

Техническо ръководство за третиране на утайките от градските пречиствателни станции за отпадъчни води най-добри налични техники (НДНТ)

Този документ е разработен в рамките на проект, финансиран от:



**Министерството на околната среда, опазване на природата и ядрената безопасност на
Федерална Република Германия**

със средства по Консултативно-помощна програма за опазване на околната среда в
страните от Централна и Източна Европа, Кавказкия регион и Централна Азия.

Технически консултант по този проект е:



Федералната агенция по околна среда на Германия (Umweltbundesamt, UBA)

Авторите носят отговорност за съдържанието на тази публикация:



& Planeco Ltd.

Дата на предаване: юли 2013г.

Данни, актуални към: януари 2012г

СЪДЪРЖАНИЕ

СПИСЪК НА ИЗПОЛЗВАНИТЕ СЪКРАЩЕНИЯ	3
ВЪВЕДЕНИЕ.....	5
СТАБИЛИЗИРАНЕ НА УТАЙКИТЕ	8
Анаеробно стабилизиране	9
Аеробно стабилизиране	12
Запръстяване (Изсушителни полета).....	14
ОБЕЗВОДНЯВАНЕ.....	16
Утаителни центрофуги	17
Филтър-преси.....	18
Шнекови преси	20
СУШЕНЕ	24
Конвекционно сушене	26
Контактно сушене	29
Сушене със слънчева енергия	30
ПРЕОБРАЗУВАНЕ	33
ТЕРМИЧНО ОПОЛЗОТВОРЯВАНЕ	34
Самостоятелно изгаряне	40
Съвместно изгаряне	47
Пиролиза	48
Мобилно изгаряне / съоръжения за пиролиза	50
Газифициране	51
Съвместно изгаряне на отпадъци	52
Пречистване на пещен газ	55
БИОЛОГИЧНО ПРЕОБРАЗУВАНЕ	57
Съвместно разграждане	59
Компостиране	60
<i>Внедряване в Механично-биологичното третиране на отпадъци.....</i>	<i>63</i>
КРАЙНИ ПРОДУКТИ (ОСНОВНИ НАЧИНИ ЗА ОПОЛЗОТВОРЯВАНЕ НА УТАЙКИТЕ ПО ВРЕМЕ НА ТЯХНОТО ПРЕОБРАЗУВАНЕ ИЛИ СЛЕД ПРЕДВАРИТЕЛНАТА ИМ ОБРАБОТКА)	65
Оползотворяване на фосфора.....	65
Вторично гориво.....	69
Получаване на енергия	70
Оползотворяване чрез възстановяване на нарушени терени	71
Оползотворяване в земеделието	72
Обезвреждане чрез депониране	73
<i>ОСНОВНИ ИЗТОЧНИЦИ.....</i>	<i>74</i>
<i>ДОКУМЕНТИ, ПРЕДСТАВЛЯВАЩИ ДОПЪЛНИТЕЛЕН ИНТЕРЕС.....</i>	<i>74</i>

СПИСЪК НА ИЗПОЛЗВАНИТЕ СЪКРАЩЕНИЯ

°C	Градус Целзий
µg	Микрограм
BREF	Технически ръководства за най- добрите налични техники
BREF TCI	Техническо ръководство за най-добрите налични техники за третиране на отпадъчни води и свързаните с тях емисии / системи за управление в химическия сектор
BREF WI	Техническо ръководство за най-добрите налични техники за изгаряне на отпадъците
BREF WT	Техническо ръководство за най-добрите налични техники за третиране на отпадъците
DAS	Двуамониев сулфат
EC	Европейски съюз
g	Грам
H ₂ O	Дихидроген монооксид или вода (молекулна формула)
kg	Килограм
kJ	Килоджаул
kWh _{therm}	Киловатчас топлинна енергия
l	Литър
m	Метър
m ²	Квадратен метър
m ³	Кубичен метър
MAP	Магнезиево амониев фосфат
mg	Милиграм
MJ	Мега джаул
N	Азот
NH ₄ OH	Амониев хидроксид
NO _x	Азотни оксиди
O ₂	Двуатомен кислород
P	Фосфор

PFOS	Перфлуороктан сулфонат
ppm	Части на милион
SNCR	Селективна некаталитична редукция
t	Тон
TTC	Трифенил-тетразолиев хлорид
W	Ват
Wh	Ватчас
АВОВО	Асоциация за водите, отпадъчните води и отпадъците на Германия
БПК	Биохимично потребен кислород
год.	Годишно
д.	Ден
Е.ж.	Еквивалентни жители
МОСВ	Министерство на околната среда и водите на Република България
НДНТ	Най-добрите налични техники
НСПУУ	Национален стратегически план за управление на утайките в България през 2013-2020г.
ООВ	Общ органичен въглерод
О.с.в.	Органично сухо вещество
ПСОВ	Пречиствателна станция за отпадъчни води
с.в.	Сухо вещество
ТБО	Твърди битови отпадъци
ТРГ	Техническа работна група за определяне на най-добрата налична техника
ХПК	Химически потребен кислород
ч.	час

ВЪВЕДЕНИЕ

Почти всички техники за третиране на отпадъчни води имат една обща черта - образуването на твърди частици или остатъци от филтрирането или утаяването. Това позволява отделянето на замърсителя от водната среда и получаването на утайки, съдържащи вредни вещества. При условие, че тези утайки не се връщат обратно в основния процес на пречистване на отпадъчните води, те трябва да бъдат безопасно третирани на място или транспортирани за оползотворяване или обезвреждане, като съществуват различни варианти за тяхното вторично оползотворяване.

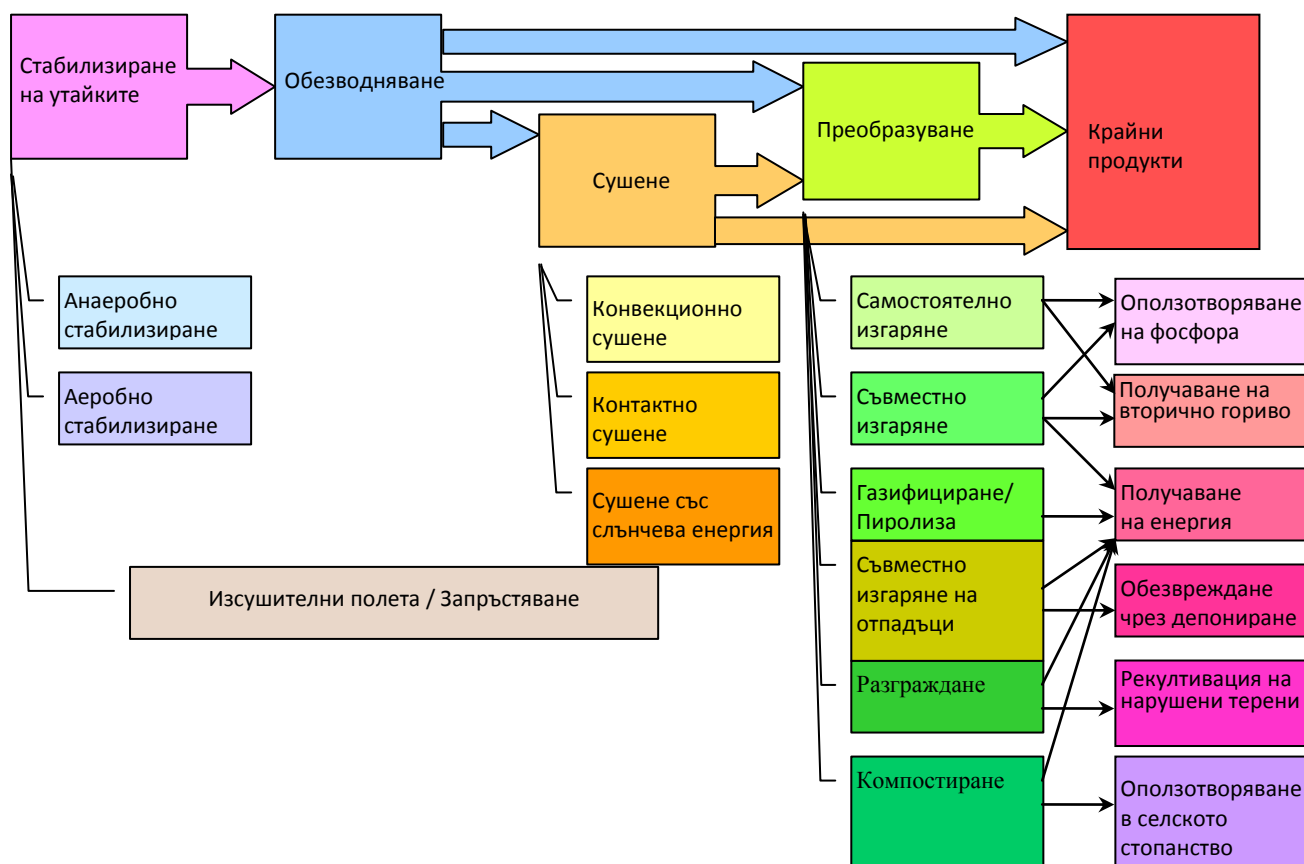
Прилагането на подходящите процеси за уплътняване, стабилизиране и обезводняване на утайките е от огромно значение за правилното им и ефикасно оползотворяване или обезвреждане. Процесите на уплътняване и обезводняване трябва да бъдат съобразени с по-нататъшното им третиране, като оптимални резултати могат да се получат единствено при използването на подходящи за това входящи материали. Преди да бъдат подложени на операции по материално оползотворяване, получаване на енергия от органичните им компоненти или предадени за крайно обезвреждане, утайките трябва да преминат през различни етапи на предварително и последващо третиране. При различните стъпки и процедури, водещи до крайното оползотворяване на утайките, могат да се използват различни комбинации от процеси.

В същото време редица ръководства и техническа документация, сред които техническите ръководства за прилагането на най-добрите налични техники (BREF), предлагат не само обща представа, но и подробна информация за най-добрите налични техники в тази област. От особено значение при третирането на утайките са следните BREF-документи:

- Техническо ръководство за НДНТ за третиране на отпадъците (BREF WT)
- Техническо ръководство за НДНТ за изгаряне на отпадъците (BREF WI), и
- Техническо ръководство за НДНТ за третиране на отпадъчни води и свързаните с тях емисии / системи за управление в химическия сектор (BREF TCI).

Тези, както и други източници на информация за методите за третиране на утайки от отпадъчни води, са анализирани при разработването на настоящото ръководство, съдържащо техники за третиране, в т.ч. и рециклиране на утайките от ПСОВ. Този документ е част от пакета документи, придружаващи Националния стратегически план за управление на утайките от градските пречиствателни станции за отпадъчни води в България (НСПУУ). Целта на настоящото ръководство е да ориентира заинтересованите страни в процесите, през които преминават утайките, генерирани в пречиствателните станции за отпадъчни води (ПСОВ), започвайки със стабилизиране на утайките и завършвайки с широкия спектър от варианти за тяхното оползотворяване. Неговата структура следва тази верига от възможни процеси и служи като ориентир при избора на подходящите техники и необходимите съоръжения. В този смисъл, настоящото ръководство има информационен, а не задължителен характер. Документът

е разработен за запознаване със прилаганите към момента на издаването му техники и не изчерпва възможните подходи, техники и технологии за третиране на утайките от пречиствателните станции.



Фиг. 1: Преглед на възможните варианти за управление на утайките

Трябва да се отбележи, че всяко от възможните приложения има своите предимства и недостатъци. Следователно, нито една техника/технология за третиране на утайки не може да претендира, че предлага “идеалното” решение. При подбора на подходящите начини и технологии за третиране на утайките е важно те да бъдат съобразени с местните условия и нужди. За съжаление, много често взимането на решения зависи от спекулативни или модни съображения и едностранчиви или неточни изчисления на разходите, при които се подценяват последващите ограничения, които от своя страна водят до незадоволителни резултати.

Третата колонка в таблицата, представяща различните техники, съдържа някои основни аспекти и данни за ползите и недостатъците на всеки един процес. Специална схема с цветове и символи ще помогне на заинтересованите страни да се ориентират бързо относно различните въздействия и засегнати области.

	положителен аспект по отношение на околната среда
	положителен ефект по отношение на енергията
	финансови предимства

	положително въздействие при експлоатация или предимство по отношение на ефикасността
	отрицателен ефект или вредно въздействие при експлоатация

В графа *‘Възможности за оптимизация’* са описани мерките, които могат допълнително да подпомогнат процеса или да подобрят неговата ефективност и/ или ефективността при прилагането му в бъдеще. Колонка *„Примерни обекти”* предоставя непълен списък с примери за използването на описаните техники на практика. Те са избрани, с оглед на това, че там могат да бъдат получени подробности относно приложението на всеки метод или да бъдат направени посещения на място, които ще са от полза за всеки, който иска да разбере повече за най-добрите практически решения при третирането на утайките.

За да може ползвателят на това Ръководство да разбере настоящите указания относно видовете техники и възможностите за оползотворяване на утайките, той трябва да е напълно наясно със съществуването на различни видове утайки, които се образуват от инсталациите за пречистване на отпадъчни води. За тази цел, първо са представени основните термини:

Обяснение на термините, свързани с утайките

Първични утайки

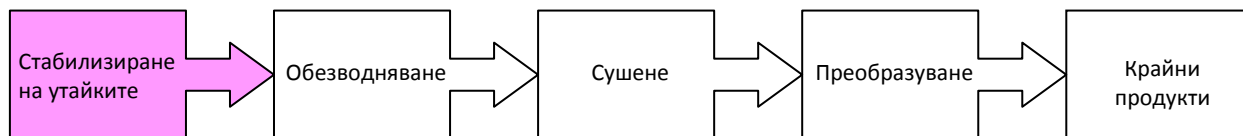
Този вид утайки се образува при механичното пречистване в резултат на физични процеси т.е. утаяване. Те представляват по-голяма част от общия обем утайки, генерирани в ПСОВ. Първичните утайки съдържат приблизително 2.5 - 3.0% твърди частици, а останалата част - 97 – 97,5%, е вода.

Рециркулиращи активни утайки

Това са утайките от биологичното третиране, които се получават заедно с излишните активни утайки. Те са част от биомасата, която се отделя по време на утаяването (междинни и вторични утайтели), от където се изважда и връща в биобасейна, за да поддържа биологичния процес в него. Те съдържат около 0.5 - 1.0% твърди частици и в края на етапа се изразходват напълно.

Излишни активни утайки (вторични утайки)

Тези утайки са резултат от биологичното третиране и се образуват заедно с рециркулиращите утайки. Те са част от биомасата, която се отделя по време на утаяването (междинни и вторични утайтели), но не е необходима за поддържането на биологичния процес в биобасейна. Излишните утайки от биологичния етап съдържат едва 0.5 - 1.0% твърди частици, което изисква увеличаване на концентрацията на микроорганизми с помощта на първични утайки за допълнителна обработка. Образуването на излишни утайки може и трябва да бъде сведено до минимум с подходящи мерки, с цел намаляване на разходите за третиране на утайките.



СТАБИЛИЗИРАНЕ НА УТАЙКИТЕ

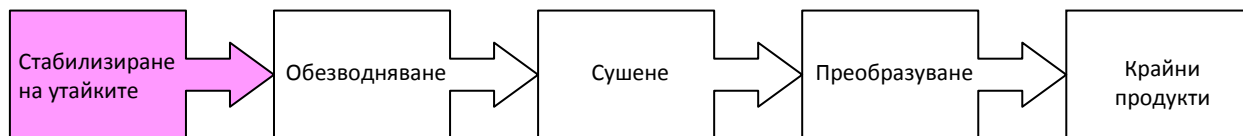
Суровите утайки от уплътнителя могат да останат нетретирани само, ако в последствие бъдат обработени в инсинератор за сурови утайки. Всички други методи изискват стабилизиране на утайките. Целите на процеса на стабилизиране на утайките са:

- стабилизиране на долния пласт;
- намаляване на количеството утайки и твърди частици;
- подобряване на характеристиките на утайките след обезводняване;
- създаване на възможност за оползотворяване на биогаз, но при значително намаляване на калоричността на стабилизираните утайки, и
- оползотворяване на получения биогаз за генериране на енергия (в газови двигатели или турбини) или топлина;
- създаване на буфер и капацитет за съхранение на утайките за третиране.

В зависимост от крайните цели са необходими различни нива на стабилизиране на утайките като обикновено се препоръчва следното:

- Стабилизирането **не е задължително**, когато утайките ще бъдат използвани в **термични процеси** или ще претърпят **биологично преобразуване** (освен ако транспорта, безопасността или опасенията от страна на операторите на съоръженията за евентуални зловонни газове не го налагат).
- Оползотворяването в **селското стопанство** (в течно или сухо състояние) изисква **напълно стабилизирани утайки**.
- Употребата им в **полутечно състояние върху земи**, особено за озеленяване, също налага използването на **напълно стабилизирани утайки**.
- Оползотворяването на утайки върху земя **след тяхното обезводняване**, за рекултивация и озеленяване, изисква те да бъдат поне **полу-стабилизирани**.
- Обезвреждането им **в депа** изисква обезводняване или сушене, както и **частично до напълно стабилизирани** утайки (в зависимост от метода).

При биологичното стабилизиране на утайките трябва да се разграничат два процеса: аеробен и анаеробен. Обикновено след третиране в метан-танкове, утайките се обезводняват по-лесно и имат малко по-високо съдържание на сухо вещество (↗ BREF WI; 2.2.3.2.3



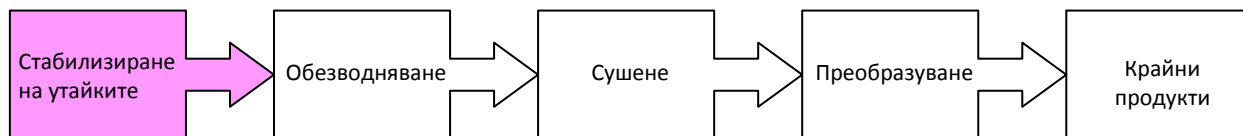
Третиране в метан-танкове, стр.31). Химичното стабилизиране, например с вар, предлага краткотрайни, а не устойчиви резултати, за разлика от биологичните процеси.

Препоръчително е всеки оператор, в зависимост от избрания начин, да анализира периодично следните параметри с цел определяне на степента на стабилизиране на утайките, която е постигнал, и проследяване на ефективността на използвания метод.

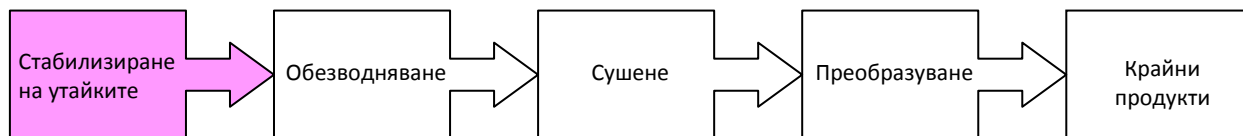
- Загуби при запалването; при стойност < 50% утайките са добре стабилизирани / 50 - 65% - частично стабилизирани / > 65% - нестабилизирани;
- Загуба на кислород: при 0.06 kg O₂/(kg О.с.в.•д.) утайките са добре стабилизирани.

