

# Ny slamhantering vid Hedesunda reningsverk

New sludge handling at Hedesunda  
wastewater treatment plant

---

Johanna Danielsson



# REFERAT

## Ny slamhantering vid Hedesunda reningsverk

*Johanna Danielsson*

Hedesunda reningsverk är beläget i södra delen av Gävle kommun och hanterar avloppsvatten från Hedesunda samhälle och ett fåtal närbelägna byar. Antalet anslutna personer är strax över 1500. Reningsverket byggdes på 1960-talet och byggdes om i slutet av 1990-talet. Vid ombyggnaden anlades torkbäddar för avvattning av det slam som produceras vid reningsverket. Inledningsvis fungerade dessa torkbäddar bra men sedan 2005 har slammet i bäddarna inte avvattnats i önskad omfattning.

Syftet med detta examensarbete var att utreda hur slamavvattningen i Hedesunda ska se ut i framtiden. Utgångspunkten var att den nuvarande lösningen är otillräcklig och att en förändring är nödvändig. Inledningsvis delades frågeställningen upp i två separata delar: avvattning av slammet och avsättning för avvattnat slam. Fokus låg på ekonomiska och miljömässiga aspekter av slamhantering och en sammanvägning av dessa gjordes där så var möjligt.

Frågan om hur avvattningen bör se ut undersöktes genom att en enkät skickades ut till nio olika företag som levererar avvattningsutrustning. Dessa fick svara på 17 frågor om vilken lösning de ansåg vara bäst lämpad för reningsverket i Hedesunda. Sammanlagt samlades sex olika svar in. Utöver dessa undersöktes även alternativet att restaurera de befintliga torkbäddarna närmare. Detta skedde bland annat genom provtagning och analys av slammet i bäddarna. De olika alternativen för slamavvattning sammanställdes och jämfördes genom att varje undersökt parameter delades in i intervall som gav olika betyg. De tre alternativ som enligt denna undersökning ansågs bäst lämpade var att restaurera de befintliga bäddarna, att anlägga vassbäddar eller att installera en mindre silbandpress.

Då slammet avvattnats återstår frågan kring hur det avvattnade slammet ska hanteras. Detta undersöktes genom att två alternativ studerades närmare. Dessa var att fortsätta med den nuvarande hanteringen som är kompostering och tillverkning av anläggningsjord eller att certifiera slammet genom REVAQ och sprida det på åkermark. Ett försök till att skatta kostnaden för de båda alternativen gjordes, bland annat genom att frågor ställdes till de kommuner/driftbolag som idag är certifierade enligt REVAQ. Kostnaden för certifiering och spridning på jordbruksmark är betydligt mycket högre än kostnaden för kompostering. Certifieringsalternativet innebär dock en större måluppfyllelse i och med att fosfor återförs till produktiv mark.

Resultatet av studien är ett konkret förslag på hur slamavvattning och avsättning för slam vid Hedesunda reningsverk kan skötas i framtiden. Detta förslag innebär att de nuvarande torkbäddarna restaureras och att möjligheterna att certifiera flera delar av Gästrike Vatten AB:s verksamhet utreds närmare. Att enbart certifiera slam från Hedesunda reningsverk anses ekonomiskt orimligt.

**Nyckelord:** Slamavvattning, slam, torkbäddar, REVAQ, reningsverk

*Institutionen för informationsteknologi, Uppsala universitet, Box 337, SE-751 05 Uppsala*  
ISSN 1401-5765

## **ABSTRACT**

### **New sludge handling at Hedesunda wastewater treatment plant**

*Johanna Danielsson*

Hedesunda wastewater treatment plant (wwtp) is located in the southern part of Gävle municipality in Sweden. The wwtp treats wastewater from Hedesunda community and a few nearby villages. All in all there are approximately 1500 persons connected to the plant. Hedesunda wwtp was originally built in the 1960's and was restored in the late 1990's. At the restoration sludge drying beds were built on the site for sludge dewatering. Initially, these beds worked fine but since 2005 the dewatering result has not been satisfactory.

The objective of this master thesis has been to investigate different alternatives for a more effective sludge handling at Hedesunda wwtp in the future. Initially the sludge handling process was divided into two different parts: sludge dewatering and management of dewatered sludge. The focus has been on economical and environmental aspects of sludge handling and where it's been possible these factors have been weight together.

The question of how a more effective dewatering of sludge could be achieved was answered by a questionnaire that was sent to different companies that supply dewatering equipment to the Swedish market. Altogether six answers were collected. Besides these answers the option of restoring the existing sludge drying beds was also considered. The latter was done by sampling and analyzing sludge in the existing beds, among other things. The different options for dewatering were compiled and compared in a matrix where every parameter was split up in intervals and assigned grades. Three options that received the highest total grade were considered the best options. These were: restoring the sludge drying beds, reed beds and a small belt filter press.

The matter of how to handle the dewatered sludge was simplified to a study of only two alternatives. These were to continue the present handling or to certify the sludge according to REVAQ and use it as fertilizer. Attempts to estimate the cost for the two alternatives were made. The cost for certification is higher than the cost for composting, but to certify the sludge will lead to a higher target achievement.

The study resulted in concrete suggestions for how the sludge at Hedesunda wwtp can be handled in the future. This suggestion states that the existing sludge drying beds should be restored and that the possibility to certify several wwtp:s within Gästrike Vatten AB should be investigated. It is not considered economically plausible to certify sludge from Hedesunda wwtp alone.

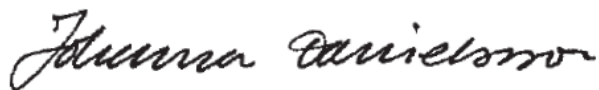
**Keywords:** Sludge dewatering, sludge drying beds, REVAQ, wastewater treatment plants

## FÖRORD

Detta examensarbete om 30 hp har genomförts åt Gästrike Vatten AB som avslutning på civilingenjörsutbildningen i Miljö- och vattenteknik vid Uppsala universitet. Johanna Weglin Nilsson vid Gästrike Vatten AB har varit handledare och Bengt Carlsson vid institutionen för informationsteknologi har varit ämnesgranskare. Allan Rodhe vid institutionen för geovetenskaper har varit examinator för examensarbetet.

Jag vill börja med att tacka min handledare och min ämnesgranskare för stöd, idéer och otaliga korrekturläsningar. Jag vill också rikta ett stort tack till alla som hjälpt till genom att svara på de enkäter som legat till grund för denna undersökning, utan er hade det inte blivit mycket till slutsats! Tack också till Peo Sundstrand, Carin Eklund och Gösta Andersson vid Gästrike Vatten AB för hjälp med provtagning och analys. Ett speciellt tack vill jag också ge Malin Delin med kollegor vid Sandviken energi som ställde upp som guide vid vassbäddarna i Storvik trots fruktansvärda väderförhållanden. Sist men absolut inte minst ett stort varmt tack till övrig personal vid Duvbackens reningsverk för svar på alla möjliga och omöjliga frågor, för trevligt sällskap och skratt.

Gävle, februari 2010



Johanna Danielsson

# POPULÄRVETENSKAPLIG SAMMANFATTNING

## Ny slamhantering vid Hedesunda reningsverk

*Johanna Danielsson*

Avloppsreningsverk har för avsikt att skydda sjöar, hav och vattendrag från de skadliga ämnen som finns i avloppsvatten. Processen i ett reningsverk bygger bland annat på att överföra lösta föreningar, framför allt fosfor, till fast form för att kunna avskilja dessa. Det fasta materialet kallas med ett gemensamt namn för slam. I slammet finns många ämnen som är skadliga för miljön, till exempel tungmetaller, organiska föroreningar och smittsamma organismer men även näringsämnen kväve och fosfor. Denna sammansättning medför att särskilda åtgärder krävs för hantering av slam från avloppsreningsverk.

Näringsämnen i avloppsvatten kommer till stor del från urin och fekalier från människor. Människorna har i sin tur fått i sig näringen via födan. Näringen i födan härstammar från den åker där grödor vuxit och djur betat. För att uppnå ett slutet kretslopp är det önskvärt att näringen i avloppet återförs till jordbruksmark som gödsel åt grödor. Detta kan uppnås genom att använda slammet som gödsel på åkermark. En sådan användning av slam kan vara kontroversiell då effekten av de föroreningar som finns i slammet till viss del är okänd.

Hantering av slam innebär stora kostnader för reningsverken. Ofta avvattnas slammet till en torrsubstanshalt på cirka 15 till 25 procent. Detta sker oftast med maskiner som kräver mycket energi och även stora tillsatser av kemikalier till slammet. Beräkningar antyder att 0,1 procent av Sveriges totala energiförbrukning går åt till avvattning av slam i reningsverk runt om i landet. Då slammet avvattnats ska det tas om hand och även detta kan kosta mycket pengar. Vanliga avsättningsalternativ för slam i dagsläget är tillverkning av anläggningsjord eller gödsling av jordbruksmark. Anläggningsjorden tillverkas genom att slammet först blandas med annat organiskt material och sedan komposteras. Anläggningsjorden används sedan som växtetableringsskikt på vägslänter och för återställning av mark vid gruvor med mera.

Syftet med detta examensarbete var att utreda hur slamhanteringen ska se ut i framtiden vid Hedesunda reningsverk söder om Gävle. Reningsverket renar idag vatten från cirka 1 600 personer i Hedesunda samhälle och några närbelägna byar. Reningsverket ägs av Gävle Vatten AB, ett kommunalt driftbolag med ansvar för vatten och avlopp i Gävle kommun. Gävle Vatten AB är ett dotterbolag till Gästrikland Vatten AB, som samlar kommunala driftbolag i delar av Gästrikland och Uppland. Den nuvarande slamhanteringen vid Hedesunda reningsverk består av avvattning av slam i torkbäddar och kompostering av det avvattnade slammet för tillverkning av anläggningsjord. Torkbäddarna anlades under 1999 och fungerade ursprungligen tillfredsställande men har med tiden fungerat allt sämre. Den nuvarande avsättningen, kompostering, är en enkel lösning men innebär att de näringsämnen som finns i slammet går förlorade.

I detta examensarbete undersöktes olika metoder att avvattna slammet vid Hedesunda reningsverk parallellt med olika möjliga avsättningsalternativ för slammet. Examensarbetet har resulterat i ett förslag till ny helhetslösning för reningsverkets hantering av slam. Utredningen kring hur avvattningen bör se ut i framtiden bestod i en enkätundersökning till företag som levererar lösningar för slamavvattning. Dessa företag fick svara på vilken lösning de trodde var bäst för den framtida driften vid Hedesunda reningsverk. Dessutom togs prover i de nuvarande bäddarna för att försöka förstå vad som orsakat de problem som funnits hittills. Utredningen kring avsättning för slammet bestod även den av en enkätundersökning. Frågor

ställdes till de kommuner och driftbolag som idag är certifierade enligt REVAQ, ett certifieringssystem för slam som ska spridas på åkermark. Frågor ställdes även till företag som komposterar slam och tillverkar anläggningsjord. Mycket litteratur, framför allt kring slamgödsling, har också studerats.

Genom betygsättning av de olika alternativen för avvattning av slam rangordnades alternativen. De alternativ som fick högst betyg var att restaurera de befintliga torkbäddarna, att anlägga vassbäddar med en funktion liknande den hos dagens torkbäddar eller att installera en mindre silbandpress av modellen DEWA PC7. Undersökningen kring avsättning för det avvattnade slammet visar att certifiering enligt REVAQ är ett betydligt mycket dyrare alternativ än att kompostera slammet. Däremot innebär certifiering av slam en större måluppfyllelse i och med att näringen i slammet kan återföra till produktiv mark.

Som slutsats av studierna presenteras ett förslag för den framtida slamhanteringen. Detta förslag består i att de befintliga torkbäddarna restaureras. Eventuellt kan ytterligare en mindre, likadan bädd anläggas i anslutning till de befintliga bäddarna. Tanken är att allt slam som produceras vid reningsverket i framtiden ska kunna avvattnas i bäddarna. Detta har inte varit fallet under de senaste åren. För att certifiering ska vara mer ekonomiskt fördelaktigt föreslås att en större del av Gästrike Vattens verksamhet certifieras på en gång. Om det centrala reningsverket i Gävle ska ingå i certifieringsprocessen krävs att halterna av metaller i detta slam minskas.

## DEFINITIONER, FÖRKORTNINGAR ETC.

BOD <sub>x</sub>	Biokemisk syreförbrukning, ett mått på avloppsvattnets innehåll av organiska föreningar. X anger den tid i dagar som provet inkuberas.
COD	Kemisk syreförbrukning, ett mått på avloppsvattnets innehåll av organiska föreningar.
GF	Glödförlust, ett mått på slammets innehåll av organiskt material.
p.e.	Personekvivalenter, ett sätt att utifrån avloppsvattnets innehåll beräkna hur många personer som (teoretiskt sett) är anslutna till ett reningsverk. Används även för att räkna om industrispillvatten till motsvarande mängd hushållspillvatten.
REVAQ	Ren Växtnäring från Avlopp. Certifieringssystem för avloppsslam.
SFS	Svensk författningssamling, en sammanställning över de lagar och förordningar som gäller i Sverige.
SNFS	Statens naturvårdsverks författningssamling. Heter numera NFS.
SS	Suspenderad substans. Ett mått på hur mycket partiklar som finns i ett vattenprov.
TOC	Total Organic Carbon. Ett mått på hur mycket organiskt kol ett prov innehåller.
TS	Torrsubstans. Ett mått på den totala mängden föreningar, organiska och oorganiska, som finns i ett vattenprov.



# INNEHÅLL

REFERAT .....	II
ABSTRACT .....	III
FÖRORD .....	IV
POPULÄRVETENSKAPLIG SAMMANFATTNING .....	V
DEFINITIONER, FÖRKORTNINGAR ETC. ....	VII
1. INLEDNING .....	1
1.1. SYFTE .....	2
1.2. AVGRÄNSNINGAR .....	2
1.3. ARBETETS UPPLÄGG .....	2
2. BAKGRUND .....	3
2.1. RENINGSVERKET I HEDESUNDA .....	3
2.1.1. Avvattning .....	4
2.2. HISTORISK TILLBAKABLICK PÅ AVSÄTTNINGSFRÅGAN .....	5
3. TEORI .....	8
3.1. SLAM .....	8
3.1.1. Ursprung .....	8
3.1.2. Sammansättning .....	9
3.1.3. Avvattning .....	10
3.1.4. Konditionering .....	10
3.1.5. Stabilisering och hygienisering .....	11
3.2. VÄXTNÄRING I KRETSLOPP .....	11
3.2.1. Målsättning inom Gävle Vatten AB för växtnäring i kretslopp .....	12
3.2.2. Certifiering av slam för återföring av växtnäring .....	13
3.2.3. Aktörernas ståndpunkter .....	13
3.2.4. Gällande lagar och regler för slam .....	14
3.2.5. Tillförsel av metaller till gödslad mark .....	15
3.2.6. Tillförsel av organiska föroreningar till gödslad mark .....	16
3.2.7. Smittrisk vid gödsling med slam .....	17
4. MATERIAL OCH METOD .....	19
4.1. ENKÄTUNDERSÖKNING OM AVVATTNING .....	19
4.1.1. Metoder för jämförelse av avvattningsalternativ .....	20
4.2. EGNA ANALYSER .....	21
4.2.1. Torrsubstans .....	21
4.2.2. Glödförlust .....	21
4.2.3. Suspenderad substans .....	22
4.2.4. Kemisk syreförbrukning .....	22
4.2.5. Totalt organiskt kol .....	22
4.2.6. Totalfosfor .....	22
4.3. UNDERSÖKNING AV AVSÄTTNINGSSALTERNATIV .....	22
5. RESULTAT .....	23

5.1.	MÖJLIGA AVVATTNINGSMETODER.....	23
5.1.1.	Nollalternativ.....	23
5.1.2.	Restaurering av befintliga bäddar .....	27
5.1.3.	Vassbäddar .....	30
5.1.4.	Slampress SAV 10/05 .....	35
5.1.5.	Dekantercentrifug DC3 EL .....	37
5.1.6.	Skruvpress RoS3Q280 .....	38
5.1.7.	Silbandpress DEWA PC7 och Bellmer.....	39
5.2.	JÄMFÖRELSE MELLAN OLIKA AVVATTNINGSMETODER.....	41
5.3.	AVSÄTTNING FÖR AVVATTNAT SLAM.....	46
5.3.1.	Innehåll i slam från Hedesunda reningsverk.....	47
5.3.2.	Kompostering och tillverkning av anläggningsjord.....	50
5.3.3.	Certifiering av slam och spridning på jordbruksmark.....	51
5.4.	JÄMFÖRELSE AV OLIKA AVSÄTTNINGSSALTERNATIV .....	56
6.	DISKUSSION .....	57
6.1.	AVVATTNINGSMETODER .....	57
6.1.1.	Ekonomi .....	57
6.1.2.	Miljö.....	59
6.1.3.	Framtida avvattning i restaurerade torkbäddar.....	60
6.2.	AVSÄTTNINGSSALTERNATIV .....	62
7.	SLUTSATSER .....	63
8.	REFERENSER.....	64
8.1.	SKRIFTLIGA REFERENSER.....	64
8.2.	ENKÄTUNDERSÖKNING OM AVVATTNING .....	68
8.3.	PERSONLIG KOMMUNIKATION.....	68
	BILAGOR.....	69
A.	HEDESUNDAS LÄGE I GÄVLE KOMMUN .....	69
B.	SKYDDSSOMRÅDE FÖR GRUNDVATTENTÄKT I HEDESUNDA .....	70
C.	PROCESSÖVERSIKT HEDESUNDA RENINGSVERK .....	71
D.	RITNING ÖVER HEDESUNDA RENINGSVERK.....	72
E.	RITNING ÖVER TORKBÄDDARNAS KONSTRUKTION .....	73
F.	FRÅGEFORMULÄR OM AVVATTNINGSSALTERNATIV .....	74
G.	SAMMANSTÄLLNING AV UNDERSÖKTA PARAMETRAR .....	75
H.	KOMMUNER/DRIFTBOLAG SOM BESVARAT ENKÄT OM REVAQ.....	76

## 1. INLEDNING

Det spillvatten som avleds från hushåll och industrier till reningsverken kallas med ett gemensamt namn avloppsvatten. Avloppsvatten innehåller fekalier och urin från människor i samhället, men också hushållskemikalier och kemikalier från industrier. Då avloppsvatten renas i reningsverk sker en separation av vattnet från det fasta materialet. Lösta föreningar, framför allt fosfor, omvandlas till fast form för att kunna avskiljas. Det fasta materialet består av en blandning av små partiklar suspenderade i vattnet. Blandningen av suspenderade partiklar i vatten brukar benämnas slam. Syftet med reningsprocessen är att merparten av föroreningarna, såväl organiska som oorganiska, ska hamna i slammet. Detta leder till att slammet måste tas om hand med viss hänsyn då många av föroreningarna skulle kunna ha en negativ påverkan på miljön.

För att effektivisera hanteringen reduceras vattenhalten i slammet så långt som möjligt. Transporter och hantering blir billigare ju mindre volym som ska hanteras (Kjellén & Andersson, 2002). Hindren för reduktionen av vattenhalten är dels tekniska, dels ekonomiska. Traditionellt används olika maskiner för avvattning av slam och dessa kräver ofta mycket energi. Hela kedjan av slambehandling med transporter och förtjockning inräknat står i genomsnitt för 20 % av reningsverkens elbehov. De svenska avloppsreningsverken förbrukade år 2002 tillsammans cirka 0,6 TWh elenergi, vilket motsvarade cirka 0,5 % av Sveriges totala energiförbrukning (Kjellén & Andersson, 2002). Slambehandlingen utgjorde således 0,1 % av Sveriges totala elförbrukning. Många reningsverk är byggda på 60- och 70-talet och har stor potential för förbättringar då det gäller energianvändning. Målet vid en ombyggnad bör vara att minska volymen slam så långt som möjligt med så liten energiinsats och därmed så låg kostnad som möjligt. Även hanteringen av slammet då det lämnat reningsverket underlättas oftast av en lägre vattenhalt.

Då slammet avvattnats finns flera olika alternativ för fortsatt hantering. Det har tidigare varit vanligt att deponera slammet men sedan 2005 är det förbjudet att deponera organiskt avfall i Sverige (SFS 2001:512). En annan vanlig metod i dag är att blanda upp slammet med annat organiskt material för att sedan kompostera det. Den jord som bildas används sedan som anläggningsjord. Båda dessa alternativ innebär att näringsämnen som finns i slammet inte tas till vara. Det är önskvärt med en hantering där dessa näringsämnen inte tas ur kretsloppet utan istället återförs till produktiv mark. I Sveriges nationella miljömål fastslås att återföring av näringsämnen är av stor vikt (Miljömålsportalen, 2009). Under de senaste 20 till 25 åren har användning av slam som gödsel till åkermark varit ett hett diskussionsämne bland de inblandade aktörerna. Starka röster i diskussionen har varit Lantmännens riksförbund, Livsmedelsföretagen och Svenskt Vatten (Augustinsson, 2003). Diskussionerna har lett fram till certifieringssystemet REVAQ (REVA = REN Växtnäring från Avlopp, Q = Konsument, Kvalitet, Kretslopp) med syfte att framställa slamgödsel av godkänd kvalitet (Kärrman m.fl, 2007). Certifieringen innebär omfattande kontroller av slammets innehåll och kvalitetssäkring av hanteringskedjan.

Då ett reningsverk skall byggas om eller rustas upp är det viktigt att ta hänsyn till hur slammet ska hanteras. Dels bör en effektiv slamavvattning prioriteras för att minska kostnader och miljöpåverkan, dels bör olika alternativ för avsättning av slammet utredas. Certifiering enligt REVAQ bör då ses som ett möjligt alternativ, speciellt om hänsyn ska tas till de nationella miljömålen.

Hedesunda reningsverk söder om Gävle står idag inför behovet av en ny slamhantering. Vid reningsverket finns idag två stycken slamtorkbäddar för avvattning av slam. Dessa anlades i slutet av 1990-talet och fungerade ursprungligen bra. I slamtorkbäddarna är tanken att slammet avvattnas under lång tid genom att vatten dräneras bort från slammet i botten av bäddarna. Bäddarna grävs ur med grävskopa en gång per år och tanken är då att slammet ska vara väl avvattnat. Sedan cirka fem år tillbaka har bäddarna i Hedesunda inte fungerat tillfredsställande. Det slam som avvattnas i Hedesunda komposteras för att bli anläggningsjord. Denna hantering innebär att näringsämnen inte återförs till produktiv mark utan istället tas ur kretsloppet.

### **1.1. SYFTE**

Syftet med detta examensarbete var att undersöka möjliga tekniska alternativ för slamavvattning och olika möjligheter för avsättning av det avvattnade slammet vid Hedesunda reningsverk. En jämförande kostnadskalkyl mellan dagens hantering och de olika alternativen genomfördes. En handlingsplan för hur den framtida hanteringen ska se ut togs fram, både med avseende på avvattning och avsättning av det avvattnade slammet.

### **1.2. AVGRÄNSNINGAR**

Denna studie har begränsats till att handla om ett specifikt reningsverk. De metoder för avvattning som presenteras är speciellt anpassade för ett reningsverk av den storlek och med det avloppsvatten som finns i Hedesunda. Generaliseringar har inte gjorts och bör inte göras utifrån denna rapport för andra reningsverk med annorlunda betingelser än de som varit aktuella i denna studie.

Vid undersökningen av alternativ för avvattning av slam har endast metoder som idag finns i drift i Sverige beaktats. Vid valet av metoder för avsättning av slammet beaktades endast kompostering för tillverkning av anläggningsjord, som är den metod som används idag, och certifiering inom REVAQ. Anledningen till detta var att det i Gästrike Vattens långsiktiga mål finns angivet att 60 % av näringen i avloppsvattnet skall återföras till åkermark senast år 2015 (Gävle Vatten, 2009c), vilket är en harmonisering med det nationella miljömålet. Av de tillgängliga alternativen är det endast REVAQ-certifiering och efterföljande gödsling som uppfyller detta till en rimlig kostnad inom den angivna tidsplanen.

### **1.3. ARBETETS UPPLÄGG**

För att ge en mer heltäckande bild av den aktuella frågeställningen inleddes arbetet med en litteraturstudie kring avloppsslam. Slammets sammansättning, möjligheter till avvattning, analysmetoder och innehåll av olika föroreningar undersöktes allmänt. Dessutom undersöktes riskerna med spridning av slam på åkermark och de lagar som styr slamspridning. I denna del av studien användes både internationell och svensk litteratur och resultatet är tänkt att vara orienterande. Denna del återfinns huvudsakligen i kapitel 3.

Efter den inledande studien undersöktes olika alternativ för slamavvattning. De företag som valts ut fick svara på en enkät med frågor kring vilken utrustning de skulle föreslå för slammet från Hedesunda. Svaren från denna undersökning har sammanställts i kapitel 5.1. Undersökningen kring kompostering av det avvattnade slammet bestod av intervjuer med två företag som tillverkar anläggningsjord. Möjligheten att certifiera slammet från Hedesunda undersöktes genom att frågor ställdes till kommuner som idag är anslutna till REVAQ samt en mindre litteraturstudie och en studie av tidigare analyser vid reningsverket. Resultatet av denna undersökning presenteras i kapitel 5.3.

## 2. BAKGRUND

### 2.1. RENINGSVERKET I HEDESUNDA

Hedesunda samhälle är beläget i den södra delen av Gävle kommun (bilaga A, figur B1). I samhället finns ett kommunalt reningsverk som togs i drift år 1970. Reningsverket i Hedesunda ägs av Gävle Vatten AB. Gävle Vatten AB är ett dotterbolag till Gästrikre Vatten AB som är ett kommunalägt driftbolag med ansvar för dricksvattenproduktion och avloppsrening i Ockelbo, Hofors, Gävle och Älvkarleby kommun. Bolaget bildades 2008. Gästrikre Vatten AB levererar dricksvatten och renar avloppsvatten åt cirka 120 000 personer inom Gästrikland och Norduppland. Totalt finns inom bolaget 19 vattenverk och 17 avloppsreningsverk. Den årliga produktionen av dricksvatten är ungefär 13 miljoner m<sup>3</sup>. Sammanlagt renas cirka 20 miljoner m<sup>3</sup> spillvatten varje år, varav cirka 200 000 m<sup>3</sup> renas vid reningsverket i Hedesunda (Lingsten, 2006; Gävle Vatten, 2009b).

År 1999 byggdes reningsverket i Hedesunda om, dels för att den gamla utrustningen började bli sliten, dels för att energi- och kemikalieåtgången var högre än önskat. I nuläget är 1660 personer anslutna till verket. Reningsverket är dimensionerat för 2000 personekvivalenter (p.e.) men den aktuella anslutningsgraden beräknat på BOD<sub>7</sub> (70 g/person, dygn (SNFS 1994:2)) är endast cirka 450 p.e. (Gävle Vatten AB, 2009b). Avvikelsen mellan verkliga antalet anslutna och det beräknade antalet anslutna skulle kunna bero på att provtagning endast sker under veckodagar då utpendlingen från samhället är stor. Belastningen under helgerna är troligtvis högre men regelbundna mätningar av denna utförs inte. Ledningsnätet har ingen avsiktlig anslutning av dagvatten, men inläckaget har tidvis varit omfattande (Eklund pers. medd., 2009). Reningsverket är beläget inom det yttre skyddsområdet för grundvattentäkten i Hedesunda (bilaga B,

Figur B 2) och grundvattenytan är tidvis hög i området (Karlsson, 1999). Detta har visat sig innebära vissa begränsningar då det tidigare diskuterats att bygga infiltrationsanläggningar i anslutning till reningsverket. Reningsverkets tomt gränsar till en kottodling som ägs av Korsnäs AB. Om större arealer krävs för utbyggnad måste således förhandlingar ske om överlåtande av en mindre areal mark. Ett sådant överlåtande skedde år 1999 då de nuvarande slamtorkbäddarna byggdes.

