



HÖGSKOLAN  
I HALMSTAD

Miljö & Hälsoskydd 180 hp

KANDIDATUPPSATS



## Avloppsslam - användning

Utvärdering av avsättningsmetoder samt en jämförelse mellan Sverige, Kina, Nederländerna och Storbritannien

Oscar Linder

Examensarbete 15 hp

2017-11-25



# Avloppsslam - användning

Utvärdering av avsättningsmetoder samt en jämförelse mellan Sverige, Kina, Nederländerna och Storbritannien

Nyckelord:

Avloppsslam - ReVAQ - Tungmetaller - Jämförelse av länder - Avsättningsalternativ

Oscar Linder  
Högskolan i Halmstad  
Miljö & Hälsoskydd 180 hp

Handledare:  
Per Magnus Ehde

# 1. Sammanfattning

Syftet med detta projekt har varit att utvärdera de metoder som används för närvarande i avloppsreningsverkens slamhantering. Metod som använts är litteraturstudie. Projektet har redogjort för de olika depositionsmetoder som används idag. Exkluderade är metoderna som används för att rena vattnet och stabilisera avloppsslammet. Projektet har undersökt hur hantering av avloppsslam ser ut i Sverige, Kina, Nederländerna och i Storbritannien. Avsikten har varit att redogöra för hur användningen av respektive depositionsmetod ser ut och varför de deltagande länderna valt olika depositionsmetoder. Nyckelord som använts är Avloppsslam, ReVAQ, Tungmetaller, Jämförelse av länder, Avsättningsalternativ.

Avloppsslam är en av de stora outnyttjade tillgångar vi har, det inbringar inte bara ekonomisk nytta utan även vinst ur ett miljömässigt perspektiv. Avloppsslam innehåller många nyttiga ämnen som kväve och fosfor. Dessa ämnen främjar växternas tillväxt. Det finns även risker med tillförsel av avloppsslam till jordbruksmark till exempel tillförsel av tungmetaller. Det finns många olika metoder för att hantera avloppsslam. Avsättningsmetoderna delas in i termiska och icke-termiska. De mest använda metoderna är tillförsel till jordbruksmark, förbränning, deponering och täckning av mark. Metoder som används i mindre omfattning är bland annat våtoxidering och pyrolys. Hantering av avloppsslam regleras både av EU-direktiv (för länder som är medlemmar i EU) och landets egna lagstiftning.

Slutsatser som kan dras av detta projekt är att det finns många olika metoder för slamhantering. Ny teknologi utvecklas också ständigt vilket kan skapa nya möjligheter. Länder i studien har valt olika avsättningsmetoder beroende på gällande lagstiftning i området samt landets infrastruktur och ekonomiska klimat.

## 2. Abstract

The purpose of this project has been to evaluate the methods currently used in the sewage treatment plant's sludge management. Method used is literature study. The project has described the different deposition methods used today. Excluded are the methods used to clean the water and stabilize the sewage sludge. The project has examined how waste sludge management is in Sweden, China, the Netherlands and the UK. The intention has been to explain how the use of the respective deposition method looks and why the participating countries have chosen different deposition methods.

Keywords used are Sewage sludge, ReVAQ, Heavy metals, Comparison of countries, Settlement options.

Sewage sludge is one of the major unutilized assets we have, it brings not only economic benefits but also profits from environmental perspective. Sewage sludge contains many useful substances like nitrogen and phosphorus. These substances promote growth of the plants. There are also risks associated with the supply of sewage sludge to agricultural land such as heavy metals supply. There are many different methods of handling sewage sludge. The methods are divided into thermal and non-thermal. The most used deposition method is supply to farmland, combustion, landfill and land cover. Methods used to a lesser degree include wet oxidation and pyrolysis. Sludge management is governed by both EU directives (for EU member states) and the country's own legislation.

The conclusions that can be drawn from this project are that there are many different methods of sludge management. New technology is also constantly evolving, which can create new opportunities. Countries in the study have chosen different marketing methods depending on current legislation in the area as well as the country's infrastructure and economic climate.

## Innehållsföreteckning

<b>1. Sammanfattning</b> .....	<b>2</b>
<b>2. Abstract</b> .....	<b>3</b>
<b>3. Syfte</b> .....	<b>5</b>
<b>4. Metod</b> .....	<b>5</b>
<b>5. Bakgrund</b> .....	<b>6</b>
5.1 Om Avloppsslam.....	6
5.1.1 Hanteringen av avloppsslam .....	6
5.1.2 Fördelar .....	6
5.1.3 Nackdelar .....	7
5.2 Näringsämnen .....	7
5.3 Lagstiftning .....	7-8
5.4 Tungmetaller .....	8
5.5 pH .....	9
5.6 Föroreningar.....	9
5.6.1 PCB .....	9
5.6.2 Läkemedel .....	9
5.6.3 Hormoner .....	10
5.6.4 Mikroorganismer.....	10
5.7 Tillgång på fosfor.....	10
<b>6. Resultat</b> .....	<b>11</b>
6.1 Avsättningsalternativ .....	11
6.2 Icke-termiska .....	11
6.2.1 Jordbruksmark .....	11
6.2.2 Anaerob rötning .....	12
6.2.3 Energiskog .....	12
6.2.4 Deponi .....	12
6.2.5 Deponitäckning .....	13
6.2.6 Dumpning i haven.....	13
6.3 Termiska .....	13
6.3.1 Förbränning av slam.....	13
6.3.2 Pyrolys .....	14
6.3.3 Våtoxideration .....	14
6.3.4 Cementproduktion .....	15
6.4 Olika länders lösningar av slamfrågan .....	17
6.4.1 Allmänt .....	17
6.4.2 Sverige .....	18-19
6.4.3 Kina.....	20
6.4.4 Storbritannien .....	21
6.4.5 Nederländerna .....	22
<b>7. Diskussion</b> .....	<b>23</b>
7.1 Allmänt .....	23
7.2 Avsättningsalternativ .....	23-24
7.3 Sverige .....	24
7.4 Kina .....	25
7.5 Nederländerna .....	25
7.6 Storbritannien.....	25-26
7.7 Jämförelse mellan de granskade länderna .....	26-27
<b>8. Slutsats</b> .....	<b>27</b>
<b>9. Referenser</b> .....	<b>28-30</b>

### 3. Syfte

Syftet med projektarbetet är att ge en översiktlig bild av vilka för- och nackdelar samt vilka metoder som finns för avsättning av avloppsslam. Fokus kommer vara att ta reda på hur avloppsslamshantering ser ut i Sverige, Kina, Nederländerna och Storbritannien.

Urvalet av dessa länder är gjord för att synliggöra hur avloppsslamshantering skiljer sig åt i olika delar av världen.

### 4. Metod

Metoden som tillämpats i projektarbetet är en litteraturstudie.

Projektet har undersökt hur slamhantering ser ut i Sverige, Kina, Nederländerna och Storbritannien. Orsak till att dessa länder valts ut är att få en så varierad bild som möjligt av hur avfallshandlingen av avloppsslam kan se ut i olika delar av världen.

Sverige valdes då projektet är gjort i Sverige och landet kan se som ett positivt exempel inom hantering av avloppsslam. Anledningen till att Sverige kan ses som ett positivt exempel är genom satsningar som ReVAQ. ReVAQ är ett certifieringssystem som jobbar i huvudsak med uppströmsarbete för att kunna få ett så rent inkommande vatten till avloppsreningsverken som möjligt. Uppströmsarbete betyder ett förebyggande arbete som till exempel att förhindra att ämnen som innehåller metallrester och kemikalier tillförs avloppsvattnet.

Kina valdes att ingå i detta projekt då det är ett före detta U-land som blivit I-land på kort tid och där utveckling inom infrastruktur inte hängt med på alla plan. I Kina har miljöpåverkan blivit förbisedd i många fall för att istället lägga fokus på ekonomisk utveckling i landet.

Nederländerna valdes i projektet då de inte har någon avsättning av avloppsslam överhuvud taget till jordbruksmark, utan all åkermark gödslas med djurgödsel. Storbritannien valdes i projektet då det anses vara ett av positivt föredöme inom området slamhantering.

År 2011 gick 80,3 % av all avloppsslam till olika metoder för återanvändning.

För att få tillgång till vetenskapliga artiklar och annan information har sökmotorerna Summon och Google Scholar använts.

Sökord som använts är Sewage sludge, Sewage sludge legislation, ReVAQ, Sewage sludge usage, Sewage sludge Chinese perspective.

De vetenskapliga artiklarna som valdes ut att användas i projektet var de som förekommit och hänvisats till andra vetenskapliga artiklar. Fokus lades också på att använda artiklar från år 2006 och framåt.