Допълнително трябва да се проведе тест за токсичните въздействия на състава на водата с 3-фенил тетразолиев хлорид (ТТС) и формазан.

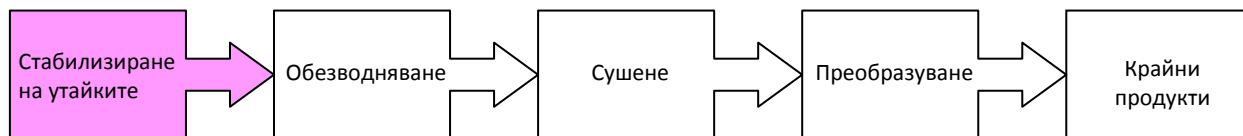
	Описание на основния процес	Фактори, които да се вземат под внимание	Примерни обекти
Анаеробно стабилизиране	<u>Разграждане:</u> Това е метод за стабилизиране на първични и вторични утайки, при който обикновено се използват метан-танкове и открити изгиватели. Активният органичен товар и количеството утайки се намаляват посредством биологично разграждане на съдържанието на органичен материал в отсъствието на кислород (анаеробно разграждане). Разграждането в метан-танкове се извършва при мезофилен (30-38°C) или термофилен (49-57°C) температурен режим и обикновено продължава 20-30 дена. - Като страничен продукт се получава метан (биологичен газ), който може да бъде използван за производството на енергия. Тя, на свой ред, може да послужи за последващо сушене на останалите утайки. - Изгнилите утайки вече не отделят миризма, тъй като първоначално съдържащите се в тях органични вещества до	🌸 Отвеждането на газовете в резултат на ферментацията на органичните вещества не позволява те свободно да преминат в атмосферата и по този начин да окажат вредно въздействие върху климата. 👍 Изгнилите утайки обикновено се обезводняват полесно, отколкото тези, които не са третирани в метан-танкове. По този начин, след механичното обезводняване, съдържанието на сухо вещество е малко по-високо.	ПСОВ с метан-танкове в София, Стара Загора и Бургас. ПСОВ с открити изгиватели в Пазарджик, Велико Търново и района на Слънчев бряг



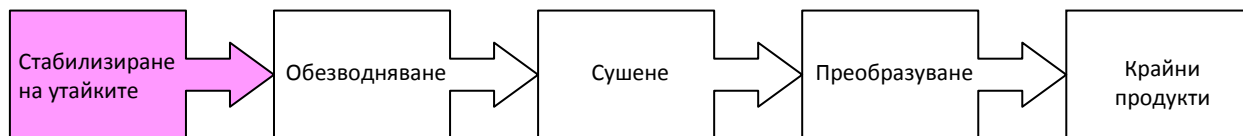
	голяма степен са разградени. Материалът не мирише и се счита за стабилизирани. Инвестиционните разходи за класически яйцевидни метан-танкове възлизат на 600-1000 евро/m³ капацитет на метан-танка. Допълнителните нужди от персонал са 8-10 часа месечно. Енергийните потоци от разграждането заедно с топлината, която се образува от горенето на утайките или биогаза, са ефикасен начин за сушене на утайките. Анаеробното разграждане преди горенето може да намали производителността, поради ниската калоричност на третираните в метан-танковете утайки. Затова в този случай се препоръчва единствено обезводняване. Комбинацията от разграждане и обезводняване в мобилни инсталации трябва да се избягва заради високото съдържание на азот във филтратата.	👍 В резултат на ефикасното разграждане на органичните вещества, количеството остатъчни утайки след третирането е с около 20% по-малко в сравнение с това при аеробното стабилизиране. 👎 Недостатъкът на този процес е, че намалява калоричността на утайките при по-нататъшното им използване за генериране на топлина.	
<i>Възможности за оптимизация:</i>	Посредством различни мерки може да бъде постигнато по-добро разграждане на материала и по този начин, намаляване на обема на утайките, както и по-голямо количество газ и по-малко шлага. Те също така влияят положително на по-нататъшното оползотворяване на утайките. Основните препоръчителни дейности са: - <i>Хомогенизиране на утайките</i> може да се постигне с въвеждането на обикновени разбъркващи елементи (като например пропелерни бъркалки), впръскване на въздух под налягане или циркуляционни помпи; двудюзови системи с ниско налягане (до 15 бара) са дори по-добри за създаването на	👍 Хомогенизирането увеличава вискозитета с до 40%, а ХПК със 130% и по този начин подобрява производството на газ с 10-30%, което на свой ред води до намаляване на нежеланите емисии на парникови газове. € Намаляват се разходите за почистване на инсталациите от флокуланти и остатъци	



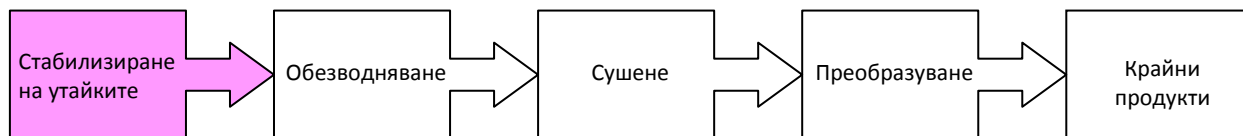
	хидродинамична турбулентност и напречни сили. Резултатите са разтваряне на едроструктурните утайки, смесване на третираните части и по-добра флуидност. В идеалния случай това се прави между системата за отвеждане на активните утайки и системата за подаване на утайки към септичния резервоар. - <i>Постоянно подаване към изгивателите</i> осигуряване на 24 – часово подаване към метан танка. - <i>Недопускане на температурни колебания</i> Температурата в метан танка не трябва да пада под 38°C и трябва да се поддържа в постоянни граници.	☞ Нагряването на метан танка с цел подобряване на процеса води до по-голям разход на електроенергия	
	<u>Дезинтеграция:</u> При този метод структурата на утайките се променя посредством механични, химични и/или термични процеси и така се улеснява биоразграждането. - <i>Химическа дезинтеграция:</i> Включва главно: –предизвикване на утаяване с помощта на железни соли, което води до намаляване на фосфора и по този начин се подобрява обезводняването, –използването на утайтели на полимерна основа, –добавянето на гасена вар/ хидратирана вар (около 20 - 35% СаО в твърдото вещество) за хигиенизиране на утайките и за стабилизиране на киселинната основа. - <i>Термична дезинтеграция:</i> Основно се прилагат термичната хидролиза или	👍 По-голямо количество газ, като в същото време значително намаляват остатъчните утайки 👍 10-50% повече биогаз поради по-добро разграждане на хидролизата ☞ Химическата дезинтеграция изкуствено увеличава обема на сухия отпадък, което може да доведе до допълнителни разходи.	ПСОВ Самоков, България
		👍 По-добро използване на капацитета и увеличен оборот, безплатен допълнителен капацитет за третиране	Хидролиза: ПСОВ Блюмелтал/ гр. Пирмасенс, Опенхайм и Долен



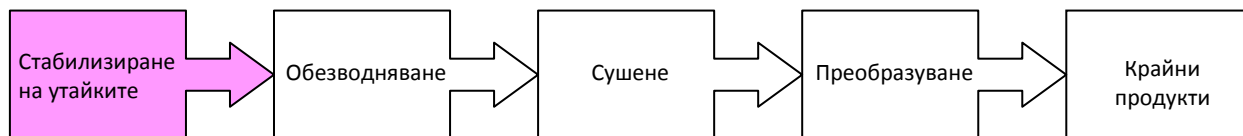
	термичната хидролиза под високо налягане. При тези процеси органичното съдържание на изгнилите утайки се разгражда от високата температура и налягането в реактор с непрекъснат цикъл на действие до биологични компоненти с къси вериги. Продуктът на хидролизата се разгражда по-бързо в метан-танковете и води до образуването на значително по-голямо количество газ. От него остава единствено малка част твърди частици, които могат да се върнат обратно за разграждане. Това може да бъде постигнато с модернизиране на вече съществуващите метан-танкове или биореактори в ПСОВ. Процесът може да се приложи преди или след метан танка. –<i>преди метан танка</i>: Първичните и излишните активни утайки се съгъстват до 6-10% с.в. и се подават към реактора под налягане като се добави топлообменна система. –<i>след метан танка</i>: Утайката се съгъства до около 10% с.в. и се подава към реактора посредством помпи с високо налягане. Първичните и излишните активни утайки, съдържащи 6-10% с.в., отиват в метан танка заедно с продукта от хидролизата.	👍 По-добри показатели при обезводняването (до 33% сух остатък) 👍 По-стабилизирано разграждане (намалява се образуването на пяна/шлака) 🌸 По-хигиенизирани изгнили утайки € Възвращаемостта на инвестицията е налице поради липсата на разходи за обезвреждането на утайките и допълнителното производство на газ 👏 Връщането на азот и фосфор се увеличава, освен ако не се приложи допълнителен процес за утаяване с магнезиево амониев фосфат (MAP) (вж. ↗ Оползотворяване на фосфора)	Селц в Ингелхайм цяла Германия
Аеробно стабилизиране	<u>Аеробно стабилизиране на утайките:</u> Микроорганизмите, които се съдържат в утайките се стимулират посредством подавания кислород и почти цялата налична органична материя се превръща в минерални и хумусоподобни крайни продукти. Стимулирането на активността на микроорганизмите и по-нататъшното	👏 Този процес изисква много електроенергия, което налага използването на допълнително количество за реакцията.	



	стабилизиране се постигат в басейни, които се аерират по различен начин: центробежно аериране, въртящи се четки, вентилатори или други вентилационни съоръжения, като например, мембранни дифузори.		
Възможности за оптимизация:	<u>Нитрифициране посредством каскадна система:</u> Отпадъчните води и активирани утайки трябва да преминат през няколко последователни басейна. Амониите йони се окисляват от бактериите с помощта на кислород, първо до нитрит, а след това до нитрат и вече се превръщат в не токсични (окислен азот). Добре е да се съчетае с предварително отстраняване на азота. - В първия басейн за отстраняване на азот, органичният азот се превръща в молекулен азот, който преминава в атмосферата (денитрификация). Рециркулиращите активни утайки са главната среда, която трябва да бъде третирана. Цялостното намаляване на концентрацията на азот подпомага процеса на стабилизиране. - В следващите етапи на денитрификацията (в стъпаловидно разположени басейни) количеството азот, образувало се в предходните нитрификационни басейни, се намалява по същия начин. Практиката показва, че инсталациите с 2-4 стъпаловидно разположени басейна са най-ефективни. Техническото предимство на това решение не е в резултат на каскадата, а благодарение на начина, по който се разпределя притока на отпадъчни води в нея.	⚡ Позволява да се спести електроенергия, за разлика от станциите със същия първоначален капацитет 👍 Помага да се увеличи капацитета на съществуващите системи с едновременно аеробно стабилизиране, внезапните повишения и колебанията в притока се компенсират по-добре при каскадната система 👉 Малко по-високи разходи за разпределянето на потока и за справяне с различните критични ситуации във всеки един басейн от системата	ПСОВ Силщедт, Саксония-Анхалт ПСОВ Ленещедт-Гревенбрюк, Нордрайн-Вестфалия и в цяла Германия



Запръстяване (Изсушителни полета)	Представява почти естествен метод за бавно обезводняване и стабилизиране на утайките до тяхната минерализация. Те се превръщат в материя, наподобяваща пластове пръст, която се отвежда и оставя да престои в конструирани блата или лагуни. Намаляването на първоначалния обем на утайките до около 90-95% отнема доста време. Дехидратирането се постига чрез изпаряване и благодарение на гравитацията. Изграждат се басейни с бетонови стени или със земнонаситни диги с дренажни ивици. По принцип, басейните за обикновено стабилизиране и сушене (пълнят се до 0.5 m височина) се чистят 1-3 пъти в годината. Когато сушенето е по-продължително, те се напълват повече (>1m). Процесите, в които смес от различни материали, включително утайки се натрупва на редове и се оставя на открито за компостиране, спадат към същата категория. В зависимост от метода, поетапно могат да се използват структурен материал, минерални вещества и различни добавки. При биологичния процес за съвместното третиране на утайките с неорганични и органични вещества се използват изкопани земни маси, други биогенни отпадъци, замърсени почви и утайки, съдържащи фибри. Необходимото пространство за почвообразуване в непълен басейн с дълбочина 1.5-1.7m (без дренажната конструкция) е приблизително 0.25 m²/е.ж. за аеробно стабилизиране на утайки и 0.5m²/е.ж., когато те са анаеробно стабилизиране. Общото време за експлоатация до първото основно почистване на въпросния басейн е от 5 до 10 години.	⚡ Много нисък разход на енергия (само около 10 % от потреблението, което се изисква за механичното обезводняване) € Ниски експлоатационни разходи, например няма разходи за разбъркване 🕒 Изисква се голямо пространство и много време.	ПСОВ, например в Разлог, Обзор, Поповец и Зимовина – цяла България
Възможности за оптимизация:	<u>Конструирани блата или лагуни:</u> Вместо изсушителни полета може да се проектират и конструират блата с основа от пясък или дребен чакъл. Те се	🌱 По-висока степен на стабилизация на утайките в дългосрочен план, в сравнение с	Завод за вторично почвообразуване в Нордерней,



	използват за изсушаване на утайките. Обезводняването се извършва от растенията, които се нуждаят от вода. Порите на филтриращия материал служат и като среда за развитие на микроорганизмите, които пречистват отпадъчните води. Голямо предимство имат конструираните блата, засети с тръстика (например, <i>Phragmites australis</i>), тъй като, освен по-висока степен на обезводняване (намаляване на обема), те осигуряват и повишено разграждане на замърсителите. Всички органични компоненти в утайките се разграждат до повече от 50%. Тръстиката трябва да е гъсто засята, 4-5 стъбла/m². Тръстиковите полета могат да се използват 20-25 години без да се почистват. Излишният филтрат, обаче, трябва да се върне посредством дренажна система в ПСОВ. Приблизителната инвестиция за изграждане на такъв тип инсталация в Германия е 60 евро /m² третирана площ (с всички съоръжения включително)	аеробното третиране, и производство на използвана биомаса 👍 Голяма гъвкавост по отношение на - захранването (особено подходящ за области със силно променлив обем на утайките) - възможности за последващо използване на остатъците от процеса (оползотворяването върху земя според търсенето)	Шлезвиг-Холщайн/Хунсрюк, Рейнланд-Палатинате, ПСОВ Айбелсхаузен, Хесен цяла Германия
	Създаването и използването на <u>допълнителни басейни за съхранение</u> с цел отделяне на утайките през периода от ноември до април, за да се предотвратят проблеми, свързани с подаването им през зимата (замръзването на басейните не позволява на новопостъпилите утайки да се обезводнят достатъчно, което през пролетта води до риск от разграждане в междинния слой течност и образуване на силни миризми).		



ОБЕЗВОДНЯВАНЕ

За по-нататъшната употреба на утайките и в частност, за ефикасното им транспортиране, е необходимо да се намали значително тяхното водно съдържание. Първият технически етап, който не е просто уплътняване на утайките в ПСОВ, е обезводняването. При този процес се увеличава съдържанието на сухо вещество в тях и чрез филтриране с филтърни платна/ центрофуги или филтър-преси се получава твърд кек. Посредством механично налягане и физични процеси от утайките се отделя воднист отпадъчен поток, като по този начин първоначалният обем е намален. Процесът е свързан с увеличение на топлината, което позволява независимо и икономично изгаряне. Очакванията са общите разходи за обезвреждането на утайките да се намалят в случаите, когато воднистият отпадъчен поток не изисква допълнително третиране за отделяне на замърсителите, или то е минимално.

При обезводняване по-високо от 10 % е необходима химична обработка, с цел да се улесни отделянето на водата от утайките. Това се постига с помощта на флокуланти (вж. 7 'Възможности за оптимизация').

В резултат на обезводняването се получава кек с 20 – 50 % съдържание на сухо вещество. Механичното обезводняване зависи много от избраните техники, предварителната обработка, вида и състава на утайките. Съществуват редица методи за обезводняване и изборът зависи от състава и количеството на произведените твърди частици, както и от нужния кек. Най-често за механичното обезводняване на утайки се използват машини, като утаители, центрофуги, лентови и камерни филтър-преси. Филтър-пресите и лентовите филтър-преси дават добър резултат при обезводняването, но изискват голямо пространство, някои от тях работят с прекъсвания и имат по-ниска производителност, отколкото други технологии.

Може да се направи следното приблизително разграничаване между основните използвани техники/ инсталации за обезводняване:

- Филтър (или рамковите) преси се използват, когато утайките се подават на партиди и ръчно. С филтър-пресите се получава кек, чието съдържание на сухо вещество достига 40 %.
- Лентовите филтър-преси се използват при непрекъснат процес, като филтърното платно през цялото време минава през ролките, които със сила обезводняват утайките. Те могат да произведат кек с до 35 % сухо вещество.
- Центрофугите също са подходящи за непрекъснати процеси и произвежданият от тях кек е с до 40 % съдържание на сухо вещество при определени утайки. Благодарение на центробежните сили, те са особено ефективни при разрушаването на твърдите микро частици.



На повечето места се използват филтър-преси, като след това воднистата част минава през избистряне или пневматична флотация, преди да бъде отведена. Излишните твърди частици се връщат за третиране. (↗BREF WT; 2.3.3.6 Обезводняване, стр.68ff.).

Енергийните разходи за увеличаване съдържанието на сухо вещество от 5% до 35% са приблизително 3-5 kWh_{ел.} на kg H₂O за дренажната инсталация.