Vid ombyggnaden år 1999 gjordes en utredning av konsultföretaget WRS om att efterbehandla avloppsvattnet med mer naturnära metoder (Ridderstolpe, 1998). Fyra metoder utreddes, med målet att minska energiförbrukningen men också med tanken att näringsämnen i avloppet skulle kunna tas till vara lokalt. Metod ett kallades ”Växelbruk på åkermark”. Tanken var att åkermark växelvis vartannat år skulle bevattnas med avloppsvatten och vartannat år brukas. Metod två var att anlägga en våtmark, eventuellt med tillhörande biofilterdike. Diket skulle användas för att fånga upp och återföra näringsrikt material. Metod tre innebar att avloppsvattnet skulle filtreras genom ett markavsnitt, så kallad ”recirkulerad översilning”. Funktionen skulle bli ungefär densamma som hos en biobädd. Den sista metoden var den som slutligen infördes, konventionell biologisk rening och efterbehandling av slammet i slamtorkbäddar. Anledningen till att de andra metoderna valdes bort var bland annat brist på lämplig åkermark, de lokala markförutsättningarna och oklarheter hur stor påverkan de skulle haft på grundvattnet i området (Ridderstolpe, 1998).

Reningsverket har i dagsläget mekanisk rening genom rens-galler, biologisk rening med hjälp av biorotorer och kemisk fällning med fällningskemikalien Ekoflock 90 (polyaluminiumklorid). Biorotorerna består av långsamt roterande trummor i plast med stor

kontaktyta där mikroorganismer kan tillväxa. Det renade vattnet leds ut till Ölboån, cirka 100 meter innan denna rinner ut i Dalälven. Slammet som frånskiljs i reningsverket består av ett blandslam. Dels kommer en del av biohuden på biorotorerna att lossna och följa med till den kemiska fällningen, dels kommer kemsлам att bildas i fällningssteget. Slammet sedimenterar i sedimenteringsbassänger. Från dessa leds slammet vidare till en gravimetrisk förtjockare där det får sedimentera ytterligare en gång. Slammet behandlas med en katjonaktiv polymer för att förbättra resultatet i förtjockaren. Den gravimetriska förtjockaren som används vid reningsverket i Hedesunda är utformad som en bassäng med en volym om cirka 20 m<sup>3</sup>. Den har sluttande sidor i nästan hela bassängen. Förtjockaren är utrustad med skrapor, som för det sedimenterade slammet mot mitten av bassängen där det sugts ut med hjälp av en pump. Dekanteringsrännor finns längs förtjockarens kanter och uttaget av dekantat regleras av en pump. För en fördjupad insikt i reningsverkets uppbyggnad hänvisas till processöversikten som redovisas i figur B3 i bilaga C.

### 2.1.1. Avvattning

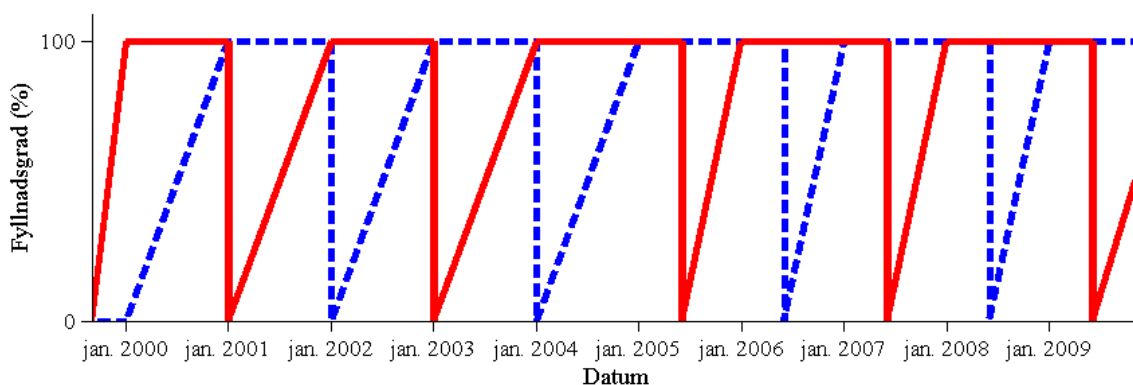
Det förtjockade slammet pumpas ut på två slamtorkbäddar som ursprungligen var tänkta att användas växelvis vartannat år. Det år bädden inte belastades med slam skulle den ligga i träda. I bäddarna avvattnas slammet genom att vattnet perkolerar ned till dräneringsrör och pumpas tillbaka in till reningsverket. Detta så kallade rejektvatten återförs till processen igen före biorotorerna. De två slamtorkbäddarna är placerade bredvid varandra i direkt anslutning till reningsverket (figur B4, bilaga D). Bäddarna skiljer sig något i storlek och form. De har olika area, bädd ett cirka 230 m<sup>2</sup> och bädd två cirka 320 m<sup>2</sup>. Bäddarna har sluttande kanter vilket gör att bottenarean är mindre än ytarean. Slamnivån i bäddarna är tänkt att vara cirka 1 meter, vilket ger en volym på 210 respektive 280 m<sup>3</sup>. För den bädd som har legat i träda sedan januari 2009 var nivån i mitten av november samma år 89 cm. Bäddarna belastas med 20 till 25 ton TS per år. Slammet som pumpas ut till bäddarna har en TS-halt på i genomsnitt 2,6 %. Då bäddarna grävts ur de senaste fem åren har TS-halten i genomsnitt legat på 15,3 % (Gävle Vatten AB, 2004-2009b). Bäddarnas botten består av ett tätt, materialskiljande lager. Ovanför detta finns ett dräneringslager med singel. I detta lager finns de dräneringsrör som leder bort rejektvattnet. Ovanför dräneringslagret fanns ursprungligen en fiberduk som var tänkt att hindra slammet från att tränga ner i dräneringslagret och ovanpå detta fanns ett lager av filtersand. Slammet som ska avvattnas pumpas ut ovanpå dräneringslagret. Utpumpningen sker i två rör längs med mitten av bädden. I figur B5, bilaga E finns en fullständig ritning över slamtorkbäddarna och deras funktion. I den bädd som legat i träda sedan januari 2009 växte under sommaren 2009 en frodig vegetation av bland annat tomater, renfana och gråbo.

Då bäddarna invigdes efter ombyggnaden av reningsverket 1999 tycks de ha fungerat tillfredsställande. Bäddarna belastades då växelvis vartannat år och vid utgrävningen vid årsskiftet hade slammet en relativt fast konsistens. Efter fyra till fem år började slammet vara för blött för att kunna grävas ur på utsatt tid. Detta ledde bland annat fram till att den fiberduk som tidigare fanns i botten av bädden togs bort vid tömningen 2007 eftersom den visade sig vara igensatt. Samma sak gjordes på den andra bädden då den tömdes ett år senare. Under 2007 startades även tillsats av polymer till förtjockaren som slammet pumpas ifrån till bäddarna. Detta ledde till att slammet förtjockades bättre. En sammanställning över TS-halten i bäddarna vid utgrävningstillfället redovisas i tabell 1. Det slam som grävdes ur under 2009 är det första slam som grävts ur efter att polymerbehandling infördes.

**Tabell 1.** TS-halt vid utgrävning av torkbäddar i Hedesunda (Gävle Vatten, 2002-2009b).

År	TS-halt vid utgrävning (%)
2002	18,4
2004	12,6
2005	22,5
2006	13,9
2007	11,2
2008	11,2
2009	17,4

Tömning av bäddarna har sedan år 2005 fått flyttas fram till senvåren (maj-juni) varje år eftersom TS-halten har bedömts vara allt för låg vid årsskiftet. Under den tid då båda bäddarna varit fulla har det slam som producerats fått transporteras med slambil till Duvbackens reningsverk i Gävle för avvattning. I figur 1 syns bäddarnas fyllnadsgrad sedan invigningen 1999.



**Figur 1.** Fyllnadsgrad i torkbäddarna vid Hedesunda reningsverk. Heldragen linje motsvarar bädd 1, streckad linje motsvarar bädd 2. Överlappande linjer indikerar att slam transporterats bort utan att först avvattnas.

Vad som egentligen orsakar problemet med bäddarna är inte helt klarlagt. Alternativ som nämns av personalen vid Gästrike Vatten är att bäddarna är för djupa, det vill säga belastas med för mycket slam. Detta skulle kunna leda till att vattnet inte hinner perkolera genom hela volymen. För att lösa detta skulle bäddarna kunna belastas med mindre slam. Detta förutsätter dock någon annan lösning för resten av slammet, till exempel skulle ytterligare en bädd kunna anläggas. En annan tänkbar orsak är att dräneringslagret är för tätt av någon anledning. Vatten kan då inte ledas bort via dräneringsrören. Detta skulle kunna vara en följd av felaktigt materialval. Ytterligare en teori som lagts fram är att cykeln för fyllning, vila och tömning är felplanerad. Kanske skulle slammet avvattnas bättre om fyllningen påbörjades i och med att temperaturen sjunker under noll grader på hösten istället för som i nuläget, då fyllning påbörjas på våren. På detta sätt skulle slammet som lagts ut hinna frysa innan ett nytt lager slam förs på ovanpå det gamla. Försök med slamavvattning enligt denna metod har genomförts i Lövånger utanför Skellefteå med lyckat resultat (Hellström & Kvarnström, 1997). Det är också sedan tidigare känt att frysning förbättrar resultatet i slamtorkbäddar på andra platser (Dentel, 2001). Mer om frysningens inverkan finns att läsa i avsnitt 5.1.2.

## 2.2. HISTORISK TILLBAKABLICK PÅ AVSÄTTNINGSFRÅGAN

Frågan kring avsättning för avvattnat slam är kontroversiell. Redan på 1800-talet användes mänsklig avföring från städerna som gödningsmedel på åkrar och redan då rådde oenighet kring hur hanteringen skulle gå till (Agustinsson, 2003). Problembilden har dock skiftat

genom åren. Reningsverken har sakta utvecklats till den form de har i dag och fokus har skiftat från effektiva metoder att samla upp näringen till miljö- och hälsoaspekter.

Det vanligaste förfarandet för hantering av avvattnat avloppsslam i Sverige idag är att kompostera det och tillverka anläggningsjord (SCB, 2008). Slammet som grävs ur bäddarna i Hedesunda transporteras idag till företaget Dewatech i Gävle där det komposteras. Under många år deponerades slam i Sverige men sedan ett förbud mot deponering av organiskt avfall infördes 2005 har detta i stort sett upphört. Andra vanliga metoder för hantering av avvattnat slam är att sprida det som gödsel på jordbruksmark eller på energiskog. Detta förfarande har debatterats flitigt och än i dag råder stor oenighet kring spridning av slam.

År 1987 kom Naturvårdsverket ut med råd kring slam användning i form av skriften ”Allmänna råd om hantering och användning av avloppsslam”. Denna skrift tillkom efter att debatten under 1980-talet blivit allt intensivare kring kända och okända miljögifter i slammet. 1988 genomförde Greenpeace en aktion där man analyserade slam från Ryaverket i Göteborg med avseende på ett 20-tal organiska föroreningar. Detta föranledde Lantbrukarnas Riksförbund (LRF) att stoppa slamspridning på svensk åkermark. Detta stopp kom sedermera att kallas ”det första slamstoppet” (Agustinsson, 2003). År 1994 undertecknades ”Överenskommelsen om kvalitetssäkring vid användning av slam i jordbruket” av Naturvårdsverket, LRF och Svenska vatten- och avloppsverksföreningen (numera Svenskt Vatten). Denna så kallade slamöverenskommelse syftade till att möjliggöra återföring av växtnäringen i slammet utan att skada människor och miljö (Carlsson, 1997). I och med överenskommelsen bildades Nationella Samrådsgruppen (NSG), med syftet att hålla överenskommelsen aktuell och att verka för att de åtaganden som överenskommelsen innebar fullföljdes. Under NSG bildades flera regionala samrådsgrupper och i och med detta ökade samarbetet och förståelsen kring problemet med slamspridning hos de olika aktörerna. Spridningen av slam i jordbruket ökade igen, men främst på energiskogsodlingar. Vid denna tid fick slamspridning på åkermark medial uppmärksamhet och både silver och patogener diskuterades. År 1999 uttalade sig Naturvårdsverket i radio om ökande halter av bromerade flamskyddsmedel i slam, vilket fick LRF att införa ett nytt slamstopp, ”det andra slamstoppet” (Agustinsson, 2003). På NSG:s möte i oktober 1999 uttrycktes besvikelse över att Naturvårdsverket gått ut i radio utan att först diskutera frågan i samrådsgruppen (Agustinsson, 2003).

År 2001 startade VA-branschen, med Stockholm Vatten i spetsen projektet ”Öppen dörr”. Projektet syftade till att uppfylla de krav på spårbarhet som livsmedelsbranschen ställer på slamgödslingen och att undersöka om det var möjligt att få konventionellt avloppsvatten att närma sig klosettattenkvalitet. ”Öppen dörr” mynnade sedermera ut i handlingsprogrammet REVAQ (Carlsson, 2003). REVAQ startades ursprungligen som ett tidsbegränsat projekt med syftet ”att klarlägga om användning av de vattenburna avloppssystemen kan utvecklas så att slam från dessa system kan användas på odlad mark i ett hållbart perspektiv i enlighet med de nationella miljömålen.” (Kärrman m.fl., 2007, sid 11). Initiativtagare och ledare för projektet var Bengt Hansson på konsultfirman Envisys (Kärrman m.fl. 2007). Projektet avslutades 2007 och arbetet överfördes till ett certifieringssystem med samma namn. Ursprungligen var endast ett fåtal verk anslutna till projektet, men med tiden har fler och fler verk kunnat anslutas. Det ursprungliga projektet var framför allt ägnat åt att utreda vilka möjligheter som fanns för att utnyttja växtnäringen i slam, och alltså inte åt att öka mängden slam på åkermark.

År 2007 då det ursprungliga projektet avslutades gjordes en utvärdering av en utomstående projektgrupp från CIT Urban Water Management AB. Denna utvärdering resulterade i



rapporten "Utvärdering av REVAQ-projektet" (Kärman, m.fl., 2007). Rapporten föreslog bland annat hur arbete skulle bedrivas efter projektets avslutande, och en del av dessa synpunkter syns tydligt i dagens arbete inom REVAQ. Idag är 22 reningsverk medlemmar i REVAQ och levererar därmed ett certifierat slam. Bland dessa reningsverk ingår bland annat Ryaverket i Göteborg, Käppalaverket, Bromma och Henriksdals reningsverk i Stockholm samt Malmös två reningsverk Klagshamn och Sjölunda. Idag är 40 % av Sveriges slam certifierat (Naturvårdsverket, 2009a). 15 av de 22 reningsverken är dimensionerade för fler än 30 000 p.e.. Då mindre reningsverk certifierats har det ofta skett i en gemensam certifiering av kommunens samtliga reningsverk. Detta är fallet i Sunne, Hagfors och Kungsbacka kommun (SP, 2009). REVAQ-certifieringen innebär att reningsverken granskas av en oberoende kontrollant, Sveriges tekniska forskningsinstitut, SP. SP kommer vara ensamma om att utfärda certifikat enligt REVAQ fram till år 2010 då frågan om flera certifieringsorgan ska prövas (Svenskt Vatten, 2009). Numera är Svenskt Vatten huvudman för projektet, och tidsbegränsningen är borttagen. Någon begränsning av antalet anslutna reningsverk finns inte längre, utan Svenskt Vatten uppmanar samtliga reningsverk att gå med.

### 3. TEORI

För att kunna bedöma en avvattningsstekniks potential krävs förståelse för själva tekniken i form av maskiner, pumpar och driftparametrar, men även för slammets egenskaper. För att en sådan förståelse ska bli möjlig ges i detta kapitel en kort introduktion till avloppsslam ur ett mer allmänt perspektiv. Vilket avsättningsalternativ som väljs för det avvattnade slammet styrs bland annat av innehållet i slammet och av gällande lagar och regler. Den nuvarande hanteringen med produktion av anläggningsjord är relativt enkel. Frågan kring slamgödning av åkermark är invecklad och mer kontroversiell. Med anledning av detta läggs större vikt vid slamgödning än vid kompostering i detta kapitel.

#### 3.1. SLAM

Avloppsslam består till stor del av vatten och för att minska volymen reduceras vattenhalten. Detta görs oftast för att minska kostnaden, då både transport och avsättning blir billigare ju mindre slamvolym som ska hanteras. Det är viktigt att volymreduktionen kan göras utan att skapa alltför stora belastningar på miljö eller utrustning. Det krävs oftast mycket energi för att avvattna slam, vilket innebär en stor kostnad och belastning på miljön. Begränsningarna för slamavvattningen är dels ekonomiska, dels miljömässiga. Flera olika tekniker för slamavvattning finns tillgängliga på marknaden och valet av teknik måste grundas på dessa aspekter.

##### 3.1.1. Ursprung

Slam delas efter sitt ursprung in i tre huvudkategorier. Dessa presenteras i tabell 2.

Tabell 2. Olika typer av slam och deras ursprung (Svenskt Vatten, 2007c).

Kategori	Ursprung
<b>Mekaniskt slam (primärslam)</b>	Fasta partiklar som avskiljts på mekanisk väg, oftast tidigt i processen, till exempel i en försedimenteringsbassäng eller i någon form av sil.
<b>Biologiskt slam (bioslam)</b>	Mikroorganismer som tillvuxit och avskiljts i den biologiska reningsprocessen. I en aktivslamanläggning recirkuleras en stor del av bioslammet. Den del som tas ut som överskott kallas då överskottsslam.
<b>Kemiskt slam (kemsam)</b>	De flockar som bildats vid tillsats av fällningskemikalie. Benämns även efter den kemikalie som används, t.ex. järnslam.

Utöver de nämnda typerna av slam förekommer även termen blandslam, som representerar en blandning av två eller tre fraktioner. Ett blandslam kan till exempel uppstå vid så kallad simultanfällning där kemisk och biologisk rening pågår i samma bassäng. Blandslam kan också uppstå då flera olika flöden av slam kombineras.

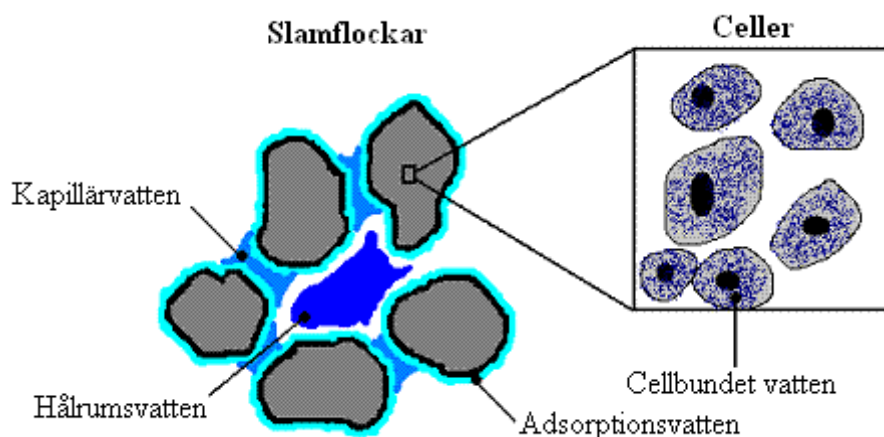
Enligt beräkningar utförda av Svenskt Vatten (2007c) bidrar varje person ansluten till kommunala avloppsreningsverk med 18 kg SS/år i form av primärslam, 11 kg SS/år i form av bioslam och cirka 10 kg SS/år i form av kemsam, beroende på vilken fällningskemikalie som används. Sammanlagt genererar de större reningsverken i Sverige (>2000 p.e.) 230 000 – 240 000 ton TS/år (Svenskt Vatten, 2007c). Detta motsvarar en volym på mer än en miljon kubikmeter slam, då TS-halten i ett avvattnat slam ofta ligger mellan 20 och 30 %.

### 3.1.2. Sammansättning

Slam består av partiklar suspenderade i vatten. Partiklarna kan ha mycket varierande storlek och består av olika material beroende på vilken typ av slam som studeras. I ett bioslam är partiklarna i huvudsak uppbyggda av mikroorganismer, medan de i ett kemslam i huvudsak består av de föreningar som fällningskemikalien ger upphov till. Vattnet i slammet kan föreligga i fyra olika former (Svenskt Vatten, 2007c):

- Hålrumsvatten
- Kapillärvatten
- Adsorptionsvatten
- Cellbundet vatten

Skillnaden mellan de olika formerna är hur vattnet är bundet till partiklarna. Den största delen av vattnet är hålrumsvatten. Hålrumsvatten kan röra sig relativt fritt mellan slampartiklarna och är inte bundet till partiklar. Detta vatten kan avskiljas mekaniskt, till exempel genom filtrering eller centrifugering (Kopp & Dichtl, 2001). Kapillärvattnet finns mellan slampartiklarna och mellan olika delar av slampartikeln och binds genom kapillära krafter. Detta vatten kan inte röra sig lika fritt. Det går att avlägsna kapillärvatten mekaniskt men det krävs större energiinsatser än för hålrumsvattnet (Kopp & Dichtl, 2001). Adsorptionsvattnet kallas i viss litteratur även ytvatten och är bundet till partiklarnas yta i flera lager av vattenmolekyler genom adsorptionskrafter. Vattnet kan inte röra sig fritt. Även vatten som är bundet till celltor i form av exopolymerer räknas till adsorptionsvattnet. För att avlägsna detta vatten krävs termisk behandling, d.v.s. tillsats av värme (Kopp & Dichtl, 2001). Cellbundet vatten är det vatten som är bundet i cellernas struktur, t.ex. vatten i cytoplasman hos cellen. Till cellbundet vatten räknas oftast även hydratvatten. Cellbundet vatten kan endast bestämmas tillsammans med adsorptionsvattnet. Dessa kallas då ofta med ett gemensamt namn för bundet vatten. Även det cellbundna vattnet kräver termisk behandling för att kunna avlägsnas (Kopp & Dichtl, 2001). En grafisk presentation av de olika typerna av vatten finns i figur 2.



**Figur 2.** De olika typerna av vatten som förekommer i slam.

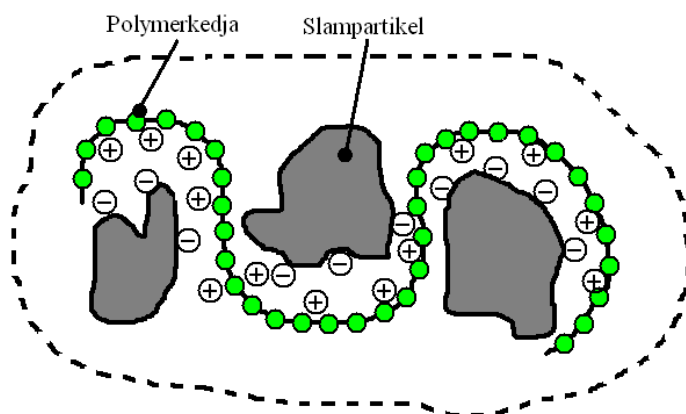
Effekten av vattnets olika bindning till slammet är att det finns en gräns för hur hög avvattning som kan uppnås utan att hetta upp slammet. Oftast undviks värmebehandling då detta är mycket energikrävande. Olika rapporter ger olika svar på hur hög TS-halt som går att uppnå med mekanisk avvattning. Variationerna beror troligtvis på vilken typ av slam som analyserats och vilken analysmetod som använts, men ett värde kring 30 % kan anses normalt (Svenskt Vatten, 2007c; Kopp & Dichtl, 2001).

### 3.1.3. Avvattning

De tekniker som används i större skala i Sverige idag för att avvattna slam är alla mekaniska. Detta innebär att TS-halten hos det avvattnade slammet sällan är högre än 30 %. Tekniker som används är centrifugering, silbandpressar, kammarfilterpressar, skruvpressar och torkbäddar med eller utan vegetationstäcke (Svenskt Vatten, 2007c). Vid centrifugering utnyttjas "centrifugalkraften", genom att slammet förs in i en snabbt roterande trumma. I både silbandpressar, kammarfilterpressar och skruvpressar trycks vattnet ut ur slammet genom att tryck på olika sätt appliceras. Då det gäller torkbäddar är funktionen istället den att vattnet sakta med hjälp av gravitationen perkolerar genom bäddens botten till uppsamlingsrör som leder bort vattnet. Vatten avgår också från ytan genom evaporation. Denna funktion är densamma oavsett om bädden täcks av vegetation eller inte. Då till exempel bladvass planteras i slammet kommer detta dels leda till att en viss del av vattnet tas upp av plantorna och transpireras bort via bladen, dels till att slammet blir uppluckrat genom växternas rotsystem. Detta leder till att vatten lättare kan passera genom bädden. I de delar av landet som har långa perioder med temperaturer under 0°C kan frystorkning vara ett alternativ.

### 3.1.4. Konditionering

För att underlätta avvattningen av slammet kan slammet bearbetas på olika sätt innan det leds till avvattningsutrustningen. Sådana metoder kallas med ett gemensamt namn för konditionering. De kan till exempel bestå av uppvärmning, frysning eller av tillsats av kemikalier. Den vanligaste konditioneringsmetoden i Sverige är tillsats av kemikalier (Svenskt Vatten, 2007c). Syftet med kemikalietillsatsen är att öka partikelstorleken genom att slå ihop mindre partiklar till större aggregat och på detta sätt lättare kunna avskilja partiklarna från vattnet. De kemikalier som används till detta är dels organiska polymerer, dels olika aluminiumsalter eller järnsalter i kombination med kalk (Svenskt Vatten, 2007c). Organiska polymerer är den mest använda tillsatsen vid slamavvattning. Polymeren består av långa kedjor av mindre molekyler, så kallade monomerer. Den vanligaste organiska polymeren för slamavvattning i Sverige är polyakrylamid som består av sammanlänkade akrylamidmolekyler (Svenskt Vatten, 2007c). De organiska polymererna delas in i kategorier efter deras ytladdning. Katjonaktiva polymerer har positiv ytladdning, anjonaktiva polymerer har negativ ytladdning och nonjonaktiva polymerer är neutrala (oladdade). Vilken typ av polymer som skall användas beror på slammet som skall avvattnas och kan provas ut i laboratorium. Primär- och bioslam har oftast negativt laddade partiklar, varför en katjonaktiv polymer är att föredra. Kemsam däremot tenderar att ha positivt laddade partiklar varför en anjonaktiv polymer istället bör användas. Polymeren och slampartiklarna bildar tillsammans vad som brukar benämnas en slamflock (figur 3).



**Figur 3.** Slamflockens struktur vid tillsats av katjonaktiv polymer. Slampartiklar binds samman av polymerkedjor genom attraktion mellan de olika ytladdningarna.