## **5.Bakgrund**

### **5.1 Om avloppsslam**

De viktigaste näringsämnen som tas tillvara från avloppsslam är fosfor och kväve (Fytli, Zabaniotou, 2006). De är essentiella för växterna men försvinner från jordarna vid skördning. Därför måste dessa ämnen tillföras till jorden för att den inte skall utarmas (Fytli, Zabaniotou, 2006). Kväve och fosfor är några av ämnena som går förlorade om avloppsslammet inte tas tillvara. Om hanteringen av avloppsslam är bristfällig så kan ämnena gå direkt ut i naturen. Detta kan leda till övergödning och andra miljöproblem. Avloppsslam kan användas som produkt på många sätt. Det är en produkt som tillför nytta men det finns faktorer som påverkar hur produkten kan användas. Avloppsvattnets kvalitet är avgörande för hur slammet sammansättning är. Har avloppsreningsverken ett bra uppströmsarbete får slammet en bättre sammansättning (Börjesson et al, 2013).

Beroende på vilken kvalitet avloppsvatten har kan det innehålla många toxiska ämnen. De toxiska ämnena kan komma från till exempel industriföretag men även från andra platser. De toxiska ämnena kan vara doftämnen, kemikalier, pesticider eller dylikt (Börjesson et al, 2013).

#### **5.1.1 Hanteringen av avloppsslam**

Det ursprungliga avloppsslammet har en väldigt låg torrhalt där mängden organiskt material kan vara från 0.25% till 12% (Fytli, Zabaniotou, 2006). Det krävs metoder för att avvattna och stabilisera slammet. Det kan ske till exempel genom tillsatser av värme och kemikalier. Urban Waste Water Treatment Directive (UWWTD) (91/271/EEC), ett av EU:s direktiv inom området, har det lett till en 50% ökning av slamproduktionen då städer som har högre än 2000 personekvivalenter måste implementera en sekundär avloppsvattenrening (Fytli, Zabaniotou, 2006).

Metoden som är mest använd av samtliga EU-länder för att stabilisera avloppsslammet är anaerobisk nedbrytning. Aerobisk nedbrytning används mest av mindre avloppsreningsverk (Kelessidis, Stasinakis, 2012). Metoden kemisk stabilisering är ovanligt och dess effekt anses vara minimal. Metoden innebär att avloppsslammet behandlas med kemikalie för att höja pH värdet i slam. Ett högre pH i avloppsslam gör så att mikroorganismer dör. Kemisk stabilisering sker ofta med kalk (Kelessidis, Stasinakis, 2012).

#### **5.1.2 Fördelar**

Tillsats av avloppsslam till jordar kan öka jordens egenskaper som porositet, aggregatstabilitet och möjligheten att hålla kvar vatten i marken. Studier har visat att grödor har fått snabbare tillväxt och större biomassa vid tillförsel av avloppsslam (Börjesson et al, 2013). Vid förbränning av avloppsslam försvinner de organiska föreningar (Johansson, 2011).

### 5.1.3 Nackdelar

Mängden toxicitet från metaller i avloppsslam beror på olika faktorer. Exempelvis vad slammet har för ursprung, hur slammet behandlats och vilken kvalitet avloppsvattnet har. För grödor så påverkas toxiciteten av pH, redoxpotential, mängden organiskt material och hur ofta slammet tillförs (Börjesson et al, 2013). Vid förbränning av avloppsslam går man miste om kväve och viktiga spårämnen. Vid användning av förbränningsprocesser så kvarstår metaller i restprodukterna (Johansson, 2011).

## 5.2 Näringsämnen

Jordbruksmarken kan lätt bli utarmad på näringsämnen om odlingen är intensiv och då behöver näringsämnen tillföras till marken. Växter behöver näringsämnen för att kunna växa bra, särskilt de essentiella näringsämnena fosfor och kväve. Dessa näringsämnen kan tas tillvara från avloppsslam (Börjesson et al, 2013). Näringsämnena kan tas till vara på till olika verkningsgrad beroende på vilken avsättningsmetod avloppsreningsverket använder sig av. Vid förbränningsmetoder går näringsämnen till viss del förlorat, dock så finns fosfor kvar i askan (Fytili, Zabaniotou, 2006).

Enligt Singh, Argawal (2010) så kan kaliumbrist uppstå vid slamgödsling om slammet saknar tillräckligt höga halter av kalium. Detta kan begränsa jordarnas effektivitet om det inte finns tillräcklig mängd kalium sedan tidigare.

## 5.3 Lagstiftning

Det finns två bindande direktiv för länder som är med i Europeiska Unionen som gäller för avloppsslam. Samtliga medlemmar måste följa direktiven. De är Sewage Sludge Directive 86/278/EEC och Urban Waste Water Directive 91/271/EEC.

Mängden avloppsslam i EU-15 länderna (Medlemsländer i EU 2004) ökade från 6,5 miljoner ton år 1992 till 9,8 miljoner ton år 2005 (Kelessidis, Stasinakis, 2012). Enligt Urban Waste Water Treatment Directive (UWWTD) (91/271/EEC) skulle detta vara uppfyllat hos EU-15 länderna innan 2005 samt 2015 eller 2018 för de andra länderna som är med i EU (Kelessidis, Stasinakis, 2012).

Urban Waste Water Directive 91/271/EEC blev ändrad till 2005 där huvudsyftet med ändringen var att slam från avloppsvatten skall återanvändas när möjligheten finns.

Den nationella lagstiftningen är ofta mycket strängare än Sewage Sludge Directive 86/278/EEC som är EU:s lagstiftning angående avloppsslam (Kelessidis, Stasinakis, 2012).

Kinas lagstiftande och administrativa ansvar för avloppsslam ligger hos fem departement inom staten. Detta resulterar i att det blir otydligt vad som gäller och svårt att följa en klar linje inom hanteringen av avloppsslam (Yang et al, 2015). ”De styrs av två lagar, två administrativa regelverk och 32 standarder.”(Yang et al, 2015). Kunskap och rådgivning är bristande hos myndigheterna i Kina. Revision av lagstiftning och kunskap är ovanligt.



Kina har även tagit sina riktvärden och annan information relaterat till avloppsslam från andra länder samt förlitat sig på utlåtande från ett fåtal experter inom området. Detta utan förankring i vetenskap och beprövad erfarenhet (Yang et al, 2015). "För USA tog det 11 år och 15 miljoner dollar för att komma fram till standarden för användningen av avloppsslam."(Yang et al, 2015).

Enstaka länder tillåter användning av obehandlat avloppsslam däribland Sverige. Det sker dock under kontrollerade förhållanden (Kelessidis, Stasinakis, 2012).

### **5.3 Tungmetaller**

De huvudsakliga tungmetaller som har en negativ påverkan på växter och människor är krom, kadmium, koppar, zink, nickel, bly och kvicksilver. Vilken kemisk form av tungmetallerna och vilken mängd som finns i avfallet får avgöra vilken avsättningsmetod som är mest lämpad. Med kemisk form menas om metallen är löst som jon eller i ett komplex eller bundet till någon icke-metall (Fytili, Zabaniotou, 2006). Om tillförsel av tungmetaller har skett till jordbruksmark är dessa svåra att bli av med. Upptag av tungmetallerna från jordbruksmark medför en reningsprocess då de förs bort från området vid skörd. Att äta grödor som odlats på mark gödslat med avloppsslam med höga halter tungmetaller kan utgöra hälsorisker för människan (Singh, Argawal, 2010).

Koppar och zink är essentiella ämnen för jorden och dessa får inte överstiga riktvärden för metall vid avloppsslam som ska tillföras jordbruksmark. Dock är metallen koppar endast skadligt för människor om den förekommer i höga halter (Johansson, 2013).

Kadmium har länge ansetts vara det största problemet för avloppsslam. Detta ämne har också fått mest uppmärksamhet hos allmänheten (Kärrman, 2007). Detta är dock förståeligt med dess egenskaper som hög toxicitet och bioackumuleringsförmåga hos människor (Börjesson et al, 2013). Tillförseln av kadmium sker främst av diffusa utsläpp utöver slamtillförsel till jordbruksmark. Vid avloppsslam så är det en recirkulering av kadmiumet, vid konstgödsel så fås ett nettotillskott av kadmium vilket inte sker vid avloppsslam.

Utsläpp av kadmium har minskat sedan 1970 på grund av ökad rening vid punktkällorna. De lägsta halterna av kadmium i översta jordlagret finns i Skandinavien och Portugal (Börjesson et al, 2013). Kadmium absorberas till största delen i bladen hos grödan och därför ses tobak, sallad och spenat som grödor förenade med hälsorisk. Riskerna för jordlevande och frögrödor är mycket mindre (Singh, Argawal, 2010). Koncentrationskravet för kadmium på 2 mg/kg slam för avloppsslam i Sverige klaras av avloppsreningsverken (Börjesson et al, 2013).

