβλήτων[2]**



Πηγή: Centralized Biogas Plants; From idea to reality (Danish Version); Danish Energy Agency Nov. -95.

Τα πιο εμπορικά και τεχνικά ώριμα συστήματα αναερόβιας χώνευσης είναι αυτά που σχεδιάστηκαν για την χώνευση της κοπριάς των ζώων, τόσο στο αγρόκτημα όσο και έξω από αυτό, καθώς και για την κοινή χώνευση κοπριάς ζώων και υπολειμμάτων από βιομηχανίες τροφίμων.

Η βιολογική ιλύς συνιστά μία άλλη ενδιαφέρουσα πρώτη ύλη, όσον αφορά στην χώνευση και στην κοινή χώνευση. Η χώνευση βιολογικής ιλύος είναι μία συνήθης πρακτική σε πολλές χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, κυρίως σε εγκαταστάσεις μεσαίου και μεγάλου μεγέθους, που ανήκουν σε κοινότητες και άλλες εμπλεκόμενες εταιρείες. Όμως, περιβαλλοντικές επιφυλάξεις ως προς την περιεκτικότητα σε βαρέα μέταλλα και μη βιοδιασπάσιμα οργανικά χημικά θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη.

Επιπλέον, και όσον αφορά την παραγωγή λιπασμάτων, τα περιβαλλοντικά οφέλη από την εφαρμογή τεχνολογιών αναερόβιας χώνευσης τόσο των ζωικών αποβλήτων, όσο και άλλων οργανικών λυμάτων, απεικονίζονται στο παρακάτω σχήμα.

**Πίνακας 13.1: Περιβαλλοντικά οφέλη από την εφαρμογή τεχνολογιών αναερόβιας χώνευσης**

<b>A. Σε επίπεδο αγροτών</b>	<b>B. Σε επίπεδο κοινωνίας</b>
1. Βελτίωση της ποιότητας των οργανικών λιπασμάτων / Μείωση των ανόργανων λιπασμάτων	1. Μείωση των ρυπαντών και οσμών
2. Μείωση φυτοτοξικών ουσιών & οσμών	2. Θετική επίδραση στην προστασία των υδάτινων πόρων
3. Μείωση ζιζανίων και άλλων εχθρών	3. Θετική επίδραση στην προστασία του κλίματος
4. Σταθεροποίηση & βελτίωση της γονιμότητας των εδαφών / Μείωση της τάσης ερημοποίησης	4. Συγκρινόμενο με τα άλλα καύσιμα το βιοαέριο παρουσιάζει θετική συμπεριφορά

### 13.1.3 Δυσμενείς επιπτώσεις της ανεξέλεγκτης διάθεσης των υγρών αποβλήτων και των οργανικών λυμάτων στο περιβάλλον

Αν και στην ευρύτερη περιοχή ενδιαφέροντος δραστηριοποιούνται ένα πλήθος αγροτοβιομηχανιών που απορρίπτουν ανεξέλεγκτα τα οργανικά λύματά τους στους υδάτινους και χερσαίους αποδέκτες, σημαντική περιβαλλοντική επιβάρυνση προέρχεται από τις χοιροτροφικές μονάδες, η χωρική συγκέντρωση των οποίων είναι ιδιαίτερα αυξημένη στην περιοχή. Τα κυριότερα περιβαλλοντικά προβλήματα που συνδέονται με τις εκτροφές των χοίρων είναι οι οσμές, οι εκπομπές αμμωνίας και η διαχείριση της κοπριάς εξαιτίας του υψηλού της οργανικού φορτίου, της περιεκτικότητας της σε θρεπτικά στοιχεία (N, P, K) και μέταλλα.

### 13.1.4 Επιπτώσεις στην ατμόσφαιρα

Η ανεξέλεγκτη απόθεση οργανικών αποβλήτων οδηγεί στην παραγωγή οσμών που οφείλονται σε δύσοσμες ουσίες που προκύπτουν κατά την αναερόβια αποσύνθεση των αποβλήτων (NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, πτητικά οργανικά οξέα, μερκαπτάνες, αλκοόλες, αλδεϋδες, κετόνες). Αν και οι οσμές δεν έχουν χαρακτηριστεί ως τυπικοί ρυπαντές, δημιουργούν ισχυρές οχλήσεις και ως εκ τούτου σημαντικό κοινωνικό πρόβλημα.

Επίσης, η πρακτική αυτή οδηγεί στη δημιουργία αερίων ρυπαντών. Οι εκπομπές αμμωνίας και πτητικών υδρογονανθράκων από τις χοιροτροφικές εγκαταστάσεις, τα συστήματα συλλογής των αποβλήτων και τη διασπορά της υγρής κοπριάς στους αγρούς δημιουργούν σοβαρά προβλήματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης τόσο στο μικροπεριβάλλον των εκτροφών όσο και στο ευρύτερο περιβάλλον. Οι εκπομπές αμμωνίας στην ατμόσφαιρα συμβάλουν στον σχηματισμό της όξινης βροχής.

### **13.1.5 Επιπτώσεις στα υδάτινα οικοσυστήματα**

Η ανεξέλεγκτη διάθεση οργανικών λυμάτων οδηγεί στη δημιουργία ασφυκτικού περιβάλλοντος στα υδάτινα οικοσυστήματα. Το ασφυκτικό περιβάλλον στα υδάτινα οικοσυστήματα δημιουργείται εξαιτίας της αρχικά αερόβιας αποδόμησης της οργανικής ύλης που περιέχεται στα απόβλητα των χοιροτροφικών εκμεταλλεύσεων. Στη συνέχεια και αφού εξαντληθεί το διαλυμένο στο νερό οξυγόνο, η αποδόμηση συνεχίζεται αναερόβια με αποτέλεσμα την έκλυση ασφυκτικών αλλά και τοξικών αερίων ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ).

Επίσης, κατά την πρακτική αυτή παρατηρείται ευτροφισμός επιφανειακών συστημάτων. Η εμφάνιση του ευτροφισμού στα επιφανειακά υδάτινα οικοσυστήματα εξαιτίας της απόρριψης ζωικών αποβλήτων οφείλεται στην υψηλή περιεκτικότητα των τελευταίων σε θρεπτικά στοιχεία (N, P, K). Αποτέλεσμα του ευτροφισμού είναι η υπέρμετρη ανάπτυξη υδρόβιων φυτικών οργανισμών που εμποδίζουν τη διείσδυση της ηλιακής ακτινοβολίας στα βαθύτερα στρώματα των υδάτινων οικοσυστημάτων καθώς και της συγκέντρωσης των νεκρών οργανισμών στον πυθμένα αυτών, δημιουργώντας αναερόβιο ασφυκτικό περιβάλλον.

Συγχρόνως, παρατηρείται ρύπανση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα με συστατικά που προέρχονται από τα απόβλητα των κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων που γίνεται κυρίως με τα ευδιάλυτα νιτρικά άλατα ( $\text{NO}_3^-$ ), τα οποία ευθύνονται για την πρόκληση της θανατηφόρου για τα βρέφη ασθένειας της μεθαιμογλομβιναιμίας.

### **13.1.6 Επιπτώσεις στα χερσαία οικοσυστήματα**

Οι επιπτώσεις από την ανεξέλεγκτη εναπόθεση αποβλήτων από χοιροτροφικές εκμεταλλεύσεις στο έδαφος έχει σαν αποτέλεσμα τη μεταβολή της δομής και των ιδιοτήτων του, όπως τη μείωση της αποστραγγιστικής του ικανότητας και της διαπερατότητας του από τον αέρα, τη μείωση των δραστηριοτήτων των μικροοργανισμών εξαιτίας μεγάλης συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων, τη μετατροπή αγρών σε ακατάλληλους για βόσκηση, τη διάδοση ασθeneιών και τη δημιουργία αντιαισθητικών οσμών.

## **13.2 Επιλογή παραμέτρων σχεδιασμού της μονάδας**

### **13.2.1 Επιλογή τεχνολογίας**

Η διάθεση των εισερχόμενων πρώτων υλών της μονάδας παραγωγής βιοαερίου πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τις διατάξεις της κείμενης νομοθεσίας. Ακολουθώντας αναφέρονται εναλλακτικές τεχνολογίες για τη διαχείριση και επεξεργασία των εισερχόμενων πρώτων υλών.

### **13.2.1.1 Ενεργειακή αξιοποίηση αποβλήτων με τεχνολογία αεριοποίησης πλάσματος**

#### *Γενικά*

Ως μια εναλλακτική τεχνολογία σε σχέση με την προτεινόμενη της αναερόβιας χώνευσης των οργανικών αποβλήτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τεχνολογία της αεριοποίησης πλάσματος

Η αεριοποίηση πλάσματος αποτελεί μια προηγμένη τεχνολογικά και περιβαλλοντικά φιλική διεργασία επεξεργασίας και αξιοποίησης αποβλήτων μέσω της μετατροπής τους σε εμπορεύσιμα προϊόντα, με σημαντικότερο την ηλεκτρική ενέργεια. Η αεριοποίηση πλάσματος είναι μια θερμική μέθοδος που χρησιμοποιεί εξαιρετικά υψηλές θερμοκρασίες, για την αποσύνθεση του τροφοδοτούμενου αποβλήτου. Το προϊόν της διεργασίας είναι ένα καύσιμο αέριο σύνθεσης, αποτελούμενο κυρίως από υδρογόνο και μονοξείδιο του άνθρακα, και ένα αδρανές υαλώδες υλικό. Επιπροσθέτως, η διεργασία ικανοποιεί τα περιβαλλοντικά όρια για τις αέριες εκπομπές και για τις τιμές εκχυλισιμότητας βαρέων μετάλλων.

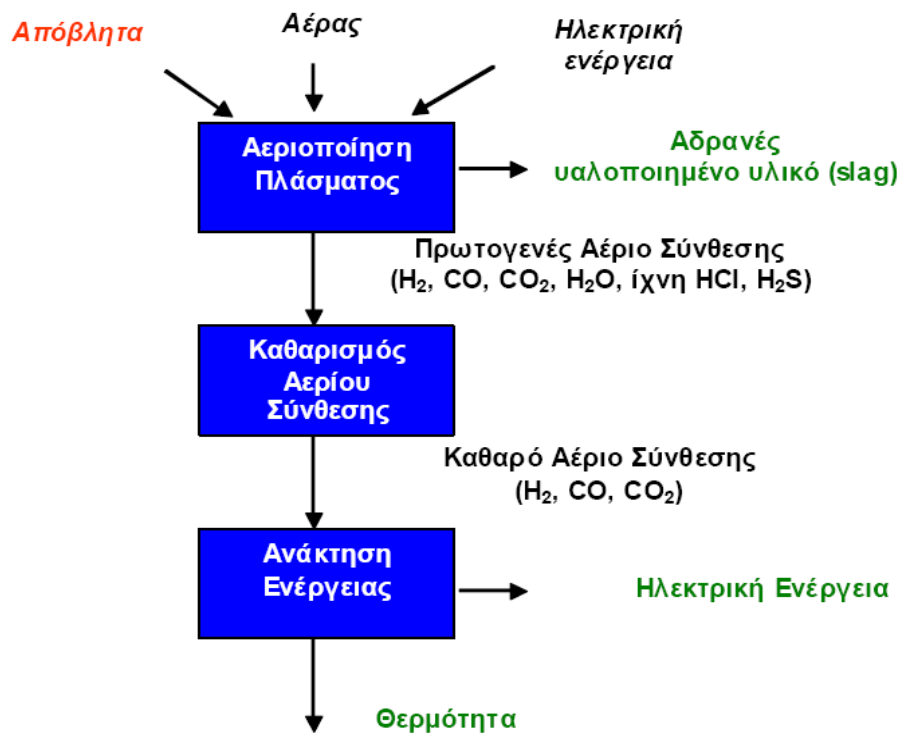
Όσον αφορά στην ενεργειακή συμπεριφορά της διεργασίας, η ανάκτηση ενέργειας που επιτυγχάνεται καλύπτει τις ενεργειακές απαιτήσεις της διεργασίας, και ταυτόχρονα παράγει ένα ποσό ηλεκτρικής ενέργειας διαθέσιμο προς πώληση.

Μια μονάδα επεξεργασίας αποβλήτων βασιζόμενη στην τεχνολογία πλάσματος αποτελείται από τρία (3) βασικά τμήματα:

- Αεριοποιητής πλάσματος, όπου λαμβάνει χώρα μετατροπή του οργανικού κλάσματος των αποβλήτων σε αέριο σύνθεσης ενώ το ανόργανο κλάσμα των αποβλήτων μετατρέπεται, λόγω των πολύ υψηλών θερμοκρασιών, σε ένα υαλώδες υλικό. Το παραγόμενο αέριο σύνθεσης χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας ενώ το υαλώδες υλικό είναι αδρανές και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρόσθετο υλικό κατασκευών ή ως αποξεστικό υλικό σε εργασίες αμμοβολής.
- Σύστημα καθαρισμού του πρωτογενούς παραγόμενου αερίου σύνθεσης και
- Σύστημα ανάκτησης ενέργειας.

Το διάγραμμα ροής της διεργασίας πλάσματος παρατίθεται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 13.2).

Σχήμα 13.2: Διάγραμμα ροής διεργασίας πλάσματος [73]



#### Προεπεξεργασία

Τα στάδια της προεπεξεργασίας δεν είναι απαραίτητα για τους περισσότερους τύπους αποβλήτων. Η προεπεξεργασία απαιτείται κυρίως για υλικά με πολύ μεγάλες διαστάσεις ή για υλικά με πολύ υψηλό ποσοστό υγρασίας. Στην τελευταία περίπτωση δεν απαιτείται ξήρανση μέχρι υψηλού ποσοστού, αφού ένα ποσοστό υγρασίας είναι απαραίτητο για την παραγωγή του αερίου σύνθεσης με υψηλή θερμογόνο δύναμη. Στη συνέχεια τα απόβλητα τροφοδοτούνται στον πρωτεύοντα θάλαμο αεριοποίησης κάμινο πλάσματος.

#### Αεριοποίηση πλάσματος

Το κεντρικό στάδιο της διεργασίας αποτελείται από τον πρωτεύοντα και δευτερεύοντα αεριοποιητή πλάσματος. Ο πρωτεύων αεριοποιητής πλάσματος είναι στην ουσία μια κάμινο πλάσματος στο εσωτερικό της οποίας διοχετεύεται ηλεκτρική ενέργεια μέσω δύο ηλεκτροδίων γραφίτη που έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία συνθηκών υψηλής θερμοκρασίας που προκαλούν την αεριοποίηση του οργανικού κλάσματος των αποβλήτων. Το ανόργανο κλάσμα των αποβλήτων, υπό την επίδραση των πολύ υψηλών θερμοκρασιών στον πυθμένα της καμίνου (> 5000°C), τήκεται και εξέρχεται από την κάμινο υπό τη μορφή υαλοποιημένου υλικού ή τηγμένου καθαρού μετάλλου, ανάλογα με τις συγκεντρώσεις των ανόργανων συστατικών.

Το οργανικό κλάσμα των αποβλήτων μετά την έξοδο του από τον πρωτεύοντα αεριοποιητή υφίσταται ένα δεύτερο στάδιο αεριοποίησης, ώστε να εξασφαλιστεί η τέλεια αεριοποίηση των συστατικών του

και η μετατροπή τους σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο ποσοστό υδρογόνου και μονοξειδίου του άνθρακα (αέριο σύνθεσης). Το δεύτερο αυτό στάδιο αεριοποίησης πραγματοποιείται στο εσωτερικό ενός πυρσού πλάσματος.

#### *Καθαρισμός αερίου σύνθεσης*

Για την αποφυγή περιβαλλοντικών προβλημάτων αλλά και προβλημάτων που ενδέχεται να εμφανιστούν στο σύστημα ανάκτησης ενέργειας (π.χ. υψηλές συγκεντρώσεις όξινων αερίων), το πρωτογενές αέριο σύνθεσης διέρχεται από ένα στάδιο καθαρισμού το οποίο περιλαμβάνει επιμέρους διατάξεις για μείωση της θερμοκρασίας, απομάκρυνση της υγρασίας, των αιωρούμενων σωματιδίων, των ενώσεων θείου, και χλωρίου και των βαρέων μετάλλων.

#### *Ενεργειακή αξιοποίηση – Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας*

Το καθαρό πλέον αέριο σύνθεσης οδηγείται στο τελικό στάδιο της ενεργειακής αξιοποίησης του, το οποίο στην απλούστερη περίπτωση περιλαμβάνει μηχανή αερίου εσωτερικής καύσης κατάλληλη για καύση χαμηλής έως μέσης θερμογόνου δυνάμεως αερίων καυσίμων. Για μεγαλύτερες ενεργειακές αποδόσεις χρησιμοποιείται σύστημα συμπαράγωγής ενέργειας.