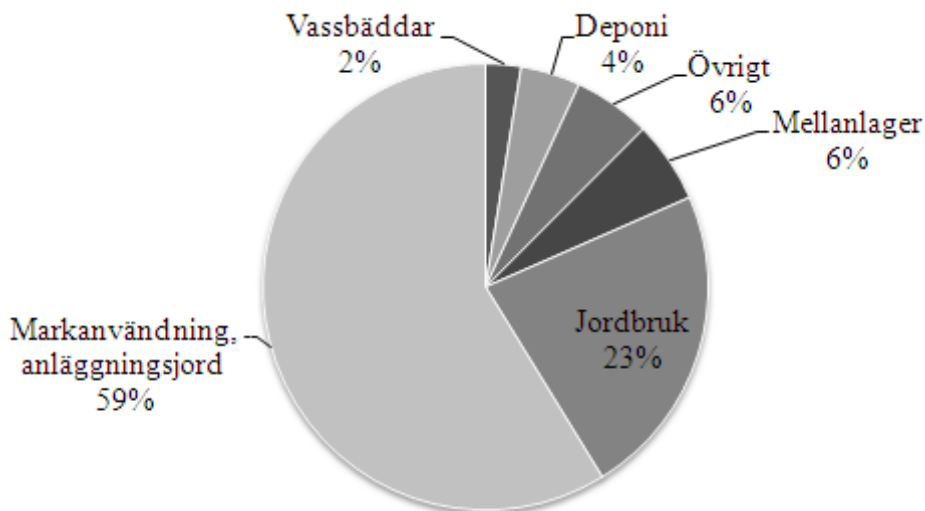
Vid själva avvattningsproceduren ger polymertillsatsen flera fördelar. Avskiljningsgraden ökar genom att färre små partiklar kan följa med vattnet. En annan fördel är att slamflockarna blir stabilare än de partikelaggregat som bildas utan polymertillsats. Detta medför att högre tryck kan appliceras på slammet utan att det faller sönder. Eventuellt ökar även andelen lättavvattnat hålrumsvatten genom tillsats av polymer, men här går uppgifterna isär. Svenskt Vatten (2007c) anger att mängden lättavvattnat hålrumsvatten ökar genom tillsats av polymer medan Kopp och Dichtl (2001) beskriver hur de i laboratorieförsök inte lyckats öka mängden hålrumsvatten med hjälp av polymertillsats.

### **3.1.5. Stabilisering och hygienisering**

Stabilisering som begrepp används ofta då det primära syftet är att minska risken för dålig lukt och samtidigt minska volymen. Termen hygienisering används också med ungefär samma innebörd om samma processer, men då är syftet oftast framför allt att minska mängden sjukdomsalstrande mikroorganismer i slammet (Svenskt Vatten, 2007c). För att det ska bli möjligt att hantera slammet på ett säkert sätt krävs någon form av hygienisering. Detta kan ske fysiskt, biologiskt eller kemiskt (Naturvårdsverket, 2003). Idag är en av de vanligaste metoderna så kallad långtidslagring. Detta innebär att slammet får ligga orört och utan tillförsel av nytt slam i minst sex månader (Kärrman m.fl., 2007). Bedömningen tycks vara att detta i framtiden inte kommer att vara en godkänd metod, utan att ytterligare steg krävs (Carlsson, 2003). Av de metoder för att avvatta slam som undersöks i denna studie är det endast torkbäddar med eller utan vegetation som leder till att slammet även stabiliseras och till viss del hygieniseras. Anledningen till detta är den uppehållstid som krävs för att avvattningen ska fungera. Exempel på effektivare hygieniseringsmetoder är till exempel termofil rötning, där slammet hettas upp till 55 °C under en längre tid eller tillsats av kalk så att pH-värden över 12 uppnås. Även pastörisering, som innebär upphettning till högre temperaturer under en kortare tid, till exempel 70 °C under 60 minuter leder till god hygienisering (Schönning, 2003). Ett problem är att det alltid finns en risk för att slammet återinfekteras om det kommer i kontakt med färskt slam efter hygieniseringen. Det är därför viktigt med väl separerade lagringsplatser (Schönning, 2003).

### **3.2. VÄXTNÄRING I KRETSLOPP**

En stor kostnad för de flesta reningsverk är omhändertagandet av slammet efter att det avvattnats. Slammet innehåller dels växtnäringssämnen som skulle kunna återföras till produktiv mark, dels miljögifter i form av metaller och organiska ämnen. Även risken för smitta bör beaktas då slammet innehåller virus, bakterier och parasiter. Detta gör det svårt att avgöra om slammet är att betrakta som en värdefull resurs eller som ett riskavfall. Valet av förhållningssätt påverkar valet av omhändertagande. Statistiska centralbyrån sammanställer data vart tredje år för avsättningen för avloppsslam i Sverige (SCB, 2008). Data från den senaste sammanställningen presenteras i figur 4 och gäller för år 2006. Undersökningen baseras på uppgifter som registreras i länsstyrelsernas utsläppsdatabas EMIR. Procenttalen som redovisas anger endast andelen av det slam där användningen är känd.



**Figur 4.** Sammanställning över användningen av avloppsslam i Sverige 2006 (SCB, 2008)

Frågan om slamspridning på åkermark har tidvis varit infekterad och idag är det troligtvis svårt att sprida slam på åkermark utan att först certifiera slammet. Certifikatet innebär ett bevis på att slammets innehåll kontrollerats noga av ett oberoende organ. Att inte certifiera, men ändå sprida slammet skulle kunna betraktas som illojalt av de reningsverk som valt att gå samman kring certifieringen.

Ett tänkbart alternativ till gödsling av åkermark är spridning av slam på skogsmark. Även i skogsbruket finns risk för att uttaget av näringsämnen blir större än tillförseln och då blir tillsats av näringsämnen värdefullt för tillväxten. Detta gäller framför allt vid så kallat helträdsutnyttjande. Detta innebär att även grenar och toppar tas ut, bland annat för tillverkning av pellets. På skogsmark är det framför allt kväve som är begränsande för tillväxten, till skillnad från jordbruksmark där fosfor oftare är begränsande (Tideström m.fl., 2000). Slammets innehåll av kväve varierar mer än innehållet av fosfor eftersom kväve kan övergå i gasform och därmed avgå till atmosfären. Gödsling av skogsmark är en relativt ny företeelse och osäkerhet råder om effektiviteten i metoden. Skogsgödsling kommer därför inte studeras närmare i denna undersökning.

### 3.2.1. Målsättning inom Gävle Vatten AB för växtnäring i kretslopp

I ett av riksdagens 16 nationella miljömål, mål nummer 15 "God bebyggd miljö" står att läsa att minst 60 % av fosfor i avloppsvatten ska återföras till produktiv mark senast år 2015. Minst hälften av detta bör återföras till åkermark (Miljömålsportalen, 2009). Detta mål har även införlivats i Gävle Vatten AB:s verksamhetsplan för 2010. Där står att läsa:

*"Riksdagens har som krav att före 2015 ska 60 % av fosfor i avlopp återföras till produktiv mark. Det innebär att fosfor måste återföras i form av slam från reningsverken vilket ställer krav både på kvalitet och hygienisering, något som kommer att kräva stora arbetsinsatser, framför allt i form av uppströmsarbete (åtgärder vid föroreningens källa)."* (Gävle Vatten AB, 2009c)

Reningsverket i Hedesunda har i relation till många andra reningsverk goda förutsättningar att bli certifierat. Reningsverket saknar betydande industrianslutning och mycket arbete har lagts ned inom Gästrike Vatten på frågan kring slamhantering. Detta tyder på ett engagemang från personalens sida, vilket är avgörande för ett fungerande certifieringsarbete (Kärman m.fl. 2007). Avsaknaden av industrianslutning medför att slammet troligtvis håller hög kvalitet då

det gäller föroreningar. I de fall då slammet från Hedesunda transporteras till Duvbackens reningsverk för avvattnings blandas det med slam från Gävle, där industribelastningen och därmed föroreningshalterna är högre (Gävle Vatten, 2009a, 2009b). Detta innebär att slam som skulle kunnat vara värdefullt ur näringssynpunkt går förlorat.

### **3.2.2. Certifiering av slam för återföring av växtnäring**

I dagsläget finns ett certifieringssystem REVAQ för slam som skall spridas på åkermark i Sverige. Certifieringssystemet är framtaget av Svenskt Vatten i samarbete med berörda aktörer. Certifikat utfärdas av SP. I certifieringsreglerna (Svenskt Vatten, 2009, sid. 6) anges fem punkter som arbetet vid ett certifierat reningsverk bör fokusera på. Dessa är:

- Verksamheten genomförs på ett strukturerat och systematiskt sätt.
- Spårbarhet och hög kvalitet uppnås i den praktiska hanteringen.
- Systematiskt förbättringsarbete bedrivs.
- Slammet uppfyller specificerade krav gällande t.ex. hygienisering.
- Relevant redovisning av sammansättning ges.

Mycket av arbetet inom REVAQ handlar om att förhindra att oönskade ämnen hamnar i avloppet från början, så kallat uppströmsarbete. Detta kan bland annat ta sin form i information till de anslutna hushållen, besök hos industrier eller reportage i lokalpressen. Även riktad information mot lokala butiker har förekommit. Detta för att förmå dem att sälja miljömärkta hushållskemikalier (Kärman m.fl., 2007). Ett problem för de stora reningsverken i storstadsregionerna har varit känslan av att avloppet är ”någon annans problem”, då reningsverket och åkermark ofta ligger långt från hushållen. Detta problem är mindre på mindre orter där hushållen har närmare till både reningsverk och åkermark (Carlsson, 2003). Trots detta visar en undersökning av Eriksson (2001) att metallhalter generellt är högre i slam från mindre reningsverk än de är från de större. Vad detta beror på är inte klargjort.

### **3.2.3. Aktörernas ståndpunkter**

Samarbetet inom REVAQ tycks ha lett till ett förbättrat debattklimat mellan de olika aktörerna i slamfrågan. Trots detta återstår vissa principiellt viktiga frågor att lösa. Till exempel är både VA-branschen och livsmedelsindustrin överens om att kretslopp för näringsämnen är viktigt. Men medan VA-branschen helst ser att slammet återförs direkt till åkermark önskar livsmedelsindustrin en renare produkt. En möjlighet att uppnå detta är genom att utvinna fosfor ur slam eller aska från slamförbränning på kemisk väg. Flera sådana metoder har utvecklats och testats med varierande resultat. Genomgående krävs det mycket energi och stora mängder kemikalier, varpå miljönyttan ofta kan ifrågasättas.

En annan viktig punkt i diskussionen har varit att livsmedelsindustrin har känt en oro för konsumenternas reaktion på slamgödsling. Det upplevdes åtminstone initialt att VA-branschen inte tog denna oro på allvar. Både livsmedelsindustrin och VA-branschen upplever att denna situation blivit bättre ju längre samarbetet inom projektet REVAQ pågått (Carlsson, 2003). Konsumentorganisationer och livsmedelsföretag har även uttryckt en oro för smittspridning via slamgödslingen. Flera betrodda organisationer, såsom Statens Veterinärmedicinska Anstalt och Smittskyddsinstitutet har dock fastlagt i rapporter att vid korrekt hantering av slammet är risken för smittspridning liten (Carlsson, 2003). Detta utesluter självklart inte risk för smittspridning vid felaktig hantering.

Ett argument som ofta förs fram av förespråkarna för slamgödsling är att reglerna i resten av Europa och i USA är mindre restriktiva än de svenska. Detta innebär, hävdar de, att de

livsmedel vi importerar ändå kommer att vara gödslade med slam och handelsgödsel av sämre kvalitet än det svenska slammet. Ett exempel som nämns är de stora mängder pasta som importeras från Italien (Carlsson, 2003). I september 2009 startades initiativet ”ren åker ren mat” som starkt motsätter sig all spridning av slam på åkermark och på skogsmark (Initiativet Ren Åker Ren Mat, 2009). Deras argument baserar sig främst på de ännu icke kartlagda föroreningar som finns i slammet, samt på det låga näringsinnehållet i förhållande till mängden föroreningar.

#### **3.2.4. Gällande lagar och regler för slam**

De lagar som styr spridningen av slam på åkermark ställer idag lägre krav än vad de inblandade aktörerna gör internt. Inom REVAQ till exempel förbinder sig reningsverken att gå längre än vad svensk lag kräver. I SNFS1994:2 ”Kungörelse med föreskrifter om skydd för miljön, särskilt marken, när avloppsslam används i jordbruket” står att läsa:

*Syftet med dessa föreskrifter är att reglera användningen av avloppsslam inom jordbruket på ett sådant sätt att skadliga effekter på mark, vegetation, djur och människor hindras, samtidigt som en riktig användning av avloppsslam uppmuntras.*

Det är dessa föreskrifter som i huvudsak reglerar spridningen av slam på svensk jordbruksmark. Även ”Förordning (1998:944) om förbud m.m. i vissa fall i samband med hantering, införsel och utförsel av kemiska produkter” styr till viss del hanteringen av slam. Det finns inte i någon av förordningarna några specificerade krav på hygienisk standard eller innehåll av organiska föroreningar, däremot krävs att om slammet inte genomgått tillräcklig hygienisering ska det brukas ner i jorden inom ett dygn. I SNFS 1994:2 anges att spridning av slam ska ske på ett sådant sätt att olägenhet för närboende inte skall uppstå, och att kvaliteten hos jorden samt yt- och grundvatten inte ska påverkas negativt. Skyddet mot smittspridning består i huvudsak av reglering av var och när slammet får spridas. Det anges i SNFS 1994:2 att slam inte får spridas på betesmark, eller på åkermark som inom tio månader från spridningstillfället ska användas för att skörda vallfodergröda eller som bete åt djur. Detta har ansetts vara tillräckligt för att skydda djur mot smitta. Det kan konstateras att det förslag som lagts fram inom EU till direktiv för slamspridning anser att tre veckor är tillräckligt, något som flera länder vänt sig emot (Schönning, 2003). För att skydda människor regleras vilka grödor som inte får odlas på slamgödslad mark. Dessa är bär, potatis, rotfrukter, grönsaker eller frukt som inte växer på träd. Utöver detta regleras även vilket ansvar producenten av slammet har gentemot jordbrukaren. Till exempel regleras märkningen av slammet och krav på innehållsdeklaration. Det är även producentens ansvar att föra register över var slammet spridits, hur mycket som har spridits och när spridningen skett.

I SNFS 1994:2 anges krav på vilka metaller som ska mätas i slammet och i marken för att slam ska få spridas. Dessa är bly, kadmium, koppar, krom, kvicksilver, nickel och zink. I denna lagtext anges gränsvärdena i relation till hur mycket som får tillföras per hektar åkermark. Här ställs även krav på att halterna av samma metaller som mäts i slammet också mäts i marken före spridning. Lagtexten anger även gränsvärden för markens innehåll av metaller för att spridning ska få ske. I SFS 1998:944 anges vilka halter slammet får innehålla av samma metaller, men här anges värdena i relation till slammets TS-värde. En sammanställning av kraven på metaller i slam finns i tabell 3.

Det finns idag inga krav på att mäta organiska föroreningar i slam, däremot rekommenderar Naturvårdsverket att allt avloppsslam analyseras med avseende på nonylfenol, PAH



(polycykliska aromatiska kolväten, summa av sex föreningar) och PCB (polyklorerade bifenyler, summan av sju föreningar) (Naturvårdsverket, 2009b).

**Tabell 3.** Gränsvärden enligt svensk lag för slam som ska spridas på åkermark samt krav på marken för att slamgödsling ska vara tillåtet.

Ämne		Gränsvärde slam (SNFS 1994:2) g (ha år) <sup>-1</sup>	Gränsvärde slam (SFS 1998:944) mg (kg TS) <sup>-1</sup>	Gränsvärde åkermark (SNFS 1994:2) mg (kg TS) <sup>-1</sup>
<b>Bly</b>	(Pb)	25	100	40
<b>Kadmium</b>	(Cd)	0,75	2	0,4
<b>Koppar</b>	(Cu)	300	600	40
<b>Krom</b>	(Cr)	40	100	60
<b>Kvicksilver</b>	(Hg)	1,5	2,5	0,3
<b>Nickel</b>	(Ni)	25	50	30
<b>Zink</b>	(Zn)	600	800	100

Alla dessa krav ska givetvis även vara uppfyllda för slam som certifieras enligt REVAQ, men då tillkommer också ytterligare krav. Det krävs att slamproducenten har ett systematiskt och strukturerat arbetssätt. Detta ska gälla alla delar av verksamheten. Det krävs också ett kontinuerligt arbete med att förbättra kvaliteten på slammet. Initialt krävs mätning av de 60 grundämnen som analyserats i Naturvårdsverkets rapport 5148 (Svenskt Vatten, 2009). I det kontinuerliga arbetet läggs sedan tonvikten på de av ämnena som bedöms ackumuleras snabbast i den åkermark där spridningen planeras ske. I certifieringsreglerna finns även krav på mätning av organiska föroreningar, men vilka som är aktuella för respektive reningsverk beslutas beroende på lokala förhållanden. För att få slammet certifierat krävs även godkänd hygienisering, vilket än så länge oftast är långtidslagring. REVAQ:s regler innebär även en mängd mer diffusa krav, som att slamproducenten ska ”verka för att hushållens kemikalieanvändning och hantering förbättras” (Svensk Vatten, 2009).

### 3.2.5. Tillförsel av metaller till gödslad mark

Det största kända miljöhotet med slamgödsling är de metaller som tillförs marken. Dessa är grundämnen och bryts därför inte ner. Upptaget i växter varierar mellan de olika metallerna. För bly och kvicksilver är upptaget nästan försumbart. För koppar och zink, som är mikronäringsämnen, är upptaget större (Eriksson, m.fl., 1997). För samtliga metaller gäller ändå att de kan ackumuleras i åkermark. Ett vanligt mått för att mäta ackumuleringen av metaller är fördubblingstid. Detta är den tid det tar för halten att öka till det dubbla mot dagens halt, givet någon viss mängd slam per hektar. Det långsiktiga målet med certifiering enligt REVAQ är att halterna av metaller och oönskade organiska föroreningar i slammet inte ska vara högre än de är i klosettvattnet (det vatten som kommer från toalettstolar) (Svenskt Vatten, 2009). Detta mål bedöms som mycket svårt att nå men aktörerna tycks vara överens om att det är ett mål värt att sträva mot (Kärrman m.fl. 2007).

I svensk lagstiftning delas jordbruksmark in i fem olika klasser, (I-V) beroende på hur mycket fosfor marken innehåller. Klass V är den högsta klassen. Naturvårdsverket använder en fosforgiva på 22 kg P/ha och är i sina beräkningar av fördubblingstid, vilket är den maximala givan som får spridas på jordar av fosforklass III eller högre. 85 % av de svenska jordarna finns i dessa klasser. I tätbebyggda områden där de flesta reningsverken finns är siffran närmare 100 % (Eriksson, 2001). I och med att en fixerad fosforgiva används kan detta sätt att räkna i vissa fall leda till att metalltillförseln till åkern överstiger uppsatta gränsvärden. Det är

värt att notera att då handelsgödsel används är fosforgivan sällan så stor som 22 kg P/ha. Under odlings säsongen 2006-2007 var medelvärdet för hela riket 14,5 kg P/ha vid gödsling med handelsgödsel (SCB, 2009).

Eriksson (2001) genomförde en undersökning av slam från 48 olika reningsverk spridda över Sverige, stallgödsel från 12 olika gårdar med nötkreatur eller svin, fyra olika handelsgödsel, nederbörd från Sveriges västkust, 25 olika jordprover samt 25 prover från vete- och kornkärnor. Syftet med undersökningen var att ta reda på koncentrationen av 60 olika spårelement i de olika proverna för att kunna göra en relevant jämförelse mellan olika former av gödsel. Undersökningen konstaterar att för de flesta metaller var halterna högre i avloppsslam än i både stallgödsel och handelsgödsel. Trots de lägre halterna av metaller i handelsgödsel innebär även gödsling med handelsgödsel en långsam ackumulering av metaller i åkermark. I undersökningen beräknades fördubblingstiden av de olika ämnena vid tillförsel av ett slam med halter motsvarande medelvärden för svenska reningsverk till en mark med metallhalter motsvarande medelvärden för några svenska jordar. Resultatet visar att för ett svenskt medelslam är fördubblingstiden cirka 17 år för guld. För silver är den 41 år och för kadmium är den 480 år. Ytterligare sju av de analyserade ämnena har fördubblingstider kortare än 500 år (Cu, Hg, B, Sb, Zn, Mo, Sn). Många av dessa, bland annat silver, har okända effekter på människors hälsa. Silver har däremot visats ha negativ inverkan på markorganismer (Naturvårdsverket, 2003). För tenn gällde i försöken av Eriksson (2001) att bidraget från nederbörden var större än bidraget från den hypotetiska slamgivan. I certifieringsreglerna för REVAQ (Svenskt Vatten, 2009) anges att fördubblingstakten, senast år 2025, inte ska vara högre än 0,2 %, det vill säga en fördubblingstid på 500 år. Då halten av de 60 spårelementen mäts i inledningsskedet av certifieringsarbetet krävs att en handlingsplan tas fram för hur halten av de metaller som har en längre fördubblingstid än 500 år ska minskas. Då denna beräkning görs används en svensk medeljord baserad på resultaten i Erikssons undersökning från 2001 som referens.

Att fördubblingstiden beräknas mot ett medelvärde av svenska jordar kan medföra att den verkliga situationen är annorlunda än den beräknade. Metallhalter i jord varierar över landet (Eriksson, m.fl., 1997). Metallinnehållet beror bland annat på jordens kornstorleksfördelning och på de geologiska förhållandena. En lerig jord innehåller generellt mer metall än en sandig. Detta beror på att metallerna har mer yta att binda till i lerjorden. Vissa modernmaterial, till exempel alunskiffer har ett naturligt innehåll av tungmetaller och detta påverkar även jordens halter (Eriksson m.fl., 1997). Om metallerna ska vara skadliga för människor måste de på något sätt hamna i grödan, vilket de endast kan göra om de är tillgängliga för upptag genom rötterna. Om metallerna är hårt bundna till marken kommer de inte kunna tas upp av växterna. Om de är allt för löst bundna finns också en risk att de lakas ut ur marken och då hamnar i närliggande vattendrag och sjöar (Eriksson, 2001).

Redan idag är odlingsbar mark en knapp resurs ur ett globalt perspektiv. Åkermark som förorenats med metaller är med dagens tekniker så gott som omöjlig att sanera. Detta innebär att mark som under en lång tid framöver kunde gett föda åt människor tas ur kretsloppet och blir obrukbar. Risken finns även att människor och djur kommer till skada genom förgiftning. Förgiftning kan ske även genom ämnen som i dagsläget inte har någon känd effekt på människors hälsa genom att halter och tillgänglighet ändras med tiden.

### **3.2.6. Tillförsel av organiska föroreningar till gödslad mark**

Precis som de metaller som används i samhället kommer de organiska ämnen vi använder till viss del hamna i avloppet. En stor skillnad mot metallerna är att de organiska ämnena i olika

stor utsträckning bryts ned redan i reningsverkets process och därmed oskadliggörs (Naturvårdsverket, 2003). Vissa ämnen kommer att brytas ned redan i reningsverket, medan andra kommer hamna i slammet. Dessa riskerar att i förlängningen spridas till åkermark, där de kan bli kvar under lång tid. Exempel på källor till organiska föroreningar i slam är rengöringsmedel, hygienprodukter, make up och läkemedel (Naturvårdsverket, 2003). Bland de organiska föroreningarna finns mängder av ännu okända ämnen, vilket gör att osäkerheten kring dessa är större än den är kring metaller. Nya larm har dykt upp under årens lopp. Ett exempel är de bromerade flamskyddsmedlen som orsakade det andra slamstoppet år 1999 (Agustinsson, 2003) eller de hormonstörande ämnen som tillförs avloppet genom att kvinnor äter p-piller med syntetiska hormonliknande ämnen. Även den polymer som används till förtjockning och avvattnings av slam kan betraktas som en organisk förorening.

Flera studier har genomförts för att avgöra risken med de organiska föroreningarna. Dessa pekar på att upptaget i växter är försumbart. Ämnena binds hårt i marken och därför är risken för urlakning också mycket liten. Påverkan på markorganismerna verkar vara liten eller i vissa fall till och med stimulerande. De undersökta organismerna anpassade sig snabbt till att bryta ned de tidigare okända substraten (Naturvårdsverket, 2003). Det finns studier som indikerar att nedbrytningen av organiska föroreningar i marken går snabbare ju högre halten är av gynnsamt organiskt material i marken (Naturvårdsverket, 2003). Detta talar till slamspridningens fördel, då slammet tillför gynnsamt organiskt material till marken tillsammans med föroreningarna.

### **3.2.7. Smittrisk vid gödsling med slam**

Avloppsslam innehåller flera olika mikroorganismer som kan orsaka sjukdomar hos människor. Dessa kan delas in i bakterier, virus, protozoer och parasitära maskar. Hur innehållet ser ut varierar med det aktuella hälsoläget hos den anslutna befolkningen (Schönning, 2003). Exempel på patogener som återfinns i avloppsslam är salmonella, campylobacter, EHEC (bakterier), polio, hepatit A (virus), giardia och cryptosporidium (protozoer). Bakterier är de enda av dessa som kan tillväxa i slam, de övriga tillväxer endast i respektive värdorganism. Det fanns fram till år 2002 inga dokumenterade fall där människor smittats via avloppsslam i Sverige och även internationellt finns få rapporter om smitta (Schönning, 2003). Att inga sådana fall kunnat påvisas betyder dock inte att risken inte kommer finnas i framtiden.

Enligt Schönning (2003) kan spridningen av smitta ske på flera olika sätt. Personalen i reningsverket kan smittas direkt genom hantering av slammet eller genom inandning av aerosoler som bildas då slammet hanteras. Denna situation är oberoende av vilken avsättning som väljs för slammet. Om slammet används som gödsel kan även den person som får till uppgift att sprida slammet till marken smittas på samma sätt. Även personer som av olika anledningar är i kontakt med jorden kan smittas, till exempel lekande barn. Om slammet sprids på mark där djur betar finns risk att smitta sprids till de betande djuren. Detta är endast aktuellt för de smittoämnen som kan smitta både människor och djur, så kallade zoonoser. En risk finns att patogener som tillförs åkern med slammet transporteras till yt- och grundvatten. Detta sker framför allt vid regnväder eller snösmältning. För all gödsling av mark finns idag restriktioner om skyddszoner till sjöar och vattendrag vilka är tänkta att minska risken för att gödande ämnen sprids till vattnet. En liten risk finns också att smittämnen tas upp av grödan och sprids till konsumenter via maten. Denna risk torde dock vara liten. Vid en eventuell gödsling av skogsmark skulle smittspridning kunna ske via bär och svampar som människor plockar för att äta. Vid all öppen hantering av avloppsslam finns risk för att olika djur kommer i kontakt med slammet och sprider smittan vidare. Det kan till exempel vara fåglar

eller små gnagare som attraheras av insekter i närheten av slamlager. Framför allt fåglar kan sedan röra sig över stora områden (Schönning, 2003).

För att minimera riskerna med smittspridning via slam kan flera olika åtgärder vidtas. Till exempel kan en så stor del av hanteringen som möjligt skötas slutet för att minska risken för spridning via fåglar och smådjur. För att minska risken för de personer som hanterar slammet är det fördelaktigt att slammet stabiliseras och hygieniseras på ett tillfredsställande sätt. Vid spridning på åkermark är det en fördel om slammet är av fastare konsistens för att minska risken för stänk. Det är också bra om slammet myllas ned i jorden så snart som möjligt (Schönning, 2003). De lagar och regler som finns för att hindra smittspridning till människor och djur bör självklart efterlevas.

## 4. MATERIAL OCH METOD

Denna studie delades utifrån det uppsatta syftet in i två delar, avvattning av slam och avsättning för det avvattnade slammet. De tillgängliga alternativen har undersökts genom kontakt med företag och kommuner som saluför eller tillämpar de undersökta alternativen. Utöver detta har en del egna analyser genomförts på slam som avvattnas i torkbäddarna.