## 5.4 pH

Förändring av pH värdet i jorden har rapporterats vid tillförsel av avloppsslam till jordbruksmark under en längre period. Dock ser resultaten olika ut. Enligt resultaten i vissa studier så stiger pH i jordarna och i andra studier så sjunker det. Spårmetallernas egenskaper påverkas av vilket pH värde som finns i marken. Förändringar i pH anses vara korrelerade med innehållet av kalciumkarbonat i slammet och syraproduktionen under stabiliseringen av slammet enligt Singh, Agrawal (2010).

I Börjesson et al (2013) så undersöktes om gödsling med avloppsslam hade en långsiktig negativ påverkan på jordmikrober och om det hade en negativ påverkan på grödorna. Platserna i studien gödslade återkommande med avloppsslam på ett tidsspann från 14 till 53 år. På samtliga platser har de fått en positiv effekt, det enda som kan ses som negativ är ett sjunkande pH värde. Något samband mellan höga metallhalter i jordarna och lågt pH kunde inte påvisas. Endast en liten ökning av metallhalterna sågs i resultatet, men detta var inte statistiskt signifikant.

## 5.5 Föroreningar

### 5.5.1 PCB

PCB anses inte vara problem längre eftersom ett förbud kom 1978 på samtliga PCB kemikalier. Det går att finna halter av PCB i avloppsslam men detta är inget som går att motverka då det inte sker någon ny tillförsel av ämnet och det är förbjudet i många länder (Eriksson et al, 2008).

### 5.5.2 Läkemedel

De läkemedel som kommer till avloppsreningsverken är i största grad metaboliter det vill säga nedbrytningsprodukter från en ursprungsprodukt (Jelic et al, 2011). Nedbrytningen och reningen sker till stor del inne i människokroppen. Det som kommer till avloppsreningsverken är restprodukter av läkemedlet. För djur urlakas läkemedlen oftast direkt till naturen medan för människor når det naturen först efter rening av avloppsreningsverken (Jelic et al, 2011).

I Jelic et al (2011) undersökte de tre avloppsreningsverk i Barcelona, Spanien för att se om reningen av läkemedel i avloppsreningsverk var tillräcklig. Studien höll på i två år och undersökte 42 läkemedel för att se om dess halter var inom gränserna för gällande EU-direktiv. Deras resultat visade att EU direktiven ser till att mängderna hålls nere men de fann 29 av de testade läkemedlen i det utgående avloppsvattnet och 21 i avloppsslammet. Dock var inte metaboliter och transformationsprodukterna av de 42 testade läkemedlen undersökta.

### **5.5.3 Hormoner**

Vid tillförsel av avloppsslam till land så finns det en risk, likt risken för mikroorganismer, att hormoner kommit med i avloppsslammet. Risken för påverkan av avloppsslam i förhållande till djurgödsel är låg. En av orsakerna till detta är att det är många steg i reningprocessen som ser till hormonerna försvinner innan återförsel är tänkbar. Det sker även tester av slam för att se om någon halt överskrider riktvärdena för hormoner. Djurgödsel som läggs på jordar kan innehålla höga halter av hormoner (Eriksson et al, 2008).

### **5.5.4. Mikroorganismer**

Beroende på vilken avsättningsmetod som används så ser situationen olika ut vad gäller mikroorganismer. Obehandlat avloppsslam som inte stabiliserats kan sprida sjukdomar. Vid förbränning av avloppsslammet så försvinner de flesta skadliga mikroorganismer, då de inte överlever temperaturer över 100°C. Vid icke-termisk avsättningsmetod så finns risk att mikroorganismer finns kvar, om inte parametrar följs som finns för att stoppa tillväxten av mikroorganismer (Eriksson et al, 2008).

I ungefär hälften av länderna som är med i EU finns riktvärden för patogener.

Detta är för att stoppa och ha kontroll över tillväxten av bland annat enterovirus och salmonella i slam (Kelessidis, Stasinakis, 2012).

## **5.6 Tillgången av fosfor**

Fosfatmalmproduktionen i världen låg på 176 miljoner ton år 2010 medan reserverna för fosfatmalm var beräknat till 65 000 miljoner ton. I dessa malmer kan skadliga grundämnen finnas, däribland kadmium, arsenik och kvicksilver. Då dessa ämnen kan finnas i fosfatmalmen har reserverna med höga halter av de skadliga ämnen valts bort.

Anledning är att reningen inte anses vara tillräckligt eller att det är inte ekonomiskt hållbart att välja en fyndighet med höga halter av skadliga ämnen.

Sveriges tillgångar av fosfatmalm får ändå anses acceptabla men problemet är att kvaliteten på malmen inte är så hög och en stor del av fosfatmalm tas ut som järnmalm istället.

I EU är tillgången på fosfor-gruvor väldigt begränsad med endast en aktiv gruva, som är belägen i Finland (Johansson, 2011).

Ungefär 85 % av brytvärd fosfatmalm finns i Marocko (Johansson, 2011).

## 6. Resultat

### 6.1 Avsättningsalternativ

Avsättningsalternativen kan delas in i metoder som behandlas termisk det vill säga med värme för att påverka avloppsslammet på olika sätt och metoder som inte använder sig av termiska processer. Via termiska processer blir slutresultatet aska och för icke-termiska så blir slutprodukten slam. Båda metoder har fördelar och nackdelar. Av alla tillgängliga metoder som finns angående hanteringen av avloppsslam som slutprodukt är deponering och tillförsel till jordbruksmark bäst ur ekonomiskt synvinkel. Behandling via termiska metoder har fördelar gentemot icke termiska. Exempel på en fördel vid termisk metod är att avloppsslam som först avvattnats och stabiliserats får samma värmevärde som kol. Detta är dock en process som är både energikrävande och kostsam (Singh, Argawal, 2008).

#### 6.1.1 Icke termiska

##### 6.1.1.1 Jordbruksmark

Tillförsel av avloppsslam till jordbruksmark medför att näringsämnen tas till vara som annars skulle gått förlorade. Slammet innehåller höga halter av kväve och fosfor som är essentiella för jordbruksmarken. Avloppsslam innehåller mycket vätska, främst vatten och har låg torrsubstans. Tillsats av avloppsslam till jordar kan öka jordens egenskaper som porösitet, aggregatstabilitet och möjligheten att hålla kvar vatten i marken. Grödor har även visat en snabbare tillväxt och större biomassa vid tillförsel av avloppsslam (Fytili, Zabaniotou, 2006). Tillförsel kan dock endast ske om avloppsslammet uppfyller de kriterier som lagstiftningen satt upp. Mätvärden av tungmetaller och patogener får inte överskrida riktvärdena som står i lagstiftningen. Vid överträdelse så måste en annan metod användas (Chen et al, 2012).

Problemen kring avloppsslam till jordbruksmark är:

- Stora mängder slam produceras
- Kunna få avsättning på jordbruksmark
- Tillförsel till jordbruksmark kan endast ske 1-2 gånger per år
- Kräver stora lagringsplatser då tillförsel sker vid få tillfällen
- Acceptans är nödvändig från bönder, livsmedelssektorn och allmänheten
- Halterna av tungmetaller och andra skadliga ämnen

### **6.1.1.2 Anaerobisk rötning**

Anaerobisk rötning innebär en process i en syrefattig miljö, där mikroorganismer kan omvandla kolet till metan( $\text{CH}_4$ ) och koldioxid. Metan kan omvandlas till biogas vid anaerobisk rötning. Biogas kan bland annat användas till drivmedel och vid elproduktion. Anaerobisk rötning är en känslig process med höga investeringskostnader som inte passar för mindre avloppsreningsverk (Ciešlik et al, 2015).

För att mikroorganismerna ska kunna omvandla kolet krävs det en lämplig temperatur mellan 20 till 57°C, pH 6-8, oxidation-reduktionspotential 490 - 550, alkalinitet (mg  $\text{CaCO}_3/\text{dm}^3$ ) 1000-5000 och lättflyktiga organiska syror >2000. Dessa värden är gränsvärden för att röttningsprocessen ska fungera. För att få en optimal utvinning så krävs ännu bättre värden. Processen påverkas lätt av negativa faktorer som till exempel närvaron av pesticider (Ciešlik et al, 2015). Efter rötningen är klar kan rötresten användas till icke-termiska avsättningsmetoder som tillförsel till jordbruksmark och jordåtervinning (Ciešlik et al, 2015).

### **6.1.1.3 Energiskog**

Avloppsslam kan användas för gödsling av energiskog. Energiskog är en skog som planteras med syfte att använda skogen för att utvinna energi. Energiskog är snabbväxande och kräver mycket näring för att växa. Skogen tar inte bara upp näringsämnen utan även oönskade ämnen som tungmetaller. Salix, ett snabbväxande trädslag, används ofta till energiskog och är lämpad att odla på jordbruksmark då grödan har ett stort upptag av metaller som finns i jorden (Hasselgren, 2008).