#### *Περιβαλλοντική συμμόρφωση - Πλεονεκτήματα*

Η περιβαλλοντική συμπεριφορά της διεργασίας είναι ίσως το σημαντικότερο χαρακτηριστικό της, αν λάβουμε υπόψη ότι οι προδιαγραφές που αφορούν τις αέριες εκπομπές και το στερεό υπόλειμμα έχουν γίνει ιδιαίτερα αυστηρές, όπως αυτές αναφέρονται στις τελευταίες οδηγίες και αποφάσεις της Ευρωπαϊκής Κοινότητας (Οδηγίες 2000/76/EC και 2003/33/EC). Η διεργασία αεριοποίησης πλάσματος λόγω των πολύ υψηλών θερμοκρασιών και του αναγωγικού περιβάλλοντος (συνθήκες μερικής έλλειψης οξυγόνου) επιτυγχάνει την αποφυγή δημιουργίας διοξινών, φουρανίων και άλλων ιδιαίτεως τοξικών ενώσεων χλωρίου στα τελικά καυσαέρια. Οι υπόλοιπες ρυπογόνες προσμίξεις στο αέριο σύνθεσης απομακρύνονται με τη βοήθεια του συστήματος καθαρισμού και το καθαρό πλέον καύσιμο αέριο οδηγείται στο σύστημα ενεργειακής αξιοποίησης. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να τονιστεί ότι δεν απαιτείται μεγάλων διαστάσεων σύστημα καθαρισμού λόγω της περιορισμένης ποσότητας οξυγόνου κατά την αεριοποίηση, εν αντιθέσει με τις διεργασίες συμβατικής καύσης όπου ο όγκος των παραγόμενων καυσαερίων επιβάλλει την παρουσία ενός συστήματος καθαρισμού μεγάλου όγκου και υψηλού κόστους.

Η τεχνολογία πλάσματος έχει σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι άλλων μεθόδων θερμικής επεξεργασίας. Αποφεύγει τον κίνδυνο παραγωγής διοξινών, φουρανίων και άλλων τοξικών στοιχείων λόγω της φύσης της διεργασίας και του συστήματος καθαρισμού των αερίων. Με τη συγκεκριμένη τεχνολογία ελαχιστοποιείται η ποσότητα του στερεού υπολείμματος προς τελική ταφή, στο οποίο εγκλωβίζονται οι ανόργανες τοξικές ουσίες όπως τα βαρέα μέταλλα, και το οποίο χαρακτηρίζεται ως αδρανές λόγω των πολύ χαμηλών επιπέδων εκχυλισιμότητας τοξικών ουσιών.

Επιπροσθέτως, η τεχνολογία πλάσματος μετατρέπει τα απόβλητα σε χρήσιμα προϊόντα, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε για παραγωγή ενέργειας (αέριο σύνθεσης) ή ως υλικά κατασκευών (υαλώδες υλικό, μέταλλα). Τέλος, αποτελεί μια ολοκληρωμένη και περιβαλλοντικά φιλική τεχνολογία ενεργειακής αξιοποίησης αστικών απορριμμάτων και άλλων επικίνδυνων αποβλήτων, όπως η ιλύς από μονάδες βιολογικού καθαρισμού ή τα νοσοκομειακά απόβλητα.

#### *Μειονεκτήματα*

Η εφαρμογή της τεχνολογίας πλάσματος για την ολοκληρωμένη επεξεργασία και την ενεργειακή αξιοποίηση αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένων και των αστικών απορριμμάτων, έχει ξεκινήσει μόλις την τελευταία δεκαετία, αν και κάποιες μονάδες λειτουργούν στην Ιαπωνία σε εμπορική κλίμακα, ενώ βρίσκεται σε εξέλιξη η κατασκευή μονάδων πλάσματος για την επεξεργασία αστικών απορριμμάτων στις ΗΠΑ και στον Καναδά.

Το γεγονός αυτό αποτελεί το κυριότερο μειονέκτημα της μεθόδου, καθώς η εμπορική λειτουργία της σε πραγματικές συνθήκες αγοράς δεν έχει ακόμα αποδειχθεί.

Επιπροσθέτως, το κόστος ανάπτυξης και υλοποίησης ενός τέτοιου εγχειρήματος είναι πολύ υψηλότερο σε σύγκριση με την προτεινόμενη μέθοδο, λόγω του υψηλού κόστους κατασκευής, αλλά και των λειτουργικών δαπανών.

### **13.2.1.2 Κομποστοποίηση οργανικών υπολειμμάτων**

#### *Περιγραφή διαδικασίας και προϊόντων*

Μια ακόμα εναλλακτική τεχνολογία διαχείρισης των οργανικών υπολειμμάτων είναι η μέθοδος της κομποστοποίησης. Με τον όρο κομποστοποίηση νοείται η ελεγχόμενη αερόβια διαδικασία βιολογικής αποδόμησης οργανικών ουσιών και η μετατροπή τους σε σταθερές οργανικές χουμικές ενώσεις. Οι οργανικές ουσίες περιλαμβάνουν φυτικά υπολείμματα, ζωική κοπριά, υπολείμματα βιομηχανιών επεξεργασίας φυτικών και ζωικών προϊόντων.

Η κατανόηση των βασικών αρχών που διέπουν την κομποστοποίηση είναι απαραίτητη στην αξιολόγηση της τεχνολογίας, της ίδιας της διεργασίας και των εφαρμογών της. Καθώς τα μικρόβια αποτελούν παράγοντες - κλειδιά κατά την κομποστοποίηση, έπεται ότι οι παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη και τη δράση τους θα καθορίζουν επίσης, το ρυθμό και το εύρος της κομποστοποίησης.

Το υπόστρωμα αποτελεί, ίσως, το σημαντικότερο παράγοντα. Άλλοι παράγοντες σχετικοί με το υπόστρωμα είναι ο λόγος άνθρακα/αζώτου (C/N), το μέγεθος των σωματιδίων, οι απαιτήσεις σε οξυγόνο, ο αερισμός, η υγρασία, η θερμοκρασία και το pH. Για το σχεδιασμό της διεργασίας, σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν η φυσικοχημική σύνθεση του υποστρώματος και ο αερισμός.

Στην αρχή σχηματίζεται το κατάλληλο μίγμα των υλικών το οποίο σε διάστημα λίγων ημερών αρχίζει να θερμαίνεται, λόγω βακτηριδιακής δράσης. Η βέλτιστη θερμοκρασία κομποστοποίησης είναι στη

μεσοφιλική περιοχή θερμοκρασιών, η οποία επιτυγχάνεται με την ανάδευση του υλικού που γίνεται συχνότερα στην αρχή και αραιότερα με την πάροδο του χρόνου. Τα οργανικά απόβλητα, αφού ομογενοποιηθούν οδηγούνται στη μονάδα κομποστοποίησης η οποία διαρκεί ένα περίπου μήνα. Στη συνέχεια το υλικό αφήνεται για 2 έως 3 μήνες για ωρίμανση, πριν την εφαρμογή του στο έδαφος.

Το παραγόμενο υλικό είναι σκούρου καφέ – μαύρου χρώματος, ονομάζεται κομπόστ (compost) και αποτελεί άριστο βελτιωτικό εδάφους, με ιδιαίτερη σημασία για τη βιολογική γεωργία.

#### *Εναλλακτικές μέθοδοι κομποστοποίησης*

Διάφορες τεχνολογίες έχουν αναπτυχθεί για τη διεργασία της κομποστοποίησης όπως αναδεδόμενα σειράδια, στατικά σειράδια, κατακόρυφοι και οριζόντιοι αντιδραστήρες καθώς και περιστρεφόμενα τύμπανα. Τα συστήματα αυτά περιγράφονται παρακάτω:

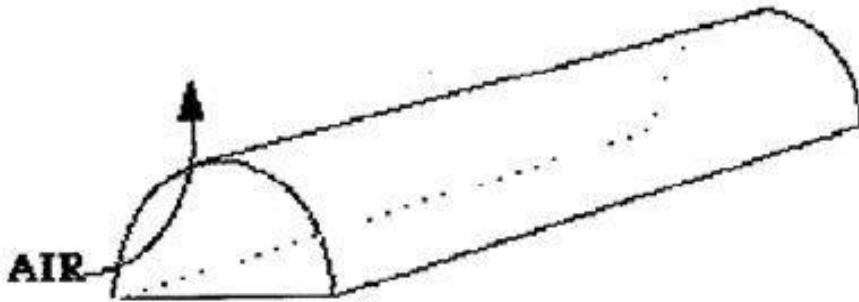
#### Αναδεδόμενα σειράδια

Τα σειράδια ορίζονται σαν σωστά διαμορφωμένοι επιμήκεις σωροί, σε σχήμα θημωνιάς, σε τομή, και μήκους συνήθως από 100 μέτρα και άνω (Σχήμα 13.3). Ο έλεγχος της διεργασίας γίνεται συνήθως μέσω της διαμόρφωσης του σειραδίου, ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί και πεπιεσμένος αερισμός. Οι διαστάσεις της διατομής ποικίλουν με την τροφοδοσία και τα μηχανήματα διαμόρφωσης, αλλά τα περισσότερα σειράδια έχουν ύψος 1,5 – 3 m και πλάτος 3 – 6m. Μεμονωμένα σειράδια μπορούν να διαμορφωθούν σε χρόνο από μερικές ημέρες έως εβδομάδες, αλλά συνήθως το καθένα αντιμετωπίζεται σαν ξεχωριστή παρτίδα.

Τα σειράδια μπορούν να διαμορφωθούν με φορτωτή, με ανατρεπόμενο φορτηγό ή με ταινιόδρομο. Υπάρχουν διάφορα μηχανήματα ανάδευσης/μορφοποίησης, αν και ένας φορτωτής μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για το σκοπό αυτό, εφόσον ο χειριστής είναι κατάλληλα εκπαιδευμένος. Τα μηχανήματα διαμόρφωσης των σειραδίων πρέπει να εκτελούν διάφορες λειτουργίες: αύξηση του πορώδους της σωρού, ανακατανομή υλικού για επιτάχυνση της διεργασίας ομογενοποίησης και διάλυση των συσσωματωμάτων για βελτίωση της συνοχής του προϊόντος. Μερικά μηχανήματα εκτελούν και λειτουργίες τεμαχισμού και διαβροχής, και μπορούν εν μέρει να αντικαταστήσουν άλλα βήματα της διεργασίας, επιταχύνοντας έτσι την αποσύνθεση.



**Σχήμα 13.3: Αναδεδυμένο σειράδιο κομποστοποίησης [84]**

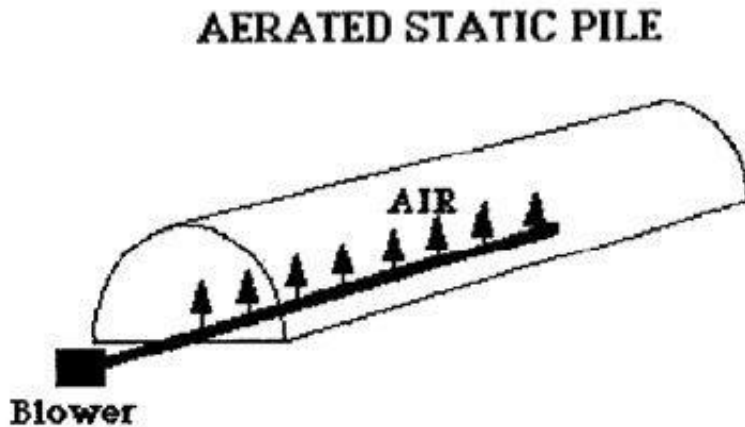


#### Στατικά σειράδια

Τα στατικά σειράδια δημιουργούνται περίπου όπως τα αναδεδυμένα σειράδια σαν ένας επιμήκης σωρός. Η ουσιαστική διαφορά βρίσκεται στο ότι τα στατικά σειράδια δεν αναδεδυονται μηχανικά. Αφού σχηματιστούν με φορτηγό, φορτωτή ή ταινία, παραμένουν στη θέση τους έως ότου επιβραδυνθεί η αποσύνθεση.

Η έλλειψη ανάδευσης απαιτεί τη διατήρηση ικανού πορώδους για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα. Όταν λιπασματοποιούνται λεπτομερή υλικά όπως λάσπη, ένα τραχύ και σταθερό υπόστρωμα π.χ. από κομμάτια ξύλου, ενσωματώνεται στην ανάμιξη. Τα λεπτομερή υλικά ή τα υποστρώματα από κυτταρίνη που αποσυντίθενται αργά όπως τα χαρτόνια ή τα φύλλα, προσδίδουν αυτήν την σταθερή, πορώδη δομή, αλλά αυτό θα πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά το σχεδιασμό του συστήματος προεπεξεργασίας. Ο έλεγχος της διεργασίας επιτυγχάνεται συνήθως μέσω της πίεσης και/ή της επιβολής αερισμού υπό κενό, με μεταβλητή ελέγχου είτε το οξυγόνο είτε τη θερμοκρασία. Οι αγωγοί αερισμού μπορεί να είναι προσωρινά πλαστικοί ή μεταλλικοί μέσα στο στρώμα του λεπτομερούς υλικού στη βάση του σειραδίου, απομονωμένοι εντός κοιλώματος μέσα στο σειράδιο κάτω από διάτρητες πλάκες (Σχήμα 13.4). Τα σειράδια συχνά καλύπτονται με ένα στρώμα τεμαχίων ξύλου ή κοπριάς για να απομονώσουν το «ενεργό» compost από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος και/ή για να παρέχουν προστασία από τις οσμές. Τόσο τα αναδεδυμένα όσο και τα στατικά σειράδια βρίσκονται συχνά έξω, εκτεθειμένα στον αέρα, αλλά μπορεί και να επιστεγάζονται ώστε να ελαχιστοποιούνται οι κλιματολογικές επιδράσεις και να παρέχεται η δυνατότητα ελέγχου των οσμών.

Σχήμα 13.4: Αεριζόμενο στατικό σειράδι κομποστοποίησης [84]

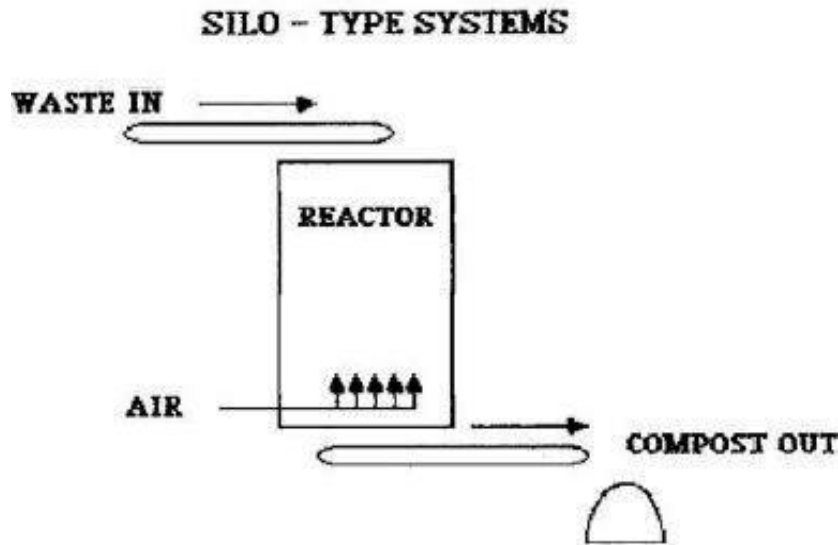


#### Κατακόρυφοι αντιδραστήρες

Οι αντιδραστήρες κατακόρυφης λιπασματοποίησης έχουν συνήθως ύψος 4 m και μπορεί να στεγάζονται σε σιλό ή σε άλλες μεγάλες κατασκευές. Η οργανική ύλη τροφοδοτείται στον αντιδραστήρα από την οροφή μέσω ενός μηχανισμού διανομής και πέφτει με τη βαρύτητα σε έναν μη φορτισμένο μηχανισμό στη βάση. Ο έλεγχος της διεργασίας γίνεται συνήθως με την άσκηση πίεσης μέσω αερισμού, όπου η ροή αέρα είναι αντίθετη της ροής των σωματιδίων. Το ύψος αυτών των αντιδραστήρων καθιστά δύσκολο τον έλεγχο της διεργασίας, λόγω των υψηλών ρυθμών ροής αέρα που απαιτούνται ανά μονάδα κατανομής της επιφάνειας. Ούτε η θερμοκρασία αλλά ούτε και το οξυγόνο μπορούν να διατηρηθούν σε βέλτιστα επίπεδα σε όλο τον αντιδραστήρα, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ζωνών με όχι βέλτιστη δραστηριότητα.

Μερικοί οίκοι έχουν ελαχιστοποιήσει αυτές τις δυσκολίες με επιταχυνόμενη διανομή του αέρα και συστήματα συλλογής, συμπεριλαμβανομένης της αλλαγής της κατεύθυνσης ροής του αέρα από κατακόρυφη σε οριζόντια, μεταξύ εναλλασσόμενων σωλήνων εκροής και εισροής αέρα. Όπως και με τα στατικά σειράδια, μία σταθερή, πορώδης δομή είναι βασική στους κατακόρυφους αντιδραστήρες, οι οποίοι συνήθως στερούνται εσωτερικής ανάμιξης. Οι ψηλοί κατακόρυφοι αντιδραστήρες έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία στην βιομηχανία λιπασματοποίησης λάσπης, όπου ομοιόμορφες τροφοδοσίες και πορώδη βελτιωτικά ελαχιστοποιούν τις δυσκολίες ελέγχου της διεργασίας, αλλά σπανίως χρησιμοποιούνται σε ετερογενή υλικά.