### 4.1. ENKÄTUNDERSÖKNING OM AVVATTNING

Den första delen av studien bestod i att utvärdera olika tekniska alternativ för slamavvattning och jämföra dessa med ett nollalternativ som består i att låta avvattningen fungera som i dag. De olika alternativ för avvattning som studerats i undersökningen valdes utifrån ett studiebesök på VA-mässan 2009 i Stockholm och genom sökning på Internet under september och oktober 2009. Totalt hittades tio olika företag som levererar lösningar för slamavvattning. Till dessa företag skickades som en första kontakt ett e-postmeddelande med ett bifogat frågeformulär kring vilken avvattningsutrustning de skulle föreslå för det aktuella reningsverket. Detta frågeformulär finns bifogat som bilaga F. Totalt samlades sex olika svar in. Svaren från enkäten sammanställdes på ett likartat sätt för alla alternativ så att de kunde jämföras. De frågor som ställdes i enkäten och som ligger till grund för parametrarna i jämförelsen av de olika avvattningsalternativen kan i huvudsak hänföras till ekonomi och miljö. De undersökta parametrarna listas i tabell 4.

**Tabell 4.** Sammanställning över de parametrar som beaktades i undersökningen av avvattningsutrustning samt indelning av dessa i två huvudkategorier.

<b>Parameter</b>	<b>Kategori</b>
<b>Investeringskostnad</b>	Ekonomi
<b>Driftkostnader</b>	Ekonomi
<b>Servicekostnad</b>	Ekonomi
<b>Yta</b>	Ekonomi
<b>Dimensionering</b>	Ekonomi
<b>Tillsynsbehov</b>	Ekonomi
<b>Lämplighet för kontinuerlig drift</b>	Ekonomi
<b>TS-halt</b>	Ekonomi, Miljö
<b>Livslängd</b>	Ekonomi, Miljö
<b>Rejektvattnets kvalitet</b>	Miljö
<b>Vattenförbrukning</b>	Miljö
<b>Risk för luktproblem</b>	Miljö
<b>Effektbehov</b>	Miljö, Ekonomi
<b>Polymerförbrukning</b>	Miljö, Ekonomi

Effektbehovet per år beräknades enligt ekvation 1 utifrån uppgifter om effektbehov per kg TS och utrustningarnas dimensionering.

$$E = E_{ff} \cdot t \cdot M_{slam} \quad (1)$$

Där:

E = årligt effektbehov [Wh]

$E_{ff}$  = effektbehovet per kg TS [W/kg TS]

$M_{slam}$  = årliga totala massan slam [kg TS]

t = antal drifttimmar, beräknad enligt  $\frac{M_{slam}}{Dim}$  [h]

Där Dim = utrustningens dimensionering [kg TS/h]

Driftkostnaden beräknades enligt ekvation 2 för de fall där olika maskiner används för avvattning.

$$D = E_{\text{år}} \cdot P_{\text{el}} + K_{\text{år}} \cdot P_K \quad (2)$$

Där:

D = driftkostnad

$E_{\text{år}}$  = Effektbehov per år [kWh/år]

$P_{\text{el}}$  = Elpriset [kr/kWh]

$K_{\text{år}}$  = Kemikalieförbrukningen (polymer) per år [kg/år]

$P_K$  = Priset på de kemikalier som används [kr/kg]

Elkostnaden som använts i beräkningarna är 1 SEK/kWh och polymerkostnaden som använts är 31 SEK/kg, vilket är kostnader som idag är rimliga för driften av anläggningarna inom Gävle Vatten AB (Simonsson pers. medd., 2009, Eklund pers. medd., 2009). För de flesta av de föreslagna avvattningsalternativen krävs spolvatten. Oftast används färskvatten till detta. Detta levereras idag från vattenverket i Hedesunda till reningsverket. Kostnaden för produktion av färskvatten vid vattenverket består framför allt av elkostnader, eftersom inga kemikalier används. Elförbrukningen vid vattenverket i Hedesunda är cirka 0,5 kWh/m<sup>3</sup>, vilket med de antaganden som gjorts i denna studie resulterar i en produktionskostnad på 50 öre/m<sup>3</sup> (Faber, pers. medd., 2010). I dagsläget debiteras denna kostnad inte reningsverken utan redovisas i en annan del av verksamheten. För de två alternativ som kräver mest spolvatten föreslås att utgående avloppsvatten används som spolvatten, vilket minskar behovet av färskvatten. Den besparing som görs genom att undvika att använda färskvatten kan då skattas med hjälp av produktionskostnaden.

Det är rimligt att anta att det finns ytterligare kostnader för driften än de som tagits upp här men dessa är svåra att skatta och antas vara marginella. Vissa kostnader bör också vara mycket lika för de olika alternativen, vilket gör att dessa inte skulle ändra resultatet av jämförelsen. De framräknade driftkostnaderna bör inte ses som den fullständiga driftkostnaden, då energibehov för pumpning till och från utrustningen, kostnad för personal med mera inte räknats med i denna.

#### 4.1.1. Metoder för jämförelse av avvattningsalternativ

Alternativen för avvattning av slam jämfördes på tre olika sätt. En första jämförelse skedde genom att sammanställa de undersökta parametrarna i en tabell. Denna tabell gav en överblick över de undersökta alternativen men ingen möjlighet att på ett kvantitativt sätt avgöra vilket alternativ som var bäst lämpat för Hedesunda reningsverk. Ett sätt att istället rangordna alternativen är den så kallade annuitetsmetoden. Med denna metod kan engångskostnader räknas om till årliga avbetalningar med hjälp av en antagen kalkylränta. Kalkylräntan är tänkt att täcka in den effekt som räntor och inflation har på kostnaden. Genom att överföra engångskostnader till årliga kostnader kan engångskostnader och årliga kostnader adderas. I denna studie användes annuitetsmetoden för att jämföra investerings-, drift- och servicekostnaden. Metoden presenteras närmare i boken ”investeringsbedömning – en introduktion” av Ljung och Högberg (1996). Annuitetsmetoden tar endast hänsyn till ekonomiska faktorer och de faktorer som påverkar miljön värderas inte.

För att kunna ta hänsyn även till miljörelaterade parametrar användes i stället en jämförelse där de olika alternativen tilldelades olika betyg. Varje parameter som jämförts delades in i tre olika betygs-kategorier som gav betyget ett, två eller tre. Varje parameter tilldelades också en

viktningfaktor. I denna undersökning tilldelades de parametrar som i tabell 4 bedömdes höra till kategorin ekonomi vikten 0,7. De parametrar som bedömdes höra till kategorin miljö tilldelades vikten 0,3. Även andra viktningfaktorer testades men detta hade liten effekt på resultatet. Betyget multiplicerades med viktningfaktorn och summerades. Sammantaget resulterade denna jämförelse i att varje avvattningsalternativ tilldelades ett betyg. Alternativet med högst betyg ansågs bäst lämpat för reningsverket i Hedesunda. Metoden att betygsätta alternativ för att bedöma deras lämplighet används vid offentliga upphandlingar inom Gästrike Vatten AB, men metoden har modifierats för att passa denna tillämpning.

## **4.2. EGNA ANALYSER**

Många kemiska och fysikaliska parametrar analyseras regelbundet vid reningsverket i Hedesunda. Data från dessa analyser sammanställs i den miljörapport som upprättas för reningsverket varje år. Miljörapporter och analysresultat för tidigare år har funnits tillgängliga under arbetet med denna studie. Information har också inhämtats från personalen vid Gästrike Vatten AB kring hur driften av bäddarna fungerat under de år de varit i drift. I detta projekt har även egna analyser av slam i torkbäddarna och rejektivatten från bäddarna genomförts.

Slammet i bäddarna har tidigare analyserats endast då bäddarna grävs ur, det vill säga en gång per år. För att få en större förståelse för bäddarnas funktion gjordes i denna studie analyser av slam från olika lager i bädden. Tanken med dessa prover var att undersöka vissa av de processer som sker i torkbädden under tiden slammet lagras. Proverna togs ut med hjälp av ett rör som fördes ned i bädden på två olika ställen. En kärna av slam följde med röret upp. De översta fem centimetrarna av slam ingick inte i analysen då dessa var frusna och fick avlägsnas med spade för att möjliggöra provtagning. Varje kärna av slam delades upp i tio centimeter långa bitar som var för sig blandades om och analyserades med avseende på torrsubstanshalt och glödförlust. Utöver detta analyserades även ett prov på rejektivatten från bäddarna för att bedöma hur stor påverkan detta har på den biologiska reningsprocessen i reningsverket. De parametrar som analyserades i rejektivattnet var suspenderad substans, kemisk syreförbrukning, totalt organiskt kol och totalfosfor. Nedan följer en närmare presentation av de analyser som genomförts både på slam och på rejektivatten.

### **4.2.1. Torrsubstans**

Torrsubstans (TS) är ett mått på ett provs totala innehåll av olika föroreningar, så väl fasta som lösta. TS-halt anges oftast i procent. Analysen går till så att ett prov av känd vikt får indunsta under ungefär ett dygn vid 105 °C. Efter detta vägs provet och TS-halten bestäms som den procentuella andelen av vikten som återstår efter torkning. I TS-halten ingår både oorganiska och organiska föreningar samt lösta salter (Svenskt Vatten, 2007a). TS-halten har i denna undersökning bestämts för prover från olika djup i torkbäddarna i Hedesunda. På detta sätt har en TS-profil ur bädden kunnat beskrivas.

### **4.2.2. Glödförlust**

Glödförlust förkortas ofta GF och är ett mått på innehållet av organiskt material i ett prov. Analysen har i detta fall utförts på de torkade proverna från TS-analysen. Ett alternativ är att först filtrera ett vattenprov och sedan bestämma glödförlusten på filterkakan. Vid analysen glödgas provet vid 550 °C. Det organiska materialet avgår då och kvar blir endast det oorganiska materialet. Vikten före och efter glödning noteras och ändringen i procent anger provets glödförlust. I denna undersökning har GF-analyser utförts på slamprover från olika djup i slamtorkbäddarna och en GF-profil över djupet har skapats.

#### **4.2.3. Suspenderad substans**

Suspenderad substans (SS) är ett mått på provets innehåll av suspenderade partiklar. SS-halt anges som mg/l eller g/m<sup>3</sup>. SS-halten bestäms genom att filtrera en känd volym av provet genom ett filter med 0,45 µm porstorlek och väga filterkakan efter torkning (Svenskt Vatten, 2007a). I denna undersökning har SS-halten i rejektvatten från torkbäddarna analyserats.

#### **4.2.4. Kemisk syreförbrukning**

Kemisk syreförbrukning betecknas oftast COD (Chemical Oxygen Demand) och är ett mått på provets innehåll av syretärande ämnen. COD bestäms genom tillsats av ett kraftigt oxidationsmedel, i detta fall kaliumdikromat (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>), till en känd mängd vattenprov. Provet får sedan koka under två timmar. Efter detta mäts den kvarvarande mängden oxidationsmedel. Analysen skedde i denna undersökning på rejektvatten med hjälp av färdiga ampuller från företaget Hach-Lange. Ett alternativ till att mäta den kemiska syreförbrukningen är att mäta biologisk syreförbrukning (BOD). Den biologiska syreförbrukningen ger ett mer direkt mått på den extra belastning rejektvattnet innebär på reningsverkets biologiska reningsprocess. Nackdelen med BOD-analyser är att den tar upp till en vecka att genomföra, och COD-analysen är således avsevärt snabbare. Den kemiska syreförbrukningen är alltid större än den biologiska (Svenskt Vatten, 2007a).

#### **4.2.5. Totalt organiskt kol**

Totalt organiskt kol betecknas ofta TOC (Total Organic Carbon). TOC analyserades i denna undersökning med hjälp av färdiga ampuller från företaget Hach Lange. Provet överförs till en kyvett med en färdig reagenslösning. Denna skakas under fem minuter för att avdriva det oorganiska kolet som koldioxid. Efter detta monteras en indikatorampull på kyvetten och provet värms i ungefär två timmar. Därefter sker avläsning av TOC i spektrofotometer. I denna undersökning analyserades TOC i rejektvatten från torkbäddarna.

#### **4.2.6. Totalfosfor**

Fosfor förekommer naturligt i olika former, bland annat som de olika salterna av fosforsyra och som organiskt bunden fosfor (Svenskt Vatten, 2007b). De olika fraktionerna kan till viss del analyseras separat, men i denna undersökning har endast analys av totalfosfor skett. Denna analys gjordes på rejektvatten från bäddarna, och inleddes med att prover spädades till en lämplig koncentration. Detta avgjordes genom att testa flera olika spädningar. Till provet tillsattes askorbinsyra som reduktionsmedel. Därefter tillsattes en molybdatlösning som färgar proverna blå i olika grad beroende på halten fosfor. Proverna analyserades i spektrofotometer.

### **4.3. UNDERSÖKNING AV AVSÄTTNINGSSALTERNATIV**

Den andra delen av undersökningen har behandlat avsättning för det avvattnade slammet och möjligheten att certifiera slam enligt REVAQ. Även i denna del genomfördes en enkätundersökning där erfarenhet från andra kommuner och driftbolags certifieringsarbete studerats. Sammanlagt har elva svar samlats in från organisationer som är både större och mindre än Gävle kommun och Gästrike Vatten AB. Frågor ställdes till samtliga certifikatsinnehavare och svar erhöles från mer än 75 % av dessa. Vissa driftbolag innehar flera certifikat. Parallellt med detta har även litteratur kring certifieringssystemet REVAQ och de lagar och certifieringsregler som i dagläget gäller för avloppsslam studerats. Som alternativ till certifiering har alternativet att kompostera slammet och tillverka anläggningsjord undersökts närmare. Detta är den metod som används vid reningsverket i Hedesunda i nuläget. Detta alternativ undersöktes genom att frågor ställdes till två företag som idag komposterar slam från olika anläggningar i Gävle kommun. Flera andra anläggningar som också komposterar avvattnat avloppsslam finns i regionen men dessa har inte kontaktats i denna studie.



## 5. RESULTAT

Resultatet av denna studie har delats upp i alternativ för avvattning av slammet och alternativ för avsättning av det avvattnade slammet. Elva olika alternativ för avvattning har studerats närmare och jämförts med varandra. Tre olika metoder för att jämföra alternativen har testats. För avsättning av slammet har endast två alternativ studerats närmare. För avsättning av slam har jämförelsen bestått i en diskussion kring för- och nackdelar med de olika alternativen samt en jämförelse av kostnaden.

### 5.1. MÖJLIGA AVVATTNINGSMETODER

Den enkätundersökning som genomfördes kring avvattningsalternativ resulterade i sex svar. Dessa svar täcker in ett brett spektrum av metoder. Utöver dessa undersöktes även ett nollalternativ och alternativet att restaurera de befintliga bäddarna. De studerade alternativen var:

- Nollalternativ
- Renovering av dagens torkbäddar
- Anläggning av vassbäddar
- Slampress med luftbälg
- Dekantercentrifug
- Skruvpress
- Två olika typer av silbandpressar

Det finns en del kostnader som är likartade för de olika alternativen. För de maskinella utrustningarna gäller att det kommer att krävas någon form av hus eller utbyggnad av de befintliga byggnaderna. Bedömningen från personalen inom Gästrike Vatten är att inget lämpligt utrymme för avvattningsutrustning finns i de befintliga lokalerna. Det utrymme där maskinell utrustning placeras bör vara isolerat och eventuellt uppvärmt för att utrustningen inte ska riskera att frysa. Det bör även finnas spolvatten och en golvbrunn. Utrymmet bör ha en relativt stor fri takhöjd med balk och lyftanordning för att lyfta maskindelar vid service och montering. Det krävs även en uppställningsplats för en container för uppsamling av det avvattnade slammet. Slammets innehåll av fällningskemikalier har en tendens att skada metallen i containrar och för att lagringen ska bli hållbar är det önskvärt med en rostfri container. I dagsläget finns två oanvända containrar av denna typ som ägs av Gävle Vatten AB. Dessa har en volym om 10 m<sup>3</sup> vardera. Dessa containrar är inte övertäckta, men en enklare övertäckning skulle förmodligen gå att konstruera utan alltför stora kostnader. Huruvida containern behöver stå inomhus eller ej kan behöva utredas ytterligare. Kostnaden för att bygga ett nytt utrymme till avvattningsutrustningen beror på flera faktorer, till exempel var det placeras och hur markförhållandena på platsen är. En uppskattning gjord av Pettersson (pers. medd., 2009) är att kostnaden skulle kunna hamna på 150 000 SEK för en enklare konstruktion utan pålning. Det kan behöva pålas för att öka stabiliteten om marken är alltför sank. Kostnaden för bygge av utrymme till mekaniska avvattningsutrustningar har adderats till de kostnader som redovisas i detta kapitel.

#### 5.1.1. Nollalternativ

För att kunna göra en relevant jämförelse med tänkbara nya alternativ studerades det nuvarande alternativet utifrån de aktuella parametrarna. Detta gjordes för att enklare kunna se hur stor skillnad de nya alternativen innebär. I denna studie har utgångspunkten varit att den

nuvarande hanteringen av slam vid reningsverket är ohållbar i längden. Nollalternativet utgör således endast referenspunkt och inte ett verkligt alternativ för framtiden.

Att fortsätta driva reningsverket på samma sätt som tidigare skulle inte leda till några investeringskostnader, däremot finns en driftkostnad för slamhanteringen. Denna härrör framför allt från transport av icke avvattat slam för avvattning i Gävle och från utgrävning och omhändertagande av det avvattade slammet i torkbäddarna. Totalt producerar reningsverket i Hedesunda 30-35 ton TS per år. Det slam som avvattas i bäddarna motsvarar i genomsnitt 20-25 ton TS. I dagsläget pumpas slam till torkbäddarna under 7-8 månader per år, resten av tiden transporteras slammet i form av våtslam till Duvbackens reningsverk. Flödet av våtslam från förtjockaren är i medeltal 125 l/h med en TS-halt på ungefär 3 % eller cirka 4 kg TS/h. Det är troligt att detta flöde kommer se likadant ut i framtiden och det är därför detta flöde som används för dimensionering av framtida avvattningsutrustning. Transporterna av våtslam innebär i dagsläget en transportsträcka på cirka 40 kilometer enkel väg. Transporten sker med slamsugbil med tillhörande släp och varje transport medför 23 ton våtslam med en TS-halt på 0,5-3 % (Simonsson pers. medd., 2009). Tömning sker under den tid då torkbäddarna är obrukbara tre gånger per tvåveckorsperiod. Transportkostnaden under 2009 för 23 ton icke avvattat slam var 2500 SEK exklusive moms (SITA Sverige AB, 2009a). Den mängd slam som transporterats från reningsverket i Hedesunda till Duvbackens reningsverk redovisas i tabell 5.

**Tabell 5.** Transporter av slam från Hedesunda till Duvbacken (Gävle Vatten AB, 2004-2009b).

År	Transp. Slam (m <sup>3</sup> )	Transp. Slam (ton TS)	Antal transp. (-)	Kostnad (SEK/år)
2004	200	6	9	22 500
2005	478	14	21	52 500
2006	387	8	17	42 500
2007	722	14,4	32	80 000
2008	600	12	26	65 000
2009	400	8	18	45 000
<b>Medel</b>	<b>464,5</b>	<b>10,4</b>	<b>20,5</b>	<b>51 250</b>

Till den kostnad som redovisas i tabell 5 tillkommer kostnaden för den energi och det arbete som går åt för hantering av slammet vid Duvbackens reningsverk. Duvbackens reningsverk behandlar årligen slam motsvarande ungefär 1400 ton TS, och tillskottet från Hedesunda utgör således endast cirka 1 % av den totala produktionen (Gävle Vatten, 2009a). Kostnaden för hantering och transport av slam från Duvbackens reningsverk var 247 kronor/ton enligt avtalet med SITA år 2009 (SITA Sverige AB, 2009b). Den årliga kostnaden är således ungefär 322 000 SEK. Om kostnaden för hanteringen av slam från Hedesunda antas utgöra 1 % av den totala kostnaden blir denna därför ungefär 3200 SEK. Tillsammans med kostnaden för transporter innebär detta i medeltal en årlig kostnad på 55 700 SEK/år. Till detta kommer även driftkostnaden för de centrifuger som används för avvattning vid Duvbacken. Denna kostnad är svår att uppskatta och kan dessutom antas vara marginell.

Transporterna av slam är inte endast en fråga om ekonomi utan även en miljöfråga. Hänsyn bör tas till de utsläpp som genereras genom dessa transporter. Institutet för jordbruks- och miljöteknik genomförde under 2008 en studie kring tömning av enskilda brunnar med slamsugbilar av olika slag (Eveborn m.fl., 2008). I denna studie redovisades bränsleförbrukning för olika slamsugbilar. Samma typ av bilar används vid tömning av

våtslam vid Hedesunda reningsverk. I den aktuella studien antogs en medelhastighet på 50 km/h vid transport på landsväg och en total volym på 24 m<sup>3</sup> vid full last (Eveborn m.fl. 2008). Utöver själva transporten tillkommer även tomgångskörning vid insugning och tömning av slammet. Den sammanlagda bränsleförbrukningen för transporter av slam från Hedesunda till Gävle har beräknas utifrån dessa data. Resultatet redovisas i tabell 6.

**Tabell 6.** Beräkning av bränsleförbrukning för transporter av slam från Hedesunda till Duvbacken. Data från Eveborn m.fl. (2008)

	<b>Bränsleförbrukning</b>	<b>Antal</b>	<b>Summa</b>
<b>Olastat ekipage</b>	0,236 l/km	40 km	9,4 l
<b>Lastat ekipage</b>	0,354 l/km	40 km	14,2 l
<b>Tomgångskörning</b>	15 l/h	1,5 h	22,5 l
<b>Summa</b>			<b>46,1 l/tömning</b>

En liter diesel ger upphov till cirka 2,6 kg koldioxid (Eveborn m.fl. 2008). Utsläppen av koldioxid per tömning blir således ungefär 120 kg.

Drift- och underhållsbehovet för slamtorkbäddarna består idag av tillsyn cirka en gång i veckan av driftpersonal. De delar som eventuellt kan haverera är pumpen som pumpar ut slam till bäddarna och pumpen som pumpar tillbaka rejektvattnet till reningsverket. Denna utrustning har hittills uppvisat stor driftsäkerhet (Simonsson pers. medd., 2009). Detta innebär att servicekostnaden för bäddarna är små. En uppskattning har gjorts att mindre än 5 000 SEK/år används till service av torkbäddarna. Utöver ordinarie besök för tillsyn krävs större insatser en gång per år då en av bäddarna töms. För själva utgrävningen anlitas en extern grävmaskinist, men personal från Gävle Vatten närvarar för provtagning av det urgrävda slammet (Eklund pers. medd., 2009). Utpumpning till bäddarna styrs av nivån i den gravimetriska förtjockaren. Inga manuella starter eller stopp krävs. Detta minskar tillsynsbehovet och säkerställer att nivån i förtjockaren hela tiden är den rätta.

De nuvarande bäddarna har ytorna 230 respektive 320 m<sup>2</sup> och den åliga slamproduktionen är 30-35 ton TS. Endast cirka 20-25 ton av detta avvattnas idag i torkbäddarna. Då endast en bädd åt gången belastas med slam innebär detta att den nuvarande belastningen är mellan 90 och 130 kg TS/m<sup>2</sup> och är beräknat på den totala slamproduktionen och beroende på vilken bädd som används. Om belastningen endast beräknas på det slam som faktiskt läggs på bäddarna blir den istället 70-100 kg TS/m<sup>2</sup>. Ytbehovet för slamtorkbäddarna är ändå i sammanhanget att betrakta som noll, då ingen ny yta behöver tas i anspråk. Den yta där torkbäddarna idag finns skulle vara svår att utnyttja till någonting annat än slamlagring eller annan avloppsrelaterad verksamhet med tanke på närheten till reningsverket. Någon ytterligare kostnad kan således inte väntas för denna.

Då bäddarna grävts ur de senaste åren har TS-halten legat mellan 11,2 och 22,5 % (medelvärde 15,3 %) (Gävle Vatten AB, 2002-2009b). Det finns en risk att det högsta värdet härrör från ett prov som kontaminerats med sten och grus (Eklund, pers. medd., 2009). Om denna punkt utesluts blir medelvärdet istället 14,1 %. TS-halten har varierat under de år torkbäddarna varit i drift och den senaste analysen visar på något högre halter. Detta kan eventuellt bero på de förändringar som gjordes under 2007 då fiberduk i botten av bädden togs bort och slammet började behandlas med polymer.

Då det gäller slamtorkbäddarnas livslängd är det av intresse att dessa redan varit i drift i ungefär tio års tid. Det är rimligt att anta att ju äldre bäddarna blir desto mer igensatta blir

dräneringslagren i botten. Det borde även finnas risk för att dräneringsrören sätts igen med tiden. Då sådana problem uppstår borde det vara relativt enkelt och billigt att åtgärda problemen genom att till exempel byta ut dräneringslagret eller spola dräneringsrören vid tömning av bädden. På så sätt förlängs bäddarnas livslängd. En total livslängd på 15-20 år, det vill säga ytterligare 5-10 år, borde inte vara omöjlig att uppnå.

När det gäller kvaliteten på rejektvattnet har analyser inte genomförts regelbundet. I samband med detta arbete analyserades prover från den bädd som just nu belastas med färskt slam. Dessa visade en mycket låg halt av suspenderad substans på cirka 60 mg/l. Rejektvattnet analyserades också med avseende på TOC, COD och totalfosfor. Det är relevant att jämföra dessa värden med värden för inkommande vatten till Hedesunda reningsverk för att se hur stor belastning rejektvattnet innebär. Rejektvattnet leds tillbaka in i processen efter grovrensningen (figur B3, bilaga C) och blandas där med inkommande vatten. Medelvärden på inkommande vatten från månadsprover under 2009 redovisas därför parallellt med analysresultaten på rejektvatten i tabell 7. Medelvärdena är hämtade från bilaga 4 till Miljörapport 2009 (Gävle Vatten, 2009b).

**Tabell 7.** Analysresultat för SS, TOC, COD och totalfosfor på rejektvatten från slamtorkbäddar och inkommande vatten till reningsverket (Gävle Vatten, 2009b).

<b>Parameter</b>	<b>Rejektvatten</b>	<b>Inkommande vatten 2009</b>
<b>SS (mg/l)</b>	60	-
<b>TOC (mg/l)</b>	450	40
<b>COD (mg/l)</b>	1400	204
<b>Totalfosfor (mg/l)</b>	0,23	2,6

Den mängd rejektvatten som lämnar bäddarna i dagsläget mäts inte. Detta gör att endast halter och inte mängder jämförs. En mätning av mängden rejektvatten skulle kunna vara intressant i en framtida upprustning av bäddarna eftersom den kan användas som en indikator på bäddarnas funktion.

Någon tillsats av polymer sker inte specifikt för avvattningen i slamtorkbäddarna, däremot tillsätts polymer till den gravimetriska förtjockaren sedan år 2007. Detta leder till att slammet innehåller polymer då det pumpas ut till bädden. För flera av de föreslagna alternativen för framtida avvattning antas den gravimetriska förtjockaren finnas kvar med bibehållen polymerdos. Den mängd polymer som idag används är ungefär 80 kg per år (Gävle Vatten, 2008). Då polymertillsatsen inte sker med syftet att avvattna slammet redovisas inte någon mängd polymer i sammanställningen av driftparametrar. Något spolvatten används inte regelbundet för driften av bäddarna. Däremot förekommer backspolning av pumpar och ledningar vid eventuella stopp.

Så som slamhanteringen sköts idag uppstår sällan obehaglig lukt från bäddarna. Bäddarna är placerade i utkanten av reningsverkets område och vid eventuella luktproblem garanterar avståndet en viss reduktion av lukten till det område där personalen normalt befinner sig. Inga boende finns i direkt anslutning till verket. Under den kallare delen av året är lukten från bäddarna mycket liten.

En sammanfattning över de undersökta parametrarna redovisas i tabell 8.