### **6.1.1.4 Deponi**

Deponering av avloppsslam är troligen det bästa ekonomiska valet för hanteringen av avloppsslam. Det enda som krävs är att ha en plats tillgänglig för att dumpa avloppsslammet. Det är en mycket kortsiktig lösning då området som används blir förorenat och risken för urlakning av näringsämnen och andra ämnen som finns i avloppsslammet är stort. Avloppsslammet avger även gaserna metan ( $\text{CH}_4$ ) och dikväveoxid ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Höga halter av näringsämnen förloras vid deponitäckning som vid annan metod skulle tagits tillvara (Chen et al, 2012). Deponi har på senare år minskat i och med att EU infört regleringar gällande deponi samt att detta medfört högre kostnader (Fytli, Zabaniotou, 2006).

### **6.1.1.5 Deponitäckning**

Deponitäckning innebär att avloppsslammet används som det sista lagret som omsluter en deponi. Det är det skyddandet material som ligger ovanpå materialet som deponerats (Mácsik et al, 2007). Deponitäckning är en ovanlig metod. Det är ytterst få länder som använder sig av den, Sverige och Nederländerna är några av få länder som använder metoden (Kelessidis, Stasinakis, 2012). Deponitäckning fyller en efterfrågan, då det inte krävs speciella platser att avlägga slammet på som det är för tillförsel till jordbruksmark (Mácsik et al, 2007).

### **6.1.1.6 Dumpning i haven**

Dumpning av avloppsslam till haven har varit förbjudit sedan 1998 i EU (Kelessidis, Stasinakis, 2012). Detta var ett populärt alternativ innan 1998 då det lagstiftades ett förbud för att skydda haven (Fytli, Zabaniotou, 2006).

## **6.1.2 Termiska**

### **6.1.2.1 Förbränning av slam**

Vid förbränning av avloppsslam gäller dessa parametrar:

- Förminskning av avloppsslammets volym till endast 10% av ursprungsslammets
- Hanteringen av de fasta slutprodukternas aska
- Hanteringen av tungmetallerna
- Hanteringen av de skadliga gaserna NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, furaner, N<sub>2</sub>O och dioxiner

Vid förbränning av avloppsslam bildas vatten och koldioxid. Förbränningen sker under väldigt höga temperaturer och syrerika förhållanden. Goda förbränningsförhållanden är nödvändiga för att bli av med så mycket toxiska ämnen som möjligt och få slammet att minska i volym. Icke-organiska material blir dock kvar i askan som bildas vid förbränningen. Toxiska ämnen blir också kvar i askan eller avges som gas vid förbränningen. Askan deponeras vanligen, då den är väldigt toxiskt och kostsam att rena. Gaserna som bildas är NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, furaner, N<sub>2</sub>O, dioxiner men även vattenånga och koldioxid. Negativa faktorer vid förbränning är att farliga ämnen bildas i omfattande mängd samt är att det krävs väldigt mycket energi för att ha förbränningsprocessen igång. Dock kan elektrisk energi skapas som kan tas tillvara vid förbränningen av slammet (Chen et al, 2012). Det är också kostsamt att rena de skadliga gaserna (Fytli, Zabaniotou, 2006). Det slutgiltiga slammet efter förbränning och stabilisering är ungefär 10% av det ursprungliga mängden. Detta gör att förbränning är ett populärt alternativ hos städer som producerar stora mängder slam och har svårt att ta hand om det som en resurs (Chen et al, 2012).

### 6.1.2.2 Pyrolysis

Pyrolysis innebär att gas bildas vid höga temperaturer från ämnen som innehåller kol i höga koncentrationer. Vid pyrolysis av avloppsslam så bildas gas och aska i reducerande förhållanden. Avloppsslam är ett bra substrat då det har en hög organisk sammansättning och dessutom är billigt att framställa. Gasen som bildas vid processen kan användas som bränsle. Vid pyrolysis sönderfaller det organiska materialet vid hög temperatur (300°C-900°C) utan syretillgång (Fyttili, Zabaniotou, 2006). Pyrolysis har sina fördelar mot förbränning.

En av dessa är att det inte bildas så många toxiska ämnen då pyrolysis sker vid låg eller ingen syrehalt. De giftiga ämnen som annars skulle bildas är NO<sub>x</sub> och SO<sub>x</sub> gaser men även dioxin (Chen et al, 2012). Tungmetallerna binder sig till det fasta kolhaltiga ämnet och till skillnad från förbränning av avloppsslam så finns ingen risk för skadlig påverkan av tungmetallerna då de är bundna till det fasta ämnet (Fyttili, Zabaniotou, 2006). Pyrolysis skapar biogaser, bioolja och kolhaltig tjära. Gaserna kan användas till att skapa elektrisk energi. Gaserna är lättare att omvandla till elektrisk energi vid pyrolysis än vid förbränning. Bioolja kan användas som bränsle. En annan slutprodukt vid pyrolysis är tjära. Det största problemet för pyrolysis-metoden är att den tjära som bildas kan påverka rör och filter i processen på ett negativt sätt. Detta medför att pyrolysis inte är möjlig i storskalig nivå. Hur tjäran hanteras i processen är en avgörande faktor om man ska använda sig av pyrolysis (Chen et al, 2012).

Användningsområde för slutprodukten tjära är som jordförbättring. Pyrolysis är i dagsläget ingen optimal ekonomisk lösning för slamhanteringen. Det är i nuläget en dyr och komplex metod. I framtiden kan metoden bli mer användbar om effektivitet av biooljan ökas (Chen et al, 2012).

### 6.1.2.3 Våtoxidering

Våtoxidering innebär att det organiska materialet, i detta fallet avloppsslammet, läggs i våt miljö med högt lufttryck och temperatur. Det organiska materialet omvandlas till vattenånga, koldioxid och kvävgas. Det är en extremt energikrävande process och är därför ovanlig inom hanteringen av avloppsslam. Det är även en synnerligen kostsam metod (Fyttili, Zabaniotou, 2006). Våtoxidering får en restprodukt som heter supernatanter samt att även slam bildas. Supernatanter är en blandad vätska som bildats av att större partiklar övergår till vätskeform. Supernatanter och slam som bildas som slutprodukt i processen deponeras (Bertanza et al 2016). Det finns ett storskaligt avloppsreningsverk som använder sig av våtoxidering, i Apeldoorn, Nederländerna (Fyttili, Zabaniotou, 2006).

#### 6.1.2.4 Cementproduktion

Avloppsslam kan användas till bränsle vid tillverkning av cement. Syftet för att använda avloppsslam är att minska utsläpp av växthusgaser. Cementproduktion bidrar till högsta tillförseln av växthusgaser till naturen. Anledningen till detta är att vid tillverkning av cement så används stora mängder fossila bränslen. Vid framställning av cement bildas även stora mängder koldioxid. Det finns många fördelar med att använda avloppsslam i cementproduktion men även nackdelar måste beaktas.

##### **Fördelar:**

- \*Återanvändning av en produkt som annars kanske inte skulle tagits till vara på.
- \*Minskning av växthusgaser vid cementproduktionen.
- \*Tungmetallerna binds fast till cement
- \*Toxiska föreningar oxideras (Chen et al, 2012).

##### **Nackdelar:**

- \*Avloppsslammet måste ha en hög kolhalt och de egenskaper som branschen efterfrågar.
- \*Slutprodukten från avloppsslam måste vara priseffektiv annars väljer branschen bort metoden om den inte uppfyller uppställda krav (Fytli, Zabaniotou, 2006).
- \* Cement innehållande avloppsslam har svårt att uppnå egenskaper som att motstå den tyngd som krävs.
- \*Har ett omfattande regelverk som måste följas.



<b>Icke termiska</b>	<b>För&amp;Nackdelar</b>		<b>Termiska</b>	<b>För&amp;Nackdelar</b>	
	+	-		+	-
Jordbruksmark	+ Återförsel av näringsämnen. - Bildas stor mängder som är svåra att få avsättning för och hög halter av metaller och andra skadliga ämnen.		Förbränning av slam	+ Minskning av avloppslammet till 10% av ursprungsprodukten. - Bildas skadliga produkter som aska, gaser och hanteringen av tungmetaller som inte försvinner.	
Anaerobisk rötning	+ Använder metanet och koldioxiden som finns bundet i avloppslammet till bla biogas. - Det är en dyr och komplicerad process.		Pyrolys	+ Bildas positiva slutprodukter som går att använda. - En process som är dyr och känslig.	
Energiskog	+ Bra sätt att få avsättning av avloppslammet. - Utarmar marken som energiskogen använder.		Våtoxideration	+ Det organiska materialet försvinner helt. - En extremt dyr och energikrävande process.	
Deponi	+ Enkel och prisvärd metod. - Förorenar området som fått avsättning.		Cementproduktion	+ Minskning av växthusgaser vid cementproduktionen. Tungmetallerna binds fast till cement. Toxiska föreningar oxideras. - Avloppslammet har svårt att uppfylla egenskaper som marknaden kräver.	