	Описание на основния процес	Фактори, които да се вземат под внимание	Примерни обекти
Утаителни центрофуги	Утаителните центрофуги са машини, които отделят твърдите от течните фази в един единствен процес посредством бързото въртене на суспензията в барабана. Центробежната сила разделя различните фази и отвежда излишната течност. Утаителните центрофуги се използват, когато твърдите частици са с много по-голямо относително тегло, отколкото водата. Направляващи прегради вътре в тях определят правилния поток на отделените фази и не позволяват взаимно замърсяване. Утайката, която се образува от твърдите частици, постоянно се отстранява, например посредством транспортиращ шнек, който се върти със скорост, различна от тази на барабана. Центрофугирането позволява обезводняване на утайките от около 3% до поне 25% с.в. Потреблението на електроенергия при този метод е от порядъка на 50 W/kg с.в. Експлоатационните разходи за един час работа на центрофугата започват от 20 евро. За всеки тон сух остатък от подадените към центрофугата утайки са нужни до 12 kg органични флокуланти. Крайните годишни разходи по експлоатацията, включващи изграждането/ поддръжката, възлизат на 180 евро за тон с.в.	👍 По-висока производителност в сравнение с другите методи 👍 Напречните сили ефективно разрушават твърдите микро частици. 👎 Центрофугите се износват лесно заради пясъка и други твърди неорганични частици и изразходват много електроенергия при стартиране на процеса.	ПСОВ в Пазарджик, Сопот, Бургас, Китен, Ловеч и Плевен – цяла България



<i>Възможности за оптимизация:</i>	Използването на <i>ротационна филтърна техника</i>. Тя е подобна на центрофугирането, но вътре в барабана има четки. Методът се прилага най-често за разделяне на пясък от вода и сега е доразработен за обезводняване на утайки. Недостатъкът е, че въртящият се барабан трябва да се изпразва по-често. Могат да се постигнат същите резултати на обезводняване, както с други конвенционални методи (до 28% с.в.), дори и без стабилизиране с флокуланти.	Не е необходима предварителна обработка с флокуланти. По-малко количество отделени замърсители от водата от утайките, което я прави по-натоварена със замърсители	
Филтър-преси	Във филтър пресата суспензията се притиска към филтърна преграда. Тя задържа твърдите частици и пропуска само течната част, която минава през филтъра и се събира като филтрат без твърди частици. На филтърната преграда се оформя кек. Като филтърни прегради в някои преси се използват тъкани, известни като филтърни платна, а в други – полупропускливи мембрани или плочи. При непрекъснатите процеси (рамкови преси) този кек се изважда от машината в края на процеса, когато пресата се отвори. Използването на текстилни филтър-преси изисква стабилна суспензия, която да не полепва по филтърната преграда и да не образува задръстване. В Германия крайните годишни разходи по експлоатацията, включващи построяването/ поддръжката, започват от 200-240 евро за тон с.в. <u>Листова (или камерна) филтър преса и рамкови (или мембранни) филтър-преси</u> Това са машини за обезводняване, при които се използва налягане (обикновено 60-80 фунта на квадратен инч) за отделяне на течността от течно-твърдия разтвор. Те са особено подходящи за суспензии с малко съдържание на	Техниката не е податлива на износване от пясък и други твърди неорганични частици. По-високо съдържание на твърди частици във филтърният кек и по-добро отделяне от филтърните прегради, по- добра консистенция като резултат от обезводняването По-скъп в резултат на по-голямата първоначална	Например, ПСОВ в Хасково, Златоград, Мадан, Велико Търново, Севлиево, Горна Оряховица, Попово, София, Самоков и



	твърда фаза (<2% твърди частици) или примеси от ситнеж (сито номер 200). Но по същество, те обезводняват много комбинации от суспензии с различен размер и процентно съдържание на твърди частици. Използвайки принципа на камерната филтър-преса (твърди листи от стената на камерата се притискат един към друг, след като междинната камера се напълни със суспензията), мембранните филтър-преси действат на две фази с помощта на камера и мембранни листи. През първата фаза камерите се пълнят до ниво, при което физичната сила води до обезводняване. През втората, оформилият се кек се притиска към еластични мембрани.	инвестиция (разходите по оборудването) и поддръжката	Благоевград – цяла България
	<u>Лентова филтър преса</u> Тази машина за обезводняване прилага механично налягане върху химически стабилизираната суспензия, която се притиска от двете страни от опънати ленти, минаващи през серпентина от ролки с все по-малък диаметър. Операциите на машината могат да се разделят на три основни етапа: първоначално обезводняване, където от утайките се получава гъста каша; притискане или филтриране при средно налягане, което подготвя утайките за филтрация под високо налягане; както и филтрация при високо налягане, която повишава максимално съдържанието на сухо вещество в кека. Съществуват лентови филтър-преси с три и две ленти, и удължена гравитачна двулентова конструкция. Трилентовата преса има независима зона за оттичане с по-отворена лента за по-бързо намаляване обема на водата. Моделът с удължена лента има по-дълга зона за гравитачно оттичане. Изборът на основната машина зависи от типа утайки и подаването на твърди частици. Предимството на лентовия филтър е	👍 По-бързо зареждане, по-голяма производителност в сравнение с методите с прекъснат процес на работа	



	непрекъснатата експлоатация. Обикновено лентовата филтър-преса третира суспензия с първоначално съдържание на твърди частици вариращо между 1 и 4% и произвежда кек с 12-35% съдържание на сухо вещество.		
Шнекови преси	Този метод се състои от шнеков транспортър, който се върти в цилиндрично сито с променлива скорост. Свободната вода се филтрира през отворите на преградата, докато шламът се предвижда бавно, по силата на гравитацията, по шнековата сонда към изхода. Ситото се почиства редовно с автоматично отмиващо устройство. Шнековите преси са доста нечувствителни към едър материал, заради по-голямото пространство за преминаване между шнековия транспортър и ситото. Не се образува филтърен кек и по този начин се избягва високото филтрационно съпротивление, а и не се използва много материал за предварително стабилизиране. Общата инвестиция за изграждането на обезводнителен процес с използването на шнекова преса (вкл. монтаж и тръби) се оценява на 0.11 милиона евро за една ПСОВ с 30,000 Е.ж. Потреблението на електроенергия е приблизително 10 W за kg с.в..	🌸 Сравнително тихи, нисък разход на вода за промиване ⚡ Ниско потребление на енергия 👍 Устойчивост на износване, висока експлоатационна стабилност € Оценява се като най-евтиният начин за механично обезводняване	
Мобилни версии	Мобилните версии за обезводняване на утайки използват най-много технологията на центрофугата, шнековата и рамковата преса. Обикновено мобилните съоръжения за обезводняване се предпочитат в децентрализирани ПСОВ с ниско производство на утайки, какъвто е случаят със селските райони. Нередовните количества обезводнени утайки се	🔌 Свързани са със сравнително високи разходи; ПСОВ трябва да осигури временно място за съхранение, допълнително пространство за маневри и ел. проводници с високи стойности	



	подлагат на съвместно изгаряне. Това е единственият вариант на практика за по-нататъшно топлинно оползотворяване, което от своя страна не дава възможност за оползотворяване на фосфора. Директните разходи за мобилно обезводняване при условията в Западна Европа варират от 7 до 12 евро / m³ подадени мокри утайки.  Мобилна шнекова преса Източник Huber SE в wwt 5/2011	☞ Непостоянното производство на обезводнени утайки в съответните станции ограничава възможностите за тяхното оползотворяване и за договаряне на цени за обезвреждането им.	
Възможности за оптимизация:	<u>Стабилизиране на утайките</u> Консистенцията на уплътнените утайки е от съществено значение за успешното обезводняване. Предпочитат се методите, които осигуряват идеално трошливи уплътнени утайки с добра структура и висока делителна повърхност. Повторното разреждане на филтрата или концентрата (водата от утайките) трябва да бъде сведено до минимум. При предварителната обработка на утайките, с цел постигане на по-добри резултати при обезводняването и нива на съдържание на сухо вещество >10 %, обикновено се добавят органични коагулиращи агенти или други утайтели. Трябва да се направи разграничаване между неорганичните флокуланти (железни и алуминиеви соли, вар, въглен, и др.) и органичните (органични полимери). Неорганичните вещества действат не само като флокуланти, но и като изграждащи елементи, т.е. те	⚡ Намалява потреблението на електроенергия 👍 По-ефективни обезводняване и експлоатация ☞ Солите, които се използват като флокуланти, увеличават съдържанието на пепели в утайките. ☞ Органичните флокуланти под формата на полимери почти не се разграждат и могат да бъдат вредни за водите. Затова употребата им трябва да се	ПСОВ Самоков, България



	значително увеличават съдържанието на неорганична материя, следователно, на подлежащата на изгаряне част от обезводнените утайки (пепел). Поради тази причина, за третирането на утайки се използват предимно органични вещества. (↗BREF WI; 2.2.3.2.1 Физично обезводняване, стр.29). Съществува голямо разнообразие от полимери с високо молекулно тегло, които са ефективни флокуланти и подобряват обезводняването.	ограничи. (Забележка: От 2014г. Германия ще забрани използването с комерсиална цел на тор, получена с тяхна помощ)	
	<u>Отделяне на фосфат</u> Намаляването на нивата на фосфат в утайките влияе положително на обезводняването. Съдържанието на сухо вещество при обезводняване може да се увеличи с до 5% , а при намаляване на фосфата, и повече. За премахването на фосфата могат да се използват биологични или химични процеси (напр. чрез утаяване с желязо). Най-често се прибегва до биологичните процеси, тъй като са по-евтини и по-лесни за реализация от техническа гледна точка. Недостатъкът при тях е, че фосфорът не се стабилизира, а преминава във взаимозаменяеми съединения с биологична структура, които могат да се разтворят и активират отново при различни промени в околната среда. Освен с биологично отделяне на фосфора, проблемът може да се реши и чрез специфично утаяване на фосфата, като се увеличи рН. Процесът ЕърПрекс (AirPrex) предлага един възможен подход, приложим след анаеробното стабилизиране, предхождайки обезводняването. рН се увеличава чрез обезвъздушаване и добавяне на магнезиев хлорид (например, вж. ↗www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3471.pdf).	Спестяват се полимерните флокуланти MAP (Струвит), който се утаява по време на този процес, се е доказал като потенциален продукт за торене (вж. ↗Оползотворяване на фосфора) Увеличава ефикасността на обезводняването	ПСОВ Берлин Васмансдорф, Германия



Таблица 1: Специфични параметри на различните технологии за обезводняване

Използвана технология	Производителност <i>m³ утайка/h</i>	Капацитет <i>kg с.в./h</i>	Енергиен разход <i>kWh/ m³ утайка</i>	Доза на кондициониращия агент			Максимално съдържание на с.в. %
				Ca(OH)_2 <i>kg/ m³</i>	FeCl_3 <i>kg/ m³</i>	Полимер <i>kg/t с.в.</i>	
Утайтелни центрофуги	1 - 200	20 - 6,000	1 - 1.6			8 - 12	~20 - 32
Камерна филтър преса			0.8 - 1	~15	~5 - 7.5	6 - 12	~22 - 40
Мембранна филтър преса				~3 - 4	~1 -1.5	~5	~30 - 45
Рамкова филтър преса	2 - 30	100 - 1,500	0.5 - 0.8			~6	~20 - 30
Шнекова преса	1 - 30	5 - 1,000	0.2 – 0.3			0.01	~20 - 35



СУШЕНЕ

Съществуват редица мотиви, които налагат сушене на утайките след механичното им обезводняване. Главните аргументи за използването на тази техническа възможност са:

- допълнително намаляване на количествата утайки, подлежащи на третиране,
- допълнително увеличаване на тяхната калоричност,
- допълнително стабилизиране и хигиенизиране,
- по-лесно съхраняване и транспортиране,
- елиминиране на проблемите, свързани с обработката на пастообразни вещества, съответно по-добро дозиране при по-нататъшното им оползотворяване.

Решението за сушене на утайките трябва винаги да бъде предхождано от критична икономическа оценка. Процесът може да е рентабилен, когато има излишък от топлина от други процеси или може да се използва слънчевата енергия и когато е възможно сухият продукт да бъде продаван като вторично гориво. За самостоятелно изгаряне на утайки в инсинератори, обикновено е достатъчно обезводняване на суровите утайки до 35 % съдържание на сухо вещество. Това може да бъде постигнато с помощта на механично обезводняване и не е задължително да изисква топлинно сушене. Често пъти механично изсушените утайки все още не са достатъчно сухи за изгаряне. Съдържанието на сухо вещество, необходимо за изгаряне в дадена инсталация, зависи от състава на утайките (енергийното съдържание на сухото вещество, което е свързано със съдържанието на органична материя). Това зависи не само от характеристиките на самите утайки, но и от предварителното третиране, на което те са били подложени, напр. разграждане или стабилизиране с органични или неорганични вещества. Сухите утайки представляват гранулат с ниска или средна калоричност, който може да се използва като вторично гориво, особено в електроцентрали или пещи за изпичане на цимент. Препоръчително е енергията, необходима за сушенето, да се предоставя от неизползваната топлина или от слънцето. Сушенето/по-нататъшното обезводняване на утайките се осъществява в отделни или свързани помежду си инсталации. Известни са следните методи за сушене:

- контактено сушене (например, с помощта на тънкослойна сушилня, етажна сушилня, центрофужна сушилня),
- конвекционно сушене (например, с помощта на лентова сушилня, барабанна сушилня, сушилня с флуидизиран слой, сушилня със студен въздух),
- сушене със слънчева енергия,



и комбинации от тях. Използваните методи за сушене може да се разделят на две групи:

- частично сушене, приблизително до 60 - 80 % с.в.
- пълно сушене, приблизително до 80 - 90 % с.в.

За сушенето на уплътнени утайки от 25% до 90% с.в. са необходими около 70-80 $\text{kWh}_{\text{терм}}$ на kg изпарена H_2O , при използването на контактно и конвекционно сушене.

Частичното сушене е вариант, при който може да се постигне по-ефективно сушене в следващите енергийни реактори за оползотворяване (напр. инсинератор с флуидизиран слой), в сравнение с останалите методи за сушене. Предварителното сушене трябва да се извършва само до момента, в който утайките имат положителен принос за енергийния баланс на процеса на горене.

Допълнително сушене на утайките може да се наложи при едновременното им изгаряне с битови отпадъци в инсинератори (обикновено съотношението на смесените утайки към битовия отпадък е максимум 10 % от теглото на обезводнените утайки). Топлината, необходима за процеса на сушене, обикновено се получава от изгарянето. При някои процеси, утайките, които трябва да бъдат сушени, влизат в директен контакт с топлоносителя, напр. в конвекционните сушилни или директните сушилни (лентови сушилни, сушилни с два съосни барабана, сушилни с флуидизиран слой). По време на конвекционното сушене се образуват изпарения, които представляват смес от пара, въздух и газове, отделени от утайките, а при директното сушене се образуват горещи газове като тези изпарения и газова смес трябва да бъдат пречистени. Контактните сушилни обикновено постигат ниво на съдържание на сухо вещество от порядъка на 35 - 40 %. Водата, която се е изпарила по време на сушенето, е замърсена единствено с просмукал се в нея въздух и малки количества летливи газове. Парата може да бъде почти напълно втечнена, а миризмата на оставащите инертни газове - премахната в котелната пещ. Третирането на кондензата може да се окаже сложно поради наличието на амониев хидроксид (NH_4OH) или общ органичен въглерод (ООВ).

Директните сушилни също могат да бъдат използвани индиректно посредством рецикулацията на изпаренията. В индиректните системи за сушене (напр. етажни, тънкослойни сушилни), топлината рециркулира в системата с помощта на парогенераторите и не влиза в контакт с утайките като преносът на топлина се извършва между стената на системата и самите утайки. (↗BREF WI; 2.2.3.2.2 Сушене, стр.30ff. ↗BREF WT; 2.3.3.7 Сушене при високи температури, стр.69ff.)



Алтернатива на изнесеното сушене в сушили е сушенето на утайките на място, където те се изгарят заедно с висококалорични отпадъци. В такива случаи, водата от обезводнените утайки помага да се предотвратят иначе възможните внезапни пикове на температурата, които се наблюдават при горенето на висококалорични отпадъци.

Съоръженията за сушене на утайки без подходящи устройства за почистване на изгорелия газ трябва да приемат утайки, чието съдържание на перфлуорооктан сулфонат (PFOS) не надвишава 125 µg/kg с.в. В противен случай, те трябва да бъдат изгорени веднага след обезводняването.

	Описание на основния процес	Фактори, които да се вземат под внимание	Примерни обекти
Конвекционно сушене	<u>Барабанна (или камерна) сушилня:</u> Суспензията от обезводнена утайка със съдържание на сухо вещество от порядъка на 20-35% се подава посредством подходящи механизми във въртящ се барабан. Транспортни кофи отвеждат материала от входа към вътрешността на барабана, обемът на който може да варира според характеристиките на желанния продукт. По-голямата част от сушенето се извършва в директния поток. Тук суспензията влиза в контакт с нагретия до 1000°C газ. Времето за престой в сушилната зависи от скоростта и наклона на барабана, дебита на изсушаващия газ и устройството за съхранение в края на барабана. Работният капацитет обикновено варира от 1,000 kg/h до 10,000 kg/h изпарена вода.	🔥 Топлинната ефективност е сравнително ниска, но може да бъде подобрена посредством комбинация с топлообменни системи	
<i>Възможности за оптимизация:</i>	Разработени са различни модификации за по-добра ефективност на приложението. Технологиата Комби-Драй (<i>Combi-Dry</i>) използва комбинация от изсушаващ барабан и контейнери за сушене и за техническа поддръжка. От барабана, който се затопля с поток горещ въздух, полуизсушеният продукт пада в контейнера за сушене, където с помощта на горещ въздух се осъществява крайното сушене и съдържанието му на сухо	👍 Технологиата е особено подходяща за по-малки ПСОВ с общ годишен обем от около 1,000 тона обезводнени утайки.	