**Tabell 8.** Data för den befintliga slamavvattningen vid Hedesunda reningsverk (nollalternativ), för jämförelse med framtida alternativ (Simonsson pers. medd., 2009, Eklund pers. medd., 2009)

<b>Parameter</b>	
<b>Investeringskostnad (SEK)</b>	0
<b>Driftkostnad (SEK/år)</b>	55 700
<b>Servicekostnad (SEK/år)</b>	<5 000
<b>Yta (m<sup>2</sup>)</b>	0
<b>Dimensionering (kg TS/m<sup>2</sup> år)</b>	70-100
<b>Tillsyn (besök/v)</b>	1
<b>TS (%)</b>	12-25
<b>Livslängd (år)</b>	5-10
<b>SS rejekt (mg/l)</b>	<100
<b>Vattenförbrukning (l/d)</b>	~0
<b>Effekt (W/kg TS)</b>	-
<b>Polymer (g/kg TS)</b>	0

### 5.1.2. Restaurering av befintliga bäddar

Ett tänkbart alternativ till att investera i en helt ny typ av slamavvattning är att rusta upp de befintliga bäddarna. Slamtorkebäddar används på flera ställen i Sverige och de problem som finns vid bäddarna i Hedesunda förekommer inte vid alla slamtorkebäddar. Under denna rubrik presenteras tre olika förslag till upprustning av de befintliga torkebäddarna.

Det första förslaget på förbättringsåtgärder som lagts fram av personal inom Gästrike Vatten härrör från att belastningen på bäddarna skulle vara för stor. Detta skulle kunna lösas genom att anlägga ytterligare en bädd, alternativt att utvidga de bäddar som redan finns. Den nuvarande belastningen är mellan 90 och 130 kg TS/m<sup>2</sup> och år om allt slam som produceras avvattnas i bäddarna. Tidigare studier visar att torkebäddar bör dimensioneras för 50 till 125 kg TS/m<sup>2</sup> och år (Hellström & Kvarnström, 1997). Detta antyder att bäddarna i Hedesunda inte är helt feldimensionerade, särskilt inte med tanke på att en del av slammet idag inte läggs på bäddarna. Om detta alternativ väljs trots allt skulle en dimensionering på 50 kg TS/m<sup>2</sup> kunna vara ett lämpligt mål att sikta på. Detta skulle innebära att ytterligare cirka 110 m<sup>2</sup> skulle behöva anläggas. Anläggningskostnaden år 1999 för de befintliga bäddarna var 580 000 SEK (GN Anläggningar AB, 1999). Omräknat till dagens penningvärde blir detta cirka 670 000 SEK (SCB 2010). Den nya bädden skulle inte behöva vara lika stor som de två befintliga bäddarna men stora delar av kostnaden för anläggningsarbetet är oberoende av ytan.

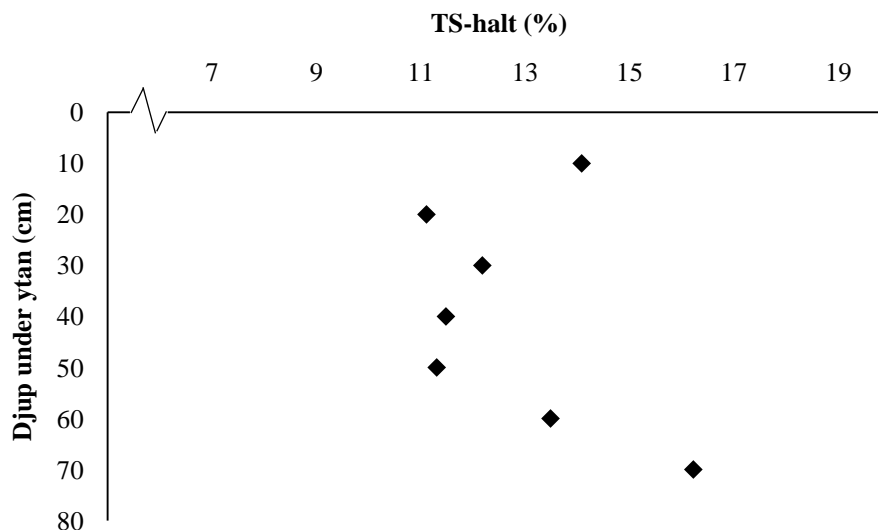
Då de befintliga torkebäddarna anlades i Hedesunda 1999 köptes en del av Korsnäs mark som angränsade till den mark som då ägdes av Gävle kommun. Markområdet var på 0,25 hektar och kostade då kommunen 35 000 SEK (Lantmäterimyndigheten, 1999). Omräknat i dagens penningvärde blir detta cirka 40 000 SEK (SCB, 2010). Vid utbyggnad av ytterligare en bädd skulle detta troligtvis kunna göras på en area lika stor eller mindre än den som förvärvades 1999 och kostnaden bedöms därför bli i samma storleksordning. Den totala investeringskostnaden för anläggning av ytterligare en bädd bör vara av storleksordningen 500 000 SEK.

Om ytterligare en bädd anläggs kommer allt slam troligtvis kunna hanteras i torkebäddarna och inget våtslam kommer att behöva transporteras till Duvbackens reningsverk. Detta reducerar

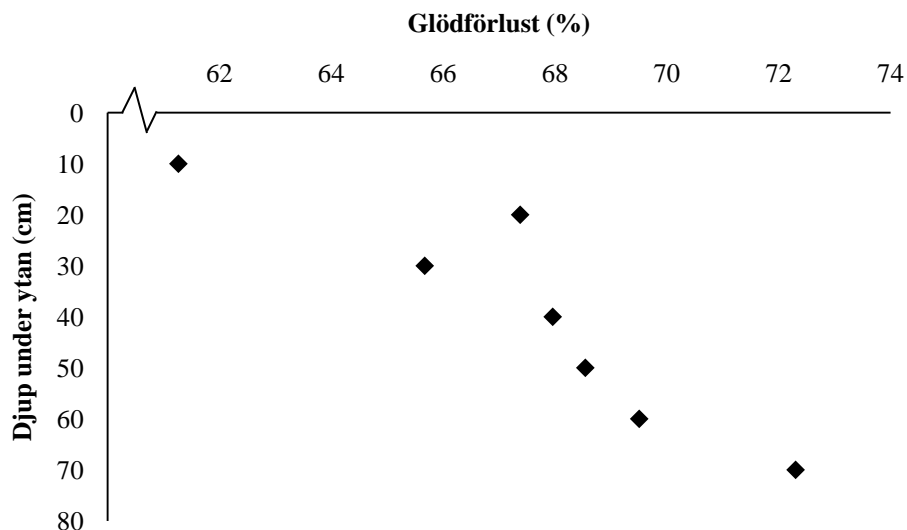
kostnaden för avvattningen och denna bör bli mycket låg ifall bäddarna fungerar tillfredställande. För fungerande torkbäddar antas driftkostnaden i denna studie vara av storleksordningen 1000 SEK/år. I denna kostnad ingår inte den polymer som används i förtjockaren eftersom denna tillsats förväntas bli kvar för de flesta andra avvattningsutrustningar också. Servicekostnaden bör bli av samma storleksordning som kostnaden för dagens bäddar, eftersom samma typ av utrustning används. Livslängden för en eventuell ny bädd blir uppskattningsvis 20 till 25 år. Att bygga en ny bädd innebär dock att livslängden för de gamla bäddarna inte förlängs.

Ett annat förslag är att byta ut dräneringslagret i botten på bäddarna. I samband med detta skulle även dräneringsrörens funktion kunna undersökas. En sådan restaurering skulle även kunna förlänga bäddarnas livslängd och eventuellt öka avvattningskapaciteten. En teori som lagts fram är att tillsatsen av polymer till slammet förändrar slammets egenskaper så att risken för igensättning av dräneringslagren ökar. Detta skulle kunna diskuteras med andra kommuner som också avvattnar slam i torkbäddar för att se om detta problem förekommer på andra ställen också. Kostnaden för att byta ut materialet i botten av bäddarna beror på hur statusen på bottarna är idag. En fullständig renovering skulle kunna bestå i att tätskikt, dräneringsrör och dräneringsmaterial byts ut. Kostnaden för detta bör vara lägre än kostnaden för att anlägga helt nya bäddar. Uppskattningsvis bör inte kostnaden bli större än 200 000 SEK baserat på uppgifter från Fries (1998). Förutsatt att denna lösning ökar avvattningsgraden bör allt slam kunna avvattnas i torkbäddarna och driftkostnaden blir således låg.

En viss insikt i torkbäddarnas och dräneringens funktion kan fås genom att studera hur TS-halten och glödförlusten varierar med djupet (figur 5 och figur 6). Två stycken slamprover insamlades från olika platser i bädden. Dessa skiljde sig något åt i djup, vilket lett till att det för den lägsta nivån (70 till 80 cm djup) endast finns en mätning. Till figur 5 och figur 6 har medelvärdet av de två profilerna på varje nivå beräknats och det är detta som redovisas.



**Figur 5.** Torrsubstanshaltens variation med djupet i slamtorkbäddarna i Hedesunda.



**Figur 6.** Glödförlustens variation med djupet i slamtorkbäddarna i Hedesunda.

Det kan utifrån dessa grafer konstateras att TS-halten tycks vara högst i botten och ytan av bädden, medan slammet är blötare i mitten. Glödförlusten tycks vara störst i botten av bädden för att avta mot ytan. Nedbrytningsaktiviteten är därmed troligtvis lägst i botten av bädden.

Det sista förslaget på förbättringsåtgärder som diskuterats är att cykeln för fyllning, vila och tömning är felplanerad. Eventuellt skulle avvattningen i bäddarna fungera bättre om fyllningen påbörjades på hösten då temperaturen sjunker under noll grader, istället för som nu, då fyllning påbörjas på våren. På detta sätt skulle slammet som lagts ut hinna frysa innan ett nytt lager slam förs på ovanpå det gamla. Tidigare försök har gjorts kring effekten av att frysa slam i torkbäddar. Ett fullskaleförsök genomfördes i Lövånger, Skellefteå under 1993 till 1995 (Hellström & Kvarnström, 1997). En anläggning liknande torkbäddarna i Hedesunda användes då för avvattning av slam. Ytan belastades endast under de månader av året då temperaturer under noll grader normalt förväntades. Slutsatserna av försöken var att avvattningen av slammet fungerade bättre då frysning förekom (Hellström & Kvarnström, 1997). Inverkan av temperaturen i den aktuella studien har beräknats som antalet negativa graddagar, det vill säga summan av alla dygnsmedeltemperaturer som understiger 0°C. Under en av vintrarna som försöken pågick var temperaturerna ovanligt höga för området och endast 400 negativa graddagar uppmättes. Det konstaterades då att avvattningen fungerade sämre, men att den fortfarande var tillfredställande (Hellström & Kvarnström, 1997). Några temperaturmätningar för Hedesunda har inte gjorts, däremot finns SMHI:s klimatdata för 52 olika platser i Sverige allmänt tillgängliga via Internet (SMHI, 2009). Den närmaste mätpunkten finns i Films kyrkby, cirka 50 km sydost om Hedesunda. Dessa data visar att medelvärdet för de senaste tio åren vid mätstationen var endast cirka 350 negativa graddagar per år.

Att skifta tömningstid för bäddarna skulle initialt innebära att mycket våtslam behöver transporteras till Duvbackens reningsverk. Bäddarna skulle kunna börja fyllas i oktober eller november. Detta innebär att från och med det att bäddarna är fulla i början av året till hösten skulle våtslam behöva transporteras till Duvbacken. Detta innebär transporter under 6 till 7 månader. Med de priser som använts i avsnitt 5.1.1 innebär detta en kostnad på cirka 100 000 under det första året. Om denna lösning innebär att avvattningen fungerar bättre än i dagsläget skulle färre transporter behövas av våtslam i framtiden, vilket gör att driftkostnaden blir låg. Livslängden för bäddarna förlängs troligtvis inte i och med detta alternativ.

De tre alternativen för upprustning utesluter inte varandra och det är möjligt att genomföra dem alla tre. Den totala kostnaden för alternativ ett och två borde då kunna minskas något samtidigt som en förskjutning av tömningsperioden kommer naturligt av uppehållet under själva restaureringen. I tabell 9 redovisas en sammanställning över tekniska data för de tre alternativen till restaurering av de befintliga bäddarna.

**Tabell 9.** Tekniska data för alternativet att restaurera de befintliga bäddarna vid Hedesunda reningsverk.

Parameter	Anlägga ny bädd	Restaurera dränering	Skifta tömningsperiod
Investeringskostnad (SEK)	500 000	200 000	100 000
Driftkostnad (SEK/år)	~1000	~1000	~1000
Servicekostnad (SEK/år)	<5000	<5000	<5 000
Yta (m <sup>2</sup> )	250	0	0
Dimensionering (kg TS/m <sup>2</sup> år)	50	90-130	90-130
Tillsyn (besök/vecka)	1	1	1
TS (%)	15-20	15-20	15-20
Livslängd (år)	10-25	20-25	10-15
SS rejeket (mg/l)	<100	<100	<100
Vattenförbrukning (l/d)	~0	~0	~0
Effekt (W/kg TS)	-	-	-
Polymer (g/kg TS)	0	0	0

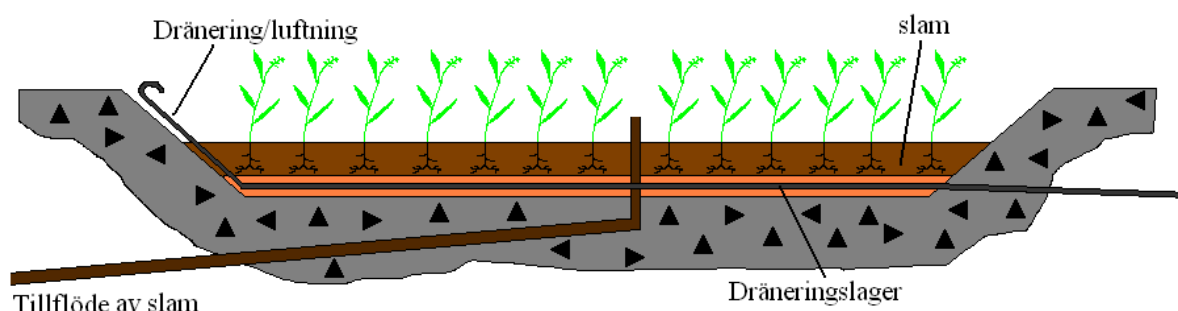
### 5.1.3. Vassbäddar

Behandling i vassbäddar innebär att slammet pumpas ut på bäddar liknande de befintliga torkbäddarna, men att dessa planteras med bladvass (*Phragmites Australis*). Vassen fyller flera funktioner i bädden, dels är transpirationen stor från bladen under de varmare årstiderna, dels bidrar vassens rotsystem till att luckra upp slammet och underlättar syretransport. Företaget Vegtech har levererat vassplantor till flera av de svenska vassbäddarna och har god kontakt med experter inom området. Enkäten som ligger till grund för denna studie är besvarad av Mats Runesson, tidigare anställd av Vegtech och expert på vassbäddar. Dessutom har ett studiebesök vid Storviks reningsverk i Sandviken genomförts där åtta stycken vassbäddar med en total area på cirka 800 m<sup>2</sup> använts för avvattning av slam under sommarhalvåret sedan 1999 (Delin pers. medd., 2009). Storvik är beläget cirka 3,5 mil nordväst om Hedesunda. Storviks reningsverk är dimensionerat för 3000 p.e. och idag är cirka 2200 p.e. anslutna (Sandviken Energi AB, 2009). Reningsverket är således något större än det i Hedesunda.

De första vassbäddarna började byggas i Danmark under 80-talet och de första svenska bäddarna byggdes under 1997 (Runesson, 2003). Vassbäddar belastas normalt under en period om cirka 10 år innan slammet töms ur bädden. Den sista växtsäsongen innan tömning bör bädden inte belastas med nytt slam. Vid utgrävningen bör slamdjupet vara ungefär en meter. De översta 80 centimetrarna grävs ur medan de undre 20 sparas. Det undre skiktet innehåller vassrötter som skjuter nya skott. Tanken är att bädden inte ska behöva planteras om efter tömning. Då metoden med vassbäddar är relativt ny är det inte utrett hur många gånger bäddar kan grävas ur på detta sätt men det är troligt att åtminstone tre cykler är möjligt, det vill säga en drifttid på ungefär 30 år (Runesson, 2003).



En fördel med vassbäddar och torkbäddar är att de förutom avvattning av slammet även leder till att slammet stabiliseras och hygieniseras. I vassbäddarna kommer en större mineralisering ske på grund av den längre lagringstiden och den högre syrehalten. En nackdel med denna högre grad av nedbrytning är att de föroreningar som inte bryts ned, till exempel tungmetaller, riskerar att anrikas i bäddarna. Detta kan leda till färre avsättningsmöjligheter för slammet, men även till mindre volymer än vid annan slambehandling. En principskiss över en vassbädd visas i figur 7.



Figur 7. Principskiss över vassbädd.

Vassen som planteras i vassbäddar levereras i färdiga ”pluggar” som sätts i botten av bädden då den är tom. Plantering sker helst under vår- och försommar för att plantorna ska få en så bra start som möjligt. Man bör välja plantor med ursprung i samma växtzon som bädden är belägen i. Området kring Hedesunda reningsverk är skuggigt då omgivningarna domineras av höga tallar. Detta kan försvåra etableringen av vassbäddar, då vassen trivs bäst i soligare omgivningar (Runesson, 2003). Vassbäddarna i Storvik är troligtvis de nordligast belägna i Sverige (Runesson, 2003). Klimatet är likt det i Hedesunda bortsett från att området kring reningsverket i Storvik består av ett öppet åkerlandskap. Solinstrålningen är således större i Storvik än i Hedesunda.

Vass är en tolerant växt som klarar av ändringar i pH, salthalt och perioder av torka och översvämning. Unga plantor är känsligare än fullvuxna plantor och därför krävs noggrannare tillsyn av dessa (Runesson, 2003). Vid planteringen av vass i bäddarna i Storvik anlätades sommarvikarier som hjälpte till att hålla bäddarna fria från ogräs och kontrollera vassens tillväxt. Sommarvikarierna hade även andra arbetsuppgifter inom andra delar av verksamheten. Bäddarna planterades ursprungligen med ettåriga plantor, men dessa visade sig ha låg överlevnadsgrad och i en omplantering användes sedan tvååriga plantor (Delin pers. medd., 2009). Under den första sommaren vattnades plantorna mestadels med färskvatten och mindre tillsatser av slam för att tillföra nödvändig näring. Erfarenheten från Storvik visar att bortrensning av ogräs ur bäddarna är av stor vikt för vassens överlevnad under det första året. Då vassen väl etablerat sig krävs ingen rensning och bäddarna är självgående. Reningsverket i Storvik besöks av driftpersonal en till två gånger i veckan (Delin pers. medd., 2009). De arbetsuppgifter som utförs vid vassbäddarna då vassen väl etablerat sig liknar de som utförs vid torkbäddarna i Hedesunda.

Vassbäddarna i Storvik belastas endast under den del av året då vassen är grön, det vill säga från våren till hösten. Det slam som läggs på vassbäddarna är framför allt kemslam (Delin pers. medd., 2009). Under den del av året då vassen inte växer transporteras icke avvattnat slam till det centrala reningsverket i Sandviken. Även under de varmare årstiderna transporteras bioslam från Storvik till Sandviken för rötning. Sandviken energi, som driver

reningsverken i Storvik och Sandviken har tillgång till en egen slamsugbil som sköter dessa transporter. Att slamsugbilen finns inom företaget innebär troligtvis lägre kostnader, men framför allt mindre bekymmer med bokning av tömning, fakturor med mera (Delin pers. medd., 2009).

Om vassbäddar skulle anläggas vid Hedesunda reningsverk finns två olika alternativ för hur detta skulle kunna genomföras. Det första alternativet är att de befintliga torkbäddarna konverteras och byggs ut till vassbäddar. Eventuellt kan dessa utökas med ytterligare en vassbädd för att få en större total areal. Det andra alternativet är att nya bäddar anläggs, troligtvis på den mark som idag ägs av Korsnäs. I detta fall kan de befintliga torkbäddarna användas då vassbäddarna inte räcker till.

Det förslag som presenteras av Runesson i enkäten bygger på att de befintliga torkbäddarna byggs om. Runesson (2009) uppger en dimensionering av 40 kg TS/m<sup>2</sup> och år för effektiv avvattning i vassbäddar. Med den aktuella slamproduktionen och de befintliga torkbäddarna fås en belastning på cirka 60 kg TS/m<sup>2</sup> och år. Detta skulle kunna innebära att det kommer krävas ytterligare en bädd för att avvattningen ska bli effektiv. I enkätsvaret diskuteras inte en lösning liknande den i Storvik, där bäddarna bara är ämnade att användas en del av året. Våt slam skulle i så fall transporteras med slamsugbil till Gävle under de kallare årstiderna, alternativt läggas på de gamla torkbäddarna om de bevaras. En sådan lösning skulle innebära att en mindre area behövs för vassbäddarna. Om samma proportioner används som vid dimensioneringen av bäddarna i Storvik skulle bäddarna i Hedesunda behöva vara mellan 500 och 600 m<sup>2</sup>. Bäddarna är idag 550 m<sup>2</sup>, det vill säga en lämplig storlek. Att slammet till viss del härstammar från biorotorer kan innebära att behovet av yta minskar, då detta är ett dött slam med ett mindre syrebehov än ett aktivt slam (Runesson, 2009). Som nämnts i avsnitt 5.1.2 har kostnaden för 0,25 hektar mark uppskattats till cirka 40 000 SEK. Denna area bedöms räcka till i det fallet helt nya vassbäddar ska anläggas vid Hedesunda reningsverk. Om alternativet att konvertera de befintliga bäddarna väljs kan ytterligare mark krävas för att komplettera med ytterligare en bädd. Det krävs då troligtvis mindre mark än för alternativet att anlägga helt nya bäddar.

I det fall de befintliga bäddarna skulle byggas om för vassplantering skulle själva grundstrukturen kunna utnyttjas, men botten på bäddarna skulle behöva förses med en fiberduk och ett cirka 15 cm lager sand (0,5-4 mm kornstorlek). Sanden bör ha en liten andel finmaterial och vara tvättad för att motverka risken för igensättning (Runesson, 2009). Bäddarna skulle behöva delas av i mindre sektioner för att olika delar ska kunna belastas vid olika tillfällen. Detta gäller både om helt nya bäddar anläggs och om de befintliga bäddarna byggs om och planteras med vass. Ett lämpligt antal sektioner skulle kunna vara sex stycken (Runesson, 2009). För att inte allt för stor del av bäddarna ska gå förlorad vid avdelningen bör denna ske med till exempel betongelement. I de befintliga bäddarna skulle rören för utpumpning av slam eventuellt behöva flyttas, alternativt skulle flera utloppspunkter kunna byggas för att förse alla sektioner med ett jämnt flöde av slam.

Då bäddarna i Storvik anlades 1999 gjordes beräkningar av kostnaden för anläggningsarbeten. Beräkningarna genomfördes av VBB VIAK i Falun. I en kallelse till ett projekteringsmöte daterad 1998-10-27 presenteras beräkningar över kostnaden för anläggning av vassbäddar (Fries, 1998). Dessa beräkningar återges i tabell 10.

**Tabell 10.** Beräkning av kostnaden för anläggning av vassbäddar vid Storviks reningsverk 1999 (Fries, 1998).

<b>Investeringar</b>	<b>SEK</b>
<b>Schakt mm.</b>	100 000
<b>Ledningar, dränering mm.</b>	100 000
<b>Pumpar</b>	50 000
<b>Bottnar, tätskikt</b>	400 000
<b>Körytor, stängsel, grässådd</b>	100 000
<b>Oförutsett</b>	75 000
<b>Projektering, bygglösning</b>	165 000
<b>Total</b>	<b>990 000</b>

Dessa kostnader är svåra att tillämpa direkt på Hedesunda reningsverk. Bäddarna som anlades i Storvik är större än de i Hedesunda och siffrorna är över tio år gamla, vilket i sig innebär en osäkerhet. Slutsumman på 990 000 SEK blir omräknad till dagens penningvärde ungefär 1 150 000 SEK (SCB, 2010). I Storvik är bäddarna inte avdelade med betongelement utan är anlagda som åtta separata bassänger. Detta ökar ytbehovet. Kostnaden för avdelning med betongelement har inte kunnat skattas mer specifikt. Utöver de kostnader som redovisas i tabell 10 tillkommer kostnaden för själva vassplantorna. Uppgifter från Vegtech under 2008 visar att tvååriga plantor av den typ som använts i Storvik kostade 36 kronor/planta och rekommenderad täckningsgrad är 2 plantor/m<sup>2</sup> (Petersson, 2008). Till en area av 800 m<sup>2</sup> krävs således 1600 plantor till en kostnad av 57 600 SEK. Plantering och rensning av ogräs i vassbäddarna kan till exempel skötas av sommarvikarier. Om detta ombesörjs av en person, som i genomsnitt under en sommar arbetar en dag i veckan med vassbäddarna under åtta veckors tid skulle detta kosta ungefär 10 000 SEK (Lindgren pers. medd., 2009). Beräkningen har skett under antagandet att personen har en lön på 100 SEK/timme och att personen har möjlighet att utföra andra nyttiga arbetsuppgifter inom andra delar av verksamheten under resten av tiden. Sommarvikarier har anställts tidigare inom verksamheten.

För alternativet att helt nya vassbäddar anläggs blir investeringskostnaden troligtvis mer lik de uppgifter som redovisats för Storviks reningsverk. Uppskattningsvis bör anläggningsarbetet kosta cirka 1 000 000 SEK. För alternativet att restaurera de befintliga bäddarna krävs mindre schaktarbeten och dylikt. Om bottenskiktet dessutom kan bevaras sparas en del kostnader in även där. Det är troligt att ytterligare en bädd önskas i detta fall, vilket gör att det trots allt tillkommer kostnader för nyanläggning. Uppskattningsvis blir den totala kostnaden cirka 600 000 SEK. För alternativet att bygga om de befintliga torkbäddarna till vassbäddar tillkommer kostnaden för att hantera slam under ombyggnad och uppstartsfasen. Detta bedöms ta lite mer än ett år, eftersom vassen under det första året inte bör belastas med slam (Runesson, 2003). Kostnaden för transporter av våtslam kan uppskattas till 200 000 SEK. Den totala investeringskostnaden för att bygga om bäddarna till vassbäddarna bedöms därför bli 800 000 SEK. I det fall nya bäddar anläggs kan slam som produceras under byggtiden troligtvis hanteras i de gamla torkbäddarna under tiden på samma sätt som idag. Det är då troligt att transporter av våtslam endast krävs under cirka 4 månader till en kostnad av cirka 55 700 SEK (tabell 8).

Till skillnad från dagens torkbäddar bör vassbäddarna belastas med oförtjockat slam (0,5-1 % TS). Detta för att slammet på ett bättre sätt ska kunna flyta ut över hela bäddens yta. Den gravimetriska förtjockaren skulle i ett sådant fall kunna utnyttjas som mellanlager för slam istället för till förtjockning. Det skulle då inte krävas någon tillsats av polymer. Det skulle troligtvis behöva installeras effektivare omrörning i förtjockaren för att få en jämnare

konsistens på slammet som pumpas ut (Runesson, 2009). Omrörningen skulle kunna ske med hjälp av luft, vilket även har positiva effekter på syrehalten i bäddarna. Det billigaste alternativet för omrörning är troligtvis en enklare variant där den befintliga långsamgående omröraren byggs om. Detta skulle uppskattningsvis kosta 50 000 SEK (Pettersson pers. medd., 2009). För att ytterligare förbättra möjligheterna för slammet att flyta ut jämnt över hela bäddens yta bör utpumpningen ske satsvis under några timmar med relativt högt flöde för att sedan vila under en längre tid (Runesson, 2003).