Deponitäckning	+ Enkel metod som endast kräver en deponi.	Metod saknas	
Dumpning i haven	+ Enklaste metoden att använda sig av. - Förbjudet.	Metod saknas	

Tabell 1: Sammanfattning över avsättningsalternativen.

## 6.2 Olika länders lösningar av slamfrågan

### 6.2.1 Allmänt

Då ett förbud mot deponering av organiskt material lagstiftades 2005 på EU-nivå har många länder som inte har möjlighet att återföra slammet börjat förbränna det istället.

Synsättet på avloppsslam är olika världen över. Exempelvis så återför Nederländerna inget avloppsslam till jordbruksmark. Orsaken till detta är att de producerar stora mängder djurgödsel och måste ha avsättning för detta. De förbränner allt avloppsslam och deponerar askan. I Schweiz är ett förbud mot användning av avloppsslam på åkermark i bruk.

I Sverige ses avloppsslam som en outnyttjad resurs medan för Japan, Nederländerna och Schweiz är målet endast att bli av med avloppsslammet. För länderna inom EU ligger siffran för förbränning av avloppsslam på 30% och för USA på ca 20 %. Ett land som utmärker sig är Japan med en förbränning runt 55% (Johansson, 2011). Förbränning används mycket i stora städer, då de producerar stora mängder slam och har svårt att få avsättning för det. Detta är alltså en av anledningarna till att förbränning är den vanligaste metoden i Kina (Chen et al, 2012).

I södra Europa används i mesta fallen endast tvåstegs-rening av avloppsvattnet medan för länder i norra Europa som Sverige och Nederländerna så används oftast fyra-stegs rening. I norra Europa är även mer än 90% av hushållen påkopplade på avloppsreningsverken. I länder i östra och södra Europa är dessa värden betydligt lägre (Kelessidis, Stasinakis, 2012). Den nationella lagstiftningen är ofta mycket strängare än Sewage Sludge Directive 86/278/EEC som är EU:s lagstiftning angående avloppsslam. De nordiska länderna och Nederländerna har tuffare gränsvärden när det gäller mängden tungmetaller i avloppsslam (Kelessidis, Stasinakis, 2012).

## 6.2.2 Sverige



Figur 1: Slamanvändningen i Sverige 2008 källa Johansson, 2011

Återföring av avloppsslam har varit ett långsiktigt mål av Svenska staten med miljömål att återföra minst 60 procent av fosfor i avlopp till produktiv mark varav minst hälften ska återföras till åkermark år 2015 (Börjesson et al, 2013). I dagsläget så används 25% av avloppsslammet till jordbruk i Sverige. I de övriga nordiska länderna skiljer sig denna siffran en del, där Norge och Danmark är positiva exempel med 57% respektive 54%.

Finland är ett mer negativt exempel där endast 3% av avloppsslammet återförs till jordbruksmark (Börjesson et al, 2013). Debatten kring återförande av avloppsslam till jordbruksmark har pågått sedan 1960-talet i Sverige. Anledningen var att det under 1960-talet skedde en stor teknisk utveckling i avloppsreningsverken i Sverige. Detta innebar att tekniken gjorde det möjligt att producera ett slam som gick att återföras till jordbruksmark (Bengtsson, Tillman, 2004). För att detta skall vara genomförbart så krävs det att slammet är så "rent" så att det anses säkert att kunna lägga det på jordbruksmark. Även om miljönyttan är stor så finns det negativa aspekter kring återförel till jordbruksmark där riskerna för xenobioter, patogener och tungmetaller måste beaktas (Eriksson et al, 2008).

Sverige har valt att satsa på miljöledningssystemet ReVAQ (Börjesson et al, 2013).

För att garantera att slammet från avloppsreningsverken håller en hög kvalitet så att det kan accepteras för användning i jordbruk har ReVAQ implementeras på många avloppsreningsverk. ReVAQ är ett certifieringssystem som styrs av Svenskt Vatten. De bestämmer vilka ämnen som omfattas i ReVAQ och vilka gränsvärden som skall finnas (Börjesson et al, 2013).

Ämnesinnehållet i slam visar vilken kemikalie och produktanvändning som finns i omgivande områden vilket underlättar för uppströmsarbetet dvs sprida information om vad som inte bör tillföras till avlopp samt ge råd till alternativa ämnen istället för de skadliga. ReVAQ är en viktig del i uppströmsarbetet och ser till att slam är av "god" kvalitet.

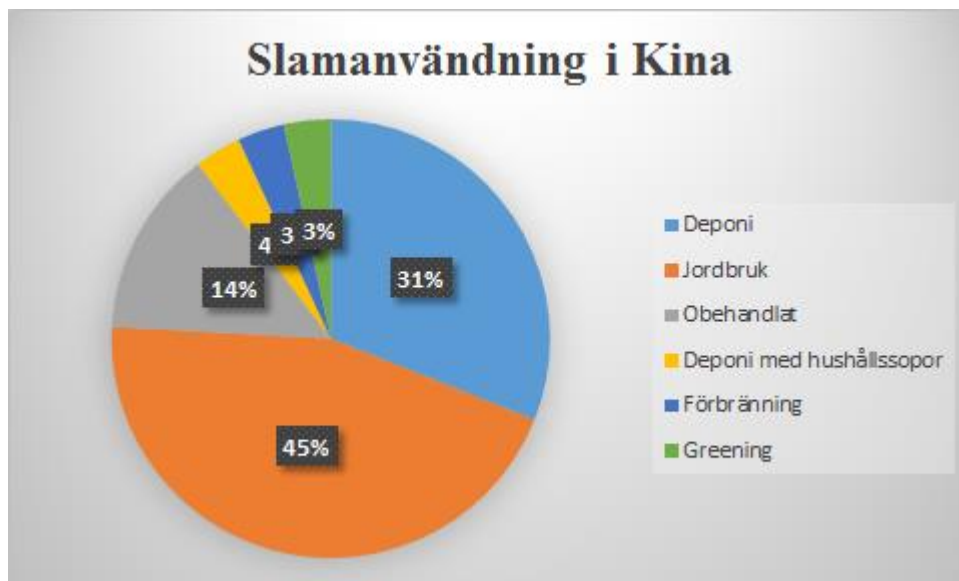


Figur 2. Översiktligt bild över hur Revaq fungerar  
Källa: SV-Utveckling Utvärdering av ReVAQ-projektet 2007.

1994 skapades en överenskommelse mellan LRF, Naturvårdsverket och Svenskt vatten. Överenskommelsens innehåll var att systematiskt arbeta för att reformera arbetet med avloppsslam så att det håller en kvalitet som kan accepteras som gödsel för jordbruket (Kärman et al, 2007). Denna överenskommelse bröts 1999 av LRF som gick ut och rekommenderade sina medlemmar att stoppa användningen av avloppsslam på sina åkrar. LRF:s grund till att gå ur överenskommelsen var de ökade koncentrationerna av bromerade flamskyddsmedel och silver i avloppsslam (Bengtsson, Tillman, 2004). 2005 infördes ett förbud mot deponering av slam och miljömålet “ God bebyggd miljö” utökades så att senast år 2015 skall minst 60 % av fosfor som finns i avloppet återföras till produktiv mark och av dessa 60 % skall minst 50% återföras till åkermark (Kärman et al, 2007).

I Sverige är samtliga avloppsreningsverk statligt ägda och där jobbet utförs antingen av kommunen alternativt av ett kommunalt ägt bolag. Många beslut kring avloppsverken sker på kommunal nivå. Dock så får avloppsverken sina riktvärden och styrdokument från svenska staten (Bengtsson, Tillman, 2004). En anledning varför endast 25% av avloppsslam tillförs till jordbruksmark är att jordbruket bara vill ha slammet under vissa perioder på året. Detta gäller främst Nordeuropa som inte kan odla under lika långa perioder som i Sydeuropa. Det är en stor användning under sommarhalvåret men väldigt liten under vinterhalvåret. Då möjligheten att lagra avloppsslam inte är de bästa och då en väldigt stor mängd slam produceras som inte kan lagras i över ett halvår så måste även andra metoder utnyttjas (Johansson, 2011).

### 6.2.3 Kina



Figur 3: Slamanvändningen i Kina 2010 källa: Chen et al, 2012

Kina har 1258 avloppsreningsverk. Landets behandling av slam består av 45% som går till jordbruksmark, 34,5 % används till deponitäckning, 3,5 % förbränns, 14% behandlas ej och 3.5% går till andra metoder (Chen et al, 2012).