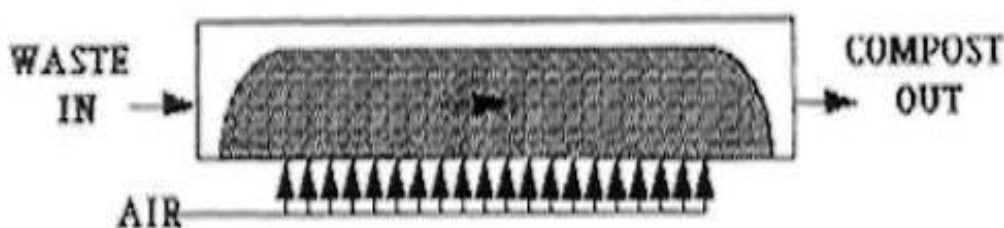
Σχήμα 13.5: Κατακόρυφος αντιδραστήρας κομποστοποίησης [84]



#### Οριζόντιοι αντιδραστήρες

Οι οριζόντιοι αντιδραστήρες αποφεύγουν τις υψηλές τιμές θερμοκρασίας, οξυγόνου και υγρασίας των κατακόρυφων αντιδραστήρων, διατηρώντας μία μικρή δίοδο ροής αέρα. Υπάρχουν σε μεγάλο εύρος μορφών, και μπορεί να είναι στατικοί ή ανακινούμενοι, με χρήση πεπιεσμένου αέρα ή/και υποπίεσης. Τα ανακινούμενα συστήματα συνήθως χρησιμοποιούν τη διεργασία ανατροπής για τη διακίνηση του υλικού μέσα στο σύστημα με συνεχές τρόπο, ενώ τα στατικά συστήματα προϋποθέτουν ένα μηχανισμό φόρτωσης και εκφόρτωσης. Τα μηχανήματα χειρισμού των υλικών μπορούν και να τα τεμαχίζουν έως ένα βαθμό, δημιουργώντας έτσι νέες επιφάνειες προς αποσύνθεση, αλλά ο υπερβολικός τεμαχισμός μπορεί να μειώσει σημαντικά το πορώδες. Τα συστήματα αερισμού τοποθετούνται συνήθως στη βάση του αντιδραστήρα και μπορεί να χρησιμοποιούν τη θερμοκρασία ή/και το οξυγόνο ως μεταβλητές ελέγχου. Συστήματα με ανακίνηση και βάθη στρώσεων περίπου 2 έως 3 m, εμφανίζονται αποτελεσματικά για ετερογενή υλικά.

Σχήμα 13.6: Οριζόντιος αντιδραστήρας κομποστοποίησης [84]

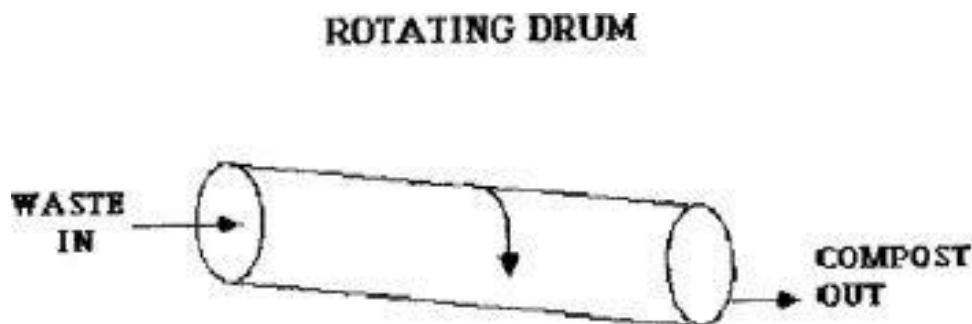


Οι κατακόρυφοι και οι οριζόντιοι αντιδραστήρες καθώς και τα περιστρεφόμενα τύμπανα που περιγράφονται ακολούθως αναφέρονται συνήθως ως «κλειστά συστήματα» σε αντίθεση με τα «ανοικτά συστήματα» των σειραδίων. Λόγω του μεγαλύτερου κόστους κεφαλαίου και λειτουργικού κόστους που σχετίζεται με αυτά τα κλειστά συστήματα, ο χρόνος παραμονής στους αντιδραστήρες συνήθως δεν επαρκεί για την παραγωγή ώριμου compost. Αντίθετα, αυτές οι τεχνολογίες χρησιμοποιούνται για τα πρώιμα στάδια λιπασματοποίησης, όπου οι οσμές και ο έλεγχος της διεργασίας είναι πιο καθοριστικός, και στη συνέχεια το υλικό μεταφέρεται σε συστήματα σειραδίων για τα τελευταία στάδια της αποσύνθεσης και της ωρίμανσης.

#### Περιστρεφόμενα τύμπανα

Οι αντιδραστήρες με περιστρεφόμενα τύμπανα επιτείνουν ακόμη περισσότερο τα μειονεκτήματα του υψηλού κόστους και του μικρού χρόνου παραμονής του compost από ότι οι οριζόντιοι ή κατακόρυφοι αντιδραστήρες. Αυτοί οι αντιδραστήρες (καλούνται μερικές φορές και χωνευτές) συντηρούν το υλικό μόνο για μερικές ώρες ή ημέρες. Αν και η δράση της ανάδευσης βοηθάει στην ομογενοποίηση και τον τεμαχισμό των υλικών, ο μικρός χρόνος παραμονής οδηγεί σε διεργασία περισσότερο φυσική απ' ότι βιολογική.

**Σχήμα 13.7: Περιστρεφόμενο τύμπανο κομποστοποίησης [84]**



Τα περιστρεφόμενα τύμπανα μπορεί να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στη λιπασματοποίηση των οργανικών αποβλήτων, ενώ συνήθως τα διαδέχεται κάποια άλλη βιολογική διεργασία, που μπορεί να περιλαμβάνει τα προαναφερθέντα κλειστά ή ανοικτά συστήματα.

### **13.3 Σύνοψη-Επιλογής Τεχνολογίας**

Τα συστήματα διαμόρφωσης υλικών που περιγράφηκαν παραπάνω πρέπει να συνδεθούν με μία στρατηγική διεργασιών ελέγχου, ώστε να παράγουν ένα εύχρηστο σύστημα λιπασματοποίησης.

Όλα αυτά τα παραδείγματα συστημάτων λιπασματοποίησης μπορούν να εφαρμοστούν για διάφορες τροφοδοσίες, και μπορεί να απαιτούν τροποποιήσεις όσον αφορά την βιολογική διεργασία των οργανικών αποβλήτων. Τα υψηλά ποσοστά κυτταρίνης απαιτούν μεγαλύτερη επεξεργασία από τα

περισσότερα υλικά, οπότε μπορεί να χρειαστεί μέχρι και έξι μήνες για την επίτευξη του βαθμού σταθεροποίησης που επιτυγχάνεται στη λάσπη των βιολογικών μετά από μόλις δύο έως τρεις μήνες. Η ανάμιξη μπορεί να αποτελέσει έναν τρόπο παροχής υγρασίας και ανανέωσης του πορώδους, καθώς επίσης και αύξησης της ομοιομορφίας του compost.

Οποιαδήποτε τεχνολογία και αν χρησιμοποιείται, απαιτείται υψηλή ικανότητα χειρισμού για την προσαρμογή στις αλλαγές του ρεύματος τροφοδοσίας. Οι εποχιακές διακυμάνσεις στα συστατικά των κηπευτικών απορριμμάτων (π.χ. κομμένο γρασίδι) και ακόμη μεταβολές από φορτίο σε φορτίο των εμπορικών ή βιομηχανικών αποβλήτων, απαιτούν μία αποδοτική και ελαστική διαχείριση.

### **13.3.1 Ιδιότητες προϊόντος**

Η εφαρμογή του κομπόστ στο έδαφος δύναται να επιφέρει σημαντικές αλλαγές. Στην ουσία δίνει ζωή στα εν πολλοίς νεκρά χόματα και συντελεί τα μέγιστα στην αειφορία του εδάφους. Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή του είναι τα ακόλουθα:

- Εμπλουτισμός του εδάφους με χούμο, βελτιώνοντας τη δομή του εδάφους και προστατεύοντάς το από τη διάβρωση.
- Αύξηση της δυνατότητας του εδάφους να κατακρατά νερό, συντελώντας σε μεγάλη εξοικονόμηση άρδευσης.
- Συνεισφορά στην ανάπτυξη πλούσιας βιοκοινότητας από μικροοργανισμούς.
- Παροχή φυσικής αντιβίωσης στο έδαφος, λόγω της περιεκτικότητάς του σε φυτικά αντιβιοτικά, όπως πενικιλίνη, βιταμίνες και ένζυμα.
- Ενίσχυση του φυσικού βακτηριδιακού ανταγωνισμού και καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών και των ιών.
- Παραγωγή απορροφήσιμων από τα φυτά ιχνοστοιχείων, όπως Zn, Cu, Mg, Mn, M και άλλα.

### **13.3.2 Μειονεκτήματα**

Η διεργασία της κομποστοποίησης μπορεί να γίνει είτε σε ένα επιταχυνόμενο “κλειστό σύστημα”, ώστε οι απαιτήσεις σε χώρο να είναι μειωμένες και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις περιορισμένες, είτε σε ένα “ανοιχτό σύστημα” με τη μέθοδο των στατικών ή αναδεδυμένων σειραδίων. Η εφαρμογή της μεθόδου προϋποθέτει την ανάπτυξη της τεχνολογίας με πολύ μεγάλες εκτάσεις, κυρίως λόγω των αναγκών για τη διατήρηση του υλικού για χρονικό διάστημα μεταξύ 3 και 4 μηνών συνολικά έως ότου ωριμάσει και είναι έτοιμο προς τελική διάθεση. Έτσι, η εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθόδου για την επεξεργασία των εισερχόμενων οργανικών αποβλήτων στην προτεινόμενη εγκατάσταση απαιτεί τεράστιες εκτάσεις σε σχέση με τη διαθέσιμη εντός του γηπέδου της μονάδας.

Επίσης, κατά τη διεργασία της κομποστοποίησης παράγονται οσμές κατά τη βιολογική αποδόμηση, οι οποίες πρέπει να οδηγούνται σε ειδική διάταξη απόσμησης.

Από την άλλη πλευρά, η κατασκευή κλειστών κτιρίων για τη στέγαση των σειραδίων κομποστοποίησης για τις ποσότητες που θα πρέπει να επεξεργάζεται η μονάδα επεξεργασίας απαιτεί υψηλό κόστος κεφαλαίου.

Επιπροσθέτως, η συγκεκριμένη διεργασία απαιτεί τη συλλογή των υγρών αποβλήτων από μια ιδιαίτερα μεγάλη έκταση. Το κόστος του εξοπλισμού συλλογής στην περίπτωση αυτή είναι σημαντικό, ενώ απαιτείται η επεξεργασία των συλλεγόμενων υγρών αποβλήτων πριν τη διάθεσή τους στον τελικό αποδέκτη.

Πέρα από τα ανωτέρω, το σημαντικότερο μειονέκτημα της συγκεκριμένης διεργασίας είναι η αδυναμία εξασφάλισης της διάθεσης του τελικού προϊόντος. Η μέχρι σήμερα πρακτική δείχνει ότι το συγκεκριμένο προϊόν που προκύπτει από την επεξεργασία αποβλήτων είναι περιορισμένης εμπορευσιμότητας, εκτός από την περίπτωση που παράγεται από την επεξεργασία πράσινων οργανικών υπολειμμάτων. Έτσι, δεδομένου και της κλίμακας της προτεινόμενης επένδυσης, είναι αδύνατη η εξασφάλιση διάθεσης των απαιτούμενων ποσοτήτων σε κατάλληλη τιμή, ώστε να καθίσταται οικονομικά αποδοτικό το επενδυτικό εγχείρημα.

Κατόπιν των ανωτέρω, η διεργασία της κομποστοποίησης δεν παρουσιάζει πλεονεκτήματα σε σχέση με την προτεινόμενη μέθοδο διαχείρισης και επεξεργασίας των εισερχόμενων οργανικών αποβλήτων.

#### **14 Τάσεις εξέλιξης του περιβάλλοντος – Μηδενική Λύση**

Η ευρύτερη περιοχή των Σερρών έχει γνωρίσει σημαντική κοινωνικό-οικονομική ανάπτυξη τις τελευταίες δεκαετίες.

Σε προηγούμενο εδάφιο αναπτύξαμε σημαντικά στοιχεία για το ανθρωπογενές περιβάλλον της περιοχής όπως δημογραφικά στοιχεία, στοιχεία για το υφιστάμενο περιβάλλον, τις υφιστάμενες και επικείμενες τεχνικές υποδομές..

Οι αναπτυξιακές δραστηριότητες στην περιοχή των Σερρών αλλά και πολλών άλλων περιοχών της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας, τα τελευταία χρόνια δεν είναι ιδιαίτερα σημαντικές και αυτές περιορίζονται κυρίως στον τριτογενή τομέα.

Στον τομέα των ιδιωτικών επενδύσεων τα τελευταία χρόνια επικρατεί στασιμότητα με εξαίρεση αυτή των επενδύσεων σε Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας κυρίως φωτοβολταϊκών, Αιολικών αλλά όχι έως τώρα επένδυση σε Βιομάζα.

Η λειτουργία μίας κεντρικής μονάδας εκμετάλλευσης βιομάζας (κτηνοτροφικά και αγροτο-βιομηχανικά οργανικά υπολείμματα και απόβλητα), όπως είναι το υπό μελέτη Έργο, συνδυάζει τα εξής πλεονεκτήματα:

- Θα συμβάλλει στην κεντροποιημένη διαχείριση των οργανικών αποβλήτων και στην προστασία των ευαίσθητων οικοσυστημάτων της ευρύτερης περιοχής.
- Θα συμβάλλει στους ενεργειακούς-περιβαλλοντικούς στόχους της Ελλάδας για την ανάπτυξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και της αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής.
- Θα ενισχύει την αυτονομία του ενεργειακού δικτύου της Ελλάδος και συμβάλλει στην ανεξάρτησή της από εισαγωγές ηλεκτρικής ενέργειας σε περιόδους αιχμής.
- Θα συμβάλλει στην κατεύθυνση αντικατάστασης των χημικών λιπασμάτων με φυσικό ανανεώσιμο λίπασμα-εδαφοβελτιωτικό υλικό γεωργικής χρήσης. Η χρήση του φυσικού λιπάσματος-εδαφοβελτιωτικού έχει πολύ σημαντικές θετικές επιπτώσεις για την γονιμότητα των ελληνικών εδαφών και την αειφόρο γεωργική τους απόδοση. Το φυσικό λίπασμα-εδαφοβελτιωτικό προσδίδει στο έδαφος θρεπτικά στοιχεία, οργανική ουσία και γενικότερα βελτιώνει τη δομή του και την ποιότητα του. Τα οφέλη είναι πολύ σημαντικά, τόσο οικονομικής όσο και περιβαλλοντικής φύσεως (μείωση κόστους χημικών λιπασμάτων, ποιοτική αναβάθμιση γεωργικών εδαφών) για τον Έλληνα παραγωγό και την Ελληνική Αγροτική παραγωγή.
- Θα συμβάλλει στην διατήρηση του κύκλου των στοιχείων Άνθρακα, Αζώτου, φωσφόρου και γενικά των θρεπτικών στη φύση καθώς απορρίπτεται από τα ζώα, επανέρχεται μέσω της

λιπασματοποίησης ξανά την γη, μετασχηματίζεται από τα φυτά και επαναπρολαμβάνεται από τα ζώα. Δεν έχουμε δηλαδή συσσώρευση ουσιών μέσω της συνεχώς πλεονάζουσας τροφοδότησης από τα χημικά.

- Θα συμβάλλει με την διάθεση και χρήση του εδαφοβελτιωτικού στην αύξηση ανταγωνιστικότητας των αγροτικών προϊόντων αφού αναβαθμίζει ποσοτικά και ποιοτικά την ετήσια παραγωγή.
- Θα συμβάλλει στην δημιουργία νέων θέσεων εργασίας

Η μη πραγματοποίηση του Έργου δεν πρόκειται να συνεισφέρει στην κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη της περιοχής.

Χωρίς την λειτουργία του Έργου :

- το ενεργειακό ισοζύγιο θα είναι ελλειμματικό κατά 54.369.571 kwh από ΑΠΕ, ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που αντιστοιχεί στην ετήσια παραγωγή του Έργου.
- Θα εξακολουθεί να γίνεται χρήση χημικών λιπασμάτων από τους αγρότες με αποτέλεσμα την συνεχιζόμενη επιβάρυνση των εδαφών και των επιφανειακών και υπογείων νερών της περιοχής. Η ανάγκη για αύξηση του εισοδήματος και επομένως μεγαλύτερη παραγωγή θα ωθήσει τους αγρότες να αυξήσουν τις ποσότητες των χημικών λιπασμάτων επιβαρύνοντας επιπλέον την ρύπανση. Η συσσώρευση των θρεπτικών θα επηρεάσει άμεσα τα επιφανειακά και υπόγεια νερά με πιθανότερο αποτέλεσμα το χαρακτηριστικό φαινόμενο της νιτρορύπανσης.
- Η διάθεση των ζωικών αποβλήτων θα εξακολουθήσει να γίνεται με τον ίδιο τρόπο. Δεδομένου ότι αναμένεται αυξητική τάση στα μεγέθη και στο μοντέλο κτηνοτροφίας (αριθμός εκμεταλλεύσεων, αριθμός ζώων /εκμετάλλευση, βιομηχανοποίηση εκμεταλλεύσεων) τα επόμενα χρόνια, αναμένονται όλες αυτές οι αρνητικές επιπτώσεις που επηρεάζουν το περιβάλλον και τον άνθρωπο
- Οχλήσεις από δυσάρεστες οσμές, έντομα, μύγες, διάδοση παθογενειών, μικροβίων και ζιζανίων.
- Θα εξακολουθήσουν να εκλύονται στην ατμόσφαιρα σημαντικές ποσότητες μεθανίου, που αποτελεί το σημαντικότερο αέριο του θερμοκηπίου και αιτία της κλιματικής αλλαγής. Υπολογίζεται ότι από την ποσότητα των 25.000 τόνων κοπριάς αγελάδων εκλύονται περίπου 5 τόνοι CH<sub>4</sub> στην ατμόσφαιρα [46].
- Θα εξακολουθήσουν να εκλύονται στην ατμόσφαιρα σημαντικές ποσότητες αμμωνίας, οξειδίων αζώτου και υδρόθειου και πτητικές ενώσεις.