	вещество достига 90 %. Оборудването предлага много компактно решение, може да се монтира на открито и не изисква специална инсталация.		
	<u>Лентова сушилня:</u> Обезводнените утайки се подават от междинното хранилище и се разпределят равномерно (слой с дебелина 4-15 cm) по цялата ширина на перфорираната лента. Обикновено тя е хоризонтална и пренася продукта през зоната на сушене, която е разделена на няколко сектора. В тези сектори изсушаващият газ минава през или над утайката. Изпарението се осъществява, когато биологично третираните утайки влязат в контакт с нагретия въздух. Всеки сектор може да се оборудва с вентилатор и топлообменник. Тази модулна конструкция позволява независим контрол на температурата за сушене в различните сектори. Така всеки сектор от сушилнята може да се контролира отделно и изсушаващият въздушен поток може да варира във всеки участък. Освен това, скоростта на транспортната лента може да се променя, което предлага допълнителен параметър при определяне времето за сушене. Секторите могат да се нагряват директно или индиректно. Също така може да се използват всякакви топлоносители, като например масло, пара, гореща вода или газ. Температурата по време на процеса варира от 120 до 150°C. Парата, която след охлаждане се превръща във вода, се отвежда. При сушене с нагорещен въздушен поток се използват вентилатори, които създават вакуум. По този начин се предотвратяват емисиите на зловонни газове и образуването на прах. Този вид сушилни работят с висок коефициент на рециркулация, което означава, че голямо количество изсушаващ въздух се връща обратно за повторно генериране на топлина.	Сравнително ниски емисии и прахообразуване По-ниско потребление на топлина (около 800 kcal/kg изпарена вода) Гъвкавост; позволява работа при големи вариации в подавания поток, особено с високо водно съдържание, което в повечето случаи надвишава капацитета на другите видове сушилни	ПСОВ Щраубинг, Бавария, Германия Станция с лентова сушилня във Вохлен, Швейцария



	Отделената от процеса газова смес, трябва да се отведе за очистка като се пречиства от прах, миризми и др. нежелани компоненти. Обикновено техническият капацитет варира от 300 kg/h до 10,000 kg/h изпарена вода. Съществуват и мобилни версии на лентовата сушилня.		
	<u>Сушилните с флуидизиран слой:</u> са подходящи за голям брой процеси за обработка на твърди вещества и течности. Те работят с нагрят въздушен поток, насочен нагоре, който флуидизира третираните твърди частици. Постига се флуидоподобно състояние на флуидизираните твърди частици и така се създават оптимални условия за сушене. Течността, която се разпръсква през дюзите, изсъхва по флуидизираната инертна материя като твърдата материя се превръща във фин прах.		
<i>Възможности за оптимизация:</i>	<u>Топлообменникът</u> може да бъде използван от ПСОВ като част от нейните съоръжения за решаване на проблема с генерирането на топлинна енергия, необходима за сушенето на утайките. Топлообменниците са технически съоръжения за ефикасен пренос на топлина от една среда в друга. Една от възможностите за ПСОВ е технологията за топлообмен посредством напречни потоци. В това устройство флуидите минават приблизително перпендикулярно един на друг през топлообменника. Топлинната енергия за сушене се осигурява от топлината на първичния въздушен поток, който се образува от вентилаторите, обслужващи биобасейните (процесът САKIR). Вентилаторите, които доставят кислорода в биобасейните, обикновено консумират най-много енергия от всички съоръжения в ПСОВ (те използват между 50 и 80 % от цялото потребление на	⚡ Възможно е да се спестят 50 % от разходите за електроенергия, необходима за постигане на същите резултати при използването на други методи.	ПСОВ Вайсах, Баден-Вюртемберг, Германия



	електроенергия в станцията). Обезводнените утайки (съдържание на сухо вещество 23 %) могат да се изсушат до 90% с.в. посредством постоянното подаване на топлината, генерирана от вентилаторите, към изсушаващите барабани.		
Контактно сушене	<u>Етажна сушилна:</u> Този вид сушилна представлява съоръжение за непрекъснато дехидратиратиране посредством индиректен контакт на топлоносителя с материала за сушене. Роторът се състои от дискове, подредени върху нагорещена хоризонтална тръба. Дисковете се загряват от пара или топлинна течност, която се инжектира във въртящата се ос и се разпределя по тях. Съвместната работа на диска, стъргалките и бъркалките осигурява оптимален пренос на топлина и бавно сушене на продукта. Технологиата РотаДиск (RotaDisc) използва дискове, които се загряват от пара. Те са монтирани върху хоризонтална ос, чието въртене осигурява постоянно разбъркване и движение на утайките през цилиндричното тяло. Четки и лопатки поддържат повърхността на дисковете чиста за влажните частици. Постоянният контакт на утайките с нагретите дискове осигурява висока топлинна ефективност. Потреблението на пара е от порядъка на 1.3 до 1.4 kg пара / kg изпарена вода.		РотаДиск (RotaDisc): ПСОВ Линетен, Дания
	<u>Тънкослойна сушилна:</u> използва хоризонтален цилиндричен статор и бързо въртящ се ротор (периферната скорост е около 30 m/s) вътре в него. Роторът има множество ножове, чиито наклон може да се регулира. Те предвижват суспензията до нагорещената стена, където се оформя тънък турбулентен слой с дебелина 3-5 mm. Благодарение на отличната му топлопроводимост, течността се изпарява бързо и се образува прахообразно, частично фино	⚡ Възможно е изразходената топлина да бъде по-малко от 800 kcal/kg изпарена вода 👍 Еднократно третиране, непрекъснат процес	



	смяляно вещество. За отвеждането му помагат позицията на ножовете и минаващият през сушилнята газ. Производителността е от 750 kg/h до 3,000 kg/h изпарена вода.		
Сушене със слънчева енергия	Този метод използва слънчевата енергия за сушене на утайките. В зависимост от избрания начин, сушенето се осъществява непрекъснато или на партии в помещения със стени и прозрачен покрив (обикновено това са вид парници). Слънчевата радиация затопля повърхността на утайките и околният въздух. Повишаването на температурата кара водните молекули да преминат във въздуха около тях. Влажният въздух трябва да бъде отведен, но, докато повърхността изсъхва, долните пластове остават мокри и трябва да се обърнат. Честото преобръщане и смесването на вече сухите с все още мокрите слоеве е най-добрият начин за постигане на оптимална производителност. Масата за сушене се подава и отвежда с подходящи съоръжения, като например, транспортъори или кофъчни товарачи. Оптималното ниво на сушене се постига при 70 % съдържание на сухо вещество, но е възможно да се постигне и 85 % с.в. В резултат от сушенето на слънце остава 20-30 % от първоначалната маса, което дава възможност за последващо оползотворяване на утайките с получаване на енергия. Те се преобразуват в зърнеста, свободно отделяща се, твърда биомаса, която е лесна за работа. Гранулите нямат миризма и, ако има разрешение за оползотворяването им в земеделието, могат да се разпръскват с обикновени машини. Също така могат да се съхраняват на купчини, в контейнери или торби и да се транспортират с камиони или с влакове в силосни контейнери. При консумирана мощност от порядъка на 1000-1100 kWh/m², което отговаря на годишната слънчева енергия в Централна	⚡ Ниско потребление на електроенергия (10-30 kWh на тон вода, отделена от първоначалния материал) 👍 Методът е напълно подходящ и като допълнително решение в области със силно променливи количества на образувалите се утайки през различните сезони, поради наличието на туристи през лятото (например Черноморските курорти). 🕒 Изисква се голямо пространство и много време (например сравнително ниска ефикасност на сушене) 🕒 Необходимо е да се осигури достатъчно резервно пространство за критичния период (от декември до февруари)	Бетембург, Люксембург Вайл ам Рейн, Баден-Вюртемберг Пенцинг Вайл, Бавария, цяла Германия



	Европа, със сушенето на слънце годишно може да се изпарят около 850 литра вода на всеки m² от помещението. Общият разход на енергия, необходима за работата на инсталациите е около 25 kWh за тон изпарена вода. Специфичната инвестиция за съоръжения за слънчево сушене варира от 280 до 400 евро /m² изсушителна площ, където на 1 m² може да се изсушат 2-6 m³ мокри утайки.	
--	--	--

Таблица 2: Технически характеристики на различните системи за сушене на утайки

Използвана технология	Топлоносител	с.в. в първоначалната утайка	с.в. в крайния продукт	Температура по време на процеса	Енергия _{ел.}	Енергия _{топлинна}	Система за възстановяване на топлината
		%	%	°C	Wh/kg H ₂ O	kJ/kg H ₂ O	
Въртяща се пещ – система за директно сушене <i>Маурер (Maurer)</i>	горивен газ	22,5	90	100-130	63	4,250	загряване на водата и въздуха
Въртяща се пещ – система за индиректно сушене <i>Елино (Elino)</i>	наситена пара	30	95	95-130	50	3,060	загряване на водата и предварително загряване на утайките
Директна/индиректна лентова система за сушене <i>Севар (Sevar)</i>	горивен газ топлинно масло	25	95	100-140	70	3,300	загряване на водата
Сушилня с флуидизиран слой (директна) <i>Сулцър (Sulzer)</i>	топлинно масло	20	95	85-115	110	2,500	загряване на водата и предварително загряване на утайките
Линейна тънкослойна	топлинно	25	90	115	70	3,000	загряване на водата



Използвана технология	Топлоносител	с.в. в първоначалната утайка	с.в. в крайния продукт	Температура по време на процеса	Енергия _{ел.}	Енергия _{топлинна}	Система за възстановяване на топлината
		%	%	°C	Wh/kg H ₂ O	kJ/kg H ₂ O	
(индиректна) система за сушене <i>Лимус (Limus)</i>	масло						
Тънкослойна (индиректна) система за сушене <i>Бъс (Buss)</i>	наситена пара топлинно масло	25	50	100-110	75	2,600	загряване на водата и предварително загряване на утайките
Сушилня Ротадиск (Rotadisc) (индиректна) <i>Сторд (Stord)</i>	наситена пара	27,5	95	115-120	125	2,900	загряване на водата и предварително загряване на утайките
Мобилна етажна сушилня (индиректна) <i>система Бабкок (Babcock)</i>	топлинно масло наситена пара	25	90	110-120	87	2,900	загряване на водата и предварително загряване на утайките
Мобилна барабанна (директна) система за сушене <i>Аман (Aman)</i>	горивен газ	25	92,5	120	112	3,000	загряване на водата
Мобилна сушилня (директна) <i>система ПКА (PKA)</i>	горивен газ горещ въздух	20	95	110-130	31	3,560	
Средна стойност					79	3,107	

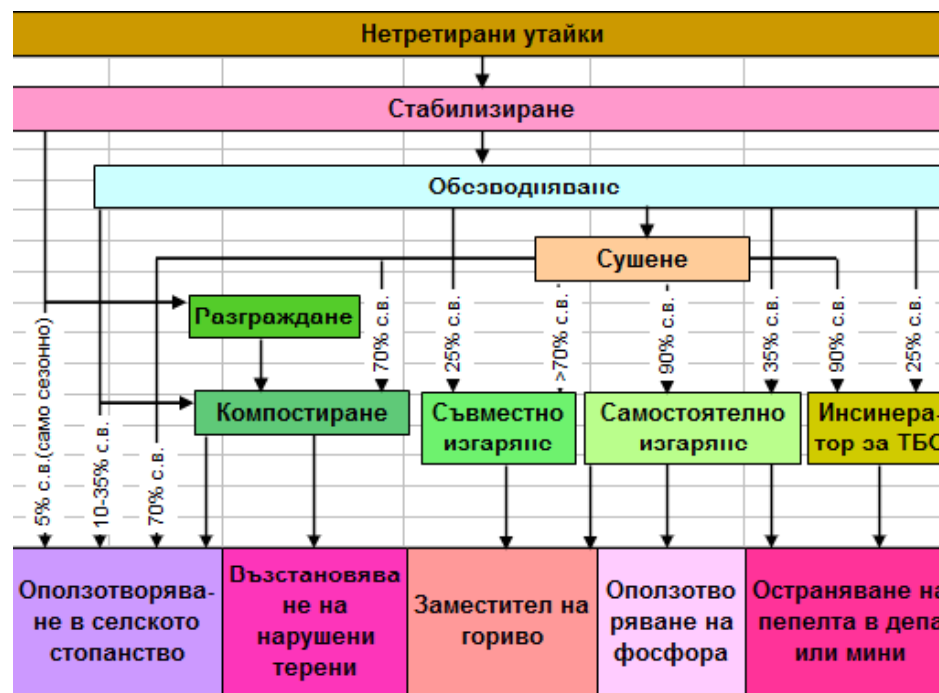
Използвани са данните, събрани от Краус, Дж. Дус. *Herstellung von Leichtzuschlagstoffen aus Klärschlamm. ISWW Technical series – том. 112 - Карлсруе 2003г.*



ПРЕОБРАЗУВАНЕ

Под преобразуване се разбира един по-широк кръг от процеси, при които утайките от отпадъчни води се трансформират с цел оползотворяване на съставките им и неутрализиране на съдържащите се в тях потенциално опасни компоненти. Процесите на преобразуване на утайките може да включват обезводняване и/или сушене като предварителна стъпка, макар че, при определени условия, те могат да се осъществят и заедно със стабилизирането (вж. диаграмата по-долу).

Процеси на преобразуване



Фиг. 2: Място на процесите на преобразуване при третирането на утайки, както и техните основни изисквания



При преобразуването утайките губят първоначалните си свойства и се използват под формата на други продукти. Затова настоящият документ завършва с представяне на наличните техники за тяхното оползотворяване. Целта на ръководството е разглеждането на основните крайни продукти, като се набляга на факта, че веригата не се прекъсва с преобразуването. Тези крайни продукти определят основните възможности за оползотворяване на утайките, макар че, до известна степен, самото оползотворяване е неразделна част от този процес. Останалите странични продукти или вторични употреби, които могат да се получат в резултат на преобразуването, няма да бъдат подробно разгледани в този документ.

За да се използват ефективно наличните начини за оползотворяване на утайките, както и възможностите за тяхното преобразуване, на ПСОВ се препоръчва да осигурят достъп до или да поддържат *хранилище*, в идеалния случай за период от една година или минимум за 3-6 месеца. Това хранилище ще позволи на операторите на ПСОВ да се справят с множеството неясни ситуации, които могат да възникнат при обезвреждането на утайките. Проблеми, свързани с продукт, който не успее да отговори на изискванията, или с отпадането на някой от потребителите на утайки, могат да ги принудят да търсят нови начини за обезвреждане или поне време, за да се обсъдят и сключат нови договори за оползотворяване. В тези случаи също са необходими места за съхранение (вж. *препоръките за съхранение във 'Възможности за оптимизация' при описанието на съответната технология*).

ТЕРМИЧНО ОПОЛЗОТВОРЯВАНЕ

Термичното оползотворяване е метод, който дава най-големи гаранции за унищожаването на потенциално опасните съставки и, по всяка вероятност, ще стане най-широко използваната алтернатива за обезвреждане на утайките, тъй като другите възможности се отхвърлят поради различни причини. Изгарянето на утайките обаче е един от най-скъпите начини за оползотворяване на утайките. Обичайните условия за процеса важат и при изгарянето на утайките.

Калоричността на утайките за самостоятелно изгаряне е от 4.8 MJ/kg до 6.5 MJ/kg. Като пределна стойност се приемат приблизително 3.5 MJ/kg утайки. Стойности между 2.2 MJ/kg и 4.8 MJ/kg утайки се наблюдават при топлинното оползотворяване на сурови утайки в инсинератори за твърди битови отпадъци (ТБО) и в процесите на съвместно изгаряне (въртящи се барабанни пещи). Нуждата от допълнително гориво може да се намали с помощта на ефикасни вътрешни системи за оползотворяване на енергията, напр. възстановяването на топлината от горивните газове за подгръване на въздуха, който се подава в горивната камера и/или за осушаване на утайките. Съставът на утайките от отпадъчните води силно варира. При изгарянето им трябва да се вземат предвид следните фактори, които са от голямо значение:



- съдържанието на сухо вещество (то обикновено варира, но влияе силно на процеса на горене),
- изгнили ли са утайките или не,
- съдържанието на вар, варовик и други стабилизиращи вещества в утайките,
- структурата на утайките като първични-, вторични-, био-утайки, и т.н.,
- образуването на зловонни миризми, особено при отвеждането им за съхранение. (№64, Коментари на ТРГ, 2003г.; №74, Коментари на ТРГ, 2004г.).

(ТРГ = Техническа работна група за определяне на Най-добрата налична техника)

Инсинераторите за самостоятелно изгаряне на утайки от отпадъчни води (**моно инсинератори**) ефективно разграждат вредните органични съединения и генерират енергия. Обикновено в ПСОВ се изграждат подобни инсталации и предимството им за оператора е, че процесите на пречистване на отпадъчните води и обезвреждане на утайките могат да се извършват независимо един от друг на територията на пречиствателната станция. Тези инсинератори по принцип работят с температури от 850 до 950°C. Температури под 850°C могат да причинят емисии с неприятни миризми, докато при над 950 °C може да се получи пепелен синтез. Най-често времето за престой на газа надвишава 2 секунди. Температурите, които се постигат по време на горене, зависят главно от калоричността и количеството на утайките, както и от нивото на кислорода. Съществуват инсинератори за утайки (най-често с флуидизиран слой), при които температурите доближават 820°C без това да влошава процеса на горене или да увеличава вредните емисии. Основното допълнително гориво за моно инсинераторите е използвано вече масло. Също така се използват течни горива, природен газ, въглища, разтворители, течни и твърди отпадъци и замърсен въздух. За изгарянето на изгнили утайки се предпочита замърсен газ. Основните причини за необходимостта от допълнителна енергия са предварителното загряване на въздуха и степента на обезводняване, която трябва да се постигне. Влиянието на стабилизиращите вещества е сравнително малко. Самостоятелното изгаряне на утайки дава възможност да се оползотвори фосфора от пепелта. Използваната система от пещи работи на принципа на различни технологични процеси. Конструкцията и вида на пещите, както и технологията на изгарянето, пречиствателните съоръжения, свързани с нея, транспорта на различните материали, всички те имат значение за емисиите, които се отделят в резултат. През последните години за самостоятелно изгаряне се предпочита технологията със стационарен флуидизиран слой. Съществуват и редица други методи, които се използват в тази област, някои от които също така се прилагат за *съвместно изгаряне в инсинераторите за битови отпадъци*. (№BREF WI; 2.3.5.11 Различни технологии за изгаряне на утайки от отпадъчни води, стр.79). В таблицата по-долу са показани основните методи



за термично третиране и областите, в които те се използват. Пазарът предлага интересни алтернативи за пещи с биомаса. Тези пещи се произвеждат в големи количества и, след незначителни промени в настройките, биха могли да се използват и за сухи гранулирани утайки.

Таблица 3: Приложение на различните методи за изгаряне на утайки и други видове отпадъци

Технологии	Утайки от отпадъчни води	Нетретирани битови отпадъци	Предварително обработени битови отпадъци и гориво, произведено от отпадъци	Опасни отпадъци	Медицински отпадъци
Движеща се напред-назад скара	Обикновено не се прилага	Широко разпространена	Широко разпространена	Обикновено не се прилага	Използва се
Подвижна скара	Обикновено не се прилага	Използва се	Използва се	Рядко се използва	Използва се
Люлееща се скара	Обикновено не се прилага	Използва се	Използва се	Рядко се използва	Използва се
Ролкова скара	Обикновено не се прилага	Използва се	Широко разпространена	Рядко се използва	Използва се
Скара, която се охлажда с вода	Обикновено не се прилага	Използва се	Използва се	Рядко се използва	Използва се
Скара и въртяща се пещ	Обикновено не се прилага	Използва се	Обикновено не се прилага	Рядко се използва	Използва се
Въртяща се пещ	Използва се	Обикновено не се прилага	Използва се	Широко разпространена	Широко разпространена
Въртяща се пещ, която се охлажда с вода	Използва се	Обикновено не се прилага	Използва се	Използва се	Използва се
Неподвижна пещ	Използва се	Обикновено не се прилага	Обикновено не се прилага	Използва се	Широко разпространена
Стационарен флуидизиран слой	Широко разпространена	Използва се	Използва се	Обикновено не се прилага	Обикновено не се прилага
Циркулиращ флуидизиран слой	Широко разпространена	Рядко се използва	Използва се	Обикновено не се прилага	Обикновено не се прилага
Кипящ-флуидизиран слой	Използва се	Рядко се използва	Използва се	Обикновено не се прилага	Обикновено не се прилага
Въртящ се флуидизиран слой	Използва се	Използва се	Използва се	Обикновено не се прилага	Използва се



Пиролиза	Рядко се използва	Рядко се използва	Рядко се използва	Рядко се използва	Рядко се използва
Газифициране	Рядко се използва	Рядко се използва	Рядко се използва	Рядко се използва	Рядко се използва
Забележка: Тази таблица взема под внимание само прилагането на технологиите в специално предназначени за това обекти. Следователно, не включва подробно описание на случаите, когато се обработват повече от един вид отпадъци.					

В следващата таблица се разглеждат основните характеристики на най-разпространените системи от пещи за самостоятелно изгаряне на утайки.