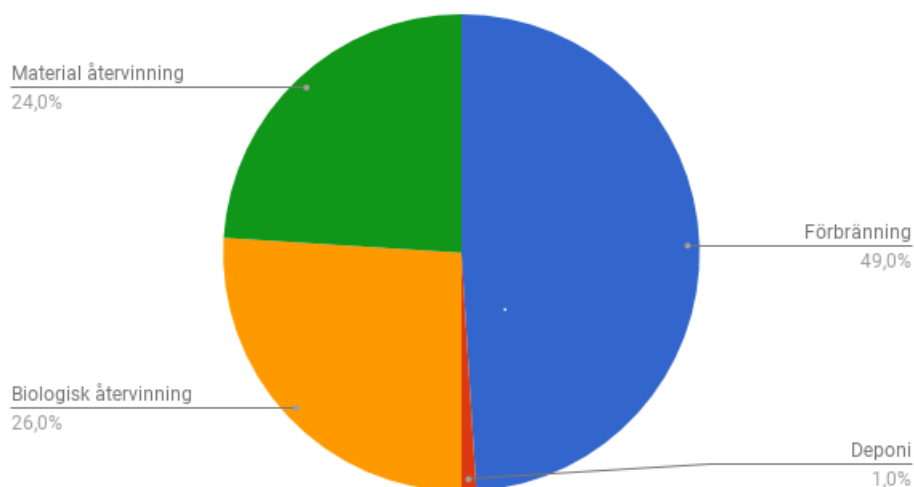
Kina anser att polyaromatiska kolväten är det primära problemet när det gäller tillförsel av avloppsslam till jordbruk istället för tungmetaller. Faktorer som påverkar mängden avloppsslam som tillförs till jordbruksmark är transportkostnaderna samt riskerna för kontaminering via tungmetaller, patogener och organiska föreningar (Chen et al, 2012).

Kina har mycket hårdare krav på halten av tungmetaller i avloppsslam än både USA och EU, vissa tungmetaller har nästan dubbelt så hårda krav i Kina (Yang et al, 2015).

Det finns också positiva faktorer, en är tillförsel av näringsämnen som annars skulle gått förlorade. Livscykelanalys(LCA) används flitigt av kinesiska staten för att planera för avloppsrening. Behandlingsmetoden av slam är lik metoden som används i EU med huvudsaklig behandling med anaerobisk nedbrytning. På kinesiska landsbygden är det populärt att använda avloppsslammet på jordbruksmark då det är det mest ekonomiska och praktiska alternativet samt att det finns stora arealer att använda sig av för avsättning utan längre transporter (Chen et al, 2012).

## 6.2.4 Nederländerna

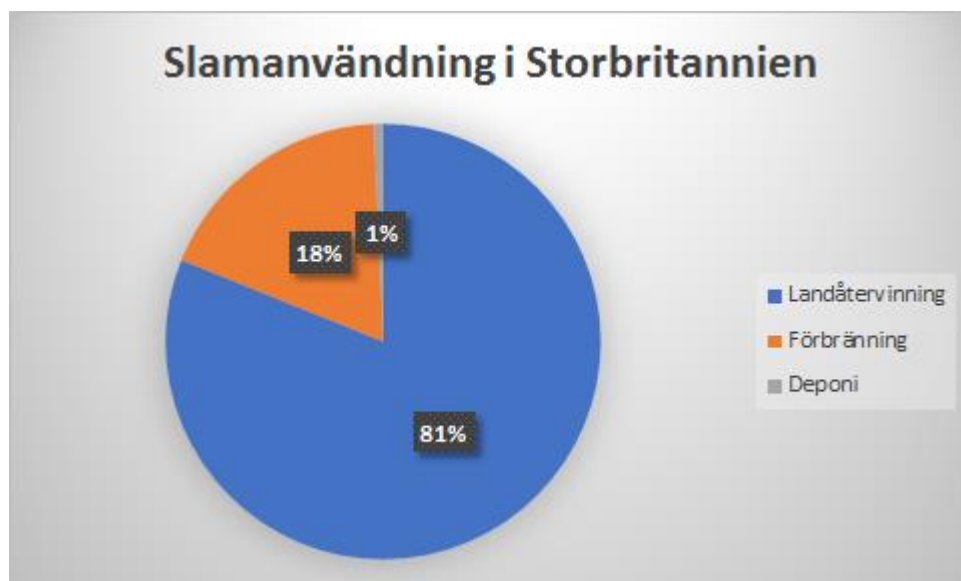
Slamanvändning i Nederländerna



Figur 4: Slamanvändning i Nederländerna källa: <http://www.avfallsverige.se/statistik-index/avfallsstatistik/europeisk-avfallsstatistik/behandlat-hushaallsavfall/>

Nederländerna skiljer sig från andra länder med dess mycket restriktiva syn på avloppsslam. Landet producerar stora mängder djurgödsel och måste få avsättning för detta. Påverkan av detta har varit negativ när det gäller avloppsslam till jordbruk (Johansson, 2013). Av det slam som produceras så går huvuddelen till förbränning samt export till Tyskland (Kelessidis, Stasinakis, 2012). 1995 infördes hårda regler i Nederländerna för återförsel av avloppsslam till jordbruksmark och i huvudsak var det riktvärden av metaller som hindrade återförseln. Nederländerna använder likt Sverige avloppsslammet till deponitäckning vilket är ovanligt i andra länder (Kelessidis, Stasinakis, 2012). Nederländerna har likt några få länder i EU lagstiftat om att avloppsslammet måste ha en viss total kolhalt för att kunna deponeras. Detta har i princip lett till ett förbud mot deponering av avloppsslam (Kelessidis, Stasinakis, 2012). Det finns ett storskaligt avloppsreningsverk som använder sig av våtoxideration och den finns i Apeldoorn i Nederländerna (Fytli, Zabaniotou, 2006).

### 6.2.5. Storbritannien



Figur 3: Slamanvändning i Storbritannien 2011. Källa <http://www.water.org.uk/sewers-transfer>

Det skiljer mellan länderna i Storbritannien när det gäller hanteringen av avloppsslam. England och Wales använder till största delen det till jordbruksmark medan Nordirland och Skottland framför allt använder slamm till förbränning (Kelessidis, Stasinakis, 2012). Förbränning av slam har minskat i Storbritannien de senaste åren och orsaken till detta är de höga driftkostnaderna (Mills et al, 2013).

2011 så tog staten i Storbritannien över ägande av samtliga avloppsledningar som går till det statliga avloppsreningsverken (Water UK 2017, Storbritanniens vattenverk, <http://www.water.org.uk/sewers-transfer> (Hämtad 2016-08-17)).

År 2011 så gick 80,3% av avloppsslammet till olika metoder för återanvändning på land. 18% av avloppsslammet gick till förbränning och det resterande 0,7% gick till deponi. Anaerobisk nedbrytning är det vanligaste reningssteget i Storbritannien för avloppsslam (Kelessidis, Stasinakis, 2012).

Storbritannien är det land som producerar näst mest slam i Europa efter Tyskland. En av anledningarna till detta är att många hushåll är påkopplade till kommunala avloppsreningsverk istället för att ha ett eget avlopp (Kelessidis, Stasinakis, 2012). Ekologiska bönder i England vill också börja kunna använda avloppsslam på sina åkrar (Johansson, 2011). Brittiska staten spenderade runt 950 miljoner pund åren 1995-2010 för att kunna se till att utflödet av avloppsvattnet höll en hög kvalitet. Detta var ett sätt att stoppa övergödningen av de brittiska vattendragen. Genom investeringarna i avloppsreningsverken och att följa EUs direktiv Urban Waste Water Treatment Directive (UWWTD) (91/271/EEC) så har mängden fosfor som når floden Thames, London, minskat från 5575 kg/P/dag till 688 kg/P/dag (Neal et al, 2010).

## 7. Diskussion

### 7.1 Allmänt

Att ha fungerande avloppsreningsverk är viktigt för att se till att det finns välmående vattendrag. Om det finns fungerande avloppsreningsverk så slipper man de miljöproblem som annars finns vid ej fungerande avloppshantering som övergödning och nedsmutsning av dricksvattentäkter och vattendrag. Vid icke fungerande avloppshantering är risken stor att avföring förs till närliggande vattendrag och förorenar dem.

Vid högre populationsdensitet på en plats ökar kraven på rening av avloppsslam vilket ger en ökande mängd avloppsslam. Naturligtvis påverkas det av hur många människor som bor på platsen men även vilken rening som sker av avloppsvattnet. Kraven genom Urban Waste Water Treatment Directive (UWWTD) (91/271/EEC) tvingar avloppsreningsverk som har fler än 2000 personekvivalenter att ha sekundär avloppsvattenrening. Via detta blir resultatet en bättre rening för dessa avloppsreningsverk i EU. Metoden medför dock högre krav då det blir en mer komplicerad rening och ökande slammängder.

