

**Komunikacijske odločitve pri okoljskih projektih**  
dr. Marinka VOVK, Okoljsko raziskovalni zavod,  
Slovenske Konjice

**Alternativna goriva**  
Matjaž PEN, Altego d.o.o., Ljubljana  
mag. Janez EKART, SUROVINA d.d., Maribor

**Kompostiranje organskih odpadkov – primer iz prakse**  
mag. Maja GUNSTEK, kompostarna Vrhnika

16.00 – 16.15 zbor udeležencev in organiziran prevoz na Vrhnika  
16.45 – 18.30 predstavitev in voden ogled kompostarne Vrhnika  
19.00 povratek v Ljubljano

#### **Strokovna ekskurzija:**

V okviru posvetovanja je predviden strokovno voden ogled kompostarne Centra za ravnanje z odpadki Vrhnika.

#### **Prijava:**

Prijave na priloženi prijavnici (naročilnici) sprejemamo do **21.09.2005** oziroma do zapolnitve prostih mest po faksu **(01) 25 24 105** ali po pošti na naslov:

»**Gospodarjenje z odpadki**«, UNIVERZA V LJUBLJANI, Naravoslovnotehniška fakulteta, Aškerčeva 12, 1000 LJUBLJANA.

#### **Kotizacija:**

Kotizacija na udeleženca s prijavo do **09.09.2005** znaša **38.900 SIT**. Po tem datumu znaša kotizacija na udeleženca **43.900 SIT**.

V ceno je vključen zbornik, torbica z materiali, pogostitev med odmori, kosilo, prevoz na strokovno

voden ogled, potrdilo o udeležbi, organizacija in 20% DDV.

Študenti in predstavniki nevladnih organizacij imajo ob predložitvi dokazila 40 % popust. Drugi in vsak naslednji udeleženec iz istega podjetja ima 10 % popust.

#### **Plaćila:**

Kotizacijo nakažete **do 21.09.2005** na transakcijski račun Naravoslovnotehniške fakultete, Aškerčeva 12, 1000 LJUBLJANA (ID za DDV: SI24405388), podračun pri UJP: 01100-6030708186 sklic na št. 00-201040. Pri plačilu navedite ime in priimek udeleženca ali udeležencev.

#### **OJAVA:**

Pri morebitni odjavi **do 19.09.2005** (v pisni obliki na naslov organizatorja) vrнемo že plačano kotizacijo v celoti, za odjavo po tem datumu pa za administrativne stroške zaračunamo 30% kotizacije. V primeru neudeležbe zaračunamo kotizacijo v celoti.

#### **Strokovni odbor posvetovanja:**

prof.dr. Uroš BAJŽELJ (NTF Ljubljana), prof.dr. Viktor GRILC (Kemijski inštitut Ljubljana), doc.dr. Jože KORTNIK (NTF Ljubljana), dr. Marijan IVANC, dr. Marinka VOVK (Okoljski raziskovalni zavod), dr. Franc ČERNEC (Inštitut za celulozo in papir Ljubljana), mag. Bernarda PODLIPNIK (MOP), mag. Dušan MARC (MOP), mag. Janez EKART (Surovina Maribor), Klementina HRAST (IRGO Ljubljana)

#### **Dodatne informacije:**

Dodatne informacije lahko dobite na spletni strani [www.ogr.ntf.uni-lj.si](http://www.ogr.ntf.uni-lj.si) ali [www.i-rgo.si](http://www.i-rgo.si), na telefonski številki **(01) 47 04 610** ali po elektronski pošti [jose.kortnik@ntf.uni-lj.si](mailto:jose.kortnik@ntf.uni-lj.si)

**Univerza v Ljubljani,**  
**Naravoslovnotehniška fakulteta**  
**Oddelek za geotehnologijo in rudarstvo**

**Ministrstvo za okolje in prostor**  
**Republike Slovenije**

**Inštitut za rudarstvo, geotehnologijo in okolje - IRGO**

organizirajo

6. strokovno posvetovanje z mednarodno udeležbo

# **Gospodarjenje z odpadki**

**»Tehnologije ravnanja z biorazgradljivimi odpadki«**

Ljubljana, 22.september 2005

Vabimo Vas na 6. strokovno posvetovanje z mednarodno udeležbo **Gospodarjenje z odpadki - Tehnologije ravnanja z biorazgradljivimi odpadki**, ki bo v **četrtek, 22. septembra 2005, v hotelu Mons v Ljubljani.**

#### **Posvetovanje je namenjeno:**

- predstavnikom komunalnih podjetij,
- upravljavcem čistilnih naprav,
- občinskim službam s področja varstva okolja,
- strokovnjakom s področja varstva okolja v industriji in gradbeništvu,
- predstavnikom projektičnih podjetij s področjem ravnanja z odpadki,
- zaposlenim v upravnih organih,
- predstavnikom nevladnih organizacij s področja okolja,
- študentom, ki jih zanimajo okoljske teme.

#### **Teme posvetovanja:**

- ločeno zbiranje biorazgradljivih odpadkov,
- tehnološki postopki aerobne razgradnje bioloških odpadkov (klasično kompostiranje, kompostiranje v zaprtih halah),
- tehnološki postopki anaerobne razgradnje bioloških odpadkov,
- ravnanje z goščami iz čistilnih naprav,
- mehansko biološka obdelava odpadkov,
- termična obdelava biorazgradljivih odpadkov.

#### **Cilji posvetovanja:**

- seznaniti udeležence z novostmi na področju zakonodaje ravnanja z odpadki v Sloveniji in EU,
- prikazati lokalno in regijsko reševanje problematike ravnanja z biorazgradljivimi odpadki,
- prikazati možnosti različnih načinov obdelave biorazgradljivih odpadkov,

- prikazati novosti, raziskave in razvoj na področju ravnanja z biorazgradljivimi odpadki s finančnim ovrednotenjem
- izmenjava praktičnih izkušenj pri ravnanju z biorazgradljivimi odpadki.

#### **Program posvetovanja:**

- 8.00 – 9.00 prijava udeležencev in pozdravna kavica  
9.00 – 9.30 uvodni govor:  
- predstavnik Univerze v Ljubljani  
- predstavnik MOP  
- predstavnik Mestne občine Ljubljana  
- predstavnik Slovenskega ekološkega grozda

9.30 – 11.10 prvi tematski sklop predavanj

**Moderator: prof.dr. Uroš BAJŽELJ**

#### **Predpisi in inšpekcijsko nadzorstvo na področju ravnanja z biorazgradljivimi odpadki**

Jana MIKLAVČIČ, MOP, Inšpektorat RS za okolje in prostor, Ljubljana

#### **Identifikacija, karakterizacija in predelava biorazgradljivih odpadkov v Republiki Sloveniji**

prof.dr. Viktor GRILC, Kemijski inštitut Ljubljana

Muharem HUSIĆ, Kemijski inštitut Ljubljana

#### **ABPR compliant composting facilities**

Aurel LÜBKE, CompostSystems Trade GmbH,  
St.Agatha, Avstrija

#### **Prednosti bioplinske obdelave biorazgradljivih odpadkov napram tehnologiji kompostiranja in koncepti uporabe biorazgradljivih odpadkov v bioplinskih napravah na zahodu**

Mitja BERGER, Hidroenergija, d.o.o., Ljubljana

11.10 – 11.40 odmor

11.40 – 13.20 drugi tematski sklop predavanj

**Moderator: doc.dr. Jože KORTNIK**

#### **Anaerobna kofermentacija organskih kuhijskih odpadkov iz hotelov in drugih gostinskih obratov, maščob in fлотатов ter odvišnega blata v gnilisčih CČN Domžale-Kamnik**

Miran MEDVED, Hidroinženiring d.o.o., Ljubljana  
Željko REČNIK, Hidroinženiring d.o.o., Ljubljana  
Olga BURICA, JP CČN Domžale-Kamnik d.o.o.  
Peter CERAR, JP CČN Domžale-Kamnik d.o.o.

