



ЮНИ 2009

# биогаз

## НАРЪЧНИК



## **Колофон**

### **Автори**

Teodorita Al Seadi, Dominik Rutz, Heinz Prassl, Michael Köttner, Tobias Finsterwalder, Silke Volk, Rainer Janssen, Деница Димитрова, Ива Черийска, Красин Георгиев, Светла Маринова, Никола Колев

### **Рецензия**

Dominik Rutz, Teodorita Al Seadi, Konstantinos Sioulas, Biljana Kulisic

### **Редакция**

Teodorita Al Seadi, Анелия Кенарова

### **Стилово и графично оформление**

Catrineda Al Seadi, Iwona Cybulska, Анелия Кенарова

### **Корица**

Catrineda Al Seadi

### **Превод на български език**

Деница Димитрова, Ива Черийска

ISBN 978-87-992962-1-7

### **Бележка на редактора**

Биогаз наръчникът е разработен с общите усилия на група експерти в производство на биогаз от Дания, Германия, Австрия и Гърция, като част от проекта BiG>East (EIE/07/214/SI2.467620), който е с продължителност 09.2007 – 02.2010. Проектът BiG>East е финансиран от Европейската комисия по програма “Интелигентна Енергия за Европа” и неговата цел е насърчаване на развитието на технологиите за производство на биогаз в Източна Европа.

Наръчникът е разработен в основна версия на английски език, която впоследствие е преведена на български, хърватски, гръцки, латвийски, румънски и словенски - езиците на страните, към които е насочен проекта BiG>East. Към всяка преведена версия е включена и допълнителна глава, съдържаща специфична за страната информация, написана от партньора по проекта от съответната страна. Стилото и графично оформление, както и корицата на наръчника са разработени от студенти на Южен университет – Дания, Център по биоенергия.

Благодаря на всички, за страхотната работа в екип!

Теодорита Ал Сеади, редактор  
Октомври 2008

# Съдържание

|                                                                                                  |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>КОЛОФОН</b>                                                                                   | <b>2</b>  |
| <b>СЪДЪРЖАНИЕ</b>                                                                                | <b>3</b>  |
| <b>ЦЕЛ И ЗАДАЧА НА НАРЪЧНИКА</b>                                                                 | <b>9</b>  |
| <b>1. ПРЕДИМСТВА НА ТЕХНОЛОГИИТЕ ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА БИОГАЗ</b>                                   | <b>10</b> |
| 1.1 Ползи за обществото                                                                          | 10        |
| 1.1.1 Източник на възобновяема енергия                                                           | 10        |
| 1.1.2 Намаляване на емисиите на парникови газове и на последствията от глобалното затопляне      | 11        |
| 1.1.3 Намалена зависимост от вноса на природни горива                                            | 11        |
| 1.1.4 Принос към целите на Европейския съюз за устойчива енергетика и опазване на околната среда | 12        |
| 1.1.5 Намаляване на отпадъците                                                                   | 12        |
| 1.1.6 Създаване на нови работни места                                                            | 12        |
| 1.1.7 Възможност за гъвкаво и ефективно използване на енергийния потенциал на биогаза            | 12        |
| 1.1.8 Малък разход на вода                                                                       | 12        |
| 1.2 Ползи за фермерите                                                                           | 13        |
| 1.2.1 Източник на допълнителен доход                                                             | 13        |
| 1.2.2 Отличен продукт за наторяване                                                              | 13        |
| 1.2.3 Затворен цикъл на хранителните вещества                                                    | 13        |
| 1.2.4 Възможност за използване на различни суровини                                              | 13        |
| 1.2.5 Намаляване на неприятните миризми и летящите насекоми                                      | 14        |
| 1.2.6 Санитарна безопасност                                                                      | 15        |
| <b>2. СЪВРЕМЕННО НИВО НА РАЗВИТИЕ И ПОТЕНЦИАЛ ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА БИОГАЗ</b>                      | <b>15</b> |
| 2.1 Съвременно ниво на развитие на производството на биогаз в Европа и по света                  | 15        |
| 2.2 Потенциал за производство на биогаз в Европа и по света                                      | 16        |
| <b>3. ОСНОВНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА МЕТАНОГЕНЕЗАТА</b>                                               | <b>17</b> |
| 3.1 СУБСТРАТИ ЗА МЕТАНОГЕНЕЗАТА                                                                  | 18        |
| 3.2 МЕТАНОГЕНЕЗА                                                                                 | 22        |
| 3.2.1 Хидролиза                                                                                  | 24        |
| 3.2.2 Образуване на киселини                                                                     | 24        |
| 3.2.3 Ацетогенеза                                                                                | 24        |
| 3.2.4 Същинска метаногенеза                                                                      | 25        |
| 3.3 ПАРАМЕТРИ НА МЕТАНОГЕНЕЗАТА                                                                  | 25        |
| 3.3.1 Температура                                                                                | 25        |
| 3.3.2 pH                                                                                         | 28        |
| 3.3.3 Летливи мастни киселини                                                                    | 28        |
| 3.3.4 Амоняк                                                                                     | 29        |
| 3.3.5 Микроелементи, хранителни добавки и токсични вещества                                      | 29        |
| 3.4 РАБОТНИ ПАРАМЕТРИ                                                                            | 30        |
| 3.4.1 Органичен товар                                                                            | 30        |
| 3.4.2 Хидравлично време на престой (HRT)                                                         | 30        |
| 3.4.3 Списък на параметрите                                                                      | 31        |
| <b>4. ОСНОВНИ ПРИЛОЖЕНИЯ НА БИОГАЗА</b>                                                          | <b>32</b> |

|           |                                                                                       |           |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.1       | СЕЛСКОСТОПАНСКИ ИНСТАЛАЦИИ ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА БИОГАЗ .....                            | 32        |
| 4.1.1     | Фамилни инсталации за биогаз.....                                                     | 33        |
| 4.1.2     | Фермерски инсталации за биогаз .....                                                  | 34        |
| 4.1.3     | Централизиран (съвместни) инсталации за ко-ферментация .....                          | 37        |
| 4.2       | ИНСТАЛАЦИИ ЗА ТРЕТИРАНЕ НА ОТПАДЪЧНИ ВОДИ.....                                        | 39        |
| 4.3       | ИНСТАЛАЦИИ ЗА ПРЕРАБОТКА НА ТВЪРДИ БИТОВИ ОТПАДЪЦИ.....                               | 40        |
| 4.4       | ПРОМИШЛЕНИ ИНСТАЛАЦИИ ЗА БИОГАЗ .....                                                 | 41        |
| 4.5       | ИНСТАЛАЦИИ ЗА ПОЛУЧАВАНЕ НА СМЕТИЩЕН ГАЗ.....                                         | 42        |
| <b>5.</b> | <b>ИЗПОЛЗВАНЕ НА БИОГАЗ .....</b>                                                     | <b>43</b> |
| 5.1       | СВОЙСТВА НА БИОГАЗА .....                                                             | 44        |
| 5.2       | ДИРЕКТНО ИЗГАРЯНЕ И ОПОЛЗОТВОРЯВАНЕ НА ТОПЛИНАТА .....                                | 45        |
| 5.3       | КОМБИНИРАНО ПРОИЗВОДСТВО НА ТОПЛИНА И ЕЛЕКТРОЕНЕРГИЯ .....                            | 45        |
| 5.3.1     | Газови двигатели на Ото .....                                                         | 47        |
| 5.3.2     | Газов мотор с пилотно инжектиране.....                                                | 47        |
| 5.3.3     | Двигатели на Стирлинг .....                                                           | 48        |
| 5.3.4     | Микротурбини за биогаз.....                                                           | 48        |
| 5.3.5     | Горивна клетка.....                                                                   | 49        |
| 5.4       | ПОЛУЧАВАНЕ НА БИОМЕТАН (ОБОГАТЯВАНЕ НА БИОГАЗА) .....                                 | 50        |
| 5.4.1     | Биогаз като транспортно гориво.....                                                   | 51        |
| 5.4.2     | Биометан за инжектиране в газопреносната мрежа.....                                   | 52        |
| 5.4.3     | Производство на въглероден диоксид и метан за химическата промишленост .....          | 53        |
| <b>6.</b> | <b>ОПОЛЗОТВОРЯВАНЕ НА ВТОРИЧНАТА БИОМАСА .....</b>                                    | <b>53</b> |
| 6.1       | ПРОИЗВОДСТВО НА БИОГАЗ – ТЕХНОЛОГИЯ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ОРГАНИЧНИ ТОРОВЕ И ФРАКЦИИ ..... | 54        |
| 6.2       | ОТ ТОР ДО ВТОРИЧНА БИОМАСА ЗА НАТОРЯВАНЕ.....                                         | 54        |
| 6.2.1     | Биологично разграждане на органичната материя .....                                   | 54        |
| 6.2.2     | Намаляване на миризмите .....                                                         | 54        |
| 6.2.3     | Намален санитарен риск.....                                                           | 55        |
| 6.2.4     | Унищожаване на семената на плевелите .....                                            | 55        |
| 6.2.5     | Предотвратяване на унищожаването на посевите.....                                     | 56        |
| 6.2.6     | Подобряване на качеството на торовете .....                                           | 56        |
| 6.3       | УПОТРЕБА НА ВТОРИЧНА БИОМАСА КАТО ПОДОБРИТЕЛ НА ПОЧВАТА.....                          | 56        |
| 6.4       | ЕФЕКТИ ВЪРХУ ПОЧВАТА ОТ ТОРЕНЕТО С ВТОРИЧНА БИОМАСА .....                             | 57        |
| 6.5       | ПРАКТИЧЕСКИ ОПИТ .....                                                                | 59        |
| 6.6       | ПОДОБРЯВАНЕ НА СВОЙСТВАТА НА ВТОРИЧНАТА БИОМАСА .....                                 | 59        |
| 6.6.1     | Методи за подобряване на вторичната биомаса.....                                      | 59        |
| 6.6.2     | Важни аспекти .....                                                                   | 62        |
| 6.7       | УПРАВЛЕНИЕ НА КАЧЕСТВОТО НА ВТОРИЧНАТА БИОМАСА .....                                  | 63        |
| 6.7.1     | Взимане на проби, анализи и регистриране на вторичната биомаса .....                  | 63        |
| 6.7.2     | Управление на хранителните вещества във вторичната биомаса.....                       | 63        |
| 6.7.3     | Общи правила за безопасно рециклирана и качествена вторична биомаса .....             | 64        |
| <b>7.</b> | <b>КОМПОНЕНТИ НА ИНСТАЛАЦИЯТА ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА БИОГАЗ .....</b>                     | <b>65</b> |
| 7.1       | ПРИЕМНИЦИ ЗА СВЕЖА БИОМАСА .....                                                      | 68        |
| 7.2       | СЪХРАНЕНИЕ И ТРЕТИРАНЕ НА СВЕЖА БИОМАСА.....                                          | 69        |
| 7.2.1     | Съхранение на свежа биомаса .....                                                     | 69        |
| 7.2.2     | Третиране на свежа биомаса .....                                                      | 71        |
| 7.3       | ПОДАВАЩА СИСТЕМА .....                                                                | 73        |
| 7.3.1     | Транспорт на годната за изпомпване суровина .....                                     | 73        |
| 7.3.2     | Транспорт на суха биомаса .....                                                       | 75        |
| 7.4       | АРМАТУРИ И ТРЪБОПРОВОДИ.....                                                          | 78        |
| 7.5       | ПОДГРЯВАЩА СИСТЕМА – ПОДГРЯВАНЕ НА БИОРЕАКТОРА.....                                   | 79        |
| 7.6       | БИОРЕАКТОРИ .....                                                                     | 80        |
| 7.6.1     | Биореактори с периодично култивиране .....                                            | 81        |

|            |                                                                                                     |            |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 7.6.2      | Биореактори с непрекъснато култивиране.....                                                         | 82         |
| 7.6.3      | Поддръжка на биореакторите.....                                                                     | 85         |
| 7.7        | <b>ТЕХНОЛОГИИ ЗА РАЗБЪРКВАНЕ .....</b>                                                              | <b>86</b>  |
| 7.7.1      | Механично разбъркване.....                                                                          | 87         |
| 7.7.2      | Пневматично разбъркване.....                                                                        | 88         |
| 7.7.3      | Хидравлично разбъркване .....                                                                       | 88         |
| 7.8        | <b>СЪХРАНЕНИЕ НА БИОГАЗ .....</b>                                                                   | <b>89</b>  |
| 7.8.1      | Резервоари, работещи под налягане .....                                                             | 90         |
| 7.8.2      | Съхранение на биогаз при средно и високо налягане.....                                              | 91         |
| 7.8.3      | Факел за изгаряне на биогаз.....                                                                    | 91         |
| 7.9        | <b>ОЧИСТВАНЕ НА БИОГАЗА .....</b>                                                                   | <b>92</b>  |
| 7.9.1      | Десулфоризация .....                                                                                | 93         |
| 7.9.2      | Сушене.....                                                                                         | 96         |
| 7.10       | <b>СЪХРАНЕНИЕ НА ВТОРИЧНАТА БИОМАСА .....</b>                                                       | <b>97</b>  |
| 7.11       | <b>КОНТРОЛ НА ПРОЦЕСА.....</b>                                                                      | <b>99</b>  |
| 7.11.1     | Количество на влаганата с помпи суровина .....                                                      | 100        |
| 7.11.2     | Количество на влаганата твърда суровина.....                                                        | 101        |
| 7.11.3     | Ниво на запълване на биореактора .....                                                              | 101        |
| 7.11.4     | Ниво на запълване на резервоарите за газ .....                                                      | 101        |
| 7.11.5     | Температура на процеса.....                                                                         | 101        |
| 7.11.6     | pH.....                                                                                             | 101        |
| 7.11.7     | Определяне на мастните киселини .....                                                               | 101        |
| 7.11.8     | Количество на получения биогаз .....                                                                | 102        |
| 7.11.9     | Състав на получения биогаз.....                                                                     | 102        |
| <b>8.</b>  | <b>ПЛАНИРАНЕ И СТРОЕЖ НА ИНСТАЛАЦИЯ ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА БИОГАЗ.....</b>                              | <b>103</b> |
| 8.1        | ИЗГОТВЯНЕ НА ПРОЕКТ ЗА СТРОЕЖ НА ИНСТАЛАЦИЯ ЗА БИОГАЗ.....                                          | 103        |
| 8.2        | КАК ДА ОСИГУРИМ ПОСТОЯННО СНАБДЯВАНЕ СЪС СУРОВИНИ .....                                             | 105        |
| 8.2.1      | Определяне на размера на инсталации, използващи като суровина селскостопански отпадъци .....        | 106        |
| 8.2.2      | Определяне на размера на инсталации, работещи с индустриални / битови отпадъци.....                 | 107        |
| 8.2.3      | Схеми за снабдяване със суровини.....                                                               | 107        |
| 8.3        | КЪДЕ Е ПОДХОДЯЩО ДА ПОСТРОИМ ИНСТАЛАЦИЯ ЗА БИОГАЗ .....                                             | 108        |
| 8.4        | ПОЛУЧАВАНЕ НА РАЗРЕШИТЕЛНИ.....                                                                     | 109        |
| 8.5        | ПУСКАНЕ В ЕКСПЛОАТАЦИЯ НА ИНСТАЛАЦИЯ ЗА БИОГАЗ .....                                                | 110        |
| <b>9.</b>  | <b>ОБЕЗОПАСЯВАНЕ НА ИНСТАЛАЦИИ ЗА БИОГАЗ .....</b>                                                  | <b>110</b> |
| 9.1        | ПРЕДОТВРАТЯВАНЕ НА ПОЖАРИ И ЕКСПЛОЗИИ.....                                                          | 111        |
| 9.2        | РИСКОВЕ ОТ ОТРАВЯНЕ И ЗАДУШАВАНЕ .....                                                              | 112        |
| 9.3        | ЗДРАВНИ РИСКОВЕ И РИСКОВЕ ОТ ИНЦИДЕНТИ .....                                                        | 113        |
| 9.4        | ХИГИЕНИЗИРАНЕ, КОНТРОЛ НА ПАТОГЕНИТЕ И САНИТАРЕН КОНТРОЛ.....                                       | 113        |
| 9.4.1      | Санитарни аспекти на инсталацията за биогаз .....                                                   | 113        |
| 9.4.2      | Параметри за здравословна работа на инсталацията за биогаз .....                                    | 114        |
| 9.4.3      | Индикаторни организми .....                                                                         | 116        |
| 9.4.4      | Изисквания към хигиенизирането.....                                                                 | 117        |
| <b>10.</b> | <b>ИКОНОМИЧЕСКИ АСПЕКТИ НА ИНСТАЛАЦИЯТА ЗА БИОГАЗ .....</b>                                         | <b>119</b> |
| 10.1       | ФИНАНСИРАНЕ НА ПРОЕКТИ ЗА ИЗГРАЖДАНЕ НА ИНСТАЛАЦИИ ЗА БИОГАЗ.....                                   | 119        |
| 10.2       | ИКОНОМИЧЕСКА ПРОГНОЗА НА ПРОЕКТ ЗА ИНСТАЛАЦИЯ ЗА БИОГАЗ.....                                        | 120        |
| 10.2.1     | Заклучения относно икономическата прогноза за инсталациите за биогаз .....                          | 121        |
| <b>11.</b> | <b>ПЕРСПЕКТИВИ В БЪЛГАРИЯ.....</b>                                                                  | <b>122</b> |
| 11.1       | ИНСТРУМЕНТИ, НАСЪРЧАВАЩИ ПРОИЗВОДСТВОТО НА ВЪЗОБНОВЯЕМА ЕНЕРГИЯ В БЪЛГАРИЯ.....                     | 122        |
| 11.1.1     | Механизми за подпомагане производството на електроенергия от възобновяеми енергийни източници ..... | 122        |



|                                                                                     |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| ▪ Подпомагане чрез преференциални цени .....                                        | 122        |
| ▪ Заеми .....                                                                       | 123        |
| 11.1.2 Механизми подпомагащи използването на ВЕИ, с цел отопление и охлаждане ..... | 124        |
| 11.1.3 Подпомагане на биогоривата .....                                             | 125        |
| ▪ Квота задължения .....                                                            | 125        |
| ▪ Данъчни облекчения за биогоривата .....                                           | 125        |
| 11.1.4 Подпомагане на всички видове ВЕИ .....                                       | 125        |
| 11.2 ПОЛИТИКИ, КАСАЕЩИ ВЪЗОБНОВЯЕМАТА ЕНЕРГИЯ В БЪЛГАРИЯ .....                      | 126        |
| 11.2.1 Законодателна рамка за всички видове ВЕИ .....                               | 126        |
| 11.2.2 Законодателна рамка за производството и употребата на биогаз .....           | 130        |
| 11.3 НАЦИОНАЛНИ ЦЕЛИ ЗА ПРОИЗВОДСТВО И УПОТРЕБА НА ВЪЗОБНОВЯЕМА ЕНЕРГИЯ.....        | 130        |
| 11.4 ИНСТАЛАЦИИ ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА БИОГАЗ В БЪЛГАРИЯ .....                          | 130        |
| 11.5 ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ОПОЛЗОТВОРЯВАНЕ НА ОТПАДЪЦИ, С ЦЕЛ ПРОИЗВОДСТВО НА БИОГАЗ       | 131        |
| 11.6 НАЛИЧНОСТ НА СУРОВИНИ В БЪЛГАРИЯ .....                                         | 132        |
| 11.7 СЕЛСКОСТОПАНСКИ СТРУКТУРИ В БЪЛГАРИЯ .....                                     | 134        |
| 11.8 ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ИНЖЕКТИРАНЕ НА БИОМЕТАН В НАЦИОНАЛНАТА МРЕЖА ЗА ПРИРОДЕН        |            |
| ГАЗ В БЪЛГАРИЯ .....                                                                | 135        |
| 11.9 ПОЛЗИ ОТ ПРОИЗВОДСТВО НА БИОГАЗ В БЪЛГАРИЯ.....                                | 137        |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ 1. РЕЧНИК И ЕДИНИЦИ ЗА ПРЕОБРАЗУВАНЕ.....</b>                         | <b>139</b> |
| Речник.....                                                                         | 139        |
| ТАБЛИЦА ЗА ПРЕОБРАЗУВАНЕ .....                                                      | 145        |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ЛИТЕРАТУРА.....</b>                                                | <b>146</b> |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ 3. АДРЕСИ НА КОНСОРЦИУМА .....</b>                                    | <b>150</b> |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ПОЛЕЗНИ АДРЕСИ В БЪЛГАРИЯ .....</b>                                | <b>152</b> |

## Предговор

Един от основните екологични проблеми на съвременното общество е генерирането на все по-големи количества отпадъци. В много държави устойчивото управление на отпадъците, както и борбата за тяхното редуциране, се ползват с мажоритарен политически приоритет, като заемат важен дял от обществените усилия за намаляване на общото замърсяване и за смекчаване на глобалните климатични промени. Някогашните практики за нерегулирано депониране на отпадъците не са приложими в днешни дни. Дори контролираното изхвърляне на отпадъците върху сметищата, както и изгарянето на органичните суровини не са от най-добрите методи за тяхната обработка, тъй като стандартите за опазване на околната среда стават все по-строги и се стремят към възвращаемост на енергията чрез преработка на хранителните вещества и органичната материя.

Производството на биогаз чрез анаеробно разграждане (анаеробна ферментация) се разглежда като оптимален метод за обработка на течен и твърд оборски тор, както и за широк спектър от подходящи органични отпадъци, тъй като преобразува този вид субстрати във възобновяема енергия и органичен тор, подходящ за употреба в селското стопанство.

Анаеробното разграждане е микробиологичен процес на разграждане на органична материя в отсъствие на кислород, и е характерно за много естествени среди. В днешно време, анаеробното разграждане намира приложение предимно за производство на биогаз в херметични реактори-резервоари, наричани обикновено биореактори или метантанкове. В анаеробния процес са въввлечени широк спектър микроорганизми, като основните крайни продукти от тяхната дейност са биогаз и вторична биомаса. Биогазът е запалим газ, съдържащ метан, въглероден диоксид и малки количества други газове. Вторичната биомаса е преработен субстрат, богат на хранителни вещества, поради което може да се използва за подхранване на растенията.

Производството и оползотворяването на получения биогаз е документирано за пръв път в Обединеното Кралство през 1895 г. (Metcalf и Eddy, 1979 г.). В последствие, процесът е бил доразработван и широко прилаган с цел обработка на отпадъчни води и за стабилизация на утайка. Енергийната криза през 70-те години на XX век подтиква към ново разбиране относно употребата на възобновяеми горива, в това число и биогаз, получен чрез анаеробно разграждане. В последно време, интересът към биогаза все повече нараства поради глобалните усилия за заместване на изкопаемите горива с възобновяеми, както и поради необходимостта да се намерят устойчиви за околната среда решения за обработка и рециклиране на оборски тор и органични отпадъци.

Инсталациите за производство на биогаз чрез анаеробно разграждане, обработващи селскостопански субстрати, като течен и твърд оборски тор, растителни отпадъци, енергийни култури, органични остатъци от селскостопанската и хранителната индустрия, са някои от най-важните приложения на анаеробното разграждане в днешни дни. По данни на международната агенция по енергетика (МАЕ), няколко хиляди са работещите селскостопански инсталации за производство на биогаз в Европа и Северна Америка, като само в Германия те са повече от 3 700 (данни за 2007 г.).

Производството на биогаз чрез метаногенеза е приоритет на европейската политика за биогорива и възобновяема енергия, тъй като биогазът представлява евтин и CO<sub>2</sub>-неутрален източник на възобновяема енергия, който дава възможност за обработка и рециклиране на широка гама от селскостопански отпадъци и субпродукти по устойчив и безвреден за околната среда начин. В същото време производството на

биогаз води до редица социално-икономически ползи за обществото като цяло, както и за самите производители.

Установено е, че Европа разполага със значителен потенциал за производство на биогаз, базиращ се на селскостопански суровини. След разширяването на Европейският съюз (ЕС), новите страни-членки от Източна Европа са длъжни да оползотворят биогазовия си потенциал, както и да извлекат ползи от производството на биогаз. Прилагането на технологиите, базирани на анаеробно разграждане в тези страни ще доведе до смекчаване на глобалните проблеми, водещи до замърсяване на околната среда и освен това ще допринесе за повишаване на устойчивото развитие на селските райони и като цяло за развитието на селскостопанския сектор.

Teodorita Al Seadi and Dominik Rutz  
Теодорита Ал Сеади и Доминик Рутц



## Цел и задача на наръчника

Наръчникът за биогаз е създаден като указание от тип “Как да подходим”. С него се дава основна информация за получаване на биогаз чрез анаеробно разграждане на отпадъчна биомаса с акцент върху селскостопанските инсталации. Целта е да се предостави обобщен източник на информация за техническите и другите аспекти при производството на биогаз от селскостопански органични отпадъци. Ръководството е адресирано, както до фермерите и бъдещите оператори на инсталации, така и до всички заинтересовани в областта на получаването на биогаз лица.

Наръчникът съдържа четири основни части. Първата част, **“Какво е биогаз и защо се нуждаем от него”** предоставя основна информация за процеса на анаеробно разграждане, технологиите за производство на биогаз, основните технически елементи на инсталацията за биогаз и устойчивото използване на биогаз и вторична биомаса. Втората част от Наръчника, **“Как да започнем”**, показва подхода за планиране и изграждане на инсталацията за биогаз, елементите за безопасност, които трябва да се вземат под внимание, както и анализ на възможните ползи и разходи за тази инсталация. В тази част е включена и методика за изчисление с използване на EXCEL. Третата част, **“Изграждане на инсталации за биогаз в България”** съдържа информация относно потенциала и възможностите за производство на биогаз в България към 2008г., националното законодателство, основните стимули и пречки за развитие на производството на биогаз, полезни контакти, интернет адреси и др. Четвъртата част, **“Полезна информация”**, съдържа обяснения на термините, съкращенията и таблици с превръщане на мерни единици от различни системи, препоръчителна литература и необходими адреси за контакти.

## Какво е биогаз и защо се нуждаем от него?

### **1. Предимства на технологиите за производство на биогаз**

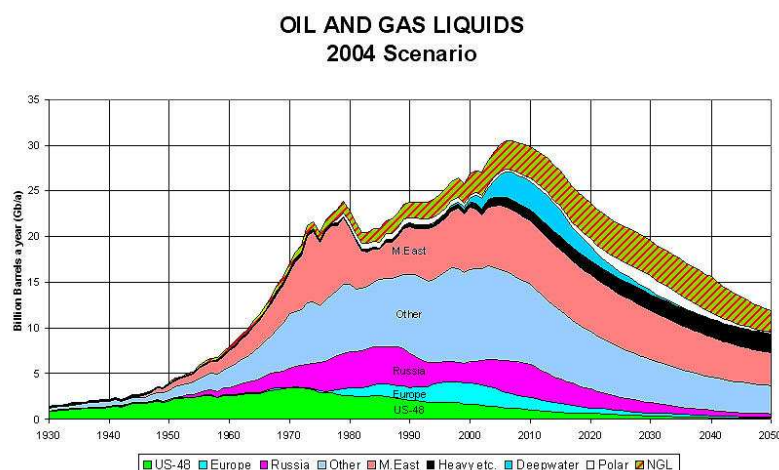
Производството и използването на биогаз от анаеробното разграждане на органични отпадъци води до редица ползи за околната среда, социално-икономически ползи за обществото и за участващите фермери. Използването на веригата вътрешни активи за производството на биогаз повишава локалните икономически възможности, създава работни места в селските области и повишава обезпечаването с регионални мощности. Подобрява се жизнения стандарт и се допринася за икономическото и общественото развитие.

#### **1.1 Ползи за обществото**

##### **1.1.1 Източник на възобновяема енергия**

Съвременните глобални енергийни доставки са силно зависими от изкопаемите енергийни източници (суров петрол, лигнитни въглища, каменни въглища, природен газ). Тези източници са получени от вкаменени останки на мъртви растения и животни, които са били подложени на действието на топлината и налягането в земната кора в продължение на стотици милиони години. Това прави фосилните горива невъзобновяеми ресурси, чиито запаси намаляват много по-бързо, отколкото се формират нови.

Пикът на производството на петрол се определя като “момент, в който се достига максимума на световното производство на суров петрол, след което скоростта на производството намалява”. Според различни изследователи, пикът вече е настъпил или се очаква да настъпи в рамките на близък период от време (Фиг. 1.1). За разлика от изкопаемите горива, биогазът е възобновяем енергиен източник. Произвежда се от биомаса, която акумулира и съхранява слънчевата енергия чрез фотосинтеза. Биогазът не само ще подобри енергийния баланс на страната, но ще има също и важен принос за запазване на природните ресурси и подобряване на качеството на околната среда.



Фиг. 1.1 Сценарий на световното производство на петрол и петролния пик (ASPO, 2008 г.)

### 1.1.2 Намаляване на емисиите на парникови газове и на последствията от глобалното затопляне

При изгарянето на природни горива като лигнитни и антрацитни въглища, суров петрол и природен газ, въглеродът, съхраняван милиони години в земната кора се отделя в атмосферата като въглероден диоксид ( $\text{CO}_2$ ). Нарастването на концентрацията на  $\text{CO}_2$  в атмосферата причинява глобално затопляне, поради парниковия потенциал на този газ. Изгарянето на биогаз, също, води до отделяне на  $\text{CO}_2$ , но основната разлика с природните горива е, че въглеродът в него е иззет скоро от атмосферата чрез фотосинтезата на растенията. По тази причина, въглеродният цикъл на биогаза е затворен в рамките на много кратък период от време (между една и няколко години). При производството на биогаз чрез анаеробно разграждане се намаляват и емисиите на метана ( $\text{CH}_4$ ) и на диазотния оксид ( $\text{N}_2\text{O}$ ), отделяни при съхраняването и използването на оборски тор за наторяване. Парниковият ефект на метана е 23 пъти, а на диазотния оксид 296 пъти по-висок от този на въглеродния диоксид. Използването на биогаз заменя природните горива за производството на енергия и в транспорта, с което намалява емисиите на  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  и  $\text{N}_2\text{O}$  и съответно допринася за ограничаване на глобалното затопляне.

### 1.1.3 Намалена зависимост от вноса на природни горива

Изкопаемите горива са ограничени ресурси, концентрирани в няколко географски зони на нашата планета. Това прави страните извън тези области постоянно зависими и с несигурен статут за внос на енергийни доставки. Повечето европейски страни са силно зависими от вноса на енергия от райони, богати на изкопаеми горива като Русия или Близкия изток. Разработването и прилагането на възобновяеми енергийни източници като биогаз ще повиши устойчивостта и сигурността на националните енергийни доставки и ще намали зависимостта от вноса на енергия.

#### **1.1.4 Принос към целите на Европейския съюз за устойчива енергетика и опазване на околната среда**

Борбата с глобалното затопляне е един от основните приоритети на европейските енергийни и екологични политики. Европейските цели за производство на възобновяема енергия, намаляване на емисиите на парникови газове, както и устойчивото управление на отпадъците, се основават на ангажмента на държавите-членки на ЕС да приложат необходимите мерки за изпълнението им. Производството и използването на биогаз има потенциала да постигне и трите цели в едно и също време.

#### **1.1.5 Намаляване на отпадъците**

Едно от най-големите предимства на производството на биогаз е възможността отпадъчната биомаса да се трансформира в ценен ресурс чрез използването ѝ като суровинен източник за анаеробно разграждане. Много европейски страни имат проблем със свръхпроизводството на органични отпадъци от промишлеността, селското стопанство и бита (домакинствата). Производството на биогаз е отличен начин за справяне с нарастващите ограничения на националните и Европейските разпоредби в тази област и за използването на органичните отпадъци за производство на енергия и тор като вторичен продукт. Технологиите за производство на биогаз допринасят за редуциране на обема на отпадъците и на разходите за оползотворяването им.

#### **1.1.6 Създаване на нови работни места**

Развитието на национален сектор за производство на биогаз ще стимулира създаването на нови предприятия със значителен икономически потенциал, ще повиши приходите на селските райони и ще доведе до създаване на нови работни места. В сравнение с използването на вносни природни горива, производството на биогаз изисква много повече работна сила за производство, събиране и транспортиране на суровините, за производство на техническите съоръжения, както и за изграждане, експлоатация и поддръжка на инсталациите за биогаз и т.н.

#### **1.1.7 Възможност за гъвкаво и ефективно използване на енергийния потенциал на биогаза**

Биогазът е носител на енергия с широко приложение. В развиващите се страни, едно от най-простите приложения на биогаз е за приготвяне на храна и за осветление. В много европейски страни, биогазът се използва за комбинирано производство на топлина и енергия. Биогазът може да бъде, също, инжектиран към мрежите за природен газ, да се използва като транспортно гориво или да се използва в технологиите с горивни клетки.

#### **1.1.8 Малък разход на вода**

При производството на биогаз се използва най-малко количество вода сравнено с производството на други видове биогорива. Този аспект е толкова важен, колкото и енергийната му ефективност, поради очакваният в най-близко бъдеще недостиг на вода в някои части на света.

## **1.2 Ползи за фермерите**

### **1.2.1 Източник на допълнителен доход**

Производството на суровина в комбинация с експлоатацията на инсталации за биогаз прави технологиите за биогаз икономически атрактивни за фермерите и допринася за повишаване на техните приходи. Независимо от допълнителните приходи, фермерите получават нова и важна социална функция като доставчици на енергия и оператори по третиране на отпадъци.

### **1.2.2 Отличен продукт за наторяване**

Инсталацията за биогаз не е единствено доставчик на енергия. Ферментиралата биомаса, наречена вторична биомаса, е ценен за почвите тор, богат на азот, фосфор, калий и микроелементи. В сравнение със суровия оборски тор, вторичната биомаса има подобрена ефективност на наторяване поради хомогенността ѝ и по-високата хранителна стойност, по-доброто съотношение C/N и минималното отделяне на миризма.

### **1.2.3 Затворен цикъл на хранителните вещества**

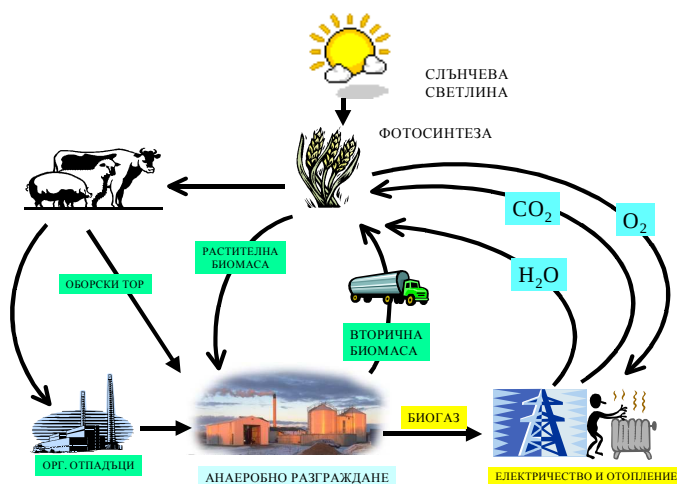
При производството на биогаз, цикълът на хранителните вещества – от получаването на суровината до прилагането на вторичната биомаса като средство за наторяване – е затворен. Въглеродсъдържащите вещества (C) намаляват в процеса на преработката, полученият метан ( $\text{CH}_4$ ) се използва за производство на енергия, а въглеродният диоксид ( $\text{CO}_2$ ) се освобождава в атмосферата и се усвоява от растенията чрез фотосинтеза. Някои въглеродни съединения остават във вторичната биомаса и при използването ѝ за наторяване, тези съединения подобряват въглеродното съдържание на почвите. Производството на биогаз може да се интегрира перфектно в конвенционалното земеделие и животновъдството, при което вторичната биомаса да измести минералните торове, произведени с изразходване на голямо количество природни горива. Фиг. 1.2 показва устойчивия затворен цикъл на биогаза.

### **1.2.4 Възможност за използване на различни суровини**

Много и различни видове суровини могат да се използват за производството на биогаз: твърд и течен оборски тор, остатъци от земеделски култури, енергийни култури, органични отпадъци от млекопреработването и други отрасли на хранителната промишленост и селското стопанство, утайки от отпадъчни води, битови органични отпадъци и такива от ресторантьорския бизнес. Биогаз може да се събира и от депата за битови отпадъци.

Основно предимство на производството на биогаз е възможността да се използва като суровина така наречената “влажна биомаса”. Примери за влажна биомаса са утайките от отпадъчни води на мандри, свинеферми и градски пречиствателни станции или течни отпадъчни потоци от хранителната промишленост, всички характеризирани се с влагосъдържание повече от 60–70%.

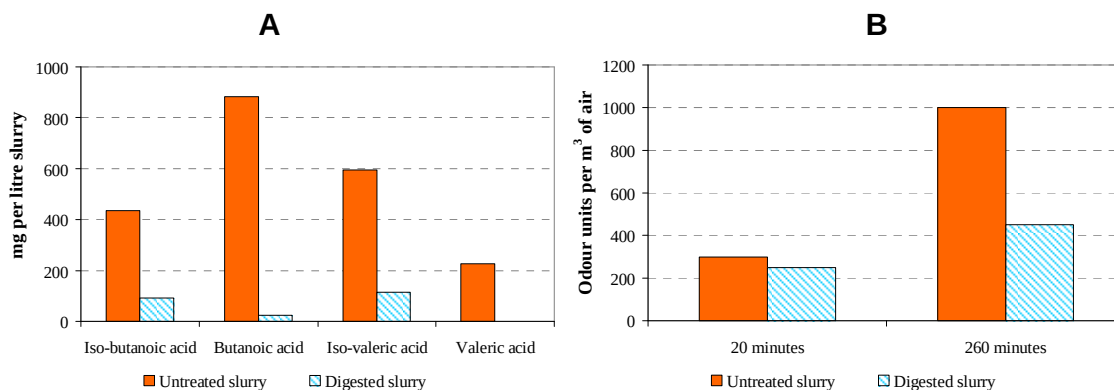
В последните години за производство на биогаз широко се използват голям брой енергийни култури (царевица, рапица и др.). Независимо от тях, всички видове селскостопански отпадъци, дори и повредена реколта и посеви могат да се използват за производство на биогаз и торове. Някои животински продукти, неподходящи за консумация от хората, също могат да се преработват в инсталациите за биогаз. Детайлното описание на субстратите, подходящи за производство на биогаз е обект на глава 3.1.



Фиг. 1.2 Устойчив цикъл за получаване на биогаз от анаеробно разграждане на органични отпадъци (AL SEADI, 2002 г.)

### 1.2.5 Намаляване на неприятните миризми и летящите насекоми

Съхраняването и прилагането на твърд и течен оборски тор и много органични отпадъци е съпроводено с отделяне на упорити, неприятни миризми, които привличат насекомите. Производството на биогаз намалява тези миризми до 80%. Вторичната биомаса е почти без мирис, а остатъчните амонячни миризми изчезват скоро след използването ѝ на полето. Фиг. 1.3 илюстрира ефектите на редуциране на миризмите във вторичната биомаса чрез намаляване на съдържанието в нея на сяросъдържащите летливи мастни киселини.



Фиг. 1.3 А: Концентрации на летливи сяросъдържащи мастни киселини (излъчват неприятен мирис) в нетретиран и във ферментирани субстрати

В: Концентрация на летливи сяросъдържащи мастни киселини във въздуха от проби, събрани над полета, след прилагане на нетретиран и на ферментирани субстрати (HANSEN, 2004 г.)



### 1.2.6 Санитарна безопасност

В сравнение с непреработените торове и разтвори, използването на вторичната биомаса за наторяване подобрява санитарната безопасност. По време на анаеробното разграждане се осъществява контролирано очистване на вторичната биомаса, за да е подходяща за използване като тор. В зависимост от типа на използваната суровина чистотата на вторичната биомаса може да се осигури чрез поддържане на подходяща температура за ферментация, пастьоризиране или стерилизиране под налягане. Целите на тези процеси са дезактивиране на патогенните микроорганизми, семената на плевелите и други биологични рискове и прекъсване на веригата за предаване на болести.

## 2. Съвременно ниво на развитие и потенциал за производство на биогаз

### 2.1 Съвременно ниво на развитие на производството на биогаз в Европа и по света

През последните години, световният пазар за биогаз нараства с по 20 до 30% на година. В Европа, страни като Австрия, Дания, Германия и Швеция са между тези с най-голям опит по отношение на модерните технологии за производство на биогаз и имат успех в изграждането на национален пазар за биогаз. За да се развият тези пазари, бяха проведени интензивни изследвания, разработки и демонстрации на получените резултати. Тези действия подпомогнаха секторите за производство на биогаз да получат значителни правителствени субсидии и подкрепата на обществеността. Участващите фермери, операторите на инсталации за биогаз и инвеститорите натрупаха важни познания, ноу-хау и експертен опит в технологиите за получаване на биогаз.

Заедно с традиционните типове суровини за производство на биогаз в Германия и Австрия започна и отглеждането на енергийни култури. Усилията на изследователите се насочиха в посока на нарастване на продуктивността и разнообразието на културите, енергоносители и оценка на техния потенциал за производство на биогаз. Описаха се нови фермерски практики и нови системи за ротация на посевите. В момента междуредовото засяване и комбинираното култивиране на посеви са предмет на интензивни изследвания и разработки.

През последните години, изследователската работа бе насочена към **технологиите за превръщане** на суровините в биогаз. Бяха адаптирани и въведени в действие нови ферментатори, системи за подаване, хранилища и други съоръжения необходими при производството на биогаз. И двата типа на течна и суха ферментация на субстрата са непрекъснато подобрявани чрез изследователска дейност, комбинирана с експлоатационен опит, като усилията се фокусираха както върху стабилността на процеса и на изпълнението му, така и върху нови комбинации от субстрати.

Най-разпространено в Европа е **използването на биогаз** за комбинирано производство на топлина и енергия. В страни като Швеция, Швейцария и Германия, пречистен биогаз се използва, също така, и като гориво в транспорта. В тези държави са изградени мрежи за пречистване и станции за зареждане с биогаз. Пречистването на биогаза и включването му в мрежата за природен газ е относително ново приложение, като първите построени инсталации са в Германия и Австрия. Най-новото приложение

на биогаза е в горивните клетки, като това приложение вече е широко разпространено в Германия.

Комбинираното производство на биогорива (биогаз, биоетанол и биодизел), храни и суровини за промишлеността, като част от концепцията за **биорафинериите** е важно поле за изследвания днес. В тази интегрирана система биогазът предоставя енергия за производството на течно биогориво и използва изходящите материали като суровина за метаногенезата. Смята се, че концепцията за интегрираната биорафинерия предоставя значителни предимства по отношение на енергийната ефективност, икономичната работа и редуцирането на парниковите газове. В тази връзка, голям брой пилотни проекти са осъществени в Европа и по света и се очаква в идните години да се получи пълен набор от резултати.

## 2.2 Потенциал за производство на биогаз в Европа и по света

Изчислено е, че глобалният потенциал на биомасата за производство на енергия е много висок. Оценките на този потенциал са базирани на различни сценарии и различни предположения, но всички резултати показват, че само една малка част от този потенциал се използва днес, а може да се увеличи значително.

Според Европейската асоциация за биомаса (AEBIOM), производството на енергия в Европа, основано на използването на биомаса, може да бъде повишено от 72 млн. тона през 2004г. до 220 млн. тона през 2020г. Най-големият потенциал за растеж се крие в биомасата с произход от селското стопанство. Според AEBIOM, 20 до 40 млн. хектара земя могат да бъдат използвани за производство на енергия в рамките на държавите от ЕС, без да окаже влияние на снабдяването с храни. В този аспект, биогазът играе важна роля и има много висок потенциал за развитие. Различни видове остатъци от биомаса, отпадъци и странични продукти от селското стопанство и бита са подходящи за превръщане в биогаз чрез анаеробно разграждане.



Фиг. 2.1 Европейска газопреносна мрежа и потенциални коридори (жълто), подходящи за производство на биогаз и инжектиране на биометан (THRAN, 2007 г.)

Оценката на потенциала за производство на биогаз в Европа е предизвикателство поради големия брой фактори и допускания, които трябва да се включат в пресмятанията. Например, потенциалът за производство на биогаз зависи от наличието на подходящи селскостопански земи, за да не се намали производството на храна, от продуктивността на посевите, от ефективността на метаногенезата, от енергийната ефективност на крайното потребление на биогаз и т.н. Немският институт за енергия и околна среда твърди, че потенциалът за производство на биогаз в Европа е достатъчно висок, за да бъде осъществено пълно заместване на природния газ чрез вкарването на пречистен биогаз (биометан) в мрежата за природен газ (Фиг. 2.1).

Понастоящем Германия, Австрия, Дания и Швеция са сред пионерите в европейския сектор за производство на биогаз с най-голям брой модерни инсталации. Голям брой инсталации за биогаз са в експлоатация и в другите части на света. В Китай до 2006 г. са регистрирани 18 милиона провинциални биореактори за производство на биогаз за бита, а общият потенциал за производство на биогаз в Китай се оценява на 145 млрд. кубически метри. В Индия, в експлоатация са около 5 милиона малко-машабни инсталации за биогаз. В други държави, като Непал и Виетнам също функционират значителен брой инсталации за биогаз. Повечето инсталации за биогаз в Азия използват лесни технологии и поради това са прости за проектиране и разпространение. От другата страна на Атлантическия океан, САЩ, Канада и много Латиноамерикански страни са по пътя на развитието на модерен сектор за производство на биогаз поради прилагането на благоприятна политическа рамка, стимулираща иновациите в този сектор. Големият брой съществуващи инсталации за биогаз в различни страни доказва, че технологиите за производство на биогаз са устойчиви и икономически надеждни.

### **3. Основни характеристики на метаногенезата**

Метаногенезата е биохимичен процес, чрез който сложни органични вещества се разграждат в отсъствие на кислород и с участието на различни видове бактерии до получаване на **биогаз**. Процесът на метаногенеза е типичен за много естествени среди като седиментите в дълбоките части на океаните и моретата, търбусите на преживните животни, торфените блатата и др.

Ако субстрата за метаногенезата е хомогенна смес от два или повече вида суровини (напр. разтвори на животински екскременти и органични отпадъци от хранителната промишленост) процеса се нарича “ко-ферментация”. Ко-ферментацията е най-често използваният процес за получаване на биогаз.

### 3.1 Субстрати за метаногенезата

Широк спектър от органични вещества могат да се използват като субстрати (суровини) за производството на биогаз (метаногенеза). Най-често използваните суровини са изброени по-долу:

- органични торове;
- ферментируеми органични отпадъци от хранителната и селскостопанската промишленост (от растителен или животински произход);
- органични фракции от битови отпадъци и от ресторантьорство (отпадъци от растителен или животински произход);
- канализационни утайки от пречиствателни станции;
- специализирани енергийни култури (царевица, мискантус, сорго, детелина).

Примери за суровини са представени на Фиг. 3.1, 3.2 и 3.3, а Табл. 3.1 съдържа списък на отпадъчни материали, подходящи за производство на биогаз.

**Табл. 3.1 Органични отпадъци, подходящи за биологична преработка (EUROPEAN WASTE CATALOGUE, 2007 г.)**

| Код на отпадъка       | Описание на отпадъка                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 02 00 00 <sup>1</sup> | Отпадъци от селското стопанство, градинарството, производството на аквакултури, горското стопанство, ловно-рибарската дейност, ловно-рибарската дейност, приготвянето и обработката на храни | Отпадъци от селското стопанство, градинарството, производство на аквакултури, горското стопанство, ловно-рибарската дейност                                                               |
|                       |                                                                                                                                                                                              | Отпадъци от приготвянето и обработката на месо, риба и други храни от животински произход                                                                                                 |
|                       |                                                                                                                                                                                              | Отпадъци от производството и обработката на плодове, зеленчуци, хранителни масла, какао, чай и тютюн: производство на консерви, мая и екстракт от мая, подготовка и ферментация на меласа |
|                       |                                                                                                                                                                                              | Отпадъци от производството на захар                                                                                                                                                       |
|                       |                                                                                                                                                                                              | Отпадъци от млекопреработвателната промишленост                                                                                                                                           |
|                       |                                                                                                                                                                                              | Отпадъци от хлебопроизводството и сладкарската промишленост                                                                                                                               |
|                       |                                                                                                                                                                                              | Отпадъци от производството на алкохолни и безалкохолни напитки (освен кафе, чай и какао)                                                                                                  |
| 03 00 00              | Отпадъци от дървопреработката и производството на панели и мебели, пулп, хартия и картон                                                                                                     | Отпадъци от дървопреработката и производството на панели и мебели                                                                                                                         |
|                       |                                                                                                                                                                                              | Отпадъци от производството и преработката на пулп, хартия и картон                                                                                                                        |
| 04 00 00              | Отпадъци от кожарската и текстилната промишленост и обработката на вълна                                                                                                                     | Отпадъци от кожарската промишленост и обработката на вълна                                                                                                                                |
|                       |                                                                                                                                                                                              | Отпадъци от текстилната промишленост                                                                                                                                                      |
| 15 00 00              | Пакетиране на отпадъци; абсорбенти, почистващи и филтриращи материали и защитни облекла, които не са класифицирани по друг начин                                                             | Пакетиране (включително разделно събираните градски отпадъци за пакетиране)                                                                                                               |
| 19 00 00              | Отпадъци от депа за съхранение на смет, инсталации за третиране на отпадъчни води извън площадките, пречистване на питейна и индустриална вода                                               | Отпадъци от анаеробната обработка на отпадъците                                                                                                                                           |
|                       |                                                                                                                                                                                              | Отпадъци от инсталации за третиране на отпадъчни води, които не са класифицирани по друг начин                                                                                            |
|                       |                                                                                                                                                                                              | Отпадъци от пречистване на питейна вода или вода за индустриални нужди                                                                                                                    |
| 20 00 00              | Градски отпадъци (битови отпадъци, индустриални и институционални отпадъци, отпадъци от търговската мрежа) включително разделно събираните фракции                                           | Разделно събирани фракции (без 15 01)                                                                                                                                                     |
|                       |                                                                                                                                                                                              | Градински и паркови отпадъци (включително и гробищни растителни отпадъци)                                                                                                                 |
|                       |                                                                                                                                                                                              | Други битови отпадъци                                                                                                                                                                     |

1) 6-цифровият код реферира за съответното поле в Европейския каталог на отпадъците (EWC), одобрен с решение на Европейската комисия.