Om personliga produkter skulle ha en miljömärkning skulle påverkan på avloppsslammet minska då dessa produkter har en mindre påverkan på slammet.

Varje nation i världen skulle kunna bli självförsörjande på gödningsmedel genom satsningar inom återvinning av avfall och avlopp. Där är ReVaQ en lösning som Sverige bland annat tillämpar. Då pris för konstgödsel i dagsläget fortfarande är mycket högt är för de fattiga länderna i världen enda ekonomiska gångbara alternativet att använda olika sätt av återvinning för att kunna tillföra näring till jordbruksmark (Johansson, 2011).

### 7.2 Avsättningsalternativ

Vid valet av avsättningsalternativ är det många faktorer som skall tas hänsyn till. En avgörande faktor är det ekonomiska förhållande som finns på platsen och hur mycket resurser som satsas på avloppsreningsverk. Platser med bättre ekonomiska förhållanden som till exempel norra Europa har i de flesta fallen fyra-steps rening mot södra Europa som mestadels använder två-steps rening för rening av avloppsvatten. Det ser samma ut över hela jorden, där de länder med bättre ekonomiska förhållande har en bättre rening. Länderna med bättre ekonomiska förhållande har i de flesta fallen en låg befolkningstäthet i motsats till de fattigare länderna som ofta har en hög befolkningstäthet. Behovet av avloppsrening är större för fattiga länder då avloppsreningsverkens utloppsvatten ofta går ut i vattendrag där människorna tar sitt dricksvatten. En annan viktig faktor är att det kan vara svårt att få avsättning av avloppsslammet till jordbruksmark. Det kan stoppas av andra skäl. I Nederländerna stoppas det då djurgödslet måste få avsättning. Genom återförsel av avloppsslam till jordbruksmark så blir det en holistisk syn på hela kretsloppet av slamproduktion.



Det går inte att påstå att någon avsättningmetod är bättre än någon annan för avloppsreningsverk då det är många kriterier som måste uppfyllas för varje tänkbar metod. Det finns fördelar och nackdelar för samtliga metoder. Hänsyn få tas till det enskilda avloppsreningsverkets förutsättningar.

Metoden samtliga avloppsreningsverk kan använda sig av är deponi. Det är dock den sämsta miljömässiga metoden, men är samtidigt den bästa ekonomiska metoden då det enda som krävs är att hitta en plats för avsättning.

### 7.3 Sverige

Sverige får ses som ett föredöme inom rening av avloppsvatten. Med klara regler från EU-direktiv och statliga riktlinjer så vet de som är ansvariga för avloppsreningsverken vad som behöver uppfyllas och hur man skall gå tillväga. Genom ReVAQ har hela produktionskedjan gått ihop för att se till vad som krävs för att kunna tillföra avloppsslam till jordbruksmark. Detta ger perspektiv på hela produktionskedjan då det finns medlemmar i från varje steg i beslutsprocessen.

Sverige är ett av länderna i världen som har den mest sofistikerade reningen, där nästan samtliga avloppsreningsverk har fyrastegs-rening av det inkommande avloppsvattnet. En hög andel av hushållen i Sverige är påkopplade till det kommunal avloppsledningarna. Detta gör att de får större mängder avloppsslam proportionellt sett till mängden invånare i landet. Avloppsreningsverken i Sverige ägs av staten vilket skiljer sig från många andra länder. Förtroendet från den svenska befolkningen för avloppsreningsverken är stor vilket ger möjligheter att använda metoder som gör att återförsl av avloppsslam till jordbruksmark kan ske. De ekonomiska problemen vid byggnation eller utbyggnad av avloppsreningsverk uppstår då regelverken är hårda och mycket behövs tas hänsyn till. Detta leder till att det kan ta lång tid innan något blir gjort eftersom samtliga punkter som behövs ta hänsyn till blir genomgångna, inspekterade och värderade. Sverige jobbar i många fall långsiktigt med kvalitet.

När man ska hantera avloppsslam är det viktigt att veta varifrån avloppsvattnet har kommit. Om man vet vilka kemikalier eller andra ämnen som kan finnas i slammet är det enklare att veta vilket som är den bästa hanteringsmetoden. ReVAQ kan vara en lösning i detta och då speciellt dess uppströmsarbete. ReVAQ och andra metoder kan vara effektiva för att få ett samarbete och förståelse mellan aktörer som har synergier mellan varandra. I detta fallet är aktörerna avloppsreningsverken, lantbrukare och livsmedelssektorn. Om acceptans uppnås mellan lantbrukare, livsmedelssektorn och allmänheten så kommer det ske en ökad tillförsel av avloppsslam till jordbruksmark.

## 7.4 Kina

Kina har haft en kraftig ekonomisk utveckling under senaste decenniet. Landet har gått från att vara ett U-land i stora områden till ett I-land. På landsbygden har inte utvecklingen hängt med på samma sätt som i städerna. På landsbygden är det vanligast att ha en egen rening av avloppsvattnet eller ingen rening alls. Men när den ekonomiska utvecklingen kommer ikapp nivån i städerna finns förutsättningar för att fler avloppsreningsverk etableras även på landsbygden.

Detta kan leda till en ökande mängd avloppsslam vilket är positivt då avloppsslammet medför ekonomisk nytta och kan ge välbehövliga näringsämnen till jordarna. Utvecklingen som kan ske är att avloppsreningsverk som finns på landsbygden satsar på tillförsel till jordbruksmark då de har tillgång till marker för avsättning och mängden slam som produceras är mindre än i städerna då färre människor bor där. Utvecklingen som kan ske i städerna är att avloppsreningsverken satsar på förbränning eller annat lämpligt alternativ vilket inte kräver de ytor som tillförsel till jordbruksmark gör. Sträckorna som avloppsslammet skulle behöva transporteras är en av de största begränsande faktorerna för den Kinesiska staten för att kunna uppnå den utvecklingspotential som finns gällande avloppshantering.

## 7.5 Nederländerna

Nederländerna ligger i ett av den rikaste zonerna i världen, det så kallade Benelux området. Området innefattar Nederländerna, Belgien och Luxemburg. De har bland den högsta BNP-nivån i världen. Området har jordbruksmark av den högsta kvaliteten. Detta är orsaken till att det finns enorm mängd boskap på denna yta. Resultatet blir också att det bildas enorma mängder gödsel från djuren som måste få avsättning. Därför har Nederländerna valt att inte använda sig av depositionsmetoden återförsel av avloppsslam till jordbruksmark.

Nederländerna ligger i framkant med tekniken för alternativa hanteringsmetoder för avloppsslam. De har en storskalig våtoxideringsanläggning i Apeldoorn vilket är en synnerligen ovanlig förekommande metod på grund av dess enorma kostnader och energianvändning. Nederländerna kommer att vara drivande i utvecklingen av alternativa hanteringsmetoder för avloppsslam då stora delar av deras landyta ligger naturligt under vattenytan, vilket gör att behovet att hantera avloppsvattnet är större jämfört med andra länder.

## 7.6 Storbritannien

Storbritannien är det land som producerar näst mest avloppsslam i EU. Situationen ser ut så här eftersom de har en högre population jämfört med andra EU länder. De har även en mer sofistikerad rening av avloppsvattnet vilket ger större mängder avloppsslam. Storbritannien satsar mycket pengar på att se till att avloppsreningsverken håller bra kvalitet då förhållandena i deras vattendrag i många fall är övergödda.

Storbritannien är det land som har bäst ekonomi i EU vilket ger större möjligheter för en bättre rening och mer forskning för att se till att riktlinjer och avsättningsmetoderna är de bästa. Men det ger även större plats för innovation.

Lagstiftningen kan komma ändras snart inom hantering av avloppsslam då Storbritannien har för avsikt att lämna Europeiska Unionen(EU). Detta gör att Storbritannien inte kommer behöva följa regelverken inom avloppsslam som är direktiv som alla medlemmar i EU måste följa och står över den nationella lagstiftningen. Det ger dem större spelrum för förändringar inom riktlinjer och lagar inom området.

## **7.7 Jämförelse mellan de granskade länderna**

Valet av Storbritannien, Nederländerna, Kina och Sverige gjordes för att få en så varierad bild av hur hantering av avloppsslam kan se ut i olika delar av världen.

De fyra granskade länderna skiljer sig åt vad gäller hantering av avloppsslam men har även likheter. Orsaker till detta är bland annat att länderna har olika synsätt på hur avloppsslam ska hanteras. Länderna har också stora skillnader i befolkningensmängd samt hur den geografiska utformningen ser ut. Varje specifikt land har därför valt att göra sin inriktning över hur hanteringen av avloppsslam ska lösas.

Sverige, Storbritannien och Nederländerna omfattas av samma regelverk med EU:s direktiv för hur avloppsslam ska hanteras. Samtliga granskade länder har också sina egna lagar och riktlinjer för hur slammet ska hanteras. Kina skiljer sig åt mot de andra granskade länderna med att inte ha samma övergripande regelverk att följa.