#### **Treatment of communal sewage sludge: quantities, recent and future technologies, heavy metals and costs**

dr. Bernhard MAYR, EnviCare DI dr. Mayr, Avstrija  
Jure ŽUGMAN, EKOL d.d., Ljubljana

#### **Tehnologije odstranjevanja blata iz čistilnih naprav**

Drago DERVARIČ, Saubermacher Slovenija d.o.o.  
Murska Sobota

#### **Technologies for economic treatment of wastewater sludge**

Josef HAINTZ, Andritz AG, Avstrija

13.20 – 14.20 kosilo (restavracija Polna skleda)

14.20 – 16.00 tretji tematski sklop predavanj

**Moderator: dr. Marinka VOVK**

#### **Uporaba papirniškega mulja za sanacijo komunalnih odlagališč odpadkov**

doc.dr. Jože KORTNIK, Univerza v Ljubljani, NTF  
dr. Franc ČERNEC, Inštitut za celulozo in papir  
Klementina HRAST, Inštitut za rudarstvo, geotehnologijo in okolje, Ljubljana

#### **Vračanje izcedne vode na odlagališče s prekritjem, ki dopušča nadaljno razgradnjo (bio)razgradljivega dela odloženih odpadkov**

mag. Maja ZUPANČIČ JUSTIN, Limnos, Ljubljana  
Tjaša G. BULC, Limnos, Ljubljana  
prof.dr. Danijel VRHOVŠEK, Limnos, Ljubljana

# Treatment of communal sewage sludge: quantities, recent and future technologies, heavy metals and costs

## Author:

DI Dr. Bernhard Mayr  
EnviCare® Verfahrenstechnik  
Wittekweg 9  
8010 Graz; Austria  
Email: [office@envicare.at](mailto:office@envicare.at)  
Internet: [www.envicare.at](http://www.envicare.at)

## **Abstract**

In the light of the valid EU directives the sludge produced in communal waste water treatment plants and industrial waste water works becomes a more and more costly problem, because during the forthcoming years the simple and low cost land-filling will be forbidden.

In the article the whole issue from sludge production, sludge treatment to sludge disposal is covered from the view of an engineering consultant, in other words bound to practical experience. Several technologies are presented and costs and ecological impacts are assessed.

## **1 Amount and Composition of sewage sludge in Slovenia**

The sewage sludge quality is determined by the presence of pathogenic organisms and concentrations of heavy metals and is dependent on the wastewater characteristics and the type and quality of treatment. The concentrations of heavy metals such as arsenic, cadmium, copper and cobalt in sewage sludge vary depending on the contributions from industries and households to the sewer system and the efficiency of wastewater/sludge treatment system. Table 1 shows the composition of an average sewage sludge after pre-treatment at a wastewater treatment plant (Data representing an average sewage sludge in Austria).

In Slovenia 53 percent of the households are connected to wastewater treatment plants. About 87,3 million m<sup>3</sup> wastewater is treated at these plants each year and produce therefore an estimate of 27.000 Mg (dry matter) of sewage sludge.

The ingredients, especially the amount of heavy metals are of course dependent on the industrial and communal facilities connected to the sewer system.

In Austria these “indirect” waste water producers are regulated by appr. 60 special water regulations. On of the most important pollutants in respect to heavy metals and persistent

organic compounds are communal landfills. Therefore the regulation for landfills are even stricter than for communal waste water.

Most of the Austrian landfill leachate is cleaned on site and discharged directly to a river by the use of reverse osmosis, the heavy metals and persistant compounds remain in the concentrate, which is reinjected to the landfill in order to “boost” the organic degradation within the landfill.

| Parameter                            | unit               | value  |
|--------------------------------------|--------------------|--------|
| pH                                   | [1]                | 7,7    |
| Dry matter                           | [mass - %]         | 30,50  |
| NH4-N                                | [g/kg dry matter]  | 1,60   |
| NO3-N                                | [g/kg dry matter]  | 0,17   |
| Organic Nitrogen                     | [g/kg dry matter]  | 14,18  |
| Total Nitrogen (Nges)                | [g/kg dry matter]  | 25,19  |
| Calcium (Ca)                         | [g/kg dry matter]  | 70,98  |
| Potassium (K)                        | [g/kg dry matter]  | 2,63   |
| Magnesium (Mg)                       | [g/kg dry matter]  | 9,17   |
| Phosphorus (P)                       | [g/kg dry matter]  | 31,00  |
| Arsenic (As)                         | [mg/kg dry matter] | 6,05   |
| Lead (Pb)                            | [mg/kg dry matter] | 53,82  |
| Cadmium (Cd)                         | [mg/kg dry matter] | 1,19   |
| Chromium (Cr)                        | [mg/kg dry matter] | 43,4   |
| Cobalt (Co)                          | [mg/kg dry matter] | 6,53   |
| Copper (Cu)                          | [mg/kg dry matter] | 197,10 |
| Manganese (Mn)                       | [mg/kg dry matter] | 220,86 |
| Molybdenum (Mo)                      | [mg/kg dry matter] | 3,90   |
| Nickel (Ni)                          | [mg/kg dry matter] | 27,69  |
| Mercury (Hg)                         | [mg/kg dry matter] | 1,00   |
| Zinc (Zn)                            | [mg/kg dry matter] | 809,52 |
| organohalogen compound content (AOX) | [mg/kg dry matter] | 147,00 |

Table 1: composition of a sewage sludge (Lit. 1)

## 2 Technology

The first step in the “mechanical” wastewater treatment process is the removal of large solids

and grits through screening. The screening by-products are treated separately from other wastewater sludge.

The second “mechanical” step involves the use of clarifiers and sedimentation tanks to settle particles in the wastewater. This treatment removes approximately 50 to 65 percent of the suspended solids and 30 to 40 percent of the biochemical oxygen demand (BOD) from wastewater. Therefore, the “primary” sludge removed from this process contains a high amount of organic matter that is highly degradable.

During the biological treatment aerobic micro – organisms are used to remove the remaining BOD, Ammonia and suspended solids. Overall, this “secondary” sludge is consisting of nearly 90 percent organic matter and is composed of approximately 2 to 4 percent solids.

Both sludges from mechanical and biological wastewater treatment are mixed together and undergo further treatment.



PIC00006.JPG

**figure 1: Membrane bioreactor system**

The recent development of membrane bioreactorsystems (MBR – see <http://www.envicare.at/research/kommeng.pdf>, Lit. 2 - 5) seems to be very promising to reduce the amount of the “secondary” sludge. These systems operate with a dry solids concentration from 8 – 20 g/l and ensure an aerobic stabilisation during the treatment.

## **2.1 Sludge pretreatment in waste water treatment plants**

### **2.1.1 Storage**

A volume reduction of approximately 30 – 80 % can be reached with sludge thickening before a further treatment. At smaller wastewater treatment plants, where the sludge is driven off regularly, thickening usually takes place directly in the sludge storage tank. The sludge is compressed at the tank bottom only by the force of gravity, while above the sludge a cloudy water layer is formed, which is taken off and led back into the inlet.

On larger plants separate thickening basins exist. These basins are equipped with slow rotating mixers, which create micro canals in the sludge for a better dewatering. Also pure machine thickening is gaining more significance with e.g. non-stabilised sludge, that could rot during the storage.

### **2.1.2 Aerobic stabilization**

Aerobic stabilisation can be performed simultaneously in an activated sludge plant whereby primary and secondary sludge are continuously aerated for long periods of time. In aerobic digestion the micro – organisms extend into a respiration phase where materials previously stored by the cell are oxidized, resulting in a reduction of the biologically degradable organic matter. Thus, aerobic stabilisation of the entire excess sludge (including primary sludge) is energy consuming. Additionally, it calls for extra reactor volume.

Usually this system is applied at WWTP's smaller than 20.000 PE. The main reason is that up to this size the utilization of biogas in cogeneration units is not economically feasible and that an aerobic stabilisation is relatively cheap in terms of investment costs.

### **2.1.3 Anaerobic digestion**

An anaerobic treatment system is a complex and costly bioprocess that produces methane gas from the biological digestion of sewage sludge (see figure 2). This process is most efficiently done using either an anaerobic activated sludge system or a submerged media anaerobic reactor. The production of methane gas is a sensitive process because it requires specific environmental conditions for the growth of methanogenic bacteria. These bacteria need temperatures (appr. 38 °C, mesophilic) and can only digest effectively at a pH of 6.6-7.6.

After cleaning and purifying (sulphur, siloxane) the methane gas, it can either be burned by direct firing to produce process heat or within a cogeneration unit to provide electric power and heat.

Due to the relatively high investment costs and due to safety regulations anaerobic systems are commonly used at WWTP's larger than 20.000 PE. From the energy point of view the production of biogas is ecologically sound, a renewable energy source.



P7210002-Faulturm.JPG



pic00042-BHKW.jpg

**figure 2: digester (left) and cogeneration unit (right)**

### 2.1.4 Dewatering

A further reduction of the sludge quantity is commonly applied after the thickening. The liquid sludge is dewatered and forms a dry and porous residue while the water from the press is fed back to the WWTP. For a good dewatering, size and firmness of the sludge agglomerates are important, they have to remain porous during the compression. Flocculants are often used to achieve a high as possible dry material content and must be specifically fitted with the specific sludge. For the choice of the correct dewatering process it is important to consider a multiplicity of further boundary conditions: Quantity, structural situation, disposal, regulations, availability, personnel etc.

Dewatering can be done naturally (dry beds), however this is only possible during a long period of time. Faster and smaller, but also more cost intensive, are machine processes such as pressing (filtration by vacuum and pressure filters) and centrifugation (decanter centrifuge).