Driftkostnaden för vassbäddarna är beroende av vilket anläggningssätt som väljs. Det är troligt att vassbäddarna endast fungerar under den varmare delen av året. Om nya vassbäddar anläggs och torkbäddarna bevaras kommer slam som inte kan avvattnas i vassbäddarna att kunna läggas på torkbäddarna. Detta gör att inget slam behöver transporteras till Duvbackens reningsverk. Driftkostnaden uppskattas då bli ungefär densamma som för dagens torkbäddar, det vill säga cirka 1000 SEK/år. Om de nuvarande torkbäddarna konverteras till vassbäddar kommer troligtvis stora mängder slam behöva transporteras till Duvbacken under den kallare delen av året. Om detta antas ske under sex månader per år och med samma frekvens som i dagsläget innebär detta en kostnad på ungefär 100 000 SEK/år enligt samma beräkningsmetod som använts i tabell 5.

Servicekostnaden för driften av vassbäddar kommer bestå av service av pumpar liknande de som används till dagens torkbäddar och eventuella nya vassplantor för att ersätta de som av olika anledningar dör. Detta kan till exempel ske på grund av uttorkning, näringsbrist eller att ogräs tar över utrymmet i bäddarna. Om plantor dör krävs både nya plantor och arbetsinsatsen för att plantera dessa. Kostnaden för detta är helt beroende av hur väl vassen klarar sig i bäddarna. Energiförbrukningen torde bli ungefär densamma eller lite högre för vassbäddar som för de befintliga torkbäddarna. Den huvudsakliga förbrukningen ligger i pumpning och omrörning av slam. Om de befintliga torkbäddarna rustas upp är det rimligt att deras livslängd förlängs jämfört med dagens hantering. Om nya vassbäddar anläggs och de gamla torkbäddarna fortsätter användas är det troligt att det är de gamla torkbäddarna som begränsar den totala livslängden för anläggningen.

Den första tömningen av bäddarna i Storvik är planerad till sommaren 2010. Där har inget beslut om hur slammet ska tas om hand efter utgrävningen fattats i dagsläget (december 2009). Provtagningar måste göras för att undersöka slammets innehåll av föroreningar (Delin pers. medd., 2009). Vid utgrävning av fyra vassbäddar i Danmark under 2005 och 2006 gjordes en uppskattning av hur halterna av tungmetaller ökat i bädden under de cirka 10 år bäddarna varit i drift. Denna undersökning visade på ökade halter av bly, kadmium, koppar, krom och zink med mellan 0,5 och 40 % jämfört med halterna i inkommande slam (alla halter i relation till TS). Halterna av kvicksilver och nickel var 20 till 40 % lägre i bäddarna efter tio år än i det färskaste slammet (Nielsen, 2007). Inga halter i det undersökta danska slammet översteg gällande svenska gränsvärden efter tio år. Fosfor är liksom tungmetallerna ett grundämne och anrikas även det i vassbäddarna. Även detta syntes tydligt i undersökningen av det danska slammet där ökningen var 11 % för fosfor. Kväve är ett grundämne, men kan avgå till atmosfären som kvävgas. Detta sker framför allt under syrefattiga förhållanden. Syrehalten i vassbäddarna varierar beroende på hur hårt de belastas. I det slam som undersöktes av Nielsen (2007) hade halten av kväve minskat med 42 % jämfört med inkommande slam.

TS-halten som kan uppnås i vassbäddar uppges vara 35-40 % tack vare den långa lagringstiden och den ökade mineraliseringen (Runesson, 2003). Rejektvattnet från

vassbäddarna bedöms vara av samma kvalitet som det från dagens torkbäddar då funktionen hos de olika bäddarna i stort sett är den samma. Även åtgången av spolvatten bedöms vara densamma som i dagsläget. Under den första sommaren krävs större volymer vatten om vassen ska vattnas med färskvatten.

Hantering av slam sker öppet i vassbäddar. Runt bäddarna bör ordentligt staket resas för att förhindra att människor och djur har tillträde till bäddarna. Sådant staket finns i dagsläget redan kring torkbäddarna i Hedesunda. Luktproblemen från vassbäddarna bör vara likvärdiga eller mindre än från de befintliga torkbäddarna på grund av effektivare mineralisering sommartid. Luktproblemen ökar i både planterade och oplanterade bäddar då bäddarna belastas med för mycket slam och syrebrist uppstår. Då bildas bland annat svavelväte som har en mycket otrevlig lukt (Runesson, 2009).

En sammanställning över tekniska data för drift av vassbäddar finns i tabell 11.

**Tabell 11.** Tekniska data för drift av vassbäddar (Runesson, 2009; Delin, 2009).

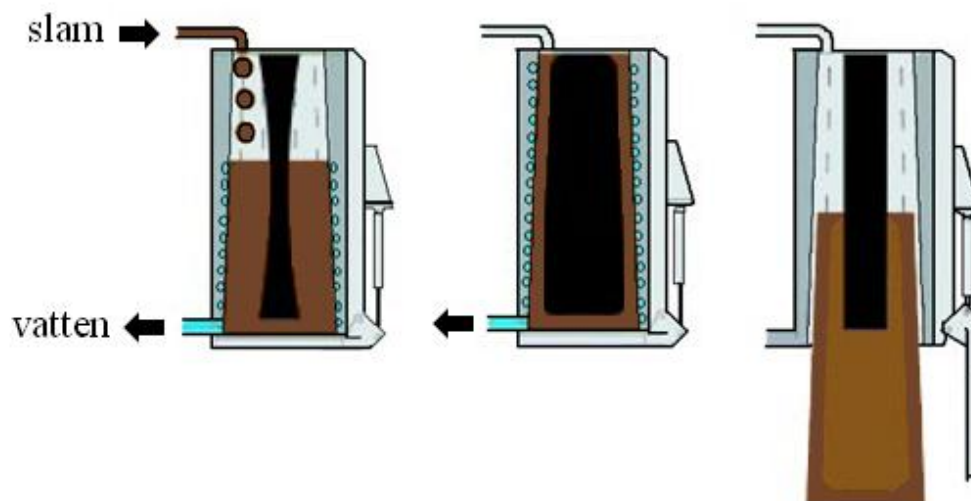
<b>Parameter</b>	<b>Nya vassbäddar, bevarade torkbäddar</b>	<b>Ombyggnad, torkbäddar till vassbäddar</b>
<b>Investeringskostnad (SEK)</b>	1 000 000	800 000
<b>Mark nyanläggning (SEK)</b>	40 000	~20 000
<b>Driftkostnad (SEK/år)</b>	~1 000	100 000
<b>Servicekostnad (SEK/år)</b>	5 000-10 000	5 000-10 000
<b>Yta (m<sup>2</sup>)</b>	2 500	~1 000
<b>Dimensionering (kg TS/m<sup>2</sup> år)</b>	ca 40 + 60	50-60
<b>Tillsyn (besök/vecka)</b>	1	1
<b>TS (%)</b>	20-40	35-40
<b>Livslängd (år)</b>	10-30	30
<b>SS rejeket (mg/l)</b>	<100	<100
<b>Vattenförbrukning (l/d)</b>	~0	~0
<b>Effekt (W/kg TS)</b>	-	-
<b>Polymer (g/kg TS)</b>	~2	0

#### **5.1.4. Slampress SAV 10/05**

Slampressen SAV är framtagen av Stigebrandt Hydroteknik AB. SAV är en helautomatisk slamavvattnare som arbetar utan bemanning. Slampressen består i princip av ett grovt rör. Inuti röret finns en cylinder med perforerade väggar. Cylindern fylls med slam från ett slamlager eller direkt från en förtjockare. Avvattningen startas redan då slammet börjar fyllas i cylindern i och med att vatten kan passera ut genom den perforerade väggen. Då cylindern är full expanderas en gummibälg inuti cylindern med hjälp av tryckluft. Detta pressar ut ytterligare vatten ur slammet. Då pressningen är klar töms bälgen och luckan i botten på röret öppnas. Det avvattnade slammet faller ur röret, antingen direkt i en container eller till en transportör som leder bort slammet till någon annan uppsamling.

SAV finns tillgänglig i olika storlekar, men den modell som rekommenderas för Hedesunda reningsverk är en SAV 10/05, den minsta modellen i sortimentet. SAV 10/05 är anpassad för kommunala anläggningar med en anslutning upp till cirka 2000 p.e. Utrustningen är sluten,

bortsett från eventuell öppen uppsamling av avvattnat slam (Stigebrandt, 2009). Till slampressen SAV levereras även en helautomatisk polymerstation för dosering av polymer. Slampressen har litet behov av tillsyn och besök en gång i veckan bör räcka. Funktionen hos slampressen redovisas närmare i figur 8.



**Figur 8.** Slampressen SAV, funktionsbeskrivning. Längst till vänster visas inpumpning av slam. I mittenfiguren visas hur bälgen expanderas för att pressa ut vatten ur slammets. Till höger visas tömning av det avvattnade slammets. (Modifierad efter original från Stigebrandt, 2009)

Idag finns ett 40-tal SAV slampressar i drift, varav ett 20-tal inom kommunal avloppsrening. Den första anläggningen har varit i drift i tio år. Leverantören erbjuder en mobil försöksutrustning som kan transporteras till reningsverket under en kortare tid för att prova på hur utrustningen fungerar. Tre olika referenser har lämnats av företaget. Dels från en industritillämpning i Sverige, dels från två kommunala reningsverk i Norge. Referenserna anger entydigt att de är nöjda med den installerade utrustningen.

I tabell 12 redovisas data för SAV 10/05 utifrån de uppställda parametrarna i denna studie.

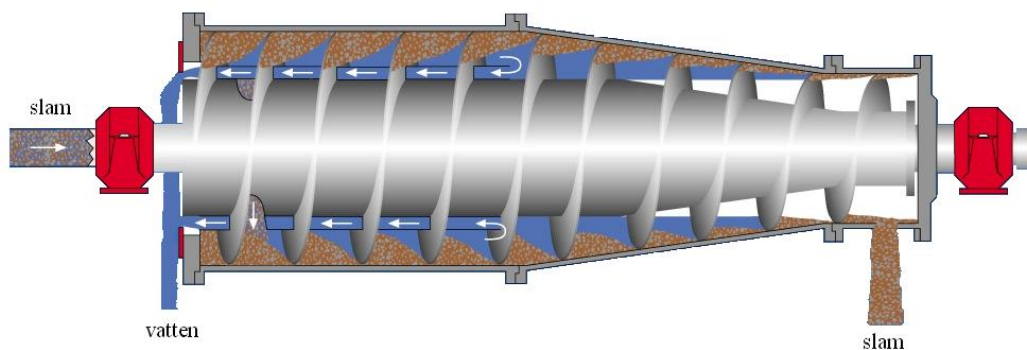
**Tabell 12.** Tekniska data för slampress SAV 10/05 (Stigebrandt, 2009)

<b>Parameter</b>	
<b>Investeringskostnad (SEK)</b>	377 600 + 150 000
<b>Driftkostnad (SEK/år)</b>	528 000
<b>Servicekostnad (SEK/år)</b>	-
<b>Yta (m<sup>2</sup>)</b>	1
<b>Dimensionering (kg TS/h)</b>	4-12
<b>Tillsyn (besök/v)</b>	1
<b>TS (%)</b>	18-22
<b>Livslängd (år)</b>	15-25
<b>SS rejekt (mg/l)</b>	200
<b>Vattenförbrukning (l/d)</b>	500
<b>Effekt (W/kg TS)</b>	4
<b>Polymer (g/kg TS)</b>	2-4

### 5.1.5. Dekantercentrifug DC3 EL

Dekantercentrifugen DC3 EL levereras av NOXON AB. Dekantercentrifuger finns i flera olika storlekar och DC3 är den som bäst svarar mot behoven på reningsverket i Hedesunda (Gustafson, 2009).

Dekantercentrifugen DC3 EL består av en trumma som innesluter en transportskruv. Dessa kan rotera oberoende av varandra med en maximal rotationshastighet på 3000 varv per minut. Slammet matas in via inloppsrör till mitten av skruven där det blandas med polymer för att flockas. Från mitten av skruven slungas slammet genom hål ut mot trummans väggar. I och med vattnets och slammets olika densitet kommer faserna separeras genom centrifugalkraften. Transportskruven för med sig slammet mot utloppet som finns i motsatt ände mot inloppet. Vattenfasen tas ut genom hål som sitter i trummans kortända på samma sida som inloppet. Läget av dessa hål kan justeras genom montering av speciella brickor. På detta sätt kan driften anpassas för olika typer av slam (Gustafsson, 2009). Detta justeras in under uppstarten. Liksom de övriga utrustningarna kan DC3 EL styras via dator och närvaro av driftpersonal krävs endast cirka en till två gånger per vecka. Dekantercentrifuger finns i två olika utföranden, med medströms- eller motströmsprincip. Arbets sättet är liknande. Fördelen med medströmsprincipen är att differensvarvtalet (skillnaden mellan trummans och skruvens varvtal) kan väljas lägre. Därmed fås en längre uppehållstid för slammet i centrifugen och också ett torrare slam. Dessutom är slitaget på maskindelarna mindre än för motströmsdrift (Gustafson, 2009). I figur 9 visas principen för DC3 EL med medströmsdrift.



**Figur 9.** Dekantercentrifug DC3 EL med medströmsdrift (Modifierad efter original från Gustafson, 2009).

Slammet transporteras från utloppet till exempelvis till en container med hjälp av en transportpump. Hela utrustningen är sluten, vilket gör att risken för luktproblem är liten. Utrustningen har automatisk spolning vid stopp vilket gör att behovet av tillsyn minskas. Till centrifugen krävs en ny polymerstation för beredning av polymer samt ett elskåp med styrning till utrustningen. Detta är inkluderat i priset i tabell 13. Alla signaler går även att koppla in till det fjärrövervakningssystem som redan finns inom Gästrike Vatten.

Dekantercentrifuger finns installerade i många kommunala reningsverk och flera referenser finns (Gustafson, 2009). Till exempel används en större centrifug från NOXON på Duvbackens reningsverk i centrala Gävle.

I tabell 13 redovisas tekniska data för DC3 EL utifrån de uppställda parametrarna i denna studie.

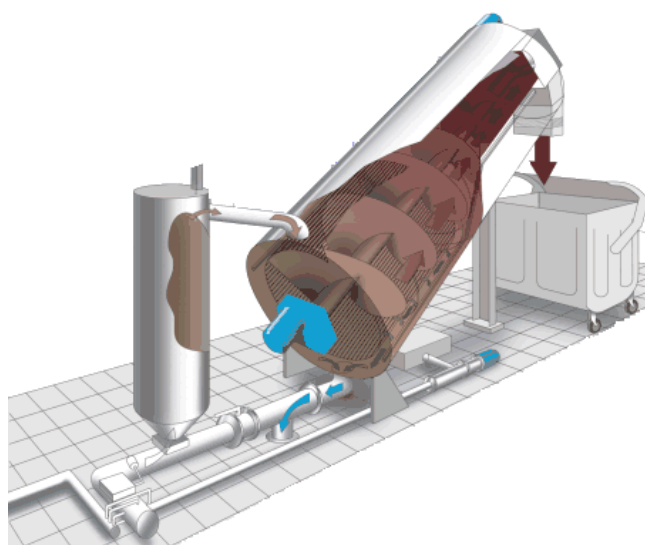
Tabell 13. Tekniska data för dekantercentrifug DC3 EL (Gustafson, 2009).

Parameter	
Investeringskostnad (SEK)	800 000 – 900 000 + 150 000
Driftkostnad (SEK/år)	559 000
Servicekostnad (SEK)	-
Yta (m <sup>2</sup> )	12
Dimensionering (kg TS/h)	max 120
Tillsyn (besök/vecka)	~1
TS (%)	18-20
Livslängd (år)	15-20
SS rejeket (mg/l)	<1000
Vattenförbrukning (l/d)	500 (/stopp)
Effekt (W/kg TS)	38 (beräknad)
Polymer (g/kg TS)	6-8

#### 5.1.6. Skruvpress RoS3Q280

Skruvpressen RoS3Q280 levereras av företaget Hydropress Huber AB. Skruvpressen finns i flera storlekar men detta är den som är bäst lämpad för reningsverket i Hedesunda (Bengtsson, 2009).

Utrustningen består av en långsamt roterande skruv inuti en perforerad, lutande trumma. Hastigheten på skruven är ungefär 1,5 varv per minut. Slammet transporteras upp genom trumman av skruven och under tiden sker avvattningen kontinuerligt genom att vattnet passerar ut genom perforeringen. Innan slammet leds in i skruvpressen tillsätts polymer och slammet får flockas i en flockningskammare. Utrustningen är helt sluten, bortsett från eventuell uppsamling av avvattnat slam (Bengtsson, 2009). En illustration av utrustningens funktion finns i figur 10.



Figur 10. Principskiss över skruvpress av typen RoS3Q från Hydropress Huber AB (Modifierad efter original från www, Hydropress Huber AB, 2009).



RoS3Q280 kan liksom övriga utrustningar startas automatiskt vid till exempel en viss nivå i slamförtjockaren och kräver inga manuella starter. Med utrustningen följer även automatikskåp och pumpar för rejektvatten och slam. RoS3Q280 är utrustade med automatisk spolning vid varje stopp vilket minskar behovet av tillsyn. Spolningen sker även intermittent under 30-50 % av drifttiden. Under spolningen är vattenförbrukningen cirka 0,5 l/s (Bengtsson, 2009). Från dessa data har den uppskattning av dygnsförbrukningen gjorts som redovisas i tabell 14. Hydropress Huber har installerat cirka 65 stycken slamavvattnare av typen RoS3 i Sverige, och lika många finns installerade i Finland. Hofors reningsverk och Skutskärs reningsverk, som även de ägs av dotterbolag till Gästrike Vatten AB, har idag skruvpressar från Huber för avvattning av slam.

I tabell 14 redovisas tekniska data för RoS3Q280.

**Tabell 14.** Tekniska data för skruvpress RoS3Q280 (Bengtsson, 2009).

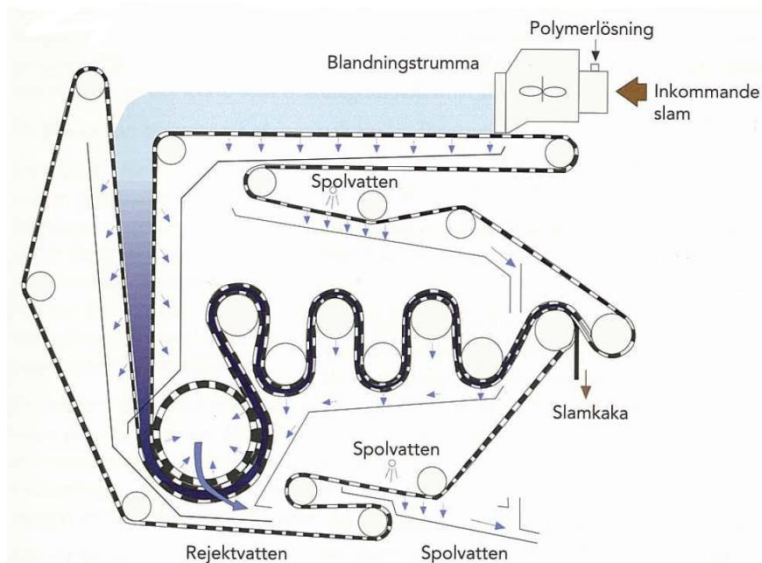
<b>Parameter</b>	
<b>Investeringskostnad (SEK)</b>	450 000-650 000 + 150 000
<b>Drifkostnad (SEK/år)</b>	134 000
<b>Servicekostnad (SEK/år)</b>	8000
<b>Yta (m<sup>2</sup>)</b>	~3,5
<b>Dimensionering (kg TS/h)</b>	50-70
<b>Tillsyn (besök/vecka)</b>	1
<b>TS (%)</b>	23-24
<b>Livslängd (år)</b>	20
<b>SS rejeket (mg/l)</b>	-
<b>Vattenförbrukning (l/d)</b>	1250 (beräknad)
<b>Effekt (W/kg TS)</b>	7 (beräknad)
<b>Polymer (g/kg TS)</b>	4-8

### **5.1.7. Silbandpress DEWA PC7 och Bellmer**

I denna undersökning har två olika silbandpressar föreslagits. Då dessa är lika varandra till funktion och utformande presenteras de här under samma rubrik.

Den första silbandpressen är av typen DEWA PC7 och är en liten kompakt silbandpress som säljs av företaget ATEK AB. PC7 är den minsta modellen i serien (Tottie, 2009). Den andra modellen är av fabrikatet Bellmer. Bellmer levereras av företaget Kicab. Även denna silbandpress går att få i olika storlekar beroende på den volym slam som ska avvattnas.

I en silbandpress leds slammet in mellan två perforerade band som sedan passerar ett antal valsar. Avståndet mellan banden minskas successivt och genom detta pressas vattnet ut genom perforeringen medan slammet stannar kvar. Vid utloppet lossnar slammet från banden och leds vidare till någon uppsamling på liknande sätt som för övriga studerade alternativ. De perforerade banden i pressen rör sig långsamt så att uppehållstiden för slammet ska bli lång. En generell illustration av funktionen hos en silbandpress finns i figur 11.



**Figur 11.** Generell illustration av en silbandpress (Svenskt Vatten, 2007c).

Gemensamt för de båda silbandpressarna är det stora behovet av spolvatten. Det är möjligt att använda utgående avloppsvatten som spolvatten, istället för färskvatten. En sådan lösning gör att behovet av färskvatten vid reningsverket blir mindre. I det fall utgående avloppsvatten skall användas krävs att en pump som pumpar tillbaka vatten från utgående ledning till silbandpressen. Dessutom krävs ett filter så att partiklar inte följer med vattnet. En lämplig porstorlek hos filtret är 150  $\mu\text{m}$  (Tottie, 2009). Produktionskostnaden för färskvatten har i denna studie skattats till 50 öre/ $\text{m}^3$ . DEWA PC7 förbrukar fyra kubikmeter per dygn vilket innebär en hypotetisk besparing på ungefär 730 SEK/år. För Bellmer resulterar detta i en besparing på 1 600-2 700 SEK per år.

Båda utrustningarna levereras i ett helt slutet utförande, vilket gör att luktproblemen är små (Wallberg, 2009; Tottie 2009). Liksom för övriga utrustningar kan luktproblem uppstå om lagringen av det avvattnade slammet inte är sluten. Båda silbandpressarna kan styras automatiskt, till exempel på nivån i slamförtjockaren. Manuella starter och stopp är således inte nödvändigt (Tottie, 2009; Wallberg, 2009).

I dagsläget finns en silbandpress av äldre modell på reningsverket i Ockelbo, men där pågår arbete med att byta ut denna. Detta reningsverk ägs liksom Hedesunda reningsverk av ett dotterbolag till Gästrikre Vatten AB. En presentation av tekniska data för DEWA PC 7 och Bellmer finns i tabell 15.

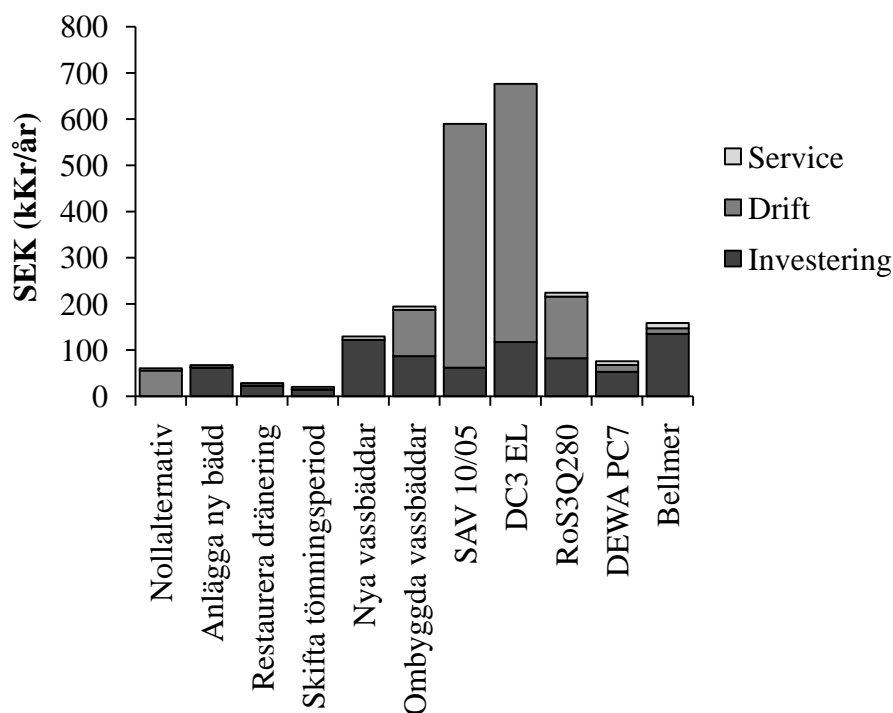
Tabell 15. Tekniska data för silbandpress DEWA PC 7 (Tottie, 2009).

Parameter	DEWA PC7	BELLMER
Investeringskostnad (SEK)	300 000 + 150 000	800 000-1 200 000 + 150 000
Drifkostnad (SEK/år)	15 000	12 000
Servicekostnad (SEK/år)	8 000	11 500
Yta (m <sup>2</sup> )	~3	18
Dimensionering (kg TS/h)	50-150	330
Tillsyn (besök/vecka)	1	1-2
TS (%)	~18	30
Livslängd (år)	20	25-30
SS rejeket (mg/l)	500-800	200
Vattenförbrukning (l/d)	4000 (beräknad)	9000-15 000
Effekt (W/kg TS)	1	3
Polymer (g/kg TS)	3-5	1,5-3

## 5.2. JÄMFÖRELSE MELLAN OLIKA AVVATTNINGSMETODER

På grund av variationer i funktion mellan de olika alternativen för avvattning av slam är det svårt att direkt bedöma vilket alternativ som är bäst lämpat för reningsverket i Hedesunda. Ett första steg för att öka överskådligheten är att sammanställa alla tekniska data i en och samma tabell. En sådan sammanställning finns redovisad i bilaga G. Även denna sammanställning av data kan vara svår att tolka och grunda ett beslut på då de olika parametrarna är angivna i olika enheter.

Ett första steg mot en jämförelse kan istället vara att jämföra de tre parametrarna investeringsdrift- och underhållskostnad genom att räkna om dessa till en årlig kostnad. Detta kan göras med hjälp av den så kallade annuitetsmetoden. Kortfattat går metoden ut på att dela upp investeringskostnaden på årliga avbetalningar som sedan kan summeras med den årliga driftkostnaden och servicekostnaden. Avbetalningarna antas här ske under hela maskinens livslängd. Resultatet av dessa beräkningar redovisas i figur 12.



**Figur 12.** Jämförelse mellan olika alternativ för avvattning och nollalternativet med avseende på service- drift- och investeringskostnad. Investeringskostnaden omräknad till annuiteter med kalkylräntan 10 % och livslängd satt till medelvärdet för varje utrustnings angivna spann på livslängd.

Två faktorer påverkar den årliga kostnaden beräknad med annuitetsmetoden. Dessa är den valda kalkylräntan och utrustningens antagna livslängd. En känslighetsanalys genomfördes därför med avseende på dessa parametrar. Det konstaterades då att den inbördes ordningen mellan alternativen inte ändrades för någon vald kalkylränta. Att figur 12 redovisas för en tioprocentig ränta motiveras med att det är ett ofta valt värde i grövre kalkyler (Ljung, Högberg, 1996). Känslighetsanalysen med avseende på livslängden visade även den att den inbördes rangordningen förblev konstant. Orimliga livslängder (hundratals år) krävdes för att ändra på detta.