- Από την διάθεση των ζωικών αποβλήτων στο έδαφος θα υπάρξουν επιπτώσεις στα υπόγεια νερά της περιοχής με κύρια φαινόμενα αυτά της νιτρορύπανσης και της μικροβιακής μόλυνσης.
- Χωρίς την λειτουργία του Έργου για τα υπόλοιπα οργανικά απόβλητα (λίπη και έλαια κ.λ.π.) θα εξακολουθήσει η υφιστάμενη κατάσταση κατά την οποία, τα απόβλητα με ελλειπή ή καθόλου επεξεργασία πολλές φορές διατίθενται στο έδαφος ή σε υδάτινους αποδέκτες (ρέματα, ποτάμια κλπ) επιβαρύνοντας με την σειρά τους αποδέκτες αυτούς.

Σε κάθε περίπτωση θυμίζουμε ότι το Έργο έχει διπλό χαρακτήρα: α) Παραγωγή Ενέργειας από ΑΠΕ και β) Διαχείριση Αποβλήτων -Προστασία Περιβάλλοντος

Ένα τέτοιο Έργο λοιπόν, ειδικά σε μια περιοχή όπου η διαχείριση των αποβλήτων είναι προβληματική, θα αποτελέσει ουσιαστική λύση στην προστασία του ευρύτερου φυσικού περιβάλλοντος.

## **15 Εκτίμηση και Αξιολόγηση των Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (κυρίως έργου και συνοδών αυτού με εκτίμηση των αθροιστικών και συνεργιστικών επιπτώσεων)**

### **15.1 Μη Βιοτικά χαρακτηριστικά**

#### **15.1.1 Κλιματολογικά και βιοκλιματικά χαρακτηριστικά**

##### Φάση κατασκευής

Κατά τη φάση κατασκευής, το σύνολο των προτεινόμενων έργων δε θα επιφέρει καμία μεταβολή στην κίνηση του αέρα, την υγρασία ή τη θερμοκρασία, άρα επί της ουσίας η προτεινόμενη επένδυση δεν αναμένεται να έχει επίδραση στο κλίμα ή στα βιοκλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής.

##### Φάση λειτουργίας

Κατά τη φάση λειτουργίας της εγκατάστασης, αναμένεται μικρής κλίμακας έκλυση αερίων ρύπων στην ατμόσφαιρα, η οποία προκύπτει από την ενεργειακή αξιοποίηση του εκλυόμενου βιοαερίου. Ωστόσο, σε περίπτωση μη υλοποίησης της προτεινόμενης επένδυσης πρέπει να επισημανθεί ότι για τη διαρκώς αυξανόμενη κάλυψη της ενεργειακής ζήτησης στην ευρύτερη περιοχή θα πρέπει να χρησιμοποιούνται συμβατικές πηγές ενέργειας, οι οποίες έχουν σαφώς υψηλότερες εκπομπές.

Η λειτουργία του έργου συμβάλλει στον περιορισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου, καθώς μέσω της αποκατάστασης των συμβατικών καυσίμων περιορίζονται οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Συνεπώς, κατά τη λειτουργία της εγκατάστασης αναμένονται έμμεσες θετικές επιπτώσεις στα κλιματολογικά και βιοκλιματικά χαρακτηριστικά.

#### **15.1.2 Μορφολογικά και τοπιολογικά χαρακτηριστικά**

##### Φάση κατασκευής

Η κατασκευή του προτεινόμενου έργου θα επηρεάσει το ανάγλυφο και τη μορφολογία του εδάφους εξαιτίας των μεταβολών που θα προκληθούν και σχετίζονται με τις αναγκαίες εργασίες διαμόρφωσης του περιβάλλοντος χώρου, οδοποιίας, εκσκαφών για την ανέγερση των κτιριακών εγκαταστάσεων, καθώς και την τοποθέτηση των πυλώνων της γραμμής μεταφοράς και των καλωδιώσεων, εφόσον απαιτηθεί με βάση τις προδιαγραφές του ΔΕΣΜΗΕ. Οι συγκεκριμένες μεταβολές αφορούν σε επεμβάσεις περιορισμένης κλίμακας σε έκταση και βάθος, που σε τελική ανάλυση δε συνεπάγονται σημαντικές επιπτώσεις στο έδαφος.

Συμπερασματικά, κατά τη φάση κατασκευής του έργου, αναμένεται μικρή έως μηδαμινή υποβάθμιση της αισθητικής του τοπίου, κυρίως λόγω της εισαγωγής εγκαταστάσεων, μικρής μεν κλίμακας, αλλά σε κάθε περίπτωση βιομηχανικού τύπου στο φυσικό περιβάλλον της περιοχής. Επίσης, το προτεινόμενο έργο αναμένεται να επιφέρει μία πρακτικά ασήμαντη αύξηση της κυκλοφορίας στο οδικό δίκτυο της περιοχής κατά την κατασκευή, η οποία δεν αναμένεται να αλλοιώσει την αισθητική του τοπίου.

### Φάση λειτουργίας

Ο βαθμός αλλοίωσης ενός τοπίου εξαρτάται καταρχήν από το βαθμό ευαισθησίας και τρωτότητάς του, που υποδηλώνεται σύμφωνα με αξιολόγηση των χαρακτηριστικών του κάθε τοπίου, καθώς και από το μέγεθος και τα χαρακτηριστικά της επέμβασης που προκαλείται σε αυτό. Όσο πιο ενδιαφέρον από αισθητικής άποψης είναι ένα τοπίο, τόσο πιο ευαίσθητο είναι στις αλλοιώσεις και επεμβάσεις. Σημαντική άλλωστε παράμετρος και από πλευράς αισθητικής αλλά και οικολογικής σημασίας, αποτελεί η βλάστηση και η κάλυψη της γης που πλαισιώνει το τοπίο και επηρεάζει την ελκυστικότητά του με μια σειρά στοιχείων. Επίσης, σημαντικός παράγοντας για την αξιολόγηση της διαταραχής σε ένα τοπίο είναι οι θέσεις παρατήρησης (κατοικημένες περιοχές, δρόμοι κ.ά.).

Γενικά, η αισθητική μιας εγκατάστασης αποτελεί υποκειμενικό παράγοντα, ο οποίος εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη γενικότερη εικόνα της άμεσης περιοχής και την καθαριότητα πέριξ και εντός της εγκατάστασης. Συνεπώς, μια τέτοιου είδους μονάδα δεν συνιστά μια κατ' ανάγκη αντιαισθητική εγκατάσταση, ενώ πρέπει συνεχώς να λαμβάνονται υπόψη τα περιβαλλοντικά οφέλη από την υλοποίηση του έργου, μέσω της διασφάλισης ενός καθαρότερου περιβάλλοντος και του περιορισμού των αερίων εκπομπών.

Συμπερασματικά, δεν αναμένεται αξιολογής κλίμακας υποβάθμιση του περιβάλλοντος κατά τη λειτουργία της προτεινόμενης μονάδας, ενώ αντιθέτως τα περιβαλλοντικά οφέλη είναι πολύ σημαντικά.

### **15.1.3 Γεωλογικά, τεκτονικά και εδαφολογικά χαρακτηριστικά**

#### Φάση κατασκευής

Λόγω της φύσης και της κλίμακας του έργου για την προτεινόμενη εγκατάσταση δεν απαιτούνται ιδιαίτερα έργα θεμελίωσης, εκτός από την κάλυψη των κτιριακών υποδομών που είναι μικρή σε σχέση με τη συνολική έκταση του γηπέδου εγκατάστασης. Συνεπώς το έργο δε μπορεί να προκαλέσει γεωλογικές μεταβολές ή καταστροφές.

Το προτεινόμενο έργο δεν αναμένεται να προκαλέσει διαταραχές στο έδαφος της περιοχής. Επίσης, δε θα προκαλέσει ασταθείς καταστάσεις εδάφους ή αλλαγές στη γεωλογική διάταξη των πετρωμάτων, καθώς όλες οι εργασίες που πρόκειται να εκτελεστούν είναι μικρού σχετικά βάθους και δε μπορούν να προκαλέσουν καθιζήσεις, ερπυσμούς ή κατολισθήσεις εδαφών.

Εν γένει από το προτεινόμενο έργο θα προκληθούν μόνο μικρής έκτασης διασπάσεις και μετατοπίσεις του επιφανειακού στρώματος του εδάφους, οι οποίες δε θεωρούνται σημαντικές, ενώ δεν αναμένονται

μεταβολές στο ανάγλυφο και την τοπογραφία της περιοχής, λόγω της μικρής έκτασης και έντασης των έργων.

Ειδικά προβλήματα σεισμών ή ευστάθειας δεν υπάρχει περίπτωση να προκληθούν, εφόσον τα μεγέθη των παρεμβάσεων είναι πολύ μικρά. Ως εκ τούτου, δεν υφίσταται ή δε θα προκύψει κανένα ιδιαίτερο πρόβλημα από γεωτεχνικής πλευράς.

#### Φάση λειτουργίας

Κατά τη φάση λειτουργίας της μονάδας δεν αναμένεται καμία επίδραση στα εδαφολογικά, γεωλογικά και τεκτονικά χαρακτηριστικά της περιοχής. Εξαίρεση αποτελεί η περίπτωση ατυχηματικής ρύπανσης μετά από τυχόν διαρροή λαδιών στους μετασχηματιστές της εγκατάστασης, η οποία εντούτοις θεωρείται σπάνιο φαινόμενο σε αντίστοιχες εγκαταστάσεις. Σε κάθε περίπτωση, η μονάδα πρέπει να λάβει όλα τα απαραίτητα μέτρα προστασίας για κάθε τέτοιο ενδεχόμενο.

### **15.2 Φυσικό Περιβάλλον**

#### **15.2.1 Επιπτώσεις στη βλάστηση – βιότοπους**

##### Φάση κατασκευής

Η προτεινομένη επένδυση δε δύναται να προκαλέσει οποιαδήποτε αλλαγή στα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά της χλωρίδας της περιοχής κατά τη φάση κατασκευής. Τόσο η διάρκεια, όσο και η φύση του έργου είναι τέτοιες, ώστε οι επιπτώσεις του στο περιβάλλον να είναι μόνο θετικές. Οι περισσότερες επιπτώσεις (θόρυβος, περιορισμένα κυκλοφοριακά προβλήματα, εκπομπές καυσαερίων και σκόνη) αναμένονται μόνο κατά τη διάρκεια κατασκευής του έργου και δεν αξιολογούνται ως ιδιαίτερα σημαντικές.

Οι επιπτώσεις στη χλωρίδα κατά τη φάση κατασκευής προέρχονται από την εκχέρσωση περιορισμένης και συνηθισμένης βλάστησης. Στις περιοχές που θα γίνουν τα μικρής έκτασης έργα θα υπάρξει ελάχιστη απώλεια βλάστησης, πολύ πιθανό να αποψιλωθούν μεμονωμένοι θάμνοι, ενώ η συνεχής παρουσία ανθρώπων και οχημάτων κατά τη διάρκεια των έργων αναμένεται να επιδράσει ελάχιστα αρνητικά στην υπάρχουσα ισορροπία του οικοσυστήματος. Σημειώνεται ότι η βλάστηση που θα απομακρυνθεί θα είναι πόες ή σπανιότερα θάμνοι και σε καμία περίπτωση δε θίγονται σπάνια οικοσυστήματα ή προστατευόμενα είδη φυτών. Όπως προαναφέρθηκε, η περιοχή επέμβασης δεν ανήκει σε κάποια από τις προστατευόμενες περιοχές.

Δεν αναμένεται εισαγωγή νέων ειδών φυτών ή παρεμπόδιση της φυσιολογικής ανανέωσης των υπαρχόντων ειδών, διότι οι φυτοκοινωνικές διαπλάσεις της περιοχής είναι σταθερές και προσαρμοσμένες στις ανθρωπογενείς δραστηριότητες που έχουν ασκηθεί κατά το παρελθόν. Σε κάθε περίπτωση, όμως, θα ληφθεί μέριμνα κατά την κατασκευή ώστε να μη θιγούν κατά το δυνατό δενδρώδη δασικά είδη.

Συνοψίζοντας, οι επιπτώσεις κατά την κατασκευή του έργου στη χλωρίδα της περιοχής κρίνονται ως πρακτικά ασήμαντες.

#### Φάση λειτουργίας

Κατά τη λειτουργία του έργου δεν αναμένονται αρνητικές προς το περιβάλλον επιπτώσεις. Το είδος και η φύση του προτεινόμενου έργου θα επιφέρουν ασήμαντες επιπτώσεις στο περιβάλλον της περιοχής. Η δεδομένη τεχνολογία θεωρείται και είναι φιλική προς το περιβάλλον. Παράλληλα, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που θα εξασφαλιστεί από το έργο θα αξιοποιηθεί, υποκαθιστώντας τη χρήση ενέργειας στη χώρα, παραγόμενης από ορυκτά και υγρά καύσιμα. Λόγω της φύσης του το έργο θα συμβάλλει στη βελτίωση της ζωής των κατοίκων της περιοχής και στην αξιοποίηση ανανεώσιμου φυσικού πόρου, που αποτελεί και εθνικό στόχο.

Συνοψίζοντας, οι αρνητικές επιπτώσεις κατά τη λειτουργία της μονάδας στη χλωρίδα της περιοχής κρίνονται ως πρακτικά ασήμαντες.

### **15.2.2 Επιπτώσεις στην χερσαία πανίδα και ορνιθοπανίδα**

#### Φάση κατασκευής

Αναφορικά με την προτεινόμενο έργο, μπορεί να ειπωθεί ότι δεν αναμένεται μεταβολή ποικιλίας ή αριθμού ειδών χερσαίας πανίδας και ορνιθοπανίδας τόσο από τις εργασίες κατασκευής όσο και από τη λειτουργία της εγκατάστασης. Δεν αναμένεται επίσης μεταβολή στις μετακινήσεις ζώων, εισαγωγή νέων ειδών σε κάποια περιοχή ή παρεμπόδιση της αποδημίας.

Η πιθανή παρενόχληση ζωικών ειδών κατά την κατασκευή του έργου, δεν αποτελεί σημαντική διαταραχή, λόγω της μικρής έκτασης αυτής. Οι επιπτώσεις στις ζωοκοινότητες της περιοχής μελέτης κατά τη φάση κατασκευής των έργων εστιάζονται στις άμεσες επιδράσεις του θορύβου και της περιορισμένης ρύπανσης λόγω ρύπων και σκόνης από την κίνηση οχημάτων και της λειτουργίας των μηχανημάτων κατασκευής.

Τα ζώα, σε αντίθεση με τα φυτά, έχουν το πλεονέκτημα της κίνησης, γεγονός που τα καθιστά ικανά να αποφεύγουν τις περιοχές με αυξημένη όχληση ή και ρύπανση. Έτσι, κατά τη διάρκεια των εργασιών κατασκευής ενδέχεται να παρουσιαστεί μια τοπική και μικρής έντασης μετακίνηση κάποιων ειδών από τις θέσεις ανάπτυξης της κατασκευαστικής δραστηριότητας.

Επομένως, σαφώς μπορεί να λεχθεί ότι η θέση του οικοπέδου που θα εγκατασταθεί η προτεινόμενη μονάδα, σε συνδυασμό με τη γενικότερη πανίδα της περιοχής και τα στοιχεία της διεθνούς βιβλιογραφίας και εμπειρίας, αποδεικνύουν ότι η επίδραση της εγκατάστασης στην πανίδα θα είναι χαμηλή.

### Φάση λειτουργίας

Κατά τη φάση λειτουργίας, δε θα επηρεαστούν είδη πανίδας που ζουν ή κινούνται στην άμεση περιοχή του έργου.

Σημειώνεται, επίσης, ότι η επίδραση στην πανίδα της άμεσης περιοχής μελέτης θα είναι μηδαμινή, καθώς η μονάδα θα είναι περιφραγμένη και δε θα επιτρέπεται η φυσική παρουσία ζωικών ειδών εντός των ορίων του γηπέδου.

Από την άλλη πλευρά, λόγω της συνεισφοράς του προτεινόμενου έργου στη βελτίωση του περιβάλλοντος και του παγκόσμιου κλίματος, οι έμμεσες θετικές επιδράσεις από την αναστροφή της κλιματικής αλλαγής, στην οποία συμβάλλουν οι αντίστοιχες μονάδες σε σχέση με την επιβίωση μακροπρόθεσμα όλων των ειδών χλωρίδας και πανίδας, είναι εξαιρετικά σημαντικές.

Έτσι, σύμφωνα με τα ανωτέρω, δεν τίθεται κίνδυνος υποβάθμισης της πανίδας της περιοχής ενδιαφέροντος κατά τη λειτουργία του έργου.

Το αν θα υποστεί επιπτώσεις η ορνιθοπανίδα εξαρτάται από τις κάτωθι παραμέτρους, οι οποίες διερευνώνται διεξοδικά:

1. *Αν στην συγκεκριμένη θέση υπάρχει ή όχι σημαντικός βιότοπος που φιλοξενεί μόνιμα ή περιοδικά αξιόλογο πλήθος ειδών και πληθυσμών πουλιών, οι οποίοι θα επηρεαστούν ποιοτικά ή ποσοτικά με την εγκατάσταση και την λειτουργία της μονάδας ηλεκτροπαραγωγής. Οι βιότοποι-οικότοποι που εμπίπτουν σε αυτή την περίπτωση μπορεί να είναι φυσικές «νησίδες» με ποικίλη βλάστηση, υγροτοπική ή όχι, που έχουν απομείνει εν μέσω καλλιεργειών, ή γενικότερα εν μέσω άλλου πτωχότερου ως προς την βιοποικιλότητα περιβάλλοντος.*

Η εν λόγω θέση δεν υπόκειται σε καμίας μορφής προστασία και δεν έχει προταθεί για ένταξη στο Δίκτυο περιοχών Φύσης 2000.