**Фиг. 3.1** Твърди битови отпадъци, доставени за инсталация за биогаз в Германия (RUTZ, 2008 г.)



**Фиг. 3.2** Отпадъци от ХВП (RUTZ, 2007 г.)



**Фиг. 3.3** Царевичен силаж (RUTZ, 2007 г.)

Използването на течен и твърд оборски тор като суровина за метаногенезата притежава някои предимства, поради следните им свойства:

- съдържат естествени анаеробни бактерии за реализиране на процеса на метаногенеза;
- характеризират се с високо водно съдържание (4-8% сухо вещество в шлама), което действа като разтворител за другите ко-субстрати и осигурява правилно смесване и хомогенизиране на биомасата;
- те са евтини и достъпни, тъй като се събират като отпадъци от животновъдните ферми.

През последните години, друга група от суровини са тествани и въведени в процеса на производство на биогаз: така наречените енергийни култури, които се отглеждат специално за тази цел. Енергийните култури се представят от тревна (триви, царевица, рапица и др.) и дървесна растителност (върба, топола, дъб), като дървесния субстрат се нуждае от специална предварителна обработка за разграждане на лигнина в него преди употреба.

Субстратите могат да се класифицират според техния произход, добива на метан, съдържащото се сухо вещество и други критерии. В Табл. 3.2 са дадени характеристиките на някои типове суровини за ферментация. Субстратите със съдържание на сухо вещество, по-ниско от 20%, се използват за така наречената течна ферментация. Тази категория включва разтвори на оборски тор, както и различни течни органични отпадъци от хранителната промишленост. Когато съдържанието на сухо вещество е около 35%, ферментацията се нарича твърдофазова и е типична за

енергийните култури и силажи. Изборът на вида и количеството на суровината зависи от съдържанието на сухо вещество, както и от съдържанието на захари, липиди и протеини.

**Табл. 3.2 Характеристика на някои видове суровини за производство на биогаз (AL SEADI, 2003 г.)**

| Вид на суровината                       | Органично съдържание             | C:N     | СВ %  | ЛВ* % от СВ | Производство на биогаз $m^3 kg^{-1}$ ЛВ | Нежелани примеси                       | Нежелани инхибитори                                |
|-----------------------------------------|----------------------------------|---------|-------|-------------|-----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Течен оборски тор от свинеферми         | Въглеhidрати, протеини, липиди   | 3-10    | 3-8   | 70-80       | 0.25-0.50                               | Талаш, козина, вода, пясък, слама      | Антибиотици, дезинфектанти                         |
| Течен оборски тор от едър рогат добитък | Въглеhidрати, протеини, липиди   | 6-20    | 5-12  | 80          | 0.20-0.30                               | Козина, почва, вода, слама, талаш      | Антибиотици, дезинфектанти, $NH_4^+$               |
| Течен оборски тор от птицеферми         | Въглеhidрати, протеини, липиди   | 3-10    | 10-30 | 80          | 0.35-0.60                               | Камъчета, пясък, пера                  | Антибиотици, дезинфектанти, $NH_4^+$               |
| Стомашно съдържание                     | Въглеhidрати, протеини, липиди   | 3-5     | 15    | 80          | 0.40-0.68                               | Животинска тъкан                       | Антибиотици, дезинфектанти                         |
| Суроватка                               | 75-80% лактоза<br>20-25% протеин | n.a.*   | 8-12  | 90          | 0.35-0.80                               | Транспортни нечистотии                 |                                                    |
| Концентрирана суроватка                 | 75-80% лактоза<br>20-25% протеин |         | 20-25 | 90          | 0.80-0.95                               | Транспортни нечистотии                 |                                                    |
| Течен шлам                              | 65-70% протеини<br>30-35% липиди |         |       |             |                                         | Животински тъкани                      | Тежки метали, дезинфектанти, органични замърсители |
| Ферментирала плодова биомаса            | Въглеhidрати                     | 4-10    | 1-5   | 80-95       | 0.35-0.78                               | Остатъци от неразградени плодове       |                                                    |
| Слама                                   | Въглеhidрати, липиди             | 80-100  | 70-90 | 80-90       | 0.15-0.35                               | Пясък, камъчета                        |                                                    |
| Градински отпадъци                      |                                  | 100-150 | 60-70 | 90          | 0.20-0.50                               | Почва, целулозни съставки              | Пестициди                                          |
| Трева                                   |                                  | 12-25   | 20-25 | 90          | 0.55                                    | Камъчета                               | Пестициди                                          |
| Тревен силаж                            |                                  | 10-25   | 15-25 | 90          | 0.56                                    | Камъчета                               |                                                    |
| Плодови отпадъци                        |                                  | 35      | 15-20 | 75          | 0.25-0.50                               |                                        |                                                    |
| Рибно масло                             | 30-50% липиди                    | n.a.    |       |             |                                         |                                        |                                                    |
| Соево масло/маргарин                    | 90% растително масло             | n.a.    |       |             |                                         |                                        |                                                    |
| Алкохол                                 | 40% алкохол                      | n.a.    |       |             |                                         |                                        |                                                    |
| Хранителни отпадъци                     |                                  |         | 10    | 80          | 0.50-0.60                               | Кости, пластмаса                       | Дезинфектанти                                      |
| Органични битови отпадъци               |                                  |         |       |             |                                         | Пластмаса, метал, камък, дърво, стъкло | Тежки метали, органични замърсители                |
| Канализационни утайки                   |                                  |         |       |             |                                         |                                        | Тежки метали, органични замърсители                |

\*ЛВ – летливи вещества; \*\*n.a. – няма данни

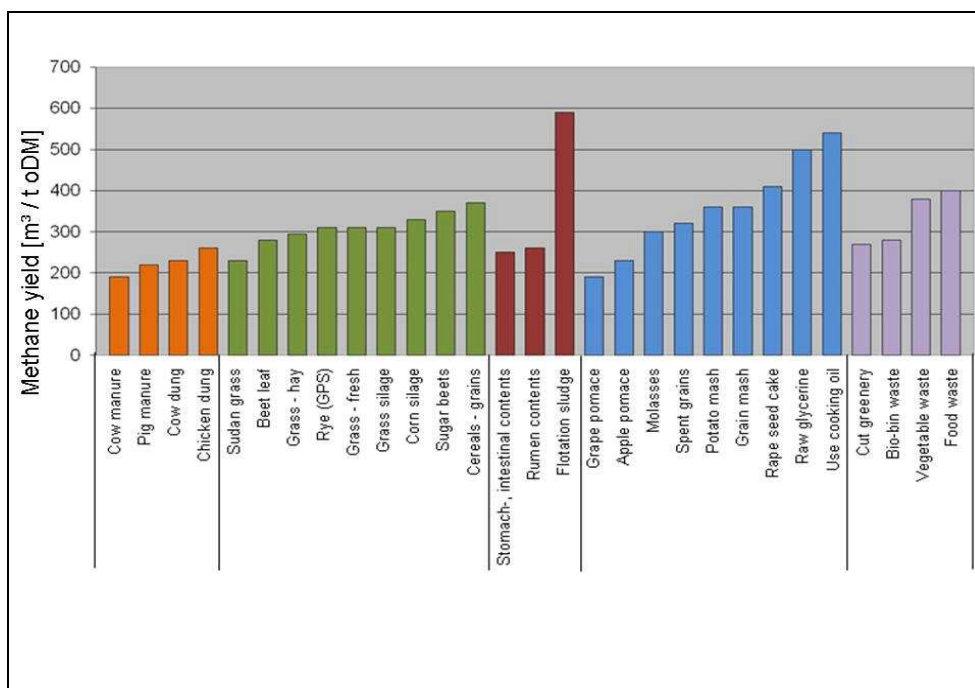
Субстратите, които съдържат високо съдържание на лигнин, целулоза и хемицелулоза също могат да бъдат подложени на ко-ферментация, но след предварителна преработка, при която устойчивите структури се подлагат на хидролиза и се повишава достъпността им за ферментация.

Потенциалният **добив на метан** е важен критерий за оценка на енергийната стойност на различните суровини. Фиг. 3.4 представя добива на метан от различни видове суровини. На практика, за да се повиши производството на биогаз оборският тор не ферментира сам, а смесен с други ко-субстрати, с висок добив на метан.

Най-широко използваните ко-субстрати, добавяни към торовете и разтворите, са остатъци от храни, от риболовната и хранителната промишленост, отпадъци от пивоварни, захарната промишленост и енергийни култури.

Суровините могат да съдържат химични, биологични или физични **замърсители**. Контролът на качеството на всички видове суровини е основен елемент за осигуряване на безопасното рециклиране на вторичната биомаса. Табл. 3.3 показва най-честото замърсяване с ксенобиотици и патогени за някои типични видове суровини при производството на биогаз.

Отпадъците от животински произход изискват специално внимание, ако се използват като суровина за производство на биогаз. Наредба 1774/2002 на Европейския парламент (транспонирана в България в Наредба №50 на МЗГ) предписва правила за безрисково манипулиране и използване на животински суб-продукти, непредназначени за човешка консумация. Наредбата определя минимум правила и мероприятия, които трябва да се спазват, както и какви видове животински суб-продукти могат да се преработват в инсталации за биогаз. Пълният текст на Наредбата може да бъде видян на <http://europa.eu/scadplus/leg/en/lvb/f81001.htm>.



Фиг. 3.4 Добив на метан от различни видове суровини (PRABL, 2007 г.)



Табл. 3.3 Категоризиране на някои субстрати за производство на биогаз, според съдържанието на проблемни материали, замърсители и патогени (PRAßL, 2008 г.)

|          |                           | Риск                           |                                                                    |                                                             |                                              |
|----------|---------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
|          |                           | Без риск                       | Санитарен риск                                                     | Съдържание на проблемни материали                           | Риск от замърсители                          |
| Суровина | Общински отпадъци         | Зелени отпадъци                |                                                                    | Биоразградими отпадъци, остатъци от крайпътното озеленяване |                                              |
|          | Индустриални отпадъци     | Зеленчукови и плодови отпадъци | Храни с изтекъл срок на годност, увредени при транспортиране храни |                                                             | Остатъци от производство на растителни масла |
|          | Селско-стопански отпадъци | Твърд и течен оборски тор      |                                                                    |                                                             | Cu и Zn                                      |
|          |                           | Листа от цвекло, слама         |                                                                    |                                                             |                                              |
|          | Възобновяеми култури      | Царевичен силаж, тревен силаж  |                                                                    |                                                             |                                              |
|          | Отпадъци от кланици       |                                | Стомашно-чревно съдържание, сланина, кръв, костна тъкан и т.н.     |                                                             | Сланина                                      |
|          | Смесени отпадъци          |                                | Отпадъци от производството на полуфабрикати                        |                                                             |                                              |

## 3.2 Метаногенеза

Метаногенезата е микробиологичен процес на разграждане на органични вещества в отсъствие на кислород с получаване на краен продукт биогаз. Като краен продукт в биореакторите се получава и остатъчна (вторична) биомаса, състояща се от неразградена напълно суровина и клетки на бактериалните асоциации, реализиращи процеса на биометанизация.

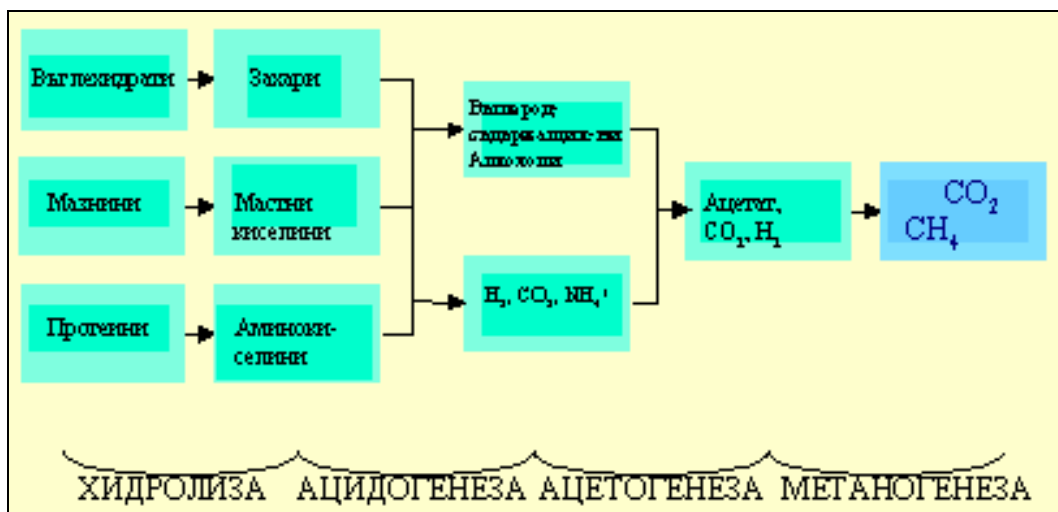
Биогазът е запалим газ, който съдържа основно метан и въглероден диоксид. Най-често биогазът се използва за производство на топлина, а след пречистване може да се използва за производство на електроенергия, да бъде подаван в мрежата за природен газ, да се използва като транспортно гориво или като гориво в горивни клетки, или за други форми на производство на енергия.

След производството на биогаз, ферментираният субстрат (вторична биомаса) може да се използва като пълноценен тор в растениевъдството.

По време на ферментацията се генерира сравнително малко количество топлина, за разлика от аеробното (в присъствие на кислород) разграждане. Енергията, която е химически свързана в субстрата, остава основно в произведения биогаз под формата на метан.

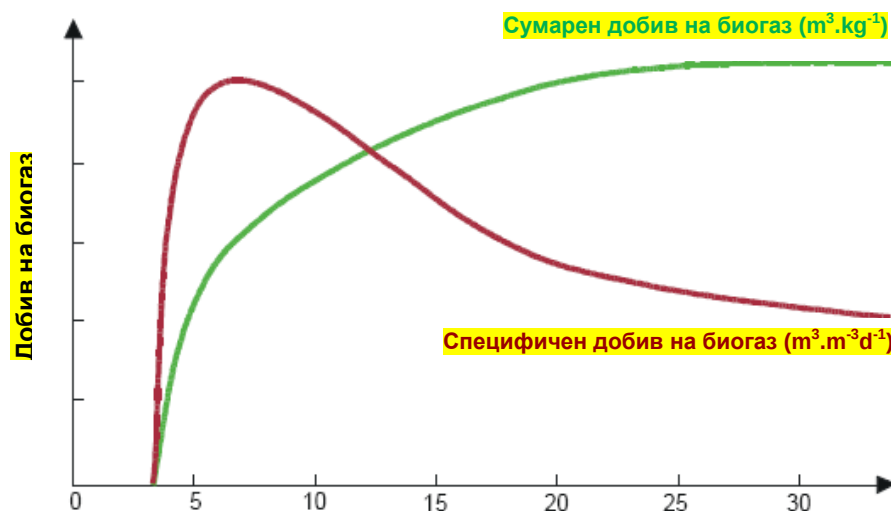
Процесът на синтез на биогаз протича през многостъпален път на разграждане на първичния субстрат до все по – ниско молекулни субединици, като специфични групи микроорганизми участват във всяко едно отделно стъпало на процеса. Опростена диаграма на синтеза на метан е показана на Фиг. 3.5, представяща четирите

основни стъпки на процеса: хидролиза, образуване на киселини (ацидогенеза), ацетогенеза и същинска метаногенеза.



Фиг. 3.5 Основни етапи на анаеробното разграждане за получаване на  $\text{CH}_4$  (AL SEADI, 2003г.)

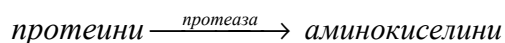
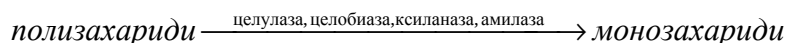
По време на хидролизата се произвежда относително малко количество биогаз. Производството на биогаз достига своя пик по време на метаногенезата. Отношението между добива на метан и средната продължителност на хидравличното време на престой в дни е представено на Фиг. 3.6.



Фиг. 3.6 Добив на биогаз (STMUGV, 2004г.)

### 3.2.1 Хидролиза

Хидролизата е първата стъпка от анаеробното разграждане, по време на която органичните вещества (полимери) се разгражда до моно- или олигомери (полимери с ниска молекулна маса). Въглехидратите, липидите, нуклеиновите киселини и протеините се хидролизират до глюкоза, глицерол, пурины, пиридини и др. Бактериите извършващи хидролизата отделят ензими, които превръщат биополимерите в по-малки и разтворими вещества, както е показано по-долу:



Цитираните по-горе процеси протичат едновременно във времето и пространството в биореактора. Скоростта на целия процес на разграждане на биополимерите и синтеза на  $\text{CH}_4$  се определя от най-бавната реакция във веригата. В инсталациите за биогаз, обработващи растителни вещества, богати на целулоза, хемичеселулоза и лигнин, хидролизата е скоростоопределящият етап. Голямо е разнообразието на бактериите осъществяващи хидролизата, като те разграждат сложните биополимери посредством отделяните от тях екзоензими. Продуктите, получени при хидролизата, се подлагат на следващо разграждане от други бактерии, които ги метаболизират в собствените им катаболитни пътища.

### 3.2.2 Образуване на киселини

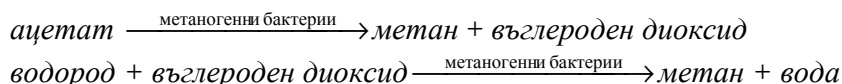
По време на ацидогенезата, продуктите на хидролизата се метаболизират от ацидогенните (ферментационни) бактерии в субстрати, предшественици на метана. Простите захари, аминокиселините и мастните киселини се разграждат до ацетат, въглероден диоксид и водород (70%), както и до летливи мастни киселини (ЛМК) и алкохоли (30%).

### 3.2.3 Ацетогенеза

По време на ацетогенезата, образуваните киселини, които не могат директно да се преобразуват в метан от метаногенните бактерии, се превръщат в метаногенни субстрати. ЛМК и алкохолите се окисляват също до метаногенни субстрати: ацетат, водород и въглероден диоксид. ЛМК с вериги, по-дълги от два въглеродни атома, както и по-висшите алкохоли, се окисляват до ацетат и водород. Непрекъснатото отделяне на водород води до нарастване на парциалното му налягане. Отделеният  $\text{H}^+$  може да бъде разглеждан като “отпадъчен продукт” на ацетогенезата, но и като контролиращ активността на ацетогенните бактерии фактор. По време на метаногенезата, водородът се използва за синтез на метан. Ацетогенезата и метаногенезата, обикновено, протичат успоредно под формата на симбиоза на групите микроорганизми, осъществяващи двата процеса.

### 3.2.4 Същинска метаногенеза

Получаването на метан и въглероден диоксид от междинните продукти се извършва от метаногенни бактерии. 70% от образувания метан се получава от ацетат, докато останалите 30% се получават при редукцията на CO<sub>2</sub>:



Метаногенезата е критична стъпка в цялостния ферментационен процес, тъй като е най-бавната реакция в процеса. Метаногенезата се влияе силно от експлоатационните условия, състава и скоростта на подаване на суровината, температурата, рН и други. Претоварване на биореактора, температурни промени или голямо постъпване на кислород, обикновено, водят до прекратяване на производството на метан.

## 3.3 Параметри на метаногенезата

Ефективността на ферментационния процес зависи от някои критични параметри. По тази причина от решаващо значение за максимален добив на CH<sub>4</sub> е да се осигурят подходящи условия за подържане на активността на анаеробните микроорганизми. Тяхното развитие и активност се влияят значително от: отсъствието на кислород; температурата; стойността на рН; добавянето на свежа биомаса; скоростта на разбъркване, както и от наличието и количеството на инхибитори. Метаногенните бактерии са строги анаероби и не се допуска присъствие на кислород по време на ферментацията.

### 3.3.1 Температура

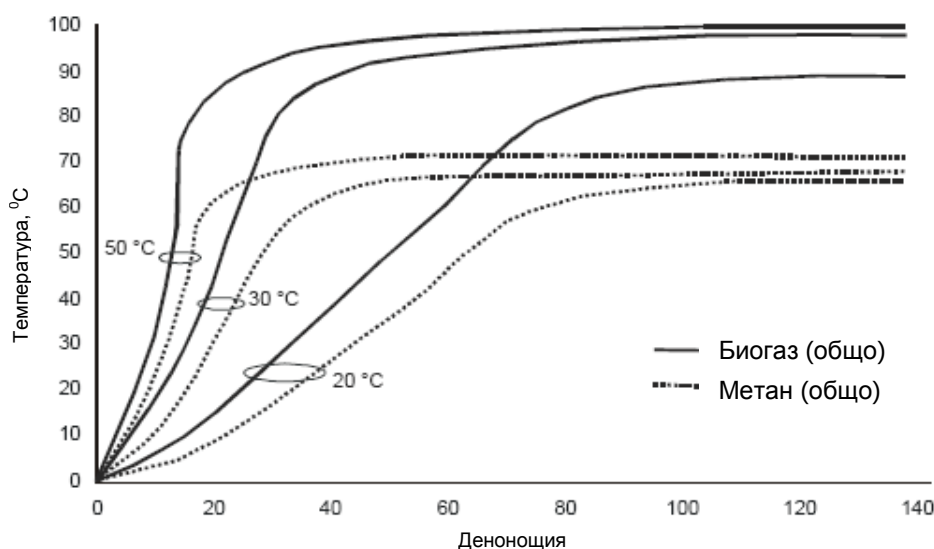
Контролът върху температурата на ферментационния процес е от решаващо значение за оптималния режим на работа.

Процесът на ферментация може да протича в различни температурни диапазони: психрофилен (под 20°C), мезофилен (25°C – 45°C) и термофилен (45°C – 70°C) режим. Съществува директна връзка между температурата на процеса и средната продължителност на хидравличното време на задържане на субстрата в биореактора (Табл. 3.4).

Табл. 3.4 Температурен режим и типични периоди на престой

| Температурен режим | Температура на процеса | Минимално време на престой |
|--------------------|------------------------|----------------------------|
| психрофилен        | < 20 °C                | 70 до 80 дни               |
| мезофилен          | 30 до 42 °C            | 30 до 40 дни               |
| термофилен         | 45 до 55 °C            | 15 до 20 дни               |

На Фиг. 3.7 са показани относителните добиви на биогаз в зависимост от температурата и времето на задържане на субстрата в биореактора.



Фиг. 3.7 Относителен добив на биогаз в зависимост от температурата и продължителността на престой на субстрата в метантанка (STMUGV, 2004 г.)

Много модерни инсталации за биогаз в Европа работят в термофилен режим поради по-високата активност на метаногенните бактерии при по-високи температури. Термофилният процес на метанообразуване има редица предимства в сравнение с мезофилния и психрофилния процес:

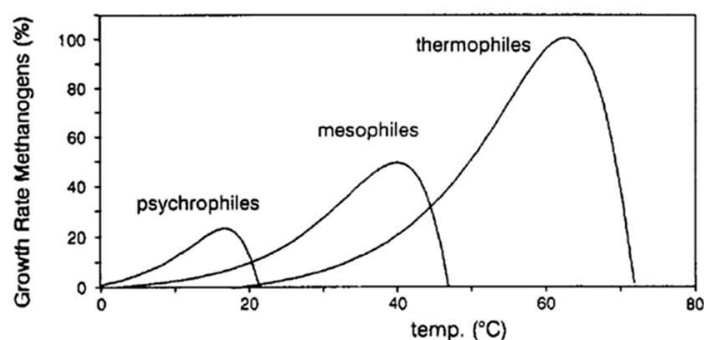
- ефективно унищожаване на патогените;
- намалена продължителност, което прави процеса по-бърз и по-ефективен;
- по-ефективна биоразградимост на субстрата;
- по-добро използване на субстратите;
- по-добра възможност за разделяне на течната от твърдата фракция.

Основните недостатъци на термофилния процес са:

- по-голяма степен на нехомогенност;
- по-голяма нужда от енергия за поддържане на по-високи температури;
- по-висок риск от инхибиране на процеса с амониеви йони, поради бързото им натрупване в средата.

Температурата на експлоатация влияе върху токсичността на амоняка. Токсичността на амоняка се увеличава с нарастване на температурата и може да бъде намалена чрез намаляване на температурата на процеса. Все пак, ако температурата се намали до 50°C и по-малко, скоростта на размножаване на термофилните микроорганизми намалява драстично и може да възникне риск от отмиване на микробните популации поради по-ниската скорост на размножаване отколкото е актуалното хидравлично време на престой (ANGELIDAKI, 2002 г.).

Добре работещият термофилен биореактор (метантанк) може да бъде натоварен в по-висока степен и да работи с по-кратко хидравлично време на престой от мезофилния. Това се дължи на скоростта на размножение и на активността на термофилните микроорганизми, които са по-високи от тези на мезофилните видове (Фиг. 3.8).



**Фиг. 3.8** Скорост на растеж на психрофилни, мезофилни и термофилни метаногени (ANGELIDAKI, 2002 г.)

Опитът показва, че при високо натоварване и кратко хидравлично време на престой, термофилният биореактор има по-висок добив на газ и по-висока степен на преобразуване на субстрата в сравнение с мезофилния биореактор.

Разтворимостта на някои компоненти ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , ЛМК), също, зависи от температурата (Табл. 3.5). Това може да засили инхибиращият ефект на замърсителя върху процеса.

**Табл. 3.5** Зависимост между температурата и разтворимостта на някои газове във вода (ANGELIDAKI, 2002 г.)

| Газ                  | Температура (°C) | Разтворимост $\text{Mmol l}^{-1}$ вода | Променена разтворимост 50°C - 35°C |
|----------------------|------------------|----------------------------------------|------------------------------------|
| $\text{H}_2$         | 35               | 0,749                                  | 3,3 %                              |
|                      | 50               | 0,725                                  |                                    |
| $\text{CO}_2$        | 35               | 26,6                                   | 36 %                               |
|                      | 50               | 19,6                                   |                                    |
| $\text{H}_2\text{S}$ | 35               | 82,2                                   | 31 %                               |
|                      | 50               | 62,8                                   |                                    |
| $\text{CH}_4$        | 35               | 1,14                                   | 19 %                               |
|                      | 50               | 0,962                                  |                                    |

Вискозитетът на ферментиращите субстрати е обратно пропорционален на температурата. Те са по-течни при по-високи температури и дифузията на разградените метаболити е улеснена.

Термофилният режим на работа усилва скоростта на биохимичните реакции и с това повишава ефективността на производството на метан. По-високата нужда от енергия се оправдава от по-високият добив на биогаз. Важно е температурата да се поддържа постоянна по време на процеса на ферментация. Промяна или флуктуации в температурата влияят негативно върху добива на биогаз.

Термофилните бактерии са по-чувствителни ( $\pm 1^\circ\text{C}$ ) към флуктуациите в температурата в сравнение с мезофилните ( $\pm 3^\circ\text{C}$ ) и изискват по-дълго време за адаптация към новата температура, за да се достигне максимално производство на метан. Температурни флуктуации от порядъка на  $\pm 3^\circ\text{C}$  се толерират от мезофилните бактерии без значително намаляване на добива от метан.



### 3.3.2 pH

pH е мярка за киселинността/алкалността на разтворите. Стойността на pH влияе на растежа на микроорганизмите и на разграждането на субстрата. Синтеза на метан се извършва от повечето метаногенни бактерии в сравнително тесен pH интервал, от 5.5 до 8.5, с оптимум 7-8, докато ацидогенните бактерии са с значително по-ниски стойности на pH оптимум (2.5-5.0).

Оптималният pH интервал за мезофилната ферментация е между 6.5 и 8.0 и процеса силно се затруднява, ако стойността на pH падне под 6.0 или надхвърли 8.3. Разтворимостта на въглеродния диоксид във вода намалява с нарастване на температурата. Поради това, стойността на pH на термофилните биореактори е по-висока от мезофилните, тъй като разтвореният въглероден диоксид образува въглена киселина при реакция с водата.

Стойността на pH може да се повиши от амоняка, отделен по време на биодеградацията на протеините ( $\text{NH}_3 + \text{H}^+ \rightarrow \text{NH}_4^+$ ) или чрез подаване на амонячна вода, заедно с целия хранващ поток. Обратно, акумулирането на летливи мастни киселини (ЛМК) намалява стойността на pH.

Стойността на pH в анаеробния биореактор се контролира основно чрез бикарбонатната буферна система. Следователно, стойността на pH в биореакторите за биогаз зависи от парциалното налягане на  $\text{CO}_2$  и концентрацията на основни и киселинни компоненти в течната фаза. Ако започне натрупване на вещества с основни или киселинни свойства, буферният капацитет на средата противодейства на промяната на pH до определено ниво. Когато капацитета на буферната системата бъде надхвърлен, възниква драстична промяна в стойността на pH и инхибиране на образуването на биогаз. По тази причина, стойността на pH не може да бъде препоръчана като самостоятелен параметър за мониторинг на процеса.

### 3.3.3 Летливи мастни киселини

Летливите мастни киселини (ЛМК) са междинни метаболити, които се получават по време на ацидогенезата. Те са с къси въглеродни вериги от шест или по-малко въглеродни атома (напр. ацетат, пропионат, бутират и лактат). Стабилността на процеса на анаеробното разграждане и концентрацията на междинните продукти са взаимосвързани.

Нестабилността на процеса води до акумулиране на ЛМК в биореактора и до спад в стойността на pH. Акумулирането на ЛМК не винаги се изразява в понижаване на pH поради буферният капацитет на някои видове биомаса. Например, оборският тор съдържа излишък от вещества с основни свойства и акумулирането на ЛМК обикновено надхвърля определено ниво преди това да бъде установено чрез промяна (понижаване) в стойността на pH. В този момент, концентрацията на киселини във ферментатора е толкова висока, че процесът на биометанизация може вече да е значително затруднен.

Буферният капацитет на субстратите може да варира. Опитът от Дания показва, че буферният капацитет на тора от едър рогат добитък варира според сезона, вероятно повлиян от състава на храната. Стойността на pH на органичните торове, по тази причина, е променлива, което затруднява използването на този параметър за идентифициране на дисбаланс в процеса. Все пак, важно е да се отбележи, че проследяването на pH може да бъде бърз, относително надежден и евтин начин за

регистриране на дисбаланса на системата в по-слабо буферираните среди, от типа на отпадни води от различни производства на хранително-вкусовата промишленост.

Метаногенезата се повлиява различно от концентрацията на ЛМК като една и съща концентрация на ЛМК може да бъде оптимална за един биореактор, но потискаща процеса в друг. Едно от възможните обяснения е в различния състав на бактериалните съобщества в различните биореактори.

Както при случая с рН, концентрацията на ЛМК не може да бъде препоръчана като самостоятелен параметър за мониторинг на процеса.

### 3.3.4 Амоняк

При разграждането на протеините се отделя амоняк ( $\text{NH}_3$ ), който много бързо се редуцира до свободни амониеви йони ( $\text{NH}_4^+$ ).  $\text{NH}_4^+$  са важен хранителен източник и имат съществена функция в процеса на метаногенезата. При високи концентрации на  $\text{NH}_4^+$ , процесът се инхибира и това налага подържането им на ниво под  $80 \text{ mg l}^{-1}$ .

Инхибирането на метаногенезата от високи концентрации на  $\text{NH}_4^+$  е добре познат феномен и често настъпва при използването на оборски тор като суровина, тъй като той съдържа относително високи концентрации на  $\text{NH}_4^+$  в резултат на смесване с урина. Концентрацията на свободния амоняк е право пропорционална на температурата, така съществува по-голям риск от инхибиране на процеса с  $\text{NH}_4^+$ , когато той се води в термофилен в сравнение с мезофилния режим. Концентрацията на свободен амоняк се пресмята от равновесното отношение:

$$[\text{NH}_3] = \frac{[\text{T} - \text{NH}_3]}{(1 + \frac{H^+}{K_a})}$$

където  $[\text{NH}_3]$  и  $[\text{T} - \text{NH}_3]$  са съответно свободната и пълната концентрация на амоняка, а  $K_a$  е константата на дисоциация на амоняка, която е в право пропорционална зависимост от температурата. Това означава, че повишаването на рН и повишаването на температурата ще доведе до нарастващо забавяне на процеса, тъй като тези фактори ще повишат фракциите на свободен амоняк и съответно на  $\text{NH}_4^+$ . Когато процесът е забавен от високите концентрации на  $\text{NH}_3$ , повишената концентрация на ЛМК ще доведе до понижаване на рН. Това частично ще противодейства на инхибиращия ефект на  $\text{NH}_4^+$  поради понижаване на концентрацията на свободния амоняк.

### 3.3.5 Микроелементи, хранителни добавки и токсични вещества

Микроелементите като желязо, никел, кобалт, молибден са еднакво важни за растежа и оцеляването на бактериите, както и биогенните елементи. Оптималното съотношение на биогенните елементи: въглерод, азот, фосфор и сяра (C:N:P:S) е 600:15:5:1. Недостатъчното количество на биогенните елементи и микроелементи, както и високата биоразградимост на субстрата може да доведе до потискане и нарушение на процеса на метаногенеза.

Друг фактор, който влияе на анаеробните бактерии е наличието на токсични вещества. Те могат да се внесат в системата за производство на биогаз заедно със суровината, но могат да се генерират и по време на процеса. Прилагането на прагови стойности е трудно, тъй като токсичните материали могат да бъдат биологично слабо достъпни и анаеробните микроорганизми да се адаптират в определени граници към условията на средата.

## 3.4 Работни параметри

### 3.4.1 Органичен товар

Конструкцията на инсталацията за биогаз е резултат от комбинация на икономически и технически решения. Максималният добив на биогаз, който се получава при пълно ферментиране на субстрата изисква дълго хидравлично време на престой и съответен размер на биореактора. На практика, проектното решение на системата (напр. тип и размер на биореактора) се базира на компромис между максималното производство на биогаз и оправдана икономичност. В това отношение органичният товар е важен експлоатационен параметър, който показва какво количество суха органична материя може да бъде подадено в биореактора за един кубичен метър обем и единица време според равенството по-долу:

$$B_R = m * c / V_R$$

|       |                                                                   |
|-------|-------------------------------------------------------------------|
| $B_R$ | органичен товар [ $\text{kgd}^{-1}\text{m}^{-3}$ ]                |
| $m$   | маса на подавания субстрат за единица време [ $\text{kgd}^{-1}$ ] |
| $c$   | концентрация на органичната материя [%]                           |
| $V_R$ | обем на биореактора [ $\text{m}^3$ ]                              |

### 3.4.2 Хидравлично време на престой (HRT)

Важен параметър за определяне на размерите на биореактора е хидравличното време на престой (HRT). HRT е средния интервал от време, в което субстратът се задържа в биореактора. HRT се определя от обема на биореактора ( $V_R$ ) и от обема на субстрата, подаван за единица време, според следното равенство:

$$\text{HRT} = V_R / V$$

|       |                                                                           |
|-------|---------------------------------------------------------------------------|
| HRT   | хидравлично време на престой [d]                                          |
| $V_R$ | обем на биореактора [ $\text{m}^3$ ]                                      |
| $V$   | обем на подавания субстрат за единица време [ $\text{m}^3\text{d}^{-1}$ ] |

Според горното равенството, нарастването на органичният товар ще намали хидравличното време на престой. Времето на престой трябва да е достатъчно дълго, за да даде сигурност, че количеството на бактериите, отнесени от вторичната биомаса, няма да е по-голямо от това на новообразуваните бактерии (времето за удвояване на числеността на анаеробните бактерии е 10 и повече дни). Краткото хидравлично време на престой води до добра скорост на потока на субстрата, но до по-нисък добив на газ. Затова е важно HRT да се адаптира към специфичната скорост на разграждане на

използвания субстрат. Когато се знае желаното време на хидравличен престой, количеството на подаваната суровина за ден и скоростта на разграждане на субстрата, е възможно да се изчисли необходимият обем на биореактора.

### 3.4.3 Списък на параметрите

Редица параметри могат да се използват за оценка на инсталациите за биогаз (Табл. 3.6) и за сравнение между различните системи.

**Табл. 3.6 Работни параметри на инсталациите за биогаз (SCHNELL, 2008 г.)**

| Параметър                                            | Символ                | Мерна единица                                                   | Начин за определяне                                                                            |
|------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Температура                                          | T                     | °C                                                              | Измерване по време на процеса                                                                  |
| Работно налягане                                     | P                     | mbar                                                            | Измерване по време на процеса                                                                  |
| Капацитет, производителност                          | V                     | m <sup>3</sup> d <sup>-1</sup> ; td <sup>-1</sup>               | Измерване                                                                                      |
| Обем на реактора                                     | V <sub>R</sub>        | m <sup>3</sup>                                                  | Изчисляване при конструирането                                                                 |
| Количество газ                                       | дневен V<br>годишен V | m <sup>3</sup> d <sup>-1</sup> ; m <sup>3</sup> a <sup>-1</sup> | Измерване по време на работа и преизчисляване до Nm <sup>3</sup>                               |
| Време на престой (хидравлично, минимално необходимо) | HRT<br>MGRT           | денонощие                                                       | Изчисляване на база работни параметри                                                          |
| Органичен товар                                      |                       | kg oTB (m <sup>3</sup> d) <sup>-1</sup>                         | Изчисляване на база работни параметри                                                          |
| Съдържание на метан в биогаза                        | CH <sub>4</sub>       | %                                                               | Измерване по време на процеса                                                                  |
| Специфичен добив на биогаз                           |                       | %                                                               | Изчисляване на база работни параметри                                                          |
| Специфично производство на биогаз                    |                       | m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>                                  | Изчисляване на база работни параметри                                                          |
| Общо количество енергия                              |                       | KWh                                                             | Определя се на база количеството на биогаза и съдържанието на метан в него                     |
| Производство на електроенергия                       |                       | kWh                                                             | Измерване на изход от ТЕЦ от блоков тип                                                        |
| Добив след пречистване                               |                       | kWh                                                             | Измерване на изход от ТЕЦ от блоков тип                                                        |
| Ефективност на ТЕЦ от блоков тип                     | η                     | %                                                               | Изчисляване на база работни параметри                                                          |
| Доставка на ТЕЦ                                      |                       | kWh                                                             | Планиране след измервания по време на експлоатация                                             |
| Специфична доставка на ТЕЦ                           |                       | KWhm <sup>-3</sup> входящи<br>kWhGV <sup>-1</sup>               | Изчисляване на база работни параметри                                                          |
| Производство на енергия                              |                       | kWh                                                             | Енергията, която може да бъде използвана. Изчислява се от данните, получени по време на работа |
| КПД на инсталацията                                  | η                     | %                                                               | Чиста енергия получена от общата енергия                                                       |
| Достъпност                                           |                       | %                                                               | Процент от общия брой часове в годината, през които инсталацията е работила с пълен капацитет  |
| Оползотворяване                                      |                       | %                                                               | Съотношение между работния и проектирания капацитет                                            |

|                                 |  |                                              |                                                                  |
|---------------------------------|--|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Общи инвестиционни разходи      |  | €                                            | Всички разходи, направени по производството на биогаз            |
| Субсидии                        |  | €                                            | Предварително определени                                         |
| Процент субсидии                |  | %                                            | Процент на субсидиите, отнесен към всичките направени инвестиции |
| Специфични инвестиции           |  | €/m <sup>3</sup> реактор €/GV <sup>-1</sup>  | Само когато се използва предимно тор от животински ферми         |
| Специфични разходи за обработка |  | €/m <sup>3</sup> входящи; €/GV <sup>-1</sup> | Изчисление                                                       |

В литературата могат да бъдат намерени следните основни категории параметри: експлоатационни, които могат да се определят чрез измерване и такива, които могат да се пресметнат въз основа на измерените данни.

За да се оценят работните възможности на инсталацията за биогаз трябва да се извърши оценка на повече критерии. Оценки, базирани на един параметър не могат да дефинират процеса. Задължително трябва да бъдат включени икономически параметри, за да се определи дали инсталацията за биогаз може да осигури възвращаемост на инвестициите в приемлив период от време.

## 4. Основни приложения на биогаза

Производството на биогаз се използва широко от модерното общество за обработка на отпадъците от животновъдството (твърд и течен оборски тор) за производство на възобновяема енергия и за подобряване на наторяващите качества на оборския тор.

В страни с голяма селскостопанска продукция все по-стриктните разпоредби по отношение на съхранението на оборския тор и растителните отпадъци и тяхното рециклиране водят до повишен интерес към производството на биогаз. Последните разработки показват също и нарастващ интерес сред фермерите за отглеждане на енергийни култури, годни за използване като суровина за производство на биогаз. Технологиите за производство на биогаз са най-често използваните технологии за стабилизиране на първични и вторични утайки от пречиствателните станции, обработка на отпадни води от производството на биомаси, хранителната, пивоварната и др. промишлености, както и за третиране на органични фракции от твърдите битови отпадъци. Специално приложение е оползотворяването на биогаза от сметищата.

### 4.1 Селскостопански инсталации за производство на биогаз

Селскостопанските инсталации за биогаз обработват основно субстрати с произход от селското стопанство (напр. оборски течен и твърд тор, остатъци от растителни култури и странични продукти, енергийни култури).

Течният и твърдият тор от едрия рогат добитък и свинете са основна суровина за повечето селскостопански инсталации за биогаз, но се наблюдава тенденция през последните години на нарастване на броя на инсталациите, работещи с енергийни култури. Пресният тор и другите органични отпадъци обикновено се използват като

органичен тор, но преминали през процеса на метаногенезата тяхната наторяваща способност се подобрява като:

- течния и твърдия тор от различни животни (напр. едър рогат добитък, свине, домашни птици) се смесват в един и същи биореактор, доставяйки по-балансиран състав на хранителните вещества;
- в хода на ферментационния процес сложните органични вещества се разграждат и се повишава количеството на достъпните хранителни компоненти;
- съвместното ферментиране на тор с други субстрати (като отпадъци от кланици, остатъци от мас и масла, битови отпадъци, растителни отпадъци и т.н.) увеличава количеството на хранителните вещества в сместа.

Според техният относителен размер, функция и разположение, съществуват три основни категории селскостопански инсталации за производство на биогаз:

- фамилни инсталации за биогаз (малки)
- фермерски инсталации за биогаз (средни до големи)
- централизирани ко-ферментационни инсталации за биогаз със съвместно участие (средни до големи).

#### **4.1.1 Фамилни инсталации за биогаз**

Технологиите за изграждане на инсталации за производство на биогаз се различават във всяка страна, в зависимост от климатичните условия и националните изисквания (напр. енергийна политика, законодателство, наличност и достъпност на енергия).

В развиващите се страни, като Непал, Китай и Индия, работят милиони фамилни инсталации за производство на биогаз с използване на много прости технологии. Изходните суровини за производство на биогаз в тези инсталации произхождат от домакинството и/или малки селскостопански дейности, а произведеният биогаз се използва за готвене и осветление. Ферментаторите са прости, евтини и стабилни, лесни за експлоатация и поддържане, и могат да бъдат конструирани с достъпни за домакинствата материали. Обикновено, не съществуват механизми за контрол и няма допълнително загряване (мезофилен режим на работа), тъй като много от тези ферментатори работят при топъл климат и имат дълги времена на задържане:

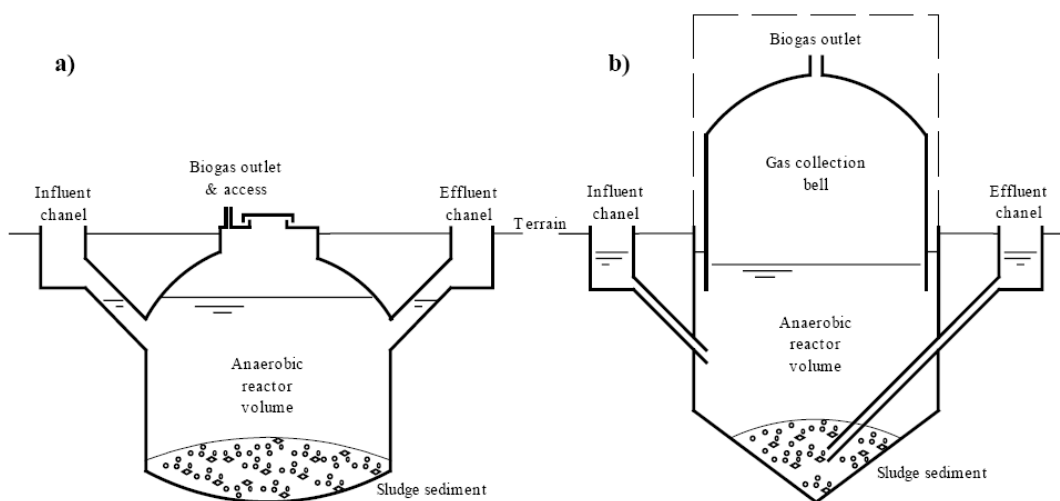
а) Китайският тип (Фиг. 4.1a) е подземен биореактор, с обем 6 до 8 m<sup>3</sup>. Захранва се от фамилната битово-фекална канализация, оборски тор и органични битови отпадъци. Биореакторът се експлоатира в полу-непрекъснат режим, при което веднъж на ден се добавя нов субстрат и се отнема същото количество ферметирала среда. Биореакторът не се разбърква, така че утаилите се по-тежки твърди частици трябва да се отстраняват 2-3 пъти годишно. При това почистване, голямата част от субстрата се отстранява, а малка част (приблизително една пета от съдържанието на реактора) се оставя като посевен материал. Първият китайски биореактор е изграден през 1958г. (ANGELIDAKI & ELLEGARD 2003 г.)

б) Индийският тип (Фиг. 4.1b) е подобен на китайския - прост подземен биореактор за семейни отпадъци и такива от дребното фермерство. Разликата



е, че изходът за оттичане на отработената среда (културална течност) е към дъното на биореактора, а камбаната за отделените газове служи като резервоар за биогаз.

с) Друг вариант на маломасштабна инсталация за биогаз е проточния тип, която представлява хоризонтален цилиндричен биореактор. Субстратът се подава в единия край, а отработената културална течност се отвежда от противоположния край. Субстратът се движи през биореактора като поток, а част от културалната течност на изхода се връща обратно на вход за разреждане на свежата биомаса и за подsigуряване на активен посевен материал.



Фиг. 4.1 Прототипи на биореактори за производство на биогаз в селските райони: а) китайски тип; б) индийски тип (ANGELIDAKI & ELLEGAARD, 2003 г.)

#### 4.1.2 Фермерски инсталации за биогаз

Напоследък, интереса на фермерите към производството на биогаз нараства. То създава нови бизнес възможности за тях, намалява отпадъците им и произвежда висококачествен тор. Има различни видове инсталации за биогаз от тип фермерски по света. В Европа, страни като Германия, Австрия и Дания са сред пионерите, ползващи такъв тип инсталации.

Инсталацията за биогаз от фермерски тип обслужва само една ферма, като третира всички органични отпадъци, генерирани в нея. Много инсталации за биогаз използват ко-ферментацията с добавяне на малки количества високоенергийни субстрати (маслени отпадъци от рибната промишленост, маслени растителни остатъци и др.) с цел повишаване на добива на биогаз. Възможно е инсталация за биогаз от фермерски тип да получава и преработва течни торове от една или две съседни ферми (напр. чрез тръбопроводи, свързващи тези ферми с инсталацията за биогаз).

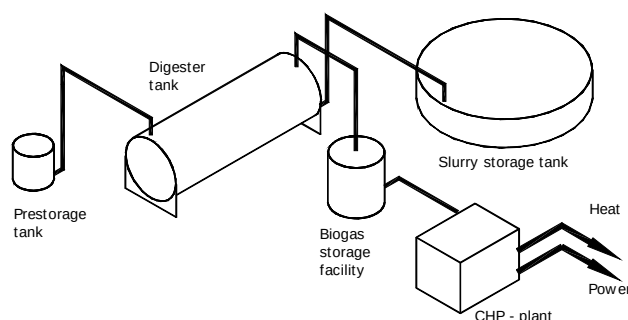
Инсталациите за биогаз от фермерски тип имат различни проектни размери и произвеждат биогаз по различни технологии. Някои са много малки и технологично прости, докато други са много големи и сложни, подобни на централизираните инсталации за ко-ферментация. (виж глава 4.1.3). Въпреки тези различия, всички те имат общ принцип на работа: тора се събира в подготвителен резервоар (непосредствено до биореактора), и се изпомпва в биореактора, който е херметичен

резервоар, направен от стомана или бетон и е топлоизолиран, за да поддържа постоянна температурата на процеса (мезофилен режим, при около 35°C или термофилен режим при около 55°C).

Биореакторите могат да бъдат хоризонтални или вертикални. Обикновено, те имат система за разбъркване, която осъществява смесването и хомогенизирането на субстрата и с това намалява риска от разслояване на субстрата и образуване на утайки. Разбъркването гарантира и по-доброто снабдяване на микроорганизмите с необходимите им хранителни вещества. Средното хидравлично време на престой е обикновено между 20 и 40 дни, в зависимост от типа на субстрата и температурата на ферментацията.

Вторичната биомаса се използва за наторяване във фермата, а излишъкът се продава на фермерите, занимаващи се с растениевъдство. Произведеният биогаз се използва за производство на електричество и топлина. Около 10 до 30% от произведената топлина и електричество се използва за експлоатация на инсталацията за биогаз и за местни нужди на фермера, а излишъкът се продава на енергийните компании и на близките консуматори на топлинна енергия.

Принципна схема на типова инсталация за биогаз от фермерски тип, с хоризонтален биореактор от неръждаема стомана е показана на Фиг. 4.2, а снимка на биореактора - на Фиг. 4.3.



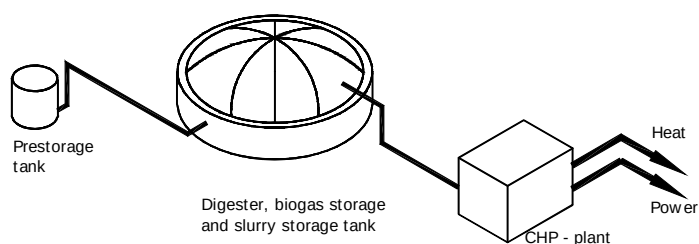
**Фиг. 4.2** Схема на фермерска инсталация за биогаз с хоризонтален стоманен биореактор (HJORT-GREGERSEN, 1998 г.)

Инсталацията се състои от биореактор с обем от 150-200 m<sup>3</sup>, снабден с бавно въртяща се размесваща система, подготвителен резервоар за тор, резервоар за съхранение на ферментиралата вторична биомаса, газхолдер за съхранение на биогаз и блок за комбинирано производство на топлина и електричество (CHP). Процесът за производство на биогаз е мезофилен до полу-термофилен (35-48°C) и хидравличното време на престой е 15-25 дни. Добивът е между 40 и 50 m<sup>3</sup> биогаз на m<sup>3</sup> ферментирала биомаса.



**Фиг. 4.3** Хоризонтален биореактор, произведен в Дания (Nordisk Folkecenter, 2001 г.)

Съществуват и фермерски инсталации от тип “две в едно” (Фиг. 4.4, 4.5 и 4.6). Биореакторът представлява вертикален цилиндър с конична долна част, вграден в резервоара за съхранение на вторична биомаса. Биореакторът е покрит с херметична мембрана, издуваща се при нарастване на производството на газ. Разбъркването в резервоара е с електрическа бъркалка. Допълнително инсталацията включва резервоар за предварително съхранение и блок за комбинирано производство на топлина и енергия (CHP). Температурата на процеса е 22-25<sup>0</sup>С и хидравличното време на престой е над 50 дни.