Таблица 4: Описание на основните видове пещи за самостоятелно изгаряне на утайки от отпадъчни води

	Пещ с флуидизиран слой	Пещ с много дъна	Пещ с много дъна и с флуидизиран слой	Пещ с принудителна циркулация на газ
Основна характеристики на технологията	- липсват механично движещи се части - ниска степен на износване	- не изисква предварително сушене - удължена конструкция на пещта с подвижни части - охладен кух вал	- не изисква предварително-сушене - подвижен кух вал - малък обем на флуидизирания слой	- няма механично движещи се части и не се износва бързо - липсва флуидизиран слой
Особености при експлоатацията	бърз старт и спиране с кратки периоди за загряване и охлаждане, възможна е работа с прекъсвания	дълъг период на загряване, изисква се продължителна работа	средна продължителност на времето за нагряване и охлаждане	- сравнима с флуидизирания слой - подходяща за различни видове отпадъци
Възможни експлоатационни проблеми	- уедряване - дефлуидизиране		възможни емисии на органични материали	поддържането на желаната температура
Етап на изгарянето - основни характеристики на изгарянето	- изисква се малко допълнителен въздух - пълно изгаряне единствено върху флуидизирания слой	- изгарянето се контролира трудно - не се влияе от промени в теглото на материала и от грубия му състав	- изисква се малко количество допълнителен въздух - изгарянето може да се контролира - изгарянето се осъществява във флуидизирания слой - по-голяма неподатливост	- части с твърди материали - дълги и газообразни части - кратък престой - променливо първично и вторично подаване на въздух на няколко нива



	Пещ с флуидизиран слой	Пещ с много дъна	Пещ с много дъна и с флуидизиран слой	Пещ с принудителна циркулация на газ
			спрямо промени в качеството на утайките в сравнение с пещите с флуидизиран слой	
Пепелно съдържание в пещения газ	• високо	• ниско	• високо	• високо
Отделяне на пепелта	• посредством поток от пещен газ и пясък	• директно от най-ниското ниво	• посредством поток от пещен газ и пясък	• посредством поток от пещен газ • необработена пепел на дъното
Остатъци	• пепел • флуидизиран слой	• пепел	• пепел • флуидизиран слой	• пепел • евентуална едра пепел

През последните години за обезвреждането на утайките все повече се използва **съвместното им изгаряне** в електроцентрали и промишлени пещи. Това може да става както в пещи на циментови и варови заводи, така и в електроцентрали, работещи на въглища. Повечето съоръжения за изгаряне не срещат особени проблеми при подаването и пренасянето на утайки, както и при самото изгаряне, но всички промишлени процеси трябва да са съобразени с директивата на ЕС, 2000/76/ЕИО, която има за цел да предотврати по-високи специфични емисии от съвместното изгаряне, в сравнение със самостоятелното. Това е от решаващо значение и е главната пречка, ако тези промишлени процеси не са напълно оборудвани със съответните пречиствателни съоръжения за пещен газ.

Благодарение на неорганичните си съставки, изсушените утайки, използвани в производството на цимент, могат да заменят не само изкопаемите горива, но и част от суровините, като например, пясък или желязна руда. Следователно, в циментовите заводи и съоръженията за производство на вар, утайките, използвани като вторично гориво, представляват около 15% от общото му количество. Тези предприятия предпочитат изсушени утайки със съдържание на с.в. от 90% до 95%, понеже тази степен на сушене е подходяща за ротационната пещ. Често, освен утайки, се изгарят и други отпадъци от пречиствателните съоръжения, например отпадъци от решетки



и сита и уловени мазнини. Като се има предвид, че при горенето на утайки не се отделя CO_2 , оползотворяването им като заместител на горивото, означава намаляване на квотата на оператора за въглеродни емисии. Предимствата на съвместното горене са, че в резултат от използването на утайки, са необходими по-малко конвенционални горива и суровини, както и по-малко разходи за обезвреждане на отпадъците от страна на операторите на ПСОВ и по-безопасно унищожаване на потенциално вредните органични вещества. Недостатъците са допълнителните усилия за сушене, необходимостта от транспорт и факта, че по този начин се губят хранителните съставки, които се съдържат в утайките, поради невъзможността да се оползотвори фосфора от пепелта.

Изчислено е, че за повечето електроцентрали оптималното количество утайки не трябва да надвишава 5 % от общия обем на горивото. Основните системи за запалване, които се използват за съвместното изгаряне, са впръскване на прахообразни въглища или флуидизиран слой. В първия случай утайките се вкарват през мелница за въглища, където се сушат и натрошават заедно с въглищата. По принцип, електроцентралите приемат за изгаряне само стабилизирани утайки. Използването на сурови утайки е свързано с големи трудности в манипулирането и съхраняването им, главно поради проблеми с образуването на газ и миризми, както и с обезводняването. Технически е възможно да се изгарят обезводнени и изсушени утайки. Повечето електроцентрали днес използват обезводнени утайки, чието съдържание на сухо вещество варира от 25 до 35% с.в.

Таблица 5: Характеристики на съвместното горене на утайки в електроцентрали, работещи на въглища

	Основно гориво	Вторично гориво	Използвана технология на горене
Електроцентрали, които работят на антрацитни въглища	Антрацитни въглища Съдържание на вода 7-11% Калоричност 27-30 MJ/kg	Стабилизирани и изсушени утайки (съотношението зависи от капацитета на сушене на мелницата за въглища)	прахообразни въглища изпускане на шлака и котел с циклон циркулиращ флуидизиран слой
Електроцентрали, които работят на лигнит	Лигнит Съдържание на вода 45-60% Калоричност 8.5-12.5 MJ/kg	Стабилизирани и изсушени утайки (съотношението зависи най-вече от съдържанието на тежки метали)	прахообразни въглища циркулиращ флуидизиран слой

Като последен вариант за **изгарянето на утайки заедно с други отпадъци (комбинирано изгаряне)** се явяват инсинераторите за битови отпадъци. Там, където се добавят към инсинераторите за ТБО, техниките за подаване на утайките често пъти са от голямо



значение и представляват значителна част от допълнителните инвестиционни разходи. При големи количества утайки и ограничено място за складиране, идеалното решение е с помощта на разстилаща машина през цялото време върху отпадъците в бункера да се разстилат добре оформени, предварително обезводнени утайки. Този процес може да се извършва или в бункерите за отпадъци, като утайката се пренася и смесва с промишлените и битовите отпадъци посредством гребло, или като се разстила върху хоперите, захранващи инсинераторите. Смесването в бункера за отпадъци може да стане по-ефективно с помощта на квалифициран работник на крана.

Другите методи за топлинно оползотворяване, като *пиролиза* и *газифициране*, вече са по-напред в сферата на третирането на утайките, отколкото в други области, свързани с отпадъците. Това се дължи главно на факта, че утайките са хомогенни. С другите отпадъци, които рядко представляват однородна смес, и двата процеса не са постигнали досега особен успех на пазара. И пиролизата и газифицирането представляват химическо разграждане на термично нестабилни органични вещества при температури по-ниски от тези в инсинераторите (400 - 800°C) в отсъствието на кислород или при наличието на ограничени количества от него. Газифицирането е непълното изгаряне на органична материя с образуването на синтетичен газ и на теория, това е етапът след пиролизата. Основната разлика между пиролизата и газифицирането е, че първият процес е силно ендотермичен и изисква външен източник на енергия, за да може да протече. По-нататъшното третиране на продуктите от пиролизата (допълнителното им третиране до получаването на тор или оползотворяването на хранителните им вещества) все още не е напълно разработено. Освен това, и двата процеса са свързани с големи инвестиционни и експлоатационни разходи.

	Описание на основния процес	Фактори, които да се вземат под внимание	Примерни обекти
Самостоятелно изгаряне	Инсинераторите за утайки от отпадъчни води обикновено се проектират за работа на температури между 850 и 950°C. При стойности под 850°C, е възможно да се образуват зловонни газове, докато при над 950°C се получава пепелен синтез.	☛ След горенето в остатъчния продукт има неорганични замърсители (различни тежки метали)	ПСОВ в Алтенщадт, Бавария, Германия



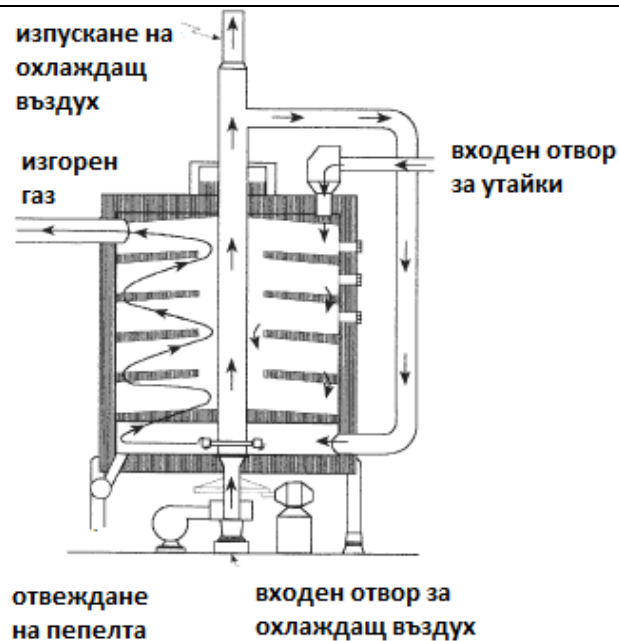
	Обикновено газът престоява повече от 2 секунди. <u>Изгаряне с флуидизиран слой</u> (<i>↗BREF WI, стр.47</i>): Инсинераторът с флуидизиран слой представлява облицована горивна камера с формата на вертикален цилиндър. В долната част върху скара или разпределяща плоча се флуидизира слой от инертен материал (например, пясък или пепел) с помощта на въздух. Изгарянето на отпадъци с флуидизиран слой е съвременна и доказано по-чиста технология, която се използва в новите инсинератори и електроцентрали. По време на горенето флуидизираните слоеве суспендират твърди горива върху насочени нагоре въздушни струи. Като резултат се образува турбулентна смес от газ и твърди вещества. Търкалящият се отпадъчен материал осигурява по-ефективни химически реакции и топлообмен. Във флуидизирания слой се осъществява сушене, изпаряване, запалване и горене. Процесът изисква първоначалният материал да е от доста малки и плътни частици и затова е особено подходящ за утайки. Изгарянето с флуидизиран слой не е толкова чувствително на промени в калоричността на отпадъците. За изгаряне на утайките се предпочитат системите с циркулиращ и неподвижен флуидизиран слой.	✿ Позволява много ефективно изгаряне на първоначалния материал при доста ниски емисии ✿ Тежките метали се свързват в малка степен само с пепелта, която, може да се използва като пълнеж в строителството или минната промишленост без да изисква много допълнителна подготовка. € Тъй като са свързани с по-малко разходи за техническо обслужване, съоръжения, персонал и ремонт, инсинераторите с флуидизиран слой са и по-евтини за експлоатация и поддръжка, отколкото останалите технологии за изгаряне. 👍 По-малка е необходимостта от премахване на азотни оксиди от пещните газове.	Електроцентрала* Вердол-Елверлингзен, Северен Рейн-Вестфалия, Германия <i>*технологията се използва за съвместно горене</i>
--	--	--	--



	<u>Стационарният флуидизиран слой</u> (<i>гBREF WI, стр.49</i>) е особено подходящ за изгаряне на нискокалорични отпадъци (от 6.5 до 13 MJ/kg). В <u>циркуляционния флуидизиран слой</u> (<i>гBREF WI, стр.51</i>) пясъкът и пепелта постоянно се отвеждат от пещта поради високата скорост на въздуха и трябва да се разделят в циклон. Високите скорости на въздуха позволяват използването на висококалорични отпадъци (от 7 до 22 MJ/kg). <u>Пещ с много дъна:</u> (<i>гBREF WI, стр.67</i>)	👍 По-голяма гъвкавост по отношение на ефективното изгаряне на утайки с различно качество (съдържание на сухо вещество и калоричност)	ПСОВ в Мюнхен-Гут Грослапен и Щайнхойле, Бавария, цяла Германия
		☹ Утайки с неподходящи характеристики могат да блокират флуидизирания слой и по този начин да увеличат риска от експлоатационни проблеми.	



	Пещта с много дъна се използва главно за утайки, при които пепелта оформя такава евтектика с материала от слой, че би причинила експлоатационни проблеми в инсинератора с флуидизиран слой. Различните процеси на горене протичат в отделните рафтове на горивната камера. Съоръжението се състои от облицован стоманен цилиндричен котел, хоризонтални слоеве и въртящ се тръбен вал с прикрепени към него бъркалки. Утайките и отпадъците от горенето се отвеждат от горната част в посока, противоположна на издигащия се поток от горещ въздух и пещен газ, и падат през отворите от едно ниво в друго.	🌸 По-високите температури (температурните разлики в горната и долната част на пещта) могат да се избегнат, което води до образуване на по-малко азотни оксиди (NO_x). 👍 Гъвкавост при приемането на различни видове утайки с променливо качество 👍 Пещите с много дъна могат да работят като се отвеждат пещените газове от най-горното ниво на сушене и след това се подават към етапа, който следва горенето. Това е предимство за местата, където вече съществуват котелни уредби, при които подаването на пещен газ в тях е улеснено.	ПСОВ Синдлинген, Хесен, Германия
--	--	--	---



☞ Тъй като изискват малко повече разходи за техническо обслужване, оборудване, персонал и поправка, пещите с много дъна са по-скъпи за експлоатация и поддръжка, отколкото инсинераторите с флуидизиран слой.

Източник: NEIWPCC

Броят на рафтовете за сушене, горене и охлаждане се определя от характеристиките на отпадъчния материал. Горивната камера обикновено се прави от шест рафта, които оформят три зони, горната за сушене, средната за истинското горене и най-долната за охлаждане. Превръщането на частиците органични утайки в CO_2 и H_2O се осъществява при температури между 850 и 950°C. Пещта може да работи със и без доизгорител, като при втория вариант горивните газове се рециркулират.

Пещ с много дъна и флуидизиран слой: (↗BREF W1, стр.70)

Тя представлява комбинация от инсинератор с много дъна и с флуидизиран слой. Технологиата включва зона за предварително



сушене и разпръскване, която може да се простира по шестте нива в горната част на пещта. Под нея се намира камерата с флуидизирания слой. 40-60% от водата, съдържаща се в утайките, се изпарява в зоната за предварително сушене. Концентрираните изпарения минават през зоната, предхождаща горенето, където се изгарят всички летливи вещества. Поради високата ефективност на предварителното сушене и горене, камерата с флуидизиран слой, която се намира след тях, може да бъде относително малка, в сравнение с тях. Равномерното изгаряне се подпомага като се подобри подаването на въздух, добавянето на пясък и изпаряването в рафтовете и във флуидизирания слой.

Пещ с принудителна циркулация на газ: (*7BREF W1, стр.72*)

Първоначално камерата с циркулация на газ е била разработена за изгарянето на кокс, извлечен от пречистването на отпадъчни газове в инсталациите за изгаряне на отпадъци, но сега се използва и за топлинно обезвреждане на утайки. Оптималният размер на частиците за запалване на горивото е между 1 и 5 mm, следователно, могат да се използват само гранули от изсушени утайки.

Горивото, под формата на гранули, се подава гравитачно посредством радиален улей към долната част на камерата за горене, която е оформена като метална фуния и се охлажда от въздух. Кислородът от атмосферата се подава в камерата за горене на различни нива: Първичният въздух влиза в пещта под ъгъл през долната част на фунията, а вторичният се впръсква на различни нива през допиращи се дюзи, разположени над мястото, от където се подава горивото. Разпределението на първичния и вторичния въздух варира според специфичните характеристики на горивото. Изгарянето на утайките изисква равномерно



	разпределение на температурата между 900 и 100°C в цялата камера. С помощта на този метод температурата на пепелта се поддържа под точката ѝ на омекване. Летящият прах се премахва от камерата за горене заедно с пещения газ. Грубите ядра циркулират в допирателния поток, докато изгорят до такава степен, че да могат да бъдат отведени като фини прахови частици. Необработената пепел, останалият кокс, или металните части се отвеждат в долната част посредством блокираща система.		
<i>Възможности за оптимизация</i>	<i>Рециклиране на възстановен амониачен разтвор в пещта</i> Сгъстените отпадъчни води от предварително частично изсушените утайки е характерна за процеса на изгаряне на утайките. Тя, обаче, не винаги се получава, тъй като парата, която се образува по време на сушенето, понякога се изпарява с пещения газ, вместо да се втечни. Това обикновено изисква голямо количество ХПК и съдържа значителни концентрации на N (главно NH₃), както и други замърсители, които първоначално са се намирали в третираните утайки. Високото съдържание на азот може да се окаже „спънка“ в третирането; в този случай е възможно да се прибегне до отстраняване на азота, въпреки вероятния риск от замърсяване и необходимостта от допълнителна енергия за протичането на процеса. Възможното решение е рециклирането в горивната камера, където възстановеният амониачен разтвор (с приблизителна концентрация 10 %) може да се използва за отстраняване на NO_x от подавания материал с метода на избирателната не-каталитична редукция (SNCR).	 Изграждането на затворен процес помага да се намали необходимостта от пречистване на генерираните отпадъчни флуиди.	