2. *Αν στην εν λόγω θέση ή πλησίον αυτής γίνεται συστηματικό ή έστω περιστασιακό κούρνισμα ή άλλου τύπου συγκέντρωση αξιόλογων πληθυσμών ενός ή περισσότερων ειδών.*

Τα πουλιά κουρνιάζουν κατά κανόνα σε λιγότερο εκτεθειμένες εκτάσεις (υγρότοπους, φαράγγια ή δρυοδάση), όπου οι τοπικές κλιματικές συνθήκες είναι ηπιότερες και σταθερότερες. Προτιμούν περιοχές με φυσική ψηλή βλάστηση και δένδρα. Η δημιουργία της νέας εγκατάστασης δε θα προσθέσει κάποια νέα διαταραχή στην υπάρχουσα κατάσταση της ορνιθοπανίδας.

3. *Αν από την εν λόγω θέση διέρχονται αξιόλογα πλήθη πουλιών είτε κατά τις εποχιακές μεταναστεύσεις, είτε κατά διάφορες τοπικές μετακινήσεις.*

Κατά τις εποχιακές μετακινήσεις τα πουλιά πετούν ψηλά τη νύκτα και τις πρωινές ώρες που πιάνουν στεριά για εύρεση τροφής προτιμούν περάσματα και αυχένες σε χαμηλά υψόμετρα και αναλόγως του είδους, κάποιο τύπο υψηλής βλάστησης.

Σε κάθε περίπτωση λαμβάνεται υπόψη το κατά πόσον περιλαμβάνονται είδη πουλιών απειλούμενα ή προστατευόμενα. Όπως προαναφέρθηκε, στην περίπτωση της περιοχής ενδιαφέροντος δεν έχουν αναφερθεί είδη του Παρατήματος Ι της οδηγίας 79/409/ΕΟΚ.

### **15.3 Ανθρωπογενές περιβάλλον**

#### **15.3.1 Χρήσεις γης**

Οι χρήσεις γης της ευρύτερης περιοχής μελέτης δεν επηρεάζονται από τη παρουσία ή λειτουργία της μονάδας ηλεκτροπαραγωγής.

Για την ασφάλεια του έργου θα γίνει περίφραξη των εγκαταστάσεων και θα τοποθετηθεί σύστημα περιμετρικού φωτισμού, όπως και σύστημα ασφάλειας του σταθμού.

Δεν απαιτείται λόγω της παρουσίας ή λειτουργίας της μονάδας, η μετακίνηση ή οποιαδήποτε μεταβολή του ανθρώπινου πληθυσμού. Παράλληλα, το έργο δεν επηρεάζει τη δημιουργία πρόσθετης κατοικίας και δε μεταβάλλει τη διάρθρωση της υπάρχουσας κατοικίας. Αντίστοιχα έργα δεν επηρεάζουν την ποιότητα και ποσότητα των υφιστάμενων δυνατοτήτων αναψυχής.

Ως εκ τούτου, το προτεινόμενο έργο δεν αναμένεται να επιδράσει αρνητικά στις υφιστάμενες χρήσεις γης.

#### **15.3.2 Δομημένο περιβάλλον**

Η προτεινόμενη επένδυση δεν αναμένεται να επιδράσει αρνητικά στο υφιστάμενο δομημένο περιβάλλον.

Το προτεινόμενο έργο δεν επιφέρει αλλαγές στον ανθρώπινο πληθυσμό, κατά συνέπεια δεν αναμένεται καμιά αλλαγή εξαιτίας του και στο δομημένο περιβάλλον της ευρύτερη περιοχής.

#### **15.3.3 Ιστορικό και πολιτιστικό περιβάλλον**

Η προτεινόμενη επένδυση, λόγω της φύσης της, δεν αναμένεται να επηρεάσει το ιστορικό και πολιτιστικό περιβάλλον της περιοχής. Σημειώνεται, δε, ότι το έργο δε βρίσκεται σε αρχαιολογική ζώνη ή σε περιοχή ιδιαίτερου ιστορικού ή πολιτιστικού ενδιαφέροντος.

### **15.3.4 Κοινωνικό–οικονομικό περιβάλλον**

Το κοινωνικό και οικονομικό περιβάλλον της περιοχής δεν αναμένεται να επηρεαστεί αρνητικά. Αντίθετα, θα δημιουργηθούν νέες θέσεις εργασίας, τόσο κατά την κατασκευή, όσο και κατά τη λειτουργία του προτεινόμενου έργου.

### **15.3.5 Τεχνικές υποδομές**

Τα άλλα έργα υποδομής της ευρύτερης περιοχής δεν πρόκειται να επηρεαστούν, καθώς η περιοχή εγκατάστασης του έργου δε διαθέτει κάποιο αξιόλογο έργο υποδομής.

### **15.3.6 Ατμοσφαιρικό περιβάλλον**

#### Φάση κατασκευής

Κατά τη φάση κατασκευής του έργου ενδέχεται να επιβαρυνθεί η ποιότητα του αέρα στην άμεση περιοχή μελέτης. Οι επιπτώσεις αυτές εντοπίζονται στη σκόνη που εκλύεται από τις εργασίες κατασκευής στο εργοτάξιο και ειδικότερα από εκσκαφές, κινήσεις οχημάτων και φορτοεκφορτώσεις υλικών, καθώς και από τα καυσαέρια των οχημάτων κατά τις μετακινήσεις τους από και προς την εγκατάσταση.

Πιο συγκεκριμένα, εκτός από τις εκπομπές αερίων και σωματιδιακών ρυπαντών που προέρχονται από τα καυσαέρια των οχημάτων και μηχανημάτων, προκαλείται σωματιδιακή ρύπανση από τη διακίνηση και εναπόθεση διαφόρων υλικών. Ιδιαίτερα όταν πνέουν άνεμοι, τα υλικά δημιουργούν σκόνη (dust fall) σε μικρή απόσταση από το έργο. Τα σωματίδια που έχουν μέγεθος μεγαλύτερο από 30 microns καθιζάνουν στο έδαφος σε απόσταση λίγων μέτρων. Τα μικρότερα παρασύρονται από τον άνεμο και μεταφέρονται σε σημαντικά μεγαλύτερες αποστάσεις.

Οι προαναφερθείσες εκπομπές σκόνης δε δημιουργούν ιδιαίτερο πρόβλημα και επηρεάζουν σε μικρό σχετικά βαθμό τους προαναφερόμενους χώρους και ελάχιστα την περιοχή σε μικρή απόσταση από αυτούς. Η επιβάρυνση του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος στις οικιστικές περιοχές και τα οικοσυστήματα της περιοχής από τις εκπομπές σκόνης είναι αμελητέα εφόσον τηρηθούν τα μέτρα που θα αναφερθούν στη συνέχεια. Επισημαίνεται ότι οι εκπομπές σκόνης θα είναι προσωρινές, μόνο δηλαδή κατά τη φάση κατασκευής του έργου και τις εργασίες αποκατάστασης του χώρου μετά το πέρας της λειτουργίας του.

Οι συγκεκριμένες επιπτώσεις είναι μεν αρνητικές, αλλά μικρής έντασης και χρονικής διάρκειας λόγω του περιορισμένου διαστήματος που απαιτείται για την ολοκλήρωση της μονάδας. Λαμβάνοντας λοιπόν υπόψη το βραχυπρόθεσμο και αναστρέψιμο χαρακτήρα των επιπτώσεων αυτών, αλλά κυρίως τη σημαντική απόσταση του έργου από οικισμούς και κατοικημένες περιοχές, εκτιμάται



προκαταρκτικά ότι η έντασή τους αναφορικά με την υποβάθμιση του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος υπό το πρίσμα της διασφάλισης συνθηκών καλής πρακτικής είναι ασθενής έως αμελητέα.

#### Φάση λειτουργίας

Κατά τη λειτουργία του σταθμού ηλεκτροπαραγωγής της προτεινόμενης επένδυσης παράγονται καυσαέρια από την καύση του βιοαερίου.

Η λειτουργία του έργου συνεπάγεται έμμεσες θετικές επιπτώσεις στην ατμόσφαιρα, λόγω της υποκατάστασης των συμβατικών καυσίμων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και την κάλυψη των αυξανόμενων ενεργειακών αναγκών από ανανεώσιμη πηγή. Το έργο συνεισφέρει στη μείωση του φαινομένου του θερμοκηπίου και τη βελτίωση του παγκόσμιου κλίματος, μειώνοντας παράλληλα τη ζήτηση και κατανάλωση συμβατικών ενεργειακών πόρων.

Σύμφωνα με εκτιμήσεις της Δ.Ε.Η. Α.Ε., οι εκπομπές αερίων ρύπων από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για όλο το διασυνδεδεμένο ηπειρωτικό δίκτυο της χώρας σε g/kWh παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 15.1).

**Πίνακας 15.1: Εκπομπές αερίων ρύπων σταθμών Δ.Ε.Η.**

CO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	H/C	Σωματίδια
850	15,1	0,18	1,2	0,05	0,8
Σταθμοί Δ.Ε.Η. διασυνδεδεμένοι με το ηπειρωτικό ηλεκτρικό δίκτυο μέχρι το 2006 (σε g/kWh)					

Οι σημαντικές αυτές ποσότητες ρύπων δε θα παράγονται εφόσον κατασκευαστεί και λειτουργήσει το προτεινόμενο έργο. Συνεπώς, κατά τη λειτουργία του έργου, θα υπάρξουν σημαντικές έμμεσες θετικές επιδράσεις στο ατμοσφαιρικό περιβάλλον, το παγκόσμιο κλίμα και τη δημόσια υγεία σε σχέση με τη μηδενική λύση.

**Πίνακας 15.2: Σύγκριση περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη λειτουργία θερμοηλεκτρικών σταθμών [87]**

Τύπος Εγκατάστασης	Σταθμός Άνθρακα (1000MW)	Σταθμός Μαζούτ (1000MW)	Σταθμός με Φυσικό Αέριο (1000MW)	Σταθμός Συνδυασμένου Κύκλου με Φυσικό Αέριο (1000MW)
Καύσιμο	Κάρβουνο	Μαζούτ	Φυσικό αέριο	Φυσικό αέριο
<b>Καταναλώσεις</b>				
Καύσιμο (tn/έτος)	2,1x10 <sup>6</sup>	1,3x10 <sup>6</sup>	1,5x10 <sup>9</sup>	1,2x10 <sup>9</sup>

Αξιοποίηση των Γεωργικών Υπολειμμάτων και Κτηνοτροφικών Αποβλήτων της Περιφερειακής Ενότητας Σερρών, για την Συμπαράγωγή Ηλεκτρικής και Θερμικής Ενέργειας (Σ.Η.Θ) μέσω της Συνδυασμένης Αναερόβιας Χώνευσης

<b>Άσβεστος/έτος</b>	56.000	123.000	-	-
<b>Ατμοσφαιρικές Εκπομπές</b>				
<b>SO<sub>2</sub> (tn/έτος)</b>	8.340	6.250	αμελητέα	αμελητέα
<b>NO<sub>x</sub> (tn/έτος)</b>	4.170	3.130	2.990	2.390
<b>Σωματίδια (tn/έτος)</b>	1.040	780	75	60
<b>CO<sub>2</sub> (tn/έτος)</b>	5.500.000	4.200.000	2.900.000	2.350.000
<b>Στερεά Υπολείμματα</b>				
<b>Σύνολο τέφρας</b>	315.000	4.800	-	-
<b>Γύψος</b>	96.000	212.000	-	-
<b>Θερμικές Απώλειες</b>				
<b>Στον Αέρα</b>	8x10 <sup>9</sup>	7,6x10 <sup>9</sup>	7,2x10 <sup>9</sup>	8,8x10 <sup>9</sup>
<b>Στο Νερό</b>	25x10 <sup>9</sup>	24x10 <sup>9</sup>	23x10 <sup>9</sup>	12,75x10 <sup>9</sup>
<b>Ηλεκτρική Ενέργεια</b>				
<b>GWh/έτος</b>	6.000	6.000	6.000	6.000

Ο βαθμός στον οποίο το έργο συνεισφέρει στην μείωση των ρύπων της βιομηχανίας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας φαίνεται και στον πίνακα 15.2 όπου γίνεται μία σύγκριση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη λειτουργία διαφορετικών θερμοηλεκτρικών σταθμών.

Επιπροσθέτως, λόγω της φύσης του έργου, δεν υπάρχει κίνδυνος έκρηξης ή διαφυγής επικίνδυνων ουσιών σε περίπτωση ατυχήματος ή ανώμαλων καταστάσεων εξαιτίας της πρώτης ύλης που χρησιμοποιείται. Η λειτουργία των αντίστοιχων εγκαταστάσεων δεν εμπεριέχει κινδύνους από ατυχήματα, οπότε δεν συντρέχει κανένας άλλος λόγος ανησυχίας.

### 15.3.7 Ακουστικό περιβάλλον, δονήσεις, ακτινοβολίες

#### Φάση κατασκευής

Οι δυσμενείς επιπτώσεις στο ακουστικό περιβάλλον τόσο κατά την κατασκευή του έργου, όσο και κατά τις εργασίες αποκατάστασης του χώρου μετά το πέρας της λειτουργίας του προέρχονται από το θόρυβο των μηχανημάτων του εργοταξίου. Είναι βέβαια γνωστό ότι έχουν ήδη επιτευχθεί σημαντικές βελτιώσεις αναφορικά με την ελαχιστοποίηση του εκπεμπόμενου θορύβου στην πηγή, δηλαδή στα μηχανήματα και τις λοιπές εγκαταστάσεις, αν και υπάρχει ακόμα η ανάγκη για λήψη κατάλληλων μέτρων προστασίας.

Η αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από το θόρυβο του εργοταξίου απαιτεί τη γνώση της σύνθεσης των μηχανημάτων. Πρέπει, επίσης, να διερευνηθεί η συμμετοχή κάθε πηγής θορύβου

ξεχωριστά στη διαμόρφωση του ακουστικού περιβάλλοντος, ώστε να καθοριστεί η συνεισφορά κάθε πηγής στον συνολικό θόρυβο που φθάνει στον δέκτη.

Είναι σαφές, παρόλα αυτά, ότι κατά την κατασκευή του έργου αναμένεται να υπάρξει δημιουργία θορύβου στο εργοτάξιο λόγω των εκσκαφών, των εργασιών κατασκευής, της κίνησης των οχημάτων και της λειτουργίας των μηχανημάτων. Οχλήσεις θα υπάρξουν και στην ευρύτερη περιοχή από την κίνηση των οχημάτων μεταφοράς υλικών. Ωστόσο, λαμβάνοντας υπόψη τον βραχυπρόθεσμο χαρακτήρα των επιπτώσεων αυτών, καθώς και τη σχετικά μεγάλη απόσταση του έργου από τους οικισμούς της περιοχής, εκτιμάται τελικά ότι ο παραγόμενος θόρυβος δε θα επιφέρει σημαντική ενόχληση στο ανθρωπογενές περιβάλλον και οι αντίστοιχες επιπτώσεις μετά και από την τήρηση των κατάλληλων μέτρων δε θα είναι τελικά σημαντικές.

#### Φάση λειτουργίας

Τα ανώτατα επιτρεπόμενα όριο θορύβου ορίζονται από Π.Δ. 1180/81, ΦΕΚ 293Α/6-10-81 «περί ρύθμισης θεμάτων αναγομένων εις τα της ιδρύσεων και λειτουργίας βιομηχανιών, βιοτεχνιών, πάσης φύσεως μηχανολογικών εγκαταστάσεων και αποθηκών και της εκ τούτων διασφάλισης περιβάλλοντος εν γένει». Το εν λόγω Π.Δ. προβλέπει σε περιοχή χωριού ως μέγιστη επιτρεπόμενη στάθμη θορύβου την ημέρα τα 60 dB(A) και τη νύχτα τα 45 dB(A).

Σημειώνεται δε ότι ο κύριος εξοπλισμός της μονάδας δε συνίσταται από κινητά μέρη και η λειτουργία του είναι εντελώς αθόρυβη. Η μηχανή εσωτερικής καύσης τοποθετείται εντός θαλάμου με ειδική προστασία έναντι του θορύβου. Τα συστήματα αερισμού της μηχανής εσωτερικής καύσης είναι εξοπλισμένα με διατάξεις απορρόφησης του θορύβου. Όλες οι μονάδες είναι χωροθετημένες σε κατάλληλες διατάξεις απορρόφησης των δονήσεων και του θορύβου. Όλος ο υπόλοιπος εξοπλισμός που μπορεί να παράγει θόρυβο τοποθετείται εντός του κτιρίου εγκαταστάσεων. Οι αναδευτήρες που μπορούν να παράγουν υψηλά επίπεδα θορύβου λειτουργούν εντός της υγρής φάσης. Έτσι, αποφεύγονται μη αποδεκτά επίπεδα θορύβου.

Σύμφωνα με τα ανωτέρω, με βάση τα χαρακτηριστικά της άμεσης περιοχής μελέτης, μπορεί να ειπωθεί ότι δεν προβλέπεται οποιαδήποτε επίπτωση στο ακουστικό περιβάλλον από τη λειτουργία της μονάδας.