Фиг. 4.4 Схема на фермерска инсталация тип “две в едно” с покритие от мека мембрана (HJORT-GREGERSEN, 1998 г.)



Фиг. 4.5 Фермерска инсталация за биогаз в Дания, ко-ферментираща течни торове и енергийни култури (GROENGAS A/S)



Фиг. 4.6 Вертикален биореактор в Германия, преработващ свинска и птича тор, както и силаж от посеви (KRIEG AND FISHER, 2008 г.)

Много от съвременните разработки за инсталации за биогаз са ориентирани към концепцията за производство на биогаз от енергийни култури (Фиг. 4.7). Предимството е, че енергосъдържанието на тези култури е много по-високо от това на традиционните органични субстрати. Въпреки това, критиките към този тип биореактори нарастват с оглед на високите разходи по експлоатацията, необходимите големи площи за засяване на културите и високата им цена на международния пазар.



Фиг. 4.7 Вертикален биореактор, изграден в Германия през 2005г., за ферментация на енергийни култури (KRIEG & FISHER, 2008 г.)

#### 4.1.3 Централизирани (съвместни) инсталации за ко-ферментация

Централизираното ко-ферментиране е концепция за производство на биогаз, основана на използването на оборски тор и течни фракции, събирани от няколко съседни ферми. Централизираните инсталации за биогаз се строят с цел намаляване на разходите, времето и работната сила за транспортиране на тора към нея. Към органичния тор могат да бъдат подадени различни видове подходящи за биометанизация суровини, като ферментируеми отпадъци от селското стопанство, от хранителната и рибната промишленост, от домакинствата и ресторантьорството, от пречиствателните станции и други. Централизираните инсталации за съвместна ферментация (наречени също комбинирани инсталации за ко-ферментация) са разработени и широко прилагани в Дания (Фиг. 4.8), както и в други области на света с интензивно животновъдството.

Оборският тор, както и неговите разтвори се събират в резервоарите за предварително съхранение във всяка ферма и след това се транспортират до инсталацията за биогаз в специални товарни автомобили с вакуумни контейнери. В инсталацията за биогаз, те се смесват с други ко-субстрати, хомогенизират се и се изпомпват в резервоара на биореактора. Операторът на инсталацията за биогаз е отговорен за събирането и транспорта на пресния тор от фермите до инсталацията и на вторичната биомаса от инсталацията до фермите. Вторичната биомаса се транспортира директно към площите за наторяване или към съоръженията за съхранение, които, най-често, са общи за фермите в областта.

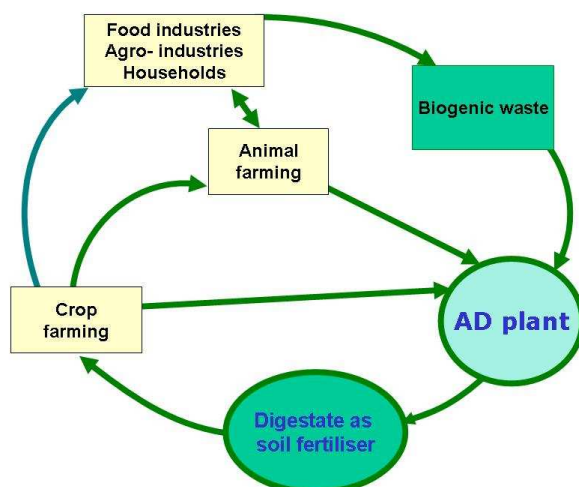
Ферментационният процес се извършва при мезофилен или термофилен режим и хидравличното време на престой е 12-25 дни. Контролирано хигиенизиране на проблемния субстрат се извършва преди ферментацията, за да се осигури ефективно

намаляване на патогените и семената на плевелите и да осигури безопасно последващо използване на вторичната биомаса като тор.



Фиг. 4.8 Снимка на централизирана инсталация за ко-ферментация в Дания (LEMVIG BIOGAS)

Системата за подаване на суровина работи непрекъснато като биомасата се изпомпва към и от биореакторите в равни количества чрез контролирана работа на помпите. Вторичната биомаса, изпомпвана от биореактора, се препраща по тръбопроводи до резервоарите за съхранение. В много случаи, резервоарите са покрити със здрава мембрана, където се събира допълнително произведеният биогаз (до 15% от общото количество). Този биогаз се събира заедно с произведения в биореактора. Вторичната биомаса се анализира, определят се хранителните ѝ свойства (сухо вещество, летливи вещества, N, P, K, pH) и се транспортира обратно до фермерите, доставчици на свежа биомаса. Фермерите приемат обратно само това количество вторична биомаса за наторяване на техните полета, което им е позволено по закон. Излишъкът се продава като тор на фермерите, зърнопроизводители в близките райони. Във всички случаи, вторичната биомаса се вписва в плана за наторяване на всяка ферма, замествайки минералните торове. По този начин, производството на биогаз е част от затворен кръг за рециклиране на хранителните вещества (Фиг. 4.9). Много централизирани инсталации са съоръжени с инсталации за сепариране на вторичната биомаса на течна и твърда фракции.



Фиг. 4.9 Схема на затворен цикъл на централизирана инсталация за производство на биогаз (AL SEADI, 2003 г.)



Централизираната ко-ферментация представлява интегрирана система за производство на възобновяема енергия, обработка на органични отпадъци и рециклиране на хранителни вещества. Тя генерира следните ползи в областта на селското стопанство, околната среда и семейните финанси на фермерите, операторите на инсталации и обществото (Фиг. 4.10):

- евтино и безопасно за околната среда рециклиране на оборския тор и органичните отпадъци;
- производство на възобновяема енергия;
- намаляване на емисиите на парникови газове;
- подобряване на санитарната безопасност;
- подобряване на ефективността на наторяването;
- намаляване на емисиите на лоши миризми и на инвазията на насекоми.



Фиг. 4.10 Основни потоци на централизираната ко-ферментационна инсталация (TAFDRUP, 1994 г. & AL SEADI, 2003 г.)

Повечето централизираните ко-ферментационни инсталации са организирани като кооперативни компании. Обикновено, тези компании имат борд на директорите, отговорен за управлението на инсталацията, за назначаването на необходимия персонал и за сключването на всички икономически и юридически споразумения по отношение на изграждането на инсталацията, захранването ѝ със суровини, разпределянето/ преразпределянето на изходящия тор, продаването на енергия и всички останали финансови операции. В Дания, кооперативната компания се е доказала като икономически съобразна и функционална организационна структура.

## 4.2 Инсталации за третиране на отпадъчни води

Анаеробното разграждане се използва широко за третиране на първични и вторични утайки, получавани при аеробното почистване на градски отпадъчни води. Системата се прилага в много развити страни в комбинация с иновационни системи за третиране за градски отпадъчни води. Процесът на анаеробно разграждане се използва за стабилизиране и намаляване на крайното количество на утайките с получаване на енергоносител.

Технологията за обработка на канализационни утайки чрез анаеробно разграждане е добре развита. Повечето инженерингови компании, предоставящи

концепции за третиране на канализационни утайки имат също възможността да осигурят и системи за анаеробно разграждане на отработените канализационни утайки. В европейските страни типично между 30 и 70% от канализационния шлам се обработват чрез анаеробно разграждане в зависимост от националното законодателство и приоритети (Фиг. 4.11).

Утайките от отпадни води, могат също така да се използват като органичен тор или за производство на енергия чрез инсинерация. Има страни, където канализационните утайки се депонират в сметищата. Смята се, че тази практика има негативни последици за околната среда, поради изтичане на биогени в подпочвените води и отделяне на различни газови емисии в атмосферата. Поради повишеният риск за замърсяване на околната среда, тази практиката е забранена в повечето европейски страни.



Фиг. 4.11 Инсталация за преработка на отпадъчни води в Пситалия, Гърция (EYDAPSA, 2008 г.)

### 4.3 Инсталации за преработка на твърди битови отпадъци

В много страни, твърдите битови отпадъци се събират като смесен поток и се изгарят в големи енергийни централи или се депонират в сметища. Тази практика, всъщност, пилее енергия и хранителни вещества, тъй като органичната фракция може да бъде сепарирана според източника и използвана като суровина за генериране на енергия и рециклиране на полезни съставки и органична материя. Дори събрани и смесени, отпадъците могат да се обработят допълнително и да се използват за производство на биогаз.

В последните години, както разделното събиране, така и рециклирането на отпадъците предизвикват повишено внимание. Произходът на органичните отпадъци е важен за определяне на най-приемливия метод за тяхното третиране. Кухненските отпадъци са с голямо съдържание на влага и с неподходяща структура за използването им като суровина за компостиране, но са подходящи за анаеробно разграждане. От друга страна, дървесните отпадъци съдържат големи количества лигнин и ако не са предварително обработени, те са по-подходящи за изгаряне, отколкото за получаване на биогаз.



Използването на сепарирани органични фракции от домакински отпадъци съдържа голям потенциал за производство на биогаз. В експлоатация по света са няколко стотин инсталации, обработващи органични фракции от твърди градски отпадъци. Целта е да се намали потока на органичните отпадъци към други системи за обработка, като депониране в сметища или изгаряне, и да се пренасочи към рециклиране на хранителните съставки обратно в него. Органичните битови отпадъци могат също да се доставят като ко-субстрат в инсталации за ко-ферментация, работещи с оборски тор.

#### **4.4 Промислени инсталации за биогаз**

Анаеробните процеси се използват за обработка на промишлени отпадъци и отпадни води повече от век. Анаеробното разграждане на промишлени отпадъци и отпадни води днес е стандартна технология за обработка на различни индустриални отпадни води от хранително-вкусовата промишленост, селскостопанство и фармацевтичната промишленост. Тя може да бъде използвана и за предварителна обработка на промишлени отпадъци, съдържащи органични вещества преди крайното им депониране. Като резултат от най-новите разработки, на ферментация могат да се подлагат и разреждени индустриални води. Европа има водеща роля в света по приложение на този тип анаеробно разграждане на органични отпадъци. В последните години, енергийните проблеми и отношението към околната среда са повишили допълнително интереса към анаеробното третиране на органични промишлени отпадъци.

Управлението на твърдите органични отпадъци от промишлеността се контролира все повече от законодателството за опазване на околната среда. Клоновете от промишлеността, използващи анаеробното разграждане за обработка на отпадни води обхващат:

- хранително-вкусовата промишленост: консервна, млеко- и месо- преработване, обработката на картофи и др.;
- производството на напитки: пивоварни, дестилиране, кафе, плодови сокове;
- производство на хартия и картон, гума, химикали, нишесте, фармацевтични продукти.

Промислените инсталации за биогаз водят до голям брой ползи за обществото и за участващите клонове на промишлеността:

- добавена стойност чрез рециклиране на хранителни вещества и намаляване на разходите за депониране;
- биогаза се използва за генериране на енергия за собствени нужди;
- обработката на отпадъците подобрява имиджа на предприятията като активни участници в кампанията за опазване на околната среда.

Очаква се, че ползите за околната среда и за обществото, както и високите стойности на другите алтернативи за получаване на енергия ще повишат броят на приложенията на промишления биогаз в бъдеще.

## 4.5 Инсталации за получаване на сметищен газ

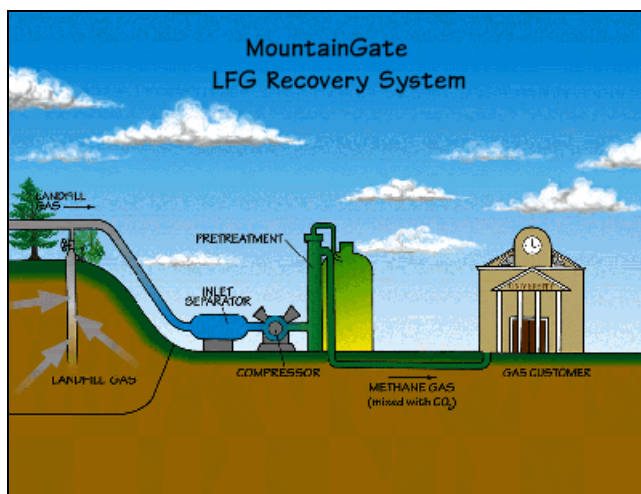
Сметищата могат да се разглеждат като големи анаеробни инсталации за получаване на биогаз с разлика, че процесът на разграждане е в по-малка степен контролиран и зависи от възрастта на сметището.

Събирането на газ от сметищата е важно за опазване на околната среда, тъй като намалява емисиите на метан и други сметищни газове от тяхната повърхност (Фиг. 4.12). Газът от сметищата е със състав, подобен на биогаза, произвеждан в инженерните инсталации за ферментация (50-70% метан, 30-50% въглероден диоксид).

Извличането на газа от сметищата може да бъде оптимизирано чрез управление на процесите. “Сметищният биореактор” е контролирано сметище, проектирано да повиши превръщането на твърдите отпадъци в метан (Фиг. 4.13). Сметищният биореактор, обикновено е разделен на клетки и е снабден със система за събиране на отточните води от дъното на клетките. Събраните отточни води се изпомпват обратно нагоре към повърхността и се използват за овлажняване на отпадъците. Това превръща сметището в голям биореактор с високо съдържание на твърди вещества.

Извличането на сметищния газ генерира ползи чрез по-бързото стабилизиране на сметището и приходи от използването на газа.

Поради отдалечеността на сметищните площадки, сметищният газ се използва обикновено за производство на електричество, но е възможна и по-широка гама на приложение на газа от отопление до транспортно гориво след пречистване (Фиг. 4.14).



Фиг. 4.12 Система за оползотворяване на сметищен газ (NST ENGINEERS, 2007 г.)



Фиг. 4.13 Проект за експлоатация на сметищен газ, Атина, Гърция (SIOULAS 2005 г.)

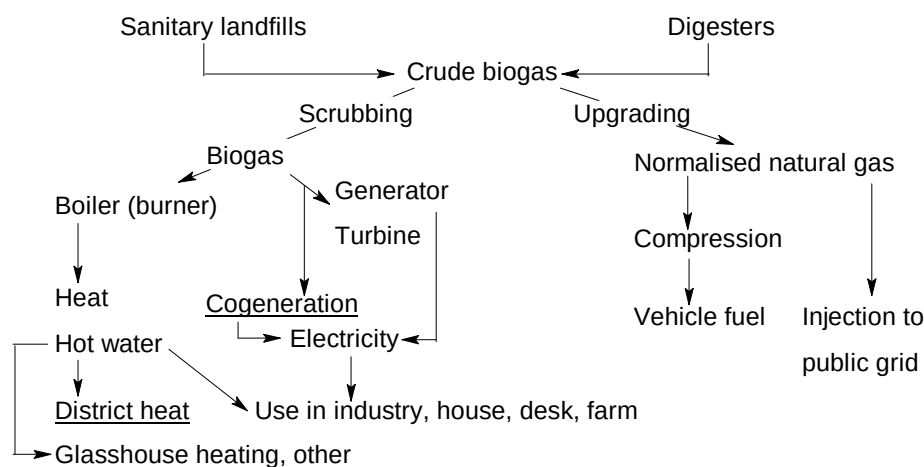


Фиг. 4.14 Емисиите на сметищен газ в атмосферата и на дренажи в подпочвените води от сметищата са сериозна заплаха за околната среда (ANONYMOUS)

## 5. Използване на биогаз

Биогазът има редица приложения в енергетиката, в зависимост от естеството на източника и местните нужди от специфични форми на енергия. Най-общо, биогазът може да бъде използван за производство на топлина чрез директно изгаряне, производство на електричество чрез горивни клетки или микротурбини, комбинирано производство на топло- и електроенергия (CHP) или като транспортно гориво (Фиг. 5.1).

## Biogas end-uses



Фиг. 5.1 Възможности за употреба на биогаз

## 5.1 Свойства на биогаза

Свойствата и състава на биогаза варират в зависимост от вида и структурата на суровината, вида на инсталацията, температурния режим, времето на престой, обемното натоварване и други фактори. Енергийното съдържание на биогаза е химически свързано в метана. Средният топлинен еквивалент на биогаза (с 50% съдържание на метан), е около  $21 \text{ MJN}^{-1}\text{m}^{-3}$ , средната плътност е  $1.22 \text{ kgN}^{-1}\text{m}^{-3}$  а масата е подобна, на тази на въздуха ( $1.29 \text{ kgN}^{-1}\text{m}^{-3}$ ). Типичният състав на биогаза е показан на Табл. 5.1.

Табл. 5.1 Състав на биогаза

| Компонент          | Химична формула      | Съдържание (об.%)  |
|--------------------|----------------------|--------------------|
| Метан              | $\text{CH}_4$        | 50-75              |
| Въглероден диоксид | $\text{CO}_2$        | 25-45              |
| Водна пара         | $\text{H}_2\text{O}$ | 2 (20°C) -7 (40°C) |
| Кислород           | $\text{O}_2$         | <2                 |
| Азот               | $\text{N}_2$         | <2                 |
| Амоняк             | $\text{NH}_3$        | <1                 |
| Водород            | $\text{H}_2$         | <1                 |
| Сероводород        | $\text{H}_2\text{S}$ | <1                 |

Добивът на метан зависи от съдържанието на протеини, мазнини и въглехидрати в суровините, както е показано в Табл. 5.2.

Табл. 5.2 Теоретичен добив на газ

| Субстрат     | Газ [ $\text{kg}^{-1}$ твърди вещества] | $\text{CH}_4$ [%] | $\text{CO}_2$ [%] |
|--------------|-----------------------------------------|-------------------|-------------------|
| Протеини     | 700                                     | 70 до 71          | 29 до 30          |
| Мазнини      | 1 200 до 1 250                          | 67 до 68          | 32 до 33          |
| Въглехидрати | 790 до 800                              | 50                | 50                |

Химичният състав на различните видове суровини варира и е определящ за добива на метан от тях (Табл. 5.3).

**Табл. 5.3 Добив на метан от различни видове суровини**

| Суровина                        | Добив на метан [%] | Добив на биогаз [ $\text{m}^3\text{t}^{-1}$ суровина] |
|---------------------------------|--------------------|-------------------------------------------------------|
| Течен тор от едър рогат добитък | 60                 | 25                                                    |
| Течен свински тор               | 65                 | 28                                                    |
| Джибри от ферментация           | 61                 | 40                                                    |
| Тор от едър рогат добитък       | 60                 | 45                                                    |
| Свински тор                     | 60                 | 60                                                    |
| Тор от домашни птици            | 60                 | 80                                                    |
| Цвекло                          | 53                 | 88                                                    |
| Органични отпадъци              | 61                 | 100                                                   |
| Сладко сорго                    | 54                 | 108                                                   |
| Фуражно цвекло                  | 51                 | 111                                                   |
| Тревен силаж                    | 54                 | 172                                                   |
| Царевичен силаж                 | 52                 | 202                                                   |

## 5.2 Директно изгаряне и оползотворяване на топлината

Най-простият начин за използване на биогаза, произвеждан в малки семейни биореактори е директното му изгаряне в бойлери и горелки. Този подход е широко използван в развиващите се страни.

Обикновено, в развитите страни биогаза се изгаря в горелки за природен газ. Биогазът може да бъде изгарян за получаване на топлина на мястото на неговото производство, или да бъде транспортиран по тръбопроводи до крайните потребители (Фиг. 5.2). За целите на отоплението, биогазът не се нуждае от очистване, за разлика от другите му приложения, където трябва да бъде подложен на кондензация и очистване от механични частици, компресия, охлаждане и дехидратиране.

## 5.3 Комбинирано производство на топлина и електроенергия

Най-ефективното използване на биогаза е комбинираното производство на топлина и електрическа енергия. Преди използването на биогаза за комбинирано производство, той се дренира и изсушава. Повечето двигатели имат граници за максимално съдържание на сероводород, халогенни въглеводороди и силоксан в биогаза. Базовите мотор-генераторни комбинирани енергийни инсталации имат ефективност до 90%. Съотношението на произведената енергия е 35% електричество и 65% топлина.

Най-разпространените приложения на комбинираните инсталации са топлоелектрическите централи (ТЕЦ) от блоков тип, с двигател с вътрешно горене, за задвижване на генератор. Генераторите, обикновено, са с постоянни обороти (1500 об / мин), съвместими с честотата на енергийната система. Двигателите могат да бъдат: газови на Ото, газо-дизелови и двигатели с пилотно инжектиране. И дизеловите, и газовите двигатели на Ото работят без запалване с горивно масло, съобразно принципа на Ото. Разликата на тези двигатели е само в степента на компресията. Поради това, тези двигатели ще бъдат наричани газови двигатели на Ото до края на текста. Алтернативи на електроцентралите от блоков тип, споменати по-горе, са микро-газовите турбини, двигателите на Стирлинг и горивните клетки. Тези технологии все

още се разработват и са на етап прототипи. Приложенията на комбинираното производство са описани по-детайлно в следващите глави.



**Фиг. 5.2** Бойлери, изгарящи биогаз за производството на топлина (AGRINZ GmbH, 2008 г.)

Произвежданата от биогаз електроенергия може да се използва като работна енергия за задвижване на помпи, управляващи системи и други. В много страни с високи преференциални тарифи за получаване и използване на възобновяема електроенергия, цялата произведена електроенергия се продава на националната електрическа мрежа, а след това закупува само необходимата за експлоатация на биореактора енергия.

Важен въпрос за енергийната и икономическата ефективност на централата за производство на биогаз е използването на произведената топлина. Обикновено, част от топлината се използва за подгряване на биореактора, а приблизително две трети от цялата произведена енергия може да се използва за външни нужди. Много централи на биогаз в страни като Германия са създадени изключително за целите на електропроизводството, без използване на топлината. Днес, използването на топлината е задължително за постигане на по-добра икономическа ефективност. Търговските цени (напр. за зърно) се повишават и за много централи продажбата на генерираното електричество само по себе си не е достатъчно за тяхната икономическата целесъобразност. Новосъздадените биогазови инсталации, по тази причина, трябва винаги да включват в общия си проект използването на топлината.

Произведената от биогаз топлина може да бъде използвана в промишлените процеси, селскостопанската дейност или за отопление на сгради. Най-подходящ потребител на топлина е промишлеността, тъй като нуждите ѝ са постоянни през цялата година. Качеството на топлината (температурата) е важен аспект за промишленото ѝ приложение. Използването на биогаз за битови нужди и отопление на сгради (малки мрежи или районно отопление) е друга възможност, въпреки че това приложение има ниска консумация през лятото и висока през зимата. Топлината от биогаза може, също, да бъде използвана за изсушаване на зърнени култури, талаш или за сепариране на вторичната биомаса. Топлината може да бъде използвана, също така, в системи, съчетаващи процеса отопление-охлаждане. Този процес е познат от хладилниците и се използва за охлаждане на складовете за храни или за климатици. Входящата енергия е топлина, която се конвертира в охлаждане чрез сорбционен процес, при който се получава разлика между адсорбционния и абсорбционния процес на охлаждане. Охлаждането чрез сорбционен процес е по-добър избор, тъй като в системата има по-малко механични части, които биха могли да се износват, а и



консумацията на енергия е по-малка, в сравнение с охлаждащите инсталации, използващи компресия. Понастоящем използването на съчетано отопление - охлаждане в инсталациите за биогаз се тества в някои пилотни проекти.

### 5.3.1 Газови двигатели на Ото

Газовите двигатели на Ото са разработени специално за използване на биогаз според принципа на Ото. Двигателите работят при излишък на въздух (горене с бедна смес), за да се намали емисията на въглероден оксид. Това води до по-ниска консумация на газ и намалени експлоатационни характеристики на двигателя. Газовите двигатели на Ото изискват минимум 45% съдържание на метан в биогаза. По-малките използвани двигатели (до 100 kW<sub>el</sub>) са обикновено двигатели на Ото. За по-голямо производство на електроенергия се използват модифицирани дизелови агрегати. Те са оборудвани със свещи. Двата типа двигатели се наричат „Газови двигатели на Ото“, доколкото в основата си работата им се базира на принципа на Ото. Газовите двигатели на Ото (Фиг. 5.3) могат да работят с биогаз или други видове газ (напр. природен газ). Това е удобно при пускането в експлоатация на инсталацията за биогаз, когато топлината се използва за подгръване на биореакторите.



Фиг. 5.3 Газови двигатели на Ото (RUTZ, 2007 г.)

### 5.3.2 Газов мотор с пилотно инжектиране

Двигателят с пилотно инжектиране (наричан също двигател за природен газ с пилотно инжектиране, PING, или двигател, работещ с два типа гориво) работи на принципа на дизеловия двигател. Тези двигатели често се използват за трактори и тежкотоварни превозни средства. За тяхното запалване биогазът се смесва заедно с въздуха в смесител. Тази смес преминава през смукателната система в горивната камера, където се възпламенява от инжектирано горивно масло. Обикновено до 10% от горивното масло за запалване се инжектира и изгаря автоматично. Двигателите с пилотно инжектиране работят с голям излишък на въздух.

В случай на нарушено снабдяване с биогаз, двигателите с пилотно инжектиране могат да работят и без проблеми с чисто горивно масло за запалване или с дизел. Заместването на биогаза с горивно масло или дизел може да бъде необходимо по време на пускането в експлоатация на инсталацията за биогаз за подгръване и достигане на работния температурен режим. Маслото за запалване може да бъде природен дизел или нафта, но и възобновяемият биодизел (рапичен-метил-естер) или

друго растително масло могат да бъдат използвани по същия начин. Предимството на възобновяемите горивни масла е, че те не съдържат сяра и отделят по-малко емисии въглероден оксид. В допълнение, те са биологично разградими, което е важно в случаи на течове и разливания. Недостатъците при използване на биогоривата са: по-ниския вискозитет на растителните масла; възможността за образуване на отлагания и запушване на дюзите при използване на захабени горивни филтри; отделянето на азотни оксиди при изгарянето им. Затова е важно да се спазват инструкциите на производителя за качеството на горивото.

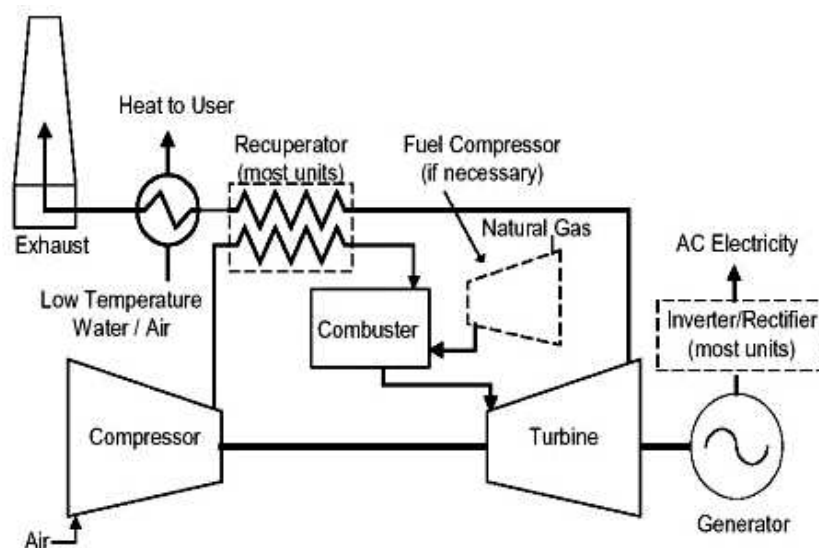
### **5.3.3 Двигатели на Стирлинг**

Двигателите на Стирлинг работят без вътрешно горене, а на принципа, че промяната в температурата на газа води до промяна в неговия обем. Буталата на двигателя се задвижват при разширяване на затворените газове в резултат на подаваната топлина от външен енергиен източник. Необходимата топлина може да се достави от различни енергийни източници, като например газови горелки, работещи на биогаз.

КПД им е между 24 и 28%, което е по-малко от ефективността на газовите двигатели на Ото. Мощността на двигателите на Стирлинг е обикновено по-ниска от 50 kW<sub>el</sub>. Изходящите температури са между 250 и 300°C. Тъй като горенето е външно, може да бъде използван и биогаз, с по-ниско съдържание на метан. За да се използва биогаз в двигателите на Стирлинг е необходимо известно техническо модифициране. Поради ниското износване на компонентите на двигателя на Стирлинг се очакват по-ниски разходи за поддръжка. Двигателят на Стирлинг би могъл да се използва в топлоелектроцентрали от блоков тип. Понастоящем двигатели на Стирлинг се тестват в Германия и Австрия.

### **5.3.4 Микротурбини за биогаз**

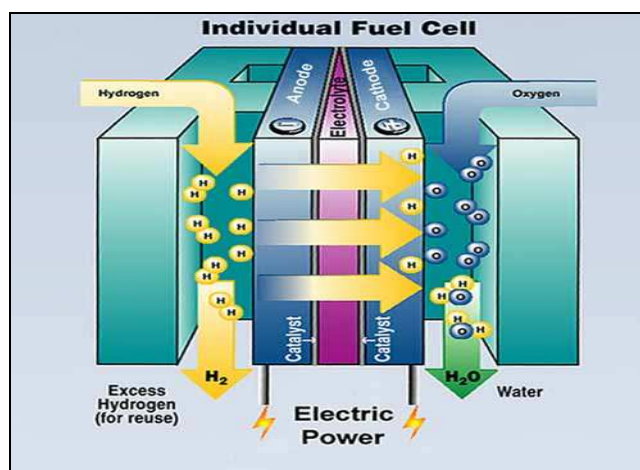
В микротурбините за биогаз въздухът се нагнетява в горивната камера под високо налягане и се смесва с биогаза. Сместа от въздух и биогаз се изгаря. Горещите димни газове задвижват газовата турбина и свързания с нея електрогенератор. Схематично конструкцията на микротурбината е показана на Фиг. 5.4. Обикновено, електрическата мощност на микротурбините е до 200 kW<sub>el</sub>. Микротурбините за биогаз са твърде скъпи, за да бъдат икономически конкурентноспособни, но експериментите ще продължат и се очаква намаляване на разходите.



Фиг. 5.4 Структура на микротурбина ([www.energysolutionscenter.org](http://www.energysolutionscenter.org))

### 5.3.5 Горивна клетка

Горивните клетки са електрохимични устройства, които преобразуват енергията на химичната реакция директно в електрическа енергия. Основната физична структура (изграждащия блок) на горивната клетка се състои от електролитен слой, порьозен анод и катод от двете му страни. Схематично изображението на горивната клетка е показано на Фиг. 5.5. В типичната горивна клетка, газообразните горива (биогаз) се подават непрекъснато към катода (отрицателния електрод), а окислителя (кислород от въздуха) се подава непрекъснато към анода (положителния електрод). Електрохимичната реакция протича на електродите, произвеждайки електрически ток.



Фиг. 5.5 Опростена схема на горивна клетка (EMERGING ENVIRONMENTAL ISSUES, 2005 г.)

Различните горивни клетки се наименоват според типа на използвания електролит и те могат да са ниско (AFC, PEM), средно (PAFC) и високотемпературни горивни клетки (MCFC, SOFC). Изборът на горивна клетка зависи от входящия газ и използването на топлината. Полимерната - електролитно - мембранна (PEM) горивна клетка може да бъде използвана за биогаз. Поради работната температура от 80°C, топлината може да бъде подавана директно в мрежата за гореща/ топла вода. Типът на

използвания електролит влияе на времето на живот на РЕМ, чиято мембрана е много чувствителна към замърсявания в горивния газ, включително въглероден диоксид. По тази причина, трябва да се положат много усилия за почистване на газа.

Най-добре развитите горивни клетки са фосфорно – киселинните (PAFC), използващи като гориво природен газ. За разлика от други горивни клетки, електрическата ефективност е ниска, освен това, са по-слабо чувствителни към наличието на въглероден диоксид и въглероден оксид в газа.

Горивните клетки с течни карбонати (MCFC) работят с течен въглероден поток като електролит и са нечувствителни към въглеродния оксид и допускат концентрации на въглероден диоксид до 40 обемни %. Тъй като работната температура е от 600 до 700°C, разпадането на метана с освобождаване на водород се извършва вътре в горивната клетка. Освободената топлина може да бъде използвана, например, по посока на потока в турбината (Фиг. 5.6).



Фиг. 5.6 Първата в света MCFC горивна клетка, работеща в Германия (RUTZ, 2007 г.)

Друга високотемпературна горивна клетка е SOFC (горивна клетка с твърди оксиди). Тя работи в температурния интервал между 750 и 1000°C. Горивната клетка SOFC има висока електрическа ефективност и разпадането на метана с освобождаване на водород може да стане в клетката. Тя е пригодена за използване на биогаз поради нейната ниска чувствителност към сяра.

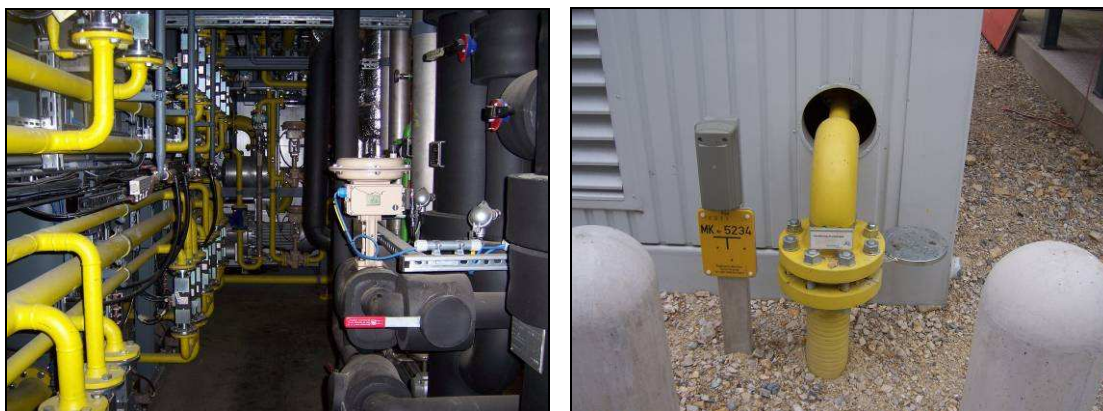
Инвестиционните разходи за всички горивни клетки на биогаз са много високи (12 000 €/kW<sup>-1</sup>), което е много повече от тези за ТЕЦ от блоков тип. Поради тези причини и като се имат предвид текущите разработки и резултатите от изследванията, все още не може да се намери пазарно приложение на тези системи.

## 5.4 Получаване на биометан (обогащаване на биогаза)

При използването на биогаз за инжектиране в мрежата за природен газ или като транспортно гориво, всички замърсители, включително и въглеродният диоксид, трябва да се премахнат, с което се повишава съдържанието на метана в газа. Този процес се нарича обогащаване на биогаза. При обогащаването, концентрацията на метана, която е нормално 50 - 75% в биогаза се повишава до над 95%. Съществуват различни технологии за премахване на замърсителите от биогаза и обогащаването му за постигане на необходимото му качество като транспортно гориво или за достигане състава на природния газ.



Въглеродният диоксид се премахва, за да се достигне необходимият индекс на Вобе. Когато се отстранява въглеродният диоксид от биогаза, се отнемат и малки количества метан. Тъй като метанът е парников газ 23 пъти по-мошен от  $\text{CO}_2$  (т.е. молекула метан е 23 пъти по-ефективна, отколкото е молекула  $\text{CO}_2$  в улавянето на излъчвана от земята топлина), е важно загубите на метан да се ограничат до минимум по икономически причини и за опазване на околната среда. Съществуват редица методи за отстраняване на въглеродният диоксид. Най-широко разпространените са абсорбцията (водна очистка, очистка с органични разтвори) и адсорбцията (адсорбция при променливо налягане) (Фиг. 5.7). Други, по-рядко използвани техники, са мембранната и криогенната сепарации.



Фиг. 5.7 Съоръжение за пречистване на биогаз до биометан чрез адсорбция при променливо налягане (вляво) и връзка към мрежата за природен газ (вдясно) на инсталацията за биометан в Плининг, Германия (RUTZ, 2007 г.)

Общите разходи за почистване и обогатяване на биогаза включват инвестиционните разходи, както и разходите по експлоатацията на инсталацията и поддръжката на съоръженията. Когато се произвежда биогаз за транспортно гориво или с качество за свързване към тръбопроводите, най-скъпата част от обработката е почистването от въглеродния диоксид.

Инвестиционните разходи за обогатителна инсталация за транспортно гориво зависят от редица фактори. Важен фактор е размерът на инсталираната мощност. Инвестиционните разходи растат с нарастване на капацитета, но инвестициите за единица инсталирана мощност са по-ниски за по-големите инсталации, в сравнение с тези при по-малките.

#### 5.4.1 Биогаз като транспортно гориво

Използването на биометан в транспортния сектор е технология с голям потенциал и важни социално-икономически ползи. Биогазът вече се използва като транспортно гориво в страни като Швеция, Германия и Швейцария.

Броят на пътническите коли, общественият транспорт и тежкотоварните автомобили, задвижвани с биогаз е нараснал значително. Биометанът може да бъде използван като гориво по същия начин и в същите транспортни средства, както и природния газ. Броят на европейските градове, които подменят дизеловите си автобуси, с автобуси, задвижвани от метан непрекъснато се увеличава.

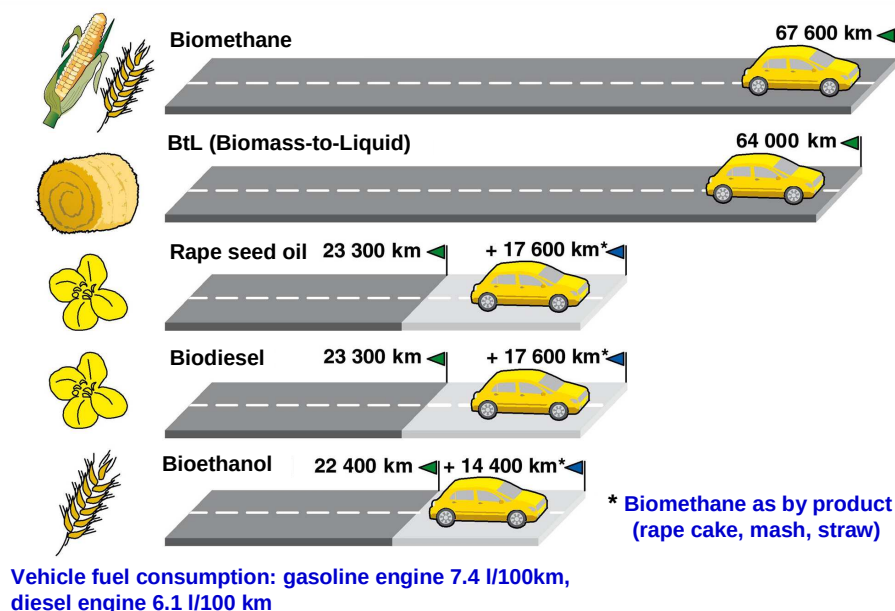
Повечето от задвижваните с газ лични превозни средства са преустроени коли като са инсталирани резервоар за газ под налягане в багажното отделение и система за подаване на газ. Специализираните транспортни средства на газ са оптимизирани за по-добра ефективност и по-удобно разположение на газовите цилиндри без да се губи багажно пространство. Газът се съхранява при 200 до 250 бара в съдове под налягане,

направени от стоманени или алуминиеви композитни материали. Днес повече от 50 производители по света предлагат около 250 модела леко и тежко товарни пътно-транспортни средства, задвижвани от газ.

Тежкотоварните превозни средства могат да бъдат приспособени да се движат само на метан, но в някои случаи се монтират двигатели, използващи два типа гориво. Двугоривният двигател използва система за инжектиране на дизел и газът се запалва чрез инжектиране на малко количество дизелово гориво. Двугоривните двигатели изискват по-малко усъвършенстване на двигателите и поддържат същите транспортни характеристики както при дизеловите транспортни средства. Независимо от това, емисиите на изгорелите газове не са така ниски, както са при съответните специализирани превозни средства на газ.

Превозните средства на биометан имат значителни предимства спрямо тези с бензинови или дизелови двигатели. Общите емисии въглероден диоксид са драстично редуцирани в следствие на обогатяването на газа и компресирането му. Емисиите от прах и сажиди също са намалени драстично, дори в сравнение с модерните дизелови двигатели, които имат съответните филтри. Емисиите на азотните оксиди и не-метановите въглеводороди, също, са значително намалени.

Смята се, че обогатеният биогаз (биометан) има най-голям потенциал като гориво, в сравнение с останалите биогорива. Фиг. 5.8 представя сравнение между различните транспортни биогорива от гледна точка на пробега на автомобила. Всички изчисления са направени за биогорива, произведени от 1 хектар обработваема земя, засята с енергийни култури. Потенциалът на биогаза за транспортния сектор е дори по-висок, ако се използват отпадъци като изходна суровина, вместо енергийни култури.



Фиг. 5.8 Сравнение на потенциала на биогоривата: Пробег на личен автомобил, движещ се с биогорива, произведени от енергийни култури от 1 хектар земя (FNR, 2008 г.)

#### 5.4.2 Биометан за инжектиране в газопреносната мрежа

Обогатеният биогаз (биометан) може да бъде инжектиран в разпределителната мрежа за природен газ, след като е бил компримиран до налягането на газа в



тръбопроводите. Според разпоредбите на ЕС, достъпа до газовата мрежа е гарантиран за всички доставчици на биогаз (Европейски парламент, 2001г.).

Използването на мрежата за природен газ за разпределяне на биометана има редица предимства. Важно предимство е факта, че мрежата свързва площадката за производство на биометан, която обикновено е в селски райони, с по-гъсто населени области. Това позволява газът да достигне до нови клиенти.

Страни като Швеция, Швейцария, Германия и Франция имат стандарти (системи за сертифициране) за инжектиране на биогаз в мрежата за природен газ. Стандартите, предписващи пределни съдържания за компоненти като сяра, кислород, частици и точка на оросяване на водата, имат за цел да избегнат замърсяването на мрежата и на крайния потребител. Стандартите, в повечето случаи, са лесно постижими чрез съвременните обогатителни процеси. В някои случаи, сметищният газ е трудно да се обогати до приемливо качество поради неговото високо съдържание на азот.

Обогатеният газ, инжектиран в мрежата, може да бъде използван в комбинирани централи за производство на топлина и електроенергия, намиращи се далече от площадката на инсталацията за биогаз и близо до консуматорите на топлина. По този начин се получава по-висока използваемост, тъй като не се губи топлина.

Инжектирането в мрежата означава, че инсталацията за биогаз се нуждае само от малък блок за комбинирано производство или от биогазова горелка за работна енергия.

Централи, захранвани с биогаз са в експлоатация в Швеция, Германия, Австрия, Холандия, Швейцария и Франция. Основните бариери за инжектирането на биометан са високите разходи за обогатяване и свързване към мрежата.

#### **5.4.3 Производство на въглероден диоксид и метан за химическата промишленост**

Производството на чист метан и  $\text{CO}_2$  от биогаз може да бъде приложима алтернатива на производството им от природни източници. Двете вещества са важни за химическата промишленост. Чист  $\text{CO}_2$  се използва за производство на поликарбонати, сух лед или за повърхностно третиране (струйно почистване с  $\text{CO}_2$ ).

### **6. Оползотворяване на вторичната биомаса**

Производството на биогаз е неразделна част от съвременното селско стопанство, което взема предвид не само икономическите разходи и ползи от селскостопанските дейности, но и социално-икономическите аспекти и аспектите на околната среда. Производството на биогаз предоставя едновременно селскостопански и икономически ползи и ползи за околната среда. По тази причина, след петролната криза, фермерите станаха пионери на третата вълна технологии за биогаз в Европа, заинтересовани от възможността да подобрят почвообогатителните свойства на оборския тор.

## **6.1 Производство на биогаз – технология за управление на органични торове и фракции**

Интензификацията на скотовъдството доведе до ситуации, при които животновъдните ферми нямат достатъчно земя за производство на необходимите им суровини, както и за използване на получените торове и органични фракции. Това води до излишък на животински торове в някои области. Изисква се задължително управление на тези торове, за да се предотвратят сериозните последици като:

- замърсяване на подпочвените и повърхностните води от изтичания на дренажи, богати на биогенни вещества;
- увреждане на структурата на почвата;
- унищожаване на естествената растителност и формиране на типична “торна растителност”;
- големи емисии на метан и амоняк;
- разпространение на насекоми и миризми;
- риск от разпространение на патогени.

Производството на биогаз предоставя решения на горните проблеми чрез технологии за обработка и управление на органичните торове, позволяващи цялостни и полезни за околната среда селскостопански практики.

## **6.2 От тор до вторична биомаса за наторяване**

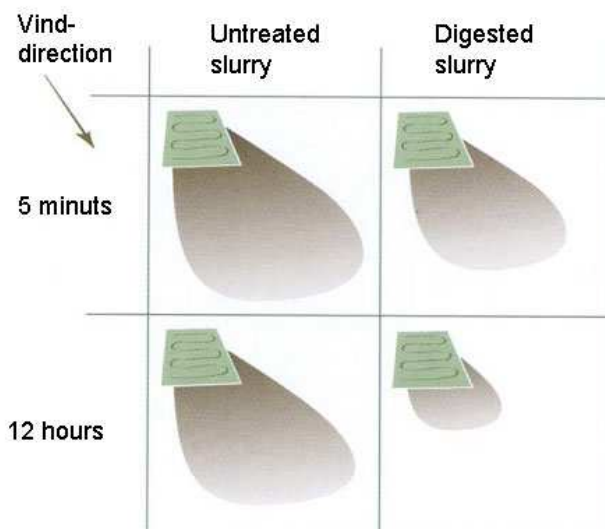
### **6.2.1 Биологично разграждане на органичната материя**

При третиране в инсталациите за биогаз на оборския тор и неговите фракции, органичните вещества се разграждат биологично до органични субстанции със синтез на метан. На практика, инсталациите за биогаз, обработващи оборски тор и неговите фракции имат степен на разграждане на органичната материя около 40% за фракции и разтвори от едър рогат добитък и 65% за фракции от свинефермите. Степента на разграждане зависи от вида на суровината, хидравличното време на престой и температурата на процеса. Вследствие на разграждането на органичната материя, вторичната биомаса е по-лесна за изпомпване и по-лесно се прилага за наторяване. Вторичната биомаса е обогатена с бактериални протеини (бактериална биомаса), които лесно се разграждат в почвата и я снабдяват с необходимия азот. Неразградените, резистентни вещества от оборската тор служат като подобрители на почвената структура.

### **6.2.2 Намаляване на миризмите**

По време на анаеробното разграждане на тора, значително намаляват субстанциите с неприятна миризма (сяросъдържащи летливи мастни киселини, фенол и производни на фенола). Опитът показва, че до 80% от миризмите могат да се намалят при анаеробното разграждане на тора. Освен редуциране на интензивността и устойчивостта на миризмите (Фиг. 6.1) има и положителна промяна в техния състав, тъй като вторичната биомаса вече няма неприятната миризма на оборския тор, а мирише повече на амоняк. Дори да се съхранява за по-дълъг период от време, вторичната биомаса не показва завишаване на емисиите от миризми. От Фиг. 6.1 се

вижда, че 12 часа след наторяването с вторична биомаса миризмата е почти напълно изчезнала.



Фиг. 6.1 Площ от поле с преобладаващи северозападни ветрове, повлияна от трайно присъствие на миризма след наторяване с оборски тор и вторична биомаса (BIRKMOSE, 2003 г.)

### 6.2.3 Намален санитарен риск

Процесът на анаеробно разграждане унищожава вирусите, бактериите и паразитите, намиращи се в обработваните суровини. Този ефект се нарича хигиенизиране. Ефективността на хигиенизирането зависи от времето на престой на суровината в биореактора, от температурата на процеса, от техниката на разбъркване и от типа на биореактора. Най-добра хигиенизация се постига при термофилен режим (50-55°C), в удължен биореактор от проточен тип, с подходящо време на престой. В този тип биореактор не се извършва смесване на вторичната биомаса със свежи суровини, което позволява да бъдат унищожени до 99% от всички патогени.

За да се осигури безопасно рециклиране от гледна точка на санитарните изисквания за използване на вторичната биомаса като тор, Европейското законодателство налага специфични мерки за хигиенизиране на суровините според техния произход. В зависимост от вида на суровините при някои от тях се изисква предварително хигиенизиране чрез пастьоризиране или стерилизиране под налягане преди подаването им в биореактора. Повече подробности относно хигиенизирането са дадени в глава 7.2.

### 6.2.4 Унищожаване на семената на плевелите

По време на анаеробно разграждане, чувствително се намалява способността на семената на плевелите за покълване. По този начин, производството на биогаз допринася за намаляване на плевелите в околната среда. Загубата на способност за покълване при повечето семена възниква в рамките на хидравлично време на престой от 10-16 дни, въпреки че съществуват разлики между семената, свързани с тяхната видова принадлежност. Както и в случая на хигиенизиране, ефектът нараства с нарастване на времето на престой и температурата.

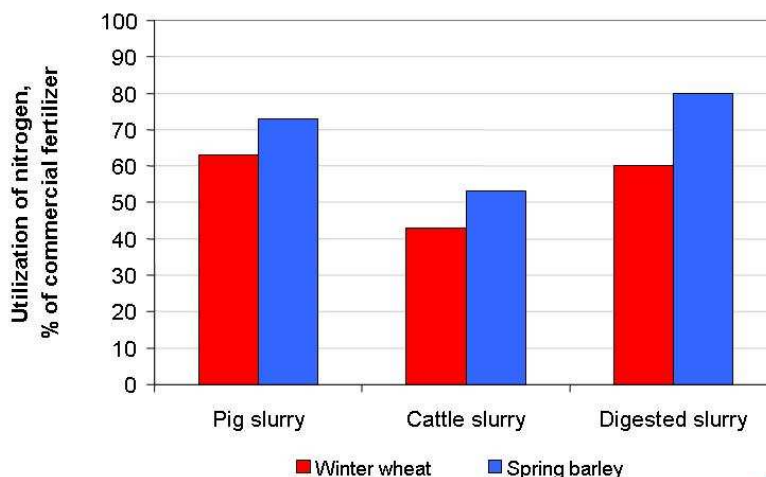
### 6.2.5 Предотвратяване на унищожаването на посевите

Прилагането на суров разтвор за наторяване може да доведе до изгаряне на листата на растенията, което се причинява от мастните киселини с ниска плътност от типа на оцетната киселина. При наторяване с вторична биомаса се избягват изгаряния на растенията, тъй като повечето мастни киселини са разградени при анаеробния процес. Вторичната биомаса се оттича по-лесно от растенията, отколкото неферментиралите разтвори, което намалява времето на директен контакт между разтвора/вторичната биомаса и надземните части на растенията и с това и риска от повреждане на листата.