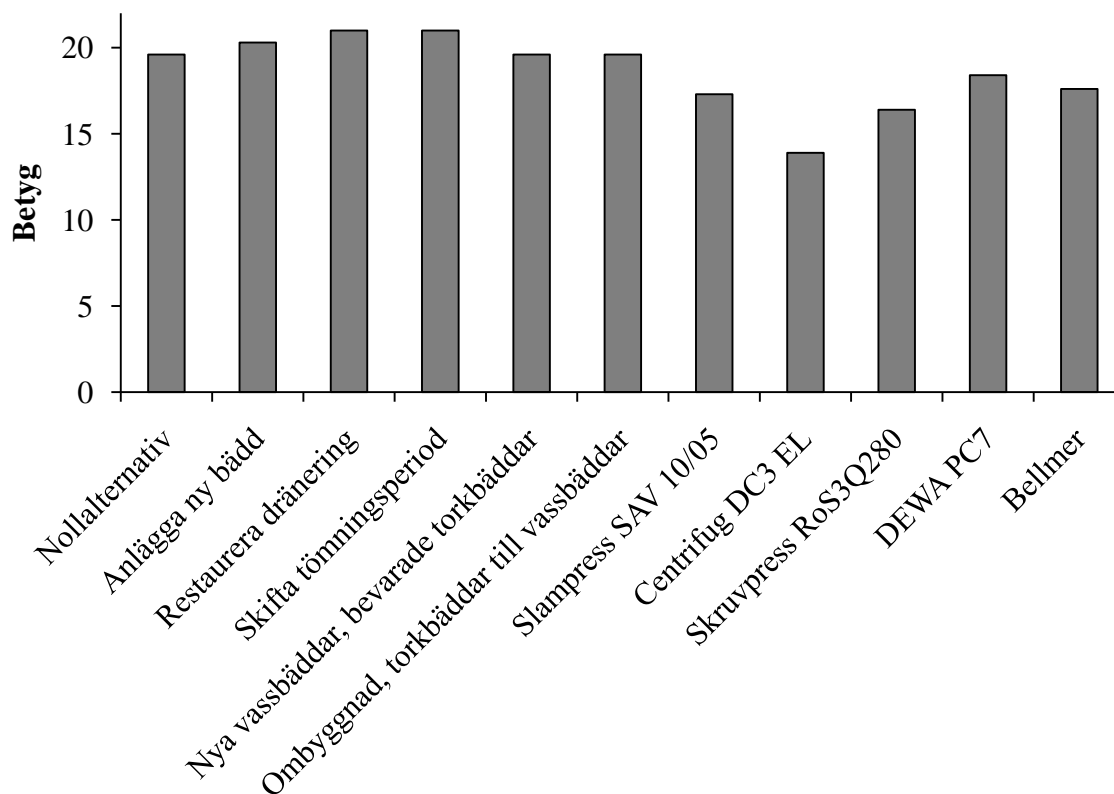
Att bara studera kostnader och inte ta hänsyn till övriga faktorer ger inte en rättvis bild av vilket alternativ som är bäst lämpat. Till exempel tas ingen hänsyn till de olika alternativens miljöpåverkan. Detta kan i stället göras genom att för varje parameter betygsätta alternativen enligt en tregradig skala. Det alternativ som får den högsta slutsumman kommer med detta tillvägagångssätt bedömas som det mest lämpade för Hedesunda reningsverk. Betygsättningen, kriterierna, viktningfaktorer och slutsumman redovisas i tabell 16. För de poster där det saknats uppgifter (i.u.) i tabellen, har det lägsta möjliga betyget använts i summeringen.

**Tabell 16.** Jämförelse mellan de olika alternativen för framtida avvattnings genom betygsättning enligt en tregradig skala.

		<b>Restaurering torkbäddar</b>			<b>Vass- bäddar</b>	<b>Övrig maskinell utrustning</b>			<b>Silband- pressar</b>			
	<b>Vikt</b>	<b>Nollalternativ</b>	<b>Anlägga ny bädd</b>	<b>Restaurera dränering</b>	<b>Skifta tömningsperiod</b>	<b>Nya vassbäddar, bevarade torkbäddar</b>	<b>Ombyggnad, torkbäddar till vassbäddar</b>	<b>Slampress SAV 10/05</b>	<b>Centrifug DC3 EL</b>	<b>Skruvpress RoS3Q280</b>	<b>DEWA PC7</b>	<b>Bellmer</b>
<b>Investeringskostnad (SEK)</b> <500 000 = 3 500 000 – 900 000 = 2 >900 000 = 1	<b>0,7</b>	3	3	3	3	1	2	2	1	2	3	1
<b>Driftkostnad (SEK/år)</b> <50 000 = 3 50 000 – 100 000 = 2 >100 000 = 1	<b>0,7</b>	2	3	3	3	3	1	1	1	1	3	3
<b>Servicekostnad (SEK/ år)</b> <5000 = 3 5000 – 10 000 = 2 >10 000 = 1	<b>0,7</b>	3	3	3	3	3	3	i.u. (1)	i.u. (1)	2	2	1
<b>Yta</b> Ingen nybyggnation = 3 Nybyggnation inom området = 2 Nybyggnation utanför området = 1	<b>0,7</b>	3	1	2	3	1	1	2	2	2	2	2

<b>Dimensionering (kg TS/h)</b>	<b>0,7</b>	3	3	3	3	3	3	3	3	1	2	2	1
<50 = 3													
50 – 100 = 2													
>100 = 1													
<b>Tillsyn (besök/vecka)</b>	<b>0,7</b>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<2 = 3													
2-3 = 2													
>3 = 1													
<b>Lämplighet för kontinuerlig drift</b>	<b>0,7</b>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Lämplig = 3													
Möjlig = 2													
Omöjlig = 1													
<b>TS-halt (%)</b>	<b>0,7</b>	1	2	2	2	3	3	3	2	3	2	3	3
>20 = 3													
15 – 20 = 2													
<15 = 1													
<b>Livslängd (år)</b>	<b>0,7</b>	1	2	2	1	2	3	2	2	2	2	2	3
>20 = 3													
15 – 20 = 2													
<15 = 1													
<b>Rejektvattnets kvalitet (mg/l SS)</b>	<b>0,3</b>	3	3	3	3	3	3	2	1	i.u. (1)	1	2	2
<100 = 3													
100 – 500 = 2													
>500 = 1													
<b>Vattenförbrukning (m<sup>3</sup>/dygn)</b>	<b>0,3</b>	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1
<1 = 3													
1 – 5 = 2													
>5 = 1													
<b>Risk för luktproblem</b>	<b>0,3</b>	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3
Ingen risk = 3													
Liten risk = 2													
Stor risk = 1													

<b>Energi (kWh/år)</b>	<b>0,3</b>	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	2	3
<10 000 = 3													
10 000 – 100 000 = 2													
>100 000 = 1													
<b>Polymer (g/kg TS)</b>	<b>0,3</b>	3	3	3	3	3	3	3	2	1	1	2	3
<3 = 3													
3 – 5 = 2													
>5 = 1													
<b>Summa</b>		<b>19,6</b>	<b>20,3</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>19,6</b>	<b>19,6</b>	<b>17,3</b>	<b>13,9</b>	<b>16,4</b>	<b>18,4</b>	<b>17,6</b>	



**Figur 13.** Resultat av jämförelse med betygssättning i tabell 16. Ett högt betyg innebär att alternativet bedöms bättre lämpat än ett lågt.

Det kan konstateras utifrån tabell 16 och figur 13 att de tre alternativ för restaurering av de befintliga bäddarna är de bästa lämpade alternativen för den framtida slamavvattningen vid Hedesunda reningsverk. Nollalternativet ger en hög summa i sammanställningen men har inte ansetts vara ett tillämpbart alternativ för den framtida driften. Frånsett nollalternativet är anläggning av vassbäddar (två olika alternativ) det som är näst bäst. På en tredjeplats hamnar silbandpressen DEWA PC7. För slampressen SAV 10/05 har uppgift om servicekostnad saknats. Om denna kostnad är mycket låg skulle SAV 10/05 ha en högre betygssumma än silbandpressen DEWA PC7.

### 5.3. AVSÄTTNING FÖR AVVATTNAT SLAM

Då slammet avvattats återstår frågan om hur slammet ska avsättas. Flera olika alternativ står till buds. Den vanligaste metoden i Sverige idag är att kompostera slammet för att tillverka anläggningsjord (SCB, 2008). Andra tänkbara alternativ är gödsling av jordbruksmark eller olika former av mellanlager i väntan på framtida lösningar. I dagsläget komposteras slammet från Hedesunda. Med tanke på den uttalade målsättningen att återföra fosfor till produktiv mark vore det önskvärt att slammet kunde spridas på jordbruksmark i framtiden. Det har bedömts som osannolikt att någon annan metod än certifiering och spridning på jordbruksmark eller kompostering kommer användas vid Hedesunda reningsverk. Att kompostering alls beaktas i denna studie trots att den inte uppfyller målet om återföring av fosfor beror på att detta är den nuvarande hanteringen. Flera olika metoder för att utvinna fosfor ur slammet i ren form har testats i pilotskala i Sverige men ingen av dessa metoder är i dag kommersiell. Det har därför bedömts som alltför komplicerat att installera ett sådant alternativ i Hedesunda i dagsläget.



Nedan görs ett försök till skattning av kostnaden för alternativen kompostering och certifiering i relation till de olika avvattningsoptionerna. För att det ska bli möjligt att ta ställning till alternativens genomförbarhet presenteras även tidigare analyser av slammet i Hedesunda.

### 5.3.1. Innehåll i slam från Hedesunda reningsverk

Vid tillverkning av anläggningsjord, men i ännu större utsträckning vid certifiering av slam är det av intresse att veta vad slammet innehåller. Detta eftersom det i båda dessa fall är önskvärt att hindra spridning av giftiga ämnen till omgivningen.

Provtagning av slammet från Hedesunda reningsverk sker vid utgrävning av torkbäddarna. Provet tas som ett blandprov från flera olika delar och nivåer av bädden. Avsikten är att täcka in hela årets produktion av slam. I och med slamtorkbäddarnas oregelbundna tömning motsvarar värden från dessa analyser endast ett medelvärde för den tid då bäddarna belastats, det vill säga 7-8 månader per år. Slamprovet skickas för analys till företaget Eurofins. I dagsläget analyseras slammet från Hedesunda med avseende på grundämnena fosfor, kväve, aluminium, bly, järn, kadmium, koppar, krom, kvicksilver, nickel, silver, zink, kalcium, kalium och magnesium. Dessutom mäts pH, TS-halt, glödförlust, ammoniumkväve och de organiska föreningarna nonylfenol, PCB (sju föreningar) och PAH (sex föreningar) (Gävle Vatten, 2009b). Analysresultaten sammanställs i den årliga miljörapporten som upprättas för reningsverket. Medelvärden av en del av de analyserade parametrarna för sju år redovisas i tabell 17. I tabellen redovisas även medelvärden för slam i Sverige. Dessa sammanställs regelbundet av Statistiska Centralbyrån, SCB. Den senaste sammanställningen gäller för år 2006 (SCB, 2008). SCB uppger en osäkerhet i halten kväve och fosfor om 10 % och i nonylfenol, PAH och PCB om 15 %.

**Tabell 17.** Analysresultat från Hedesunda reningsverk, medelvärde för sex år (Gävle Vatten AB, 2002, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009b; SCB, 2008).

<b>Parameter</b>	<b>Medelvärde Hedesunda (sju år)</b>	<b>Standardavvikelse Hedesunda (sju år)</b>	<b>Medelvärde 2006 (SCB)</b>
<b>pH</b>	7,4	0,7	-
<b>GF (% av TS)</b>	60	8,6	-
<b>Kväve, total (mg/kg TS)</b>	28 300	13 500	42 612
<b>Fosfor, total (mg/kg TS)</b>	18 200	9 700	22 744
<b>Nonylfenol (mg/kg TS)</b>	6,9	1,9	6,8
<b>PAH (mg/kg TS)</b>	0,37	0,14	0,4
<b>PCB (mg/kg TS)</b>	0,05	0,02	0

Idag finns det gränsvärden för metallinnehåll i slam som ska spridas på åkermark men inte för slam som används till anläggningsjord (Tideström, 2008). För anläggningsjord finns ett certifieringssystem där krav ställs på metallinnehållet för att jorden ska få certifieras. Dessa krav motsvarar de som gäller för jordbruksmark där slam får spridas, bortsett från koppar där kravet är lägre för anläggningsjord (100 mg/kg TS istället för 40 mg/kg TS) (SP, 2006). De krav som gäller för jordbruksmark redovisas i tabell 3. Då anläggningsjord tillverkas består den färdiga produkten oftast inte av bara slam, utan det sker en uppblandning med annat organiskt material, till exempel flis eller hästgödsel. Om detta material innehåller lägre halter av metaller än slammet innebär detta att en utspädning sker. Anläggningsjorden som produceras av slam från Hedesunda reningsverk är idag inte certifierad.

En jämförelse mellan slammet från Hedesunda reningsverk och gällande gränsvärden visar att slammet uppfyller lagens krav för att få spridas på jordbruksmark (tabell 18). För denna jämförelse används inte medelvärden utan endast år 2009 eftersom det är så gränsvärdena är tänkta att användas. Om någon annan avvattningsmetod används i framtiden bör den totala mängden föroreningar bli ungefär den samma som idag. Om vassbäddar anläggs finns risken att mineralisering av det organiska materialet och den långa lagringstiden leder till högre metallhalter. I tabell 18 redovisas en jämförelse mellan slammet i Hedesunda, de gällande gränsvärdena och genomsnittet för svenskt slam enligt SCB (2008). SCB uppger en osäkerhet i halterna av kvicksilver, kadmium och bly om 30 % och av koppar, zink, krom och Nickel om 20 %. För kväve och fosfor uppges en osäkerhet om 10 %.

**Tabell 18.** Gränsvärden (SFS 1998:944) och uppmätta värden av metaller, fosfor och kväve i slam från Hedesunda reningsverk (Gävle Vatten, 2009b). Jämförelse med genomsnitt för svenska reningsverk år 2006 (SCB, 2008).

Ämne		Hedesunda 2009 mg (kg TS) <sup>-1</sup>	Gränsvärde slam mg (kg TS) <sup>-1</sup>	Medelvärde (SCB) 2006 mg (kg TS) <sup>-1</sup>
<b>Bly</b>	<b>(Pb)</b>	18	100	27,5
<b>Kadmium</b>	<b>(Cd)</b>	0,63	2	1
<b>Koppar</b>	<b>(Cu)</b>	230	600	357,9
<b>Krom</b>	<b>(Cr)</b>	19	100	29,3
<b>Kvicksilver</b>	<b>(Hg)</b>	0,35	2,5	0,8
<b>Nickel</b>	<b>(Ni)</b>	11	50	18,8
<b>Zink</b>	<b>(Zn)</b>	550	800	551,5
<b>Fosfor</b>	<b>(P)</b>	29 900	-	26 977
<b>Kväve</b>	<b>(N)</b>	40 000	-	42 050

Av tabell 17 kan konstateras att fosfor- och kvävehalterna i slammet från Hedesunda är marginellt lägre än genomsnittet, betraktat som medelvärde under sex år. För det senaste årets mätningar är kvävehalten lägre än medelvärdet medan fosforhalten är högre. Noggrannheten i dessa halter är dock låg och några säkra slutsatser kan inte dras. Ett lägre innehåll av näringsämnen kan innebära en nackdel då slammets gödselvärde blir lägre. Detta torde inte ha lika stor betydelse om slammet ska användas till att producera anläggningsjord. Om ett slam med lägre näringsinnehåll ska användas som gödsel är problemet att det krävs mer slam för att uppnå samma näringstillförsel. Det slam som grävdes ur bäddarna i Hedesunda år 2008 hade en fosforhalt på 21 000 mg/kg TS (Gävle Vatten, 2008). För att uppnå en fosforgiva på 22 kg fosfor per hektar åkermark krävs 1047 kg slam från Hedesunda (2008 års värde), men bara 815 kg av det svenska genomsnittsslammet. Detta medför att mer oönskade ämnen sprids på den åkermark som gödslas. För slam som grävdes ur bäddarna under 2009 råder det motsatta förhållandet, att mindre slam än genomsnittet krävs för att uppnå önskad fosforgiva. En mer rättvis jämförelse av slammets metallinnehåll kan fås genom en viktning mot näringsinnehållet. Detta kan göras antingen genom att ange metallinnehållet per kg fosfor eller genom att anta en standardtillförsel på 22 kg fosfor per hektar åkermark enligt den beräkningsmetod som presenterats i avsnitt 3.2.5. I tabell 19 har den senare metoden använts för slammet i Hedesunda och på de medelvärden som presenterats för Svenskt slam av SCB under 2006. Av tabell 19 kan konstateras att det är fosfor som är det begränsande ämnet för hur mycket slam som får spridas från Hedesunda reningsverk. I det svenska genomsnittsslammet är det i stället halten av kadmium som är begränsande.

**Tabell 19.** Metaller i slam från Hedesunda reningsverk (Gävle Vatten, 2009b) i relation till gällande lagar (SNFS 1994:2) och jämförelse med genomsnittet för Sverige (SCB, 2008). Kolumn 1 och 3 är omräknade med en antagen tillförsel av 22 kg P/ha.

Ämne	Hedesunda 2008 g (ha år) <sup>-1</sup>	Gränsvärde slam g (ha år) <sup>-1</sup>	Medelvärde (SCB) 2006 g (ha år) <sup>-1</sup>
<b>Bly</b> (Pb)	13,2	25	22,4
<b>Kadmium</b> (Cd)	0,5	0,75	0,8
<b>Koppar</b> (Cu)	169,2	300	291,1
<b>Krom</b> (Cr)	14,0	40	23,9
<b>Kvicksilver</b> (Hg)	0,3	1,5	0,65
<b>Nickel</b> (Ni)	8,1	25	15,3
<b>Zink</b> (Zn)	404,7	600	449,7

Ett annat vanligt sätt att ta hänsyn till metallinnehållet är att beräkna fördubblingstiden eller fördubblingstakten i åkermark. Detta kan göras mot halten i den åker där slammet ska spridas. För certifiering enligt REVAQ används ett medelvärde av svenska jordar som beskrivs av Eriksson (2001) för att beräkna fördubblingstider. En beräkning av vad slammet från Hedesunda har för effekt på denna hypotetiska jord presenteras i tabell 20. I tabellen redovisas data för både 2008 och 2009 eftersom dessa slam hade mycket olika innehåll av fosfor och således illustrerar två olika scenarion.

**Tabell 20.** Fördubblingstider för metaller i åkermark då slam från Hedesunda reningsverk sprids på en hypotetisk svensk medeljord. Data från Gävle Vatten, (2008, 2009b); Eriksson, (2001).

Ämne	Fördubblingstid 2008 (år)	Fördubblingstid 2009 (år)
<b>Bly</b> (Pb)	3 503	4247
<b>Kadmium</b> (Cd)	1 000	1146
<b>Koppar</b> (Cu)	266	314
<b>Krom</b> (Cr)	3 417	4918
<b>Kvicksilver</b> (Hg)	325	522
<b>Nickel</b> (Ni)	3 905	5019
<b>Zink</b> (Zn)	477	502

Av tabell 20 kan konstateras att slammet från Hedesunda med denna beräkningsmetod innehåller höga halter av koppar jämfört med målet för fördubblingstid för år 2025 enligt REVAQ. Om slam av den kvalitet som producerades 2008 används är även halterna av kvicksilver och zink för höga. För 2009 års slam är halterna av kvicksilver och zink på gränsen till för höga. Metaller med kortare fördubblingstid än 500 år eller halter över 50 % av gällande gränsvärde (i enheten mg/kg TS) benämns i certifieringsreglerna för REVAQ prioriterade spårelement. Oavsett halten i slammet är kadmium också ett prioriterat spårelement. För de prioriterade spårelementen måste en handlingsplaner för hur halterna av dessa metaller kan minskas tas fram för att reningsverket ska kunna certifieras.

Oavsett om certifieringsarbete kommer inledas eller ej kan det vara relevant att utreda hur halterna av koppar, kvicksilver, kadmium och zink kan minskas i slammet. Utvecklingen i samhället går mot ett allt större miljöintresse och gränsvärdena kommer inte höjas i framtiden utan snarare sänkas. Även kraven på att fosfor i slam skall ingå i kretslopp kommer troligtvis skärpas. Ursprunget till metallerna är svårt att avgöra utan noggrannare mätningar, men de

vanligaste källorna till olika metaller i slam finns redovisade i Naturvårdsverkets rapport 5214 (Naturvårdsverket, 2003). Koppar härstammar framför allt från vattenledningar i fastigheter. Detta problem förvärras om vattnet är hårt och pH-värdet därför sänks i vattenverket (Naturvårdsverket, 2003). Detta kan åtgärdas långsiktigt genom att välja vattenledningar av andra material och genom avhårdning av vattnet. Den dominerande källan till kvicksilver i slam är dentalt amalgam. Detta kommer både från privatpersoner och från tandläkarmottagningar (Naturvårdsverket, 2003). Åtgärder för att lösa en del av problemet kan vara kontroll av amalgamavskiljare vid tandläkarmottagningar. Folkvandvården har en mottagning i Hedesunda som skulle kunna vara en möjlig källa till kvicksilver. Zink i avloppsslam kommer oftast från mer diffusa källor som från mat vi äter och galvaniserade material i bilar som förs bort med dagvatten (Naturvårdsverket, 2003). I och med de diffusa källorna är det svårare att kontrollera tillförseln, men en tänkbar åtgärd är att försöka minska inläckaget av dagvatten till spillvattennätet. Kadmium kommer bland annat från bilvårdsanläggningar och från konstnärsfärger. Enligt en undersökning i Stockholm kommer 40 % av kadmiumet i avloppet från ännu okända källor (Naturvårdsverket, 2003).

### **5.3.2. Kompostering och tillverkning av anläggningsjord**

Slammet som avvattnats i torkbäddarna i Hedesunda transporteras idag till företaget Dewatech i Gävle där det blandas upp med organiskt material och komposteras. Resultatet blir en lätthanterlig och näringsrik anläggningsjord. Slammet från Duvbackens reningsverk i Gävle genomgår en liknande behandling, men detta sköts av SITA vid Forsbacka avfallsanläggning utanför Gävle. Utöver dessa två anläggningar driver företaget Econova en liknande anläggning i Dragmossen söder om Gävle. Flera liknande anläggningar finns på andra ställen i regionen. Anläggningsjorden som tillverkas används till nyanläggning av grönytor, till exempel växtetableringsskikt vid sluttäckning av deponier. Vilket företag som i framtiden tilldelas uppdraget att hantera slam om alternativet att kompostera slammet och tillverka anläggningsjord välj avgörs genom offentlig upphandling och kan således inte förutses.

#### ***Slam avvattnat i torkbäddar***

Hanteringen av det avvattnade slammet i Hedesunda sker idag till en behandlingskostnad av 250 SEK/ton, inklusive transport. I medeltal har det de senaste åren transporterats ungefär 200 ton slam/år till kompostering. Detta har således kostat 50 000 SEK/år. Om torkbäddarna restaurerades och slammet blev torrare skulle detta innebära ett minskat behov av strukturmaterial som blandas i slammet före kompostering men detta påverkar endast marginellt priset. Den största vinsten finns istället i minskade transporter vid lägre vattenhalt (Björkgren pers. medd., 2009). Å andra sidan skulle en större total mängd slam läggas på torkbäddarna om de fungerade korrekt. Om den totala produktionen av slam är cirka 33 ton TS/år och torkbäddarna ger en TS-halt på 15 % innebär detta 220 ton slam/år till en kostnad av 55 000 SEK/år. Till kostnaden för kompostering och transport tillkommer kostnaden för utgrävningen av slammet. Utgrävningen av torkbäddarna har skötts av Thoressons Grävmaskiner till en kostnad av cirka 6000 SEK/utgrävd bädd (Thoressons Grävmaskiner, 2010). Denna kostnad är troligtvis densamma oavsett vad som sker med slammet efter att det grävts ur bäddarna. För alternativet att kompostera slam som avvattnats i torkbäddar bedöms den totala kostnaden bli cirka 61 000 SEK/år.

#### ***Mekaniskt avvattnat slam***

Generellt innebär mekanisk avvattning att den stabiliserande och hygieniserande effekten som lagring i torkbäddar bidrar med går förlorad. Det finns idag inga planer på att röta slammet vid Hedesunda reningsverk. Ett örötat slam är lättare att kompostera än ett rötat, men innebär en större smittrisk för personalen. Det finns anläggningar som tar emot båda rötat och örötat

slam för kompostering (Olsson pers. medd., 2009). Den önskade TS-halten ligger på 19 till 23 % vilket bör klaras med samtliga föreslagna maskinella utrustningar. Kostnaden för hantering av det mekaniskt avvattnade slammet varierar mellan de olika anläggningarna. Om till exempel SITA skulle kompostera slammet vid Forsbacka avfallsanläggning skulle kostnaden bli 300 till 350 SEK/ton. Utöver detta tillkommer en transportkostnad på 80 till 100 SEK/ton (Olsson pers. medd., 2009). Detta bygger på att slammet lagras i en container som är lätt att lasta och lossa med den utrustning en framtida entreprenör använder. Sammantaget resulterar kompostering av mekaniskt avvattnat slam i en kostnad på ungefär 70 000 SEK/år.

### ***Slam avvattnat i vassbäddar***

Huruvida slam avvattnat i vassbäddar kan komposteras och bli anläggningsjord eller inte är svårt att avgöra idag. Detta beror på svårigheten att i förväg förutsäga hur kvaliteten på detta slam kommer att vara. Dels kommer slammet att till stor del redan vara komposterat i och med den långa lagringstiden i bäddarna, dels kommer innehållet av tungmetaller eventuellt att vara högt. Om vassbäddarna fungerar korrekt kommer volymen slam vara betydligt mindre än för övriga metoder. En reducering av volymen med 25 % uppges vara möjligt (Runesson, 2009). Det är troligt att kompostering kommer vara det bästa alternativet för ett slam avvattnat i vassbäddar, då spridning på åkermark är ett osäkrare alternativ med tanke på eventuellt förhöjda metallhalter.

Om alternativet att anlägga nya vassbäddar och behålla de gamla torkbäddarna väljs, kommer torkbäddarna att användas under cirka sex månader per år. Detta slam skulle på samma sätt som idag kunna komposteras. Eftersom den mängd slam som i så fall läggs på torkbäddarna blir ungefär hälften av den mängd som avvattnas på detta sätt vid förslaget med endast torkbäddar blir hanteringskostnaden ungefär hälften av denna. Detta innebär en kostnad på 30 500 SEK för den del av slammet som avvattnats i de gamla torkbäddarna. En trolig lösning är att torkbäddarna endast grävs ur vartannat år om de endast används hälften av året. Den del av slammet som avvattnas i vassbäddar utgörs av cirka 15-17 ton TS/år. Med en TS-halt på 30 % och en volymreduktion på 25 % innebär detta att cirka 400 ton slam ska grävas ur bäddarna om tio år. Med dagens priser innebär detta en kostnad på mellan 100 000 och 150 000 SEK/år. Sammantaget innebär detta att kostnaden för att hantera slam som avvattnats i vassbäddar under en tioårsperiod blir strax över 400 000 SEK, eller cirka 40 000 SEK/år.