### **15.3.8 Επιφανειακά και υπόγεια νερά**

#### Φάση κατασκευής

Κατά τη φάση κατασκευής, οι εκσκαφές και οι άλλες εργασίες θα γίνουν εκτός του υδροφόρου ορίζοντα, και κατά συνέπεια δε θα επηρεάσουν τα υπόγεια νερά. Δε θα προκύψουν αλλαγές στην κίνηση των επιφανειακών νερών, ούτε θα μεταβληθεί η σημερινή κατάσταση ως προς το ρυθμό απορρόφησης των νερών ή την απόπλυση των εδαφών. Δεν προβλέπονται επίσης έργα (π.χ. μεγάλα

χωματουργικά έργα), τα οποία θα μπορούσαν να επηρεάσουν την πορεία των νερών από πλημμύρες ή να δημιουργήσουν έμμεσα κινδύνους έκθεσης ανθρώπων ή περιουσιών σε καταστροφές από πλημμυρικά κύματα.

Κατά τις εργασίες κατασκευής του σταθμού ηλεκτροπαραγωγής και τις εργασίες αποκατάστασης του χώρου μετά το πέρας λειτουργίας του θα παράγονται υγρά απόβλητα από το προσωπικό του εργοταξίου, τα οποία θα περιλαμβάνουν λήμματα προσωπικού, υγρά πλύσης των μηχανημάτων και ορυκτέλαια από τη συντήρηση των μηχανημάτων και των οχημάτων.

#### Φάση λειτουργίας

Κατά τη λειτουργία της εγκατάστασης, δεν προβλέπονται έργα από τα οποία μπορούν να προέλθουν υγρά απόβλητα. Ομοίως δε θα μεταβληθεί η σημερινή κατάσταση κίνησης των υπόγειων υδάτων.

Για την κάλυψη των αναγκών της λειτουργίας του σταθμού ηλεκτροπαραγωγής σε νερό, οι απαιτούμενες ποσότητες θα λαμβάνονται από το υδρευτικό δίκτυο της περιοχής.

Οι περιοχές φόρτωσης και εκφόρτωσης θα είναι εξοπλισμένες με διατάξεις προστασίας από διαρροές υγρών, οι οποίες αδειάζουν, αν αυτό είναι αναγκαίο, και τα συλλεγόμενα υλικά τροφοδοτούν τον υποδοχέα τάφρου.

Κατά τη λειτουργία του σταθμού δε θα παράγονται υγρά απόβλητα από την παραγωγική διαδικασία δεδομένου ότι το χρησιμοποιούμενο νερό θα επαναχρησιμοποιείται. Υγρά απόβλητα που θα προκύπτουν θα αφορούν μόνο τα λύματα του προσωπικού και τα έλαια των μηχανών εσωτερικής καύσης.

Συμπερασματικά, κατά τη λειτουργία της μονάδας αποφεύγεται η ρύπανση των υδάτινων πόρων αλλά θα προκύψουν επιπτώσεις σε αυτούς λόγω της άντλησης του νερού που απαιτείται για την αναερόβια χώνευση, καθώς και για την κάλυψη των αναγκών του προσωπικού της μονάδας για λόγους υγιεινής και πυροπροστασίας.

#### 15.4 Συνοπτική παρουσίαση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε μορφή μήτρας

Υπόμνημα	Ένταση επιπτώσεων	Επιπτώσιογόνες Δράσεις	
		Περίοδος κατασκευής	Περίοδος λειτουργίας
(-)	Ελαφριά αρνητική		
(=)	Ισχυρά αρνητική		
(+)	Ελαφρά θετική		
(++)	Ισχυρά θετική		
<b>X</b>	Αδιευκρίνιστη / άγνωστη		
∅	Μη αξιολογήσιμη		
<b>Φυσικό Περιβάλλον</b>	<b>Έδαφος</b>	(-)	∅
	<b>Αέρας</b>	(-)	(-)
	<b>Νερά</b>	∅	∅
	<b>Χλωρίδα</b>	(-)	∅
	<b>Πανίδα</b>	(-)	∅
	<b>Χρήση Γης</b>	(-)	∅
	<b>Φυσικοί πόροι</b>	∅	(+)
<b>Κοινωνικό / οικονομικό</b>	<b>Θόρυβος</b>	(-)	∅
	<b>Πληθυσμός</b>	(++)	(++)
	<b>Κατοικία</b>	∅	∅
	<b>Μεταφορές Κυκλοφορία</b>	∅	∅
	<b>Ενέργεια</b>	(-)	(++)
	<b>Κοινή Ωφέλεια</b>	∅	(++)
	<b>Ανθρώπινη Υγεία</b>	∅	(+)
<b>Αισθητική</b>	<b>Αναψυχή</b>	∅	∅
	<b>Πολιτιστική κληρονομιά</b>	∅	∅
	<b>Προστατευταίες περιοχές</b>	∅	∅

## **16 Αντιμετώπιση και Παρακολούθηση των Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων**

Για την ανάπτυξη περιβαλλοντικά βιώσιμων αλυσίδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από βιοαέριο και βιομάζα πρέπει να τηρούνται κάποιες βασικές αρχές (τεχνικές οδηγίες και προδιαγραφές). Αυτές είναι:

- Στις αλυσίδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να εφαρμόζονται οι αρχές της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής και να γίνει η μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων, ώστε να διασφαλίζεται η σωστή διαχείριση των όποιων σημαντικών επιπτώσεων δύναται να προκύψουν, με ταυτόχρονη εκμετάλλευση όλων των θετικών επιρροών.
- Πρέπει να ακολουθούνται ορθές γεωργικές πρακτικές, κατάλληλες στις εκάστοτε συνθήκες.
- Η συνεχής ανάπτυξη και η εισαγωγή νέων ποικιλιών που προσιδιάζουν στις τοπικές συνθήκες (έδαφος, κλίμα) είναι απαραίτητες για τη βελτιστοποίηση της παραγωγικότητας και την ελαχιστοποίηση των εισροών.
- Οι πρακτικές παραγωγής βιομάζας πρέπει να προστατεύουν ή / και να ενισχύουν την οργανική ουσία του εδάφους.
- Η χρήση νερού πρέπει να αξιολογηθεί σε όλη την αλυσίδα παραγωγής και μετατροπής, με έμφαση στις επιδράσεις στο υδρογραφικό δίκτυο.
- Οι καλύτερες διαθέσιμες τεχνολογίες μετατροπής πρέπει να χρησιμοποιηθούν για να ελαχιστοποιηθούν οι εκπομπές στον αέρα και σε άλλους περιβαλλοντικούς αποδέκτες. Συνήθως προτιμώνται συστήματα συμπαράγωγής (CHP).
- Το χωνεμένο υπόλειμμα θεωρείται παραγόμενο προϊόν και έχει εμπορική αξία, αφού θα πωλείται ως οργανικό λίπασμα, λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε οργανικές ουσίες, φώσφορο και άζωτο (θρεπτικές ουσίες).

Όπως προκύπτει από την παρούσα εργασία, δεν αναμένονται αξιόλογες περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την εγκατάσταση της μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από βιοαέριο στην προτεινόμενη θέση.

Βασικά σημεία που συντελούν σε αυτό είναι:

- Βρίσκεται σε ικανή απόσταση από οικισμούς
- Τα ενδιαιτήματα στην περιοχή της επέμβασης δεν είναι αξιόλογα και δεν παρουσιάζεται αξιόλογη πανίδα.
- Το έργο προσφέρει ήπιας μορφής ενέργεια, χωρίς να προκαλεί ρύπανση με τη λειτουργία του.

- Δεν υπάρχει ουσιαστική αισθητική υποβάθμιση του τοπίου

Από τη φύση του το έργο περιέχει συνθήκες και όρους που εξασφαλίζουν την περιβαλλοντική προστασία.

### **16.1 Μέτρα αντιμετώπισης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης**

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, οι επιπτώσεις στην ατμόσφαιρα είναι πολύ μικρές, δεδομένης της απόστασης του έργου από κατοικημένες περιοχές. Απαιτείται η χρήση κατάλληλων διατάξεων μείωσης των αέριων ρύπων με κατάλληλο σχεδιασμό και παρακολούθηση, καθώς και καταμέτρηση των όποιων εκπομπών.

Για τον περιορισμό της αέριας ρύπανσης της ευρύτερης περιοχής από τις σκόρες κατά τη διάρκεια των κατασκευών, προτείνονται τα εξής μέτρα:

- Συχνή διαβροχή των περιοχών εκχωμάτωσης και επιχωμάτωσης
- Συχνή διαβροχή και κάλυψη των προϊόντων εκσκαφής και κατά το δυνατό συντομότερη μεταφορά τους σε περιοχή του οδικού άξονα ή του οικοπέδου εγκατάστασης, όπου θα επαναχρησιμοποιηθούν ή σε περιοχές με τα κατάλληλα χαρακτηριστικά για την υποδοχή τους
- Εφαρμογή μεγίστων ορίων ταχύτητας σε όλες τις μη ασφαλτοστρωμένες επιφάνειες.
- Κάλυψη των βαρέων οχημάτων μεταφοράς προϊόντων εκσκαφής και υλικών κατασκευής
- Αποφυγή της διασποράς των άχρηστων υλικών, σκουπιδιών κλπ. στις παρακείμενες περιοχές με την οργάνωση κατάλληλων συνεργείων αποκομιδής
- Οι εγκαταστάσεις εργοταξίου που εκπέμπουν σκόνη (για παράδειγμα, ενδεχόμενο συγκρότημα παραγωγής αδρανών, σκυροδέματος) θα πρέπει να βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση από κατοικίες και γενικότερα δομημένο αστικό περιβάλλον, γεγονός που εξυπακούεται λόγω της απόστασης της θέσης του έργου από τους υφιστάμενους οικισμούς
- Τοποθέτηση ειδικών στεγάστρων στα σημεία «φορτοεκφόρτωσης» των βαρέων οχημάτων μεταφοράς ώστε να περιορίζεται η διαφυγή των αιωρούμενων σωματιδίων
- Απαγορεύεται η κάθε μορφής καύση υλικών (λάστιχα, λάδια κ.λπ.) στην περιοχή του έργου
- Κατά τη διάρκεια τυχόν διατρήσεων να χρησιμοποιείται μηχανολογικός εξοπλισμός που θα εξασφαλίζει τη συγκράτηση της σκόνης
- Παρακολούθηση της εφαρμογής των παραπάνω μέτρων αντί-ρύπανσης.

Για την ελαχιστοποίηση των αερίων αποβλήτων από την καύση του βιοαερίου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας θα εφαρμόζονται διεργασίες καθαρισμού του βιοαερίου και των απαερίων της καύσης. Επίσης, η μηχανή εσωτερικής καύσης θα ελέγχεται και θα συντηρείται σε τακτά χρονικά διαστήματα.

### **16.2 Μέτρα αντιμετώπισης των επιπτώσεων στο έδαφος και το υπέδαφος**

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το προτεινόμενο έργο δεν αναμένεται να προκαλέσει διαταραχές στο έδαφος της περιοχής. Επίσης, δε θα προκαλέσει ασταθείς καταστάσεις εδάφους ή αλλαγές στη γεωλογική διάταξη των πετρωμάτων, καθώς όλες οι εργασίες που πρόκειται να εκτελεστούν είναι επιφανειακού χαρακτήρα και δε μπορούν να προκαλέσουν καθιζήσεις, ερπυσμούς ή κατολισθήσεις εδαφών.

Ως εκ τούτου δεν υφίσταται ή δε θα προκύψει κανένα ιδιαίτερο πρόβλημα από γεωτεχνικής πλευράς. Επιπροσθέτως, θα υπάρξει πρόβλεψη για τον καθαρισμό του χώρου μετά την αποπεράτωση του έργου από τα υλικά εκσκαφής και τη χρήση αυτών.

### **16.3 Μέτρα αντιμετώπισης των επιπτώσεων στους υδάτινους πόρους**

Το έργο από τη φύση του δεν αναμένεται να επιφέρει επιπτώσεις στα επιφανειακά και υπόγεια νερά της περιοχής. Συνεπώς, δεν απαιτείται η λήψη ιδιαίτερων μέτρων προστασίας. Βεβαίως, στα πλαίσια της καλής πρακτικής και ορθής λειτουργίας του εργοταξίου θα πρέπει να διασφαλιστεί η απαγόρευση της ανεξέλεγκτης απόρριψης οποιωνδήποτε υλικών και απορριμμάτων στα ρέματα της ευρύτερης περιοχής.

Επίσης, τα λιπαντικά από τη συντήρηση των μηχανημάτων θα πρέπει να αλλάζονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα και να διαχειρίζονται με ευθύνη του υπευθύνου κατασκευής, βάσει της κείμενης νομοθεσίας.

Θα πρέπει να διασφαλίζεται η σωστή και συστηματική συντήρηση των οχημάτων και μηχανημάτων ώστε να αποφευχθούν τυχόν περιπτώσεις ατυχηματικής ρύπανσης από διαρροές που θα καταλήξουν στο έδαφος ή τα επιφανειακά και υπόγεια νερά.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην αποκατάσταση του χώρου εντός της κοίτης ενδεχόμενων ρεμάτων. Συνοπτικά:

- Απαγορεύεται η ρύπανση των επιφανειακών και υπόγειων νερών από κάθε είδους λάδια, καύσιμα κ.λπ. Ομοίως, απαγορεύεται η απόρριψη παλαιών λαδιών επί του εδάφους. Η διαχείριση των μεταχειρισμένων ορυκτελαίων θα πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στην ΚΥΑ 71560/3053/ΦΕΚ 665B/85.



- Τυχόν διαρροές καυσίμων ή ελαίων πρέπει να αντιμετωπίζονται άμεσα, ώστε να ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος ρύπανσης των επιφανειακών στρωμάτων του εδάφους ή των απορροών όμβριων, με χρήση προσροφητικών υλικών, όπως άμμου, ροκανιδιού ή και ειδικού γεωφάσματος.

Κατά τη φάση λειτουργίας δεν προτείνονται ειδικά μέτρα προστασίας, αφού δεν αναμένεται καμία αρνητική επίπτωση στο υδρολογικό δίκτυο της περιοχής.

#### **16.4 Μέτρα αντιμετώπισης των επιπτώσεων στη χλωρίδα και την πανίδα**

Οι επιπτώσεις του έργου στη χλωρίδα της περιοχής είναι πρακτικά αμελητέες. Ως εκ τούτου δεν επιβάλλεται η λήψη ιδιαίτερων μέτρων. Ειδικότερα, κατά την περίοδο κατασκευής του έργου, αναμένεται να υπάρξει χαμηλής κλίμακας απώλεια βλάστησης (απομάκρυνση μεμονωμένων θάμνων).

Επισημαίνεται ότι κατά τις εργασίες της φάσης κατασκευής του έργου θα ληφθούν όλα τα απαραίτητα μέτρα για την προστασία της βλάστησης και γενικότερα του οικοσυστήματος.

Επίσης, στην περιοχή εγκατάστασης δεν υπάρχουν περιοχές που υπάγονται σε ειδικό καθεστώς προστασίας. Λόγω της φύσης του έργου και της περιορισμένης κλίμακας της προτεινόμενης δραστηριότητας δεν απαιτείται η λήψη ιδιαίτερων μέτρων για τη διατήρηση ειδών βιοτόπων.

Η όχληση της χερσαίας πανίδας κατά την κατασκευή, λόγω των εργοταξιακών συνθηκών (θόρυβος, σκόνη, ανθρώπινη παρουσία), είναι σε μεγάλο βαθμό αναπόφευκτη, αλλά βραχυπρόθεσμη και μικρού μεγέθους. Στα πλαίσια αυτά, προτείνεται η διάρκεια εκτέλεσης των εργασιών να είναι όσο το δυνατόν πιο σύντομη, προς αποφυγή παρατεταμένης όχλησης της πανίδας.

#### **16.5 Αντιμετώπιση ηχορύπανσης**

Κατά την κατασκευή του έργου δεν αναμένεται σημαντική επιβάρυνση του ακουστικού περιβάλλοντος της περιοχής, κυρίως αναφορικά με την όχληση κατοικημένων περιοχών. Παρόλα αυτά, θα πρέπει να ληφθούν ειδικά μέτρα για την ελάττωση του θορύβου, τα οποία περιλαμβάνουν τα ακόλουθα σημεία επέμβασης:

- Ελάττωση του θορύβου των μηχανημάτων και οχημάτων με χρήση νέων μοντέλων, κατά το δυνατό, με πρόνοια για τη μείωση του εκπεμπόμενου θορύβου.
- Εφαρμογή των κανονισμών, τόσο των ελληνικών, όσο και των διεθνών.

- Τήρηση της Ελληνικής και Κοινοτικής Νομοθεσίας όσον αφορά τα μηχανήματα του εργοταξίου, τα οποία θα πρέπει να είναι μοντέλα με μειωμένες εκπομπές θορύβου, εφοδιασμένα με κατάλληλα πιστοποιητικά.

Η τοπική αντιθορυβική επέμβαση με τη μορφή κινητών περιφραγμάτων θορύβου περίξ μεμονωμένων σημειακών πηγών θορύβου ή στο όριο του εργοταξίου αποτελεί μια πρακτική που εφαρμόζεται σε μεγάλα δημόσια έργα, ωστόσο φαίνεται υπερβολική η επιβολή της για τις ανάγκες του προτεινόμενου έργου αφού δεν αναμένονται σημαντικά επίπεδα θορύβου κατά την κατασκευή. Σε περίπτωση, όμως, που διαπιστωθεί σημαντική όχληση, ενδέχεται να απαιτηθεί η τοπική ενίσχυση της αντιθορυβικής προστασίας.