### 6.2.6 Подобряване на качеството на торовете

Чрез процеса на анаеробното разграждане повечето органични вещества, в частност азотсъдържащите, се минерализират и се превръщат в достъпна за растенията форма. Фиг.6.2 показва степента (%) на усвояване на азота от естествен, необработен тор (свински и говежди) и от вторична биомаса при наторяване на зимна пшеница и пролетен ечемик. Поради повишеното съдържание на азот, вторичната биомаса може да се интегрира напълно в торовия баланс на фермата, тъй като може да се пресметне нейния наторяващ ефект по същия начин, както за минералните торове.

Вторичната биомаса има по-ниско съотношение C/N в сравнение с пресния оборски тор. По-ниското съотношение C/N означава, че вторичната биомаса има по-добър краткосрочен наторяващ ефект. Когато стойността на отношението C/N е твърде висока, микроорганизмите успешно се конкурират с растенията за наличния азот.



Фиг. 6.2 Оползотворяване на азота от ферментирани (вторична биомаса) и неферментирани оборски и свински тор (BIRKMOSE, 2002 г.)

## 6.3 Употреба на вторична биомаса като подобрител на почвата

Вторичната биомаса е по-хомогенна в сравнение със свежата и с подобрен N/P баланс. Съдържанието на хранителните за растенията вещества е известно и позволява прецизно дозиране и интегриране в плановете за наторяване на обработваемите земи.

Вторичната биомаса съдържа повече минерален азот, който е по-достъпен за растенията.

Азотната ефективност нараства значително и намаляват загубите на хранителни вещества при използване на вторичната биомаса за наторяване в съответствие с добрите селскостопански практики. За оптимално оползотворяване на вторичната биомаса за наторяване трябва да се вземат предвид същите основни фактори, както при използване на необработени фракции и оборски тор:

- достатъчен капацитет за съхранение (минимум 6 месеца);
- ограничение на сезона за използване като торно средство;
- прилагано количество на хектар;
- техника на торене.

Поради по-високата си хомогенност и течливост, вторичната биомаса прониква по-бързо в почвата от суровите разтвори. При прилагането на вторична биомаса за наторяване има рискове за загуба на азот чрез емисии на амоняк и изтичане на нитрати. За да се намалят тези рискове, трябва да се съблюдават някои прости правила на добрите селскостопански практики:

- да се избягва прекаленото разбъркване на вторичната биомаса преди използване;
- използване само на охладена биомаса от резервоара за последващо съхранение;
- разпръскването на полето трябва да се извършва чрез смукателни тръбопроводи, смукателни ръкави, директно инжектиране в почвата, дискови инжектори;
- при прилагане на повърхността на почвата, е необходима незабавна обработка на почвата;
- в зависимост от посева, вторичната биомаса трябва да се внася в началото или по време на вегетацията. Опитът показва, че в Европа най-доброто време за използване на вторичната биомаса за посеви е в периода на усилен растеж;
- при използването за зимни посеви трябва да се започне наторяването с 1/3 от общата нужда от азот;
- оптималните климатични условия за прилагане на вторична биомаса са в периодите на висока влажност и липса на вятър. Сухото, слънчево и ветровито време намаляват значително азотната ефективност.

Вторичната биомаса може да се използва за основно наторяване на посевите по време на усилена вегетация. Така се ограничават загубите от азот под формата на нитрати тъй като основната част от тях се усвояват директно от растенията. Датският опит показва, че при полагане на вторична биомаса като основно торно средство, част от хранителните вещества се абсорбират от листата.

## **6.4 Ефекти върху почвата от торенето с вторична биомаса**

Разграждането на органичната биомаса по време на анаеробния процес, води до получаване на нискомолекулни органични вещества с киселинни и с основни свойства. По тази причина, когато се прилага върху почвата, вторичната биомаса създава по-малко стрес и по-подходяща среда за почвените организми в сравнение със суровите разтвори. Директното измерване на биологичното потребление на кислород (БПК) показва 10 пъти по-малка стойност в сравнение с неферментиралите разтвори от

свински тор. Това означава, че почвите, наторени с вторична биомаса, не навлизат в анаеробна фаза поради по-малкото количество кислород, което се използва за биологично окисление и минерализиране на внесената органика. Способността да се възстановява съдържанието на хумуса чрез доставяната органична материя също е по-висока в сравнение с наторяването с необработени торове.

### **Ръководство за добра практика**

#### **за намаляване на амонячните изпарения по време на съхранение и прилагане на вторичната биомаса**

- Винаги да има постоянно покритие или изолиращ воден слой в резервоарите за съхранение на вторичната биомаса.
- Вторичната биомаса трябва винаги да се напompва от дъното на резервоара, за да се избегне прекаленото размесване и трябва да се разбърква само непосредствено преди прилагане.
- Резервоарът за съхранение да се разполага на сянка и да се защити от вятър.
- Отделянето на голямо количество газови емисии се предотвратява чрез директното инжектиране на вторичната биомаса в почвата.
- За приложение на вторична биомаса трябва да се предпочитат смукателни ръкави вместо разпръскащи технологии. Разпръскащите технологии повишават амонячните емисии и пръскат нежелателни аерозоли в широки пространства (Фиг. 6.3).
- Приложението трябва да се извършва при оптимални климатични условия (хладно, влажно и без вятър време).
- Съществува възможност вторичната биомаса преди полагането да се третира с разтвори на киселини. Това намалява стойността на рН и ограничава емисиите на  $\text{NH}_3$ , като го стабилизира.



**Фиг. 6.3** Превозни средства, използващи влачеши маркучи за прилагане на вторичната биомаса като тор (AGRINZ GmbH)

С вторичната биомаса се внасят по-големи количества въглеродсъдържащи съединения в сравнение с компоста и необработените торове, които възстановяват съдържанието на хумусните субстанции в почвите. Немски изследвания, направени с ферментирани торове от свинеферми, показват повишение на индекса на ефективност на образуването на хумус от 0.82 на 1.04. По-лесно разградимите въглеродни връзки в молекулите на целулозата и масните киселини се разкъсват, а тези в лигнина, които са от значение за формирането на хумус, остават.



## 6.5 Практически опит

Въпреки че учените имат различни мнения относно ефектите от прилагането на вторична биомаса за наторяване, по отношение на азота, съществуващите практически резултати са недвусмислени.

За много фермери, които използват вторична биомаса, подобряването на качеството на почвата е от голямо значение. Използването на вторична биомаса води до по-малка необходимост от минерални торове и по-малък разход на препарати за пръскане.

Пасящи елени и зайци са наблюдавани скоро след прилагането на вторична биомаса на полето. Едрият рогат добитък също охотно яде тревата от тези полета, скоро след полагането на вторичната биомаса, като се отбелязва по-малка загуба на вкусови качества в сравнение с прилагането на сурови торове.

Процесът на анаеробното разграждане дезактивира семената на плевелите в оборския тор и прекъсва цикъла на вегетация на плевелите. С това, тяхното количество на полето намалява. Много фермери, които са ползвали вторична биомаса за наторяване в продължение на дълги периоди от време, потвърждават за нараснало присъствие на стойностни тревисти растения по техните полета.

Растениевъдите, също използват анаеробното разграждане за третиране на оборския тор и растителните отпадъци, произведени в техните ферми. Резултатът е не само адекватно доставяне на хранителни вещества за растенията и намалени загуби, но също така увеличена микробиологична активност на почвата и по-здрави растения. Много фермери съобщават за нараснал добив от слама и сено, както и от зърнени култури с по-добро качество, свързано с прилагането на вторична биомаса за наторяване. Биологичното земеделие има за цел да сведе до минимум всички външни доставки, включително и доставките на енергия, а анаеробното разграждане от своя страна не само предоставя на земеделците тор с високо качество, но също и вътрешно производство на енергия, под формата на електричество и топлина.

## 6.6 Подобряване на свойствата на вторичната биомаса

Вторичната биомаса има високо съдържание на вода и следователно, голям обем. Подобряването на свойствата на вторичната биомаса цели редуциране на обема и концентриране на хранителните съставки. Това е от особено значение в области с интензивно животновъдството, където съществува излишък на хранителни вещества от оборски тор и недостатъчно земя за прилагането му. В тези случаи, излишните хранителни вещества трябва да се транспортират до други области по възможно най-ефикасния и икономичен начин. Подобряването на свойствата на вторичната биомаса не само предлага възможност за намаляване на транспортните разходи на хранителните вещества, но също и намаляване на емисиите на замърсителите и миризмите.

### 6.6.1 Методи за подобряване на вторичната биомаса

Качеството на вторичната биомаса може да бъде частично или напълно подобро. Ефективността на ферментационният процес в селскостопанска инсталация за биогаз е 50-60% (Angelidaki, 2005 г.). Това означава, че вторичната биомаса съдържа 40-50% от първичното сухо вещество, преди всичко под формата на фибри.

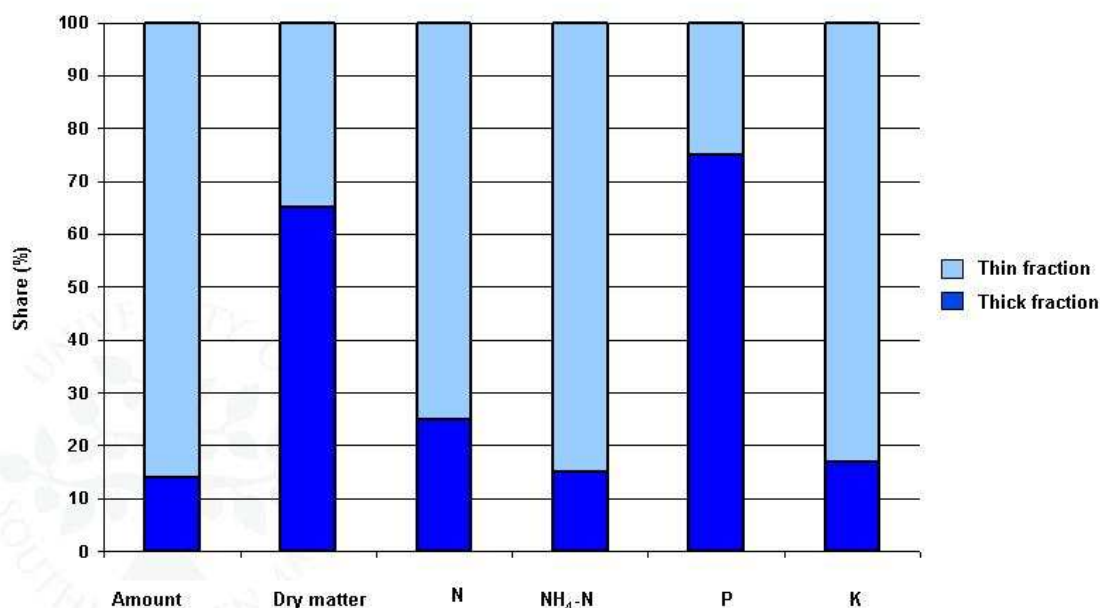
Частичното подобрене означава сепариране на твърдата материя (фибри) от вторичната биомаса като се използват сепаратори от винтов тип или гарафи. Частичното подобряване чрез сепариране на фибрите първоначално се е прилагало за производството на компост за търговски цели. В последствие са извършени пълномащабни изпитания, при които сепарирани фракции на фибри, със съдържание на сухо вещество над 45%, са използвани като допълнително гориво в бойлери на дърва. Това е довело до повишаване на общата енергийна ефективност с приблизително 15% чрез допълнително производство на топлина (Angelidaki, 2005 г.). Допълнителен положителен ефект е отстраняването и отделянето на излишъка от фосфор, който основно е свързан във фракцията на фибрите. По тази причина, сепарирането е подходяща технология за ситуации, когато има излишък на фосфор (Табл. 6.2 и Фиг. 6.4). Течната фракция останала след отделянето на фибрите съдържа основната част от азота и може да се прилага като тор. Последните изследвания показват, че сепарирани фракции фибри могат отново да се добавят в биореактора след смесването им с други ко-субстрати. Целта е да се подобри съдържанието на сухо вещество в суровините и да се повиши потенциала за производство на метан.

Пълното подобряване разделя вторичната биомаса на три пречистени крайни продукти: чиста вода, концентрирани хранителни вещества и органични фибри. Всички хранителни вещества (азот, фосфор, калий и др.) и органичните съединения са сепарирани от основния поток във високо концентрирана форма и могат да се транспортират от областта, в която има излишък на хранителни вещества. Пречистената вода може да се заусти в най-близкия водоприемник или да се върне обратно в процеса. Пълното подобряване се използва в селскостопански области, характеризирани с излишък на азот.

**Табл. 6.1 Състав на фракции, получени след центрофугиране (AL SEADI, 2003 г.)**

|                   | Количество<br>% | Сухо вещество<br>% | N<br>%        | NH <sub>4</sub> -N<br>% | P<br>%        | K<br>%        |
|-------------------|-----------------|--------------------|---------------|-------------------------|---------------|---------------|
| Суров<br>разтвор  | 100             | 100<br>(6,4%)      | 100<br>(5,7%) | 100<br>(4,2%)           | 100<br>(1,6%) | 100<br>(2,6%) |
| Твърда<br>фракция | 14              | 65<br>(30%)        | 25<br>(10,1%) | 15<br>(4,5%)            | 75<br>(8,7%)  | 17<br>(3,1%)  |
| Течна<br>фракция  | 86              | 35<br>(2,6%)       | 75<br>(4,9%)  | 65<br>(4,2%)            | 25<br>(0,5%)  | 83<br>(2,5%)  |

И в двата случая (частично или пълно подобряване) първата стъпка е сепариране на течната фракция и фракцията на фибрите, което разделя вторичната биомаса на обогатена с въглерод и фосфор твърда фракция и богата на азот течна фракция. Пълното подобряване допълнително концентрира или отделя хранителните вещества, съдържащи азот, фосфор и калий. Най-използваният процес включва технология за мембранна сепарация, сорбция или отделяне на амоняка и изпарение или биологично третиране.



Фиг. 6.4 Съдържание на сухо вещество и подхранващи вещества в сепарирани при центрофугиране фракции (AL SEADI, 2003 г.)

Табл. 6.2 Съдържание на хранителни вещества във вторичната биомаса

|                           | Сухо вещество % | Общ N kg/t | NH <sub>4</sub> -N kg/t | P kg/t | K kg/t | pH  |
|---------------------------|-----------------|------------|-------------------------|--------|--------|-----|
| Тор от едър рогат добитък | 6,0             | 5,0        | 2,8                     | 0,8    | 3,5    | 6,5 |
| Течна свинска тор         | 4,0             | 5,0        | 3,8                     | 1,0    | 2,0    | 7,0 |
| Ферментирани разтвори     | 2,8             | 5,0        | 4,0                     | 0,9    | 2,8    | 7,5 |

### Разделяне на твърдите и течните фракции

Отделянето на фибрите се осъществява чрез сепаратори или спираловидни сита, чрез центрофугиране и понякога с лентови преси (Фиг. 6.5). 15-20% от влакната / твърдите вещества се разделят със спирални сита и повече от 60% с центрофуги. По-голямата част от азота (до 90%) се отделя с течната фракция, докато фосфора е само частично отстранен, тъй като основната част е свързана във влакнестата фракция / твърдите частици.

Повечето процеси (включително екстракцията на водата) използват две основни технологии: технология с мембранно разделяне или изпарителна техника. И двете са технологично сложни и изискват значителна консумация на енергия. Поради тази причина, те са икономически целесъобразни за биогаз инсталации с мощност по-висока от 700 KW.



Фиг. 6.5 Вагон с разпределящ винт за събиране на фибри (ANGELIDAKI, 2005 г.)

### ***Технология за мембранна сепарация***

Мембраната е филтър с много фини пори, които могат да сепарират частици и соли от течности на молекулно ниво. Решението да се използва микро-, ултра- или нано-филтрация или обратна осмоза зависи от размера на молекулата на веществата, които ще се сепарират. Задвижващата сила за сепарирание на сухото вещество е разликата в налягането между двете страни на мембраната. Най-често, чрез няколко различни техники се постига желаната сепарация. Например, по-големите частици се отнемат от филтратата чрез отдекантиране или центрофугиране, а разтворените вещества се премахват на втора стъпка чрез обратна осмоза.

Освен пречистена вода, мембранната сепарация произвежда концентрат, богат на хранителни вещества, който може да се продава директно или да се обработи допълнително чрез изпарение за намаляване на обема.

### ***Изпарение***

Течната фаза чрез изпарение се разделя на хранителни вещества и очистена вода. Изпарителните инсталации изискват голяма консумация на енергия. Най-често, излишната топлина от комбинираните инсталации за производство на електричество и топлина се използва в изпарителните инсталации, така се повишава ефективността на използването на енергията и се финансира част от разходите за работа на звеното по подобрене на вторичната биомаса.

Решаващи при избора на технология за изпаряване са характеристиките на субстрата, който ще се подлага на обработка. В случая на вторичната биомаса е възможно да се използва изпарител със затворена циркулация, в който топлопредаването и същинския изпарителен процес протичат разделени. Това осигурява по-стабилен процес, особено ако субстрата, който ще се изпарява, има тенденция да образува повърхностно наслявяване.

## **6.6.2 Важни аспекти**

Технологиите за подобряване (особено пълното подобряване) изискват висока консумация на енергия за създаване на необходимото налягане в мембранните технологии, или за производството на топлина за изпарителния процес. До 50% от

произведеното електричество чрез биогаз е необходимо за пълното подобряване на произвежданата вторична биомаса при използване на мембранни технологии. Частичното подобряване изисква по-малко енергия, по-евтино е и е най-икономична технология за подобряване в райони с излишък на фосфор.

Във всички случаи, технологията за подобряване е избрана, съобразно химичните и физичните характеристики на вторичната биомаса, включително и тенденцията ѝ за формиране на покриващ слой. Ако се цели пълно подобряване е важно сухото вещество почти напълно да се отстрани чрез пълна сепарация на течността от фибрите, последвано от допълнителна ултрафилтрация ( $< 0.2 \text{ mm}$ ) на течната фаза, така че в края на процеса отделяната вода да отговаря на критериите за заустване. Ако сепарираните фракции не могат да достигнат необходимото ниво на чистота или ако избраните мембрани и процеси не са подходящи за третиране на вторичната биомаса, разходите за енергия, труд, поддръжка и чистене на системата ще нараснат значително.

## **6.7 Управление на качеството на вторичната биомаса**

### **6.7.1 Вземане на проби, анализи и регистриране на вторичната биомаса**

За да се използва вторичната биомаса като стойностен биотор в селското стопанство и за да може да се впише в плана за наторяване на фермата, е необходимо да се познават химичния ѝ състав и свойства. По тази причина, трябва да се вземат усреднени проби от всички товари вторична биомаса и да се анализира съдържанието на N, P, K, сухо вещество, летливи вещества и рН. Ако инсталацията за биогаз ко-ферментира органични отпадъци, вторичната биомаса трябва също да се анализира и за наличие на тежки метали и устойчиви органични замърсители. Техните концентрации не трябва да надхвърлят пределно допустимите стойности, дефинирани от законодателството. За да бъде безопасно прилагана за наторяване и възстановяване на почвата, вторичната биомаса трябва да е свободна от патогени и физически нечистотии.

### **6.7.2 Управление на хранителните вещества във вторичната биомаса**

Един от аспектите на рециклирането на органичните отпадъци и получаването на вторична биомаса е внасянето на хранителни вещества в обработваемите площи. Претоварване с нитрати или фосфор може да възникне при неправилно съхраняване и прилагане на вторичната биомаса за наторяване. Директива 91/676/ЕЕС позволява наторяване с азотни торове до  $170 \text{ kg N/ha/year}$ , за да се опазят подпочвените и повърхностните води от замърсяване с нитрати. Внасянето на хранителни вещества в почвата се регламентира със закон във всички развити страни, за да се избегне замърсяване от интензивното животновъдство. Табл. 6.2 показва примери от някои европейски страни.

**Табл. 6.3 Примери за законодателни национални актове относно хранителното натоварване на земеделски земи (NORDBERG, 1999 г.)**

|                | Максимално натоварване с хранителни вещества                                                                                                               | Необходим капацитет за съхранение | Задължителен период на разпръскване |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Австрия        | 170 kg N/ha/yr                                                                                                                                             | 6 месеца                          | 28/2-25/10                          |
| Дания          | до 2003<br>230-210 kg N/ha/yr(оборски тор)<br>140-170 kg N/ha/yr (свински тор)<br>от 2003<br>170 kg N/ha /yr (оборски тор)<br>140 kg N/ha/yr (свински тор) | 9 месеца                          | 1/2-реколта                         |
| Италия         | 170-500 kg N/ha /yr                                                                                                                                        | 90-180 дни                        | 1/2- 1/12                           |
| Швеция         | На база суровинни единици                                                                                                                                  | 6-10 месеца                       | 1/2- 1/12                           |
| Великобритания | 250-500 kg N/ha/yr                                                                                                                                         | 4 месеца                          | -                                   |

Прилагането на вторична биомаса като тор трябва да се направи на основата на план за наторяване. Планът за наторяване трябва да се разработи за всеки селскостопански участък въз основа на типа зърнени култури, планирания добив, очаквания процент на използване на хранителните вещества от вторичната биомаса, типа почва (състав, структура, качество, рН), съществуващ резерв от макро- и микрохранителни елементи, условията преди формиране на зърното, условията за напояване и географските характеристики на района.

Опитът в Дания показва, че от гледна точка на опазването на околната среда и от финансова, гледна точка добрата селскостопанска практика изисква комбинирано наторяване с вторична биомаса и азотен минерален тор за обогатяване на почвата съответно с фосфор и азот.

### **6.7.3 Общи правила за безопасно рециклирана и качествена вторична биомаса**

Опитът в Европа показва, че за да бъде използвана вторичната биомаса безопасно като тор трябва да се спазват по-долу посочените правила:

- Непрекъснат контрол върху стабилността на анаеробното разграждане (температура, хидравлично време на престой и т.н.) с цел да се получи стабилен краен продукт (биогаз и вторична биомаса).
- Хигиенизиране на вторичната биомаса според стандартите в Европейските разпоредби за ефективно намаляване на патогените.
- Периодично взимане на проби, анализи и отчитане на количествата вторична биомаса.
- Въвеждане на вторичната биомаса в плана за наторяване на обработваемите земи и използване на “добрите селскостопански практики” при нейното приложение.
- Сортиране по източници на органичните отпадъци и отделно събиране на ферментируемите фракции.
- Подбор и изключване от процеса на анаеробното разграждане на неподходящи видове суровини или товари като се използва придружаващата ги документация за произход, състав, съдържание на тежки метали и устойчиви органични структури, замърсяване с патогени, други потенциални рискове и т.н.



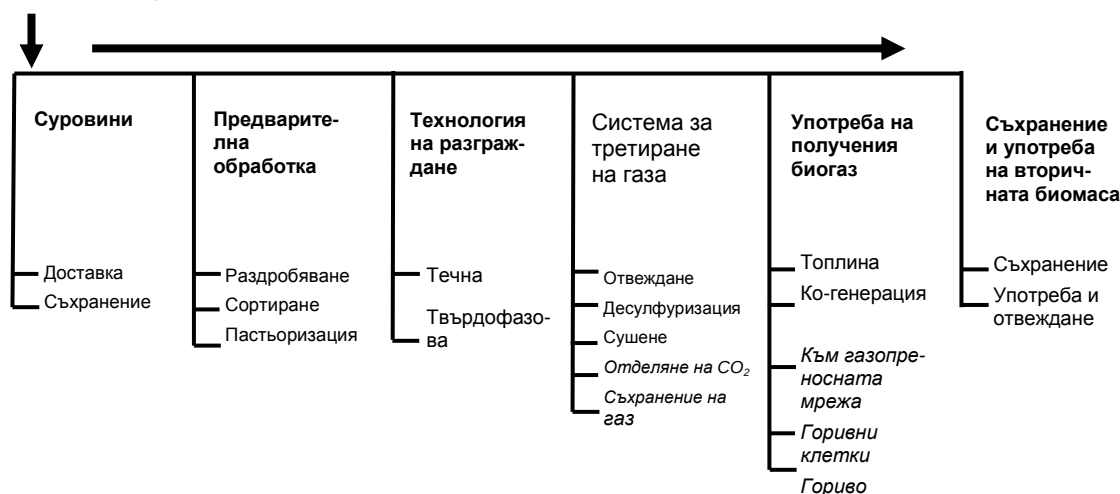
## 7. Компоненти на инсталацията за производство на биогаз

Инсталацията за производство на биогаз е сложно съоръжение, състоящо се от различни основни елементи. Оборудването на такъв вид инсталация зависи в най-голяма степен от вида и количеството на изходните суровини. Тъй като съществуват различни видове суровини (от различен произход), подходящи за анаеробно разграждане, то в експлоатация са съответно и различни техники за тяхната обработка, както и различни конструкции биореактори и системи. По-нататък, в зависимост от вида, размера и експлоатационните условия на всяка инсталация за биогаз, могат да се прилагат различни технологии за подобряване, съхранение и употреба на получените биогаз и вторична биомаса.

Основните стъпки на анаеробното разграждане в инсталацията за получаване на биогаз са представени на Фиг. 7.1. Стъпките на процеса, илюстрирани с шрифт *“италик”* са типични практики във фермерските инсталации.

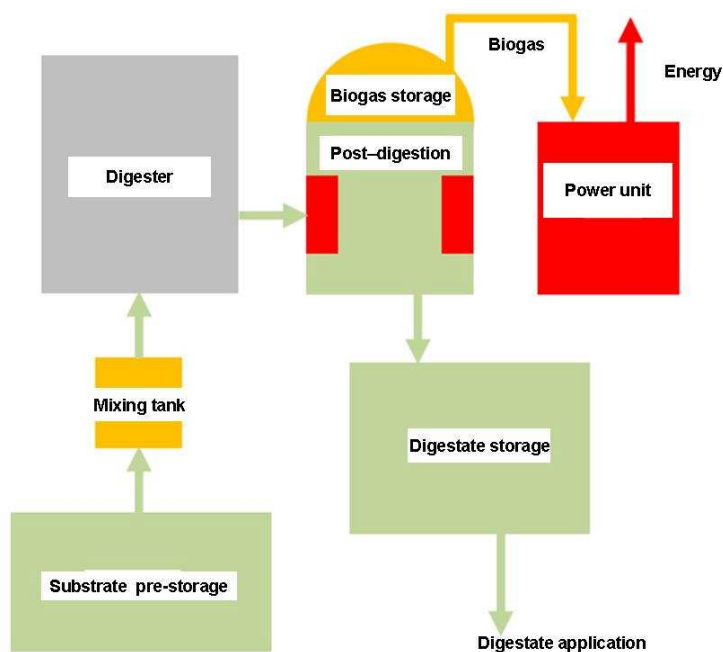
Разделянето на течното от твърдофазовото разграждане е само теоретично. Границата между течното и твърдофазовото разграждане се определя от възможността на суровината да се изпомпва. Съдържание на сухо вещество над 15% означава, че суровината не може да се изпомпва и разграждането в този случай се определя като твърдофазово.

### Изходни суровини

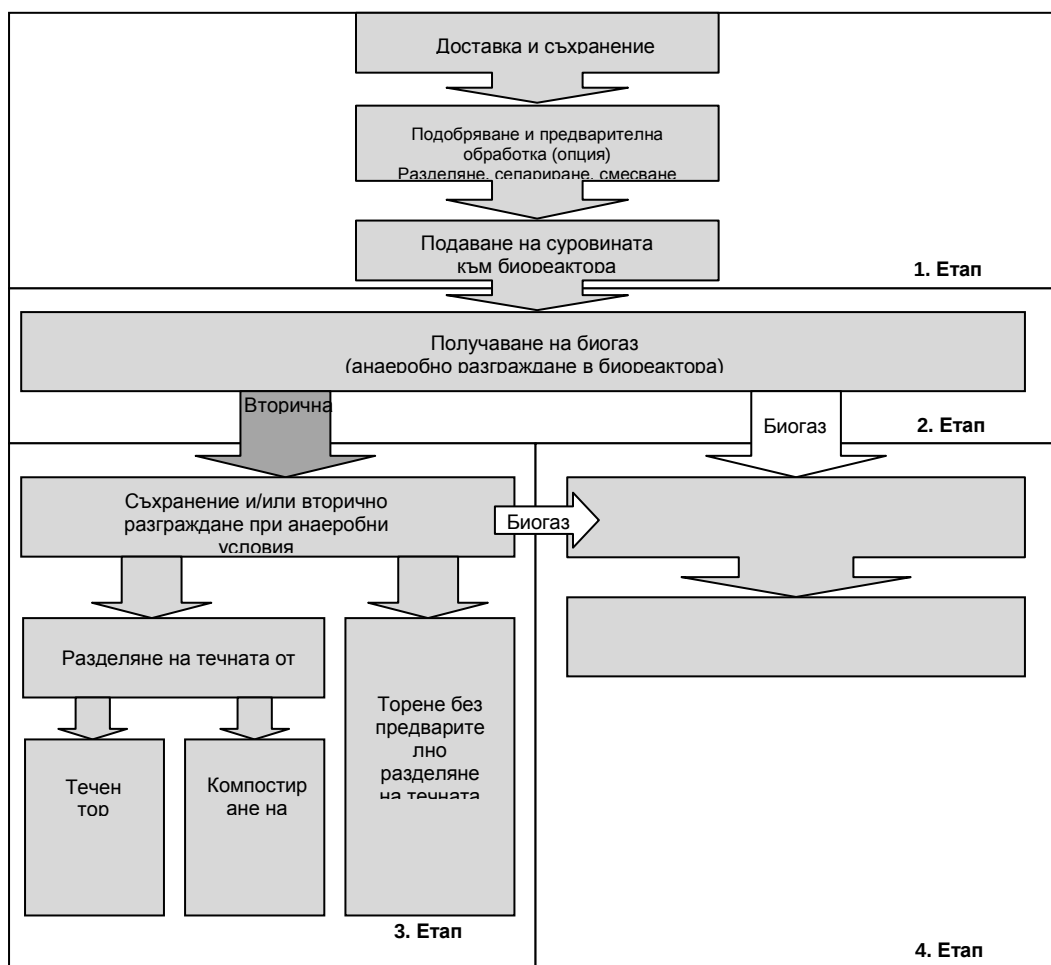


Фиг. 7.1 Етапи на производството на биогаз (PRAßL, 2008 г.)

Сърцевината на инсталацията за производство на биогаз е биореакторът (ферментатора), който е свързан с голям брой други компоненти (Фиг. 7.2).



Фиг. 7.2 Основни компоненти на инсталацията за производство на биогаз (PRAßL, 2008 г.)



Фиг. 7.3 Диаграма на основните етапи от производството на биогаз (PRAßL, 2008 г.)

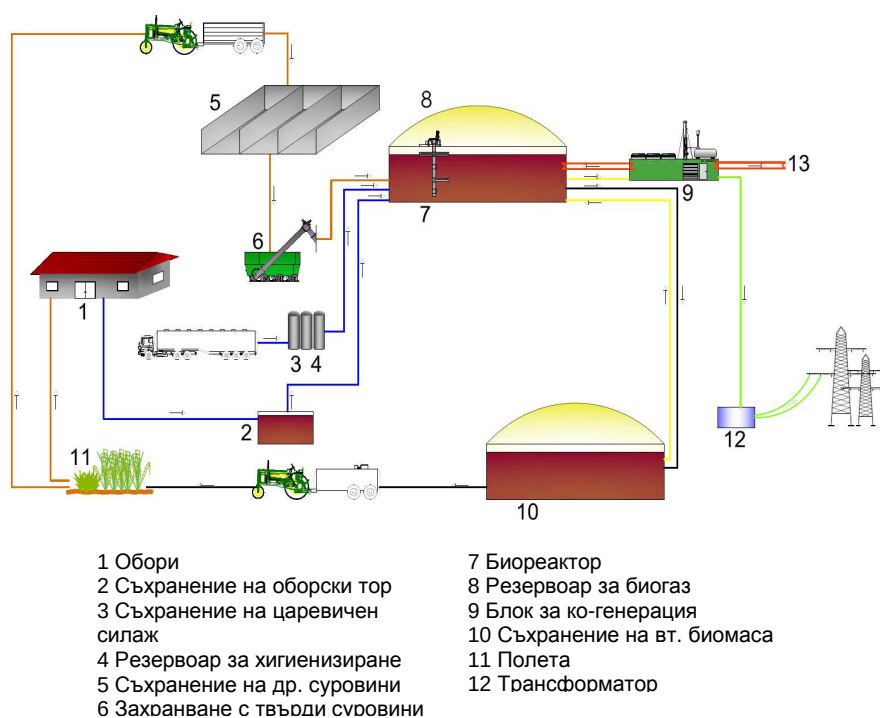
При фермерските инсталации за биогаз, процесът на производство на биогаз, обикновено, протича на четири етапа (Фиг. 7.3):

1. транспорт, доставка, съхранение и предварителна обработка на суровините;
2. получаване на биогаз и вторична биомаса (анаеробно разграждане);
3. съхранение на вторичната биомаса, евентуално третиране и употреба;
4. съхранение на биогаз, почистване и оползотворяване.

Етапите на процеса, показани на Фиг. 7.3, са илюстрирани на Фиг. 7.4, показвайки опростено представяне на фермерска инсталация за ко-ферментация.

1. Първият етап на процеса (съхранение, подобряване, транспортиране и въвеждане на суровината) включва резервоара за съхраняване на оборския тор (2), съдовете за събиране на други отпадъци с органичен произход (3), резервоара за почистване (4), товаро-разтоварните резервоари за съхранение (5) и системата за подаване на твърда суровина (6).
2. Вторият етап включва производството на биогаз в биореактора (7).
3. Третият етап на процеса се представя от резервоара за съхранение на вторичната биомаса (10) и използването на вторичната биомаса за наторяване на полето (11).
4. Четвъртият етап на процеса (съхранение на биогаз, почистване и използване) се свежда до съхранение на газа (8) и получаване на енергия в блока за комбинирано производство на топлина и електроенергия (9) след предварително почистване на биогаза от примесите.

Тези четири етапа на процеса са тясно свързани един с друг. В частност между етап 2 и етап 4 има близка връзка, тъй като етап 4 обикновено осигурява необходимото подгриване на процеса за етап 2.



**Фиг. 7.4 Фермерска инсталация за ко-генерация, захранвана с оборски тор и царевичен силаж (LORENZ, 2008 г.)**

Изборът на типа и плана на инсталацията за биогаз зависи в най-голяма степен от вида на наличната суровина. **Количеството** на суровината определя размера на биореактора, капацитета на блока за съхранение и ко-генерация. **Качеството** на суровината (съдържание на сухо вещество, състав, произход и т.н) определя технологията на процеса.

В зависимост от състава на суровината, може да е необходимо да се извърши сепариране от проблемният материал, стриване или разреждане на суровината, за да се образува смес, която може да се изпомпва. Ако доставяната суровина е склонна към замърсяване, тогава е необходимо да се включи стъпка на почистване в общия план на проекта на бъдещата инсталация.

В случай на течна анаеробно разграждане, обикновено се използват едноетапни инсталации, работещи с поточен процес. При дву-етапен процес, преди основния биореактор се разполага първичен биореактор. Първичният биореактор създава оптимални условия за първите две стъпки на процеса на метаногенезата (хидролиза и образуване на киселини). След първичния биореактор, суровината влиза в основния биореактор, където протичат следващите етапи на процеса на метаногенеза.

Ферментираният субстрат (вторичната биомаса) се изпомпва от биореактора и се складира в резервоари за съхранение. Тези резервоари трябва да са покрити с херметични мембрани, където производството и събирането на биогаз може да продължи при температура на околната среда (след ферментационно). Алтернативно, вторичната биомаса може да бъде складирана в отворени контейнери с естествено или изкуствено плаващо покритие с цел да се намалят емисиите на лоши миризми. Стандартното приложение на вторичната биомаса е под формата на течен тор за наторяване на селскостопанските земи.

Произвежданият биогаз се съхранява, подобрява и използва за генериране на енергия. Стандартното използване на биогаз е за комбинирано производство на топлина и електроенергия, например в термични централи от блоков тип (ТЕЦ).

## 7.1 Приемници за свежа биомаса

Транспортът и доставката на суровините има съществена роля за работата на инсталацията за производство на биогаз. Важно е да се осигури стабилно и непрекъснато снабдяване със суровини с подходящо качество и количество. Ако операторът на инсталацията за биогаз е същевременно и производител на суровина, тогава по-лесно може да се гарантира снабдяването с висококачествена суровина. В много случаи, инсталацията за биогаз си доставя допълнително суровини, произведени от съседните ферми, промишлеността или бита. В тези случаи, управлението на качеството на суровините е неизбежно и необходимо, за да се провери, осчетоводи и удостовери доставяния материал. Като първа стъпка е абсолютно необходимо да се направи визуален контрол на всеки суровинен товар, след това всички данни за него (доставчик, тегло, дата, количество, тип на суровината, произход и качество) трябва да се запишат.

Специално внимание е необходимо да се обърне на суровините, класифицирани като отпадъци, тъй като те трябва да отговарят на определени изисквания на законовите разпоредби (в зависимост от категорията на отпадъка), както и на юридически и административни условия.

## 7.2 Съхранение и третиране на свежа биомаса

### 7.2.1 Съхранение на свежа биомаса

Съхранението на суровината служи за компенсиране на сезонните колебания в доставката ѝ. То улеснява също така и смесването на различните ко-субстрати за подаване към биореактора, без прекъсване на процеса.

Видът на склада зависи от суровината. Складовете могат основно да се класифицират на **силози-бункери** за твърди суровини (напр. царевичен силаж) и **резервоари за съхранение** на течна суровина (напр. оборски тор). Обикновено, силозите-бункери имат капацитет да съхраняват суровина повече от една година, а капацитетът на резервоарите за съхранение на оборски тор е за не повече от няколко дни. В някои случаи, **силозите с вертикални цилиндри** могат да се използват също така и за зърнени култури или за оборски тор. Размерите на складовете се определят от съхраняваните количества, интервалите на доставка, както и от количествата, които се подават дневно в биореактора.

#### *Силози за енергийни култури*

Силозите-бункери са разработени първоначално за съхраняване на силаж, като фураж за животни с цел балансиране на сезонната му наличност. В днешно време тази концепция все повече се използва за съхранение на енергийни култури като суровина за производството на биогаз.

Силажът е растителен материал с подходящо съдържание на влага (55-70% в зависимост от методите на съхранение, степента на компресиране и като се отчита количеството на водата, която ще се загуби по време на съхранението).

Силажът преминава през процес на ферментация в резултат на което се образуват летливи мастни киселини (ЛМК) като ацетат, пропионат, лактат и битурат, които предпазват силажа от понататъшно разграждане. В резултат на частично протеклата ферментация, силажът е с по-ниско енергийно съдържание от оригиналния растителен материал, поради използването на някои от въглехидратите за производство на ЛМК.

В страни като Германия, силажът се съхранява в силози-бункери, направени от бетон (Фиг. 7.5) или на насипи върху земята (Фиг. 7.6). Силажът се пресова с трактор, за да се уплътни възможно повече и да се изгони съдържащият се в него въздух. Намаляването на съдържанието на кислород е необходимо, за да се избегне протичането на аеробни процеси на разграждане. За да се избегне повторно навлизане на кислород, силажът обикновено се покрива с пластмасово фолио, придържано плътно от автомобилни гуми или торби с пясък. Алтернативно, може да се използват естествени покривала като слой тревен силаж, който също може да уплътни бункерния силос (Фиг. 7.6). Там, където не се използва покритие, разходите за него намаляват, но се повишават енергийните загуби от силажа.

В случай на силози-бункери, винаги трябва да се има предвид, че частичното разграждане на силажа води до образуване на дренажни води, които могат да замърсят водните течения, ако не са взети предпазни мерки. Високото съдържание на хранителни вещества в дренажните води може да доведе до еутрофикация (цъфтеж) на водоемите.





Фиг. 7.5 Силоз-бункер (WIKIPEDIA, 2008 г.)



Фиг. 7.6 Царевичен силаж, съхраняван на голяма купчина на земята, покрит със слой тревен силаж (RUTZ, 2007 г.)

### ***Резервоари за съхранение на изпомпваната суровина***

Суровината за изпомпване, най-общо, се съхранява в запечатани, водонепромокаеми резервоари от бетон в земята. Резервоарите са подобни на тези, които се използват в селското стопанство за съхранение на течен оборски тор и имат капацитет за съхранение на суровина за един-два дни. За да се предотвратят емисиите от лоши миризми, всички резервоари за съхранение трябва да са покрити. Използваното решение за покриване трябва да гарантира лесно отваряне и отстраняване на устойчивите седименти. Ако резервоарите за съхранение са на по-високо ниво от биореактора (наклонена топография), хидравличният натиск елиминира необходимостта от транспортиращи съоръжения (помпи) и пести енергия.

Ко-субстратите (течни или твърди) могат да се смесват с основния субстрат в резервоара за съхранение надробени, хомогенизирани и трансформирани до състояние на изпомпваща се смес. Замърсяването, отлагането, създаването на плаващо покритие и сепарирането по фази на сместа от суровини трябва да се избягва. По тази причина резервоарите за съхранение са снабдени с бъркалки, често комбинирани със средства за раздробяване на суровината. Разбъркването в резервоарите за съхранение се извършва по същия начин, както и в биореактора.

Резервоарите за съхранение изискват минимална поддръжка - отстраняване на седиментните покрития от пясък и камъни, които намаляват техния капацитет. Седиментите се отстраняват като се използват съвместно почистващи подове, винтов транспортър, шламови помпи, сборни резервоари или конусни зенкери.



Суровините с промишлен произход могат да изискват мерки за хигиенизиране. Преди да се проведе хигиенизирането, тези суровини трябва да се манипулират и съхраняват отделно от станцията за доставка на селскостопанска суровина, за да се избегне смесване на рисковите с нерисковите суровини.

За да се минимизират емисиите на миризми от инсталацията за биогаз и поради други причини от практическо естество, доставката, съхраняването и подготовката на суровините трябва да се извършва в халета, снабдени с вентилация с биофилтри. Така съоръженията са предпазени и дейностите по тяхната експлоатация и управление, могат да се извършват независимо от климатичните условия.

### 7.2.2 Третиране на свежа биомаса

Третирането на суровината цели подобряване на нейното качество, което влияе върху ефективността на подаването ѝ към биореактора и протичането на процеса на анаеробно разграждане. Подобряването на суровината изпълнява от една страна изискванията на хигиенизирането ѝ, а от друга повишава ефективността на ферментацията.

Има няколко възможности за подобряване на суровината и оптимизиране на натоварването на инсталацията с биомаса като механично натрошаване, дезинтегриране (вече използвани при третирането на утайки от пречиствателни станции), хидролиза и др.

#### *Сортиране и сепариране*

Необходимостта от сортиране и отделяне на примесите и проблемните материали от субстрата зависи от произхода и състава на суровината. Силажът е сред най-чистите суровинни материали, докато оборският тор и битовите отпадъци например, могат да съдържат камъни и други нежелани механични примеси. Те обикновено се сепарират чрез отлагане в резервоарите за съхранение (а в случай на пясък, дори и в биореакторите) и трябва да се премахват от дъното на резервоара през определено време. В много случаи се използва първичен резервоар, снабден със специални скори, които задържат камъните и другите механични примеси преди изпомпването на суровината в главния резервоар за съхранение.

Битовите отпадъци и отпадъците от ресторанти, могат да съдържат различни механични примеси (остатъци от опаковки и обвивки от пластмасови, метални, дървени, стъклени и други неферментиращи материали), които могат да повредят помпите, или да задръстят тръбите и биореакторите (Фиг. 7.7 вляво). Тези замърсявания могат да се премахнат чрез разделно събиране на битовите отпадъци или чрез механични, магнитни или ръчни методи.



Фиг. 7.7 Подаващи системи за почистване на битови отпадъци (вляво) и “проблемни материали”, отделени от отпадъци от ресторанти (вдясно) (RUTZ, 2007 г.)

### ***Хигиенизиране***

Манипулирането, третирането и рециклирането на материалите от органични отпадъци трябва да се извършва без риск за хората, животните и околната среда. Европейското и националното законодателство регламентират практиките по обработка на отпадъците по отношение на епидемичния и хигиенния риск, предписвайки подходяща термична предварителна обработка на критични материали. За допълнителна информация виж глава 9.4.4.

Във всички случаи, стерилизирането под налягане трябва да се прави преди напompване на съответната суровина в биореактора. Причината е да се избегне замърсяването на целия товар суровина и да се запазят разходите ниски. Хигиенизирането обикновено се провежда в подгreti резервоари от неръждаема стомана, свързани със захранващата система на биореактора. Типичните параметри на мониторинга по хигиенизирането включват температура, налягане, време на престой и обем. Температурата на материала след процеса на хигиенизиране е по-висока от температурата на процеса на анаеробното разграждане. По тази причина, преди да бъде подаден в биореактора, хигиенизиращият материал преминава през топлообменник, където част от топлината се предава на студената биомаса, която се напompва в биореактора.

### ***Раздробяване***

Раздробяването на суровината подготвя повърхността на частиците за процеса на биологично разграждане с последващо производство на метан. Процесът на разграждане е по-бърз, когато размера на частиците е по-малък. Все пак, размерът на частиците влияе само на продължителността на разграждането, но не повишава значително добива на метан. Раздробяването на суровината, обикновено, е директно свързано с подаващата система, и двете могат да се механизират посредством електрически двигател или от задвижващият вал на трактор.

### ***Смесване, хомогенизиране***

Смесването на суровината може да е необходимо с цел да се получи суровина с относително високо съдържание на вода, която може да бъде подадена след това в биореактора чрез помпи. Смесването се извършва в резервоарите за съхранение или в предварителни биореактори, преди изпompването на материала в главния биореактор. Течностите, използвани за процеса на смесване, зависят от наличността и са обикновено суров оборски тор, вторична биомаса, технологична вода или дори прясна вода.

Предимството на използването на вторична биомаса за смесване е в намаляването на консумацията на прясна вода и посяването на субстрата с микроорганизми от биореактора. Използването на вторична биомаса за смесване, може да повиши съдържанието на хранителни вещества и на соли в субстрата, и да доведе до дисбаланс и потискане на процеса. Предохранителни мерки трябва да се вземат и ако се използва вода за смесване от пречиствателната инсталация, тъй като дезинфектантите могат да имат отрицателно въздействие върху микроорганизмите. Използването на прясна вода би трябвало да се избягва поради високите разходи.

Хомогенността на субстрата е важна за стабилността на процеса на анаеробното разграждане. Суровината, която може да се изпompва, се хомогенизира чрез разбъркване в резервоара за съхранение, докато твърдата суровина трябва да се хомогенизира по време на процеса на подаване. Големите колебания във вида и състава на подаваната суровина стресират микроорганизмите, тъй като те трябва да се адаптират към новите субстрати и променящите се условия. Обикновено това се отразява в по-нисък добив на газ. Опитът показва, че е важно да се осъществява

стабилно и постоянно захранване със суровина за дълъг период от време, за да има стабилен и “здрав” (балансиран) процес на анаеробно разграждане с висок добив на метан.

### **7.3 Подаваща система**

След съхранение и предварителна обработка, суровините за производство на биогаз се подават в биореактора. Техниката на захранване зависи от вида на суровината и възможността за изпомпването ѝ. Годната за изпомпване суровина се пренася от резервоара за съхранение към биореактора чрез помпи. Тази категория суровини включва животински торове и голям брой органични отпадъци (флотационен шлам, отпадъци от мандри, от рибната промишленост и др.). Суровините, които не могат да се изпомпват (влакнести материали, трева, царевичен силаж, оборска тор с високо съдържание на слама и др.) могат да бъдат изтласквани/ изсипвани от товареща машина в подаващата система и след това да се захрани биореактора (напр. от система с винтова тръба). И двата типа суровина (годна и негодна за изпомпване) могат да се подадат едновременно в биореактора. Предпочита се подаването на негодната за изпомпване суровина през байпасни линии.

От микробиологична гледна точка, идеалната ситуация за стабилен процес на анаеробно разграждане е непрекъснат поток на суровина през биореактора. На практика, суровината се подава непрекъснато в биореактора, на няколко партии през деня. Това съхранява енергия, тъй като подаващите агрегати не са в непрекъсната експлоатация. Има различни подаващи системи и техният избор зависи от качествата на суровината и годността ѝ за изпомпване, а от това зависи и интервала на подаване.

Трябва да се отдели внимание на температурата на суровината, която се подава в биореактора. Голяма разлика между температурата на постъпващата суровина и на работната температура на биореактора може да възникне, ако суровината е хигиенизирана (до 130°C) или производството на биогаз протича през зимния сезон, когато температурата на средата е под 0°C. Температурните разлики повлияват негативно върху биологията на процеса и намаляват добива на газ. По тази причина, те трябва да бъдат избягвани. Има редица технически решения за преодоляване на този проблем като използване на топлинни помпи или топлообменници за предварително подгряване на суровината преди въвеждането ѝ в биореактора.

#### **7.3.1 Транспорт на годната за изпомпване суровина**

Придвижването на годните за изпомпване суровини от резервоара за съхранение до биореактора се извършва чрез помпи. Най-често се използват два основни типа помпи: центробежни и бутални. Центробежните (въртящи се) помпи често са потопени в суровината, но могат да се позиционират също така и в суха шахта, близо до биореактора. За специални случаи могат да се използват помпи с режещи глави, за подаване на дълговлакнести суровини (слама, хранителни отпадъци, треви). Буталните помпи (помпи с възвратно-постъпателно движение на буталото, помпи с ексцентричен винт) са по-издръжливи на налягане от центробежните помпи. Те са самозасмукващи, работят в две посоки и достигат относително голям напор с намален капацитет на преноса. Все пак, поради по-ниската си стойност, центробежните помпи се избират по-често от буталните.

### **Центробежни помпи**

Центробежната помпа е роторно задвижвана помпа, използваща въртящо се колело за повишаване на скоростта на потока. Флуидът постъпва в колелото на помпата по посока или близо до оста на въртене и се ускорява от колелото, изтича радиално в дифузера или в спиралната камера, от където изтича надолу в тръбопроводната система. Центробежните помпи се използват, обикновено, за пренос на течности по система от тръбопроводи и затова се използват често за течен оборски тор и разтвори.