KFP-1.jpg



P7250016.JPG

**figure 3: chamber press filter (left) and decanter-centrifuge (right)**

#### **2.1.4.1 Chamber filter press (filtration by pressure filter)**

This pressing technique is the most widespread despite its intermittent operation and its high investment cost. Chamber filter presses (see figure 3) are one of the most efficient ways to dewater and compact sludge into solid cakes.

The sludge slurry is pumped into the press, fills the chambers and dewateres via the pressure from the feed pump. Filtrate passes through the media/filter cloth and continues out of the press. Depending on the nature of the slurry, chamber filter presses are capable of dewatering sludge up to 30%-60% solids.

#### **2.1.4.2 Centrifuge**

Centrifuges are occasionally used to reduce the volume of stabilized sludge (see figure 3). The goal of centrifugal dewatering (thickening) is to obtain a solids concentration of approximately 20%.

Sewage Sludge is fed at a constant feed rate into a rotating bowl and the solids are separated from the liquid by the centrifugal forces created by the rotating bowl. The solids are compacted to the bowl wall and the liquid and fine solids exit the unit through the effluent line An internal screw conveyor removes the dewatered sludge out one end of the bowl while water leaves the other end. Although the solid content is still low, it is possible to transport the “pudding” like sludge.

### **2.2 Off-site treatment of the dewatered sludge**

#### **2.2.1 Composting**

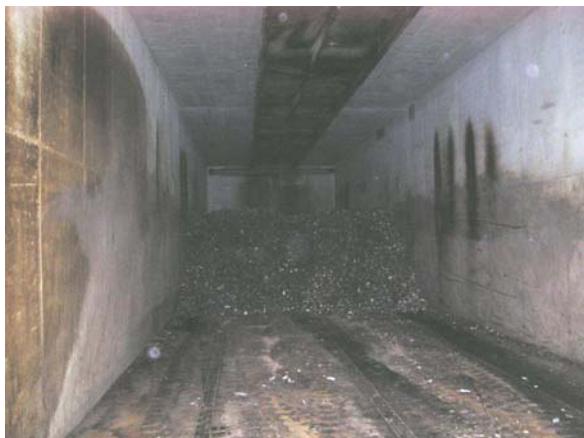
Composting is a method for managing sewage sludge wherein the organic components of the sludge are biologically decomposed under controlled conditions to a state where the resulting composted material can be handled, stored and/or applied to land without adversely affecting the environment. The resulting compost will be drier and more stabilised than dewatered, raw or digested sewage sludge, thus emitting less odorous compounds and attracting fewer vectors (e.g. rats, flies).

Composting works by mixing the sludge with a bulking agent to make sure that the mixture can be aerated for an accelerated aerobic degradation process. The problems are that much energy is required to aerate the composting material, and the end product, the compost, must be disposed of to suitable land and it is not attractive to farmers due to a low fertiliser value.

The sludge is dewatered to approximately 35% DS. This allows the sludge to be self-supporting in a pile or stack and so facilitate composting. It is then mixed with a bulking

agent to dry out the blended mix. Bulking agents can be sawdust, leaves, paper and solid waste, however wood chips are the most common. It is mixed in a ratio of three parts wood chips to one part sludge to achieve 55% DS.

Composting technologies vary from simple, open wind - row facilities (elongate piles) to more controlled reactor systems such as aerated static pile and in vessel (vertical flow reactors and inclined reactors).



P6280017.JPG



P3300033.JPG

**figure 4: technical and controlled process in closed boxes or “low-tech” in open rows**

## 2.2.2 Anaerobic treatment

See chapter 2.1.3. The off-site treatment of communal sewage sludge only makes sense in case that there is no anaerobic treatment on the WWTP.

## 2.3 Drying

Sludge drying is used to reduce both pathogens and the water content of sewage sludge, thus a reduction of the sludge weight is the main goal.



P7060025.JPG



P7130009.JPG

**figure 5: technical drying or “low-tech” solar drying**

### 2.3.1 Technical Drying

Technical Sludge drying procedures are based particularly on contact or convection procedures.

Large amounts of air are not necessary during the contact drying, because the warmth is supplied by the contact between the damp product and a heated wall. Only a minimum gas flow is often planned for the evacuation of steam. The advantage is that the expenditure for exhaust air purification is small.

Convection drying obtains its effect by treating the sludge with hot-air. In addition ambient air is heated to a high temperature with a burner or steam heat exchanger and brought in contact with the sludge in a drum or belt dryer.

### 2.3.2 Solar Drying

Agricultural and other products have been dried by the sun and wind in the open air for thousands of years.

A solar drying process is based on the fact that evaporation takes place also at lower temperatures than 100 °C. Anyhow energy is required, the source is the freely available solar energy.

A precondition is that the sludge has to be dewatered to a dry solids concentration of > 20 w%.

The following principles apply:

- Installation of a proper rain protection
- Thermal insulation
- High evaporation rate like in a green house
- Controlled ventilation
- Controlled and periodic turning of the sludge

According to the mean solar radiation in Austria/Croatia of 1.000 to 1.100 kWh/m<sup>2</sup> a mean evaporation of 850 l<sub>H2O</sub>/(m<sup>2</sup>\*a) is likely to achieve under the above mentioned guide lines.

It is useful to include a certain puffer volume/area for storing the sludge, since during the cold period (December – February) the DS content may not be reached completely. If this is done properly, a dry solids content from 70 – 80 % is ensured.

The total electric energy consumption equals ~ 25 kWh/t<sub>H2O</sub> evaporated.

## 2.4 Final treatment

### 2.4.1 Agriculture

The disposal of (dewatered) sewage sludge on agricultural surfaces was predominant through

the last decades.

Application of treated sludge to agricultural land was considered to be the best practicable environmental option for most sewage sludge (Department of the Environment, 1995). Care must be taken that applying the sludge will not pose any health or environmental hazard due to its content of pathogens and heavy metals. Furthermore, the sludge should be applied according to the fertiliser requirements of the crops grown on the land to prevent leaching of the nutrients, especially nitrogen.

Due to hygienic problems and also because of accumulation of heavy metals in the soil authorities in Europe became more and more concerned about these issues recently. Today there are strict European regulations which prohibit the deposition of sewage sludge on most agricultural regions, in Austria this is depending on the steepness of meadows and on the kind of public funding.

In general it can be stated that today nearly all sludge from communities larger than ~2.000 PE is not disposed on agricultural soil, but incinerated.

| Figures in mg/kg <sub>DGS</sub> | Value from table 1 | Germany – current status (AbfKlärV) | Values under discussion | EG-Ökolandbau-VO, 2002/91 |
|---------------------------------|--------------------|-------------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Cd                              | 1.2                | 10                                  | 0,5 - 1,4               | 0,7                       |
| Cu                              | 197                | 800                                 | 50 - 80                 | 70                        |
| Ni                              | 28                 | 200                                 | 25 - 60                 | 25                        |
| Pb                              | 54                 | 900                                 | 40 - 80                 | 45                        |
| Zn                              | 810                | 2500                                | 330 - 450               | 200                       |
| Hg                              | 1                  | 8                                   | 0,2 - 0,8               | 0,4                       |
| Br                              | --                 | 900                                 | 25 - 70                 | 70                        |

Table 2: Limit values for sewage sludge utilisation

#### 2.4.2 Landfill

In Austria land filling of dewatered sludge was the most important option for the final treatment until end of 2003. Since 2004 the new landfill regulation “Deponieverordnung” is valid which prohibits the disposal of organic material, therefore the land filling of sewage sludge is not possible any more.

A similar regulation is valid since 1.7.2005 in Germany (Technische Anleitung Siedlungsabfall) and the EU guideline is under way as well.

#### 2.4.3 Incineration/gasification

In view of the inherent problematic of pollutants it is evident that there is no alternative to the thermal treatment of the dried sewage sludge. However, sewage sludge is not only consisting of pollutants. It also has contents which are of value.

### Incineration

The calorific value of dewatered and dried sludge is approximately equivalent to brown coal. It can be burned either in lime or cement factories, but of course also in waste incineration plants.

Due to the inorganic fraction about 1/3 of the input will remain as ash.

Another option is a small incineration facility on-site. Some demonstration plants were built recently, one of them by TECON Engineering in Bad Vöslau, Austria. The basic flow diagram is shown below.