Επίσης, πρέπει να εφαρμόζονται οι ακόλουθες διατάξεις:

- Υπ. Απόφαση 56206/1613/ΦΕΚ 570/Β/9-9-86 «περί προσδιορισμού της ηχητικής εκπομπής των μηχανημάτων και συσκευών εργοταξίου σε συμμόρφωση προς τις οδηγίες 79/113/ΕΟΚ, 81/1051/ΕΟΚ 85/405/ΕΟΚ».
- Υπ. Απόφαση 69001/1921 ΦΕΚ 751/Β/18-10-88 «περί έγκρισης τύπου ΕΟΚ για την οριακή τιμή στάθμης θορύβου μηχανημάτων και συσκευών εργοταξίου».
- Υπ. Απόφαση Α5/2375 ΦΕΚ 689/Β/18-8-78 «περί της χρήσεως κατασιγασμένων αεροσφυρών».

Κατά τη λειτουργία του έργου δεν αναμένονται επιπτώσεις στο ακουστικό περιβάλλον της περιοχής του έργου, ούτε και επιπτώσεις από δονήσεις και ακτινοβολίες. Όσον αφορά την λειτουργία των μηχανημάτων θα ληφθούν όλα τα απαραίτητα μέτρα μείωσης του θορύβου (π.χ. αντικραδασμικές βάσεις, ηχομόνωση).

## **16.6 Μέτρα αντιμετώπισης επιπτώσεων στο ανθρωπογενές περιβάλλον**

Εκτιμάται ότι το έργο δε θα έχει αρνητικές επιπτώσεις στο ανθρωπογενές περιβάλλον. Αντίθετα θα έχει μία σειρά έμμεσων θετικών επιπτώσεων σε όλες σχεδόν τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες της ευρύτερης περιοχής.

Δεν απαιτούνται, επομένως, ιδιαίτερα μέτρα εφόσον τηρούνται οι ισχύουσες διατάξεις και νομοθεσία πέραν των όσων αναφέρονται στη συνέχεια:

- Για όλες τις εργασίες που προβλέπονται απαιτείται η συνεργασία με τους αρμόδιους φορείς του Υπουργείου Πολιτισμού και η παρουσία εκπροσώπου της Αρχαιολογικής Υπηρεσίας κατά τη διάρκεια των εκσκαφών.

- Κατά την κατασκευή του έργου θα πρέπει να εξασφαλίζεται η ομαλή κυκλοφορία των οχημάτων προς και από τις κατοικημένες περιοχές.

Τέλος, πρέπει να τονισθεί ότι το προτεινόμενο έργο αναμένεται να προσφέρει σημαντική βοήθεια στο πρόβλημα της διάθεσης των γεωργικών και κτηνοτροφικών αποβλήτων, τα οποία η μονάδα χρησιμοποιεί σαν πρώτη ύλη. Με την λειτουργία του έργου θα μειωθεί σημαντικά η ανεξέλεγκτη διάθεσή τους (σε Χ.Α.Δ.Α.).

### **16.7 Μέτρα πρόληψης ατυχημάτων**

Από τη φύση τους τα έργα δεν περιέχουν κανένα κίνδυνο βλάβης της ανθρώπινης υγείας, τόσο του προσωπικού όσο και των κατοίκων της ευρύτερης περιοχής. Ωστόσο, κατά τη φάση κατασκευής του έργου θα πρέπει να λαμβάνονται όλα τα απαιτούμενα μέτρα πρόληψης σύμφωνα με τις διατάξεις της κείμενης νομοθεσίας.

Επισημαίνεται δε ότι για το προσωπικό λειτουργίας θα πρέπει να ληφθούν όλα τα κατάλληλα μέτρα προστασίας του έναντι τυχόν ατυχημάτων.

#### **16.7.1 Πυροπροστασία**

Σε γενικές γραμμές, η διαχείριση της πυροπροστασίας θα γίνει λαμβάνοντας υπόψη τα ακόλουθα δεδομένα.

- Παροχή νερού πυρόσβεσης. Η μονάδα παραγωγής βιοαερίου θα περιλαμβάνει δίκτυο παροχής νερού για περιπτώσεις πυρόσβεσης.
- Οδοί πρόσβασης για την πυροσβεστική υπηρεσία. Σε περίπτωση πυρκαγιάς, η πυροσβεστική υπηρεσία θα μπορεί να έχει άμεση πρόσβαση στα συστήματα παραγωγής βιοαερίου μέσω του υφισταμένου οδικού δικτύου που οδηγεί στην μονάδα. Τα επί μέρους μέρη της μονάδας μπορούν να προσεγγιστούν από όλες τις πλευρές μέσω κατάλληλα σχεδιασμένων οδών διαφυγής.
- Οδοί διαφυγής και πρόσβαση σε κτίρια. Η μονάδα θα πρέπει να έχει επαρκή αριθμό θυρών ώστε να επιτρέπεται η γρήγορη απομάκρυνση του προσωπικού από τη μονάδα σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης.
- Συστήματα πυρόσβεσης. Τρία επιμέρους συστήματα πυρόσβεσης θα είναι τοποθετημένα στο κτίριο εγκαταστάσεων και θα συντηρούνται έτοιμα προς χρήση σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Θα είναι εγκατεστημένα με τέτοιο τρόπο ώστε η λειτουργία τους να μην επηρεάζεται από τις καιρικές συνθήκες, δονήσεις ή άλλους εξωτερικούς παράγοντες. Τα συστήματα που χειρίζονται

χειρονακτικά θα είναι προσβάσιμα για άμεση χρήση ανά πάσα στιγμή. Οι σταθμοί πυρόσβεσης θα είναι κατάλληλα επισημασμένοι με μόνιμη σήμανση. Ένα πλήρως λειτουργικό σύστημα πυρόσβεσης τύπου σκόνης 12kg και μέσα προστασίας κλάσης Α, Β και C, σύμφωνα με το DIN EN 3, θα είναι εγκατεστημένα σε κάθε μονάδα συμπαράγωγής, ενώ ένα πλήρως λειτουργικό σύστημα θα βρίσκεται και στη δεξαμενή ανάμιξης. Το δωμάτιο ελέγχου θα είναι εξοπλισμένο με πυροσβεστήρα CO<sub>2</sub>. Για λόγους πυρασφάλειας, θα απαγορεύεται η αποθήκευση ελαίου μηχανής, χρησιμοποιημένων ελαίων και άλλων εύφλεκτων υλικών σε ποσότητες μεγαλύτερες από 200kg.

- Ανιχνευτές φωτιάς. Η μηχανή συμπαράγωγής θα πρέπει να είναι εξοπλισμένη με ανιχνευτές καπνού και φωτιάς, οι οποίοι θα είναι εγκατεστημένοι στην οροφή και στο μέσο κάθε δωματίου.

### **16.8 Μέτρα διαχείρισης στερεών αποβλήτων**

Κατά τη διάρκεια κατασκευής των έργων, αλλά και μετά την ολοκλήρωσή τους θα πρέπει να συλλέγονται και να απομακρύνονται όλα τα στερεά απόβλητα με μέριμνα του υπευθύνου του εργοταξίου, που προέρχονται από την κατασκευή του έργου, όπως άχρηστα υλικά, μπάζα, εξαρτήματα μηχανημάτων κ.λπ. Η διάθεση τους θα πρέπει γίνεται σύμφωνα με τις ισχύουσες διατάξεις (ΚΥΑ 495/86, Υ.Δ.Ε. Ε1β/301/64).

Δε θα πρέπει να ρίχνονται προϊόντα εκσκαφής ή άλλα στερεά απόβλητα σε ακατάλληλους χώρους, ρέματα ή στη θάλασσα, ώστε να μην επηρεάζεται η επιφανειακή ροή των υδάτων. Για την προστασία του υδρογραφικού δικτύου θα αποφευχθεί η δημιουργία σωρών υλικών μέσα ή κοντά στους χείμαρρους έστω και προσωρινά ώστε να μη μεταφέρονται εκπλύματα στις κοίτες κατά τη διαβροχή τους.

Κατά την φάση λειτουργίας δεν πρέπει να παράγονται στερεά απόβλητα από την παραγωγική διαδικασία. Τα στερεά απόβλητα που θα προκύπτουν θα περιλαμβάνουν:

(α) αστικού τύπου απορρίμματα προσωπικού που θα συγκεντρώνονται σε κάδους απορριμμάτων και θα περισυλλέγονται είτε από απορριμματοφόρα της υπηρεσίας καθαριότητας του οικείου Δήμου είτε από εταιρεία που διαθέτει σχετική άδεια διαχείρισης στερεών αποβλήτων από την Αρμόδια Υπηρεσία Περιβάλλοντος.

(β) ηλεκτρικός και ηλεκτρονικός εξοπλισμός που θα προκύπτει μετά από επισκευές βλαβών που θα διαχειρίζεται σύμφωνα με το Π.Δ. 117/2004 (Φ.Ε.Κ.82<sup>Α</sup>/05.03.2004) «Μέτρα, όροι και πρόγραμμα για την εναλλακτική διαχείριση των αποβλήτων ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις των οδηγιών ...»

## **16.9 Μέτρα διαχείρισης υγρών αποβλήτων**

Από την λειτουργία της εγκατάστασης προβλέπεται η παραγωγή λυμάτων προσωπικού και χρησιμοποιούμενων ελαίων από τις μηχανές εσωτερικής καύσης. Τα λύματα του προσωπικού θα διατίθενται σύμφωνα με τις ισχύουσες υγειονομικές και πολεοδομικές διατάξεις, ενώ τα χρησιμοποιούμενα έλαια θα συλλέγονται και θα διαχειρίζονται από κατάλληλο συνεργάτη.

Από τις διαδικασίες παραγωγής του βιοαερίου προκύπτει ένα δευτερεύον προϊόν το χωνεμένο υπόλειμμα, το οποίο λόγω της περιεκτικότητάς του σε θρεπτικές ουσίες είναι ιδανικό για λίπασμα.

Στο άρθρο 3 του κανονισμού 1069/2009, ως «οργανικό λίπασμα» και «βελτιωτικό εδάφους», ορίζονται τα υλικά ζωικής προέλευσης που χρησιμοποιούνται για τη συντήρηση ή τη βελτίωση της τροφής των φυτών και φυσικοχημικών ιδιοτήτων και της βιολογικής δραστηριότητας των εδαφών, μεμονωμένα ή σε συνδυασμό μεταξύ τους. Αυτά είναι δυνατόν να περιλαμβάνουν κόπρο, μη ανοργανοποιημένο γκουανό, περιεχόμενο του πεπτικού συστήματος, λίπασμα και κατάλοιπα διάσπασης.

Βάσει του κανονισμού 1069/2009 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, και ειδικότερα στο άρθρο 13, αναφέρεται ρητά ότι τα υλικά της κατηγορίας 2 και ειδικότερα ο κόπρος α) μπορούν να λιπασματοποιούνται ή να μετασχηματίζονται στο βιοαέριο και β) μπορούν να διασπείρονται στο έδαφος χωρίς μεταποίηση. Για τα ίδια υλικά, στο άρθρο 16 του κανονισμού 1069/2009 αναφέρεται ότι, μετά από έγκριση της δημόσιας αρχής, μπορούν να χρησιμοποιούνται για την παρασκευή και τη διασπορά στο έδαφος βιοδυναμικών παρασκευασμάτων. Επιπλέον, στο άρθρο 32 του ίδιου κανονισμού αναφέρεται ρητά ότι τα κατάλοιπα διάσπασης από μετασχηματισμό σε βιοαέριο ή το λίπασμα, μπορούν να διατεθούν στην αγορά και να χρησιμοποιηθούν ως οργανικά λιπάσματα ή βελτιωτικά εδάφους.

## **16.10 Μέτρα αντιμετώπισης οσμών**

Κατά τη λειτουργία της μονάδας, λόγω του ότι οι χωνευτήρες είναι κλειστοί, δεν προκαλούνται δυσάρεστες οσμές. Σε κάθε περίπτωση, θα πρέπει να υπάρχουν διαθέσιμα τα απαραίτητα μέτρα μείωσης των οσμών που επιβάλλονται και είναι:

- Περιορισμός του χρόνου αποθήκευσης
- Περιορισμός διαδικασιών προεπεξεργασίας
- Σκέπασμα όλων των τμημάτων της εγκατάστασης που παράγουν οσμές
- Χρήση ειδικών μεθόδων απόσμησης.

## **17 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Η υπέρμετρη ανάπτυξη του κλάδου της γεωργίας αλλά και της κτηνοτροφίας σε παγκόσμιο αλλά και σε τοπικό επίπεδο, οδήγησε στην παραγωγή τεράστιων ποσοτήτων γεωργικών αλλά και κυρίως ζωικών αποβλήτων, με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν δυσεπίλυτα προβλήματα που σχετίζονται με την επεξεργασία και την διάθεσή τους στο περιβάλλον.

Η εγκατάσταση τεχνολογίας βιοαερίου από απόβλητη βιομάζα, συνιστά μία σημαντική εναλλακτική λύση με πολλά και σημαντικά πλεονεκτήματα, καθώς προσφέρει περιβαλλοντικά φιλική ενέργεια και ταυτόχρονα δίνει την δυνατότητα αξιοποίησης του ενεργειακού δυναμικού του βιοαερίου καθώς και συμμετέχει σε μια συνολική και ολοκληρωμένη επεξεργασία των αποβλήτων της γεωργοκτηνοτροφικής δραστηριότητας που τα παράγει, μειώνοντας το ρυπαντικό τους φορτίο, και ειδικότερα του πιο βεβαρημένου κλάσματος, σε ποσοστό πάνω και από το 50%.

Στον Ελλαδικό Χώρο, η διαχείριση των γεωργικών - κτηνοτροφικών αποβλήτων, αποτελεί ένα πολύπλοκο ζήτημα προς επίλυση, εξαιτίας του υψηλού δυναμικού τους αλλά και της χωρικής τους διασποράς κατά μήκος ολόκληρης της χώρας. Σε πολλές περιπτώσεις υπάρχει έλλειψη γνώσης για το δυναμικό των αποβλήτων αλλά και της εναλλακτικής δυνατότητας εκμετάλλευσής τους.

Η Κεντρική, Δυτική και Ανατολική Μακεδονία, λόγω της περίσσειας διάθεσης ποικίλων ειδών βιομάζας (αγροτική και δασική βιομάζα, κτηνοτροφικά και αγροτοβιομηχανικά απόβλητα, κ.α.) έχει συγκεντρώσει μεγάλο επενδυτικό ενδιαφέρον, όπως αποδεικνύεται και από τον μεγάλο αριθμό των αιτήσεων που έχουν κατατεθεί τα δύο τελευταία χρόνια. Η Περιφερειακή Ενότητα Σερρών είναι η πρώτη σε επενδυτικές προτάσεις στην Βόρεια Ελλάδα και δεύτερη σε κατατιθέμενες αιτήσεις για μονάδες βιομάζας βιοαερίου συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 21,4 MW.

Οι αναπτυξιακές δραστηριότητες στην περιοχή των Σερρών αλλά και πολλών άλλων περιοχών της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας, τα τελευταία χρόνια δεν είναι ιδιαίτερα σημαντικές και αυτές περιορίζονται κυρίως στον τριτογενή τομέα.

Στον τομέα των ιδιωτικών επενδύσεων τα τελευταία χρόνια επικρατεί στασιμότητα με εξαίρεση αυτή των επενδύσεων σε Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας κυρίως φωτοβολταϊκών, Αιολικών αλλά όχι έως τώρα: επένδυση σε Βιομάζα.

Η υφιστάμενη κατάσταση που επικρατεί στην Π.Ε Σερρών, στον τομέα διαχείρισης των γεωργικών και κτηνοτροφικών αποβλήτων βρίσκεται σε νηπιακό επίπεδο και συγκεκριμένα :

- Εξακολουθεί να γίνεται χρήση χημικών λιπασμάτων από τους αγρότες με αποτέλεσμα την συνεχιζόμενη επιβάρυνση των εδαφών και των επιφανειακών και υπογείων νερών της περιοχής.. Η συσσώρευση των θρεπτικών θα επηρεάσει άμεσα τα επιφανειακά και υπόγεια νερά με πιθανότερο αποτέλεσμα το χαρακτηριστικό φαινόμενο της νιτρορύπανσης.
- Η διάθεση των ζωικών αποβλήτων εξακολουθεί να γίνεται με τον ίδιο τρόπο. Δεδομένου ότι αναμένεται αυξητική τάση στα μεγέθη και στο μοντέλο κτηνοτροφίας (αριθμός εκμεταλλεύσεων, αριθμός ζώων /εκμετάλλευση, βιομηχανοποίηση εκμεταλλεύσεων) τα επόμενα χρόνια, αναμένονται όλες αυτές οι αρνητικές επιπτώσεις που επηρεάζουν το περιβάλλον και τον άνθρωπο
- Εξακολουθούν να εκλύονται στην ατμόσφαιρα σημαντικές ποσότητες μεθανίου, που αποτελεί το σημαντικότερο αέριο του θερμοκηπίου και αιτία της κλιματικής αλλαγής.
- Εξακολουθούν να εκλύονται στην ατμόσφαιρα σημαντικές ποσότητες αμμωνίας, οξειδίων αζώτου, υδρόθειου και πτητικών ενώσεων.
- Από την διάθεση των ζωικών αποβλήτων στο έδαφος υπάρχουν επιπτώσεις στα υπόγεια νερά της περιοχής με κύρια φαινόμενα αυτά της νιτρορύπανσης και της μικροβιακής μόλυνσης.
- Εξακολουθεί η υφιστάμενη κατάσταση κατά την οποία, τα απόβλητα με ελλειπή ή καθόλου επεξεργασία πολλές φορές να διατίθενται στο έδαφος ή σε υδάτινους αποδέκτες (ρέματα, ποτάμια κλπ) επιβαρύνοντας με την σειρά τους, τους αποδέκτες αυτούς.