### **Бутални помпи високо налягане**

За транспортиране на гъсти суровини с високо съдържание на сухо вещество се използват често бутални помпи високо налягане (ротационно-бутални и с ексцентричен винт). Количеството на транспортирания материал зависи от скоростта на въртене, която позволява по-добро управление на помпата и прецизно дозиране на изпомпваната суровина. Буталните помпи са самозасмукващи и по-стабилни под налягане от центробежните помпи. По тази причина, работата на тръбопроводите зависи по-малко от разликата във височината. Тъй като буталните помпи високо налягане са относително склонни към проблеми, причинени от високото съдържание на влакна в изпомпвания материал, има смисъл да се снабдят с режещи глави и сепаратори, за да се предпазят от частици с големи размери и влакнести материали.

Изборът на подходящи помпи и технология за изпомпване зависи от характеристиките на материалите, които ще се подават с помпите (тип на материала, съдържание на сухо вещество, размер на частиците и ниво на предварителна обработка). Инсталациите за биогаз, обикновено, използват същите помпи, които се използват за подаване на течен оборски тор, тъй като са доказали, че са подходящи за хранване на биореактора и за манипулиране на ферментирания субстрат. Опитът показва, че формиране на затлачвания на входа и на изхода може да се предотврати чрез избор на достатъчен диаметър на тръбопроводите. Напорните тръбопроводи, за пълнене и смесване, трябва да имат диаметър не по-малък от 150 mm, докато тръбопроводите, които не са под налягане, като преливните и изходящите тръбопроводи, трябва да са с диаметър не по-малък от 200 mm за транспорт на оборски тор и 300 mm при високо съдържание на слама.

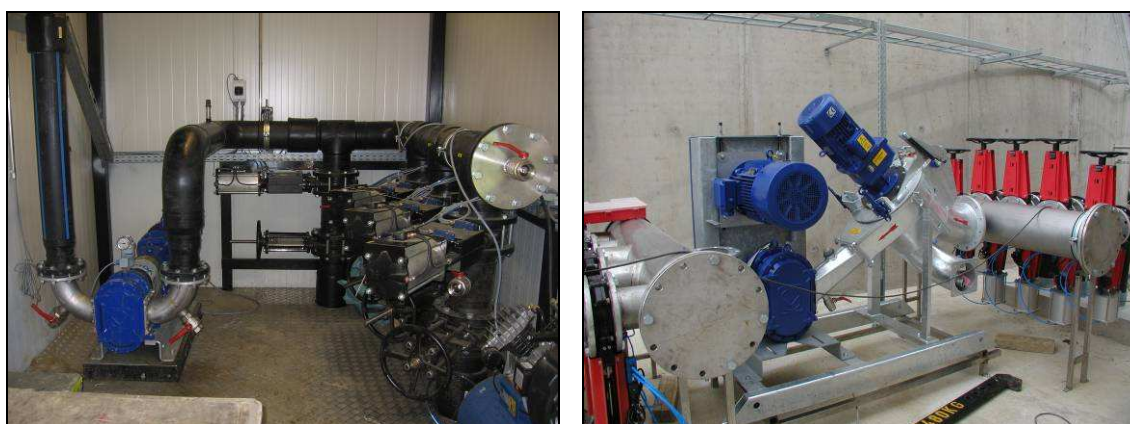
Всички подвижни части на помпите са подложени на силно износване и поради това трябва да се подменят. Това може да се изпълни без прекъсване на производството на биогаз. За целта, помпите трябва да са снабдени със стопорни клапани, което позволява хранване и изпразване на биореакторите и тръбопроводите (Фиг. 7.8). Помпите и тръбопроводите би трябвало да са лесно достъпни и да се осигури достатъчно голямо работно помещение за дейностите по поддръжката.

Транспортът на субстрата, който може да се изпомпва, се управлява автоматично чрез обработващи информацията за процеса компютри и таймери. В много случаи, транспортирането на цялата суровина в рамките на инсталацията за биогаз се извършва от една или две помпи, разположени в помпена станция (Фиг. 7.8 и 7.9).





Фиг. 7.8 Стоп клапан (вляво) и помпена система (вдясно) (RUTZ, 2006 г.)



Фиг. 7.9 Помпени системи (AGRINZ GmbH, 2008 г.)

### 7.3.2 Транспорт на суха биомаса

Сухата биомаса като трева, царевичен силаж, тор с високо съдържание на слама, растителни отпадъци и т.н. трябва да се транспортира от съоръжението за съхранение (силос-бункер) до системата за хранване на биореактора. Това, обикновено, се извършва от товарни машини или трактори (Фиг. 7.10 и 7.11), а суровината се подава в биореактора чрез транспортна система, включваща винтова тръба като тази, показана на Фиг. 7.12.

Най-общо, хранващата система включва контейнер, където натрупващият се материал се изсипва с трактор и транспортна система, която хранва биореактора. Транспортната система се управлява автоматично и се състои от скрапери, движещи се настилки, бутални пръти и конвейерни винтове.

Скраперите и надземните бутални пръти се използват за транспортиране на суровината до винтовите транспортъори. Те са способни да транспортират хоризонтално или с лек наклон почти цялата насипна суровина и по тази причина се използват в много големи контейнери за временно съхранение, но са подходящи и за дозиране.

Винтовите транспортъори могат да придвижват суровината в почти всички посоки. Единственото условие е липсата на големи камъни и други физически примеси. За оптимално функциониране, грубата суровина трябва да бъде раздробена, за да се увлече и да влезе в спиралите на винта.



Фиг. 7.10 Подаваща контейнерна система за суха суровина - твърд царевичен силаж (вляво) и товареща машина с царевичен силаж (вдясно) (RUTZ, 2008 г.)



Фиг. 7.11 Товареща машина, подаваща царевичен силаж в контейнер (RUTZ, 2008 г.)



Фиг. 7.12 Транспортна система с винтова тръба (вляво) и винтови транспортъори, готови за инсталиране (вдясно) (RUTZ, 2007 г.)



Въвеждането на суровината в биореактора трябва да е в плътен поток, за да се ограничи навлизането на кислород и да не се позволи изтичане на биогаз. По тази причина, подаващата система въвежда суровината под повърхностния слой на културалната течност в биореактора, като се използват преливни шахти, подаващи бутални цилиндри и подаващи винтови транспортьори (Фиг. 7.13).

### **Преливни шахти**

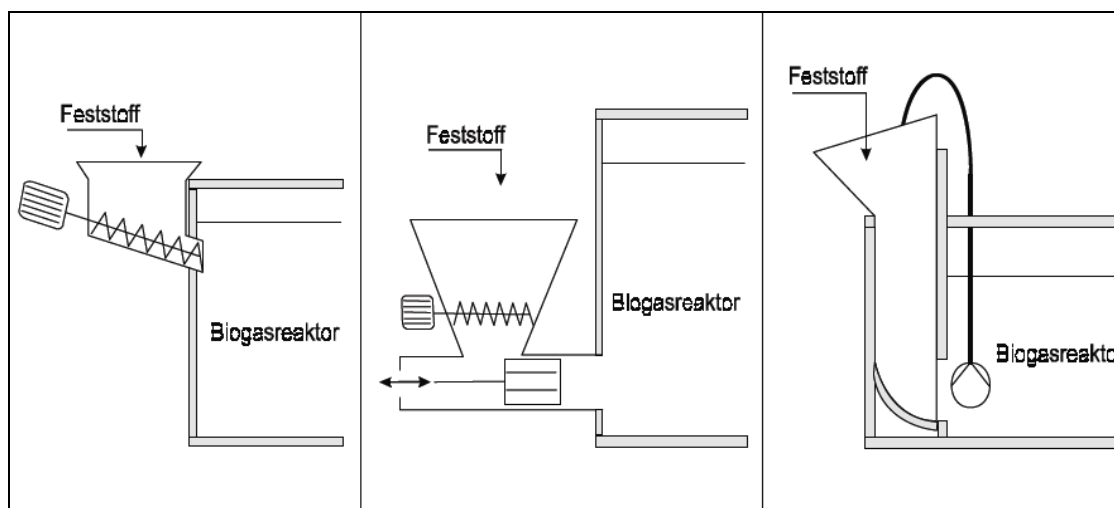
Подаването на твърди вещества в биореактора чрез преливни шахти или улеи, използвайки прикрепени или колесни товарни машини, позволява непрекъсната доставка на големи количества твърди вещества, директно в биореактора.

### **Захранващи бутални преси**

При използване на захранващи бутални преси, суровината се добавя директно във ферментатора с хидравлични цилиндри, които нагнетяват суровината през отвор в стената на ферментатора. Това запълване на биореактора гарантира, че въведената суровина е в течно състояние и по този начин се намалява риска от образуване на плаващ слой. Тази система е снабдена със смесващи валци, които транспортират ко-субстратите към по-ниско разположените хоризонтални цилиндри, като в същото време надробяват и по-дълговлакнестите материали.

### **Захранващи винтови преси**

Запълването на ферментатора с ко-субстрати може да бъде направено с помощта на захранващ винтов транспортьор. В този случай, материалът се подава под нивото на течността в биореактора. Методът има предимството, че предотвратява изтичането на газ по време на запълване. Най-лесният начин да се постигне това е чрез поставянето на дозатор върху ферментатора, за което е необходимо само една винтова преса. За захранването на винтовата преса се използват временни резервоари за съхранение, които могат да са снабдени допълнително и със съоръжения за надробяване на суровината.



**Фиг. 7.13** Захранваща бутална преса и захранващ винтов транспортьор за подаване на суровината към биореактора (FAL, 2006 г.)



Фиг. 7.14 Захранващ контейнер за силаж (AGRINZ GmbH, 2006 г.)

## 7.4 Арматури и тръбопроводи

Арматурите и тръбопроводите, използвани в системите за производство на биогаз, трябва да са устойчиви на корозия и подходящи да обработват такъв вид материали (биогаз и биомаса). Материалите, използвани за тръбопроводите, зависят от транспортното натоварване и нивото на налягане и включват PVC, HDPE, стомана и неръждаема стомана. Арматурите като муфи, шибъри, дроселни клапани, отвори за почистване и манометри трябва да са достъпни, лесни за поддръжка и разположени на места, където да не замръзват. В някои случаи е необходима изолация на тръбопроводите (Фиг. 7.15). За безопасна експлоатация на инсталацията за биогаз трябва да се гарантират минимум изисквания за тръбопроводите и арматурите по отношение на свойствата на материалите и безопасната им експлоатация.

**Тръбопроводите за биомаса** трябва да имат диаметър 300 mm. Връщане на потока суровина от биореактора към резервоарите за съхранение би трябвало да се предотврати чрез подходящо разположение на тръбопроводите. Когато се инсталират тръбопроводите, навсякъде трябва да се поддържат наклони от 1-2%. Трябва да се обърне внимание и на подходящото уплътнение на инсталацията. Дълги тръбопроводи и ъгли на тръбопроводите позволяват загуба на налягане и затлачване със суровина.



Фиг. 7.15 Изолирани газови тръбопроводи (вляво) и тръбопроводи за вторичната биомаса (вдясно) (RUTZ, 2008 г.)

Газовите тръбопроводи трябва да бъдат инсталирани наклонени и да са оборудвани с клапани, за да се освобождава образувания кондензат. Дори много малки количества кондензат могат да доведат до блокиране на газовите линии поради ниското налягане в системата.

## 7.5 Подгряваща система – подгряване на биореактора

Постоянната температура на процеса е едно от най-важните условия за стабилна работа и висок добив на биогаз. Промени на температурата, включително колебанията във времето, определени от годишния сезон и климатичните условия и локалните колебания в различните области на биореактора, трябва да се поддържат възможно най-малки. Големите промени на температурата могат да доведат до дисбаланс на процеса на анаеробното разграждане и в най-лошия случай до пълно преустановяване на образуването на биогаз.

Причините за промени в температурата са различни:

- добавяне на нова суровина;
- формиране на температурни пластове или зони поради недостатъчна изолация, неефективно или неправилно оразмеряване на отоплителната система, или недостатъчно разбъркване;
- неефективно разполагане на подгряващите елементи;
- екстремни външни температури през зимата;
- проблеми в електропреносната мрежа.

За да се постигне и поддържа постоянна оптималната температура на процеса и да се компенсират загубите на топлина, биореакторите трябва да бъдат изолирани и подгрявани от външни топлинни източници (Фиг. 7.16). Най-често, използваният източник е отпадъчна топлина от блока за ко-генерация на инсталацията за биогаз.

Подгряването на суровината може да се извърши или по време на процеса на хранване (предварително подгряване) чрез топлообменници или във вътрешността на биореактора с помощта на подгряващи елементи (Фиг. 7.17) с гореща пара и т.н. Чрез предварителното подгряване на суровината по време на хранване се избягват колебанията на температурата вътре в биореактора. Много инсталации за биогаз използват комбинация от двата типа на подгряване.



Фиг. 7.16 Отоплителна система на инсталация за производство на биогаз (вляво) и изолация на бетонен ферментатор в строеж (вдясно) (RUTZ, 2008 г.)



Фиг. 7.17 Отоплителни тръби в биореактора (AGRINZ GmbH, 2008 г.)

## 7.6 Биореактори

Сърцевината на една инсталация за биогаз е биореакторът, херметичен резервоар, където се извършва анаеробното разграждане на суровината и се произвежда биогаз. Общите характеристики на всички биореактори, освен че са херметични, са: имат система за въвеждане на суровината, както и система за извеждане на вторичната биомаса и биогаза. В климатичните условия на Европа, анаеробните биореактори трябва да са изолирани и подгрявани.

Съществуват редица биореактори за производство на биогаз в експлоатация по света. Те са направени от бетон, стомана, тухли или пластмаса, оформени като силози, корита, басейни или езера и могат да бъдат разположени под земята или на повърхността. Размерът на инсталацията за производство на биогаз се определя от размера на биореактора, който варира от няколко кубически метра в случай на малки фамилни инсталации до големи промишлени централи с по няколко биореактора с обем от няколко хиляди кубически метра.

Изборът на проекта и вида на биореактора се определят, най-напред, от съдържанието на вода, респективно на сухо вещество във ферментиращия субстрат. Както бе споменато по-рано, анаеробното разграждане може да се осъществи по две основни системи: течно разграждане, когато средното съдържание на сухо вещество на субстрата е по-ниско от 15% и твърдофазово разграждане, когато съдържанието на сухо вещество е над тази стойност, обикновено между 20-40%. Тези дефиниции и техните граници варират в различните държави.

Течнофазовата ферментация се използва, най-често, за разграждане на оборски тор и утайки от пречиствателни станции, докато твърдофазовото разграждане се прилага при производството на биогаз от оборски тор с високо съдържание на слама, твърди битови биологични отпадъци, окосена трева от поддръжката на градините, енергийни култури (пресни или силажирани) и т.н. Различните видове биореактори са описани по-долу с акцент върху системите за течнофазова ферментация, като най-интересна алтернатива за фермерските инсталации за биогаз.

От гледна точка на подаването и извеждането на суровината, съществуват два основни типа биореактори: периодични и непрекъснати.



### 7.6.1 Биореактори с периодично култивиране

Биореакторите с периодично култивиране се зареждат еднократно с порция (партида) свежа суровина, която след приключване на анаеробния процес на разграждане се отстранява напълно, а биореакторът се зарежда с нова партида и процесът се повтаря. Периодичните биореактори се изграждат най-лесно и се използват, както за течно, така и за твърдофазово разграждане.

Пример за периодичен биореактор за твърдофазово разграждане са така наречените биореактори от “гаражен тип” (Фиг. 7.18), изградени от бетон, за третиране на сортирани според произхода им биологични отпадъци от домакинствата, трева, твърд оборски тор и енергийни култури. Капацитетът на обработка е от 2 000 до 50 000 тона годишно. Органичната материя се посява с вторична биомаса, съдържаща необходимите за протичане на процеса микроорганизми и се подава в биореактора. Непрекъснат посев с бактериална биомаса се извършва чрез рециркулация на образуващият се по време на култивирането филтрат, който се впръсква над субстрата в биореактора.

За разлика от течнофазовата ферментация, твърдофазовото разграждане не изисква разбъркване и смесване на суровините за производство на биогаз по време на метаногенезата. Температурите на процеса и на филтрата се регулират чрез вградена в биореактора отоплителна система и чрез топлообменник, който действа като резервоар за филтрираната течност.

Периодичното култивиране има определен брой предимства в сравнение с другите системи от гледна точка на разходите за процеса и механизиранията му технология. Това от своя страна има обратен ефект върху разхода на енергия и за поддръжка на процеса.



Фиг. 7.18 Зареждане на гаражен тип биореактор за периодично култивиране (ВЕКОН, 2004 г.)

Обещаваща алтернатива на технологията за твърдофазово разграждане е използването на пластмасови торбички или тръбно фолио. Идеята е да се редуцират инвестиционните разходи чрез повторното използване на пластмасовите обвивки на силосните торби за съхраняване на субстрата за производство на биогаз (оборска тор, органични отпадъци, енергийни култури) като херметични пластмасови торби.

Периодичният тип биореактори се използват също за комбинирано сухо и течно производство в случай на насипни видове суровина, където се използват отпадна вода и филтрата в големи количества за разреждане на суровината.

Възможността да се третира субстрата, не само чрез предварителна обработка и сортиране, но също и чрез непрекъснато омокряне с рециркулиращи филтрати, позволява твърдофазовата ферментация да бъде използвана като подходящ процес за получаване на биогаз от контролирани сметища

## 7.6.2 Биореактори с непрекъснато култивиране

В биореакторите с непрекъснато култивиране (проточни биореактори), суровината се подава непрекъснато или равномерно в биореактора. Материалът се придвижва през биореактора или механично или от налягането на новия подаван субстрат. За разлика от биореакторите с периодично култивиране, тези биореактори произвеждат биогаз без прекъсване на процеса за отвеждане на вторичната биомаса и зареждане с нова суровина. Биореакторите с непрекъснато култивиране произвеждат постоянно и прогнозирано количество биогаз и вторична биомаса.

Съществуват три основни системи биореактори с непрекъснато култивиране: вертикални, хоризонтални и със сложна структура на резервоара. В зависимост от техническото решение за разбъркване на субстрата, биореакторите с непрекъснато култивиране могат да се класифицират като напълно размесвани и проточни (Табл. 7.1). Напълно размесваният тип биореактори са в повечето случаи вертикални, а проточните - хоризонтални.

**Табл. 7.1 Видове биореактори**

| Биореактор с пълно размесване                                       | Проточен тип биореактор                                                              |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| кръгъл, опростен, разположен вертикално метантанк                   | удължен, хоризонтален метантанк                                                      |
| пълно смесване                                                      | вертикално смесване                                                                  |
| подходящ за течен оборски тор                                       | подходящ за твърд оборски тор                                                        |
| част от субстрата може да напусне биореактора без да бъде използван | няма връзка между системите за внасяне на субстрата и отделяне на вторичната биомаса |
| температура на процеса 20° - 37° C                                  | температура на процеса 35° - 55° C                                                   |
| продължителност на метаногенезата 30 - 90 дни                       | продължителност на метаногенезата 15 - 30 дни                                        |

### *Вертикални биореактори*

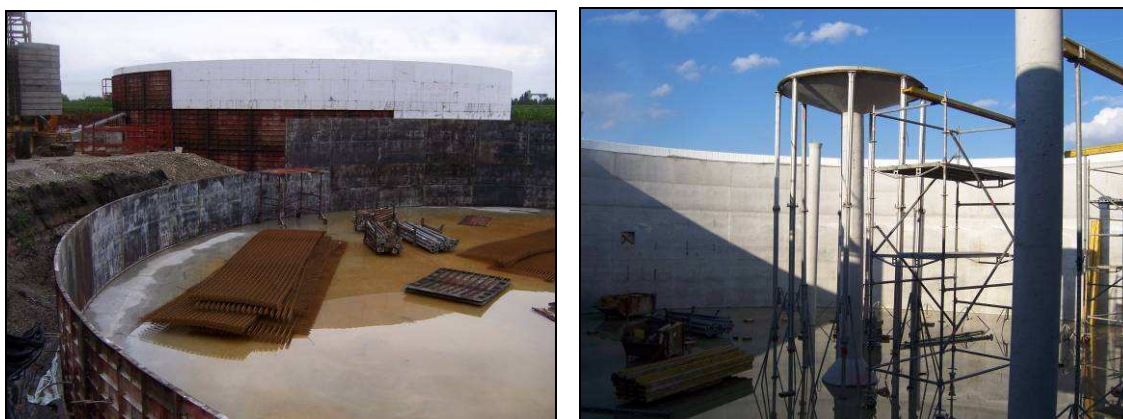
На практика повечето биореактори са вертикални (Фиг. 7.19 и 7.20). Вертикалните биореактори, най-общо, представляват кръгли резервоари от стомана или железобетон, често с конично дъно за лесно разбъркване и изпразване на пясъчните отлагания. Те са херметични, топлинно изолирани, подгряват се и са оборудвани с бъркалки и помпи. В повечето случаи, биореакторите са покрити с бетонен или стоманен покрив и произвежданият биогаз се пренася от тръбопровода като се съхранява във външни съоръжения в близост до биореактора. В други случаи, конструкцията на покрива може да бъде херметична мембрана, улесняваща съхранението на произведения биогаз. Мембраната се издува от произведения биогаз или може да бъде закрепена към централната мачта (Фиг. 7.19).





Фиг. 7.19 Вертикални биореактори, покрити с херметична мембрана (AGRINZ GmbH, 2008 г. – вляво и RUTZ, 2006 г.-вдясно)

Биореакторите, направени от **железобетон**, са с висока херметичност поради насищането на бетона с вода от влагата, съдържаща се в суровината и биогаза. Бетонните резервоари могат да се намират напълно или частично в земята. Неправилното изграждане може да доведе до цепнатини, течове, корозия и в екстремни случаи до разрушаване на биореактора. Тези проблеми могат да се избегнат чрез приемливо качество на бетона и професионално проектиране и изпълнение на биореактора.



Фиг. 7.20 Изграждане на вертикални бетонни биореактори (RUTZ, 2007 г.)

**Стоманените биореактори** се инсталират върху основа от бетон. Стоманените листи са или заварени или свързани един към друг с болтове, а шевове трябва да се подсилват. Стоманените биореактори винаги се инсталират наземно.

Предимство на вертикалните биореактори е, че съществуващите резервоари за оборски тор, които вече ги има във фермите, могат да бъдат икономически изгодно преобразувани в биореактори за производство на биогаз чрез добавяне на изолация и подгриваща система. За последващата изолация, водонепропускливи изолационни листи (пенопласт) се свързват с пломби към вътрешните стени на резервоара. Друг вариант на изолация на бивши резервоари за оборски тор е пълното покриване с пяна на вътрешността на резервоарите за постигане на херметичност, операция, която трябва да бъде извършена от специализирани фирми. Най-накрая, резервоарите се покриват с херметичен покрив от единична или двойна мембрана.

Специална ферментационна система, използвана за селскостопанска инсталация за биогаз за обработка на оборски тор, е така наречената акумулираща система с непрекъснат поток (ACF система). В тази система, резервоарът за оборски тор служи в едно и също време като биореактор и като съоръжение за съхранение на

оборски тор. Тези типове инсталации са били инсталирани във ферми, в които задължително трябва да се изграждат съоръжения за съхранение. Минималният товар се достига през лятото, след последното прилагане на вторичната биомаса за наторяване. През есента и зимата, биореакторът се пълни. На този етап, системата работи с непрекъснат поток и има голямо време на престой и добри добиви на газ. Вторичната биомаса постъпва в резервоара за съхранение, който работи също и като вторичен биореактор.

### ***Хоризонтални биореактори***

Хоризонталните биореактори (Фиг. 7.21) са с хоризонтални оси и цилиндрична форма. Този тип биореактори, обикновено, се изработват и транспортират готови до площадката на инсталацията за биогаз, тъй че са ограничени по размер и обем. Стандартният тип за малкомащабните решения е хоризонтален резервоар от стомана с обем 50-150 m<sup>3</sup>, който се използва като основен биореактор за по-малки инсталации за биогаз или за предварителна ферментация при по-големите централи. Съществува алтернативен канален тип биореактор, направен от бетон, който позволява по-голям обем на биореактора до 1 000 m<sup>3</sup>.

Хоризонталните биореактори могат да работят в паралел, с цел да се постигне по-голяма пропускателна способност. Тяхната форма позволява използването на автоматично поточен тип система. Суровината се придвижва бавно от входящата към изходящата страна, формирайки поток през биореактора. Рискът от изхвърляне на неферментирал субстрат е малък, тъй като специфичното време на престой на субстрата в биореактора може да бъде контролирано. Хоризонталните биореактори с непрекъснат поток се използват, обикновено, за суровини като птича тор, трева, царевичен силаж или оборски тор с високо съдържание на слама.

Изолираният биореактор е съоръжен с подгриваща система, купол за съхранение на газа, тръби за оборския тор и бъркалка. Подгриващата система се състои от подгриващи тръбопроводи с противоточно подаване на топла вода или от вградени по диагонал радиатори. Витлата на бавно въртящата се бъркалка са разположени спирално по оста на въртене, за да се осигури равномерно разпределение на усукващия момент. Големият брой витла позволява транспортирането на пясъчните отлагания до дренажния резервоар. Чрез осигуряване на непрекъснат равен обем на входящия и изходящия поток на суровината може да се постигне средно време на престой от 15-30 дни. Нивото на запълване на биореактора трябва да достига една и съща стойност и да се поддържа до едно и също ниво чрез допълнително подаване или източване на суровина. Нивото се регулира от сифон на изхода. Биореакторът е оборудван с устойчиво на атмосферни влияния покритие или е разположен под покрив. Биореакторите от стомана или неръждаема стомана винаги се изработват над земята върху основа от бетон, към която се закрепват здраво. Винтовите връзки би трябвало да се уплътнят.

### ***Системи биореактори***

Големите ко-ферментиращи фермерски тип инсталации, обикновено, се състоят от няколко системи със сложна конструкция от резервоари. Те се експлоатират като системи с непрекъснат поток, включващи един или няколко основни, а също така и вторични биореактори. Биореакторите могат да са вертикални и хоризонтални. Резервоарите за съхранение на вторична биомаса служат и като вторични биореактори и трябва винаги да са покрити с херметична мембрана, за да се избегне изпускането на метан в атмосферата, тъй като синтеза на биогаз продължава и при по-ниската температура във вторичния биореактор.



Фиг. 7.21 Хоризонтален проточен биореактор (RUTZ, 2006 г.)

### 7.6.3 Поддръжка на биореакторите

#### *Премахване на седименти от биореактори*

В биореакторите с непрекъснато култивиране могат да се натрупат утайки от пясък или неразградими биологични материали. Повечето от тези материали могат да се отделят по време на съхранението на суровината или по време на захранването на биореактора. Въпреки това, част от пясъка може да бъде здраво свързан с органичния субстрат и това да намали ефективното му отделяне преди ферментация. Свързаният пясък се отделя и натрупва в биореактора по време на анаеробното разграждане на органичната материя. Натрупването на пясък в резервоарите и биореакторите намалява техния работен обем, натоварва, разбъркващата система, помпите, топлообменниците и може да доведе до тяхното увреждане. При нередовно почистване могат да се натрупат големи количества тежки утайки. В този случай, тяхното отстраняване може да се извърши само с подходяща техника. Редовното отстраняване на утайките от биореактора може да се извършва с дънни гребла или дренажна система. Ако се образува дебел слой от утайки, системата за тяхното отделяне може да откаже да работи и това ще наложи извеждането на биореактора от експлоатация и отстраняване на седиментите ръчно или с машини в зависимост от големината на биореактора. Статичното налягане на биореактори с над 10m височина може да се окаже достатъчно за отделянето на пясъка и неразградените органични утайки.

Проблемите, причинени от седименти, могат да се минимизират, ако са предприети някои мерки:

- регулярно изпразване на резервоарите за съхранение на суровината;
- изграждане на резервоар с достатъчно голям капацитет за предварително съхранение на суровината;
- адекватен метод на разбъркване;
- адекватно полагане на щуцерите на помпените тръбопроводи, за да се избегне циркулация на пясъка;
- да се избягват суровините с високо съдържание на пясък;

- използване на специално разработени методи за евакуация на пясъка от биореакторите.

### ***Мерки за предотвратяване на пянообразуването***

Формирането на пяна и плаващи покрития зависи от типа на подаваната суровина или може да се причини от дисбаланс на процеса. Присъствието на пяна на повърхността на културалната течност в биореактора може да доведе до замърсяване на газовите линии. За да се предотврати това, газовите линии се инсталират възможно най-високо в биореактора. Сифони за пяна могат да предотвратят навлизането на пяна в тръбите за подаване на суровина към вторичния биореактор или в резервоарите за съхранение. Може да се инсталира сензор за пяна под сектора за събиране на газ в биореактора. При достигане на пяна до сензора автоматично се впръскват препарати, погасяващи пяната. Препаратите против пенообразуване трябва да се използват само в аварийни условия, тъй като те обикновено са повърхностно активни вещества, които могат да повредят инсталацията за ко-генерация.

## **7.7 Технологии за разбъркване**

Минимално хомогенизиране на биомасата в биореактора се постига чрез пасивно разбъркване, протичащо при въвеждане на прясна суровина с последващи термични конвекционни потоци, както и при придвижването нагоре на газовите мехури. Пасивното разбъркване не е достатъчно за оптималната работа на биореактора и процесът на разбъркване трябва да се подсили с активни средства.

Разбъркването може да се извърши механично, хидравлично и пневматично. В 85-90% от инсталациите за биогаз се използват механични устройства за разбъркване (Фиг. 7.22 и 7.23).

Съдържанието на биореактора трябва да се разбърква няколко пъти на ден, за да се смеси новата суровина със субстрата в биореактора, за да се предотврати формирането на плаващи кори и потъващи слоеве (седименти), за да се подобри масообмена и съответно достъпа на бактериите (микроорганизмите) до новата суровина, да се улесни изкачането нагоре на газовите мехури и да се хомогенизира разпределението на топлината и хранителните вещества.

Най-общо, бъркалките могат да бъдат с непрекъснато или периодично действие. Опитът показва, че последователността на разбъркване може да бъде оптимизирана в съответствие със спецификата на съответната инсталация за биогаз (размер на резервоара, качество на суровината, тенденция да се оформят плаващи слоеве и т.н.). След първоначалното зареждане и стартиране на инсталацията, опитът и контролът определят оптималната продължителност и честота на последователността на разбъркване, както и настройката на бъркалките.

Опитът от Дания показва, че потопените, задвижвани с електричество бъркалки със средна скорост, използвани широко в миналото са относително скъпи за експлоатация и труднодостъпни за инспекция и обслужване. Добра алтернатива на тях са бавно въртящите се в непрекъснат цикъл бъркалки, инсталирани централно в горната част на биореактора. Все пак, тяхното използване изисква коректно настроено ниво на биомасата в биореактора, за да се избягнат плаващите слоеве.

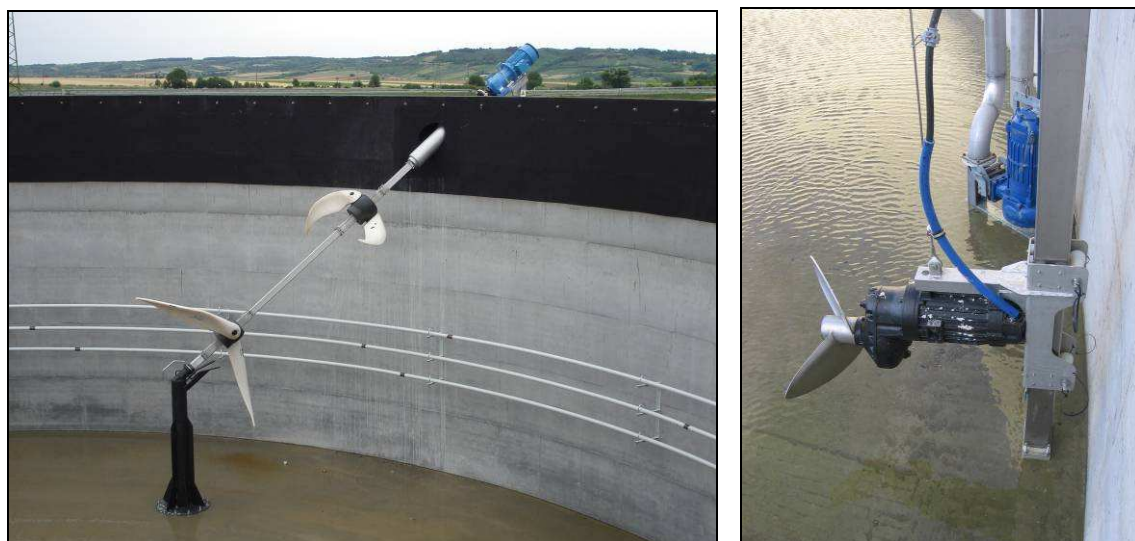


### 7.7.1 Механично разбъркване

Механичното разбъркване на биореакторите се извършва чрез бъркалки, които могат да се категоризират като бързо въртящи се, въртящи се със средна скорост и бавно въртящи се.



Фиг. 7.22 Висяща бъркалка с перки (вляво) и нейният двигател (вдясно) (AGRINZ GmbH, 2006 г.)



Фиг. 7.23 Бъркалка с перки (вляво) и потопима бъркалка задвижвана от витлови двигатели (вдясно) (AGRINZ GmbH, 2006 г.)



**Потопимите бъркалки с витлови двигатели** (Фиг. 7.23) се използват често във вертикалните биореактори. Те се задвижват с двигатели без зъбна предавка, с водонепропусклив картер и антикорозионно покритие, които се охлаждат от заобикалящата среда. Те са напълно потопени в суровината и обикновено имат две или три перки на геометрично оптимизирани витлови машини. Поради тяхната водеща турбо-система, състояща се от висилка, лебедка и от оловно сечение, бъркалките могат, обикновено, да се настройват по височина, наклон и настрани.

**Бъркалките с перки** имат хоризонтални, вертикални или диагонални оси (Фиг. 7.22 и 7.23). Двигателят е позициониран извън биореактора. Съединенията, където шахтата преминава през тавана, мембранный покрив или стената на биореактора, трябва да са уплътнени.

Друга възможност за механично размесване са **аксиалните бъркалки**. Те често работят в непрекъснат режим. Аксиалните бъркалки, обикновено, са монтирани в шахти, които са инсталирани централно на тавана на биореактора. Скоростта на двигателя, който е разположен извън биореактора, е редуцирана до няколко оборота в минута. Те създават постоянен поток в биореактора, който тече от дъното нагоре по стените.

В хоризонталните биореактори се използват, обикновено, бавно движещите се **бъркалки с ротори и перки** (могат да се инсталират също и във вертикални биореактори). Перките са фиксирани на хоризонтално въртящите се оси, които смесват и пренасят напред (поточен тип) суровината за анаеробното разграждане. Разбъркващият ефект осигурява вертикално смесване на суровината. Хоризонталното поточно течение се осигурява от въвеждане на свежа суровина в биореактора. Подгръващите тръби, често, са свързани към водещия вал и перките на бъркалната за по-добро подгръване на суровината. Бъркалките с перки или барабани се движат няколко пъти на ден на кратки интервали и ниска скорост.

### 7.7.2 Пневматично разбъркване

Пневматичното разбъркване в биореактора се подsigурява от мехурчетата биогаз, които се образуват на дъното на биореактора и преминават през суровината. Мехурчетата на издигания се газ причиняват вертикално движение и смесват суровината. Тази система има предимството, че необходимите съоръжения са разположени извън биореактора (помпи и компресори), така че износването е по-малко. Пневматичното разбъркване на суровината в биореактора се използва по-рядко в селскостопанските инсталации за биогаз. Технологиата не е подходяща за разрушаване на плаващи слоеве и може да се използва само за редки течни суровини с ниска склонност за формиране на плаващи слоеве.

### 7.7.3 Хидравлично разбъркване

Ако размесването е хидравлично, суровината се нагнетява посредством помпи и хоризонтално или вертикално въртящи се дюзи в биореактора. Засмукването и изхвърлянето на суровината трябва да е проектирано по такъв начин, че съдържанието на биореактора да се разбърква възможно най-пълно. Хидравлично разбъркваните системи имат предимството, че механичните части на бъркалките са разположени извън биореактора, подлагат се на по-слабо износване и лесно се поддържат. Хидравличното смесване е подходящо само в редки случаи и както при пневматичното

разбъркване се използва само при течни суровини със слаба склонност за формиране на плаващи слоеве.

## 7.8 Съхранение на биогаз

За да се оптимизира добива, производството на биогаз трябва да се поддържа възможно най-стабилно и постоянно. В биореактора, биогазът се формира в количества, които се колебят във времето. Допълнително, нуждата от биогаз, например, в инсталация за комбинирано производство на топлина и електроенергия, също може да варира. За да се компенсира разликата между производството и потреблението, е необходимо произвежданият биогаз временно да се съхранява в подходящи съоръжения.

Днес съществуват редица възможности за съхранение на биогаз. Биогаз хранилища могат да бъдат създадени в горната част на биореактора, като се използва специална мембрана, която изпълнява и функцията на капак за биореактора. По-големите инсталации за производство на биогаз имат отделни помещения за съхранение на биогаза. Съоръжения за съхранение на биогаз могат да се експлоатират при ниско, средно или високо налягане.

Правилният избор и оразмеряването на системата за съхранение на биогаз допринася съществено за ефективността и безопасността на инсталацията за производство на биогаз. Подходящото съхранение на биогаз осигурява необходимите доставки на биогаз, редуцира загубите на биогаз и допринася за безопасността и надеждността на инсталацията за биогаз.

Всички съоръжения за съхранение на биогаз трябва да са херметични и да издържат на налягане. В случай, че съоръженията за съхранение не са защитени от сгради, те трябва да издържат на ултравиолетова светлина, на въздействията на температурата и климата. Преди пускане на инсталацията, резервоарите за съхранение трябва да се проверят за херметичност. Поради съображения за безопасност, те трябва да са оборудвани с изпускателни клапани (за под-налягане и свръх-налягане) (Фиг. 7.24), за да се предотвратят повреди и риск за безопасността. В допълнение се изисква аварийен факел, както и резервоарът да има капацитет за съхранение най-малко една четвърт от дневното производство на биогаз. Обикновено се препоръчва капацитет за съхранение на производството от биогаз за един или два дни.



Фиг. 7.24 Съоръжения и вентили за безопасна работа под налягане (AGRINZ GmbH, 2006 г.)

### 7.8.1 Резервоари, работещи под налягане

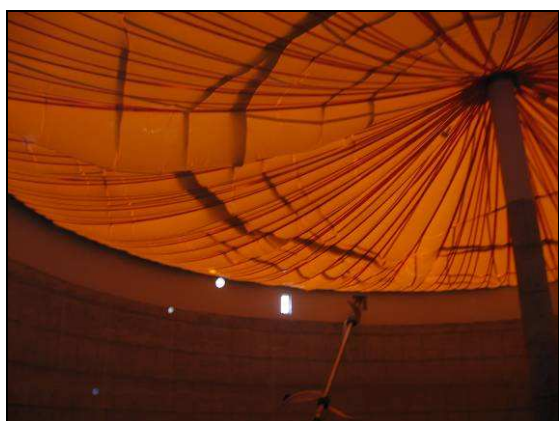
Резервоарите с ниско налягане се състоят от мембрани, които трябва да отговарят на изискванията за безопасност. Мембранните резервоари са инсталирани като външни резервоари за газ или като куполи върху биореакторите. Най-често се използват резервоари за ниско налягане с над-налягане над атмосферното в границите от 0,05 до 0,5 mbar.

Външните резервоари с ниско налягане могат да се проектират под формата на мембранни балони (Фиг. 7.25). Мембранните балони са поставени в сгради с цел предпазване от климатичните условия или са съоръжени с втора мембрана.

Ако биореакторът или вторичният биореактор са използвани за съхранение на биогаз, те би трябвало да са покрити с херметични мембранни куполи (резервоари с двойна мембрана), както е показано на Фиг. 7.26 вляво, фиксирани към горния ръб на биореактора. В биореактора може да бъде инсталирана поддържаща ферма, за да държи мембраната, когато е празна. Мембраната се разширява в съответствие с обема на съдържащия се газ. За да се ограничи разширението на мембраната, над нея може да се монтира специална мрежа. (Фиг. 7.26 вдясно).



Фиг. 7.25 Външни резервоари за съхранение на газ, работещи под налягане (RUTZ, 2007 г.)



Фиг. 7.26 Биореактор покрит с мембрана, поглед от вътрешността на биореактора (вляво) (AGRINZ GmbH, 2006 г.) и поглед отвън (вдясно) (RUTZ, 2006 г.)

### 7.8.2 Съхранение на биогаз при средно и високо налягане

Биогаз може да се съхранява в резервоари за средно и високо налягане (стоманени резервоари и бутилки под налягане), при налягане между 5 и 250 bar. Този тип съхранение е много скъп за експлоатация и енергоемък. За резервоари на газ до 10 bar, трябва да се предвиждат разходи на енергия  $0,22 \text{ kWhm}^{-3}$ , а за резервоари с високо налягане с 200 до 300 bar, изискванията за електроснабдяване са  $0,31 \text{ kWhm}^{-3}$ . Поради високите разходи, този начин на съхранение на биогаз се използва рядко в селскостопанските инсталации за биогаз.

### 7.8.3 Факел за изгаряне на биогаз

Има ситуации, при които е произведен повече биогаз, отколкото може да се използва за генериране на енергия. Това може да се случи поради извънредно висока скорост на производство на газ или при спиране за ремонт на системата. В такива случаи, са необходими резервни решения съответно за допълнително съоръжение за съхранение на биогаз или допълнителни системи за производство на енергия. Съхранението на биогаз без компресиране е възможно за кратко време, но за периоди повече от няколко часа не е приложимо поради големия обем и необходимостта от допълнителни системи (напр. втора инсталация за КПТЕ), които могат да бъдат много скъпи. По тази причина всяка инсталация за биогаз е съоръжена с газов факел. В ситуации, когато има излишък на биогаз, който не може да се съхранява или използва, изгарянето е задължителното решение, необходимо за елиминиране на всякакви рискове от замърсяване на околната среда. В изключителни случаи, изгарянето би могло да бъде решение за безопасното освобождаване на биогаз, когато неговото използване за производство на възобновяема енергия е невъзможно.

Процесът на изгаряне определя предимствата на един тип факел пред други. Това е също въпрос и на съобразяване със стандартите за изпускане на вредни емисии и експлоатационните критерии, използвани в нормативните уредби за газовите факли. Проектът на факела трябва да цели максимално изгаряне на метана, за да се ограничи освобождаването на неизгорял метан и други продукти на непълното окисление като например въглероден оксид. Това не е единственият нежелан страничен продукт на горенето на биогаза. Могат да се формират и други съединения в зависимост от количеството на подавания въздух, температурата и от кинетиката на реакциите на изгаряне. За да се максимизират желаните реакции и да се минимизират нежеланите, температурният диапазон трябва да бъде  $850\text{--}1200^\circ\text{C}$  и времето на горене да е минимум 0.3 секунди. Тези два параметъра формират експлоатационните изисквания за най-съвременните факли.

Независимо от типа на факела, неговата безопасна и надеждна работа изисква набор от средства в допълнение към горелката и корпуса. Важни елементи на безопасността включват гасене на пламъка, безотказен клапан и запалителна система, включваща детектор за пламък. Необходим е също така и газов компресор за повишаване на налягането на газа до 3-15 kPa при горелката. Необходимостта от почистване на газа и подобряването му зависи от качеството на газа и дали газът се използва в инсталация за възобновяема енергия, където има по-добри възможности за почистване на димните газове от прахови частици и киселинни газове, образувани по време на горенето.

Има два основни типа факли за биогаз: отворен факел и затворен факел.

Отвореният факел всъщност е горелка с малък защитен щит срещу вятъра за предпазване на пламъка. Управлението на газа е елементарно, като в много случаи е



необходим прост ръчен клапан. Богатата газова смес, недостатъчната изолация и слабото смесване водят да непълно смесване и голям светещ пламък, който често се вижда над вятърния щит. В този случай, загубата на топлина е значителна и това води до образуване на хладни области по ръба на пламъка и гасене на реакцията на горене.

Исторически, отворените факли са били популярни в миналото, защото са прости и евтини и поради слабото или липсващо по онова време законодателство за контрол на вредните газови емисии. Оттук нататък, стриктно законодателство и контрол на емисиите е способно да ограничи тяхното използване.

Затворените факли представляват, обикновено, разположени в земята постоянни инсталации, съдържащи единична горелка или група горелки, затворени в цилиндричен съд, обшит с огнеупорен материал (Фиг. 7.27).

Проектирани целесъобразно, затварящите съдове предпазват гасенето и като резултат горенето е по-постоянно и емисиите на вредни газове са ниски. Мониторингът, обикновено, включва проследяване на температурата, количеството на въглеродните и въглеродния оксид за целите на управлението на процеса.

Подобрените технологични решения и оптималното управление на процеса осигуряват по-голяма подвижност на отклонението (отношението между минималния към максималния поток на биогаза, при което се поддържат задоволителни експлоатационни условия). Производителите цитират като нормално отклонение от 4-5:1 при качество на биогаза 20-60% метан (обемни). По-високо отклонение от до 10:1 е постижимо, но за сметка на качеството на горене, тъй като освобождаването на топлина не позволява да се достигнат адекватни температури.



Фиг. 7.27 Модерни факли за изгаряне на биогаз (RUTZ, 2007 г.)

## 7.9 Очистване на биогаза

Когато биогазът напуска биореактора, той е наситен с водни изпарения и съдържа в допълнение към метана ( $\text{CH}_4$ ) и въглеродния диоксид ( $\text{CO}_2$ ) различни количества сероводород ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Сероводородът е токсичен газ с неприятна миризма,



подобна на развалени яйца, и при разтварянето си във водните пари образува разрежена сярна киселина. Киселината е корозивна за агрегатите на КПТЕ, газовите тръбопроводи и тръбите за изходящ газ. По тази причина, е необходимо отстраняването на сулфидите и изсушаването на биогаза.

Производителите на блоковете за КПТЕ имат минимум изисквания към изгаряния газ (Табл. 7.2). Тези изисквания се спазват и при използването на биогаз. Горивните процеси трябва да се наблюдават, за да се предотврати разрушаването на двигателите.

В зависимост от начина на използване на биогаза (напр. гориво за превозни средства, горивни клетки), могат да се наложат и допълнителни мерки за неговото почистване.

**Табл. 7.2 Минимални изисквани свойства за горими газове със съдържание на кислород над 5% (GÜLZOW, 2005 г.)**

| Топлина на изгаряне (долна граница)                                                                                                          | H <sub>u</sub>   | ≥ 4 kWhm <sup>-3</sup>                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------------------------|
| Съдържание на сяра (общо)                                                                                                                    | S                | ≤ 2,2 gm <sup>-3</sup> CH <sub>4</sub>    |
| или H <sub>2</sub> S-съдържание                                                                                                              | H <sub>2</sub> S | ≤ 0,15 об. %                              |
| Съдържание на хлор (общо)                                                                                                                    | Cl               | ≤ 100,0 mgm <sup>-3</sup> CH <sub>4</sub> |
| Съдържание на флуор (общо)                                                                                                                   | F                | ≤ 50,0 mgm <sup>-3</sup> CH <sub>4</sub>  |
| Сума от съдържанието на хлор и флуор                                                                                                         | (Cl + F)         | ≤ 100,0 mgm <sup>-3</sup> CH <sub>4</sub> |
| Прах (3 ... 10 µm)                                                                                                                           |                  | ≤ 10,0 mgm <sup>-3</sup> CH <sub>4</sub>  |
| Относителна влажност (при най-ниската входна температура на въздуха, т.е. кондензация във входящия тръбопровод и линията за контрол на газа) | φ                | < 90 %                                    |
| Налягане на потока на вход на линията за контрол на газа                                                                                     | p <sub>Gas</sub> | 20 ... 100 mbar                           |
| Колемание на налягането на газа                                                                                                              |                  | < ± 10 % от зададената стойност           |
| Температура на газа                                                                                                                          | T                | 10 ... 50 °C                              |
| Въглеводороди (> C <sub>5</sub> )                                                                                                            |                  | < 0,4 mgm <sup>-3</sup> CH <sub>4</sub>   |
| Силиции (at Si > 5 mg/m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> oil analysis of metal content < 15 mg/kg oil observed)                                  | Si               | < 10,0 mgm <sup>-3</sup> CH <sub>4</sub>  |
| Съдържание на метан (Biogas MC approx. 135)                                                                                                  | MZ               | > 135                                     |

### 7.9.1 Десулфуризация

Сухият биогаз получен от оборски тор има средно съдържание 1000 - 3000 ppm сероводород (H<sub>2</sub>S) (Agelidaki, 2003). При ко-ферментация на оборски тор с други субстрати, произвежданият биогаз може да съдържа повече или по-малко H<sub>2</sub>S. Когато биогазът се използва за комбинирано производство на топлина и електроенергия (КПТЕ), съдържанието на сероводород трябва да е под 700 ppm за повечето конвенционални газови двигатели, за да се избегне бързото влошаване на качествата на смазочното масло.

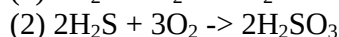
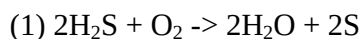
Премахването на сероводорода (H<sub>2</sub>S) от биогаза се нарича десулфуризация. Използваните методи за десулфуризация са различни и процесът може да бъде биологичен или химичен, като се извършва вътре или извън биореактора.

Десулфуризацията зависи от съдържанието на H<sub>2</sub>S и количеството на преминаващия през съоръжението за десулфуризация биогаз. Количеството на биогаза може да се колебае значително в зависимост от процеса. Пик в производството на биогаз може да се наблюдава след въвеждане на свежа суровина в биореактора и по време на разбъркване. Биогаз, подлежащ на десулфуризация над 50% от нормалното количество може да възникне за краткосрочни интервали.

По тази причина, за да се осигури пълна десулфуризация, е необходимо да се използва съоръжение за десулфуризация със завишени габарити в сравнение с нормалното количество на произвеждания биогаз.

### Биологична десулфуризация в биореактора

Когато е необходимо пълно премахване на  $H_2S$  от произведения биогаз, най-широко използван метод е биологичното окисление, при което сероводородът се окислява или до свободна (твърда) сяра (Фиг. 7.28) или до разредена сериста киселина, според следните уравнения:



Биологичната десулфуризация може да се провежда в биореактора като за целта са необходими кислород и сяроокисляващи бактерии. Сяроокисляващите бактерии присъстват в субстрата и не трябва да се добавят, а кислородът се доставя чрез инжектиране на въздух (2 - 8 %) с малък компресор в горната част на биореактора. Тръбите за инжектиране на въздух в биореактора трябва да се позиционират на противоположната страна на изхода на биогаза, за да се предотврати блокиране на изходящия тръбопровод.