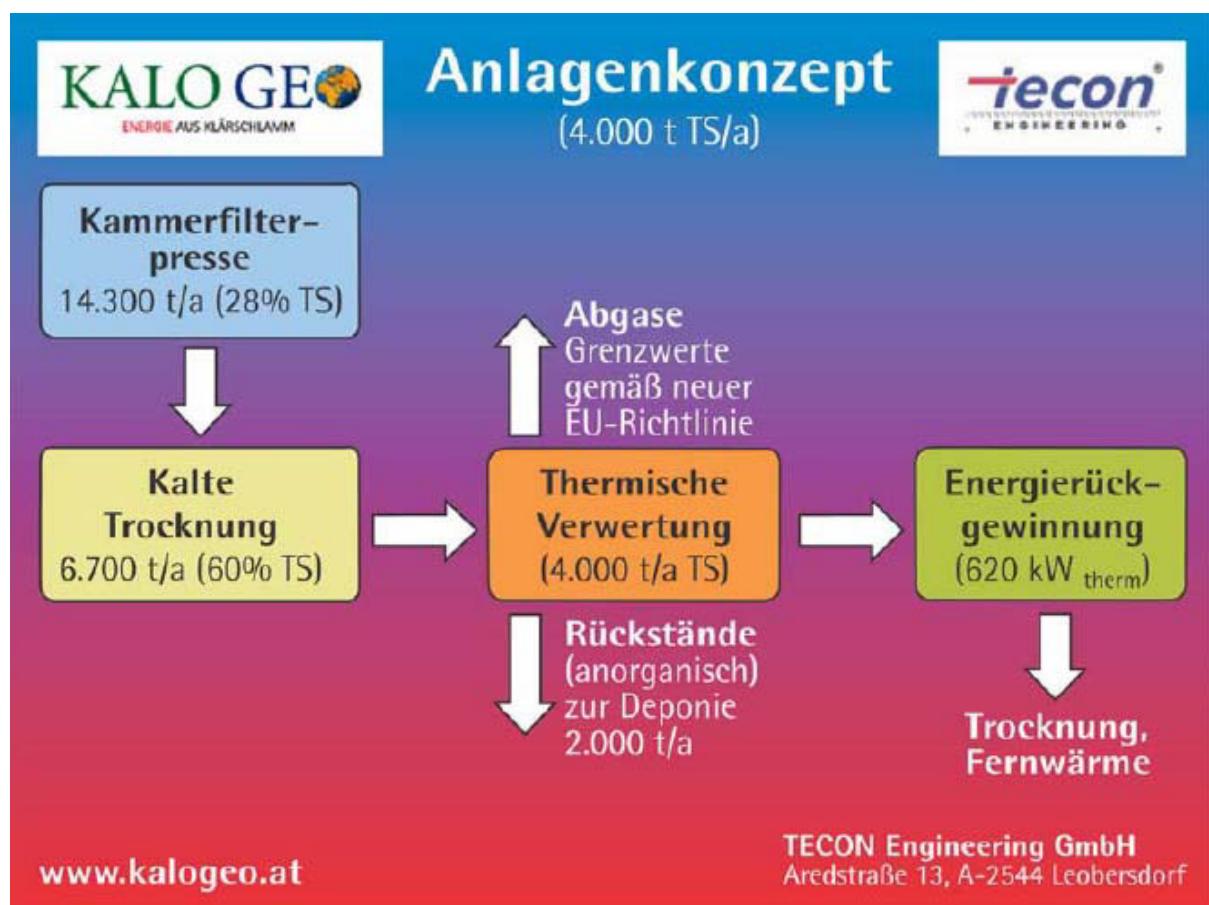


figure 6: mass balance of drying and incineration process (TECON)

### Gasification

The gasification is nowadays working in demonstration scale and offers the proper process which removes the pollutants and at the same time leads to a wholesome valorisation of the sludge. Valorisation takes place directly at the sewage works, without transports stressing the environment.

The process transforms sewage sludge into electricity, heat and a mineral granule suitable for a wide variety of applications.

Additives are not required. The gasification process needs no external fuels and the gas fed to

the post combustion chamber is self-burning. The cold gas efficiency is between 65 and 70 % depending on the degree of drying which means that about two thirds of the energy contained in the sewage sludge are becoming combustible gas. The gas engine produces electrical energy, of which about 20 % are required for the process itself.

The mineral granule it is used in an Asphalt mixing plant as admixture.

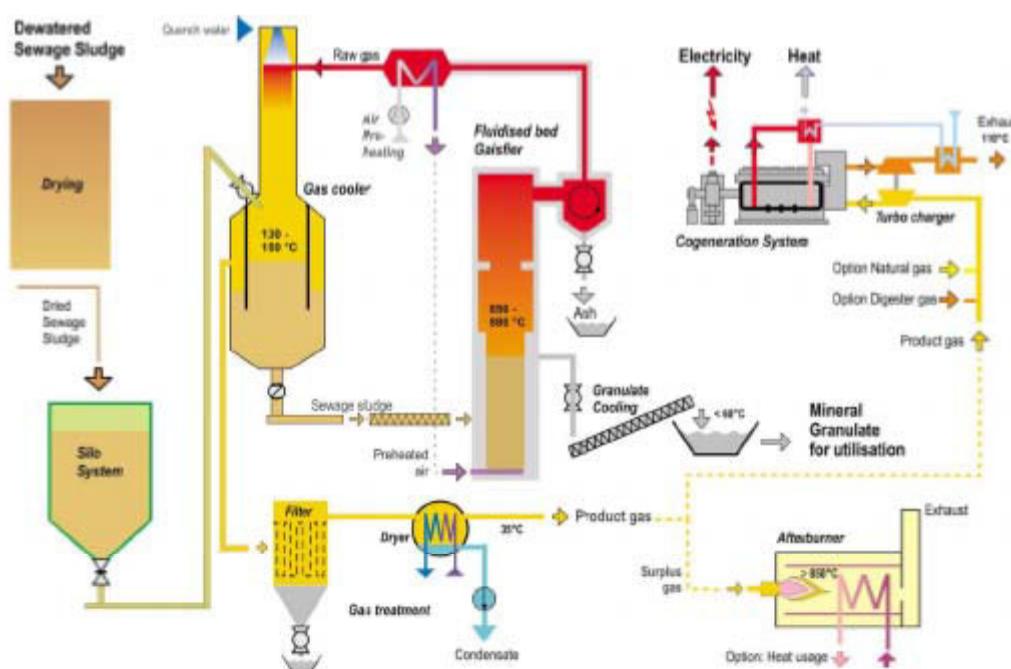


figure 7:gasification process (KOPF AG Umwelt- und Energietechnik, Germany)

### 3 Costs and ecologic aspects

#### 3.1 Agricultural use

The costs for an agricultural disposal vary in a wide range, sometimes the operator of the WWTP even gains a slight profit.

As a mean value costs between € 100,- - 500,-/Mg<sub>DS</sub> are realistic.

From the ecologic point of view this method is only acceptable if a tight monitoring of the sludge quality and the soil conditions are enforced. A pre-condition is that the sludge is hygienic, in other words treated thermophilic or heated prior to dewatering.

#### 3.2 Composting and use of the earth like material in landscaping

According to Lit. 6 the costs for composting sewage sludge vary in the range from € 250,- - 350,-/Mg<sub>DS</sub>. A survey at operators of Austrian composting facilities gave slightly lower prices

€ 180,- - 300,-/Mg<sub>DS</sub>.

Generally the technical composting in closed boxes is of course more costly than the one in open stack.

During a technical composting process the products are well hygienised due to temperature and residence time. Monitoring of heavy metals content is obligatory prior to use in landscaping operations.

### ***3.3 Mono incineration in large scale (off-site)***

The costs for the external incineration of dewatered sewage sludge (30 % DS) in Austria varies in the range from € 150,- - 600,-/Mg<sub>DS</sub>. (Lit. 1).

Due to modern techniques the processes are well controlled and the exhaust gas is treated in order to fulfil all valid directives, the remaining ash might be land-filled or used for construction works. The thermal energy within the sludge is used for heating, the overall process has to be classified as ecologically sound.

### ***3.4 Co-incineration in existing industrial furnaces***

In Austria the incineration of one ton of dewatered sewage sludge costs around € 150 - 400,- /Mg<sub>DS</sub>. Commonly the costs in cement factories are the lowest, slightly higher are the costs in coal power plants.

The highest costs result if the sludge is disposed in waste incineration plants, here we find figures of € 300,- – 1.100,-/ Mg<sub>DS</sub>.

Depending on the industrial furnace system the overall process has to be looked at before a judgement on the ecologically suitability can be given. E.g. a high content of heavy metals in the sludge might be blended to a low concentration if a lot of other input materials are processed in the same furnace system. It is generally agreed that a simple dilution is not environmentally friendly.

### ***3.5 Treatment of sludge with high contents of heavy metals (electroplating industry, leather industry)***

In general that kind of sludge has to be dewatered to a maximum degree since this decreases transportation costs and eases further reuse.

A close analytical examination is always necessary to evaluate the best recovery or disposal option. Often highly loaded sludge can be recycled directly in production facilities of metals works. If there is an undefined mix the incineration in a treatment plant for hazardous waste might be the only possibility.