Съвместно изгаряне	Повечето горивни технологии и техники за запалване в инсинераторите за самостоятелно изгаряне на утайки, се използват и тук. Съвместното изгаряне е особено подходящо при определени промишлени процеси и превръща <u>Въртящата се пещ</u> в добро решение в тази област (<i>↗BREF WI, стр.44</i>) Въртящите се пещи представляват здрави конструкции, които могат да се използват за изгарянето на почти всякакви отпадъци, независимо от вида и състава им. Те работят с температури, които варират от около 500°C (както при газифицирането) до 1450°C. Въртящата се пещ се състои от леко наклонена цилиндрична прекъсната затворена система, която е облицована с огнеупорен материал и се запалва отвътре. Тя се върти или вибрира около хоризонталната си ос (извършва възвратно-постъпателно движение). Благодарение на гравитацията, отпадъците минават през пещта по време на въртенето. Заводите за цимент или вар обикновено използват въртящи се пещи, за да превърнат суровините в клинкер. Вътре в пещта протичат различни химически реакции и фази на образуване, които се определят от специфичните температурни интервали на подавания материал. Процесите на изпаряване на водата, дехидратиране на неорганичните вещества и калциниране се извършват последователно в тялото на пещта. Накаляването протича в окисляваща атмосфера и разгражда напълно карбонатите в подавания материал. В действителност горенето се извършва в горещия край на пещта.	☼ Високите температури в пещта ефективно унищожават вредните вещества. Остатъците от пепел, съдържащи тежки метали, се включват в клинкера, което означава, че не изискват допълнителни грижи. ☼ Позволява отчасти да се заменят конвенционалното гориво и определени суровини € Предлага начин да се намалят разходите за обезвреждане на утайките, за разлика от изгарянето им в инсинератор за битови отпадъци	Циментов завод Румеланге, Люксембург (използва изсушените на слънце утайки от Бетемборг); Завод ЦЕМЕКС Рюдерсдорф, Бранденбург; Циментови заводи Швенк в Карлсфед, Бавария и Мергелштетен, Баден-Вюртемберг, Циментов завод Холсим Легердорф, Шлезвиг-Холщайн, цяла Германия
---------------------------	---	--	---



Възможности за оптимизация	<u>Междинно съхранение</u> Не може да се очаква, че инсинераторите и съоръженията за съвместно изгаряне ще ползват утайките непрекъснато и в непроменливи количества, тъй като инсталациите преминават през профилактика и са зависими от промени в доставките и цените на горивата, което ги кара да съобразяват работата си с тях. ПСОВ, които използват тези инсинератори или съоръжения трябва да имат място за съхранение на утайките поне за период от 3 до 6 месеца, така че да компенсират времето, през което тези заводи не могат да работят в обичайния си ритъм.	☞ Съхраняването на утайките изисква много място и допълнителни структурни, организационни и логистични промени, както и подходящи мерки за безопасност.	
Пиролиза	Това е процес, който се извършва при отсъствието на кислород. По време на пиролизата се образуват пирогаз и твърд кокс. Утайките (обезводнени или изсушени) могат да бъдат съвместно третирани с части битови отпадъци. По принцип, температурата по време на пиролизата е между 400°C и 700°C. При по-ниски температури (прибл. 250°C) в известна степен протичат и други реакции. Понякога този процес се нарича термично преобразуване на утайките. <u>Пиролиза при високи температури (↗BREF WI, стр.56)</u> Пример за високотемпературна пиролиза е така нареченият процес Пиромекс (Pyromex). При него утайките се изсушават предварително, с помощта на генерирания пирогаз при	👍 Първоначалният материал почти напълно се превръща в продукти, годни за употреба, като остава много малка част отпадъци. ☞ Техники, свързани с големи инвестиции и разходи, изискват се сложни пречиствателни технологии, за да могат да бъдат използвани продуктите и някои странични продукти	Съоръжението за пиролиза в Емерих, Северен Рейн - Вестфалия (за технически изпитания) и в Нойщадт ад Вайнщрасе, Рейнланд-Палатинате, Германия



температури между 280-300°C, за да се получи 80% съдържание на сухо вещество. Образувалите се в резултат изпарения се пречистват с помощта на биофилтър и два мокри скрубера с цел намаляване на зловонните емисии. Процесът се осъществява в камера, нагрята с индукция до 1200-1700°C при отсъствието на кислород. По този начин органичният материал се преобразува количествено в СО и богат на водород газ (газообразно гориво). В резултат на този процес се получават предимно неорганични остатъци.

Пиролиза при ултра-високи температури

Използва се специален реактор, устойчив на високи температури. Този процес вече се използва, когато дневното количество утайки е 10 тона с.в. Висококалоричният пирогаз, който се получава от горните две технически схеми трябва да бъде пречистен от замърсители преди използването му в процеси за генериране на енергия (например, комбинираното генериране на топлина и енергия при горенето). Живакът е от съществено значение като замърсител и затова пирогазът трябва да бъде отведен за

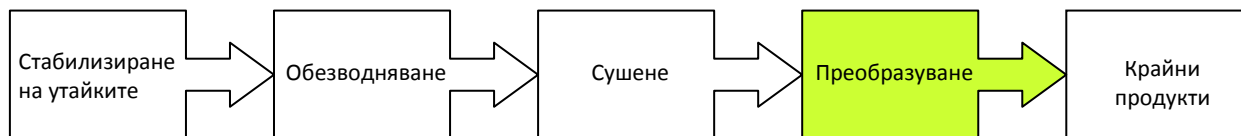
☞ Технологията все още не е широко разпространена, тъй като дългогодишната практика показва, че има недостатъци и висока себестойност.



	пречистване в скрубър. <u>Технология на преобразуване при ниски температури</u> При преобразуването на ниски температури протича термokatалитичен процес при отсъствието на кислород, с атмосферно налягане и температури между 380 - 450°C. След охлаждане, газообразните вещества (до 35 %), които се отделят при този процес, се втечняват до вода, сол и вид нефт (около 10 % течни въглеводороди). Отделянето на тази смес се осъществява в кондензатор. Малка част некондензиращи се газове излитат. Останалата субстанция (прибл. 55 %) прилича на въглища и в нея се намират всички нелетливи вещества. Газът може да се използва в самия процес за загряване на крекингпещта. Нефтоподобната субстанция, която се получава, може да служи като горивен заместител в ПСОВ, а въглищата да бъдат вторично гориво за сушенето на утайките или помощно филтърно вещество, използвано вместо активираните въглища в процеса на пречистване на отпадъчните води. Методът на преобразуването може да се приложи както за утайки, така и за други органични вещества, напр. органични отпадъци от домакинствата, маслодайни семена или животински субпродукти.	Проект ЛОТЕСОТЕС и демонстрационна инсталация в ПСОВ Минтрахинг, Бавария, Германия
Мобилно изгаряне / съоръжения за пиролиза	Мобилният инсинератор представлява система за изгаряне, която е монтирана на ремарке. Обикновено с нея се третират различни видове отпадъци, включително и утайки. Пещта при най-новите модели се състои от главна горивна камера (първична камера) и пост-горивна камера (вторична камера). Автоматизирана горелка служи за загряването на горивната камера и зависи от калоричността на подадения материал. Основните две технологии, използвани в този тип инсинератори, са циркулиращ слой или въртяща се пещ (пиролиза). Температурите на горене, между 850°C и 1200°C в пост-	👍 Гъвкавост - Може да се използва за различни видове отпадъци и на места, където количествата утайки са по-малки и не съществуват евтини алтернативи за тяхното обезвреждане. 👎 Много скъпо решение по



	горивната камера, гарантират разграждане, което е безопасно за околната среда и емисии, които не надвишават предписаните норми. На пазара се предлагат инсталации, които работят без пречистване на газовете, както и други, които имат суха пречиствателна система, отговаряща на европейските стандарти.  Източник: Wikipedia	отношение на цената за третирана единица материал ☛ Може да е трудно да се спазват ПДК на емисиите на вредни вещества от съоръжения, които не пречистват газовете.	
Газифициране	В този процес, утайките първо се загряват до около 500°C в отсъствието на кислород, докато получените газовете, които са богати на енергия, се използват във вторичната горивна камера за производството на пара. След това материалът се изгаря чрез добавяне на контролирани количества кислород. Вредните съставки, които калцинират, се включват в матрицата от неорганични гранули. Тяхната структура наподобява пясък и те могат да се съхраняват в рудни находища, както и да се използват в строителството. Стандартните технологии за газифицирането на утайките са: - неподвижен слой - (циркулиращ) флуидизиран слой (вляво на картинката по-долу) - струен слой. При обикновения газификатор (показан вдясно на картинката долу), в едно общо пространство за пиролизно газифициране и частично изгаряне се подава първоначалният материал (съдържащ до 100 % утайки или по-малко, например 50 %), парата и източникът на кислород, като например въздух.	⚡ Много ефективно по отношение на възстановяването на енергията. Енергията, която е присъща на утайките, но остава неизползвана при процесите на изгаряне, става достъпна за употреба. ☛ Биогазът, който се получава при газифициране на утайките, съдържа силно токсични вещества с концентрация от няколко хиляди части на милион, като например, циановодород, който	Съоръжения за газифициране на утайки в ПСОВ Балинген и Манхайм, и двете в Баден-Вюртемберг Германия Завод Кийосе, Япония



	Газификатор с уплътнен слой ($\nearrow$ BREF WI, p.55) се използва за газифициране на смеси от въглищни отпадъци. Съотношението на отпадъците в подавания материал е до 85%. Отпадъците влизат в реактора през входен шлюз и се превръщат в синтезен газ при температури от около 800 – 1300°C и 25 бара с помощта на пара и кислород.	произлиза от азотните съставки в утайките. ☞ Технологиата все още не е широко разпространена, тъй като дългогодишния опит показва многото ѝ недостатъци и висока себестойност.	
Възможности за оптимизация	<u>Комбинации от пиролиза и пост-газифициране</u> също се използват, за да се обединят предимствата и на двата процеса по отношение на енергийна ефективност и оползотворяване на получените продукти. Един такъв модел е използването на изсушени утайки (85 - 90% с.в.) във въртяща се пещ при температури от 600 - 700°C и директната употреба на генерирания пирогаз за нагриване.		
Съвместно изгаряне на отпадъци	Обикновените съоръжения за изгаряне на битови отпадъци могат да бъдат използвани за термично третиране на утайките, при условие, че са спазени определени процедури. За подаването им се използват следните три технологии: • сухите утайки (~90 % с.в.), под формата на прах, се вкарват с въздушна струя в пещта,	☀ Осигурява безопасен начин за унищожаване на по-голямата част от потенциално опасните съставки на утайките, обикновено касае	Заводи за изгаряне на отпадъци в Ла Тронш, в Динан и в Анеси, Цяла Франция Инсинератори за



	• обезводнените утайки (~20 - 30 % с.в.) се вкарват отделно през разпръсквачи в камерата за изгаряне и се разпределят върху решетката. Те се смесват с материала от слоя върху решетката при преобръщането на отпадъците върху нея. Практиката определя до 20 % маса утайки (при 25 % с.в.). Други опити са показвали, че ако процентът на утайките е прекалено висок (напр. >10 %), в шлаковата вана може да се получи високо съдържание на летлива пепел или неизгорял материал. Водното съдържание на утайките може да бъде предимство за някои инсинератори за ТБО, тъй като при впръскването им през специални дюзи, разположени на избрани места над слоя от отпадъци (най-често в зоната на горене на газа), те предоставят допълнителни средства за контролиране на температурата и могат да помогнат с първичния контрол върху NO_x. • обезводнените, изсушените или полуизсушените утайки (~50 - 60 % с.в.) се смесват с оставащите отпадъци или се подават заедно с тях в камерата за изгаряне. Това може да стане в бункера за отпадъци на определени дози с помощта на кран, или да се контролира от подаващата фуния, като обезводнените утайки се вкарват в нея с помпи или се разпростира в бункера с разстилащи системи. (№74, Коментари на ТРГ, 2004г.) Трябва да се отбележи, че горенето във флуидизиран слой се различава много от горенето на решетка, и че емисиите на азотен окис от решетката на инсинератора за ТБО с температура на вторично горене над 900 °C са незначителни (№64, Коментари на ТРГ, 2003г.).	инсталациите с най-ефективни техники и режими и най-добър контрол на емисиите ☛ Води до пълно разрушаване/ загуба на хранителните вещества в утайките, а енергията се генерира при ниска енергоефективност	битови отпадъци в Мюнхен и във Вюрцбург, Бавария, Германия
--	---	---	---



Възможности за оптимизация	Впръскването на утайките през специални дюзи, разположени на избрани места над слоя отпадъци (най-често в зоната на изгаряне на газа), може да бъде полезно в някои инсинератори за ТБО, защото водното съдържание на утайките осигурява допълнителен начин да се контролира температурата и NO _x .	✿ Намалени емисии на NO _x	
	Горещите газове се отделят от камерата при температура 900°C и минават през въртяща се пещ. Там се осъществява сушенето и горенето на обезводнените утайки (<25 % с.в.) на принципа на насрещния поток. Вентилатор връща газовете, които са се образували във въртящата се пещ, обратно в котела за следващо горене.	👍 Използването на допълнително гориво за сушенето и изгарянето на прясно обезводнените утайки може да бъде избегнато благодарение на остатъчната топлина	
	<u>Съвместно изгаряне – комбинирано с технологията ПЕК (ПЕСК) (BREF WI, стр.459)</u> В този комбиниран процес, обезводнените утайки се използват като добавка към летливата пепел, събрана от котела и електростатичния прахоуловител на инсинератора за ТБО със скарна решетка. Сместа се подава към машина за гранулиране и получените в резултат сухи гранули се обработват в реактор с флуидизиран слой, където при 900°C металите се хлорират и съгъстват чрез изпаряване. След това те напускат реактора заедно с пещения газ. С частично охлаждане в течност, тежките метали се съгъстват и филтрират. Филтрираният концентрат от тежки метали се транспортира до преработвателни заводи за цинк и олово. Добре е в процеса да се включи конвенционално съоръжение за мокро пречистване на газа.	✿ Намалява количеството летлива пепел и води до по-ниско съдържание на тежки метали в неорганичните остатъци, в сравнение с това от конвенционалните инсинератори за ТБО. Тези тежки метали се преобразуват в метални концентрати, които могат да се рециклират. € Значително се намаляват разходите за обезвреждане на остатъците от изгарянето в инсинератори за ТБО	КВА Базел, Швейцария



		☛ Изискват се по-големи инвестиционни и експлоатационни разходи за инсинератора за ТБО	
Пречистване на отпадъчен/пещен газ	Пречистването на пещения газ трябва да е задължителна част от процеса на изгаряне на отпадъци, за да се намали отделянето на вредни емисии. При пречистването на изгорелите газове в резултат на горенето на утайките, особено внимание трябва да се обърне на азотните оксиди и живака. За намаляване на азотните оксиди са необходими мерки от доказали се успешно управлявани пещи, например, поетапното горене и рецикулацията на газа (<i>⌈BREF W1, стр.111</i>). Освен това, широко разпространена е селективна некаталитична редукция (SNCR) чрез инжектиране на карбамид в пещения газ (<i>⌈BREF W1, стр.113</i>). Живакът под формата на метал се образува в пещения газ при горенето на утайки и така е по-труден за премахване, отколкото металния хлорид, който се получава при изгарянето на отпадъци. Като се добавят окислителни на йонния етап, металният живак се преобразува и по този начин може да се отдели в скрубера (<i>⌈BREF W1, стр.105</i>). За премахването на киселинни газове, като например SO₂ и HCl, се използват сухи-	☼ Намалени емисии на потенциално токсични и отровни замърсители. С впръскването на амоняк може да се постигне намаляване на азотния оксид от 100-200 mg/Nm³ до 70 mg/Nm³. ☛ Големи инвестиции и разходи, високо потребление на енергия	



	сорбционни процеси и скрубери (<i>↗BREF WI, стр.107</i>). При сухия химически метод, към изгорелия поток се прилага химически реактив, фино раздробен материал, чиито основен компонент е $(Ca(OH)_2)$. Отделянето на неизгорелите въглеводороди, диоксини и фурани се осъществява посредством абсорбиране с активен въглен. Трябва да се осигури достатъчно количество адсорбиращо вещество, за да могат безопасно да се постигнат желаните стойности на чистия газ. Използват се камери за доизгаряне с цел пълното изгаряне на органичните вещества в изгорелите газове. За отделяне на летливата пепел, ефективни се оказват циклонът (<i>↗BREF WI, стр.106</i>) и ръкавните филтри (<i>↗BREF WI, стр.105</i>) . Разходът на вода за пречистване на пещен газ от изгарянето на утайките е $15.5 \text{ m}^3 / \text{t}$ подаден материал. (<i>↗BREF WI, стр.202</i>)		
Възможности за оптимизация	Посредством неутрализация на серен диоксид с вар по време на горенето може да се намали съотношението на метален живак в изгорелите газове спрямо общото количество живак. По този начин се постига по-добро отделяне на живака (<i>↗BREF WI, стр.116</i>).	 По-ниски емисии на живак	



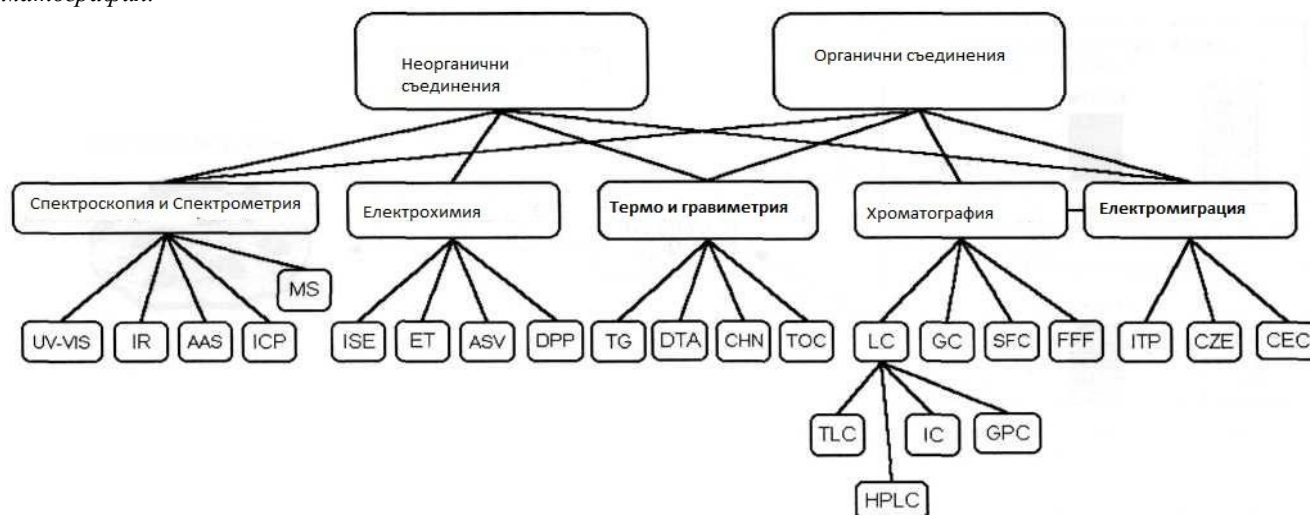
Биологично преобразуване

Утайките съдържат много хранителни вещества и органичен въглерод, които могат да бъдат полезни за растенията и почвата, но преди това те трябва да бъдат стабилизирани и превърнати в безопасен за околната среда продукт. Следователно, възможността е да бъдат **компостирани** преди да бъдат оползотворени. Обикновено утайките или остатъците след тяхното разграждане се прибавят към друг материал за компостиране в съотношения, които позволяват да се поддържат приемливи нива на замърсяване. По време на компостирането микроорганизми разграждат органичната материя при наличието на кислород и произвеждат въглероден диоксид, вода, топлина и хумус, относително стабилен органичен краен продукт. Компостът от утайки представлява стабилизирана органична тор със средно-високо съдържание на хранителни вещества, които се подават бавно и равномерно към растението и влияят положително върху баланса на хумуса в почвата. Качеството на материала и средата, както и хигиенната безопасност на крайния компост трябва да се гарантират от външен и вътрешен контрол, включващи мерки за контрол на качеството, участие в схема за гарантиране на качеството и/или в сертификационен механизъм. Редовните лабораторни анализи са важен елемент от сертификационната система при гарантирането на качеството на компоста.



Фигура 3: Преглед на аналитичните методи за анализ на компоста

където са използвани следните съкращения: AAS – Атомно абсорбционна спектрометрия, ICP – Индуктивно свързана плазма, MS – Масова спектрометрия, ISE – Йонно-избирателен електрод, ET – Електротитруване, ASV – Анодна волтамперометрия, DPP – Производна импулсна полярография, TG – Термогравиметрия, DTA – Диференциален топлинен анализ, CHN – Анализ по отделни елементи, TOC – Общо съдържание на органичен въглерод, LC – Течна хроматография, TLC – Тънкослойна хроматография, HPLC – Високоэффективна течна хроматография, GPC – Гел-проникваща хроматография, GC – Газова хроматография, SFC – Супер критична флуидна хроматография, FFF – Фракционизиране на почвения поток, ITP – Изоахофореза, CZE – Калилярна зонава електрофореза, CEC – Капилярна електрохроматография.