Фиг. 7.28 Елементна сяра, продукт на биологичната десулфуризация вътре в биореактора (RUTZ, 2007 г.)

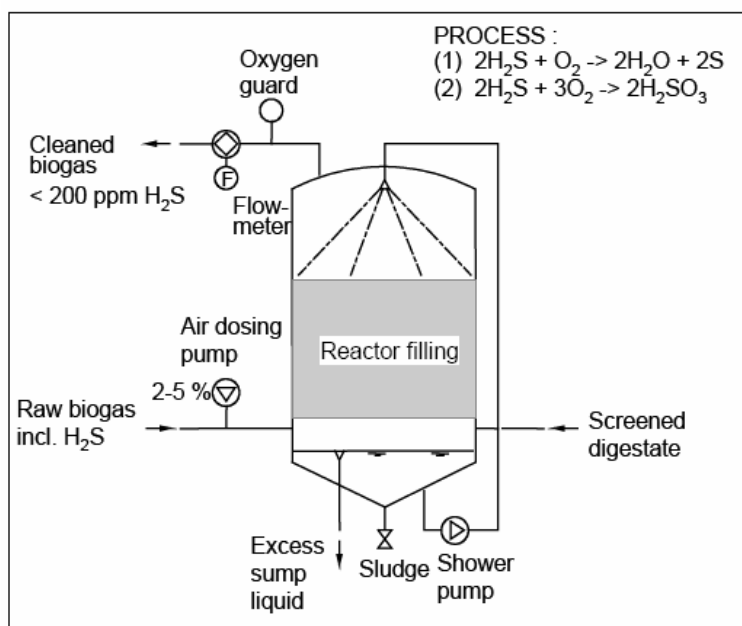
Въздухът се инжектира директно в свободното пространство на биореактора, а реакциите се извършват върху плаващия слой (ако има такъв) и по стените на реактора. Поради киселинната природа на образуващата се сериста киселина съществува риск от понижаване на рН на средата и дезактивиране на метанобразуващите бактерии. Подобен риск съществува и от внасянето на макар и малки количества кислород, който е силен инхибитор на метаногенезата.

По тези причини, процесът често се извършва в отделен реактор, както е показано на Фиг. 7.29.

### Биологична десулфуризация извън биореактора

Биологична десулфуризация може да се извърши също и извън биореактора в резервоари или колони за премахване на сярата. Този метод улеснява управлението на процеса на отнемане на сярата и прецизно настройва добавянето на кислород.

На практика, образуваната сяра се събира и смесва с вторичната биомаса в резервоари за съхранение, за да се повишат наторяващите качества на вторичната биомаса.



**Фиг. 7.29** Схематична диаграма на система за биологично окисление на H<sub>2</sub>S

Реакторът показан на Фиг. 7.30 (капацитет от 80 m<sup>3</sup> с 50 m<sup>3</sup> с пълнеж) е подобен на скрубър, състоящ се от порест пълнеж (произволно пакетирани пластмасови елементи или подобен), с имобилизирани върху него сяроокисляващи бактерии. За окисление на H<sub>2</sub>S, биогазът на входа на системата се смесва с малки количества въздух, подаван от дозаторна помпа. Чрез рециркулация на образувания филтрат се поддържа оптимална влажност за активността на микроорганизмите и се отмиват образуваните сяра и сериста киселина.



**Фиг. 7.30** Резервоар-реактор за премахване на сероводород (ANGELIDAKI, 2005 г.)

За да се неутрализира киселото рН на филтрата към него се добавя алкален разтвор, а също така и хранителен субстрат за микроорганизмите. Ферментиращият тор, за предпочитане филтриран, е идеален и достъпен избор като хранителен субстрат.

Натоварване на реактора за десулфоризация с около  $10 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$  биогаз за  $\text{m}^3$  работен обем и температура на процеса около  $35^\circ\text{C}$  са параметри на работен режим, при който се постига много добър ефект на очистване на газа от  $\text{H}_2\text{S}$ . Стойността на pH в реактора за десулфоризация трябва да се поддържа 6 или по-висока. Процедурата по овлажняване и промиване на пълнежните елементи се извършва на равни интервали, за да се предотврати затлачването на реактора с утайки от свободна сяра.

В някои случаи, когато биогазът се съхранява или преминава през вторична биомаса, отделена за съхранение, може да липсва реактор за окисление на  $\text{H}_2\text{S}$ . Очистването на биогаза в този случай разчита на формирането на плаващо покритие в съоръжението за повторно съхранение, върху което сяроокисляващите бактерии се развиват и окисляват  $\text{H}_2\text{S}$  при инжектиране на малки количества въздух. Плаващо покритие лесно може да се поддържа с избор на ниска интензивност на разбъркване при експлоатацията на резервоара като съоръжение за междинно съхранение на биогаза. Това решение е икономически по-ефективно, но по-ненадеждно, тъй като плаващите слоеве са нестабилни, т.е. могат да потънат и да се появят на повърхността няколко дни по-късно. По тази причина, съществуват периоди с ниска ефективност на отстраняване на  $\text{H}_2\text{S}$ .

#### Химическа десулфоризация в биореактора

Десулфоризацията може да бъде постигната и чрез добавяне на химически субстанции към суровините в биореактора. По този начин сярата се свързва химически по време на анаеробното разграждане на суровината, предотвратявайки освобождаването на сероводород в биогаза. Така сярата не се губи, а остава във вторичната биомаса.

#### Химическа десулфоризация извън биореактора

Химическата десулфоризация на биогаза може да стане и извън биореактора като се използва основа (обикновено сода каустик). Методът изисква специални съоръжения.

Друг химически метод за намаляване на съдържанието на сероводород е да се добави разтвор на двувалентно желязо към суровината. Железните йони свързват сярата в неразтворим комплекс ( $\text{FeS}$ ), което предпазва биогаза от обогатяване със сероводород. Методът е по-скоро скъп, тъй като употребата на препарати с железни йони на стехиометрична основа е 2-3 пъти повече от желаното намаление в газообразния сероводород (Angelidaki, 2005). Евтина алтернатива на този метод е използването като ко-субстрати на съдържащи железни йони отпадъчни продукти и желязо-съдържащи препарати се добавят само при необходимост.

### **7.9.2 Сушене**

Количеството влага, което може да се абсорбира от биогаза, зависи от температурата. Относителната влажност на биогаза в реактора е 100%, тоест газът е наситен с водни пари. За да се предпази блока на КПТЕ от износване и евентуални повреди, влагата трябва да се отстрани от произведения биогаз.

Част от водните пари могат да се кондензира чрез охлаждане на газа. Това често се постига в тръбопроводите, транспортиращи биогаза от биореактора към блока за КПТЕ. Водата кондензира по стените на наклонените тръби и може да бъде събрана в кондензационен сепаратор в най-ниската точка на тръбопроводите.



Предварително условие за ефективно охлаждане на биогаза е достатъчната дължина на тръбопроводите. Ако тръбопроводите за биогаз са под земята, важно е те да са разположени върху стабилна основа, за да се гарантира наклона на тръбите, който може да бъде повлиян от потъването и местенето на земните пластове.

Кондензационният сепаратор трябва да се пази от замръзване и да е лесно достъпен, за да се изпразва регулярно. Чрез кондензацията освен отстраняване на водните пари се отстраняват, също така, и някои нежелани субстанции като разтворими газове и аерозоли.

Друга възможност за изсушаване на биогаза е чрез охлаждането му в електрически захранвани охладители при температури под 10°C, което позволява да се отстрани голямо количество влага. За да се намали относителната, но не и абсолютната влажност, газът може да се подгрее отново след охлаждането, с което се предотвратява кондензацията по дължината на тръбопроводите.

## 7.10 Съхранение на вторичната биомаса

Вторичната биомаса може временно да се съхранява в специално построени хранилища. Европейското законодателство изисква съоръжението за съхранение (както и за непреработени животински тор и разтвори) да осигури оптимално и ефективно използване на вторичната биомаса за наторяване в селското стопанство, като се избягва неефективното ѝ приложение, например през зимния сезон.

Вторичната биомаса се изпомпва от биореактора чрез помпи и след това се подава по тръбопроводи или се транспортира със специални вакуумни танкери към резервоарите за съхранение. Общият обем на тези резервоари трябва да е достатъчен, за да съхранява продукцията от вторична биомаса за няколко месеца.

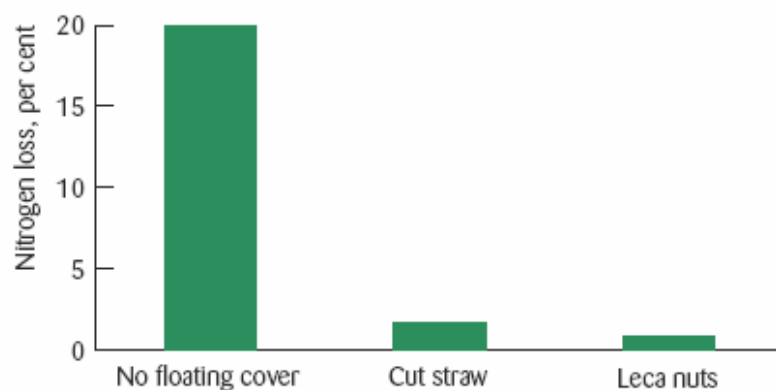
Вторичната биомаса може да бъде съхранявана в бетонни резервоари, покрити с естествени или изкуствени плаващи слоеве, или мембранни покрития (Фиг. 7.31 и 7.33), както и в изкуствени лагуни (Фиг. 7.34).



Фиг. 7.31 Съоръжения за съхранение с естествено плаващо покритие (Al SEADI, 2008 г.)

Опитът от Дания показва, че използването на изкуствени плаващи покрития в резервоари за съхранение на вторична биомаса може да ограничи количеството на амонячните изпарения от 20% на по-малко от 2% (Фиг. 7.32).





Фиг. 7.32 Намаляване на изпарението на амоняк чрез използването на плаващи покрития (DIAS, 2005 г.)



Фиг. 7.33 Резервоари за съхранение с мембранни покрития (Danish Biogas Association, 2008 г.)



Фиг. 7.34 Открити изкуствени лагуни за съхранение на вторична биомаса (AGRINZ GmbH, 2006 г.)

След анаеробното разграждане, от вторичната биомаса могат да се отделят метан и амонячен азот в околната среда, но дългогодишните добри селскостопански практики доведоха до намиране на най-добрите методи за ограничаване на отделянето на различни емисии.

Опитът показва, че до 20% от общото количество на произведения биогаз може да се синтезира извън биореактора, в резервоарите за съхранение. За да се предотвратят емисиите на метан и за да се събира и допълнително произведения

биогаз, резервоарите за съхранение трябва да са винаги покрити с херметична мембрана за задържане и събиране на газа (Фиг. 7.33). Когато вторичната биомаса се съхранява навън, съоръженията за съхранение също трябва да имат като минимум естествени плаващи покрития, за да се редуцира риска от изпарение на амоняк (Фиг. 7.34).

## 7.11 Контрол на процеса

Биогазовата инсталация е комплексна инсталация с взаимно свързани по между си части. Поради тази причина, е необходимо централно компютъризирано наблюдение и контрол на процеса, които да гарантират успешното му протичане и намаляване на риска от аварии (Фиг. 7.35 и 7.36).

Стандартизацията и допълнителното развитие на технологията за анаеробно разграждане са възможни единствено с постоянно наблюдение и документиране на важните параметри. Наблюдението и документирането са необходими и за осигуряване на стабилен процес, а също така и за намаляване на флуктуациите на параметрите около стандартните стойности. При постоянен контрол е възможна ранна намеса за коригиране на процеса и съответните коректни действия при екстремни ситуации.

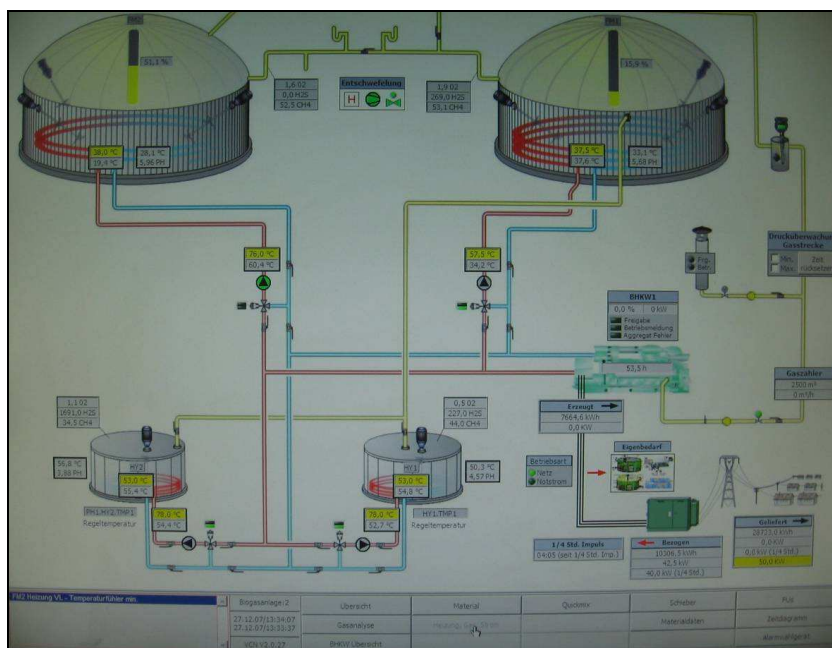
**Наблюдението** включва събиране и анализиране стойностите на химичните и физичните параметри на процеса. Изискват се редовни лабораторни тестове, за да се оптимизира анаеробното разграждане, и за да се избегне нежеланото прекратяване на процеса. Следните параметри трябва да бъдат контролирани като минимум:

- вид и количество на зарежданата суровина (ежедневно);
- температура на процеса (ежедневно);
- рН (ежедневно);
- състав и количество на газа (ежедневно);
- съдържание на късоверижни мастни киселини;
- ниво на запълване на биореактора.

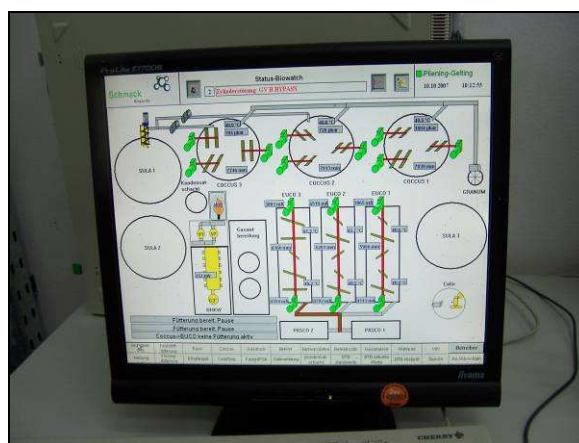
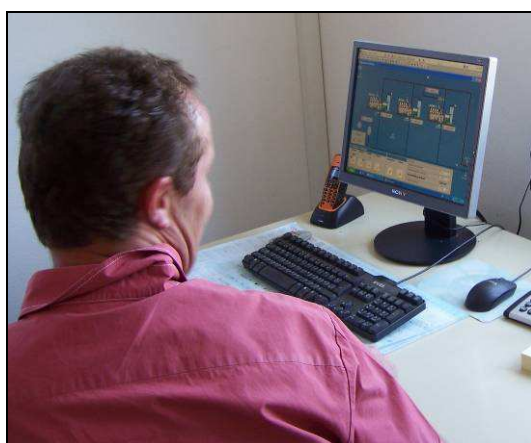
**Контролът на инсталациите за биогаз** все повече се автоматизира чрез използване на системи за контрол с компютри. Възможно е дистанционно безжично управление. Контролът на следните параметри е част от съвременните технически изисквания:

- снабдяване със суровини;
- хигиенизиране;
- отопление на биореактора;
- честота и интензивност на разбъркването;
- отстраняване на утайките;
- транспорт на суровините през инсталацията;
- разделяне на твърдата и течната фази;
- десулфуризация – отстраняване на сярна и серни продукти;
- производство на електричество и топлина.

**Оборудването за контрол и наблюдение** варира от прости таймери до компютърни системи с аларми. Практиката показва, че оборудването за измерване и технически контрол на анаеробното разграждане в малки селскостопански инсталации е възможно най-просто поради икономически причини.



Фиг. 7.35 Екран на компютърна система за наблюдение на селскостопанска биогазова инсталация с два главни биореактора (AGRINZ GmbH, 2006 г.)



Фиг. 7.36 Компютърни системи за контрол (RUTZ, 2007 г.)

### 7.11.1 Количество на влаганата с помпи суровина

Количеството на суровината, постъпваща във ферментатора може да бъде определено чрез измерване на дебита. Уредите за измерване на дебита трябва да са здрави и да не са чувствителни към замърсяване. В момента, най-използвани са магнито-индуктивните и масовите дебитометри, но също така се увеличава употребата на апарати, използващи ултразвук и топлопроводност. Уредите за измерване на дебит, които имат механични части са по-неудобни за биогазовите инсталации.

### **7.11.2 Количество на влаганата твърда суровина**

За определяне на влаганата твърда суровина (напр. царевичен силаж) се използва подходяща апаратура за измерване. Това позволява коректното дозиране на твърдите суровини.

### **7.11.3 Ниво на запълване на биореактора**

Мониторинг на нивото на запълване на биореактора и на резервоарите за съхранение се извършва чрез ултразвукови и радарни средства, които измерват хидростатичното налягане на пода на ферментатора или разстоянието до повърхността на течната фаза.

### **7.11.4 Ниво на запълване на резервоарите за газ**

Измерването на нивото на запълване на резервоарите за съхранение на газта е важно (за работата на централите за комбинирано производство на топлинна и електрическа енергия). Ако има недостиг на биогаз, централата за комбинирано производство на топлинна и електрическа енергия ще се изключи (автоматично) и ще поднови работа отново, когато количеството на биогаза е над необходимия минимум. Измерването на нивото на запълване, обикновено, се осъществява чрез сензори за налягане.

### **7.11.5 Температура на процеса**

Температурата във ферментатора трябва да се поддържа постоянна и поради тази причина трябва да се следи непрекъснато. Във ферментатора има няколко точки, подходящи за контрол на температурата по време на целия процес. Измерените стойности се изпращат до базиран на компютри регистър за данни. Въвеждането на тези данни дава възможност също така и за автоматичен контрол на нагряването.

### **7.11.6 pH**

Стойността на pH осигурява важна информация за протичането на процеса на анаеробното разграждане. Определянето на pH се извършва чрез изследване на проби, взети от биореактора, през точно определен интервал от време. За измерването на pH се използват pH-метри.

### **7.11.7 Определяне на мастните киселини**

Мастните киселини влияят върху процеса на метанообразуване. По тази причина могат да бъдат измервани количеството и качествения състав на късоверижните мастни киселини. В рамките на инсталацията е трудно осъществимо непрекъснато измерване, поради сложността на методите за анализ. Оценяването на биологията на реалния процес е трудно, дори и ако пробите се анализират в

лаборатории. Проблемът е в това, че минава период от време между взимането на пробата и получаването на резултата от анализирането ѝ в лабораторията. Много производители на биогазови инсталации и консултантски фирми предлагат анализ на масните киселини в рамките на техния договорен ангажимент.

### **7.11.8 Количество на получения биогаз**

Измерването на количеството на полученият биогаз е важен инструмент за определяне на ефективността на процеса. Променливото производство на газ може да показва смущения в процеса. Обикновено газомерите са инсталирани директно на газо-преносната линия. Измерените стойности за количеството на биогаза трябва да бъдат документирани за оценяване на тенденцията на процеса и цялостната характеристика на инсталацията за биогаз.

### **7.11.9 Състав на получения биогаз**

Съставът на полученият биогаз може да се контролира непрекъснато с газ анализатори и чрез употребата на различни други устройства за измерване. Резултатите се използват за контрол на анаеробното разграждане и последващите процеси като например пречиштането на газа.

За определянето на състава на газа, могат да бъдат използвани сензори, базирани на топлинна декалесценция, топлопредаване, поглъщане на инфрачервени лъчи, хемисорбция или електрохимична чувствителност. Инфрачервените сензори са подходящи за определяне на концентрациите на метан и въглероден диоксид. Електрохимичните сензори се използват за определяне съдържанието на водород, кислород и сероводород.

Определянето на газовия състав може да се извършва автоматизирано или не. Неавтоматизираните устройства могат да дадат информация за реалния състав на газа, но обединяването на резултатите в по-късен етап в компютризирана система за контрол е трудно. Поради тази причина, автоматизираното измерване на състава на газа е предпочитано.



## Как да започнем

### 8. Планиране и строеж на инсталация за производство на биогаз

#### 8.1 Изготвяне на проект за строеж на инсталация за биогаз

Мотивите за планиране на проект за изграждане на инсталация за биогаз могат да варират от опазване на околната среда и намаляване на отпадъците до получаване на възобновяема енергия, и могат да включват финансови и нефинансови стимули. Най-често от проекти за изграждане на инсталации за биогаз се интересуват фермери, производители на органични отпадъци, фирми, отговарящи за третиране на отпадъци, общини, производители на енергия и т.н.

Процесът на изготвяне на проект преминава през следните етапи:

1. Идеен проект
2. Предпроектни проучвания
3. Проектни проучвания
4. Детайлно планиране на инсталацията за биогаз
5. Процедура по получаване на нужните разрешения
6. Изграждане на инсталацията за биогаз
7. Експлоатация и поддръжка
8. Обновяване и заменяне на компоненти
9. Разрушаване или възстановяване

За да се формулира конкретна идея за проект трябва да се отговори на следните въпроси:

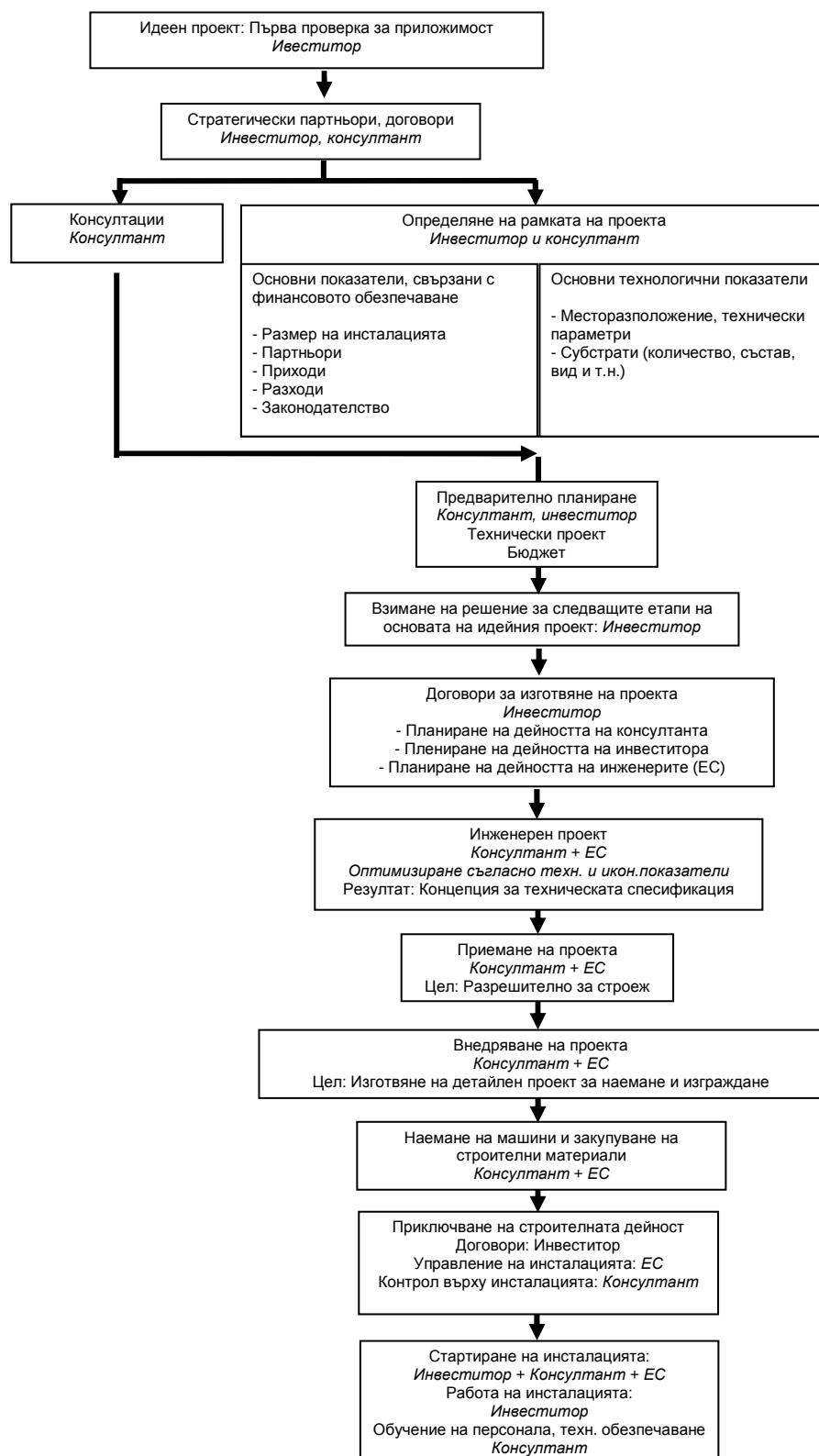
1. Каква е целта на проекта?
2. Способен ли съм да реализирам този проект?
3. Как мога да си осигуря непрестанен поток от суровини?
4. Къде мога да разположа инсталацията за биогаз?

В основата на реализирането на един проект стоят въпросите за подsigуряване на необходимата суровина и възможностите за продан на крайните продукти (биогаз, електричество, топлина, вторична биомаса) от работата на инсталацията за производство на биогаз. Следващата стъпка е да се определи дали е възможно реализирането на проекта при местните условия.

Поради тази причина следните въпроси трябва да бъдат обсъдени:

- Определяне и оценяване на бизнес план и финансова стратегия
- Работа с компании, имащи опит в планирането на такъв вид дейност
- Включване на други важни участници като местната власт и други органи на властта, допълнителни доставчици на суровини, финансиращи компании, инвеститори и спонсори.

Съществуват различни успешни модели за изготвяне на проект за инсталация за биогаз съобразно достъпността на суровините и финансовите възможности на инвеститорите. Всеки проект е уникален по своята същност и изисква индивидуален подход за неговото разработване. Блоквата диаграма на Фиг. 8.1 показва основните етапи на изготвянето на проект за инсталация за биогаз.



Фиг. 8.1 Блоквата диаграма на основните етапи от проектирането на инсталация за биогаз.

Проектирането започва с поставяне на целта и първична проверка за нейното изпълнение с използването на Big East модела за изчисление. Ако инициаторът на проекта и инвеститорът достигнат до вземане на решение трябва да включат консултантска фирма с опит в тази област. Освен това, те ще имат необходимост и от услугите на инженерна фирма (основен контрактор).

В паралел с тези стъпки, се разработва и финансовия план на проекта. Както всеки инициатор и инвеститор знае, конкретната финансова ситуация определя действията, които трябва да се предприемат. Най-разпространената практика е финансирането на проекта да се реализира без външна помощ (банки и други финансови институции) до етапа на предварителното планиране. Ако това не е възможно, могат да възникнат съмнения за реализирането на самия проект или за възможностите на инвеститора. Инвеститорът трябва, също, да прецени очакваните рискове и ползи от инвестицията.

Външната финансираща институция трябва да разполага с доклада по предварителното планиране, тъй като в него се съдържат всички данни (технологични и инвестиционен бюджет), които са важни за нея. В тази ситуация, препоръчително е да се подпише предварително споразумение за неогласяване на данните от доклада. Потенциалните финансиращи институции могат да бъдат банки, финансови къщи, частни лица, група от частни лица и т.н.

Финансовият избор зависи, до голяма степен, от местните условия и първоначалните възможности на инициатора и затова не могат да се формулират точно оказания, валидни за всяка една конкретна ситуация. Въпреки това, някои класификации и по-обща аспекти могат да бъдат намерени в глава 10 на този наръчник.

## **8.2 Как да осигурим постоянно снабдяване със суровини**

Първата стъпка при развиването на идеята за проект на биогазова инсталация е да се направи прогноза на наличните видове и количества органична суровина в района.

Съществуват две основни категории ресурси на биомаса, които могат да се използват като суровина в инсталациите за биогаз. Първата категория са получените от ферми продукти, като животински тор и органични разтвори, енергийни култури (царевица, тревен силаж), растителни отпадъци, селскостопански биопродукти и отпадъци. Втората категория се състои от широка гама подходящи органични отпадъци като хранителните отпадъци от заведенията за обществено хранене, общински твърди отпадъци, и отпадъци от хранително-вкусовата и фармацевтичната промишленост. Приложимостта на дадена суровина се определя по нейния потенциал за получаване на метан, смислаемост, стабилност към възможни химични, биологични или физични замърсявания, а също така и от икономическа гледна точка (данъци, такси за събиране, транспорт и сезонност).

От особена важност за изграждането на проекта са количествата на наличната и на непрекъснато постъпващата суровина, както и размера на бъдещата инсталация за биогаз. Разходите за снабдяване със специфични суровини трябва винаги да се включват при техния подбор за оползотворяване чрез анаеробното разграждане.

Характеристиките на различните видове суровини представени в подточките 8.2.1 и 8.2.2 могат да се използват като упътване при избора на изходни суровини за бъдещата инсталация за биогаз.

Първата стъпка при разработване на проекта за инсталация за биогаз е да се направи стриктна инвентаризация на наличните видове суровини и тяхното количество в района.

### 8.2.1 Определяне на размера на инсталации, използващи като суровина селскостопански отпадъци

Животинският тор и енергийните култури са между най-широко разпространените отпадъци от ферми, използвани като суровини за селскостопанските инсталации за биогаз. Техните най-важни характеристики са представени в Табл. 8.1.

**Табл. 8.1 Осреднени стойности на характеристиките на суровини, получени от ферми (FINSTERWALDER, 2008 г.)**

|                           | СВ* [%] | орг. СВ [%] | Добив на биогаз<br>[m <sup>3</sup> t <sup>-1</sup> орг.СВ] | Добив на биогаз<br>[m <sup>3</sup> t <sup>-1</sup> СВ**] | Съдържание<br>на метан [%] |
|---------------------------|---------|-------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------|
| Тор от едър рогат добитък | 10      | 75          | 340                                                        | 25                                                       | 55                         |
| Свински тор               | 8       | 75          | 400                                                        | 24                                                       | 58                         |
| Тревен силаж              | 40      | 85,6        | 656                                                        | 225                                                      | 55                         |
| Царевичен силаж           | 32      | 95,4        | 611                                                        | 187                                                      | 53                         |

СВ\*-сухо вещество; СВ\*\*-свежа биомаса

За да се определи големината на инсталацията, включително производството на електрическа енергия, е нужно да се вземат предвид наличните суровини. Следващите два примера описват как лесно да се изчисли подходящата инсталирана мощност в изходящи единици kW<sub>el</sub>.

**Пример за изчисляване на размера/мощността на биогазова инсталация, преработваща оборски тор:**

Трябва да се определи денонощното количество на оборския тор, който ще се преработва (m<sup>3</sup>/ден)  
Трябва да се знае какво е съдържанието на твърдата фаза в оборския тор/разтворите (сухо вещество %)

Ако съдържанието на сухо вещество в оборския тор/разтворите е 9-10%, потенциалната електрическа мощност се получава при умножаването на денонощното количество оборски тор/разтвори с 2.4 kW<sub>el</sub>dm<sup>-3</sup>.

Ферма, притежаваща 200 млекодайки крави ще произвежда около 10 m<sup>3</sup>/ денонощие кравешки тор и разтвори със съдържание на сухо вещество 10%.

Електрическата мощност на инсталацията изчислена по формулата ще бъде:

$$10 \text{ m}^3 \text{d}^{-1} \times 2,4 \text{ kW}_{el} \text{dm}^{-3} = 24 \text{ kW}_{el}$$

**Пример за изчисляване на размера на инсталация, преработваща енергийни култури:**

Наличната площ за обработване (царевица, трева) трябва да бъде дефинирана в хектари (ha)  
Потенциално възможната електрическа мощност на хектар, на година (kW<sub>el</sub> ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>) е оценена на база качеството на почвата и атмосферните условия.

Имайки предвид, че от всеки хектар може да се произведе 2.5 kW<sub>el</sub> електрическа мощност годишно, при умножаването на площта за култивиране с 2.5 kW<sub>el</sub>ha<sup>-1</sup> се получава електрическата мощност.

$$200 \text{ ha} \times 2.5 \text{ kW}_{el} \text{ha}^{-1} = 500 \text{ kW}_{el}$$

При събиране на получените резултати за енергийните култури и оборски тор се получава потенциално възможното произведено количество електроенергия на бъдещата инсталация за биогаз.

Селскостопанските инсталации за биогаз могат да бъдат и по-високо ефективни в зависимост от размера на инвестициите. Опитът от Германия показва, че в случай на използване на енергийни култури като суровини, инсталациите с електрическа мощност под 250 kW<sub>el</sub> се нуждаят от допълнителни усилия, за да бъдат икономически ефективни. Ако след първата проверка се окаже, че инсталацията за

биогаз е прекалено малка, може да се помисли за работа в кооперация с други ферми, за да се реализира икономически изгодна инсталация. Тази ситуация е често срещана в Германия, където са изградени инсталации за биогаз, в които работят повече от 15 фермери в кооперация.

## 8.2.2 Определяне на размера на инсталации, работещи с индустриални / битови отпадъци

Има много селскостопански инсталации за биогаз, работещи с индустриални отпадъци или биоразградими общински органични отпадъци. Общините и фирмите, събиращи отпадъците трябва да прилагат подходящи техники за третиране на отпадъците съобразно екологичното законодателство.

Когато се обмисля въпроса за снабдяване на бъдеща инсталация с такъв вид суровини, първата стъпка е да се оцени тяхното качество и потенциал за генериране на метан. Големината на инсталацията може да бъде определена на базата на по-горе споменатите данни. Потенциалният добив на биогаз от субстратите варира в зависимост от използваните технологии и суровини. Въпреки това, някои ориентировъчни данни могат да бъдат намерени в Табл. 8.2.

**Табл. 8.2 Данни за най-често използваните суровини, които се подлагат на анаеробно разграждане (FINSTERWALDER, 2008 г.)**

|                                                                   | СВ*<br>[%] | орг.СВ<br>[%] | Добив на биогаз<br>[m <sup>3</sup> t <sup>-1</sup> орг.СВ] | Добив на биогаз<br>[m <sup>3</sup> t <sup>-1</sup> суровина] | Съдържание на метан<br>[%] |
|-------------------------------------------------------------------|------------|---------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Отпадъци от ХВП**                                                 | 27         | 92            | 720                                                        | 179                                                          | 65                         |
| Органични отпадъци                                                | 40         | 80            | 454                                                        | 145                                                          | 60                         |
| Отстраняване на отработените масла<br>(предварително обезводнени) | 36         | 69            | 1 200                                                      | 298                                                          | 61                         |

СВ\*-сухо вещество, ХВП\*\*-хранително-вкусова промишленост

Качеството на органичните отпадъци варира в различните страни и в различните области в зависимост от местните нужди на консуматорите. Дори опитните консултанти не могат да оценят само с визуален преглед на суровините, какъв е техният потенциал за генериране на метан. След като е установена наличността на даден тип суровина, е нужно да се направи анализ с газ-анализатор на нейният потенциал да генерира газ и съответно качеството му, за да може да се определят подходящите размери на бъдещата инсталация за биогаз. Специфичните изчисления за връзката между потенциалното съдържание на биогаз и размерите на инсталацията могат да бъдат направени с помощта на алгоритъмът за изчисление в приложения диск. Алгоритъмът за изчисленията може да бъде изтеглен безплатно и от <http://www.big-east.eu/>.

## 8.2.3 Схеми за снабдяване със суровини

Успешното планиране на проект за биогазова инсталация включва в себе си и разработване на система за снабдяване със суровини. Съществуват схеми с един снабдител и с множество снабдители.

1. **Един снабдител** (ферми, производители на органични отпадъци), разполагащ с достатъчно тор, органични отпадъци, селскостопанска земя или всичко това, за



да осигури необходимото количество суровина за работа на инсталацията за биогаз.

2. **Множество снабдители** (по-малки ферми, производители на органични отпадъци), работещи заедно в консорциум (кооперативни компании, градски дружества) за изграждане, експлоатация и снабдяване със суровини на инсталацията за биогаз.

И в двата случая е важно да се осигури постоянно и дългосрочно снабдяване с необходимите суровини. Това е значително по-лесно, когато снабдителят е самостоятелна ферма със съответните ѝ обработваеми площи. В случай на работа в консорциум, всеки снабдител/собственик трябва да подпише дългосрочен договор, съдържащ най-малко следните клаузи:

- продължителност на договора;
- гарантирано количество суровини или площ за обработване;
- гарантирано качество на доставяната биомаса;
- плащания според качеството и количеството на доставяните суровини.

В случаите, когато снабдителите на суровини са и инвеститори или съсобственици на инсталацията за биогаз, трябва да бъде уреден отделен договор определящ задълженията и отговорностите на всеки един от тях.

### **8.3 Къде е подходящо да построим инсталация за биогаз**

Втората стъпка при планирането на инсталацията за биогаз е да се определи подходящо място за изграждането ѝ. Изброените по-долу фактори са важни и трябва да бъдат взети предвид преди избора на място за строеж на бъдещата инсталация за биогаз:

- Подходящата площадка за строеж трябва да се намира на достатъчно разстояние от жилищните зони, за да се избегнат неудобства, нарушения на обществения ред и последващи конфликти, заради повишения трафик от и към инсталацията за биогаз.
- Трябва да се вземе предвид посоката на преобладаващите ветрове, за да се избегне възможността за разнасяне на миризми към жилищните зони.
- Площадката трябва да има лесен достъп до електропреносната мрежа, за да се улесни продажбата на произведеното електричество, а също така и до транспортната структура, за да се улесни транспорта на суровините и вторичната биомаса.
- Терена трябва да бъде изследван преди началото на изграждане на инсталацията.
- Избраната площадка трябва да се намира на място, което не е застрашено от наводнения.
- Площадката трябва да бъде относително близо (централно) до източника на селскостопанските суровини (тор, разтвори, енергийни култури) с цел да се намалят разстоянието, времето и разходите за транспорт на суровините.

- За по-висока икономическа ефективност, инсталацията за биогаз трябва да бъде разположена максимално близо до потенциалните купувачи на произведената топлинна енергия. Също така, други потенциални потребители на топлинна енергия като различни видове производства, парници и т.н., могат да бъдат разположени по-близо до площадката на инсталацията за биогаз.
- Размерът на площадката трябва да бъде подходящ за изпълняване на производствените нужди и за снабдяване с биомаса.

Няма опростена схема за определяне на необходимата площ за построяване на инсталация за биогаз. Практиката е показала, че за построяването на инсталация за биогаз с електрическа мощност 500 kW<sub>el</sub> е нужна площ от около 8 000 m<sup>2</sup>. Този пример може да се използва като насочващ, но действителната площ на една инсталация за биогаз зависи от избора на технологията.

Следващите примери илюстрират как грубо се пресмята размера на инсталацията за биогаз, използваща енергийни култури като базова суровина. Изчисленията определят размера на силозите (бункери), нужни за съхранение на преработваните суровини.

Изчисленията са валидни за силози с приблизително ниво на запълване три метра. Инсталацията за биогаз, използвана за пример е с капацитет 250-750 kW<sub>el</sub> електроенергия. Площта, необходима за конкретна инсталация се определя чрез детайлни изчисления.

$$ПС = М / (П * ВС)$$

|     |                                 |                   |                     |
|-----|---------------------------------|-------------------|---------------------|
| М:  | Маса на суровината в силоза     | [t]               |                     |
| П:  | Плътност на суровината в силоза |                   | [tm <sup>-3</sup> ] |
| ВС: | Височина на силоза              |                   | [m]                 |
| ПС: | Площ на силоза                  | [m <sup>2</sup> ] |                     |

При първоначалните изчисления за получаване на необходимата площ на инсталацията се удвоява площта на силозите. Това означава:

$$ПИ = 2 * ПС$$

|     |                      |
|-----|----------------------|
| ПИ: | Площ на инсталацията |
| ПС: | Площ на силозите     |

## 8.4 Получаване на разрешителни

Процедурите, критериите и документите необходими за получаване на разрешително за строеж на инсталация за биогаз са различни във всяка страна.

За да получат разрешително за строеж, инвеститорите трябва да документират съветствие на инсталацията с националното законодателство, касаещо съхранението и рециклирането на животински тор и органични отпадъци, пределно допустимите количества на емисии от отпадни газове, шум и миризми, влияние върху подпочвените води, опазване на околната среда, трудова безопасност, обезопасяване на строителството и т.н.

Опитът показва, че е важно да се работи с местните власти още от най-ранен етап на проекта, за да им се осигури информация от първа ръка и за да се разчита на тяхната помощ при издаването на разрешителни и при разработването на проекта.

Работата с опитни проектантски компании при получаването на разрешителни за строеж може да бъде улеснение или необходимост в зависимост от конкретните условия. Някои строителни компании са склонни да извършат тази работа срещу минимално заплащане, надявайки се да сключат договор за строежа на бъдещата инсталация.

## **8.5 Пускане в експлоатация на инсталация за биогаз**

Построяването на инсталация за биогаз е подобно на всяка друга строителна работа, но пускането на инсталацията в действие е операция, за която са нужни хора с опит, които са запознати с проекта на инсталацията и микробиологията на процеса.

Пускането в действие на инсталацията за биогаз трябва винаги да се извършва от фирмите, които са я проектирали и построили. До пускането, ръководителят на инсталацията и персоналът, които ще са отговорни за бъдещата работа на инсталацията, трябва да са обучени да я управляват и поддържат. Начините, по които това може да се осъществи са различни.

Преди пускането в експлоатация на инсталацията за биогаз, собственикът ѝ трябва да се увери, че всички изисквания и ангажименти, включени в разрешителното за строеж са изпълнени.

Следващата стъпка е да се напълнят биореакторите с тор и вторична биомаса от функционираща биогазова инсталация. Използването на вторична биомаса е с цел да се “посее” новия ферментатор с микроорганизми, осъществяващи анаеробното разграждане на органичния субстрат с образуване на метан. Преди зареждането на биореактора, използваната суровина трябва да бъде нагрята до температурата, при която ще протича процеса.

За самостоятелна инсталацията за биогаз с електрическа мощност до 500 kW<sub>el</sub>, техническото обслужване и поддръжката, обикновено, отнемат около четири часа на ден. При инсталациите, преработващи отпадъци, времето за обслужване и поддръжка е част от уговорките между конструктора на инсталацията и клиента.

## **9. Обезопасяване на инсталации за биогаз**

Изграждането и работата на инсталациите за биогаз са свързани с взимане на някои важни мерки за обезопасяване, които намаляват потенциалните рискове и опасности за хората, животните и околната среда.

Взимането на правилните предпазни мерки и обезопасяването имат за цел да се предотвратят всякакви рискови и опасни ситуации, а също така е свързано и с осигуряване на безопасна работа на инсталацията.

Получаването на разрешително за строеж зависи освен от всички други неща и от изпълняването на някои важни предпазни мерки за безопасност, както и на ясни предохранителни мерки като:

- предотвратяване на експлозии;
- пожарообезопасяване;
- избягване на механични опасности;

- подсигуряване на невибрираща конструкция;
- електрическа безопасност;
- инсталиране на гръмоотводи;
- термична безопасност;
- предпазване от шум;
- предотвратяване на задушаване и отравяне;
- хигиенна и санитарна безопасност;
- избягване на замърсяването на въздуха;
- предотвратяване на замърсяването на повърхностните и подземните води;
- ограничаване на газовите емисии, отделяни при съхранението на отпадъците;
- осигуряване на безопасност при наводнения.

## 9.1 Предотвратяване на пожари и експлозии

Както бе споменато по-рано, биогазът в комбинация с въздуха при дадени условия образува взривоопасна смес. Рискът от пожар и експлозия е особено висок близо до биореакторите и резервоарите за съхранение на биогаза. Поради тази причина, трябва да се правят превантивни замервания по време на изграждането и работата на инсталацията за биогаз. Табл. 9.1 и 9.2 сравняват стабилността на биогаза и неговите основни компоненти с други газове. И в двете таблици, биогазът е със следното приблизително съдържание: метан 60 об. %, въглероден диоксид 38 об. % и други газове 2 об. %.

**Табл. 9.1 Свойства на някои газове (INSTITUTE FOR ENERGETIC UND UMWELT GmbH, 2005 г.)**

|                                     | Мерна единица     | Биогаз | Природен газ | Пропан     | Метан      | Водород |
|-------------------------------------|-------------------|--------|--------------|------------|------------|---------|
| Топлина на изгаряне                 | KWhm <sup>3</sup> | 6      | 10           | 26         | 10         | 3       |
| Плътност                            | kgm <sup>-3</sup> | 1,2    | 0,7          | 2,01       | 0,72       | 0,09    |
| Относителна плътност спрямо въздуха |                   | 0,9    | 0,54         | 1,51       | 0,55       | 0,07    |
| Пламна температура                  | °C                | 700    | 650          | 470        | 600        | 585     |
| Взривоопасна концентрация           | об. %             | 6 – 12 | 4,4 – 15     | 1,7 - 10,9 | 4,4 - 16,5 | 4 - 77  |

**Табл. 9.2 Свойства на компонентите на биогаза (INSTITUTE FOR ENERGETIC UND UMWELT GmbH, 2005 г.)**

|                                     | Мерна единица     | CH <sub>4</sub> | CO <sub>2</sub> | H <sub>2</sub> S | CO          | H      |
|-------------------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------|--------|
| Плътност                            | Kgm <sup>-3</sup> | 0,72            | 1,85            | 1,44             | 1,57        | 0,084  |
| Относителна плътност спрямо въздуха |                   | 0,55            | 1,53            | 1,19             | 0,97        | 0,07   |
| Пламна температура                  | °C                | 600             | -               | 270              | 605         | 585    |
| Взривоопасна концентрация           | об. %             | 4,4 – 16,5      | -               | 4,3 - 45,5       | 10,9 - 75,6 | 4 - 77 |
| ПГС <sup>1</sup>                    | ppm               | -               | 5 000           | 10               | 30          | -      |

<sup>1</sup> ПГС = Праговата гранична стойност на химическото вещество е нивото, при което се предполага, че работникът може да бъде подложен на въздействие на химическо вещество всеки ден през работната смяна без вредни ефекти за здравето.

Съгласно Европейска Директива 1999/92/ЕС, опасните места са класифицирани като зони на база честота и продължителност на задържане на взривоопасни атмосферни условия. Измерванията трябва да се извършват в тези зони с цел да се предотвратят инциденти. Видовете измервания са описани в Директивата.

#### *Зона 0*

Област, която често е с взривоопасна атмосфера, състояща се от смеси на въздух и запалителни субстанции (газ, пари или аерозоли). Този тип зони, обикновено, не се използват за построяване на инсталации за биогаз.

#### *Зона 1*

Място, чиято атмосфера рядко е замърсена с взривоопасни смеси на въздух и запалителни вещества (газ, пари или аерозоли). В повечето случаи, замърсяванията в тази зона са в следствие от различни аварии.

#### *Зона 2*

Област с подходящи за работа в по-голямата част от времето условия. Ако в атмосферата на тази зона има замърсяване на въздуха със запалителни вещества (газ, пари или аерозоли), то е за много кратък период от време.

Експлозиите възникват само при определени условия, но съществува постоянен риск от пожари причинени от открити пламъци, къси съединения или гръмотевици.

## **9.2 Рискове от отравяне и задушаване**

Вдишването на значително количество биогаз може да доведе до отравяне и симптоми на задушаване, дори и до смърт. Особено опасно е, ако биогаза не е очистен от сероводород ( $\text{H}_2\text{S}$ ), тъй като дори минимални концентрации от сероводорода са изключително опасни.

**Табл. 9.3 Ефект на отравяне със сероводород (INSTITUTE FOR ENERGETIC UND UMWELT GmbH, 2005г.)**

| Съдържание (във въздуха)          | Ефект                                                                                           |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0,03 – 0,15 ppm                   | Праг на възприемане (миризма на развалени яйца)                                                 |
| 15 – 75 ppm                       | Дразнене на очите и дихателните пътища, гадене, повръщане, главоболие, неориентираност          |
| 150 – 300 ppm<br>(0,015 – 0,03 %) | Парализа на обонятелните нерви                                                                  |
| > 375 ppm<br>(0,038 %)            | Смърт вследствие отравяне (след няколко часа)                                                   |
| > 750 ppm<br>(0,075 %)            | Издаване в безсъзнание и смърт вследствие дихателна недостатъчност в рамките на 30 до 60 минути |
| над 1000 ppm<br>(0,1 %)           | Бърза смърт вследствие дихателна недостатъчност в рамките на няколко минути                     |

В затворени помещения с ниска над морска височина (мазета, подземни стаи и др.), задушаването може да е следствие от изместване на въздуха от биогаза. Биогазът е по-лек от въздуха (плътност около  $1.2 \text{ kgN}^{-1}\text{m}^{-3}$ ), и има склонност да се разслоява на съставлящите го компоненти. Въглеродният диоксид, който е по-тежък ( $\rho = 1,85 \text{ kgm}^{-3}$ ) се наслоява под по-лекия от него метан ( $\rho = 0,72 \text{ kgm}^{-3}$ ). Поради тази причина, в затворените помещения трябва да се осигури задоволителна вентилация като предпазна мярка. Също така, трябва да се използват подходящи предпазни средства



(устройства за предупреждаване за газ, противогази и т.н.) по време на работа в потенциално опасни места.

### 9.3 Здравни рискове и рискове от инциденти

Освен рисковете от задушаване и отравяне, другите потенциални източници на инциденти включват опасност от падане от стълби или открити площадки (фунията за подаване на суровината, шахтите за поддръжка), а също така има опасност от нараняване от някои от подвижните части на инсталацията (бъркалки).

Съоръженията за подаване на суровините, бъркалките и помпите работят с високоволтажен ток. Неправилната работа с тях или дефекти на инсталациите за комбинирано производство на електрическа и топлоенергия могат да причинят фатални токови удари.

Също така, съществува риск от изгаряне на кожата от системите за отопление и охлаждане на биогазовата инсталация (газоохладители, отопление на биореактора, отоплителни помпи). Това също е възможно и при част от инсталациите за КПТЕ и при газовия факел.

За да се предотвратят тези опасности, трябва да се разположи ясна предупредителна сигнализация на съответните части от инсталацията и персоналът трябва да бъде добре обучен.

### 9.4 Хигиенизиране, контрол на патогените и санитарен контрол

#### 9.4.1 Санитарни аспекти на инсталацията за биогаз

Анаеробното разграждане на животински тор и органични отпадъци, може да доведе до нови пътища за предаване на патогенни организми между животните, хората и околната среда.