Literature:

1. I. Kügler, A. Öhlinger, B. Walter: *Dezentrale Klärschlammverbrennung*, Umweltbundesamt Wien, Band BE-260, 2004
2. M. M. Hütter, A. Krämer-Schafhalter, B. Mayr: *Integration of membrane technology in communal wastewater treatment: operation and cost analysis*, European Water Management, Vol. 3, 3, 2000
3. B. Mayr: *Neue Verfahrenstechniken im Abwasserbereich - Schwerpunkt Membrantechnik*, in: Bohmann Verlag: Umwelt Grenzenlos, Ljubljana, Slowenien, 24. – 25. September 2002
4. B. Mayr: Erfahrungen Membranbelebung bei kommunalen Anlagen, in: ÖWAV + VDI, MEMBRANTECHNIK Wasser, Abwasser und Membranbelebung, 5.6.2003
5. B. Mayr: MEMJET® – Converting waste water to drinking water, in: International Workshop on Implementation and Operation of Municipal Wastewater Reuse Plants, Saloniki, Griechenland, 11-12 März 2004
6. A. BRUNNER: *Salzburger Klärschlamm-Konzept 2001*, Hausdruckerei Amt der Salzburger Landesregierung, Salzburg, 2001
7. K.J. THOMÉ-KOZMIENSKY: *Klärschlammverarbeitung*, TK Verlag Thomé-Kozmiensky, Neuruppin, 1998

## PREDELAVA KOMUNALNEGA MULJA: KOLIČINE, NOVEJŠE TEHNOLOGIJE TER TEHNOLOGIJE PRIHODNOSTI, TEŽKE KOVINE IN STROŠKI

### Avtorja:

DI dr. Bernhard Mayr  
EnviCare® Verfahrenstechnik  
Wittekweg 9  
8010 Gradec; Avstria  
Email: [office@envicare.at](mailto:office@envicare.at)  
Tel: + 43 316 38 10 382  
Internet: [www.envicare.at](http://www.envicare.at)

Jure Žugman univ. dipl. ing.  
EKOL d.o.o.  
Laze 18 a  
4000 Kranj; Slovenija  
Email: [jure.zugman@ekol.si](mailto:jure.zugman@ekol.si)  
Tel: + 386 51 356 165  
Internet: [www.ekol.si](http://www.ekol.si)

### Povzetek

*V luči veljavnih evropskih direktiv predstavlja mulj, ki izvira iz komunalnih čistilnih naprav in industrijskih odplak, čedalje večje težave z vidika stroškov, saj bo v naslednjih letih prepovedano odlaganje na odlagališča, kar je doslej veljalo za preprosto in ceneno rešitev. Članek opisuje celotno tematiko od nastanka mulja do predelave ter njegovega odlaganja z vidika tehničnega svetovalca inženirja, kar pomeni v tesni povezavi s praktičnimi izkušnjami. Predstavljenih je nekaj tehnologij, pri tem pa je podana ocena stroškov in okoljskih vplivov.*

### Količina in sestava komunalnih muljev v Sloveniji

Kakovost komunalnega mulja določa prisotnost patogenih organizmov in koncentracija težkih kovin, prav tako pa je odvisna od značilnosti odplak in vrste ter kakovosti njegove predelave. Koncentracije težkih kovin, kot so arzen, kadmij, baker in kobalt, se v mulju čistilnih naprav spreminja glede na delež, ki ga h komunalnim odplakam prispevajo industrija in gospodinjstva, ter od učinkovitosti sistema za predelavo odpadnih voda/mulja. V preglednici številka 1 je prikazana sestava povprečnega komunalnega mulja po predhodni obdelavi na čistilni napravi za odplake (podatki predstavljajo povprečen komunalni mulj v Avstriji). V Sloveniji je 53 % gospodinjstev priključenih na čistilne naprave. Omenjene čistilne naprave vsako leto predelajo okoli 87,3 milijonov m<sup>3</sup> odplak, skupaj pa proizvedejo okoli 27.000 Mg (suhe snovi) komunalnega mulja. Sestava, še zlasti vsebnost težkih kovin, je nedvomno odvisna od industrijskih in komunalnih objektov, ki so priključeni na kanalizacijski sistem. V Avstriji velja za takšne "posredne" proizvajalce odplak približno 60 posebnih predpisov o ravnjanju z vodami. Eden najpomembnejših onesnaževalcev z vidika težkih kovin ter obstojnih organskih sestavin so komunalne deponije.

Prav zato so predpisi za deponije še celo strožji kot za komunalne odplake. Večina avstrijskih izcednih voda iz odlagališč se prečisti na mestu nastanka in se odvajajo neposredno v reke na podlagi povratne osmoze, pri kateri težke kovine in slabo razgradne sestavine ostajajo v koncentratu, ki se ponovno dovaja na odlagališče, da bi tako "pospešil" organski razkroj znotraj deponije.

| Parameter                                 | Enota              | vrednost |
|---|--------------------|----------|
| pH  | [1]                | 7,7      |
| suha snov                                 | [masa - %]         | 30,50    |
| NH4-N                                     | [g/kg suhe snovi]  | 1,60     |
| NO3-N                                     | [g/kg suhe snovi]  | 0,17     |
| organski dušik                            | [g/kg suhe snovi]  | 14,18    |
| dušik skupaj (Nges)                       | [g/kg suhe snovi]  | 25,19    |
| kalcij (Ca)                               | [g/kg suhe snovi]  | 70,98    |
| kalij (K)                                 | [g/kg suhe snovi]  | 2,63     |
| magnezij (Mg)                             | [g/kg suhe snovi]  | 9,17     |
| fosfor (P)                                | [g/kg suhe snovi]  | 31,00    |
| arzen (As)                                | [mg/kg suhe snovi] | 6,05     |
| svinec (Pb)                               | [mg/kg suhe snovi] | 53,82    |
| kadmij (Cd)                               | [mg/kg suhe snovi] | 1,19     |
| krom (Cr)                                 | [mg/kg suhe snovi] | 43,4     |
| kobalt (Co)                               | [mg/kg suhe snovi] | 6,53     |
| baker (Cu)                                | [mg/kg suhe snovi] | 197,10   |
| mangan (Mn)                               | [mg/kg suhe snovi] | 220,86   |
| molibden (Mo)                             | [mg/kg suhe snovi] | 3,90     |
| nikelj (Ni)                               | [mg/kg suhe snovi] | 27,69    |
| živo srebro (Hg)                          | [mg/kg suhe snovi] | 1,00     |
| cink (Zn)                                 | [mg/kg suhe snovi] | 809,52   |
| vsebina organohalogenskih komponent (AOX) | [mg/kg suhe snovi] | 147,00   |

Preglednica 1: sestava komunalnega mulja (Lit. I)

## Tehnologija

Prvi korak v postopku "mehanske" predelave odplak je odstranjevanje večjih trdnih delcev in peska s pomočjo rešetk. Produkti takšnega filtriranja se predelujejo ločeno od drugega mulja iz odplak. Drugi "mehanski" korak vključuje uporabo sredstev za bistritev in sedimentacijske bazene, kjer se na dno usedajo delci iz odplak. Omenjena obdelava odstrani iz odplak od 50 do 65 % prosto plavajočih delcev ter od 30 do 40 % biokemične potrebe po kisiku (BPK). Zato vsebuje "primarni" mulj, ki je rezultat omenjenega postopka, velik del lahko razgradljivih organskih sestavin. Pri biološki obdelavi se uporablajo aerobni mikroorganizmi, ki odstranjujejo preostalo BPK, amoniak in plavajoče trdne delce. V celoti je ta "sekundarni" mulj sestavljen iz približno 90 odstotkov organskih snovi in približno 2 do 4 odstotke trdnih delcev. Obe vrsti mulja iz mehanske in biološke predelave se pomešata in sta podvržena nadaljnji obdelavi.

Najnovejši razvoj membranskih bioreaktorskih sistemov (MBR – glej <http://www.envicare.at/research/kommeng.pdf>, Lit. 2 - 5) obeta veliko na področju zmanjšanja količine "sekundarnega" mulja. Omenjeni sistemi delujejo pri koncentraciji trdnih delcev od 8 – 20 g/l in zagotavljajo aerobno stabilizacijo med samo obdelavo.



Slika 1: Membranski bioreaktorski sistem

### 2.1 Predhodna predelava mulja v čistilnih napravah za odplake

#### 2.1.1 Skladiščenje

Z zgoščevanjem mulja pred nadaljnjo obdelavo je mogoče zagotoviti zmanjšanje njegove prostornine od 30 do 80 %. V manjših čistilnih napravah za odplake, kjer mulj redno odvažajo,

poteka zgoščevanje neposredno v cisterni za skladiščenje mulja. Mulj se nabira na dnu cisterne samo s silo težnosti, medtem ko so se na vrhu oblikuje sloj motne vode, ki je speljana nazaj na vhod.

V večjih čistilnih napravah obstajajo posebni zgoščevalni bazeni. Omenjeni bazeni so opremljeni s počasi krožečimi mešali, ki v mulju ustvarjajo mikrokanale za boljše odvajanje vode. Čisto strojno zgoščevanje zadnje čas vse bolj pridobiva na pomenu, še posebej pri nestabiliziranih muljih, ki med skladiščenjem lahko gnijejo.