Източник: Kosobucki, A. Chmarzyński, B. Buszewski: Sewage Sludge Composting. в Polish Journal of Environmental Studies Том. 9, No. 4 (2000г.)

Смесени с други биоразградими отпадъци, утайките могат да бъдат подходящ първоначален материал в **процесите на разграждане**. Производството на биогаз е добре познато от първите технологии в процеса на стабилизиране на утайки. Доказано е, че смесени с други биологични материали, като например хранителни или растителни отпадъци, и третирани в съвременните био-метан-танкове, те предлагат оптимално количество биогаз, надвишаващо значително това, което би се получило при самостоятелното разграждане на отделните части. Крайният продукт, обработен до газ, който има същото качество като природния, може да се използва за много цели: да бъде гориво за превозни средства, да произвежда електроенергия, да отоплява сгради или да участва в сушенето на утайки.



	Описание на основния процес	Фактори, които да се вземат под внимание	Примерни обекти
Съвместно разграждане	Освен за стабилизиране на сурови утайки, <u>анаеробното разграждане</u> може да бъде използвано и при по-нататъшното им оползотворяване заедно с други органични отпадъци като спомагателна хранителна среда. Това трябва да бъде предшествано от предварителен енергиен анализ. С него може да се направи преценка на параметрите, свързани с техническата страна и внедряването (например, необходимото време за разграждане) и предварително да се види как да се компенсират недостатъците в състава на утайките с други или допълнителни хранителни вещества. Висококалоричните материали, като например, мазнини уловени в мазниноуловители или отпадъци от хранителновкусовата промишленост, са много подходящи за целта. За стабилно и икономично съвместно разграждане и изгниване, спомагателните хранителни вещества трябва да се договорят за дълъг период от време, поне за около 5 години. Метан-танковете, разположени на територията на ПСОВ или близо до нея, трябва да имат предимство при въвеждането на този процес, тъй като разходите за транспорт ще бъдат по-ниски. Това може да стане лесно с добавяне или модифициране на съществуващите изгниватели и съпътстваща инфраструктура (площадки за приемане, съоръжения за предварително третиране и доставка). Желателно е смесването със спомагателната хранителна среда да стане в първичния утайтел, уплътнител или директно на входа на метан-танка. (за повече подробности относно процеса, вж. главата за <i>„Стабилизиране на утайките“</i>)	 Улавянето на ферментационните газове предотвратява свободното им преминаване в атмосферата и, следователно, вредното им въздействие върху климата. € По-голямото количество биогаз, в сравнение със самостоятелното разграждане на утайки, е още една възможност за допълнителни приходи за ПСОВ  Трудно е да се постигне цялостен положителен енергиен баланс (особено в малките ПСОВ) без съвременни технически системи. (вж. <i>„Възможности за оптимизация“</i>)	ПСОВ Радеберг, Саксония, Германия



Възможности за оптимизация	С модернизация и внедряване на съвременен топлообменник, енергията от потока горещ въздух в топлоцентралите в ПСОВ може да се възстанови почти напълно. По този начин, дори и малките ПСОВ могат да си осигуряват сами почти цялото количество енергия и топлина, които са им необходими.	☀ Няма нужда от външни източници на енергия или тя е минимална.	
Компостиране	<u>Компостирането</u> е био-термичен аеробен процес, който разгражда биоорганиката от първоначално подадените материали. При него съдържанието на органична материя се намалява с около 25%. Аеробните микроорганизми и плесени са основните причинители на разлагането на частите, които могат да изгният по биологичен път, т.к. ги използват като източник на хранителни вещества и енергия. В резултат на това, една част от въглерода се свързва с клетъчната материя на микроорганизмите, а друга се освобождава в атмосферата под формата на въглероден диоксид. За период от 10 до 30 седмици (в зависимост от подадения материал и използвания метод за компостиране) може да се постигне 50-65 % намаление на общата маса. За да се унищожат патогенните организми в компоста по безопасен начин, трябва да се осигурят температури от порядъка на 55°C в продължение на най-малко две седмици или 65°C (60°C в затворени системи) за една седмица. Топлината, която се образува по време на разграждането на органичната част, намалява съдържанието на влага и допълнително стабилизира първоначалния материал. Посредством превръщането му в използваемо биологично твърдо тяло се осигурява безопасен от екологична и хигиенна гледна точка материал. По принцип, повисокото съдържание на органична материя в подадената смес води до освобождаване на повече топлина по време на компостирането.	☀ Хранителните вещества в утайките са запазени и се предлагат в безопасен вид за оползотворяване в земеделието и за рекултивация на нарушени терени. Произвежда се хумусо-подобен материал, който се използва за подобряване функциите на почвата. Патогенните организми и микробите обикновено са обезвредени и унищожени. € Намаленото съдържание на влага и по-малкият общ обем позволяват намаляване на транспортните разходи. 👍 Компостираните, биологично изсушени утайки представляват хомогенен продукт, чието съхранение не създава	Съоръжение за компостиране на утайки в Ентзоргунг-Гезелшафт Вестмюнстерланд във Вреден-Елевик, Северен Рейн-Вестфалия, Германия ПСОВ в Торун, Полша



	Обикновено за подходящ материал за компостиране се считат утайките от ГПСОВ, които не съдържат фармацевтични остатъци и концентрации на тежки метали в недопустими количества. Тогава компостирането е особено удобен метод за постигане на достатъчно хигиенизирани/ стабилизирани утайки. Тъй като суровите утайки (от първичните и вторичните утаители) съдържат повече органична материя, отколкото остатъчните продукти при разграждането, препоръчително е те да бъдат обезводнени преди компостирането. Освен всичко останало, това намалява количеството влага, което трябва да се изпари по време на процеса. За да се осъществи правилно компостирането, се изисква съотношението въглерод/ азот в подадения материал да бъде от 20:1 до 40:1, както и подходящо съдържание на влага. Оптималните стойности за бързо протичане на компостирането са 25:1 до 30:1. Трябва да се избягва прекалено голямо съдържание на азот в първоначалната смес, тъй като, свързан с органичния материал, той почти изцяло се освобождава под формата на амониев радикал в резултат на микробиологични процеси. Високите концентрации на амониеви радикали при $pH > 7$ може да доведат до нежелани емисии на амоняк. Посредством добавяне на структурни материали, които съдържат целулоза (напр. дървени стърготини, трици, дървесни кори, сухи листа), може да се осигури подходящо съотношение въглерод/ азот. Предварителното механично третиране обикновено се използва за постигане на оптимални структура и съотношение въглерод/ азот в материала за компостиране чрез комбинирането на различни органични отпадъци. В случай че подаваната смес няма необходимата пореста структура, за да се осигури достъп на въздух, към нея могат да се добавят набухватели. Различават	трудности. ☞ Компостирането на утайки води до образуването на значителни количества парникови газове и неприятни миризми. В по-голямата си част концентрациите на тежки метали и фармацевтичните отпадъци остават непроменени.	
--	---	---	--



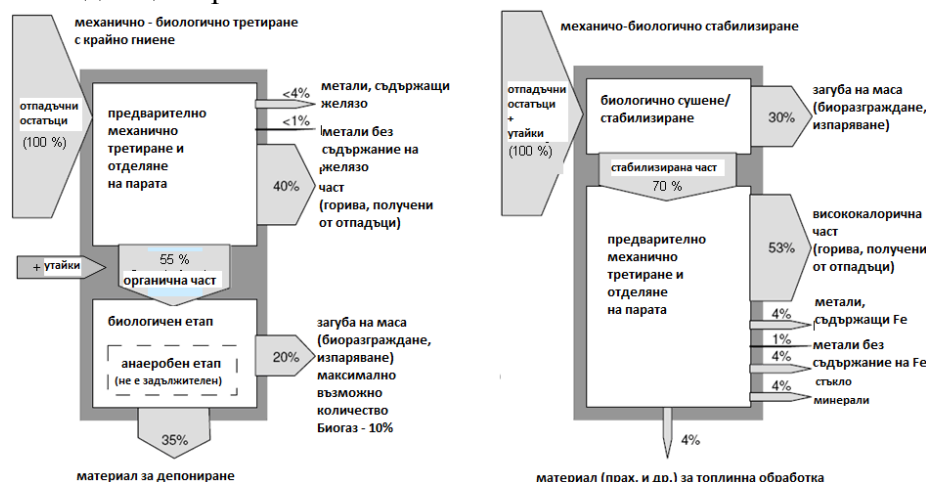
	се два основни начина на компостиране: на открито (редове или купчини) и в затворени системи. Обикновено, компостирането на редове и отвали се използва за по-големи количества, които се нуждаят от много пространство. Освен това, може да създаде проблеми с миризми и да се появят опасения за излужване. Съществуват различни методи, с които да се контролира лошата миризма, като най-предпочитаният е добавянето на негасена вар (CaO), за да се промени рН на утайките. Практиката показва, че органичната материя губи миризмата си, когато рН се повиши от типичните 5.5 - 6.5 до 10.0 - 10.5. Освен че променя рН, хидратацията на негасената вар (абсорбирането на влагата от утайките) води до освобождаване на топлина. Компостирането в закрити системи протича в затворена среда при минимален топло-обмен с атмосферата. Процесът се контролира посредством различни методи за вентилация и механично преобръщане. Тези системи са разработени така, че лошите миризми и времето за протичане на процеса да се сведат до минимум чрез контролиране на въздушния поток, температурата и концентрацията на кислород. Затворените системи дават възможност да се събират газообразните емисии, миризмите и твърдите примеси. Най-разпространените техники, които се използват са тунелни реактори, кутии за разграждане и компостиране в барабан или прекъсната затворена система. Механичната обработка е етапът, който изисква най-много енергия. Потреблението на енергия в затворените системи с интензивно гниене варира от 15 до 65 kWh/t, докато за предварителното механично третиране обикновено са нужни около 10 kWh/t. Необходимото пространство за инсталации с интензивно гниене е от порядъка на 0.2-0.3 m²/t*а. Откритите		
--	---	--	--



	системи изискват значително повече място. Необходимостта от работна сила зависи главно от капацитета на съоръжението. Готовият компост трябва да отговаря на следните условия, за да бъде стабилен и безопасен: - съотношението въглерод/ азот трябва да е по-малко от 22, за да може да се оползотвори в селското стопанство, - да не загрява повторно при температура над 20°C, когато е стабилизирал, - да съдържа ниски концентрации на тежки метали, които съответстват на международните стандарти. Събраната от компостирането течност трябва да бъде пречистена по подходящ начин.		
<i>Възможности за оптимизация</i>	<u>Съвместното компостиране на утайки</u> е процес, който често пъти се съчетава с други методи за тяхното третиране, като например, разграждане или повторно почвообразуване, където то се използва на вторичен етап.	👍 Третирането на утайки е лесно съвместимо с вече съществуващите съоръжения.	
<i>Внедряване в Механично-биологичното третиране на отпадъци</i>	Основната схема на механично-биологичното третиране (МБТ) е подобна на тази на компостирането, защото представлява комбинация от механични и биологични процеси. Съществуват много възможности за тяхното съчетаване, но винаги има механични процеси и един основен начин за биологично третиране, което намалява и стабилизира органичната материя с анаеробно-аеробни или аеробни процеси. Главната разлика е в	👍 Третирането на утайките лесно се внедрява във вече съществуващите съоръжения.	



подреждането на техническите процеси и целта на биологичното третиране. Различията се състоят в “разделянето” на отпадъците преди биологичното третиране или тяхното “стабилизиране” и последващо обработване.



☞ Само избрани инсталации (за предпочитане, използващи процесите на разграждане) могат да бъдат използвани. Технологията не е подходяща за самостоятелно третиране на утайки, тъй като те увеличават количеството вредни вещества в отпадъците, а тя не разполага с достатъчен потенциал, за да се справи с тях.

Включването на утайки в процесите на МБТ има смисъл само, когато механичното третиране се комбинира с разграждане (за генериране на енергия, *вж. 7 съвместно разграждане*) или крайният продукт е стабилизирания материал, който може да се използва като гориво от отпадъци. МБТ може да се разглежда като оптимизиран метод за обезвреждане на утайки там, където вече има изградени съоръжения за третиране на битови и промишлени отпадъци и утайките могат да бъдат добавени към процеса. МБТ само на утайки е икономически неизгодно решение.



КРАЙНИ ПРОДУКТИ (Основни начини за оползотворяване на утайките по време на тяхното преобразуване или след предварителната им обработка)

Предварителното третиране и преобразуването на утайките имат една главна цел - да намалят до минимум техния обем и рисковете при обезвреждането на утайките и да позволят тяхното използване винаги, когато това е възможно и икономически приемливо. Част от процеса на преобразуване или последната стъпка при предварителната обработка е крайното оползотворяване на утайките в метан-танкове за производство на биогаз. Електроенергията може да се използва предимно в ПСОВ или да се подаде в електрическата мрежа. Отпадъчната топлина, съдържаща се в изгорените газове в турбината или газовия двигател, от загряването на пещта за пиролиза или поддържането на горенето, може да се използва за термичното сушене на утайките. Излишната пара или топлина от охлаждането на водата (в газовите двигатели) обикновено е идеална за отопление на места, в близост до които има подходящи потребители (например, парници).

От дънната пепел, която остава след самостоятелното изгаряне на утайките, може да се възстанови фосфорът като ценен ресурс. Тя, както и неорганичните гранули, съответно стъкловидните остатъци от пиролизата/газифицирането, могат да се използват като пълнители или добавки в строителството.

В случая с компоста (или напълно стабилизирани утайки, получени от стабилизирането и запръстяването), крайните продукти се използват в земеделието, за залесяване, озеленяване и възстановяване на нарушени терени/рекултивация, като почвени обогатители, тор или растежна среда. При закриването на депа и възстановяването на нарушени терени, компостът от утайки също така може да бъде и полезна хранителна среда за горните земни пластове.

	Описание на основния процес	Фактори, които да се вземат под внимание	Примерни обекти
Оползотворяване на фосфора	Процесите за оползотворяване на фосфора могат да се внедрят на различни етапи от пречистването на отпадъчни води и третирането на утайки. Част от разтвореният в отпадъчните води фосфор и колоидът-фините твърди примеси, се свързват с активните утайки или се утаяват и отделят с излишните утайки от третирането. По-	 Количеството фосфор е ограничено и той се възстановява за директна употреба като тор, по този начин се заместват	ПСОВ Грисхайм при Офенбург, Баден-Вюртемберг, Германия



	голямата част от фосфата, който се освобождава по време на разлагането на органичните вещества в метан-танка, също се свързва с флокулантите. Концентрацията на фосфор в средата, към която ще бъдат прилагани техническите мерки за неговото възстановяване, е от съществено значение за производителността на процеса. Тук ще бъдат разгледани технологиите, които се използват за третиране на изсушените изгнили утайки и на пепелта от изгарянето на утайките. Малко оператори в Европа в наши дни могат да заявят, че прилагането на сега съществуващите процеси за оползотворяване на фосфор е икономически изгодно, но има много други технологии, които все още са на експериментален етап и не са готови за пазара. <u>Оползотворяване от изсушени изгнили утайки</u> Утаяването на фосфора с магнезиеви съединения и възстановяването му под формата на MAP (Струвит) се използва в цял свят по различни начини. Тук се споменават два процеса, преминали етапа на експериментиране и превърнали се в надеждни операции.	определени количества торове от първични суровини 👍 Отделянето на фосфора влияе положително при по-нататъшното третиране на утайките, например за ефикасно обезводняване 👍 Процесите могат лесно да се внедрят в конвенционалните операции в ПСОВ 👎 Обикновено процесите изискват големи разходи.	
	<u>Процесът ЕърПрекс (AirPrex)</u> Този процес се прилага след анаеробното стабилизиране преди обезводняването. Утайките от метан-танка се подават директно към многоетапна система от реактори и се обезвъздушават. С отделянето на въглеродния двуокис, рН се повишава и се добавя магнезиев хлорид. MAP, който се утаява по време на този процес, е доказал качествата си като продукт за торене. За да бъде успешен процеса, рН, съдържанието на фосфор и количеството и		ПСОВ Берлин Васмансдорф, Германия



	вида на утайката трябва да бъдат прецизно синхронизирани. <u>Метода Сийборн (Seaborne):</u> Веднага след разграждането, на два етапа се извършва отделяне на тежките метали и оползотворяване на хранителните вещества. Извличането от твърдата материя се постига с помощта на подкисляване и добавяне на химически активен кислород. Биогазът се задържа в течно състояние и се подава през реактора. Сероводородът, който се съдържа в биогаза, влиза в реакция с йоните на тежките метали в течността и се превръща в сулфиди с тежки метали. Те изпадат от течността и се отвеждат. Следващата стъпка е системата за рециклиране на азота. През първия етап амониите йони, фосфата и един двувалентен метал, например магнезий, се довеждат до специфично моларно съотношение. MAP се утаява в резултат на повишаването на рН и се отделя от течността посредством центрофуга. Получените продукти са MAP и двуамониев сулфат (DAS). Разходите за изграждането на завода Сийборн, чието максимално дневно производство на MAP е около 1.3 тона или 1.8 тона течен азотен тор на ден, възлизат на 4 милиона евро, внедряването на целия проект (вкл. демонстрацията и оптимизирането) достига 7.6 милиона евро. При завода в Баден-Вюртемберг, който произвежда 50 kg магнезиево амониев фосфат на ден (обемът на реактора е 12 m³), общата инвестиция е на стойност 0.8 милиона евро. По принцип, разходите за утаяване на магнезиево амониев фосфат се оценяват на 3-4 евро за kg фосфор. Възможните приходи са 0.5-1 евро/ kg. <u>Оползотворяване на фосфора от пепелта на утайките</u> Този вид оползотворяване може да се приложи само за пепелта от самостоятелното изгаряне на утайките. При отделни инсталации се	ПСОВ Гифхорн, Долна Саксония, Германия
		✿ Фосфорът се възстановява при възможно най-големи концентрации.