Отпадъците от животински и човешки произход, използвани като суровина за производството на биогаз, съдържат множество различни патогенни бактерии, паразити и вируси. Най-често, срещаните патогенни организми в животинските разтвори и отпадъците от домакинствата са бактерии от родове *Salmonella*, *Enterobacter*, *Clostridiaceae*, *Listeria*, паразити от семействата на *Ascarididae*, *Trichostrongylidae*, *Coccidia*, вируси и плесени. Ко-генерацията на отпадъци от кланици и рибна промишленост, утайки от пречиствателни станции и органични отпадъци увеличава разнообразието от патогенни организми.

Получената при анаеробното разграждане вторична биомаса, най-често, се използва като тор за обработваемите земи на няколко ферми. Опасността от разпространяване на патогени при използването на вторичната биомаса трябва да бъде предотвратена чрез изпълняването на стандартни санитарни изисквания.

**Санитарните изисквания**, описани по-долу допринасят за ефективния контрол над патогенните организми и други зарази:

- **Контрол върху здравното състояние на добитъка.** Не трябва да се използват тор и течности от животни със здравни проблеми.
- **Контрол на суровините.** Не трябва да се подлага на анаеробно разграждане биомаса с потенциално високо съдържание на патогенни организми.

- **Самостоятелното предварително хигиенизиране** на отделни категории суровини е задължително, и е посочено в Европейския Регламент ЕС 1774/2002<sup>2</sup>. В зависимост от категорията на суровината, законът изисква или пастьоризация (при 70°C за един час), или стерилизиране под налягане (при температура минимум 133°C за най-малко 20 минути и абсолютно налягане на парата от минимум 3 бара).
- **Контролирано хигиенизиране.** В случай, че се използват суровини от категории, които не изискват самостоятелно предварително хигиенизиране съгласно ЕС 1774/2002, комбинацията от температурата на анаеробното разграждане и минималното необходимото време на престой във ферментатора при тази температура ще доведе до ефективна редукция/дезактивиране на патогенните организми във вторичната биомаса.
- **Контрол на ефективността на намаляване на патогените** във вторичната биомаса чрез използване на индикаторни организми. Ефективността на намалението на патогените не трябва да се приема, а да се докаже чрез използване на методи с достоверни индикатори. По-подробна информация относно индикаторните организми и контрола на ефективността на намаляване на патогените в процеса на анаеробното разграждане е дадена в глава 9.4.3.

#### **9.4.2 Параметри за здравословна работа на инсталацията за биогаз**

Ефективното намаляване на патогенните организми във вторичната биомаса се осъществява с процеса на самостоятелно предварително хигиенизиране за видовете суровини, които изискват специално третиране (в т.ч. отпадни води от кланици, отпадъци от хранителната промишленост и от заведенията за хранене, флотационни утайки и т.н.). При суровините, които не изискват отделно третиране (животински тор и разтвори, енергийни култури, растителни отпадъци от всякакъв тип и др.) необходимото хигиенизиране и намаляване на патогенните организми се осигурява от самия процес на анаеробното разграждане. Някои параметри на процеса, като температура, време на престой на суровините в биореактора и др., влияят директно или индиректно върху жизнеността на патогените по време на процеса на анаеробно разграждане.

##### ***Температура***

Температурата на процеса има хигиенизиращ ефект върху качеството на доставените субстрати. В случаите на предварителна обработка на суровините, ефективността на намаляването на патогенните организми се увеличава с увеличаване на температурата.

##### ***Време на престой***

В случай, че в инсталацията за биогаз се преработват животински тор и разтвори, растителна биомаса-отпадък от селското стопанство, а също така и други не проблематични суровини, хигиенизацията е резултат от комбинираното действие на температурата и минимално необходимото време на престой на суровините.

---

<sup>2</sup> ЕС 1774/2002 "Полагане на здравни норми по отношение на животинските странични продукти, непредназначени за човешка консумация" е наличен в пълен текст на адрес [www.big-east.eu](http://www.big-east.eu)

Влиянието на температурата и времето на престой на суровините е представено в Табл.9.4, показваща T-90 за някои от патогенните организми, съдържащи се в животинските разтвори. Времето необходимо за намаляване на 90% от популацията на *Salmonella typhimurium* е 0,7 часа във ферментатор, работещ при температура 53°C (термофилна ферментация), или 2,4 дни във ферментатор, работещ при температура 35°C (мезофилна ферментация). За постигане на същия ефект в разтвори, които не са подлагани на анаеробна ферментация са нужни 2 до 6 седмици при стайна температура.

### **рН-стойност**

Намаляването на числеността на микроорганизмите (бактериите) може да се осъществи в кисела или алкална среда. Поради тази причина може да се извършва предварителна хидролиза на някои видове суровини при ниски стойности на рН.

**Табл. 9.4 Време за намаляване на числеността на някои патогенни бактерии с 90% в подложени и неподложени на анаеробно разграждане торове (BENDIXEN, 1999 г.)**

| Бактерия                              | Тор, третиран чрез анаеробна биодegradация |                                           | Необработен тор    |                   |
|---------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------|-------------------|
|                                       | 53°C (термофилна температура)<br>часове    | 35°C (мезофилна температура)<br>деноноция | 18-21°C<br>седмици | 6-15°C<br>седмици |
| <i>Salmonella typhimurium</i>         | 0,7                                        | 2,4                                       | 2,0                | 5,9               |
| <i>Salmonella dublin</i>              | 0,6                                        | 2,1                                       | -                  | -                 |
| <i>Escherichia coli</i>               | 0,4                                        | 1,8                                       | 2,0                | 8,8               |
| <i>Staphylococcus aureus</i>          | 0,5                                        | 0,9                                       | 0,9                | 7,1               |
| <i>Mycobacterium paratuberculosis</i> | 0,7                                        | 6,0                                       | -                  | -                 |
| <i>Coliform bacteria</i>              | -                                          | 3,1                                       | 2,1                | 9,3               |
| <i>Streptococi spp</i>                | -                                          | 7,1                                       | 5,7                | 21,4              |
| <i>Streptococcus faecalis</i>         | 1,0                                        | 2,0                                       | -                  | -                 |

### **Произход на течния оборски тор**

Продължителността на съществуване на патогенните организми зависи от произхода на разтворите. Представителите на *Salmonella* например, оцеляват най-дълго в тор от едър рогат добитък. От друга страна, свинският тор съдържа повече патогени, в следствие на по-високата плътност на суровината и наличието на патогенни организми във фуража.

### **Положителни/отрицателни ефекти**

Склонността на микроорганизмите (бактерии) да агломерират е защитна реакция, която може да удължи процеса на тяхната деактивация.

### **Съдържание на сухо вещество**

Някои клетки на *Salmonella* живеят по-дълго в суровини със съдържание на сухо вещество повече от 7%.

### **Съдържание на амониак**

Деактивацията на патогенните организми е по-ефективна в субстрати с високо съдържание на амониак. Колкото по-високо е съдържанието на амониак във вторичната биомаса в сравнение с необработения тор, толкова по-ефективна е редукцията на патогенните организми.

### **Вид на биореактора**

В биореакторите с пълно смесването, прясната суровина винаги може да замърси вече хигиенизирания субстрат. Дори в поточния реактор, където частиците се движат равномерно през реактора, не може да се избегне замърсяване, предавано по краткия път на потока. Така, не може да се гарантира минимално време на престой. Минимално време на престой може да се осигури само при периодично култивиране.

### **9.4.3 Индикаторни организми**

Не е възможно вторичната биомаса да се анализира за всички потенциално съдържащи се в нея патогенни организми, затова ефективността на тяхната редукция се оценява с помощта на индикаторни организми.

Един от най-използваните методи е изчисляването на степента на редукция в числеността на *Streptococcus faecalis* в отработената биомаса. Няколко ветеринарни програми в Дания изследват оцеляването на бактерии, вируси и яйца на паразити в животинския тор при различни условия на съхранение и параметри на анаеробно разграждане. *Streptococcus faecalis* е широко използван като индикаторен вид, тъй като той най-дълго от всички други патогени оцелява при термично третиране.

В Германия използването на утайки от пречиствателни станции и биоразградими отпадъци като суровини в инсталации за ко-генерация, бе изследвано от хигиенна/ санитарна гледна точка и оценено съобразно хигиенните изисквания за производство на аеробен компост. Много от микроорганизмите, потенциални индикатори за човешкото здраве са отхвърлени поради тяхната широка разпространеност в почвата и водата. По отношение на ко-генерацията на биоразградими отпадъци, Böhm и сътрудници правят заключение, че отсъствието на *Salmonella* представлява най-добър индикатор за ефективното хигиенизиране на ко-ферментационната среда. Показано е, че *Salmonella spp.* присъства в >90% от пробите, взети от кофите с биологични отпадъци. В следствие на това бе предложено *Salmonella* да се използва като индикаторен организъм с препоръка салмонелата да отсъства от тестови проби от 50g. За разлика от метода на фекалните стрептококи, към който се придържа Дания, процедурата за тестване за *Salmonella* изисква обогатяване на културата в буферна пептонна вода преди да се проведат тестове върху селективна.

Необходимостта да се намали кълняемостта на семената от ферментационната течност е изследвана в Германия. За разлика от бактериалния тест, няма индикаторен вид за наличие на потенциални фитопатогени и семена на плевели. Единственият индикатор, който е широко разпространен в домакинствата са доматените семена. Терминът „фитохигиенизиране” е дефиниран в Германия, като отсъствие на повече от две доматени семки, способни да прораснат в един литър третиран отпадък.

Изследванията подчертават ефекта на температурата върху дезактивирането на вирусите. За по-голямата част от тестваните вируси е доказано, че топлината е единичен и то най-важен фактор за тяхното унищожаване. За парвовирусите, освен топлината и други фактори допринасят значително за общата загуба на жизнеспособност. Алкалното рН, наличието на амоняк, някои детергенти и метаболити от обмяната на веществата могат също да допринесат за дезактивиране на вирусите.

#### 9.4.4 Изисквания към хигиенизирането

Някои европейски държави имат национални закони, засягащи хигиенните стандарти в инсталациите за биогаз, преработващи животински тор от няколко ферми или преработващи смеси от животински тор и органични отпадъци.

Един от най-важните европейски регламенти, свързани с производството на биогаз е т.нар. **Регламент за животинските субпродукти ЕС 1774/2002**, отнасящ се за третирането и рециклирането на отпадъци от животински произход. Регламентът класифицира животинските субпродукти в три основни категории и установява методите за тяхното третиране, необходимото оборудване и санитарните изисквания към тях. Както се вижда от Табл. 9.5, третирането на животински субпродукти от **категория 1** е забранено в инсталациите за биогаз.

**Табл. 9.5 Животински субпродукти, непредназначени за консумация: категории и правила за тяхното използване съобразно ЕС 1774/2002 (AL SEADI, 2002 г.)**

| Категория и описание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Правила за оползотворяване                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1.</b> Животни, за които се предполага, че са заразени с телешка енцефалопатия (луда крава), специфичен рисков материал <ul style="list-style-type: none"> <li>- Диви животни и животни, които не са от фермите, по-специално домашни любимци, животни от зоопаркове и циркове.</li> <li>- Отпадъци от ресторантьорството от международните превозни средства.</li> </ul>                                                                                                                 | Винаги се унищожават с инсинерация (екарисажи).                                                                                                                                                                                                            |
| <b>2.</b> Всички видове оборски тор и съдържанието на храносмилателния тракт на бозайниците <ul style="list-style-type: none"> <li>- Всички животински материали, събрани при третирането на отпадни води от кланици (без тези, обработващи субпродукти от категория 1) или от преработвателни станции за субпродукти от категория 2.</li> <li>- Продукти от животински произход със съдържание на остатъци от лекарства и хормони. Други мъртви животни, различни от преживните.</li> </ul> | За анаеробно разграждане трябва да бъдат стерилизирани под налягане 3 бара и температура 133°C за 20 мин.<br><br>Изпразненията и съдържанието на храносмилателния тракт могат да се оползотворяват чрез анаеробно разграждане без предварително третиране. |
| <b>3.</b> Всички части от заклани животни, за които е доказано, че са подходящи за консумиране от човека или не са засегнати от болести <ul style="list-style-type: none"> <li>- Кожи и рога</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                      | За анаеробно разграждане трябва да бъдат хигиенизирани в отделни резервоари за 1 час при температура 70°C                                                                                                                                                  |

С изключение на течния тор, стомашното и чревното съдържимо, млякото, кърмата и коластрата (могат да бъдат добавяни без предварителна обработка, тъй като не съществува риск от разпространяване на зарази чрез тях), всички животински вторични продукти от **категория 2** трябва да бъдат стерилизирани с пара под налягане ( $\geq 3$  бара) и при температура  $\geq 133^\circ\text{C}$  преди преработка в инсталацията за биогаз. Термичното третиране трябва да продължи най-малко 20 минути след достигане на температура от  $133^\circ\text{C}$  в оборудвани за това инсталации. Размерът на частиците на третиранения субстрат трябва да бъде  $< 50 \text{ mm}$ .

За оползотворяването на кухненски и хранителни отпадъци, както и на бракувани хранителни продукти (**категория 3**), които не са били в контакт с необработени, сурови животински субпродукти се прилагат съответните национални изисквания. Третирането на други животински странични продукти от **категория 3** се извършва чрез: пастьоризация при  $70^\circ\text{C}$  за 60 минути. Размерът на частиците на третираните субстрати трябва да бъде  $< 12 \text{ mm}$ .

Освен задължителното термично третиране, в Регламента за животинските субпродукти се дефинират и много други задължителни параметри за нормалната работа на инсталациите за биогаз и за покриване на хигиенните изисквания към крайния продукт.



За кухненски и хранителни отпадъци от **категория 3**, отговорните национални власти могат да оторизират изключения от споменатите по-горе одобрения и начини на обработка, при условие че е приложено еквивалентно хигиенизиране. (Табл. 9.6). Основните дейности по лицензиране на алтернативните методи за обработка е доказване на еквивалентен на пастюризацията ефект на унищожаване на патогенните микроорганизми.

**Табл. 9.6 Примери от Дания за контролирано хигиенизиране на суровините, еквивалентно на пастюризация при 70°C за 1 h (BENDIXEN, 1995 г.)**

| Температура | Продължителност на реакцията в термофилен биореактор <sup>a)</sup> | Продължителност на реакцията при третиране в отделни реактори <sup>b)</sup> |                                                                |
|-------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
|             |                                                                    | Преди или след биодеградация в термофилен реактор <sup>c)</sup>             | Преди или след биодеградация в мезофилен реактор <sup>d)</sup> |
| 52,0°C      | 10 часа                                                            |                                                                             |                                                                |
| 53,5°C      | 8 часа                                                             |                                                                             |                                                                |
| 55,0°C      | 6 часа                                                             | 5,5 часа                                                                    | 7,5 часа                                                       |
| 60,0°C      |                                                                    | 2,5 часа                                                                    | 3,5 часа                                                       |

Третирането на отпадъците трябва да се извършва в биореактор при термофилен режим на работа, или в резервоар за хигиенизиране, комбиниран с термофилен или мезофилен резервоар за анаеробна биодеградация. Специфичната температура/времето за престой трябва да вземат под внимание.

- a) Термофилната ферментация се извършва при температура 52°C. Хидравличното време на престой във ферментатора трябва да бъде най-малко 7 дни  
b) Ферментацията трябва да се извършва преди или след пастюризацията  
c) Виж точка a)  
d) Мезофилната ферментация се извършва в температурния интервал 20 °C до 52 °C. Необходимото хидравлично време на престой за протичането на процеса е най-малко 14 дни.

В зависимост от типа на инсталацията за биогаз (термофилен или мезофилен процес), санитарните изисквания са различни. Също така за съвместното третиране на материали от различни категории се разработват най-строги разпоредби.

За третирането с анаеробно разграждане в термофилен режим на кухненски хранителни отпадъци и бракувани хранителни продукти, които не са били в контакт с необработени сурови животински вторични продукти, трябва да бъдат осигурени следните параметри: температура  $\geq 55^{\circ}\text{C}$ , хидравлично време на престой 20 дни с минимално време на прекъсване на работата от 24 часа, размер на частиците  $\leq 12\text{ mm}$ .

В мезофилните инсталации за биогаз (температура около 37°C), термичното хигиенизиране се извършва само в ограничен мащаб. Тук хигиенизирането се осъществява чрез термално третиране на всички материали съдържащи домашни кухненски отпадъци или чрез друг подходящ метод, водещ до достатъчно намаляване на патогенните агенти.

За да се предотвратят рисковете от инфекции, законодателството изисква стриктно разделяне на местонахожденията на животинските стопанства от тези на инсталациите за биогаз. Транспорта, междинното съхранение, необходимите предварителни подготовки (раздробяване, намаляване на размера на частиците), както и процесите в инсталацията за биогаз са стриктно установени. Същото се отнася за почистване на необходимите сектори, прибори за почистване, областите на дезинфекция, контрол на паразитите, записване и документиране на задълженията, хигиенен контрол и адекватна поддръжка на всички инсталации и калибриране на всички измервателни прибори. Също така, всички инсталации за биогаз трябва да имат официално упълномощена лаборатория на тяхно разположение или да използват услугите на лаборатория, която да анализира пробите и да прави текущи тестове на ефективността на унищожаване на патогените.

Площта на инсталациите за биогаз трябва да бъде разделена на чиста и замърсена. Двете площи трябва да бъдат стриктно разделени. Средствата за почистване на транспортните средства, вакуум цистерните, както и тези за поддържане хигиената на персонала трябва също да бъдат установени. На Фиг. 9.1 е показана стандартната процедура за почистване на превозните средства, транспортиращи суровината до инсталацията Рибе – Дания. За да се предотврати празния ход на превозните средства, във вакуум цистерните се транспортират свежа биомаса от фермерите до инсталацията и вторична биомаса от инсталацията за фермерите.

За да се избегне замърсяване на превозваната биомаса, цистерната трябва да бъде почиствана след всяко транспортиране, съгласно споменатите по-горе процедури. Замърсяването между фермите се предотвратява чрез обслужване на фермите по отделно и избягване на курсове между тях.

Стандартна процедура по почистване на съоръженията за транспорт на разтвори:

- Когато съдържащата се във вакуум цистерната биомаса се разтовари, всички вътрешни повърхности на цистерната се плакнат с вода, докато не се изчистят напълно.
- Когато цистерната е празна и изплакната, всички вътрешни повърхности се обработват с 0,2% разтвор на NaOH, най-малко 200 литра за по-големите и 150 литра за по-малките цистерни.
- След 2 мин престой цистерната може да бъде заредена с вторична биомаса.
- За да бъде ефективна дезинфекцията, всички външни части на цистерната и транспортното средство се изплакват и дезинфекцират, като особено стриктно се изплакват колелата.



Фиг. 9.1 Стандартна процедура за почистване на транспортните средства в инсталацията за биогаз Рибе в Дания (AL SEADI, 2000 г.)

## 10. Икономически аспекти на инсталацията за биогаз

### 10.1 Финансиране на проекти за изграждане на инсталации за биогаз

Този тип проекти се нуждаят от големи инвестиции. Финансирането е един от ключовите елементи за тяхното осъществяване. Схемите за финансиране на инсталациите за биогаз са различни в различните държави, но като цяло се използват дългосрочни нисколихвени заеми. Стандартните ипотeki не са често използвани. Регулираните чрез индексирани годишни заеми са нисколихвени и те осигуряват инвеститора спрямо инфлацията чрез преценка на неплатените задължения спрямо инфлационния процент. Изплащането е за над 20 години. Този вид заеми са най-подходящи за повечето инсталации за биогаз, тъй като имат дълъг срок на изплащане (посрещайки изискванията на дългосрочен падеж), нисък лихвен процент и изискват малък начален капитал. Недостатъкът на този вид заеми е, че те са повлияни от пазарните цени на ценните книжа, съдържат риск за снижаване на стойността, който може да предизвика някои неопределености във фазата на планирането.

Например в държави като Дания, проектите за инсталации за биогаз са финансирани чрез индексирани годишни заеми, гарантирани от общините. Повечето от разработваните преди проекти за биогаз са получавали също и допълнителни държавни субсидии, представляващи до 30% от инвестиционните разходи за проекта.

## 10.2 Икономическа прогноза на проект за инсталация за биогаз

Успешно осъществените инсталации за биогаз обикновено са собственост на един фермер, на консорциум от фермери или на общините.

Успешното реализиране на проекта зависи от фактори, които могат да се контролират и е повлияно от някои стратегически решения като:

- инвестиционни разходи;
- експлоатационни разходи.

Труден е подборът на най-добрата технология с оглед на големината на инвестициите и експлоатационните разходи. Ако изготвяте тръжни документи не забравяйте да попитате за следните експлоатационни разходи:

- експлоатационни разходи по блока за ко-генерация, включващи също така и обслужване и резервни части (количество/kWh);
- общи разходи за поддържане/обслужване на инсталацията за биогаз (% от инвестицията/год);
- собствено потребление на енергия, включително и необходимата за блока за ко-генерация (kWhyear<sup>-1</sup>);
- среден брой часове на ден за персонала, поддържащ инсталацията и хранящите системи.

Успехът на проекта зависи и от някои фактори, които не могат да бъдат контролирани като:

- падежа по лихвите;
- достъп до преносната мрежа и стабилност на тарифите;
- световни пазарни цени на суровините (т.е. енергийните култури);
- конкуренция за суровини от други сектори.

Компаниите, събиращи отпадъци обръщат внимание на проблема за сигурната дългосрочна наличност на суровината. Това може да бъде проблем, тъй като пазарът за рециклиране на отпадъци е високо конкурентен и договорите със субектите генератори на отпадъци са рядко за периоди по-дълги от пет години.

Много често, преди банката да финансира даден проект за производство на биогаз, дългосрочният икономически успех на проекта трябва да бъде доказан с изследване и изчисляване на приходите от него. Обикновено, изчисленията се правят от опитни консултантски компании, но в много случаи, особено когато инсталацията за биогаз се хранва само от една ферма, изчисленията се правят от предприемача на инсталацията. В този случай, партньорите имат сходни възгледи за различните аспекти на проекта и при ситуация на прекратяване на проекта не възникват странични разходи.

При инсталации за биогаз, преработващи общински отпадъци, препоръчително е да се работи с опитни консултантски компании. Инсталациите за обработка на отпадъци са много по-сложни в сравнение с фермерските инсталации по отношение на манипулирането на суровината, биологичната стабилност на системата и цялостния дизайн на инсталацията.

Създаден е математически модел (приложен като CD) за икономическа оценка на предвижданата инсталация за биогаз, позволявайки изчисляване на разходите и размера на инсталацията, техническата рамка и т.н. Моделът, както и ръководството за неговото използване са свободно достъпни също и на <http://www.big-east.eu>.

### **10.2.1 Заключение относно икономическата прогноза за инсталациите за биогаз**

Резултатите, получени при изчисленията с BigEast модела са основа за оценка на икономическата прогноза на проекта.

Както бе споменато преди това, експлоатационните и инвестиционните разходи могат да бъдат повлияни от стратегически решения. Като стратегическо решение може да се приеме избора на подходяща технология. Така например, ако човешкият труд е евтин, то разходите за наемане на повече персонал ще бъдат по-ниски, отколкото тези за закупуване на техника за автоматизиране на инсталацията.

Трудно е да бъде повлияна приходната част на проекта. Размерът на тарифите за изплащане на произведената електроенергия се определя от правителството. При инсталации за обработка на отпадъци, таксите за разтоварване са пазарни.

Съществуват други възможности за подобряване на приходната част:

- използвайки/продавайки произведената топлина;
- продаване на вторичната биомаса като суровина.

Ако възвращаемостта е по-малка от 9%, трябва да се преосмислят всички предварителни условия и някои от тях да бъдат подобрени. Ако възвращаемостта е по-голяма от 9%, предварителните условия са добри, трябва да се продължи работата по проекта, като се премине на следващата фаза на планиране. Важно е през цялото време по разработването на проекта да се прави паралел (сравнение) между възприетите и реалните цени на материалите. Това означава, също, че и целта на проекта за изграждане на инсталацията за биогаз трябва да е реалистична, т.е. оптимално необходимо пространство, реалистичен поток на суровини и разумни разходи за построяването ѝ.

Математическият модел е полезен за получаване на приблизителна информация, която е необходима за започване на реалния етап на планиране. За следващите етапи от проекта е необходимо намирането на независим партньор с опит в планирането (виж етапите на разработване на проекта, описани в глава 8.1).

## Изграждане на инсталации за биогаз в България

### 11. Перспективи в България

#### 11.1 Инструменти, насърчаващи производството на възобновяема енергия в България

Поради липсата на механизми за подпомагане, Възобновяемите Енергийни Източници (ВЕИ) не са широко разпространени и използвани в България. Схемите за подпомагане на електричеството, произведено от ВЕИ, нямат ограничение по отношение на технологиите и количеството инсталирана мощност в електроцентралите, включително и за водните електроцентрали с мощност до 10 MW. Не се изисква разрешително за производството на електричество от ВЕИ с производителност до 5 MW и за производството на топлоенергия. При високо ефективната ко-генерация на топло- и електроенергия, механизмите за подпомагане са валидни за произведено електричество до 50 MWh.

Законодателно подпомагане има само за биогоривата. Производителите и вносителите на биогорива в България трябва да използват известен процент от тях на пазара.

##### 11.1.1 Механизми за подпомагане производството на електроенергия от възобновяеми енергийни източници

В България има два механизма за подпомагане на производството на електрическа енергия от ВЕИ:

- Подпомагане чрез преференциални цени и
- Заеми.

##### ▪ Подпомагане чрез преференциални цени

В момента в България действа комбинация от преференциални тарифи и зелени сертификати. Законът за Енергетиката на Република България<sup>1</sup> задължава от 01.01.2007, за период от 12 години, всички национални оператори да закупуват цялата електроенергия, произведена от ВЕИ и малки водни електроцентрали (до 10 MW) на преференциални цени. Тарифите се определят със заповед на Министъра на Икономиката и Енергетиката, като е съставен списък с преференциалните цени за всяка една от годините до 2022 г. Те подпомагат съществуващите и бъдещи производители, които са започнали производство на ВЕИ до 31.12.2010 г. Факт е, че действащите преференциални тарифи за някои видове ВЕИ стимулират частните инвеститори. Например, броят на Малките Водни Електроцентрали (МВЕЦ) нараства съществено през изминалите няколко години – в момента има изградени около 800 Водни Електроцентрали (ВЕЦ), а до края на 2009 г. техният брой ще “превиши много над 1,000”<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Законът за Енергетиката на Република България е обнародван на 9 Декември 2003 и последно изменен на 8 Септември 2006г.

<sup>2</sup> Оценка на националната природозащитна политика в контекста на присъединяването към ЕС и готовността за постигане на целта за 2010 година”



Фиксираните преференциални тарифи за електроенергия, произведена от ВЕИ, са представени в Табл. 9.7.

**Табл. 9.7. Фиксирани преференциални цени за електроенергия, произведена от Възобновяеми енергийни източници**

| Възобновяеми енергийни източници                                                                | EURO/MWh (без ДДС) |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Малки водоцентрали (<10 MW)                                                                     | 43,55              |
| Вятърна енергия (< 2250 full load hours)                                                        | 89,51              |
| Вятърна енергия (> 2250 full load hours)                                                        | 79,79              |
| Фотоволтаици (< 5 kW)                                                                           | 400,00             |
| Фотоволтаици(> 5 kW)                                                                            | 367,3              |
| Ко-генерация на биомаса (< 5 MW)                                                                | 94,1               |
| Ко-генерация на биомаса (растителни отпадъци, съчки и др.) (< 5 MW)                             | 110,00             |
| Ко-генерация на биомаса (енергийни култури, вкл. многогодишни тревни растения и т.н.) - < 5 MW) | 82,9               |
| Ко-генерация (Газ)                                                                              | 43,55              |
| Biomass co-firing                                                                               | -                  |
| Биогаз                                                                                          | -                  |
| Sales price of the national utility to public energy suppliers                                  | 31,29              |

Източник: EnerCEE – Bulgaria, <http://www.energyagency.at/enercee/bg/supplybycarrier.en.htm>

Системата “Зелени Сертификати” в България подпомага източниците на Възобновяема енергия при следните обстоятелства:

- съществуващите до 2018 г. електрически генератори, използващи ВЕИ (вкл. ВЕЦ-ове <10MW);
- всички нови електрогенератори, използващи ВЕИ (вкл. ВЕЦ-ове <10 MW), ще бъдат подпомагани за период от 12 години, след пускане на електрогенераторите (но пуснати в действие не по-късно от 31.12.2011 г.);
- съществуващите до 2018 г. генератори на електричество от високо ефективна ко-генерация;
- всички нови генератори на електричество от високо ефективна ко-генерация<sup>3</sup> ще бъдат подпомагани за период от 12 години, след пускане на електрогенераторите (но пуснати в действие не по-късно от 31.12.2011 г.).

#### ▪ Заеми

През 2003 г. е подписано споразумение с Европейската Банка за Възстановяване и Развитие (ЕБВР) и са отпуснати 50 млн. евро заем и 10 млн. евро субсидия за създаване на кредитна линия, за малки проекти за енергийна ефективност (ЕЕ) и ВЕИ в частния сектор<sup>4</sup>.

Отпускането на заеми за ЕЕ и ВЕИ проекти в индустрията е в действие от януари 2005 г. Сумата от 60 млн. евро е осигурена от Българското правителство, Европейската Комисия и ЕБВР. Най-големите кредити в размер на 1,5 млн. евро, от които 7,5 % са под формата на безвъзмездна помощ, за ЕЕ проекти. Когато кредитната линия се използва за финансиране на ВЕИ проекти, 20 % от капиталовложението се възстановяват при приключването на проекта. Успешното реализиране на този

<sup>3</sup> Проект **SOLID DER** - „Икономически, политически и регулаторни бариери и решения за интегриране на повече разпределени енергийни ресурси в снабдяването с електрическа енергия”.

<sup>4</sup> „Bulgarian Energy Sector 2001-2004“. Ministry of Energy and Energy Resources , Communication Strategy for the Accession of Bulgaria to the European Union.

механизъм е причина за увеличаване на отпуснатите средства в началото на 2005 г., с допълнителни 60 млн. евро.

ЕБВР-България активно насърчава развитието на ВЕИ, като част от Инициативата “Устойчива Енергия”, която води началото си от май 2006 г. Чрез тази инициатива, ЕБВР рязко увеличи инвестициите си за ЕЕ и проекти за Възобновяема и чиста енергия в страните, в които действа.

Банката усили подкрепата си за развитието на възобновяемите енергийни източници в България, като отпусна 54 млн. евро кредит за строителството на девет малки водоцентрали по река Искър. Водоцентралите ще бъдат построени, притежавани и експлоатирани от ВЕЦ Своге - фирма, която е 90 % собственост на групата Petrolvilla и Bortolotti (италиански доставчик на енергия и свързани с енергията услуги), а останалите 10 % са собственост на община Своге. След като бъдат пуснати в действие, деветте малки ВЕЦ-ове ще имат обща мощност от 26 MW. Мини ВЕЦ заемът ще се състои от А-заем в размер до 34 млн. евро, предоставени от ЕБВР. Безвъзмездна сътрудническа помощ за опазване на околната среда и техническа комплексна проверка са предоставени от Департамента за международно развитие на Великобритания и от италианското правителство<sup>5</sup>.

#### **11.1.2 Механизми подпомагачи използването на ВЕИ, с цел отопление и охлаждане**

В България не се осигуряват финансови стимули за производството на топлоенергия от ВЕИ. Кредитната линия за енергийна ефективност и възобновяеми енергийни източници за България създаде инвестиционни субсидии (ниво на подпомагане – отпускане на 20 % заем) за технологии за отопление и охлаждане с ВЕИ. Задължително свързване към електропреносната и разпределителна мрежа за момента важи само за комбинираните топло-електро централи, работещи на биомаса, биогаз и биогорива с мощност до 10 MW. Но дори тази инициатива, която се отнася по-скоро за ко-генерацията, отколкото за производството на топлоенергия от ВЕИ, се прилага за преференциално закупуване на електроенергия, но не и на топлоенергия.

---

<sup>5</sup> EBRD: Bulgaria – Country Factsheet, <http://www.ebrd.com/pubs/factsheet/country/bulgaria.pdf>

### 11.1.3 Подпомагане на биогоривата

#### ■ Квота задължения

| Ресурс    | Квота в проценти (годишно)                                                                             |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Биогорива | 2 % през 2008 г.<br>3.5 % през 2009 г.<br>5.75 % през 2010 г.<br>8 % през 2015 г.<br>10 % през 2020 г. |

Източник: Национална дългосрочна програма за насърчаване използването на биогорива в транспортния сектор, 2007-2020 г.

#### ■ Данъчни облекчения за биогоривата

Биогоривата, ако не са блендирани с други горива, са освободени от задължителните данъци от 2005 г. (Заб: това не важи за всички видове биоетанол). Има планове за задължително смесване на биогоривата с течни нефтени горива. Съществуват планове за задължително смесване на биогоривата с течни горива от нефтен произход, което ще се извършва в складове, лицензирани по Закона за Акцизите<sup>6</sup>.

### 11.1.4 Подпомагане на всички видове ВЕИ

Обикновено собствениците на ВЕИ проекти получават 20 % отстъпка от основния заем, при изпълнението на проекта. ВЕИ проектите в България могат да бъдат подпомагани от:

- **Международен Фонд Козлодуй за Подпомагане на Извеждането от експлоатация (КМФПИ), управляван от Европейската банка за възстановяване и развитие (ЕБВР).** Финансовата подкрепа в рамките на Фонд "Козлодуй" може да бъде за усвояването на ВЕИ (напр. вятърна енергия, ВЕЦ, биомаса, биогаз, др.). Подкрепата може да бъде цялостно или частично финансиране в различни структури на ко-финансиране с други заеми. В бъдеще, КМФПИ ще е в състояние да разглежда нови проекти за грантово финансиране, за подкрепа на извеждането извън площадката от експлоатация на инфраструктурните дейности и насърчаване на нови мерки за ефективност на крайни потребители в жилищния сектор<sup>7</sup>.

<sup>6</sup> European Renewable Energy Council, Renewable Energy Policy Review, BULGARIA: Monitoring and Evaluation of the RES Directives implementation in EU27 and policy recommendations to 2020.

<sup>7</sup> <http://www.ebrd.com/country/sector/nuclear/overview/funds/kidsf.htm>

- **Кредитната линия за енергийна ефективност и възобновяеми енергийни източници за България (КЛЕЕВЕИ)** е разработена от ЕБВР, подпомага се от Международен Фонд Козлодуй и е действаща в момента. Досега 25 проекта са били финансирани по КЛЕЕВЕИ. Раздадени са заеми на стойност от над 12.8 млн. евро на проекти, с обща стойност от над 25.3 млн. евро. Предвижда се тези проекти да генерират годишно над 234,000 MWh електроенергия и над 198,000 MWh топлинна енергия, да спестят над 8,000 MWh спестена електроенергия и над 160,900 GJ топлинна енергия, а въглеродните емисии да бъдат намалени с около 164,700 тона. Местните банки проявяват повишен интерес за инвестиция в такъв тип проекти, поради което се разработват програми, отговарящи на техните инвестиционни политики и насочени към реализацията на ЕЕ и ВЕИ проекти<sup>8</sup>.
- **Програма между Американската агенция за международно развитие (USAID) и някои банки (кредитни линии).** Американската агенция за международно развитие, в рамките на програмата, ще гарантира до 50 % от кредита. Освен това, консултанти ще оказват помощ на клиентите при разработката на съответните проекти;
- **Приетият нов закон за ВЕИ** ще помогне за представяне на финансовите стимули.

## 11.2 Политики, касаещи възобновяемата енергия в България

### 11.2.1 Законодателна рамка за всички видове ВЕИ

Закон за възобновяемите и алтернативните енергийни източници и биогоривата – Обн., ДВ № 49/19.06.2007

Основните цели, анонсирани в Закона за възобновяемите и алтернативните енергийни източници и биогоривата, които са съобразени с Европейското законодателство, включват диверсификация на енергийните доставки, намаляване на разходите за енергийни суровини и внос на енергия, подпомагане на малките и средни предприятия, производители на енергия от ВЕИ и АЕИ и производители на биогорива и други възобновяеми горива, опазване на околната среда и създаване на условия за устойчиво развитие на местно и регионално ниво. Целите ще бъдат постигнати чрез насърчаване на развитието и употребата на технологии за производство и употребата на енергия, произведена от ВЕИ и АЕИ, и насърчаване на развитието и приложението на технологии за производство и употреба на биогорива и други възобновяеми горива. Законът осигурява пълно хармонизиране с *Директива 2001/77/ЕС* за насърчаване на производството на електричество, произведено от ВЕИ на международния електрически пазар и *Директива 2003/30/ЕС* за насърчаване на употребата на биогорива или други възобновяеми горива за транспорта. Законът регламентира публичните отношения, свързани с насърчаване на производството и употребата на електричество, топлоенергия и/или енергия за охлаждане от ВЕИ и АЕИ, както и производството и употребата на биогорива.

---

<sup>8</sup> <http://www.beerecl.com/>

Разпоредбите на новия закон са да въведе изисквания за производство и употреба на биогорива, което ще доведе до намаляване на вредните емисии от транспортния сектор и използване на конвенционалните горива.

Законът, също така представя развитието на националните показателни цели за:

1. насърчаване на използването на електроенергия, произведена от ВЕИ;
2. насърчаване на използването на биогорива в транспортния сектор.

Също така, законът предвижда развитие на националните показателни цели за насърчаване на използването на възобновяеми и алтернативни енергийни източници и биогорива в транспортния сектор, да бъде създаден минимален дял - цел от крайното годишно потребление на автомобилни бензини и дизелово гориво. Предложените от Министъра на Икономиката и Енергетиката и Транспортния Министър цели ще трябва да бъдат приемани от Министерски Съвет.

Закон за Енергетиката – Обнародван в ДВ № 107/09.12.2003, последно изменен в ДВ № 74/08.09.2006

Този закон урежда обществените отношения, свързани с осъществяването на дейностите по производство, внос и износ, пренос, транзитен пренос, разпределение на електрическа и топлинна енергия и природен газ, пренос на нефт и нефтопродукти през нефтопроводите, търговията с електрическа и топлинна енергия и природен газ, и използване на възобновяеми енергийни източници, както и правомощията на държавните органи по определянето на енергийната политика, регулирането и контрола.

Основните цели на този закон са създаване на предпоставки за:

1. качествено и сигурно задоволяване потребностите на обществото от електрическа и топлинна енергия, и от природен газ;
2. енергийно развитие и енергийна сигурност на страната при ефективно използване на енергията и енергийните ресурси;
3. създаване и развитие на конкурентен и финансово стабилен енергиен пазар;
4. енергийни доставки при минимални разходи;
5. устойчиво развитие на използването на възобновяеми енергийни източници, в т.ч. и при производството на електрическа енергия в интерес на опазването на околната среда;
6. насърчаване на ко-генерацията;
7. изграждане на инфраструктури за пренос на електрическа енергия, природен газ, нефт и нефтопродукти в и през територията на страната;
8. производството, вноса, износа, преноса, транзитния пренос, разпределението и търговията с електрическа и топлинна енергия, природен газ, нефт и нефтопродукти се извършват при гарантиране на живота и здравето на гражданите, собствеността, околната среда, интересите на потребителите и националните интереси.

Закон за Енергийната Ефективност – Обнародван в ДВ № 18/5 Март 2004, изменен в ДВ 74/8 Септември 2006, последно изменен в ДВ 55/6 Юни 2007

Този закон урежда обществените отношения, свързани с провеждането на държавната политика по повишаване на енергийната ефективност и осъществяване на енергоефективни услуги. Законът има за цел насърчаване на енергийната ефективност чрез система от мерки и дейности на национално, отраслово, областно и общинско равнище като основен фактор за повишаване на конкурентоспособността на икономиката, сигурността на енергоснабдяването и опазването на околната среда.



Наредба № 16-27/22.01.2008

Наредбата определя условията и реда за извършване на оценка за наличния и прогнознния потенциал на ресурса за производство на енергия от възобновяеми и/или алтернативни енергийни източници.

Наредба № 16-28/22.01.2008

Наредбата определя съдържанието, условията, реда и начина за предоставяне на информация за произведените, изкупените и продадени количества енергия от възобновяеми и алтернативни енергийни източници и произведените, изкупените и продадени количества биогорива.

Национална дългосрочна програма за насърчаване използването на възобновяемите енергийни източници за периода 2005-2015/Декември 2005

Националната дългосрочна програма за насърчаване на използването на възобновяемите енергийни източници за периода 2005-2015 (НДПВЕИ) е разработена в съответствие с изискванията на чл. 4, ал. 2, т. 9 от Закона за енергетиката и подзаконовите нормативни актове към него. Тя е съобразена с общата концепция за развитието на ВЕИ в страната, с набелязаните индикативни цели за производство на електрическа енергия от ВЕИ и средствата за постигането им.

Програмата формулира мерки и политики за насърчаване на използването на ВЕИ в енергийния баланс на страната след като оценява:

1. състоянието на използването на ВЕИ в страната
2. необходимостта от ускорено въвеждане на ВЕИ в следващия десетгодишен период;
3. съвместното влияние на подобряването на ЕЕ и разширяването на използването на ВЕИ в страната от гледна точка на достигане на устойчиво енергийно развитие.

Национална краткосрочна програма за насърчаване използването на възобновяемите енергийни източници за 2007г.

Стратегическите аспекти за увеличаване и насърчаване използването на ВЕИ са очертани в НДПВЕИ. Осъществяването на Програмата за 2007 е стъпка към постигане на целите на НДПВЕИ: намаляване на използването на течни горива за производството на топлоенергия и употребата на електричество за отопление. Изпълняването на Програмата ще осигури достигане на ниво на националната политика за насърчаване употребата на ВЕИ. Програмата съдържа поредица проекти за употребата на слънчевата енергия за подгръвяване на вода за домакински нужди в сгради държавна собственост.

Национална дългосрочна програма за насърчаване използването на биогорива в транспортния сектор за периода 2008-2020/Ноември 2007

Националната дългосрочна програма за насърчаване на потреблението на биогорива в транспортния сектор (2008-2020г.) е разработена съгласно изискванията на чл. 5, ал. 1, т. 3 и чл. 5, ал. 1, т. 5 от Закона за чистотата на атмосферния въздух. В програмата са включени националните индикативни цели за използване на биогорива и други възобновяеми горива в транспорта. Програмата е приета с решение по т. 2 от Протокол № 43 от срещата на Министерски Съвет на 15 ноември. При определянето на индикативни цели, Програмата се съобразява с Директива 2003/30/ЕС относно насърчаване на използването на биогорива и други възобновяеми горива в транспортния сектор и най-новите решения на Европейския съвет от 8-9 март

2007 г., определящи нови по-високи задължителни минимални цели за употребата на биогорива в транспортния сектор за всяка държава-членка.

Планирането, одобряването и изпълнението на Програмата е важна стъпка за насърчаване на използването на биогорива в транспортния сектор и по-широката употреба на биомаса, като така ще се осигури устойчиво развитие на селското стопанство и лесовъдството.

Широката употреба на биогоривата в транспорта е част от пакета мерки, които се изискват за достигане на целите, поставени от Протокола от Киото. Увеличаването на употребата на биогоривата в транспорта е един от инструментите, които Комисията може да използва за намаляване на използването на вносни горива и енергия и да осигури сигурност на снабдяването в краткосрочно и дългосрочно бъдеще.

Национална дългосрочна програма за насърчаване използването на биомасата за периода 2008-2020/Юни 2008

Националната дългосрочна програма за насърчаване използването на ВЕИ 2008-2020 г. очертава основната рамка от възможности за оползотворяването на биомаса за енергийни цели.

Въз основа на визията и в съответствие с разпоредбите на чл. 5, ал. 1, точка. 4 и чл. 5, ал. 2 от Закона за възобновяемите енергийни източници и биогоривата, след приемането на дългосрочната програма, ще бъдат разработени краткосрочни програми за насърчаване на използването на биомасата в България. Те ще определят стратегическите цели за периода на действие на Програмата и ще бъдат определени конкретните мерки и дейности за постигане на тези цели. Всяка една от краткосрочни програми ще съдържа текуща оценка на необходимите средства, въз основа на приоритети и в зависимост от динамиката и развитието на енергийния пазар и технологиите, касаещи биомасата и т.н.

Краткосрочните програми ще съдържат План за Действие за съответен период, ще посочват институциите, отговорни за изпълнението на тези дейности, както и сроковете за изпълнение.

За отчитане на ефектите от прилагането на краткосрочни програми, ще бъдат установени съответни показатели за измерване на изпълнението на програма за специфични дейности.

Националната политика в областта на възобновяемите енергийни източници, и по-специално, използването на биомасата като енергиен източник, се осъществява от Министерския съвет чрез министъра на икономиката и енергетиката. Националният компетентен орган за изпълнението на Националната програма е Министерството на икономиката и енергетиката. На всеки три години, Министърът на икономиката и енергетиката ще докладва на Съвета на министрите относно мерките за прилагане на програмата. За да постигне това, Министерството на икономиката и енергетиката чрез организиране и координиране на дейността на други институции за събиране на необходимата информация ще напише отчети за хода на изпълнението на програмата.

Национален стратегически план за развитие на селските райони 2007-2013/2006

Целите на Националния стратегически план за развитие на селските райони са:

1. изграждане на обекти за складиране на оборски тор и на пречиствателни съоръжения;
2. инвестиции за използването на ВЕИ в стопанствата, подобряване на качеството на водата във фермите, нови технологии за спестяване на вода, обработката с пестицидни технологии, биологично земеделие, и т.н.;
3. достъп до модернизация за всички малки и средни предприятия от земеделската и хранително-вкусовата промишленост;

4. разработване и трансфер на знания за нови технологии, възобновяеми енергийни източници, био-енергия, органични продукти, обучение на земеделските производители за прилагането на кръстосаното спазване.

#### **11.2.2 Законодателна рамка за производството и употребата на биогаз**

В приетия през юни 2007 г. Закон за възобновяемите и алтернативните енергийни източници и биогоривата все още няма наредби отнасящи се за биогаз. Също така, българските наредби не предвиждат специални механизми за подпомагане на производството на биогаз, като система за преференциални цени, квоти на Регламент / сертификат-механизми, данъчни облекчения, инвестиции, субсидии и/или други финансови ресурси. Бъдещото развитие на биогазовия сектор е силно зависимо от волята на политиците и политическите лидери, които ще трябва да формулират политиката и да въведат законодателства.

### **11.3 Национални цели за производство и употреба на възобновяема енергия**

В изпълнение на основните цели на политиката на ЕС, българското правителство взе следните решения:

- Да се увеличи употребата на биогорива в транспортния сектор на 5,75 % до 2010 г., съгласно *Директива 2003/30/ЕС*;
- Дял на ВЕИ – 11 %. Показателна цел, поставена съгласно *Директива 2001/77/ЕС* и установена като задължение за присъединяване в ЕС;
- Задължително намаляване на емисиите на парниковите газове с 8 % (на база нивата от 1988 г.), в съответствие с протокола от Киото. Актуалното намаляване е 50 %. Възможност за участие в Европейската схема за търговия с емисии;
- Няма поставени цели за производството на топло- и електроенергия от ко-генерация;
- Няма поставени цели за използването на ВЕИ за отопление;
- Да се извършат редица проучвания за потенциала на биомасата и реалната възможност за различните ѝ приложения;
- Обозначаване на печките и котлите, работещи с биомаса;
- Създаване на механизми за подкрепа на ефективни технологии за оползотворяване на биомаса, като например предоставянето на ефективни котли на ниски цени за населението.

### **11.4 Инсталации за производство на биогаз в България**

Въпреки засиления, през последните няколко години, интерес на обществото към проекти, отнасящи се до производството и използването на биогаз в България, все още няма изградени инсталации за производство на биогаз. Не са изградени и станции за зареждане с биометан или смес на биометан с други горива. Налице е обаче голям потенциал на биомаса, подходяща за производство на биогаз. Понастоящем се изпълняват няколко проекта, предвиждащи производство и използване на биогаз в България (виж. табл. 9.8).

**Табл. 9.8. Производство и използване на биогаз в България**

| Име              | Район   | Суровина                                  | Оползотворяване на биогаза                 | Статус                  |
|------------------|---------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------|
| Ферма Царевец    | Мездра  | Тор от едър рогат добитък & царевица      | Електричество                              | В процес на изграждане  |
| Ферма            | Добрич  | Животински тор & селскостопански отпадъци | Електричество & топла вода за местни нужди | Ранен етап на планиране |
| Сметище          | Монтана | Битови отпадъци                           | Пречистване и изгаряне на биогаза          | В процес на изграждане  |
| Сметище          | Созопол | Битови отпадъци                           | Пречистване и изгаряне на биогаза          | В процес на изграждане  |
| Сметище          | Русе    | Битови и индустриални отпадъци            | -                                          | В процес на изграждане  |
| Сметище          | София   | Битови отпадъци                           | Ко-генерация                               | В процес на изграждане  |
| ГПСОВ* Кубратово | София   | Канализационна утайка (шлам)              | Ко-генерация                               | В процес на изграждане  |

Разработката на бъдещи проекти за производство на биогаз (напр. проекти на селскостопански инсталации за производство на биогаз и на инсталации за третиране на отпадъци) в България до голяма степен ще зависи от законодателството и политиката на страната, както и от успеха на демонстрационните проекти.

## **11.5 Възможности за оползотворяване на отпадъци, с цел производство на биогаз**

България разполага с добра инфраструктура и подходяща рамка за управление на отпадъците. Системата за разделно събиране и рециклиране на отпадъците в България все още не функционира достатъчно добре, поради което голяма част от биоразградимите отпадъци попада в сметищата. Около 85 % от генерираните отпадъци се транспортират към депата, а около 52 % от общото количество отпадъци са биоразградими.

Площадките за депониране на отпадъци, а също така и земеделските стопанства в България са достатъчни и подходящи за ситуиране на централи за производство на биогаз. Това е предпоставка, както за пазара на биогаз, така и за пазара на вторичните биопродукти (компост и течен органичен тор). Препоръчително е съоръженията за производство на биогаз да са в непосредствена близост до сметищата или в самите промишлени или земеделски цехове. По този начин се ограничават транспортните разходи. Нецентрализираните инсталации за биогаз се ползват с повече предимства, тъй като могат да бъдат пригодени към специфични площадки и суровини, а разходите за транспортиране могат да се сведат до минимум.

В таблица 9.9 са обобщени възможностите за производство на биогаз в България.