### **2.1.2 Aerobna stabilizacija**

V obratih za predelavo mulja, kjer poteka nenehno in dolgotrajno prezračevanje mulja, lahko poteka aerobna stabilizacija sočasno. Pri aerobni presnovi mikroorganizmi nadaljujejo s takojimenovano dihalno fazo, kjer pride do oksidacije skladiščenega materiala, kar prispeva k zmanjšanju količine biološko razgradljivih snovi. Tako je za aerobno stabilizacijo celotnega presežnega mulja (vključno s primarnim muljem) potrebna energija. Poleg tega takšen postopek zahteva dodatno prostornino reaktorja.

Sistem se običajno uporablja v manjših čistilnih napravah s kapaciteto manjšo od 20.000 PE. Glavni razlog je, da uporaba bioplina v kogeneracijskih napravah ni ekonomsko upravičena in da je aerobna stabilizacija z vidika vlaganja razmeroma poceni.

### **2.1.3 Anaerobna presnova**

Sistem za anaerobno predelavo predstavlja kompleksen in stroškovno intenziven biološki postopek, katerega rezultat je metan iz biološke presnove komunalnega mulja (gl. sliko 2). Omenjeni postopek je najbolj učinkovit ob uporabi sistema za predelavo mulja z anaerobnim proženjem ali s potopnim anaerobnim reaktorjem. Proizvodnja metana je zelo občutljiv postopek, saj razmnoževanje metanogenskih bakterij zahteva posebne pogoje okolja. Omenjene bakterije potrebujejo ustrezno temperaturo (pribl. 38° C, mezofilno) in lahko učinkovito presnavljajo le pri pH vrednosti 6.6-7.6. Po čiščenju in prečiščevanju (žveplo, siloksan) je mogoče metan bodisi sezigati z neposrednim seziganjem ter zagotavljanjem procesne topote ali v okviru kogeneracijske naprave, ki zagotavlja električno energijo in toploto. Zaradi razmeroma visokih stroškov vlaganj in zaradi varnostnih predpisov se anaerobni sistemi običajno uporabljajo v večjih čistilnih napravah s kapaciteto večjo od 20.000 PE. Z energetskega stališča je proizvodnja bioplina ekološko neoporečna saj predstavlja obnovljiv vir energije.



*slika 2: razgradna naprava (zgoraj) in kogeneracijska naprava (spodaj)*

#### **2.1.4 Dehidracija**

Po zgoščevanju mulja se pogosto uporabljajo še postopki za dodatno zmanjšanje količine mulja. V postopku dehidracije se iz tekočega mulja izloči voda, kar pomeni da dobimo suh in porozen ostanek, medtem ko se voda iz preše враča v čistilno napravo. Za dobro dehidracijo sta pomembni velikost in trdnost aglomeracije mulja, saj mora med predelavo ostati porozen. Pogosto se uporablja flokulanti za doseganje čim manjše vsebnosti vode, prilagojeni pa morajo biti tudi posebej za vsako vrsto mulja. Za izbiro pravilnega postopka dehidracije je pomembno razmisliti o nekaterih robnih pogojih: kakovost, obstoječa struktura, odlaganje, predpisi, razpoložljivo osebje itn.

Dehidracija lahko poteka po naravni poti (suha korita), čeprav to zahteva daljše obdobje. Hitrejši in manjši, vendar tudi stroškovno bolj intenzivni so strojni postopki, kot je na primer stiskanje (filtracija z vakuumom in tlačnimi filterji) ter centrifugiranje (pretočna centrifuga).



*slika 3: filtrirna tlačna stiskalnica (zgoraj) ter pretočna centrifuga (spodaj)*

#### **2.1.4.1 Filtrirna tlačna stiskalnica (filtracija s tlačnim filtrom)**

Kljub srednje visokim stroškom obratovanja in visokim investicijskim stroškom je tlačna tehnologija je najbolj razširjena. Filtrirne tlačne stiskalnice (gl. sliko 3) so eden najučinkovitejših načinov dehidracije in stiskanja mulja v trdne brikete. Pri tem postopku poteka prečrpavanje tekočega mulja v stiskalnico, komore se tako napolnijo in s pritiskom, ki ga zagotavlja dovodna črpalka se začne njegova dehidracija. Filtrat se pretaka skozi mrežo medija/filtra in nadaljuje svojo pot skozi stiskalnico. Glede na naravo mulja so filtrirne tlačne stiskalnice sposobne dehidrirati tekoči mulj tako, da ima mulj po obdelavi že od 30 do 60 % trdnih delcev.

### 2.1.4.2 Centrifuge

Centrifuge se občasno uporabljo za zmanjšanje prostornine stabiliziranega mulja (gl. sliko 3). Namen dehidriranja s centrifugo (zgoščevanja) je zagotoviti približno 20 % koncentracijo trdnih delcev.

Komunalni mulj je ob enakomerinem pretoku speljan v krožečo posodo. V njej se trdni delci izločijo iz vode zaradi centrifugalnih sil, ki jih zagotavlja vrteča se posoda. Pri tem prihaja do strjevanja trdnih delcev na steni posode, tekočina in drobni trdni delci pa se izločajo iz naprave skozi odpadni tok. Vgrajen transportni polž odstranjuje dehidriran mulj na eni strani posode, medtem ko voda odteka na drugi strani. Čeprav je delež trdnih delcev še vedno nizek, je prevoz "puđinga" manj zahteven kot prevoz mulja.

## 2.2 Predelava dehidriranega mulja izven čistilnih naprav

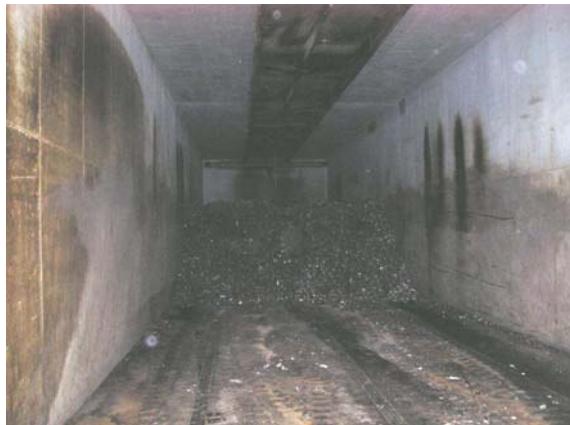
### 2.2.1 Kompostiranje

Kompostiranje je eden od načinov za ravnjanje s komunalnim muljem, kjer pride do biološke razgradnje njegovih organskih komponent pod kontroliranimi pogoji. Rezultat postopka je kompostiran material, s katerim je mogoče ravnati, ga skladiščiti in/ali uporabiti na terenu brez škodljivih vplivov na okolje. Tako pridobljen kompost bo bolj suh in bolj stabilen od dehidriranega, surovega ali predelanega komunalnega mulja, s tem pa bo oddajal tudi manj vonjav in privabljal manj prenašalcev (npr. podgane, muhe).

Kompostiranje poteka z mešanjem mulja s sredstvom za zgoščevanje, ki zagotavlja, da je mogoče mešanico prezračevati za izvajanje pospešenega postopka aerobne razgradnje. Težava pri tem je, da je za prezračevanje kompostiranega materiala potreben precej energije in da je treba končni izdelek - kompost odložiti na ustrezno zemljišče. Takšen kompost za kmetijske pridelovalce ni zanimiv, saj ima nizko gnojilno vrednost.

Iz mulja se izloči voda, tako da se delež suhe snovi v mulju poveča na približno 35 %. To omogoča, da postane mulj samonosilen, ko je zložen na kupu ali v skladovnici, kar olajšuje kompostiranje. Nato mu dodamo sredstvo za zgoščevanje, ki še dodatno dehidriira nastalo mešanico. Sredstva za zgoščevanje so lahko žagovina, listje, papir ali trdni odpadki, čeprav se najbolj uporablja oblanci. Mešanje poteka v razmerju trije deli oblancev na en del mulja, s tem pa doseže mulj že 55 % suhe snovi.

Tehnologije kompostiranja se razlikujejo od preprostih, odprtih sistemov na prostem (vzdolžni kupi), do bolj nadzorovanih reaktorskih sistemov, kot so prezračevane statične kopice in posode (reaktorji z vertikalnim tokom ter nagibni reaktorji).



*Slika 4: tehnični in nadzorovani postopki v zaprtih prostorih ali ‘preprosta tehnologija’ v vrstah na prostem*

### **2.2.2 Anaerobna predelava**

Glej poglavje 2.1.3. Predelava odpadnih komunalnih muljev izven čistilnih naprav ima smisel le, če v čistilni napravi za odplake ne poteka nikakršna anaerobna predelava.

### **2.3 Sušenje**

Sušenje mulja je namenjeno zmanjšanju tako deleža patogenih primesi kot tudi vsebnosti vode, tako da je najpomembnejši cilj zmanjšanje teže mulja.