	възстановява до 90 % от фосфора. Съдържанието на фосфор в пепелта варира от 5 до 10% (средната стойност е 64 гр. Р на кг. пепел). Фосфорът в пепелта е химически свързан под формата на железни, алуминиеви и най-вече калциеви фосфати. Два са основните методи за неговото оползотворяване: мокрият химически подход и топлинният подход. При <i>мокрия химически подход</i>, фосфорът се разтваря с помощта на киселинна суспензия, например, сярна киселина. Част от тежките метали също се разтваря. Те могат да се утаят след това, например, като сулфиди, и да се отделят от фосфора. В зависимост от рН, фосфатите изпадат по време на неутрализацията под формата на алуминиев фосфат, железен фосфат и калциеви фосфати. Калциевите фосфати се възстановяват главно, ако рН се повиши с помощта на вар. Досега прилагането на мокрия химически метод за извличане на фосфор в промишлеността е ограничено поради високите разходи, свързани с него. Изчислено е, че за третирането на 15,000 тона пепел годишно (ПСОВ>500,000 жители) инвестициите възлизат на 11 милиона евро, а годишните разходи са 5.80 евро/ kg Р отделен. <i>Топлинно извличане</i> Процесът АШ ДЕК (ASH DEC, Outdec) е доказан метод, който се прилага в промишлеността. Предимството му е, че от основната маса се отделя малък поток, под формата на концентрат от тежки метали, докато богатата на фосфор част се превръща в полезен продукт. Пепелта се хомогенизира с алкален хлорид в смесител и след това се гранулира. Съставът и дозите на добавките са основните параметри, които улесняват превръщането на калциевите и алуминиевите фосфати в разтворими фосфорни съединения и премахването на токсичните вещества посредством газовата фаза. Гранулите се полагат в топлинен реактор на около	🔧 Допълнително потребление на енергия	Експериментално съоръжение Леобен, Австрия ПСОВ Алтенщадт, Бавария, Германия
--	---	--	--



	1000°C в продължение на 30 минути. При тази температура 99% от тежките метали, особено живакът, кадмият и оловото, влизат в реакция с добавките и се изпаряват. Количествата на други тежки метали, които в ниска концентрация са допустими при употреба в селското стопанство, също се намалява по този начин. 97% от първоначално подадената пепел се превръща в богати на Р гранули, които могат да се използват директно. 3% от пепелта под формата на метален концентрат се задържа от многостепенната пречиствателна система. Процесът <i>Мефрек (Mephrec)</i>, позволяващ оползотворяване на фосфора, е металургичен и е подходящ не само за утайките от отпадъчни води, но и за други материали, съдържащи фосфор (например, костно брашно). Той може да бъде използван в различни видове инсталации, например в комбинация с инсинератор за изгаряне на утайки и дори в циментови пещи. Технологията се основава на процес, при който изсушените утайки (брикети) или пепелта от утайките се стапят до газ под въздействието на кислород с висока температура. Получената в резултат фосфорна шлака се гранулира във водна баня и се превръща в готов за употреба тор.	⚡ Енергийното съдържание на утайките също се използва	Експериментално съоръжение във Фрайберг, Саксония и пилотни проекти в Нюрнберг, Бавария и Люнен, Северен Рейн-Вестфалия, цяла Германия
Вторично гориво	От момента, в който утайките могат да се самоизгорят, (което обикновено съответства на сухи утайки с >35 % съдържание на сухо вещество), те отговарят на изискванията за истинско гориво, каквото се използват в процесите на изгаряне с цел генериране на енергия и топлина (вж. ↗ <i>Получаване на енергия</i>), или на вторично гориво, например в пещите за изпичане на цимент (вж.	🌸 Осигурява гориво, което не отделя CO₂, и позволява ефект на заместване (използва се вместо традиционните горива и суровини)	Редица циментови пещи, например, Дикерхоф Ленгерих, Северен Рейн Вестфалия, Германия



	7 Съвместно изгаряне). Използването им като вторично гориво е важно заради ефекта на заместване. В промишлеността утайките все още се използват като вторично гориво единствено срещу такса за обезвреждане. Цената се определя от калоричността и съдържанието на вредни вещества и проблемни компоненти в утайките, както и от това, дали притежават подходящите качества за процеса на горене. Сушените утайки, които се използват в циментовите пещи и електроцентралите на въглища, са сравнително евтини. Цените за третиране тук могат да паднат под 50 евро/тон с.в., а в някои случаи стигат и до нула. Малко вероятно е продажната цена да се изравни с тази на традиционните горива.	☞ В зависимост от качеството и вида на използвания процес, оползотворяването на ценните компоненти, например, хранителните вещества, може да бъде затруднено	
Получаване на енергия	Тук е направен подбор на най-разпространените методи за получаване на енергия от утайки и начините за нейното използване. <u>Парна турбина</u> Пример за оптимизиран подход е процесът ORC. Той действа на същия принцип, както водно-парния цикъл, с тази разлика, че вместо вода, тук се използва органичен флуид (въгледороди, като, например изо-пентан, изо-октан, толуол или силиконово масло). Тези работни флуиди имат благоприятни свойства при ниски налягания и температури на изпаряване. Топлината, която се образува по време на изгарянето на утайките, се пренася посредством котел с термомасло до процеса ORC. Термомаслото се използва като топлопредаваща среда, тъй като благодарение на него могат да се постигнат температури от порядъка на 300°C, като по този начин позволява на котела да работи без налягане. Използваният органичен флуид се изпарява от топлината, пренесена от термомаслото. Парата се подава към бавно движеща се аксиална турбина, в която във вакуум се произвежда механично	☼ Унищожава по безопасен начин органичните замърсители и патогенните организми в утайките ⚡ Енергийният потенциал на утайките се използва за получаване на енергия или за захранване на процеси за предварително третиране на утайките, изискващи топлина 👍 Осигурява собствени източници на енергия и топлина на ПСОВ ☞ Обикновено топлинното оползотворяване е скъп вариант за ПСОВ (поради	Електроцентрали Боксберг и Липендорф, Саксония, Германия



	движение, което се трансформира в електроенергия с помощта на генератор, свързан директно с турбината. Топлината, генерирана от флуидизирания слой на инсинераторите с кипящ флуидизиран слой, също се подава към парна турбина. Инсинераторите с кипящ флуидизиран слой, които имат системи под налягане, работят при високо налягане и произвеждат поток от газ с високо налягане при температури, които могат да задвижат газова турбина. Заедно с парната турбина може да се създаде високоефективна система с комбиниран цикъл. <u>Газов двигател</u> Пирогазът, получен по време на газифицирането на утайките, може да се използва за задвижване на газов двигател, който е свързан с генератор на електроенергия. Трябва да се отстранят замърсителите от висококалоричния газ от пиролизата, преди той да бъде използван за производство на енергия с двигател с вътрешно горене. Пирогазът минава през скрубър в инсталацията за комбинирано генериране на топлина и електроенергия. <u>Нагревател с гранули</u> Тази технология е подходяща за изгаряне на малки количества утайки в комбинация с малка газова турбина за производството на електроенергия от горещи пещени газове, без да е необходимо изграждането на водно-парен цикъл. При преминаването през нагревателя с гранули, сгъстеният въздух се нагрява до около 900°C и след това се подава към турбината. Без да се добавя още гориво, въздухът се оставя в покой в турбината и се охлажда до около 600°C. Тя задвижва едновременно компресора и генератора и произвежда електричество (топлината се възстановява до 98 %; с малки инсталации, чиито капацитет не надвишава 1 MW, може да се постигне 30 % енергийна ефективност).	инвестициите, които се изискват, или високите такси за обезвреждане, които трябва да се платят на операторите на инсинератори). ☞ Качеството и видът на използвания процес може да не позволят оползотворяване на останалите ценни съставки, което води до загуба на хранителни вещества, например.	
Оползотворяване	Химичните и физичните свойства на компоста от утайки, като	☘ Може да послужи като	Бившата уранова



чрез възстановяване на нарушени терени	високо съдържание на органична материя и хранителни вещества за растенията, както и способността му да задържа вода, го правят подходящ за “нормализиране” на функциите на изтощените почви и за създаване на така наречените рекултивационни слоеве, с които да се покриват закрити депа и минни насипища. Смесването на материала, получен от повторното почвообразуване или компоста, с песъчлива почва осигурява ефективна покривна основа за възстановяването на минни насипища за отпадъци от добива на лигнитни въглища и калий. Този слой задържа по-голямо количество валежи и позволява на растенията да пуснат корени. След около една година се забелязва как концентрациите на NO₃-N и NH₄-N във филтриращата се вода намаляват значително. Други места, където могат да се приложат, са изоставени промишлени територии, площи, на които е имало инциденти или изтичане на вредни вещества (след тяхното обеззаразяване), минни полета и изоставени находища. Почвата обикновено се смесва с анаеробно изгнили, стабилизирани с вар или компостирани утайки. С добавянето на 50% и повече утайки в сместа се увеличава способността на почвата да задържа вода и биологичните процеси в нея се активират значително. Към почвата могат да се добавят и стабилизирани утайки, което е важно при възстановяването на депа.	обогатител на почвата и среда, осигуряваща растеж, върху изтощени почви ☞ Рисковете от замърсяване и патогенни организми не са преценени до край и не могат да бъдат напълно избегнати, изискват се разрешителни и пълни анализи	мина Ауе, Саксония Разработени открити мини за лигнитни въглища в област Лусатия, Бранденбург цяла Германия
Оползотворяване в земеделието	Оползотворяването на утайките в земеделието трябва да бъде ограничено, като включва само тези, които имат най-ниско съдържание на замърсители (вж. ↗ <i>националните директиви в НПУУ</i>) и в същото време, най-висока концентрация на фосфор. Ако анализът на качеството на почвата е показал, че те са подходящи, но в доста ниска степен, използването на чисти утайки трябва да бъде избягвано, защото това винаги е свързано с проблеми за околната среда. В тези случаи могат да се използват единствено продуктите от компостиране с участието на утайки,	☼ Хранителните вещества и другите положителни качества са полезни за почвата и растенията, заместител на тор. € Предлага на ПСОВ разумна възможност за оползотворяване на утайките	



	които имат сертификат за качество. Позволените практики и процедури за използването на утайки върху земеделски земи са описани в Директива 86/278/ЕИО на ЕС и транспонирани в съответните законодателства на всяка държава-членка. Трябва да се въведе стриктен мониторинг върху употребата на утайки и местата, където те се оползотворяват.	☞ Риските от замърсяване и съдържанието на патогенни организми не са преценени до край и не могат да бъдат напълно избегнати, изискват се разрешителни и пълни анализи	
Обезвреждане чрез депониране	Депонирането трябва да остане като последно решение, когато няма друга възможност за оползотворяване или обезвреждане на утайките и остатъците от тяхното третиране. Утайките могат да се обезвреждат в самостоятелни депа или съвместно с твърди битови отпадъци в депа за неопасни отпадъци, отговарящи на съответните изисквания. Има два основни начина за съвместно обезвреждане: смесване на утайки с твърди отпадъци и смесване на утайки с глина. Последните могат да се използват в действащите депа за ежедневно запръстяване.	€ Методът изисква сравнително ниски разходи за съществуващите подходящи депа ☞ Всички ползи от оползотворяването на утайките, както и хранителните вещества в тях се пропиляват, създава се бремене за околната среда; остарял метод за обезвреждане	

ОСНОВНИ ИЗТОЧНИЦИ

EC: Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries. Август 2006г. Документът е достъпен на адрес:

<http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/wt.html>

EC: Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration. Август 2006г. Документът е достъпен на адрес: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/wi.html>

EC: Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste Water and Waste Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector. Февруари 2003г.

Документът е достъпен на адрес: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/cww.html>

EC-JRC: Proceedings to the workshop on problems around sludge. 18-19 Ноември 1999г. в Стреса, Италия. Документът е достъпен на адрес:

<http://ec.europa.eu/environment/waste/sludge/pdf/workshoppart1.pdf>

EC-JRC: Technology and innovative options related to sludge management. 3-та сесия на Семинара за проблемите, свързани с утайките. Документът е достъпен на адрес:

<http://ec.europa.eu/environment/waste/sludge/pdf/workshoppart4.pdf>

Федерална агенция по околната среда: Klärschlammentsorgung in der Bundesrepublik Deutschland. Бон 2012г.. Документът е достъпен на адрес:

<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/4280.pdf>

Bayerisches Landesamt für Umwelt: Klärschlammentsorgung in Bayern. Planungshilfe für Kommunen. Augsburg 2011г. Документът е достъпен на адрес:

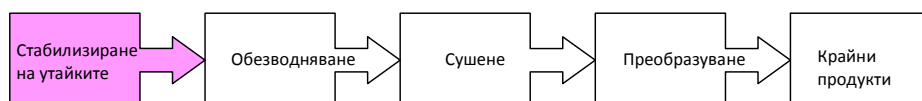
<http://www.lfu.bayern.de/abfall/abfallgruppen/index.htm>

DWA-Arbeitsbericht Leitfaden zur Klärschlammentsorgung. März 2010г.

Umweltbundesamt GmbH: Dezentrale Klärschlammverbrennung. Докладът е подготвен от I. Kügler, A. Öhlinger, B. Walter. Виена, 2004г.

Peter H. Hanitsch: Der Pumpenfachingenieur - Kapitel: Planung, verschiedene Anwendungsgebiete - Abwasser - Abschnitt C: Grundbegriffe und Techniken der Klärschlammbehandlung und der Klärschlammverwertung/-entsorgung. Ausgabe Stand 12/2008

ДОКУМЕНТИ, ПРЕДСТАВЛЯВАЩИ ДОПЪЛНИТЕЛЕН ИНТЕРЕС



Биологично стабилизиране на утайките [заглавието на немски е: 'Biologische Stabilisierung von Klärschlamm' ATV-DVWK-M 368 от Немската асоциация за водите, отпадъчните води и отпадъците DWA]

Оползотворяване на фосфора от ПСОВ. [заглавието на немски е: Rückgewinnung von Phosphor aus der Abwassereinigung. Eine Bestandesaufnahme.] Издател Bundesamt für Umwelt BAFU, Берн, 2009г. Документът е достъпен на адрес:

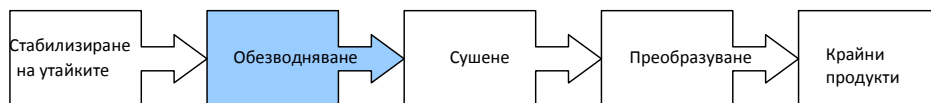
<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01517/index.html>

Напредък при използването на утайки за почвообразуване. [заглавието на немски е: Klärschlammvererdung auf dem Vormarsch. Статията е подготвена от T. Stumm, S. Wickert, K. Siekmann, G. Wust] Публикувано в wlb 10/2007, стр. 2-3. Документът е достъпен, свободно или срещу заплащане на адрес: http://www.siekmann-ingenieure.de/uploads/open/07-09-03_bericht_wlb_ksva.pdf

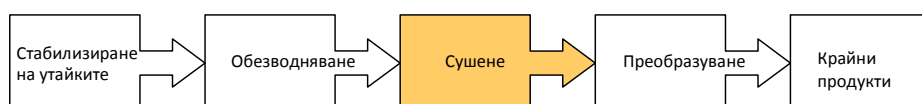
Почвообразуване. [заглавието на немски е: Klärschlammvererdung. Abschlussbericht zur Klärschlammvererdung mit Schilf in der Steiermark.] Издател Amt der Steiermärkischen Landesregierung Abteilung 19 – Wasserwirtschaft und Abfallwirtschaft. Документът е

достъпен на адрес:

http://www.abfallwirtschaft.steiermark.at/cms/dokumente/10127264_4334719/67a66bee/011.pdf



Механично обезводняване на утайки. [заглавието на немски е: 'Maschinelle Schlamm entwässerung' ATV-DVWK-M 366 от Немската асоциация за водите, отпадъчните води и отпадъците DWA] Най-новите документи могат да бъдат намерени на адрес: <http://en.dwa.de/>



Сушене на утайки. [заглавието на немски е: 'Klärschlamm trocknung' ATV-DVWK-M 379 от Немската асоциация за водите, отпадъчните води и отпадъците DWA]

Икономично сушене на утайки. [заглавието на немски е: 'Ökonomische Klärschlamm-Trocknung. Автор F. Schmid] Публикувано в gwa 3/2006, стр. 195-201. Документът е достъпен на адрес:

http://www.bfe.admin.ch/infrastrukturanlagen/01076/01139/index.html?lang=de&dossier_id=01687



Компостиране на утайки. Статия на P. Kosobucki, A. Chmarzyński, B. Buszewski в полския журнал Екология Том. 9, No. 4 (2000), 243-248;

Документът е достъпен на адрес: <http://www.pjoes.com/pdf/9.4/243-248.pdf>

Информация за разграждането на вредните вещества по време на компостирането на утайки. [заглавието на немски е: Informationsschrift: Klärschlammkompost - Abbauverhalten von Schadstoffen während der Kompostierung.]

Документът е достъпен на адрес: <http://www.vorarlberg.at/pdf/klaerschlammkompost.pdf>

Самостоятелно изгаряне на утайки. [заглавието на немски е: 'Thermische Behandlung von Klärschlämmen - Monoverbrennung' DWA-M 386 от Немската асоциация за водите, отпадъчните води и отпадъците DWA] Най-новите документи могат да бъдат намерени на адрес: <http://en.dwa.de/>

Децентрализирано термично оползотворяване на утайките. [заглавието на немски е: Dezentrale thermische Klärschlammverwertung. Авторы: R. Bogner, M. Faulstich, M. Mockler, P. Quicker], Документът е достъпен на адрес:

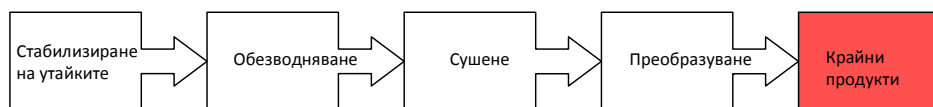
http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=sludge2energy_klaerschlammverwertung_hkv_DE.pdf

Утайките – Възобновим източник на енергия. [заглавието на немски е: Klärschlamm – ein erneuerbarer Energieträger. Автор E. Kind] Публикувано в gwa 6/2009, стр. 461-467. Документът е достъпен на адрес:

http://www.bfe.admin.ch/infrastrukturanlagen/01076/01139/index.html?lang=de&dossier_id=01687

Газифициране на утайките. [заглавието на немски е: Stoffliche und energetische Verwertung von Klärschlamm durch Vergasung. Авторы: R. Rölle] Документът е достъпен на адрес: <http://www.goetzelmann-partner.de/deutsch/unternehmen/texte/41.pdf>

Изследване върху газифицирането на утайките. Статия на Н. Takahashi. Документът е достъпен на адрес: http://www.gesui.metro.tokyo.jp/english/tec_papers/technical/tp0702.pdf



Рекултивация на депо в мина за калий с компост от битови отпадъци. Автори: S. Bernsdorf; F. Liemen, R. Meissner] Публикувано на 19^{ия} Световен конгрес по Почвознание, Почвата в един променящ се свят – решения, август 2010г, Брисбейн. Документът е достъпен на адрес:

<http://www.iuss.org/19th%20WCSS/Symposium/pdf/0623.pdf>

и на немски на http://eprints.dbges.de/341/1/DBG_Bernsdorf.pdf

Рециклиране на фосфора чрез утаяване с магнезиево амониев фосфат. [заглавието на немски е: Phosphorrecycling durch MAP-Fällung im kommunalen Faulschlamm. Автор: D.Stumpf]. Издател Немската федерална агенция за околната среда, 2007г. Документът е достъпен на адрес: <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3471.pdf>