\* ГПСОВ = Градска пречиствателна станция за отпадъчни води

Табл. 9.9. Възможностите за производство на биогаз в България

|          | Биогазови инсталации за преработка на отпадъци от големи ферми | Биогазови инсталации за преработка на отпадъци от малки ферми или общини | Общински биогазови инсталации за преработка на битови и индустриални отпадъци | Инсталации за извличане на сметищен газ | Биогазови инсталации към промишлени предприятия | Биогазови инсталации за преработка на утайки от ГПСОВ |
|----------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| България | Ограничени възможности                                         | Да                                                                       | Да                                                                            | Да                                      | Да                                              | Да                                                    |

Не винаги е необходимо изграждането на сложни технологии за производство на биогаз (напр. допълнителни системи за пречистване на биогаза или горивни клетки). Най-подходящи, от икономическа гледна точка, инсталации за производство на биогаз в България са ко-генерационните системи.

Изборът на подходяща технология за оползотворяване на биогаз се прави въз основа на конкретните икономически условия. Оползотворяването на получения биогаз до голяма степен зависи от някои фактори, като преференциални цени, разходи по прибиране на реколтата и др.

## 11.6 Наличност на суровини в България

Трудно може да се определи количеството на наличните суровини за производство на биогаз в България. При оценяване потенциала на биомасата, най-напред се прави оценка на количеството материал, генериран от битови отпадъци и от селскостопанските дейности. След това се оценява количеството на материалите, които биха могли да се възстановят от тези практики, като се отчитат техническите и екологични ограничения, свързани с други фактори.

Теоретичният потенциал се оценява въз основа на общото производство на биомаса. Всички земеделски култури (царевица, рапица, соя, слънчоглед и т.н.) са потенциални енергийни източници и се представят в общо количество енергийни култури. Получената стойност не е реална, но този подход може да помогне при идентифициране на потенциални места за изграждане на централи за биогаз (напр. в областите с най-голям потенциал на енергийни култури). Селскостопанското производство и свързаните с него индустрия/потребление генерират значително количество органични материали, означени като селскостопански отпадъци. Тяхното използване за производство на биогаз е целесъобразно и препоръчително.

Следните класове органични материали са идентифицирани като подходящи за производство на биогаз (виж табл. 9.10).



**Табл. 9.10. Класове органични суровини, подходящи за производство на биогаз**

| Клас | Описание                                      | Код  | Коментари                         |
|------|-----------------------------------------------|------|-----------------------------------|
| 1    | Енергийни култури                             | EC   |                                   |
| 2    | Отпадъци от селското стопанство               | AWPP | Първични селскостопански отпадъци |
| 3    | Отпадъци от животновъдството                  | AWSP | Вторични селскостопански отпадъци |
| 4    | Отпадъци от хранително-вкусовата промишленост | FPW  |                                   |
| 5    | Твърди органични отпадъци                     | SW   |                                   |
| 6    | Канализационни утайки                         | WW   |                                   |

В България най-голям потенциал за производство на биогаз от първични и вторични селскостопански отпадъци има в регионите Североизточен и Южен централен (BG13 и BG22). По отношение на твърдите битови отпадъци и отпадъчните води, най-голям потенциал за производство на биогаз има в югозападната част на България, където гъстотата на населението е висока (BG21 и BG22).

При сравнение на потенциала за производство на биогаз (по класове органична суровина) в шест страни от Източна Европа (България, Гърция, Латвия, Румъния, Словения и Хърватска) се установява, че България има най-голям потенциал за производство на биогаз от селскостопански отпадъци, получени от вторичното производство. Също така България разполага с голям потенциал за производство на биогаз от утайки от ГПСОВ (канализационни утайки); от твърди битови отпадъци и отпадъци от хранително-вкусовата промишленост.

В таблица 9.11 е направена оценка на общия потенциал за производство на биогаз от органични отпадъци от селското стопанство; от хранително-вкусовата промишленост и от канализационни утайки в България. Енергийните култури не са включени.

**Табл. 9.11. Общ потенциал за производство на биогаз от органични отпадъци от селското стопанство, хранително-вкусовата промишленост и канализационни утайки**

| NUTS** | Регион        | Площ<br>Ha*10 <sup>3</sup> | Биогаз, m <sup>3</sup> .10 <sup>4</sup> |        |       |      |      | Общо<br>GWh |
|--------|---------------|----------------------------|-----------------------------------------|--------|-------|------|------|-------------|
|        |               |                            | AWPP                                    | AWSP   | SW    | WW   | FPW  |             |
| BG11   | източен       | 1029                       | 360                                     | 27561  | 4491  | 156  | 465  | 1982        |
| BG12   | централен     | 1827                       | 720                                     | 50188  | 10422 | 363  | 1079 | 3766        |
| BG13   | южен          | 1997                       | 990                                     | 77135  | 12511 | 428  | 1274 | 5540        |
| BG21   | северен       | 2031                       | 420                                     | 40706  | 19430 | 676  | 2011 | 3795        |
| BG22   | югоизточен    | 2752                       | 760                                     | 93947  | 17610 | 613  | 1823 | 6885        |
| BG23   | северозападен | 1465                       | 510                                     | 39785  | 7859  | 273  | 814  | 2954        |
| BG     | България      | 11101                      | 3760                                    | 329322 | 72323 | 2509 | 7466 | 24923       |

Реалният потенциал за производство на биогаз (на база проучвания за потенциала на биомасата) се приема за около 30 % от общия теоретичен потенциал за производство на биогаз (въз основа на преглед на публикации по темата).

\*\* NUTS - Номенклатура на териториалните единици за статистически цели

## 11.7 Селскостопански структури в България

Методологията, използвана за оценка на земеделската структура е избрана от Евростат - Europharm. Тя включва типови размери на стопанствата, тяхната производителност и разпределението на земеделските стопанства в страната.

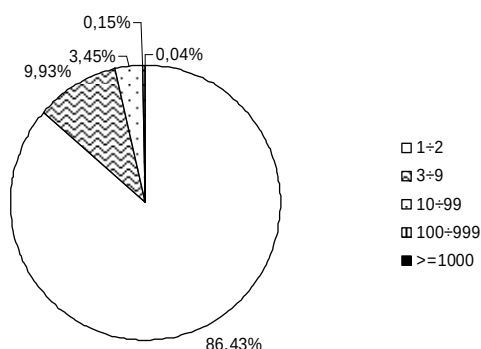
През 2004 г. обработваемата площ е била 3,3 милиона хектара (61,8 % от ИЗП), а около 70 % от нея е концентрирана в три NUTS 2 района - Североизточен, Северен централен и Южен централен райони.

По-голямата част от общата използвана земеделска площ (ИЗП) (около 78 %) се обработва от стопанства, управляващи повече от 50 хектара (но те са само 0,8 % от стопанствата). По-малко от 7 % от ИЗП се обработва в 75 % от стопанствата, които заемат площ по-малко от един хектар всяко. Налице е тенденция за уедряване на земята - през 2004 г. в България е имало 665 500 земеделските стопанства, а през 2007 г. – 477 100. Това вероятно се дължи на естествения процес на уедряване (особено поради пазарни причини), а също и на така наречия “специален феномен” (уедряване в т.нар. кооперации на арендаторен принцип).

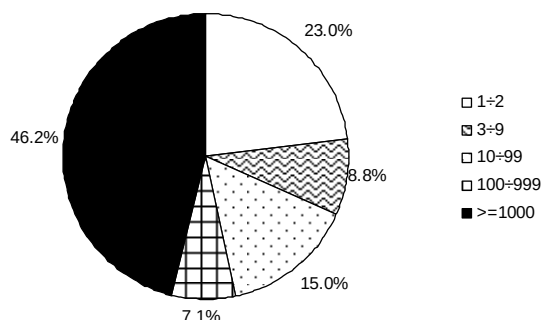
Вторичното производство е много важно за производството на биогаз. Може да се заключи, че в България важна роля играят птицекомбинатите (23 %), свинефермите (15 %), както и отглеждането на крави и кози (10 % и 15 %), оценено според броя на стопанствата (а не според продукцията).

Свинефермите имат голям потенциал за производство на биогаз. Близко 50 % от всички свине се отглеждат в 0,04 % от земеделските стопанства (среден брой – 5 600 глави на стопанство, 76 холдинга). В семейни стопанства се отглеждат около 30 % от свинете в България, като повечето от стопанствата са с по-малко от 9 прасета и представляват 96 % от всички земеделски стопанства.

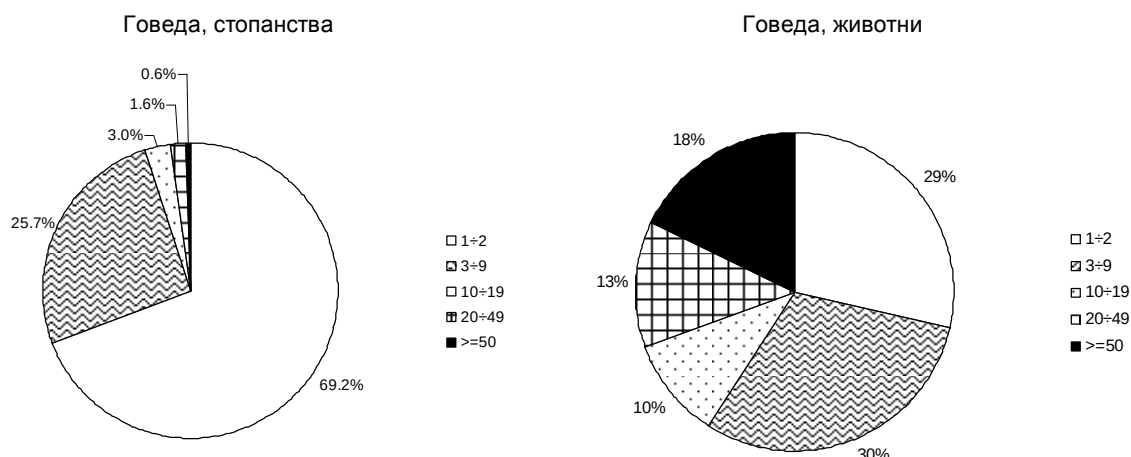
Свине, стопанства



Свине, животни



Едрият рогат добитък е по-малко концентриран. Около 18 % от животните са в стада с повече от 50 глави (957 стопанства със средно 112 животни на стопанство). Семейните ферми с по една или две крави са 69 % от всички земеделски стопанства, което се равнява на 30 % от всички животни.



Най-висок среден брой животни на стопанство за отглеждане на тревопасни се намира в Югоизточен район (242 глави на стопанство с повече от 10 хектара собствени земи), следван от Североизточен (193 глави на стопанство с повече от 10 хектара собствени земи). Най-малък е броя на животните в Югозападния район (73 глави на стопанство с повече от 10 хектара собствени земи).

Може да се обобщи, че селскостопанската структура и нейното развитие във времето са благоприятни за производство на биогаз. Най-обещаващите региони за планиране на инсталации за производство на биогаз в България са Североизточен, Северен централен и Южен централен. Съществува голямо разнообразие по отношение на размера, разпределението и потенциала на биомаса в различните стопанства. Наблюдава се тенденция за увеличаване на средния брой животни във фермите, поради което всяка потенциална площадка трябва да бъде разгледана индивидуално, в зависимост от региона.

## 11.8 Възможности за инжектиране на биометан в националната мрежа за природен газ в България

Булгартрансгаз е единственият оператор за пренос на природен газ на територията на България. Операторът е член на Газова инфраструктура Европа (GIE). Най-голямата частна газова компания в България е "Овергаз" Инк. Компанията изгражда и експлоатира газоразпределителни мрежи и продава природен газ на крайни потребители. Дружеството притежава мажоритарно участие в 28 компании. От 96 лицензии за цялата страна, дъщерните дружества на "Овергаз" притежават 56 лицензии за разпределение и доставка на природен газ в 50 общини. Общата дължина на газоразпределителната мрежа е над 1 600 км.

Показателите за качеството на природния газ в България, съгласно БДС ISO 6976 са показани на таблица 9.12:

Таблица 9.12. Показатели за качество на природния газ, съгласно БДС ISO 6976

| Показатели                                                                                                                                                                                                                           | Техническо изискване                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Състав на природния газ<br>- метан<br>- етан<br>- пропан, бутан и др. тежки въглеводороди<br>- азот<br>- въглероден диоксид<br>- кислород<br>- сероводород<br>- меркаптанова сяра<br>- обща сяра<br>- механ. примеси и своб. вода | не по-малко от 92 % мол.<br>не повече от 4 % мол.<br><br>не повече от 2 % мол.<br>не повече от 2 % мол.<br>не повече от 1 % мол.<br>не повече от 0,02 % мол.<br>не повече от 2,0 mg/m <sup>3</sup><br>не повече от 5,6 mg/m <sup>3</sup><br>не повече от 20 mg/m <sup>3</sup><br>не трябва да се съдържат |
| 2. Температура на газа на изход от газорегулиращата станция                                                                                                                                                                          | не по-ниска от - 5° C (268° K)                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 3. Долна граница на топлосъдържание (калоричност) при 20° C и мин. 0,101325 MPa                                                                                                                                                      | не по-малко от 8000 +/- 100kcal/m <sup>3</sup><br>(33,5 ± 0,418) MJ/m <sup>3</sup>                                                                                                                                                                                                                        |
| 4. Налягане на природния газ                                                                                                                                                                                                         | за преносната мрежа – до 5,5 MPa;<br>за разпределителните мрежи - до 1,6 MPa, в това число:<br>- стоманени тръби- до 1,6 MPa;<br>- РЕ-НД тръби - до 1,0 MPa;<br>- на вход на стопански потребител – по условията на договора;<br>- на вход на битов потребител – 0,01÷0,013 MPa                           |
| 5. Мирис на природния газ<br>ПГ трябва да се доставя одориран                                                                                                                                                                        | Степен на одориране – осигуряваща усещане при съдържание на ПГ ≤ 20 % от долната граница на възпламеняване                                                                                                                                                                                                |

Техническите изисквания към мрежите и съоръженията за природен газ са дадени в следните регламенти:

- Наредба № 6 от 25 ноември 2004 г. за технически правила и нормативи за проектиране, изграждане и ползване на обектите и съоръженията за пренос, съхранение, разпределение и доставка на природен газ (обн., ДВ, бр.107 от 7 декември 2004 г.);
- Наредба за устройството и безопасната експлоатация на преносните и разпределителните газопроводи и на съоръженията, инсталациите и уредите за природен газ (Приета с ПМС № 171 от 16 юли 2004 г.) (Обн., ДВ, бр. 67 от 02.08.2004 г. - в сила от 02.09.2004 г., изм. ДВ бр. 78/2005 г., изм. доп. ДВ бр. 32, Бр. 93/2006 г., ДВ бр. 46/2007 г.).

Специфични изисквания за инжектиране на биометан в мрежата за природен газ не са дадени.

Законът за енергетиката урежда обществените отношения, свързани с осъществяването на дейностите по производство, внос и износ, пренос, транзитен пренос, разпределение на електрическа и топлинна енергия и природен газ, търговия с електрическа и топлинна енергия и природен газ и използване на възобновяеми енергийни източници, както и правомощията на държавните органи по определянето на енергийната политика, регулирането и контрола. Според Чл. 197 (1) преносното предприятие е длъжно да присъедини към своята мрежа в определена от него точка разпределителните предприятия, добивните предприятия и предприятията за

съхранение на природен газ. Условието и редът за предоставяне на достъп до газопреносната и газоразпределителните мрежи са регламентирани в "Правилник за предоставяне на достъп до газопреносната и/или газоразпределителните мрежи", обнародван в ДВ № 67 от 2 август 2004 година. Съгласно член 5 (1) от ПРАВИЛНИКА газопреносното или газоразпределителното предприятие не може да отказва предоставяне на достъп до преносната и/или разпределителните мрежи за природен газ на предприятие за добив на природен газ, обществен доставчик, обществените снабдителни, търговците и привилегированите потребители на природен газ, освен в случаите, когато:

- предоставянето на достъп довежда до нарушаване на техническите условия и сигурност на мрежите;
- предоставянето на достъп пречи на предприятията да изпълняват задълженията си за обществени услуги;
- предоставянето на достъп може да причини сериозни икономически и финансови трудности на преносното предприятие, съответно на разпределителното предприятие, вследствие сключени договори за доставка с клауза "вземай или плащай".

В България все още не се обсъжда възможността за инжектиране на биометан в мрежата за природен газ.

## **11.9 Ползи от производство на биогаз в България**

Производството на биогаз е ефективна мярка за намаляване на енергийната зависимост на България и освен това представлява сигурно средство за ограничаване емисиите на метан и на други вредни газове, оказващи неблагоприятно въздействие върху околната среда.

България е една от най-бедните на водни ресурси страни в Европа. В бъдеще се очаква водният дефицит да нараства все повече, което ще се превърне в много сериозен социален, икономически и екологичен проблем за страната. Поради тази причина оползотворяването на отпадъчните води е от изключително значение. Чрез третиране на утайките от ГПСОВ може да се произвежда биогаз, който да се оползотворява за енергийни нужди.

Един от основните приноси от производството на биогаз е, че чрез анаеробно биологично третиране на животински тор например, се създава възможност за намаляване на количеството отделен азот от оборския тор и по този начин се ограничава замърсяването на почвата с нитрати. Този факт оказва положително въздействие върху качеството на почвите, подземните води и върху биоразнообразието като цяло.

Понастоящем, в България оборският тор се съхранява в открити съоръжения и се използва непълноценно в селското стопанство. Въпреки това, през 2006 г. в България се наблюдава слаба тенденция на увеличаване използването на оборски тор. За ограничаване на негативните последствия от откритото съхранение на животинския тор, се препоръчва използването му като изходна суровина за производство на биогаз. Вторичният продукт (преработена биомаса) е с повишено съдържание на хранителни вещества, което я прави подходяща за прилагане върху бедни на хранителни вещества и микроорганизми почви. Освен това, употребата на органични торове в земеделието допринася за ограничаване формирането на деградационни процеси в България.



Производството на Възобновяема енергия, в това число на биогаз, оказва принос и върху социалния и икономически сектор на държавата - създава се възможност за разкриване на нови работни места и за бъдещо развитие на селските райони в страната.

Популяризирането на производството на биогаз, като сигурен и устойчив източник на чиста енергия, както и на ползите от него, ще спомогнат за бъдещото развитие на сектора в България.

## Полезна информация

### Приложение 1. Речник и единици за преобразуване

#### Речник

|                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Анаеробни бактерии:                                                                                    | Микроорганизми, които се развиват и размножават в среда без кислород.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Анаеробна биодegradация (анаеробно разграждане, анаеробно разграждане с краен продукт $\text{CH}_4$ ): | Микробиологичен процес на разграждане на органичната материя, в безкислородна среда. Осъществява се при съгласуваната дейност на широка гама микроорганизми в анаеробни условия. Процесът на анаеробното разграждане е естествен в природата, а в днешно време се използва за получаване на биогаз в реактори, защитени от достъп на въздух, наричани ферментатори. При анаеробното разграждане във ферментаторите се получават два основни крайни продукта: <i>биогаз</i> (газова смес съдържаща метан (70 %), въглероден диоксид и следи от други газове) и <i>вторична биомаса</i> (ферментирал субстрат). |
| Амоняк:                                                                                                | Газ с остра характерна миризма, състоящ се от водород и азот ( $\text{NH}_3$ ).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Барел нефтен еквивалент (boe):                                                                         | Количеството енергия, съдържаща се в барел нефт, около 6.1 GJ, еквивалентно на 1,700 kWh. "Нефтен барел" е количество равно на 42 U.S. галона (35 галона или 159 литра); около 7.2 барела са еквивалентни на един тон нефт (от европейската система).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Биоенергия (енергия на биомасата):                                                                     | Използваема, възобновяема енергия, произведена от органична материя. Органичната материя може да се използва и директно като гориво или обработена като течности и газове.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Биогаз:                                                                                                | Лесно възпламеним газ, получен при разграждането на биологични отпадъци в анаеробна среда. Обикновено съдържа 50-60 % метан.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Биологично потребление на кислород (БПК):                                                              | Микробиологичен анализ за определяне на натоварването на води с биологично разградими органични вещества.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Биохимично превръщане:                                                                                 | Използване на микроорганизми или ензими, изолирани от тях за трансформиране или разграждане на вещества.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Биореактор (Ферментатор):                                                                              | Апарат за оптимизиране на анаеробното разграждане на биомасата и/или животинския тор, и получаване на биогаз за производство на енергия.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

|                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ват (W):                                                | Стандартна единица за измерване на мощност (SI Система), която дефинира отношението на работата към времето за нейното извършване. Съкращението 'kW' се използва за "Киловат" или 1,000 Вата. Съкращението 'MW' означава "Мегават" или 1,000,000 Вата.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Волт:                                                   | Мерна единица за електричен потенциал и напрежение. То е електродвижещата сила, която непрекъснато се прилага на намотка със съпротивление един ОМ, който произвежда ток един Ампер.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Вторична биомаса (ферментирала биомаса):                | Третираната/ ферментирала отпадна маса от процеса на анаеробното разграждане                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Възобновяеми източници:                                 | Непрекъснато обновяващи се, но ограничени по поток енергийни ресурси. Те са всъщност неизчерпаеми във времето, но ограничени в количеството енергия, която е налична за единица време. Някои (такива като геотермални извори и биомаса) могат да са ограничени по запас и в рамките на десетилетия или векове този запас се изчерпва при използване. Възобновяемите енергийни източници са: биомаса, водна енергия, геотермална, слънчева енергия и вятър. В бъдеще технологиите биха могли също да включват използването на термална енергия, енергията на вълните и енергията на приливите и отливите на океаните. Използваемите възобновяеми източници включват технологии за електрически системи за генериране само на електроенергия, производство на електроенергия на определена площадка, производство на електроенергия за разпределение, генериране, което не е свързано с мрежата, и намаляване на търсенето (енергийна ефективност). |
| Възобновяема енергия:                                   | Виж Биоенергия                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Газова турбина (Турбина, задвижвана с изгорели газове): | Турбина, която преобразува енергията на съгъстени горещи газове (произведени от изгарянето на горива в среда със съгъстен въздух) в механична енергия. Използваното гориво, обикновено, е естествен газ или течено гориво.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Газови емисии:                                          | Дим или газове, отделяни в атмосферата от комините на предприятията и ауспусите на автомобилите. Най-опасните емисии са от въглероден диоксид, метан и азотни оксиди, тъй като усилват парниковия ефект.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Газификация:                                            | Процес, при който твърдите горива се преработват до газ, наричан още пиролизна дестилация или пиролиза.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Генератор:                                              | Устройство за превръщане на механичната енергия в електрическа.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Гигават (GW):                                           | Мерна единица за електрическа мощност, еквивалентна на 1 милиард Вата или 1 милион Киловата.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

|                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Глобално затопляне:                                                 | Постепенно затопляне на Земята атмосфера, дължащо се на изгарянето на ископаемите горива и замърсители от индустрията.                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Горивна клетка:                                                     | Устройство, което преобразува енергията на горивата до електричество и топлина без изгаряне.                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Градски битови отпадъци:                                            | Всички предмети и материали, изхвърлени от домакинствата и от общественения сектор в града (столове, ресторанти, обществени кухни, административни сгради, магазини, училища и др.) като непотребни.                                                                                                                                                                          |
| Джаул (J):                                                          | Единица за измерване на енергия. Един джаул е работата, извършена от сила един нютон за преместване на тяло на разстояние един метър ( $= 1 \text{ kg m}^2\text{s}^{-2}$ ). Един джаул (J) = 0.239 калории (1 калория = 4.187 J).                                                                                                                                             |
| Енергиен баланс:                                                    | Количеството на произведената и използваната енергия по време на процеса.                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Ефективност на топлообмена:                                         | Използваема освободена топлина / актуална произведена топлина в горивната камера.                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Зелени сертификати:                                                 | Търговски артикул доказващ, че електричеството е генерирано от възобновяем източник. Обикновено, един сертификат се издава за генериране на 1 MWh електричество.                                                                                                                                                                                                              |
| Инсталирана мощност:                                                | Общата мощност на механизмите за производство на електрическа енергия в електроцентраля или системата.                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Калоричен ефект:                                                    | Максималното количество енергия, което се получава при изгарянето на дадена субстанция.                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Капацитет:                                                          | Максималната мощност, която може да произведе или поддържа благополучно дадена машина или система. Максималният незабавен доход на ресурси при специфицирани условия. Капацитетът на генериращото съоръжение, най-често, се изразява в киловати или мегавати.                                                                                                                 |
| Киловатчас (kWh):                                                   | Най-широко използваната мерна единица за използваното количество електричество за даден период от време. Един киловатчас е равен на 1 киловат електричество, подаван за 1 час.                                                                                                                                                                                                |
| Киселина:                                                           | Химично съединение, което във воден разтвор има рН по-ниско от 7.0.                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Ко-генерация:                                                       | Виж комбинирано производство на топло и електроенергия                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Комбинирано производство на топло и електро енергия (Ко-генерация): | Производство на електричество и топлинна енергия от широко разпространени горивни източници. Топлината, отделена от индустриални процеси може да бъде използвана за привеждане в действие на електрически генератор (долен цикъл). Обратно, излишъкът от генерирана топлина може да бъде използвана за индустриални процеси, или за отопление на сгради и вода (горен цикъл). |

|                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Култивирани енергийни посеви:  | Култури, отглеждани с цел производство на гориво. Това са хранителни култури като царевица и захарна тръстика, и нехранителни култури като тополя и просо. Понастоящем се разработват два основни типа енергийни култури: бързо растящи дървесни видове с твърда дървесина, достигащи подходящ размер за 5 до 8 години, и тревисти енергийни култури като многогодишни треви, които се косят след 2 до 3 години растеж до достигане на пълна продуктивност.                                                                                                  |
| Летливи вещества (VS):         | Вещества с ниска температура на кипене.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Летливи мастни киселини (ЛМК): | Органични киселини с ниска температура на кипене. Подобен тип киселини се образуват при анаеробното разграждане на въглехидрати и други органични молекули и служат като изходен субстрат за образуване на метан в процеса на метаногенезата.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Пепел:                         | Малки частици, съдържащи се в димните газове.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Мезофилно разграждане:         | Реализира се от мезофилни микроорганизми при температура на средата 20°-45°C, с оптимум в интервала 37°-41°C.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Метан (CH <sub>4</sub> ):      | Запалим, взривен, безцветен, без мирис, без вкус газ, който е слабо разтворим във вода, но разтворим в спирт и етер; кипи при – минус 161.6°C и замръзва при – минус 182.5°C. Образува се в блатата и мочурищата при гниенето на органична материя. Метанът е основната съставна част (до 97 %) на природния газ, използва се като източник за добиване на химикали и като гориво.                                                                                                                                                                           |
| Микротурбина:                  | Малка турбина, работеща на изгорели газове с изход от 25 до 500 kW. Микротурбините се състоят от компресор, горивна камера, турбина, алтернатор, рекуператор и генератор. В сравнение с другите технологии за малкомащабно генериране на електроенергия, микротурбините предлагат набор от предимства, включително малък брой движещи се части, компактен размер, малко тегло, по-висока ефективност, по-ниски емисии, по-ниски разходи за електроенергия, потенциал за масово производство с ниски разходи и възможности за използване на отпадъчни горива. |
| Мини мрежа:                    | Включва интегрирано локално генериране на електроенергия, преносна и разпределителна система, обслужваща много ползватели.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Мощност:                       | Количеството извършена работа или пренесена енергия за единица време.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Мрежа:                         | Дружествата на енергосистемата за пренос и разпределение на електроенергия, които свързват електроцентралите с консуматорите чрез високоволтови електропреносни линии (от 110 kV до 765 kV); мрежи високо напрежение за промишлени нужди и железопътните превозни средства и тролейбусната система (23 kV-138 kV); средно напрежение за комерсиални и промишлени приложения (4 kV до 35 kV); и мрежи ниско напрежение за комерсиални и граждански обекти (120 V до 480 V). Мрежа може да се отнася също до плана на системата за                             |

|                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                       | разпределение на газ на град, при което тръбопроводите са положени в двете посоки на улиците и са свързани в точките на пресичане.                                                                                                                                                                                  |
| Мрежова система:                      | Разпределение на силовите линии, свързващи електроцентралите и консуматорите в голям периметър.                                                                                                                                                                                                                     |
| Нетна генерирана електроенергия:      | Брутно генерираната енергия минус консумираната електроенергия от централата за собствените ѝ нужди                                                                                                                                                                                                                 |
| Нефтен еквивалент:                    | Тон нефтен еквивалент е мерна единица за енергия: количеството енергия, което се отделя при изгарянето на 1 тон нефт е приблизително 42 GJ.                                                                                                                                                                         |
| Общо твърдо вещество (Сухо вещество): | Остатък след изпарението на водата и изсушаване.                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Основа:                               | Основата е химично съединение, което във воден разтвор има pH по-високо от 7.0.                                                                                                                                                                                                                                     |
| Отпадъчна биомаса:                    | Естествена органична материя, получена като отпадък от основни производства. Отпадъчната биомаса включва дървесни отпадъци и дървесни стърготини, листна и стеблена биомаса от селскостопански култури, треви, животински отпадъци, отпадъци от животновъдството, водни растения, общински и индустриални отпадъци. |
| Отпадъци от производството на биогаз: | Течности или газове, получени от микробиологичен процес или от химичен реактор, обикновено съдържат вторичната биомаса от процеса на анаеробното разграждане.                                                                                                                                                       |
| pH:                                   | Израз на основните или киселинните свойства на течностите. Стойностите са в диапазона от 0-14, където 0 е най-киселинна, а 14 е най-основна, 7 е неутрална.                                                                                                                                                         |
| Парников ефект:                       | Повишаване на температурата на приземния въздух в следствие на образуване на екран от парникови газове, които възпрепятстват отделянето в космоса на реемитираните от Земята термални инфрачервени лъчи.                                                                                                            |
| Парникови газове:                     | Към тях се отнасят основно водните пари, въглеродния диоксид, метана, азотните оксиди и др.                                                                                                                                                                                                                         |
| Периодично захранване:                | Процес, при който реакторът се запълва със суровина еднократно за целия процес на анаеробно разграждане с получаване на биогаз като краен продукт.                                                                                                                                                                  |
| Пилотен мащаб:                        | Намален полупромишлен мащаб, при който пропорционално са спазени размерите на реалната система.                                                                                                                                                                                                                     |
| Природни горива:                      | Твърди, течни или газообразни горива, образувани под земната повърхност преди милиони години, вследствие на химични и физични промени на растителни и животински отпадъци при                                                                                                                                       |



|                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                      | висока температура и налягане. Нефтът, природният газ и въглицата са природни горива.                                                                                                                                                                                                    |
| Работна топлина:                     | Топлината, използвана по-скоро за промишлени процеси, отколкото за отопление на сградите и за домакински нужди.                                                                                                                                                                          |
| Работно налягане:                    | Налягане в газовата система или във ферментатора при нормални условия на работа.                                                                                                                                                                                                         |
| Разграждане:                         | Виж Анаеробна биодеградация                                                                                                                                                                                                                                                              |
| CO <sub>2</sub> –еквивалент:         | CO <sub>2</sub> еквивалент е единица използвана за уеднаквяване на измерванията, например, тон за тон. Метанът е парников газ, който е с 21 пъти по-голям парников потенциал от въглеродния диоксид. Това означава, че един тон метан съответства на 21 тона CO <sub>2</sub> еквивалент. |
| Субстрат:                            | Виж Биомаса                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Суровини:                            | Всеки материал, който се преработва до друг или до продукт.                                                                                                                                                                                                                              |
| Талаш:                               | Дървен материал нарязан на къси и тънки ленти. Талашът се използва като суров материал за дървесина и талашит или като биоразградимо гориво.                                                                                                                                             |
| Термофилно разграждане:              | Разграждане на органични вещества при температура 50°-52°C. Термофилно разграждане може да се реализира и при 70°C от екстремни термофилни микроорганизми.                                                                                                                               |
| Топлообменник:                       | Устройство за ефективен трансфер на топлина от един флуид до друг, независимо от това дали флуидите са отделени от твърда стена, за да не се смесват, или са в директен контакт.                                                                                                         |
| Турбина:                             | Машина за конвертиране на топлинната енергия на парата или на високотемпературен газ в механична енергия. В турбината, потокът пара или газ преминава с висока скорост през радиални лопатки, свързани към централен вал.                                                                |
| Фотосинтеза:                         | Процес, при който хлорофил съдържащите клетки на зелените растения превръщат попадналата светлина в химическа енергия, задържайки въглеродния диоксид във формата на въглехидрати.                                                                                                       |
| Устойчивост:                         | Състояние на екосистемата, в което биологичното разнообразие, възобновяемостта на ресурсите и продуктивността се поддържат устойчиви във времето.                                                                                                                                        |
| Централа:                            | Съоръжение, съдържащо първични задвижващи устройства, електрически генератори и други съоръжения за производство на електроенергия.                                                                                                                                                      |
| Централизирана инсталация за биогаз: | Централно разположена инсталация за биогаз, която подлага на ко-генерация разтвори от няколко животински ферми и други подходящи суровини.                                                                                                                                               |
| Шлам:                                | Утайка, отделена от течната фаза по време на процес. Може да съдържа до 97 обемни % вода.                                                                                                                                                                                                |

## Таблица за преобразуване

|                                        |                                                              |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 1 киловат (kW)                         | = 1 000 вата (W)                                             |
| 1 мегават (MW)                         | = 1 000 kW                                                   |
| 1 гигават (GW)                         | = $1 \times 10^6$ kW                                         |
| 1 терават (TW)                         | = $1 \times 10^9$ kW                                         |
| 1 джаул (J)                            | = $1 \text{ Wsec}^{-1} = 278 \times 10^{-6} \text{ Wh}^{-1}$ |
| 1Wh                                    | = 3 600 J                                                    |
| 1 калория (cal)                        | = 4,18 J                                                     |
| 1 британска температурна единица (BTU) | = 1 055 J                                                    |
| 1 кубичен метър (m <sup>3</sup> )      | = 1 000 литра (l)                                            |
| 1 бар                                  | = 100 000 паскала (Pa)                                       |
| 1 милибар                              | = 100 Pa                                                     |
| 1 psi                                  | = 6894,76 Pa                                                 |
| 1 тор                                  | = 133,32 Pa                                                  |
| 1 милиметър живачен стълб (0°C)        | = 133,32 Pa                                                  |
| 1 хектопаскал (hPa)                    | = 100 Pa                                                     |

## Приложение 2. Литература

**Agapitidis I. and Zafiris C.** (2006). 'Energy Exploitation of Biogas: European and National perspectives'. 2<sup>nd</sup> International Conference of the Hellenic Solid Waste Management Association.

**Al Seadi, T.:** Good practice in quality management of AD residues from biogas production. Report made for the International Energy Agency, Task 24- Energy from Biological Conversion of Organic Waste. Published by IEA Bioenergy and AEA Technology Environment, Oxfordshire, United Kingdom, 2001.

**Amon, T.; et al.:** Optimierung der Methanerzeugung aus Energiepflanzen mit dem Methanenergiewertsystem Published by Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien, Austria, 2006.

**Amon, T.; Kryvoruchko, V.; Amon, B.; Moitzi, G.; Buga, S.; Lyson, D. F.; Hackl, E.; Jeremic, D.; Zollitsch, W.; Pötsch, E.:** Optimierung der Biogaserzeugung aus den Energiepflanzen Mais und Klee gras. Published by Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft, Wien, Austria, 2003

**Amon, T.; Kryvoruchko, V.; Amon, B.; Schreiner, M.:** Untersuchungen zur Wirkung von Rohglycerin aus der Biodieselerzeugung als leistungssteigerndes Zusatzmittel zur Biogaserzeugung aus Silomais, Körnermais, Rapspresskuchen und Schweinegülle. Published by Südsteirische Energie- und Eiweißerzeugung Reg.Gen.m.b.H., Mureck, Austria, 2004

**Amon, T.; Machmüller, A.; Kryvoruchko, V.; Milovanovic, D.; Hrbek, R.; Eder, M. W.; Stürmer, B.:** Optimierung der Methanausbeute aus Zuckerrüben, Silomais, Körnermais, Sonnenblumen, Ackerfutter, Getreide, Wirtschaftsdünger und Rohglycerin unter den Standortbedingungen der Steiermark. Published by Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft in collaboration with Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Wien, Graz, Austria, 2007

**Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit:** Technische Grundlage für die Beurteilung von Biogasanlagen. Published by Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, Wien, Austria, 2007

**Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (STMUGV)** (2004) Biogashandbuch Bayern. - [www.ustmugv.bayern.de](http://www.ustmugv.bayern.de)

**Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)** (2007) Biogashandbuch Bayern - Materialband. - <http://www.lfu.bayern.de/abfall/fachinformationen/biogashandbuch/index.htm>

**Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe** (2006) Handreichung Biogasgewinnung und – Nutzung. – 3. überarbeitete Auflage; Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe edt.; ISBN 3-00-014333-5

**Rutz D., Janssen R., Epp C., Helm P., Grmek M., Agrinz G., Prassl H., Sioulas K., Dzene I., Ivanov I., Dimitrova D., Georgiev K., Kulisic B., Finsterwalder T., Köttner**

**M., Volk S., Kolev N., Garvanska S., Ofiteru A., Adamescu M., Bodescu F., Al Seadi T.** (2008) The Biogas Market in Southern and Eastern Europe: Promoting Biogas by Non-technical Activities. - Proceedings of the 16th European Biomass Conference and Exhibition; Valencia, Spain; ISBN 978-88-89407-58-1

**Hornbachner, D.; Hutter, G.; Moor, D.:** Biogas-Netzeinspeisung – Rechtliche, wirtschaftliche und technische Voraussetzungen in Österreich. Published by Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien, Austria, 2005

**Kirchmeyr, F.; Kraus, J.:** Mit Biogas in das Erdgasnetz – Erste ö. Biogasaufbereitungs- und Einspeisungsanlage in Pucking. Published by ARGE Kompost & Biogas Österreich in collaboration with erdgas OÖ, Linz, Austria, 2005

**Krachler, M. M.; Dissemmond, H.; Walla, C.:** BIOGAS - eine ökologische, volks- und betriebswirtschaftliche Analyse. Published by NÖ Landesakademie Bereich Umwelt und Energie, St. Pölten, Austria, 2003

**LandesEnergieVerein Steiermark:** Bauherrnmappe Biogas  
Published by LandesEnergieVerein Steiermark, Graz, Austria, 2003

**Metcalf and Eddy, Inc.:** Wastewater Engineering: Collection, Treatment, Disposal, McGraw-Hill, New York, 1979.

**Padinger, R.; Stiglbrunner, R.; Berghold, H.; Roschitz, C.; Kleinhappl, M.; Stutterecker, W.; Kirchmayr, R.:** Biogas Pilotanlage - Teilprojekt 1 - Stoffstromanalyse im Rahmen großtechnischer Versuche sowie quantitative und qualitative Bewertung der Einsatzstoffe. Published by Joanneum Research - Institut für Energieforschung, Graz, Austria, 2006

**Petz, W.:** Auswirkungen von Biogasgülledüngung auf Bodenfauna und einige Bodeneigenschaften. Published by Amt der Oberösterreichischen Landesregierung Landesrat für Wasserwirtschaft Dr. Achatz, Hallwang, Austria, 2000

**Wolfsgruber, S.; Löffler, G.; Gross, R.:** ENERGIE AUS BIOGAS - Leitfaden für landwirtschaftliche Biogasanlagen. Published by Umwelt.Service.Salzburg in collaboration with Land Salzburg, Salzburg, Austria, 2005

**Kenarova A., Georgiev K.:** *“Микробиология и биохимия на метанообразуването”*, Екологично инженерство и опазване на околната среда, 2, 2007, 12-22

**Georgiev K., Kenarova A., Dimitrova D.:** *“Анаеробна ферментация – от теория към практика”*, VII Национална конференция “Природни науки”, Варна 2008

**Stoyanov M., B. Baykov, A. Danev:** *“Development of Technological regimes for Producing Biogas from Buffalo Dung”*, Bulgarian Journal of Agricultural Sciences, 2, 1996, 121 – 123;

**Ivan Simeonov, Dencho Denchev and Bayko Baykov:** *“Development of new technologies for production of heat and electric power from organic wastes for increasing the economic efficiency of the final products”*, Advances in Bulgarian Science, № 1, 15-24, 2006;

**Marinova S.,** *“Утайки от пречиствателни станции за отпадъчни води и правила за тяхното оползотворяване”, изд. “ПублишСайСет-Еко”, 2008*

*Иновационна стратегия за развитие на земеделието в Югозападната икономическа зона за планиране в условията на реално членство на България в Европейския съюз, за периода 2007-2013*

**Marinova S., Dilokva R.,** *“Органичното земеделие и опазване на околната среда в България”* Journal of Balkan Ecology. Vol. № 2. p. 135-139, 2004

**Marinova S.,** *Проект 52, „Технологии за използване на отпадъците от бита, промишлеността и селското стопанство в практиката”, ССА, 2007-2010*

**Marinova S., Banov M.,** *“Управление на отпадъците в Р. България и стратегия за бъдещето”,* Междунар. семинар, Холандия, 2002

**Marinova S., Dosev N.,** *“Проблеми на почистване, съхранение и използване на тора при промишлено отглеждане на преживни животни”,* Селскостоп. наука. XXVIII № 1, с. 87-93, 1990.

**Petrov P., Marinova S., и др.** *“Течен оборски тор - третиране и оползотворяване в селското стопанство”,* Земиздат, София, 1983

**Jönsson, O. et al.:** Adding gas from biomass to the gas grid. Swedish Gas Center Report SGC 118. ISSN 1102-7371. 2001.

**Meynell, P.J.:** Methane, Planning a Digester. Prism Press, Dorset, England. 1976.

**Moller, H. et al.:** Methane productivity of manure, straw and solid fractions of manure. Biomass & Bioenergy 26, pp 485-495, 2004.

**Persson, M.:** Biogas-a renewable fuel for the transport sector for the present and the future. SGC, 2007. [www.sgc.se](http://www.sgc.se)

**Preißler, D. et al.:** Anaerobic digestion of energy crops without manure addition. 35. Symposium “Actual Tasks of Agricultural Engineering”, Opatija, Croatia, S. 363-370, 2007.

**Boukis I., K. Sioulas, A. Chatziathanassiou, A. Kakaniaris and D. Mavrogiorgos (2002).** Development of networking and synergies for Anaerobic Digestion energy schemes based on agro-industrial wastes in Southern Europe. The citrus-processing industries case study. “Energy Efficiency and Agricultural Engineering” Proceedings of the Union of Scientists, Rousse-Bulgaria 2002, Volume I, 255-263. In English.

**Chatziathanassiou A., K. Sioulas, D. Mavrogiorgos, A. Veneti and I. Boukis (2002).** Stakeholders’ perceptions for Anaerobic Digestion Energy Schemes in Greece. 12th European Conference and Technology Exhibition on biomass for Energy, Industry and Climate Protection, 17-21 June 2002, Amsterdam, The Netherlands. In English.

**K. Sioulas, D. Mavrogiorgos and A. Chatziathanassiou (2003).** An assessment of social and environmental impacts and benefits associated with the development of the AnDigNet project in the 2nd International Conference on Ecological Protection of the Planet Earth, 5-8 June 2003, Sofia, Bulgaria.

**K. Sioulas, I. Boukis et.al.** “Establishment of a network of competent partners for the treatment and energy valorisation, by means of Anaerobic Digestion of the residues generated by the citrus-processing industries (AnDigNet)” IPS-1999-00042, Final Report.



## Приложение 3. Адреси на консорциума

**1. University of Southern Denmark**

**Centre for Bioenergy**

Niels Bohrs Vej 9-10

DK-6700 Esbjerg

Denmark

Tel.: (+45) 6550 4165

Fax: (+45) 6550 1091

Web: [www.sdu.dk/bio](http://www.sdu.dk/bio)

**Contact person:** Teodorita Al Seadi

e-mail: [tas@bio.sdu.dk](mailto:tas@bio.sdu.dk)

**2. WIP Renewable Energies**

Sylvensteinstr. 2

D-81369 Munich

Germany

Tel.: +49 89 720 12739

Fax: +49 89 720 12791

**Contact person:** Dipl.-Ing. DominikRutz M.Sc. and Dr. Rainer Janssen

e-mail: [dominik.rutz@wip-munich.de](mailto:dominik.rutz@wip-munich.de)

Web: [www.wip-munich.de](http://www.wip-munich.de)

**3. Finsterwalder Umwelttechnik GmbH & Co. KG**

Mailing Weg 5

83233 Bernau / Hittenkirchen

Germany

Tel.: +49 (0) 8051-65390

Telefax: +49 /0) 8051-65396

e-mail: [info@fitec.com](mailto:info@fitec.com)

Web: [www.fitec.com](http://www.fitec.com)

**Contact person:** Dipl.-Ing. Tobias Finsterwalder

**4. German Society for Sustainable Biogas and Bioenergy Utilisation (GERBIO)**

FnBB e.V. - Geschäftsstelle

Am Feuersee 8D - 74592 Kirchberg/Jagst

Germany

Tel.: + 49 (0) 7954 921 969

Fax: +49 (0) 7954 926 204

Web: [www.fnbb.org](http://www.fnbb.org)

e-mail: [office@fnbb.org](mailto:office@fnbb.org)

**Contact person:** Michael Köttner and Silke Volk

**Ing. Gerhard Agrinz GmbH**

Emmerich-Assmann-Gasse 6

A-8430 Leibnitz

Austria

Tel: +43 3452/73997-0

Fax: +43 3452/73997-9

e-mail: [office@agrinz.at](mailto:office@agrinz.at)

Web: [www.agrinz.at](http://www.agrinz.at)

**Contact person:** Mag. Heinz Ptraßl

e-mail: [prassl@agrinz.at](mailto:prassl@agrinz.at)

5. **Center for Renewable Energy Sources**  
Marathonos Ave, 19009,  
Pikermi Attiki  
Greece  
Tel.: +30210 6603300  
Fax: +30210 6603301/302  
e-mail: [cres@cres.gr](mailto:cres@cres.gr)  
**Contact person:** Konstantinos Sioulas
  
6. **“Енергопроект” АД**  
1407 София, България  
Бул. “Дж. Баучер” 51  
Тел.: +359 2 9607 800  
Факс: +359 2 8668 951  
E-mail: [office@enpro.bg](mailto:office@enpro.bg)
  
7. **“ЕАЕ Инженеринг”**  
1000 София, България  
Дружба 1, Бл. 26, Вход. 7, Ап. 141  
Тел.: +359 2 9626 995  
Факс: +359 2 9621 181  
E-mail: [office@eae-engineering.com](mailto:office@eae-engineering.com)  
**Лице за контакт:** Инж. Красин Георгиев
  
8. **Институт по почвознание “Никола Пушкиров”**  
1369 София, П.К. 1080, България  
ул. “Шосе Банкя” № 7  
Тел.: +359 2 8246 141  
Факс: +359 2 8248 937  
E-mail: [soil@mail.bg](mailto:soil@mail.bg)  
**Лице за контакт:** Проф. Светла Маринова

## Приложение 4. Полезни адреси в България

### Министерство на Икономиката и Енергетиката

Дирекция "Енергийна ефективност и опазване на околната среда"

Тел: +359 2 9263 255

Факс: +359 2 9883 216

E-mail: [e-docs@mee.government.bg](mailto:e-docs@mee.government.bg)

Ул. "Славянска" № 8

1000 София, България

website: <http://www.mi.government.bg/eng/geoterm.html>

### Министерство на Околната среда и Водите

Тел: +359 2 9406 000

Тел: +359 2 9406 006

Факс: +359 2 9885 913

E-mail: [contact@moew.government.bg](mailto:contact@moew.government.bg)

Ул. "Уилям Гладстоун" № 67

1000 София, България

website: <http://www.moew.government.bg/>

### Министерство на земеделието и храните

Тел: +359 2 985 11 199

E-mail: [minister@mzp.government.bg](mailto:minister@mzp.government.bg)

Бул. "Христо Ботев" № 55

1040 София, България

website: <http://www.mzh.government.bg/Default.aspx?lang=2&lmid=0>

### Изпълнителна Агенция по Околната Среда

Дирекция "Мониторинг на околна среда"

Тел. +359 2 940 64 74

E-mail: [regiolab\\_sofia@abv.bg](mailto:regiolab_sofia@abv.bg)

Бул. "Цар Борис III" № 136

website: <http://nfp-bg.eionet.eu.int/ncsd/bul/index.html>

### Национална асоциация по биогорива в България

Тел./Факс: +359 2 9811 890,

GSM: +359 896 634 651

E-mail: [nabf\\_bg@yahoo.com](mailto:nabf_bg@yahoo.com);

E-mail: [office@biofuelsbg.org](mailto:office@biofuelsbg.org)

Бул. "Витоша" № 25, ет. 3

1000 София, България

website: <http://www.biofuelsbg.org/index.php?loc=home&lang=bg>

### Българска Академия на Науките

Тел: +359 2 9795 223

Тел: +359 2 9795 333

Факс: +359 2 9817 262

E-mail: [office@eagle.cu.bas.bg](mailto:office@eagle.cu.bas.bg)

Ул. "15 Ноември" № 1

1040 София, България

Website: <http://www.cu.bas.bg/bg/board.html>

**Национален център за аграрни науки**

Тел: +359 2 9299 481  
Факс: +359 2 8127 514  
Е-mail: [aa@acad.bg](mailto:aa@acad.bg)  
Ул. "Суходолска" №30  
1373 София, България  
website: <http://www.ncan.info/>

**Лесотехнически университет**

Факултет по екология и ландшафтна архитектура  
Тел: +359 2 8680 235  
Тел: +359 2 9621 747  
Факс: +359 2 8622 830  
Е-mail: [bdbaykov@abv.bg](mailto:bdbaykov@abv.bg)  
Бул. "Климент Охридски" № 10  
1756 София, България  
website <http://edu.ltu.bg/typo3/>

**Тракийски университет – Стара Загора**

Аграрен факултет  
Тел: +359 042 699 300  
Тел: +359 042 699 303  
Факс: +359 042 670 942  
Е-mail: [af@uni-sz.bg](mailto:af@uni-sz.bg)  
Кв. "Студентски град"  
6000 Стара Загора, България  
website: <http://www.uni-sz.bg/>

**Кредитна линия за енергийна ефективност и възобновяеми енергийни източници за България (КЛЕЕВЕИ)**

Тел./Факс: +359 2 9880 052  
Тел./Факс: +359 2 9880 053  
Е-mail: [office@enconservices.com](mailto:office@enconservices.com)  
Ул. "Георги Раковски" № 135, Вх. 2. Ет. 5  
1000 София, България  
website: <http://www.beerecl.com/>