Slika 5: tehnično sušenje ali »preprosto« sušenje na soncu

### 2.3.1 Tehnično sušenje

Tehnični postopki za sušenje mulja temeljijo predvsem na kontaktnih ali konvekcijskih postopkih. Kontaktno sušenje ne zahteva večjih količin zraka, saj poteka dovajanje toplote do vlažnega materiala preko tople stene. Predviden je samo minimalen pretok zraka za odvajanje pare. Prednost tega postopka je, da so stroški za čistilne naprave za prečiščevanje plinov razmeroma majhni.

Konvekcijsko sušenje poteka z izpostavljanjem mulja vročemu zraku. Segrevanje okoljskega zraka na visoko temperaturo poteka z gorilcem ali s parnim topotnim izmenjevalcem, ki pride v stik z muljem v bobnu ali tračnem sušilniku.

### 2.3.2 Sušenje na soncu

Kmetijski in druge izdelke je človek že tisočletja sušil na soncu in vetru. Sušenje na soncu temelji na pojavu izparevanja tudi pri temperaturah, ki so nižje od 100° C. V vsakem primeru pa je za to potrebna energija, njen vir pa je sonce, ki predstavlja brezplačen vir. Osnovni pogoj je, da je treba

mulj dehidrirati tako, da bi vseboval > 20 % trdnih delcev. Pri tem veljajo naslednja načela oziroma zahteve:

- vgradnja ustrezne zaščite pred dežjem,
- termična izolacija,
- visoka stopnja izparevanja kot v rastlinjaku,
- nadzorovano kroženje zraka,
- nadzorovano in občasno obračanje mulja.

V skladu s povprečno jakostjo sončne energije v Avstriji/na Hrvaškem, ki znaša od 1.000 do 1.100 kWh/m<sup>2</sup> je možno ob zgoraj omenjenih pogojih doseči povprečno uparjanje 850 l H<sub>2</sub>O/(m<sup>2</sup>\*a). Smiselno je vključiti določeno začasno skladišče / prostor, saj v hladnem obdobju leta (december – februar) skoraj ni mogoče v celoti zagotoviti takšne jakosti sonca. Če je to opravljeno pravilno, je zagotovljena vsebnost suhih delcev od 70 do 80 %. Celotna poraba električne energije je enaka ~ 25 kWh/t upanjene H<sub>2</sub>O.

## 2.4 Končna obdelava

### 2.4.1 Kmetijstvo

V preteklih desetletjih je prevladovalo odlaganje (dehidriranega) komunalnega mulja na kmetijskih površinah. Uporaba predelanega mulja na kmetijskih površinah je veljala za najboljšo okoljsko rešitev za večino mulja s komunalnih čistilnih naprav (oddelek za okolje, 1995). Pri uporabi mulja je treba paziti, da takšen mulj zaradi vsebnosti patogenih substanc in težkih kovin ne predstavlja nikakršnega zdravstvenega ali okoljskega tveganja. Poleg tega naj bi bil mulj deloval enako kot gnojila za posamezne kulture, da bi tako preprečili izpiranje hranilnih snovi, še zlasti dušika. Zaradi težav s higieno kot tudi zaradi nabiranja težkih kovin v zemlji, so oblasti v Evropi v zadnjem času postale vse bolj zaskrbljene. Danes so veljavni strogi evropski predpisi, ki prepovedujejo odlaganje mulja s komunalnih čistilnih naprav na večini kmetijskih območij. V Avstriji je to odvisno od naklona pašnikov ter od vrste javnih subvencij. V splošnem lahko trdimo, da se skoraj ves mulj iz naselij z več kot 2.000 PE ne odlaga na kmetijskih zemljiščih, temveč se sežiga.

| Podatki v mg/kgDS | Vrednost iz preglednice 1 | Nemčija – trenutno stanje (AbfKlärv) | Predlagane vrednosti | Uredba EU o ekološki pridelavi, 2002/91 |
|-------------------|---------------------------|--------------------------------------|----------------------|---|
| Cd                | 1,2                       | 10                                   | 0,5 - 1,4            | 0,7                                     |
| Cu                | 197                       | 800                                  | 50 - 80              | 70                                      |
| Ni                | 28                        | 200                                  | 25 - 60              | 25                                      |
| Pb                | 54                        | 900                                  | 40 - 80              | 45                                      |
| Zn                | 810                       | 2500                                 | 330 – 450            | 200                                     |
| Hg                | 1                         | 8                                    | 0,2 - 0,8            | 0,4                                     |
| Br                |                           | 900                                  | 25 - 70              | 70                                      |

Preglednica 2: Mejne vrednosti za uporabo komunalnega mulja

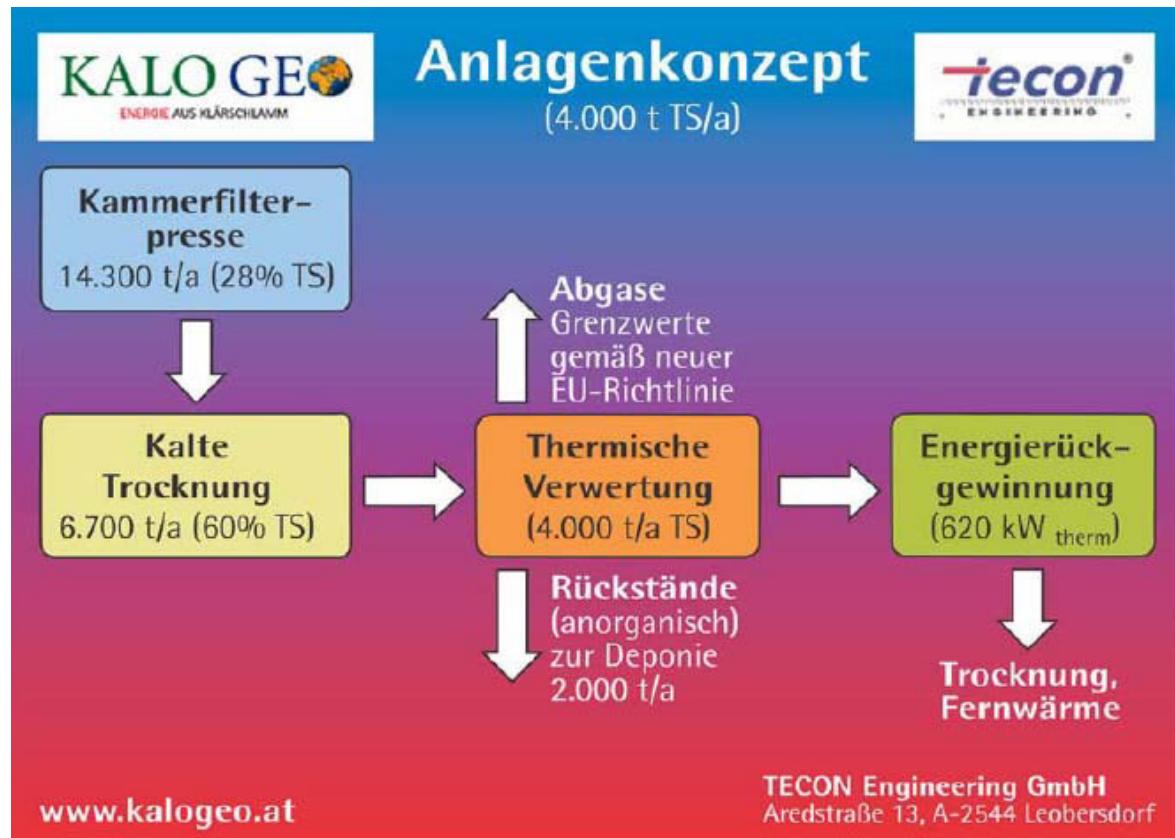
### **2.4.2 Odlagališča**

V Avstriji so bila vse do konca 2003 odlagališča za dehidriran mulj najpomembnejša rešitev za njegovo dokončno odlaganje. Od leta 2004 pa novi predpisi s področja deponij "Deponieverordnung" prepovedujejo odlaganje organskih materialov, zato polnjenje odlagališč z mulji s komunalnih čistilnih naprav ni več mogoče. Podobni predpisi so začeli veljati v Nemčiji 1.7.2005 (Technische Anleitung Siedlungsabfall) prav tako pa je že v pripravi nova smernica EU.