Η λειτουργία μίας κεντρικής μονάδας εκμετάλλευσης βιομάζας (κτηνοτροφικά απόβλητα και αγροτικά οργανικά υπολείμματα ), όπως περιγράφεται στην μεταπτυχιακή αυτή εργασία, θα εμφανίσει τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Θα συμβάλλει στην κεντροποιημένη διαχείριση των οργανικών αποβλήτων και στην προστασία των ευαίσθητων οικοσυστημάτων της ευρύτερης περιοχής.
- Θα συμβάλλει στους ενεργειακούς-περιβαλλοντικούς στόχους της Ελλάδας για την ανάπτυξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και της αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής.
- Θα ενισχύσει την αυτονομία του ενεργειακού δικτύου της Ελλάδος και θα συμβάλλει στην απεξάρτησή της από εισαγωγές ηλεκτρικής ενέργειας σε περιόδους αιχμής.
- Θα συμβάλλει στην κατεύθυνση αντικατάστασης των χημικών λιπασμάτων με φυσικό ανανεώσιμο λίπασμα-εδαφοβελτιωτικό υλικό γεωργικής χρήσης. Τα οφέλη θα είναι πολύ

σημαντικά, τόσο οικονομικής όσο και περιβαλλοντικής φύσεως (μείωση κόστους χημικών λιπασμάτων, ποιοτική αναβάθμιση γεωργικών εδαφών) για τον Έλληνα παραγωγό και την Ελληνική Αγροτική παραγωγή.

- Θα συμβάλλει στην διατήρηση του κύκλου των στοιχείων Άνθρακα, Αζώτου, φωσφόρου και γενικότερα των θρεπτικών στοιχείων στη φύση.
- Θα συμβάλλει με την διάθεση και χρήση του εδαφοβελτιωτικού στην αύξηση της ανταγωνιστικότητας των αγροτικών προϊόντων αφού θα αναβαθμίσει ποσοτικά και ποιοτικά την ετήσια παραγωγή.
- Θα συμβάλλει στην δημιουργία νέων θέσεων εργασίας

Ένα τέτοιο Έργο λοιπόν, ειδικά σε μια περιοχή όπου η διαχείριση των αποβλήτων είναι προβληματική, θα αποτελέσει ουσιαστική λύση στην προστασία του ευρύτερου φυσικού περιβάλλοντος.



## **18 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

### 18.1 Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- [1] Al Seadi T., Rutz D., Prassl H., Köttner M., Finsterwalder T., Volk S., Janssen R
- [2] Al. Seadi, Biogas Handbook, Teodorita Al Saedi, 2003, Annex 2-41
- [3] Badger D.M., Bogue M.J. and Stewart D.J., (1979), Biogas production from crops and organic wastes, 1. Results of batch digestions, New Zealand, Journal Science, 22, p.11-20
- [4] Biofuels- Biotechnology, Chemistry and Sustainable Development – David M.Mousdale, 2008
- [5] Biofuels Engineering Process Technology, (Caye M.Drapcho, Nghiem Phu Nhuan, Terry H.Walker., 2008
- [6] Biofuels- Green Energy and Technology, Ayhan Demirbas,2009
- [7] Biofuels- Production, Application and Development, Alan Scragg, 2009
- [8] Biomass for Energy, Industry and Environment 6th E.C Conference held in Athens, Greece, 22-26 April 1991
- [9] Bitton G., (1994), Anaerobic digestion of wastewater and sludge, In: Wastewater microbiology, Wiley series in ecological and applied microbiology, John Wiley & Sons, Inc., New York, p. 229-245
- [10] Blotevogel K.H., Fischer U., Mocha M. and Jansen S., (1985), Methanobacterium thermoalcaliphilum species, a new moderately alkiliphilic and thermophilic autotrophic methanogen, Archaea Microbiology, 142, p. 211-217
- [11] Bouallagui H., Touhami Y., Cheikh R.B. and Hamdi M., (2005), Review: Bioreactor performance in anaerobic digestion of fruit and vegetable wastes, Process Biochemistry, 40, p. 989-995
- [12] Breure A.M., Beeftink H.H, Veerkuijlen J. and van Andel J.G., (1986\_a), Acidogenic fermentation of protein/carbohydrates mixtures by bacterial populations adapted to one of the substrates in anaerobic chemostat cultures, Applied Microbiology and Biotechnology, 23, p. 245-249
- [13] Brown D.K. and Kinchusky B., (1965), Digester indigestion from high temperature, Journal Water Pollution Control Federation, 37, p. 416-417

- [14] Buhr H.O. and Andrews J.F, (1977), Review paper: The thermophilic anaerobic digestion process, *Water Research*, 11, p. 129-143
- [15] Cecchi F., Traverso P.G. and Cescon P., (1986), Anaerobic digestion of organic fraction of municipal solid waste- digester performance, *Science of Total Environment*, 56, p. 183-197
- [16] Chynoweth D.P. and Mah R.A., (1971), Volatile acid formation in sludge digestion. In: *Anaerobic Biological Treatment Processes*, F.G.Pohland (editor), *Adv. Chem. Ser.*, 105, p. 41-54
- [17] Clarkson W.W. and Xiao W., (1999), Anaerobic Bioconversion of Waste Paper, 2nd International Symposium on Anaerobic Digestion of Solid Wastes, Barcelona, Spain, 1, p. 75
- [18] Cowling E.B., (1975), Physical and chemical constrains in the hydrolysis of cellulose and lignocellulic materials, *Biotechnology Bioengineering Symposium*, 5, p. 163-181
- [19] Deublein D., Steinhauser A. (2011). *Biogas from waste and renewable resource*, John Wiley & Sons, Weinheim
- [20] Diekert G., Konheiser U., Piechulla K. and Thauer R.K., (1981), Nickel requirement and factor F430 content of methanogenic bacteria, *Journal Bacteriology*, 148, p. 459-465
- [21] Ferry J.G., (1993), *Methanogenesis ecology, physiology, biochemistry and genetics*, Chapman and Hall Microbiology Series
- [22] Henze M., Gujer W., Mino T. and van Loosdrecht M., (2000), *Activated Sludge Models ASM1, ASM2, ASM2d and ASM3*, IWA Scientific and Technical Report, London
- [23] Jerger D.E., Chynoweth D.P. and Isaacson H.R., (1987), Anaerobic digestion of sorghum biomass, *Biomass*, 14, p. 99-113
- [24] Johns M.R., (1995), Development in wastewater treatment in the meat processing industry: a review, *Bioresource Technology*, 54, p. 203-216
- [25] Karaj et al, 2010
- [26] Kiener A. and Leisinger T., (1983), Oxygen sensitivity of methanogenic bacteria, *Systems of Applied Microbiology*, 150, p. 249-253
- [27] Kossmann W., Pönitz U., Habermehl St., Hoerz T., Krämer P., Klingler B., Kellner C., Wittur T., Klopotek F., Krieg A., Euler H., *Biogas Digest Project*, ISAT
- [28] Koster I.W., Rinzema A., De Vegt A., and Lettinga G., (1986), Sulphide inhibition of the methanogenic activity of granular sludge at various pH-levels, *Water Research*, 20, 12, p. 1561-1567

- [29] Kotze J.P., Thiel P.G. and Hattingh W.H J., (1969). Review paper: Anaerobic digestion II, The characterization and control of anaerobic digestion, *Water Research*, 3, p. 459-493
- [30] Li Y.Y and Noike T., (1992), Upgrading of anaerobic digestion of waste activated sludge by thermal pretreatment, *Water Science Technology*, 26, 3-4, p. 857-866
- [31] Mahamat A.Y., Gourdon R., Leger P. and Vermande P., (1989), Methane recovery by anaerobic digestion of cellulosic materials available in Sahel, *Biological Wastes*, 30, p. 181-197
- [32] Malina J.F. and Pohland F.G., (1992), Anaerobic sludge digestion, In: Design of anaerobic processes for the treatment of industrial and municipal wastes, *Water Quality Management Library*, 7, p. 41-118
- [33] Maly J. and Fadrus H., (1971), Influence of temperature on anaerobic digestion. *Journal WPCF*, 43, p. 641-650
- [34] Metcalf and Eddy, (2003), *Wastewater Engineering: Treatment, disposal and reuse*, edition revised by G.Tchobanoglous, F. Burton, McGraw-Hill series
- [35] Poirrier P. and Chammy R., (1999), Optimization of the Performance Operation of a two-phase Anaerobic Reactor Used in Industrial Solid Waste Treatment, 2<sup>nd</sup> International Symposium on Anaerobic Digestion of Solid Wastes, Barcelona, Spain, 1, p. 99
- [36] Rittmann Bruce E. and McCarty Perry L., (2001), ENVIRONMENTAL BIOTECHNOLOGY: PRINCIPLES AND APPLICATIONS
- [37] Sahn, H., (1984), Anaerobic wastewater treatment, *Advanced Biochemical Engineering Biotechnology*, 29, p. 84-115
- [38] Shiralipour A. και Smith P.H., (1985), Conversion of biomass into methane gas, *Biomass*, 6, p. 85-92
- [39] Skoulou and Zabaniotou, 2007, Voivontas et al., 2001
- [40] Speece R., (1983), Anaerobic biotechnology for industrial wastewater treatment, *Environmental Science Technology*, 17, 9, p. 416-426
- [41] Stewart D.J., Bogue M.J. and Badger D.M., (1984), Biogas production from crops and organic wastes, 2. Results of continuous digestion tests, *New Zealand Journal Science*, 27, p. 285-294
- [42] Stronach, S.M., Rudd, T. and Lester, J.N., (1986), Anaerobic digestion processes in industrial wastewater treatment, *Springer-Verlag*. p. 21-38
- [43] Tare V., Ahakkeed M. and Jawed M., (1997), Biomethanation in Domestic and Industrial Waste

Treatment - an Indian Scenario, 8<sup>th</sup> International Conference on Anaerobic Digestion, Sendai, Japan, 2, p. 255

- [44] Toerien D.F., Siebert M.L. and Hattingh W.H.J., (1967), The bacterial nature of the acid-forming phase of anaerobic digestion, *Water. Research*, 1, p. 497-507
- [45] Tong X., Smith L.H. and McCarty P.L., (1990), Methane fermentation of selected lignocellulosic materials, *Biomass*, 21, p. 239-255
- [46] U.S. Environmental Protection Agency-September 1999
- [47] United Nations Framework Convention on Climate Change
- [48] Vidal G., Jiang Z.P., Omil F., Thalasso F., Mendez R. and Lema J.M., (1999), Continuous anaerobic treatment of wastewaters containing formaldehyde and urea, *Bioresource Technology*, 70, p. 283-291
- [49] Viturtia A., Mata-Alvarez J., Cecchi F., Fazzini G., (1989), Two phase anaerobic digestion of a mixture of fruit and vegetable wastes, *Biological Wastes*,
- [50] Walla et al., 2008
- [51] Williams R.T. and Crawford R.L., (1984), Methane production in Minnesota peat lands, *Applied Environmental Microbiology*, 47, p. 1266-1271

## **18.2 Ελληνική Βιβλιογραφία**

- [52] Annex 2-41 Handbook of Biogas-Guideline-Greece, Teodorita Al Saedi
- [53] Αγγελής Γ., (2000), Ολοκληρωμένη διαχείριση αποβλήτων ελαιουργείων με χρήση αυτόνομων και συνδυασμένων βιοτεχνολογικών μεθόδων επεξεργασίας. Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών, Σχολή Πολυτεχνική, Τμήμα Χημικών Μηχανικών
- [54] ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ Α.Ε (1999) Εισήγηση: Βιομάζα – Ενεργειακή Εκμετάλλευση και Αξιοποίηση κτηνοτροφικών απόβλητων νομού Σερρών
- [55] ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ Α.Ε (1999) Νομαρχιακό Πλαίσιο Σχεδιασμού Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων Νομού Θεσσαλονίκης.
- [56] Γαβαλά Χ., (1998), Αναερόβια συγχώνευση αγροτοβιομηχανικών αποβλήτων. Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Πανεπιστημίου Πατρών
- [57] Γεωργακάκη Δ., Παπαθεοδώρου Α., Θεσσαλού Κ. (1986) "Βιολογικά Χαρακτηριστικά Πτηνοτροφικών Αποβλήτων, Υπουργείο Γεωργίας-εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών & Δ/ση Μονόπλων και Μηρυκαστικών
- [58] Γεωργακάκη Δ., Παπαθεοδώρου Α., Θεσσαλού Κ. (1986) Ποσοτικά, Φυσικοχημικά και Ποιοτικά χαρακτηριστικά Πτηνοτροφικών Αποβλήτων, Υπουργείο Γεωργίας-εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών & Δ/ση Μονόπλων και Μηρυκαστικών.
- [59] ΔΕΣΜΗΕ
- [60] Διδακτορική Διατριβή, Απόστολου Ε. Μαλαμάκη, Διερεύνηση οικονομικών εργαλείων για τη βέλτιστη ολοκληρωμένη διαχείριση οργανικών αποβλήτων, Α.Π.Θ, 2009
- [61] Δραβίλλας Κ., (2007), Αναερόβια Χώνευση Στερεής Φυτικής Βιομάζας για Παραγωγή Βιοαερίου, Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών, Σχολή Πολυτεχνική, Τμήμα Χημικών Μηχανικών
- [62] Εθνικό πρόγραμμα διαχείρισης και προστασίας των υδατικών πόρων – ΥΠΕΧΩΔΕ / Ε.Μ.Π
- [63] Εθνικοί Οδικοί Χάρτες για το Βιοαέριο, IEE Project ‘ BiogasIN’
- [64] ΕΣΥΕ, 2005
- [65] Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αποβλήτων 2007 (EWC)
- [66] Ιωάννη Ν. Χατζηαντωνίου, Περιφερειακή μελέτη εντοπισμού επενδυτικών ευκαιριών στο

Νομό Σερρών Πανεπιστήμιο Πειραιώς,2003

[67] Κ.Α.Π.Ε., Βάση δεδομένων Διεύθυνσης Ενεργειακής Πολιτικής & Σχεδιασμού

[68] Κ.Βαβαλέκα, Αναφορά στη Χλωρίδα του Ν.Σερρών,Internet

[69] Κάλφας,Δ.Χαραλάμπος-‘Παραγωγή Βιοαερίου από Αναερόβια Χώνευση Προεπεξεργασμένου και μη Ελαιόπολτου’, Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Χημικών Μηχανικών Πανεπιστημίου Πατρών, 2007

[70] ΛΑΓΗΕ

[71] Λυμπεράτος Γ., (1998), Εισαγωγή στη Βιοχημική Μηχανική. Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, σελ. 119-148

[72] Λυμπεράτος Γ., (2000\_α), Διαχείριση στερεών αποβλήτων. Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, σελ. 105-113

[73] Λυμπεράτος Γ., (2000\_β), Μηχανική υγρών αποβλήτων. Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, σελ. 138-139

[74] Μπαλαχτσής και Χαραλάμπος, 2005

[75] Νόμος 3468/2006

[76] Οδηγία 2001/77/ΕΚ «Για την προαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας» (ΟJL283/27.10.2001)

[77] Πτυχιακή Εργασία Νιγρίτη Στέργιου, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο 2005

[78] Σκιαδάς Ι., (1998), Ο περιοδικός αναερόβιος χωνευτήρας εναλλασσόμενης καθοδικής και ανοδικής ροής, Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Πανεπιστημίου Πατρών

[79] Σταματελάτου Κ., (1999), Συστήματα βελτιστοποίησης αναερόβιας χώνευσης,Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστημίου Πατρών, Σχολή Πολυτεχνική, Τμήμα Χημικών Μηχανικών

[80] Τσώνης Σ., (1988), Επεξεργασία υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων, Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστημίου Πατρών

[81] Υπουργείο Ανάπτυξης (2007). 1η Έκθεση για τον Μακροχρόνιο Ενεργειακό Σχεδιασμό της Ελλάδας 2008-2020. Μέρος 1, Αθήνα, Αύγουστος

[82] Υπουργείο Ανάπτυξης (2008). Ενεργειακό Ισοζύγιο 2006,

[83] Φουντουλάκης Μ., (2005), Τύχη και επίδραση ξενοβιοτικών ουσιών στην αναερόβια χώνευση υγρών αποβλήτων και ιλύος, Διδακτορική διατριβή Πανεπιστημίου Πατρών, Σχολή Πολυτεχνική, Τμήμα Χημικών Μηχανικών

### **18.3 Διαδίκτυο**

- [84] [www.images.google.gr](http://www.images.google.gr)
- [85] [www.desmie.gr](http://www.desmie.gr)
- [86] [www.ypan.gr](http://www.ypan.gr)
- [87] [www.rae.gr](http://www.rae.gr)
- [88] [www.Jenbacher.com](http://www.Jenbacher.com)
- [89] [www.kriegfischer.de](http://www.kriegfischer.de)
- [90] [www.biomassenergy.gr](http://www.biomassenergy.gr)
- [91] [www.iea-biogas.net](http://www.iea-biogas.net)
- [92] [www.cres.gr](http://www.cres.gr)
- [93] [Wikipedia.org](http://Wikipedia.org)
- [94] [www.e-view.gr/serresmap.php](http://www.e-view.gr/serresmap.php)
- [95] [www.serres.gr](http://www.serres.gr)
- [96] [www.serrelib.gr](http://www.serrelib.gr)
- [97] [www.hnms.gr](http://www.hnms.gr)
- [98] [geodata.gov.gr](http://geodata.gov.gr)
- [99] [www.naserron.gr](http://www.naserron.gr)
- [100] [www.sgc.se](http://www.sgc.se)
- [101] [www.agroenergy.gr](http://www.agroenergy.gr)