De länder som mest liknar varandra gällande utveckling av lösningar för hanteringen av avloppsslam är Storbritannien och Sverige. Dessa två länder ser avloppsslam som en resurs som ska tas tillvara på. Detta innebär att länderna har som målsättning att avloppsreningsverken är anpassade för att producera ett så rent avloppsslam som möjligt.

Både Storbritannien och Sverige har sedan årtionden tillbaks haft ett pågående uppströmsarbete för att förbättra kvaliteten på utflödet av avloppsvatten. Satsningar på uppströmsarbete gör så att vattnet som kommer till avloppsreningsverket blir ett renare ingångsvatten till avloppsreningsverken. Samtliga avloppsreningsverk är också statligt ägda i båda dessa länder. Klimatet i Storbritannien och Sverige är också liknande, där odling på jordbruksmark främst kan ske på sommarhalvåret och därför har de liknande behov av andra avsättningsalternativ på vinterhalvåret.

Nederländerna har valt en annan inriktning på hantering av avloppsslam. Anledningen till detta är bland annat att Nederländerna egentligen ligger under havsnivån och därför måste andra metoder för avsättningsalternativ tillämpas än för länder som ligger över havsytan. Landet vill bli av med avloppsslammet med en effektiv process som inte ger någon slutprodukt som behöver tas hänsyn till. Nederländerna har enorma mängder djurgödsel och vill inte använda sig av avloppsslam på jordbruksmarken. Då Nederländerna inte ska

vidareanvända avloppsslammet som de andra länderna gör, görs inga investeringar för få avloppsslammet lika rent som Storbritannien och Sverige. Nederländerna har också goda finansiella möjligheter att utveckla ny kostsam hantering av avloppsslam som är anpassad efter deras strikta lagstiftning gällande hantering av avloppsslam, därav uppkomsten av landets våtoximationsanläggning.

Kina skiljer sig stort mot de andra granskade länderna. Dels är landet centralstyrt och är inte lika utvecklat som övriga granskade länder, dessutom beläget i en annan världsdel.

Landet har enorma ytor av jordbruksmark men även många stora städer. Detta gör att landets synsätt kommer skilja sig åt beroende på vilken del av landet som granskas.

Myndigheterna har bristande kunskap i dagsläget för hur frågan över hur avloppsslam ska hanteras.

Flertalet hushåll på landsbygden i Kina har eget avlopp medan hushållen i de studerade europeiska länderna till nästan hundra procent är påkopplade på det kommunala avloppsreningsverken. I Kina har avloppsslam till stor del valts att återföras till jordbruksmark, medan det till exempel i Nederländerna finns ett totalförbud för återförsel sedan flera år tillbaks.

## 8. Slutsats

För att avloppsslam ska hålla en bra kvalitet måste ingångsvärdena vara låga för till exempel tungmetaller och smittförande ämnen. Detta tillsammans med en hög teknisk kvalitet på avloppsreningsverk är avgörande för en bra slutprodukt. I stora delar av världen är kvaliteten på avloppsreningsverken undermåliga. För att kunna säkerhetsställa att utloppsvattnet håller en bra kvalitet från avloppsreningsverken så krävs i många fall en kompletterande behandling med hjälp av ozon eller rening med aktiv kol.

En utveckling där länder börjar att använda sig av avloppsslam till jordbruksmark känns troligt då miljönyttan och den ekonomiska nyttan är stor. Det skulle till exempel kunna resultera i att ett lantbruk blir självförsörjande av näringsämnen till odlingsmark istället för att köpa dyr konstgödsel. Kvaliteten på de avsättningsmetoder som är ovanliga idag till exempel våtoximation och cementproduktion kommer öka. Detta kommer resultera i att avsättningsmetoderna kan utmana återförsel till jordbruksmark som huvudsaklig avsättningsmetod.

Resultatet av de granskade länderna Sverige, Kina, Storbritannien och Nederländerna har visat att avsättning av avloppsslam får en mycket varierad hantering beroende på landets förutsättningar. Både ländernas geografiska och infrastrukturella förutsättningar har påverkat vilka avsättningsmetoder som tillämpas. Valet av avsättningsalternativ har också styrts av regelverken som gäller för de respektive länderna.

## 9. Referenser

- Bengtsson, M. and Tillman, A. (2004). Actors and interpretations in an environmental controversy: the Swedish debate on sewage sludge use in agriculture. *Resources, Conservation and Recycling*, 42(1), pp.65-82.
- Bertanza, G., Baroni, P. and Canato, M. (2016). Ranking sewage sludge management strategies by means of Decision Support Systems: A case study. *Resources, Conservation and Recycling*, 110, pp.1-15.
- Börjesson, G., Kirchmann, H. and Kätterer, T. (2013). Four Swedish long-term field experiments with sewage sludge reveal a limited effect on soil microbes and on metal uptake by crops. *J Soils Sediments*, 14(1), pp.164-177.
- Chen, H., Yan, S., Ye, Z., Meng, H. and Zhu, Y. (2012). Utilization of urban sewage sludge: Chinese perspectives. *Environmental Science and Pollution Research*, 19(5), pp.1454-1463.
- Cieślik, B., Namieśnik, J. and Konieczka, P. (2015). Review of sewage sludge management: standards, regulations and analytical methods. *Journal of Cleaner Production*, 90, pp.1-15.
- Eriksson, E., Christensen, N., Ejbye Schmidt, J. and Ledin, A. (2008). Potential priority pollutants in sewage sludge. *Desalination*, 226(1-3), pp.371-388.
- Fytali, D. and Zabaniotou, A. (2008). Utilization of sewage sludge in EU application of old and new methods—A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12(1), pp.116-140.
- Jelic, A., Gros, M., Ginebreda, A., Cespedes-Sánchez, R., Ventura, F., Petrovic, M. and Barcelo, D. (2011). Occurrence, partition and removal of pharmaceuticals in sewage water and sludge during wastewater treatment. *Water Research*, 45(3), pp.1165-1176.
- Kelessidis, A. and Stasinakis, A. (2012). Comparative study of the methods used for treatment and final disposal of sewage sludge in European countries. *Waste Management*,

32(6), pp.1186-1195.

Mills, N., Pearce, P., Farrow, J., Thorpe, R. and Kirkby, N. (2014). Environmental & economic life cycle assessment of current & future sewage sludge to energy technologies.

*Waste Management*, 34(1), pp.185-195.

Neal, C., Jarvie, H., Williams, R., Love, A., Neal, M., Wickham, H., Harman, S. and Armstrong, L. (2010).

Declines in phosphorus concentration in the upper River Thames (UK): Links to sewage effluent cleanup and extended end-member mixing analysis. *Science of The Total Environment*, 408(6), pp.1315-1330.

Singh, R. and Agrawal, M. (2008). Potential benefits and risks of land application of sewage sludge. *Waste Management*, 28(2), pp.347-358.

Yang, G., Zhang, G. and Wang, H. (2015). Current state of sludge production, management, treatment and disposal in China. *Water Research*, 78, pp.60-73.

## **9.1 Statliga rapporter**

Malmqvist, P., Kärman, E. and Rydhagen, B. (2006). Evaluation of the ReVAQ project to achieve safe use of wastewater sludge in agriculture. *Water Science & Technology*, 54(11), p.129.

Kenths Hasselgren (2008). Omsättning av metaller i Salixodling gödslad med slamkompost, Svenskt Vatten.

Mácsik J., Ecoloop; Carling M. och Håkansson K., Geo Innova; Rogbeck Y., SGI; Mossakowska A. (2007) Flygaskastabiliserat avloppsslam(FSA) som tätskiktmaterial vid sluttäckning av deponier– en vägledning, Stockholm Vatten.

## **9.2 Böcker**

Johansson, B. (2011). *Återvinna fosfor - hur bråttom är det?.* Stockholm: Forskningsrådet Formas.

## Hemsida

Water UK (2017). Storbritanniens vattenverk. <http://www.water.org.uk/sewers-transfer>

(Hämtad 2016-08-17)

[http://www.avfallsverige.se/statistik-index/avfallsstatistik/europeisk-](http://www.avfallsverige.se/statistik-index/avfallsstatistik/europeisk-avfallsstatistik/behandlat-hushaallsavfall/)

[avfallsstatistik/behandlat-hushaallsavfall/](http://www.avfallsverige.se/statistik-index/avfallsstatistik/europeisk-avfallsstatistik/behandlat-hushaallsavfall/) (Hämtad 2017-10-25)

Oscar Linder



Besöksadress: Kristian IV:s väg 3  
Postadress: Box 823, 301 18 Halmstad  
Telefon: 035-16 71 00  
E-mail: [registrator@hh.se](mailto:registrator@hh.se)  
[www.hh.se](http://www.hh.se)