### **2.4.3 Sežiganje/uplinjanje**

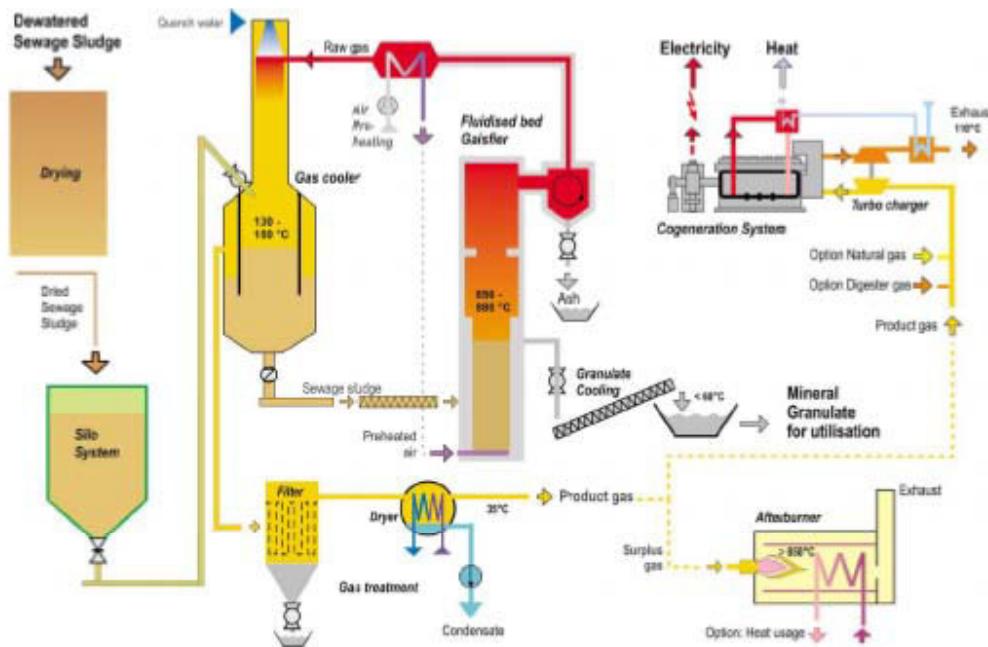
V luči neločljivo povezane problematike škodljivih snovi je očitno, da termična obdelava suhega komunalnega mulja pravzaprav nima alternative. Vendar pa mulji s komunalnih čistilnih naprav ne vsebuje le škodljivih snovi, temveč prinaša tudi nekatere koristne vidike.

**Sežiganje** Kalorična vrednost dehidriranega in sušnega mulja je približno enaka kalorični vrednosti rjavega premoga. Mulj je mogoče sežigati bodisi v obratih za proizvodnjo apna ali cementarnah, prav tako pa tudi v sežigalnicah odpadkov. Zaradi anorganskega deleža, se približno 1/3 vhodne surovine pretvorí v pepel. Druga možnost so majhne sežigalnice na mestu nastanka mulja. Nekatere poskusne sežigalnice so bile zgrajene prav v zadnjem času, eno od njih je postavil TECON Engineering v Bad Vöslauu, v Avstriji. Osnovni diagram poteka je prikazan na spodnji sliki.



Slika 6: masno ravnotežje pri postopku sušenja in sežiganja (TECON)

Uplinjanje: Dandanes poteka uplinjanje šele na demonstracijski ravni, prinaša pa ustrezni postopek, ki ločuje umazanijo ter sočasno prispeva k celovitemu dviganju kakovosti mulja. Dviganje kakovosti poteka neposredno v komunalnih čistilnih napravah brez potrebe po prevažanju, ki negativno vpliva na okolje. V postopku se mulj spreminja v električno energijo, toploto in mineralni granulat, ki je primeren za različne vrste uporabe. Potrebe po aditivih ni. Postopek uplinjanja ne zahteva nobenega zunanjega goriva. Plin, ki napaja post-sežigalno komoro, je samogorljiv. Učinkovitost hladnega plina je med 65 in 70 % glede na stopnjo sušenja, ki pomeni, da se okoli dve tretjin energije, ki jo vsebuje komunalni mulj, pretvori v gorljiv plin. Plinski generator, ki proizvaja elektriko, od katere se okoli 20 % porabi za izvajanje samega postopka. Mineralni granulat pa se uporablja v asfaltnih bazah kot eden od dodatkov.



slika 7:postopek uplinjanja (KOPF AG Umwelt- und Energietechnik, Nemčija)

### 3 Stroški in okoljski vidiki

#### 3.1 Uporaba v kmetijstvu

Stroški za uporabo v kmetijstvu so lahko zelo različni. Včasih upravljalec čistilne naprave za odplake prigospodari celo manjši dobiček.

Povprečni realni stroški so med 100 in 500 EUR /Mg suhe snovi. Z ekološkega stališča je to edina sprejemljiva metoda, če je zagotovljen strog nadzor kakovosti mulja in stanja zemljine. Osnovni pogoj je, da je mulj higieničen, kar z drugimi besedami pomeni, da je obdelan termofilno ali pred dehidriranjem še segret.

#### 3.2 Kompostiranje in uporaba zemljine kot materiala pri oblikovanju krajine

V skladu z lit. 6 se stroški za kompostiranje komunalnega mulja gibljejo med 250 in 350 EUR /Mg suhe snovi. Raziskava med upravljavci avstrijskih objektov za kompostiranje je pokazala nekoliko nižje stroške, in sicer med 180 in 300 EUR /Mg suhe snovi.

V splošnem tehnično kompostiranje v zaprtih vsebnikih razumljivo prinaša višje stroške kot na prostem.

Pri tehničnem postopku kompostiranja je dobljeni material dobro očiščen zaradi temperature in časa mirovanja. Pred uporabo v okviru projektov preoblikovanja krajine je obvezno preverjanje vsebnosti težkih kovin.

### **3.3 Samostojno sežiganje v velikem obsegu (izven čistilnih naprav)**

Stroški za zunanji sežig dehidriranega komunalnega mulja (30 % suhe snovi) v Avstriji se giblje ned 150 in 600 EUR /Mg suhe snovi (lit. 1).

Zaradi sodobnih pristopov je postopek dobro nadzorovan, plini na izhodu pa se predelajo, da bi ustrezali vsem veljavnim direktivam, preostali pepel pa je mogoče uporabiti za polnjenje odlagališč ali za uporabo v gradbeništvu. Toplotna energija, ki nastaja pri sežiganju mulja, se uporablja za ogrevanje, celoten postopek pa je mogoče obravnavati kot okoljsko sprejemljiv.

### **3.4 Sosežig v obstoječih industrijskih pečeh**

V Avstriji stane sežiganje ene tone dehidriranega mulja med 150 in 400 EUR/Mg suhe snovi. Običajno so stroški najnižji v cementarnah, nekoliko višji so v termoelektrarnah.

Najvišji stroški nastanejo, če sežiganje poteka v sežigalnicah odpadkov, saj se stroški gibljejo med 300 in 1.000 EUR/Mg suhe snovi.

Preden je mogoče oceniti okoljsko primernost postopka, je treba celoten postopek dobro pregledati glede na sistem industrijske peči. Na primer ob visoki vsebnosti težkih kovin v mulju, mu je mogoče primešati mulj, ki ima nižjo vsebnost, če poteka predelava velike količine materiala v istem sistemu peči. V splošnem velja, da preprosto redčenje ni okolju prijazno.

### **3.5 Predelava mulja z visoko vsebnostjo težkih kovin (galvanizacije, usnjarska industrija)**

V splošnem je takšen mulj dehidriran do najvišje stopnje, saj to zmanjšuje stroške prevoza in olajšuje ponovno uporabo. Natančen analitičen pregled je vedno potreben, da bi ugotovili, katera je najboljša rešitev za ponovno uporabo ali odlaganje. Mulje z visoko vsebnostjo težkih kovin je mogoče reciklirati neposredno v proizvodnih obratih kovinarskih obratov. Če je mešanico težko določiti, je sežiganje v sežigalnici za nevarne odpadke morda edina možnost.

Literatura:

1. I. Kügler, A. Öhlinger, B. Walter: *Dezentrale Klärschlammverbrennung*, Umweltbundesamt Wien, Band BE-260, 2004
2. M. M. Hütter, A. Krämer-Schafhalter, B. Mayr: *Integration of membrane technology in communal wastewater treatment: operation and cost analysis*, European Water Management, Vol. 3, 3, 2000
3. B. Mayr: *Neue Verfahrenstechniken im Abwasserbereich -Schwerpunkt Membrantechnik*, in: Bohmann Verlag: Brezmejno okolje, Ljubljana, Slovenija, 24. – 25. september 2002
4. B. Mayr: Erfahrungen Membranbelebung bei kommunalen Anlagen, in: ÖWAV + VDI, MEMBRANTECHNIK Wasser, Abwasser und Membranbelebung, 5.6.2003
5. B. Mayr: MEMJET® – Converting waste water to drinking water, in: International Workshop on Implementation and Operation of Municipal Wastewater Reuse Plants, Solun, Grčija, 11.-12. marec 2004
6. A. BRUNNER: *Salzburger Klärschlamm-Konzept 2001*, Hausdruckerei Amt der Salzburger Landesregierung, Salzburg, 2001
7. K.J. THOMÉ-KOZMIENSKY: *Klärschlammensorgung*, TK Verlag Thomé-Kozmiensky, Neuruppin, 1998