Om alternativet att konvertera de befintliga torkbäddarna till vassbäddar väljs istället kommer slamvolymen i vassbäddarna vara densamma som för alternativet att helt nya bäddar anläggs. Skillnaden är den kostnad som uppstår för transporter av våtslam som inte kan avvattnas i Hedesunda under vinterhalvåret. Denna beräknades i kapitel 5.1.3 till cirka 100 000 SEK/år. Denna kostnad bedöms inte vara en kostnad för avsättning utan har redan räknats in i driftkostnaden för det aktuella avvattningsalternativet. Kostnaden för avsättning blir i detta fall endast kostnaden för kompostering av det slam som avvattnats i vassbäddar, det vill säga strax över 100 000 SEK, eller 10 000 SEK/år.

### **5.3.3. Certifiering av slam och spridning på jordbruksmark**

Certifiering av slam för spridning på jordbruksmark har beskrivits generellt i avsnitt 3.2.2. Under denna rubrik presenteras framför allt kostnaden och det arbete som krävs för certifiering av Hedesunda reningsverk. Uppgifter om kostnader och arbetsbelastning har inhämtats genom en enkät som besvarats av fyra kommuner och sju kommunala driftbolag som i dagsläget är certifierade enligt REVAQ (bilaga H, tabell B2). Storleken på de kommuner och driftbolag som besvarat enkäten varierar och organisationer som är både större och mindre än Gästrike Vatten AB finns representerade.

Spridning av slam på jordbruksmark ställer vissa praktiska krav på slamproducenten. Till exempel sker spridning av slam till produktiv mark inte regelbundet utan snarare under en kortare period varje år. Detta innebär att stor lagringskapacitet krävs. Vanligtvis sprids slamgödsel under hösten. Lagring kan ske vid reningsverket eller hos den aktuella jordbrukaren. Slammet ska vara tillräckligt hygieniserat för att få spridas på jordbruksmark. Än så länge anses långtidslagring vara en tillämplig metod för hygienisering, men det är osäkert hur detta kommer se ut i framtiden. Hos de kontaktade kommunerna/drifbolagen förekom rötning vid alla reningsverk utom ett där långtidsluftning används för stabilisering. Slammet avvattnades sedan, vanligast var avvattning i centrifuger. Den vanligaste metoden för hygienisering av det avvattnade slammet var lagring i väntan på spridning. Lagringstiden varierade mellan sex månader och ett år. Ingen annan hygienisering än lagring tycks förekomma. Majoriteten av de kontaktade kommunerna/drifbolagen hade externa entreprenörer som skötte lagring och spridning av det avvattnade slammet. Detta medför mindre jobb med att tillse att slammet kommer ut till åkermarken. Entreprenörerna hade även ansvar för att hitta intresserade jordbrukare. Ingen av de tillfrågade kommunerna/drifbolagen eller deras entreprenörer uppgav att de haft problem med att finna intresserade jordbrukare. Gårdar med stora arealer är att föredra framför flera mindre jordbruk, då färre markprovtagningar blir nödvändiga på detta sätt. Slammet som produceras i Hedesunda räcker till att gödsla 45 ha/år med en fosforgiva på 22 kg P/ha (baserat på 2009 års värde). Andelen av det slam som producerades som faktiskt spreds till jordbruksmark vid de tillfrågade kommunerna/drifbolagen varierade mellan 0 och 100 %. Några av de tillfrågade uppger att de haft driftstörningar av olika slag som inneburit att slampartier fått avsättas på annat sätt än det avsedda. Exempel på en sådan störning kan vara kraftigt höjda halter av någon tungmetall. Slammet kan då fortfarande komposteras och användas till exempel till deponitäckning.

### ***Certifieringsprocessen***

Certifieringsprocessen inleds med en skriftlig ansökan ställd till certifieringsorganet (SP). Denna ansökan skall innehålla en ”översiktlig beskrivning av slamproducentens process, organisation, kvalitets- och förbättringsarbete” (Svenskt Vatten, 2009). I detta dokument skall även redovisas vilka resurser verksamhetsutövaren avsätter för att fullfölja de åtaganden som certifieringen innebär. Den skriftliga ansökan granskas och om den bedöms som tillräcklig genomförs en inledande besiktning. Under denna besiktning granskas slamproducentens arbete med kvalitetsstyrning och ständig förbättring, vilka förutsättningar som finns för att uppfylla kraven samt handlingsplan för certifieringsarbete (Svenskt Vatten, 2009). Resultat av besiktningen redovisas i en rapport. Då slamproducenten beaktat de eventuella anmärkningar som framkommit vid besiktningen och certifieringsorganet funnit att slamproducenten uppfyller uppställda krav kan certifikat utfärdas. Processens utformning innebär att den tid det tar att bli certifierad är beroende av hur den sökandes förberedelser ser ut. Då anmärkningarna åtgärdats skall slamproducenten upprätta produktblad för det producerade slammet. Detta produktblad skall dels innehålla kortfattad information om produkten, dess sammansättning, process och avsedda användningsområden, dels information till användaren om hur slammet får användas. För de metaller som har en fördubblingstid på mindre än 500 år samt för metaller som har halter över 50 % av gällande gränsvärde krävs att en handlingsplan tas fram som redovisar hur arbetet med att minska dessa ämnen ska gå till (Svenskt Vatten, 2009). Handlingsplanen ska även innehålla åtgärder för att minska kadmiumhalten, oavsett ovan nämnda gränsvärden. En kartläggning av användningen av oönskade organiska ämnen i anslutna verksamheter ska göras. Detta kan till exempel ske genom att kräva in listor på de

kemikalier som används ifrån verksamheterna. Utifrån detta väljs sedan vilka organiska föreningar som ska prioriteras i det fortsatta arbetet.

För de kommuner/drifbolag som besvarat den utskickade enkäten har arbetet med att bli certifierade tagit mellan sex månader och två år. För de kommuner/drifbolag som var med vid uppstarten av REVAQ har certifieringen tagit längre tid, i och med att projektet ursprungligen inte innebar certifiering. Flera av de kommuner/drifbolag som kontaktats i denna undersökning har anställt extra personal som projektledare i arbetet med REVAQ. På andra ställen har personal som redan jobbat inom verksamheten engagerats och jobbat heltid eller en del av tiden med frågan. Uppskattningar kring hur mycket tid som läggs på arbetet att driva REVAQ-frågan varierar mellan lite mindre än en halvtidstjänst och flera heltidstjänster på de allra största reningsverken. På tre av de tillfrågade drifbolagen finns ingen särskild person anställd med ansvar för REVAQ. För driftpersonalen, som inte direkt arbetar med certifieringsfrågan, innebär certifiering en viss ökad arbetsbelastning i och med att nya rutiner införs och att ökad provtagning troligtvis kommer krävas.

De olika kommunerna/drifbolagen som svarat på enkäten har över lag varit positiva till arbetet med REVAQ men uppger samtidigt att hinder förekommit. Att kommunernas arbets sätt sett olika ut då arbetet påbörjats har haft en inverkan här, framför allt då det gäller att uppvisa ett strukturerat arbetssätt. Även vissa anslutna verksamheter har inneburit problem, detta gäller framför allt lakvatten från tippar. På vissa håll har arbetet med certifieringen lett till bättre samarbete inom kommunens olika avdelningar vilket upplevts som positivt. Ett problem som nämns av flera av de tillfrågade är att det är svårt att tolka de regler som gäller för certifieringssystemet.

### ***Kostnader***

Att ansluta till certifieringssystemet REVAQ innebär kostnader för själva anslutningen, en fast kostnad per år för externa kontroller av verksamheten och en kostnad för ökade insatser av personal. Kostnaden för anslutning och kontroll är uppdelad i två delar, en del som tillfaller Svenskt Vatten och en del som tillfaller certifieringsorganet SP. Svenskt Vattens avgift är 50 öre per ansluten person (Ekmark, pers. medd., 2010). För Hedesunda reningsverks del innebär detta en kostnad på 880 SEK/år. SP:s del av avgiften är uppdelad på fler olika delar. Det första året består kostnaden av anslutningsavgift, förbesiktning och informationssamtal. Detta blir strax över 30 000 SEK för den första anläggningen inom en organisation. Ytterligare anläggningar kostar sedan cirka 25 000 SEK. Den årliga avgiften till SP bekostar löpande besiktningar. Detta blir ungefär 19 000 SEK/år. Kostnaden ökar om extra besiktningar måste genomföras på grund av nedslag i tidigare besiktningar (Ekmark, pers. medd., 2010). Vid ett certifierat reningsverk krävs fortlöpande egenkontroll och uppföljning av det egna arbetet. Utöver detta genomförs normalt en besiktning per år av certifieringsorganet.

De kommuner/drifbolag som kontaktats i denna undersökning har generellt haft svårt att uppskatta den totala kostnaden för certifieringsarbetet. Vissa påtalar även den besparing som görs genom att avsättningen för slammet blir billigare. Det skulle troligtvis vara billigast för Gästrike Vatten AB att certifiera flera delar av verksamheten samtidigt, då mycket arbete kring struktur och dylikt kan samordnas. En uppdelning skulle till exempel kunna ske kommunvis. I Gävle kommun finns tre reningsverk, Duvbacken, Hedesunda och Norrsundet. Tillsammans producerar dessa reningsverk cirka 1 500 ton TS/år. En begränsning i sammanhanget är att halterna av koppar och zink i slam från Duvbackens reningsverk överskrider gränsvärdena för spridning på åkermark (Gävle Vatten AB, 2009a). Detta medför att detta slam inte kan certifieras utan att insatser vidtas för att minska dessa halter.

Norrundet och Hedesunda står tillsammans för cirka 10 % av det producerade slammet. Om Duvbackens reningsverk inte kan certifieras blir det i praktiken omöjligt att uppnå målet om att 60 % av fosfor ska återföras till produktiv mark. Ett alternativ skulle kunna vara att vänta med certifieringsarbetet och istället först arbeta för att minska halterna i slam från Duvbackens reningsverk. Då dessa halter klarar av gällande gränsvärden skulle certifieringsarbetet kunna startas för alla reningsverk i Gävle kommun.

Att lägga ner det arbete som krävs för att endast certifiera slam från Hedesunda skulle vara ineffektivt. Det är troligt utifrån de insamlade svaren att åtminstone en heltidstjänst krävs för att arbeta med certifieringsfrågan på en nivå motsvarande Gävle kommun. Om endast de två mindre reningsverken Hedesunda och Norrundet certifieras skulle arbetet eventuellt klaras av med en halvtidstjänst. Kostnaden för en heltidstjänst uppskattas till 400 000 – 500 000 SEK/år. En halvtidstjänst kostar troligtvis lite mer än hälften av detta med tanke på kringutgifter såsom sociala avgifter. Om en halvtidstjänst delas på de två mindre reningsverken i Gävle kommun blir kostnaden strax över 100 000 SEK per reningsverk och år. Det är troligt att det krävs en större arbetsinsats i början och att kostnaden kan minska längre fram. Hos de flesta av de kontaktade kommunerna/drifbolagen arbetade den person som startat upp certifieringsarbetet vidare med frågor rörande REVAQ även efter att det inledande certifieringsarbetet avslutats. En stor del av kostnaden för certifieringen består i information till användarna av avloppssystemet, information och utbildning internt och till extra provtagningar. Uppgifter från de tillfrågade kommunerna leder till att kostnaden för information, utbildning och provtagning sammanslaget skattas till cirka 300 000 SEK/år. Liksom personalkostnaden bör denna fördelas på de olika reningsverken. Om allt slam som produceras inom Gästrike Vatten certifieras samtidigt, istället för bara inom Gävle kommun, ökar troligtvis den totala kostnaden, men den slås samtidigt ut på flera enheter. Halterna av metaller bör självklart undersökas även hos övriga reningsverk innan arbetet inleds.

En sammanställning över kostnaden för certifiering enligt REVAQ redovisas i tabell 21.

**Tabell 21.** Sammanställning av kostnader för certifiering av slam vid Hedesunda reningsverk. Uppgifter från enkätundersökning med åtta kommuner/drifbolag (2010) och Ekmark (pers. medd. 2009).

<b>Kostnadspost</b>	<b>Kostnad Hedesunda (SEK/år)</b>
<b>Inledande certifiering (en gång)</b>	30 000
<b>Årlig certifieringskostnad</b>	19 000
<b>Personal, en heltidstjänst (fördelad)</b>	~100 000
<b>Information, administration, utbildning, extra provtagning (fördelad)</b>	~100 000
<b>Summa</b>	<b>~220 000 + 30 000</b>

### *Slam avvattnat i torkbäddar*

Torkbäddarna innebär ett naturligt lagringsalternativ om slammet skulle certifieras och spridas på jordbruksmark. I bäddarna sker en viss stabilisering och hygienisering genom långtidslagring. För slam som avvattnats i torkbäddar finns redan halter av metaller uppmätta för tidigare år. Detta slam kan eventuellt innebära alltför korta fördubblingstider av tungmetallhalter. De metaller som kan förekomma i för höga halter är koppar och i vissa fall kvicksilver och zink. För att slam ska kunna användas som gödsel inom en överskådlig framtid krävs att certifieringsprocessen inleds och att en handlingsplan för hur dessa halter ska



minskas tas fram. I handlingsplanen ska det även ingå förslag på hur halterna av kadmium kan minskas. Med hjälp av de siffror som redovisats i tabell 21 kan kostnaden för certifiering av slammet i torkbäddar beräknas till cirka 220 000 SEK/år. Kostnaden för lagring då torkbäddarna används kan antas vara noll, då torkbäddarna i sig innebär en lagringsplats. Utgrävning av slammet i bäddarna bör kosta lika mycket som om slammet skulle komposteras, det vill säga cirka 6 000 SEK/bädd. Kostnaden för transport av slammet till jordbruksmarken där det ska spridas kan uppskattas utifrån den kostnad som angivits för att transportera slammet till komposteringsanläggningen, det vill säga 80 till 100 SEK/ton (Olsson pers. medd., 2009). Sammanlagt kostar utgrävning och transport cirka 23 000 SEK/år. Utöver de ovan nämnda posterna tillkommer den inledande kostnaden på 30 000 SEK. Sammanlagt innebär certifiering och spridning av slam avvattnat i torkbäddar en kostnad på cirka 250 000 SEK/år.

### ***Mekaniskt avvattnat slam***

För att mekaniskt avvattnat slam ska kunna spridas på åkermark krävs möjlighet att lagra slammet en längre tid. Detta eftersom ingen annan stabilisering eller hygienisering är planerad för slammet och spridning endast sker under vissa delar av året. Det skulle vara önskvärt att slammet fick ligga ett år utan inblandning av nytt slam. Detta skulle troligtvis kunna ske på den plats där torkbäddarna finns idag. För att detta ska bli möjligt krävs någon form av transport av avvattnat slam från den plats där den mekaniska avvattningen installeras till torkbäddarna. Hur stort detta avstånd blir beror på var avvattningsutrustningen placeras. En tänkbar lösning om avståndet inte är alltför stort är att transportera ut slammet med en så kallad transportskruv. I så fall kommer det krävas någon form av lösning för att fördela slammet över hela ytan, då det kommer vara så torrt att det inte flyter ut av egen kraft. Kostnaden för detta bör beaktas i samband med valet av avvattningsutrustning.

Det är rimligt att anta att halterna av metaller i det mekaniskt avvattnade slammet är av samma storleksordning som de är i dagens slam i torkbäddarna. Det innebär att det även i detta fall kan krävas en handlingsplan med åtgärder för att minska halterna av vissa metaller i slammet. Enligt de siffror som redovisas i tabell 21 skulle kostnaden för certifiering av mekaniskt avvattnat slam bli ungefär 220 000 SEK/år. Kostnaden för lagring har även här antagits vara noll då de gamla torkbäddarna antas kunna användas för detta. Om alternativet att lagra slammet i de gamla torkbäddarna väljs kommer det även i detta fall krävas någon form av utgrävning och transport av slammet. Detta kan då antas kosta lika mycket som i det fall torkbäddarna används till avvattning, det vill säga 23 000 SEK/år. Till detta kommer den inledande anslutningskostnaden på 30 000 SEK/år. Sammanlagt skulle certifiering av mekaniskt avvattnat slam kosta cirka 250 000 SEK/år

### ***Slam avvattnat i vassbäddar***

Koncentrationen av tungmetaller kommer troligtvis att bli högre i slam som avvattnas i vassbäddar eftersom en långtgående mineralisering sker i bäddarna. Detta kan göra att spridning på åkermark inte blir ett aktuellt alternativ. Ytterligare ett problem med slam från vassbäddar är att det innehåller livskraftiga skott och frön av vass, vilka bör avdödas innan slammet sprids till jordbruksmark. Avdödning skulle till exempel kunna ske genom kompostering. Hur hanteringen av slam från vassbäddar kommer att se ut om 10-15 år då slammet är färdigt är mycket svårt att förutsäga men det är troligt att slammet kommer att användas som anläggningsjord och deponitäckning snarare än som gödsel. Om nya vassbäddar anläggs kommer torkbäddarna kunna användas under resten av året. Slammet som avvattnas i torkbäddarna under vinterhalvåret skulle de kunna grävas ur ungefär vartannat år, i och med att belastningen blir ungefär hälften av dagens belastning. Detta slam skulle kunna

användas som gödsel. Hanteringskostnaden för den del av slammet som avvattnas i torkbäddarna blir ungefär hälften av kostnaden för om bara torkbäddar används, 11 000 SEK/år, i och med att belastningen blir hälften så stor. Om en mindre del av slammet från Hedesunda certifieras är det rimligt att en mindre del av den totala kostnaden för certifieringsarbetet bärs av detta reningsverk, och även denna kostnad blir därför lägre. Hur denna fördelning av kostnader ska se ut är mycket osäkert men en kostnad av storleksordningen 150 000 SEK/år kan nog fortfarande väntas för certifieringsarbetet.

Om slammet skulle avvattnas i vassbäddar skulle tömning av dessa endast behöva ske ungefär vart tionde år. I det fall de nuvarande torkbäddarna konverteras till vassbäddar kommer stora mängder våtslam behöva transporteras till Duvbackens reningsverk eller tas om hand på annat sätt. Avsättningen för denna del av slammet har inte studerats närmare i denna rapport utan kommer följa den hantering som sker vid Duvbackens reningsverk.

#### 5.4. JÄMFÖRELSE AV OLIKA AVSÄTTNINGSSALTERNATIV

I denna studie har två olika möjliga avsättningsalternativ jämförts. Flera andra alternativ skulle vara möjliga i framtiden men det har varit svårt att bedöma dessa. Valet av avsättningsalternativ styrs till viss del av kostnaden men då slamhantering är ett omtvistat område styrs valet även av ställningstaganden i miljöfrågan. Miljöfrågan är en faktor som är svår att kvantifiera och där ord står mot ord om till exempel hur farliga tungmetaller är i åkermark. För Gävle Vattens del är målet att återföra 60 % av den fosfor som tillförs avloppet till produktiv mark. Detta kommer inte vara möjligt utan att slam från Duvbackens reningsverk certifieras, något som idag är omöjligt på grund av för höga metallhalter. I tabell 22 redovisas en sammanställning över kostnaderna för de olika alternativen.

**Tabell 22.** Jämförelse mellan olika hanteringsalternativ för avvattnat slam.

<b>Avvattningsmetod</b>	<b>Kompostering (SEK/år)</b>	<b>Certifiering och gödning (SEK/år)</b>
<b>Torkbäddar</b>	61 000	250 000 (+30 000)
<b>Mekanisk avvattning</b>	70 000	250 000 (+30 000)
<b>Vassbäddar</b>		
-nya vassbäddar	40 000	~160 000 (+30 000)
-ombyggda torkbäddar	10 000	

## 6. DISKUSSION

För den framtida driften av Hedesunda reningsverk är det önskvärt att ett helhetsgrepp tas på slamhanteringen. Detta innefattar både avvattningen av slammet och avsättning för det avvattnade slammet. I kapitel 5.1 och 5.3 presenteras de tillgängliga alternativen för avvattning och avsättning. I kapitel 5.2 och 5.4 jämförs sedan de föreslagna alternativen. I detta kapitel diskuteras resultatet av dessa jämförelser.

### 6.1. AVVATTNINGSMETODER

I undersökningen har elva olika alternativ för slamavvattning undersökts och jämförts utifrån i förväg uppställda parametrar. För att enklare kunna se vilka alternativ som bäst uppfyllde kraven sattes betyg på varje parameter och en sammanvägning gjordes (tabell 16). Detta resulterade i att restaurering av de befintliga bäddarna (tre olika förslag), anläggandet av nya vassbäddar (två olika förslag) och silbandpressen DEWA PC7 bedömdes vara de bäst lämpade alternativen för framtida slamavvattning. Utöver dessa placerade sig även nollalternativet, att fortsätta driften som i dagsläget, högt. Detta har dock inte ansetts vara ett realistiskt alternativ för den framtida driften. Metoden att betygsätta alternativen är inte objektiv, utan resultatet kan påverkas genom valet av parametrar, viktningsskattningar och betygsgrupper. Ambitionen har varit att göra logiska och motiverade val av betyg och viktningsskattningar. Då parametrarna delades in i olika betygsgrupper gjordes detta så att ungefär lika många betyg skulle ges i varje kategori, det vill säga lika många ettor, tvåor och treor. För vissa parametrar, där alla alternativ var likvärdiga, var sådan spridning givetvis omöjlig. För de parametrar där data saknats har det lägsta betyget utdelats. Detta har skett på tre ställen i tabell 16 och på två av dessa ställen hade ett högre betyg inte ändrat rangordningen mellan alternativen. På det sista stället, för slampressen SAV och parametern servicekostnad hade ett högre betyg inneburit att denna ansetts bättre lämpad än silbandpressen DEWA PC7. För att detta ska bli aktuellt krävs i så fall att servicekostnaden för SAV 10/05 är lägre än 5000 SEK/år.

Nedan diskuteras parametrarna inom respektive kategori i detalj. Utöver detta diskuteras förslaget att restaurera de befintliga bäddarna, då detta alternativ ansågs vara bäst lämpat.

#### 6.1.1. Ekonomi

Parametrarna i kategorin ekonomi var investeringskostnad, driftkostnad, servicekostnad, ytbehov, dimensionering, TS-halt och livslängd. Dessa har tilldelats vikten 0,7. Att tilldela ekonomiska faktorer större vikt än miljörelaterade parametrar sker ofta vid upphandlingar inom Gästrikre Vatten AB (Weglin Nilsson, pers. medd., 2009). Detta förfarande kan ifrågasättas men i denna studie har ambitionen varit att följa det arbetssätt som normalt tillämpas inom Gästrikre Vatten AB.

Investeringskostnader som anges för maskinella utrustningar är uppgifter från respektive leverantör och kan således anses vara pålitliga. Investeringskostnaden för restaurering av de befintliga bäddarna och för anläggandet av vassbäddar har uppskattats utifrån mer svårtydda uppgifter och dessa innehåller därför större osäkerheter. Där ett spann angivits på kostnaden, har ett värde i mitten av spannet valts för jämförelsen.

Det kan konstateras att variationen mellan de olika alternativen är mycket stor då det gäller driftkostnaden. Det är framför allt elkostnaden som bidrar till denna variation. Polymerkostnaden, som också är en del av driftkostnaden utgjorde som mest 27 % av driftkostnaden. Effektbehovet har beräknats enligt ekvation 1 och driftkostnaden har beräknats enligt ekvation 2 i avsnitt 4.1. En uppenbar brist med metoden att använda el- och

polymerkostnader är att den gynnar överdimensionerade utrustningar och straffar de mer välanpassade. Detta märks särskilt tydligt på den mycket höga driftkostnaden för slampressen SAV, som är dimensionerad för ett lågt flöde och därmed kräver många drifttimmar per år. Detta innebär en stor energiförbrukning totalt sett, trots att effektbehovet per kg TS inte är stort. Överdimensionerade utrustningar behöver endast gå en kort tid, eftersom de kan behandla ett stort flöde. Problemet är att slammet ska lagras någonstans till dess utrustningen används. I dagsläget är det enda magasin som skulle kunna fylla denna funktion den gravimetriska förtjockaren. Denna har en total volym på cirka 20 m<sup>3</sup>. Om även förtjockning önskas krävs en marginal för att det i överkanten av bassängen ska kunna dekanteras av en klarfas. Ett annat problem som kan uppstå vid val av överdimensionerad utrustning är igensättning och andra driftstörningar som beror på att utrustningen står stilla längre perioder. Överdimensionerade utrustningar är oftast mycket dyrare i investeringskostnader än mer lämpligt anpassade utrustningar. Skulle dessutom ett nytt slamlager behöva byggas skulle kostnaden för överdimensionerade utrustningar stiga ytterligare. Det kan konstateras att inget av de tre alternativen som ansetts bäst lämpade i denna undersökning är överdimensionerat i förhållande till det verkliga flödet i Hedesunda. DEWA PC 7 är den maskinella utrustning som ansetts bäst lämpad, tätt följd av SAV 10/05. Silbandpressen DEWA PC7 har fördelen att ha både en låg investeringskostnad och en låg driftkostnad, medan driftkostnaden för SAV 10/05 är hög. Att utrustningarna är dimensionerade för ett relativt litet flöde är positivt. Att DEWA PC7 klarar av att behandla detta med ett lågt effektbehov gör att denna kan anses vara bättre lämpad. Då det gäller bäddar av olika slag är dimensioneringen lättare att anpassa exakt genom att helt enkelt bygga olika stora bäddar, samtidigt som det är svårt att veta i förväg vilken dimensionering som är bäst lämpad.

En annan faktor som påverkar ekonomin är behovet av service och underhåll. För de alternativ som inkluderar maskinell utrustning kommer behovet troligtvis att bli något större än för dagens hantering i torkbäddar och för vassbäddar. Detta beror på att det finns fler maskindelar som kan ställa till problem. Det kommer under en period då ett nytt alternativ installeras och driftsätts att krävas mer engagemang av personalen. Denna fas blir troligtvis längst för alternativet med vassbäddar där vassplantorna ska etableras medan den blir ungefär lika lång för de olika maskinella utrustningarna. Denna faktor har inte tillmätts något särskilt utrymme i jämförelsen men kan vara värd att beakta vid valet av framtida utrustning.

I figur 12 jämfördes service-, drift- och investeringskostnad för de olika alternativen med nollalternativet med hjälp av annuitetsmetoden. Figuren tydliggör den stora skillnaden i driftkostnad mellan de olika alternativen och den effekt denna har på den totala kostnaden per år. Det är intressant att denna figur inte ger samma rangordning som betygssättningen i tabell 15. De alternativ som ansågs bäst i betygssättningen hamnar dock högt upp även i beräkningen enligt annuitetsmetoden.

Det är önskvärt att behovet av tillsyn inte blir avsevärt större än i dagsläget. Torkbäddarna besöks av personal en till två gånger per vecka. Detta tycks uppfyllas av samtliga undersökta utrustningar. Under den tid då ett nytt alternativ installeras kommer troligtvis fler besök krävas. Här avviker den längre uppstartsfasen som föreligger vid anläggandet av vassbäddar i och med att vassen ska etableras i bäddarna. I ett längre perspektiv kan vassbäddarna vara bland de alternativ som kräver minst tillsyn då de är relativt självgående. I det fall extra personal anlitas för plantering och skötsel av vassen finns möjligheten att erbjuda sommarvikariat åt ungdomar vilket kan anses vara positivt. En fråga som ställdes i enkäten kring avvattningsutrustningar var huruvida utrustningarna gick att styra externt via datorer.

Detta visade sig vara fallet för samtliga utrustningar varför denna parameter inte blev åtskiljande vid en jämförelse.

I samband med ekonomin beaktades även behovet av ombyggnationer. I jämförelsen har det värderats som besvärligare att bygga utanför det område som idag ägs av reningsverket än inom detta. Detta har motiverats med att det kräver ytterligare kontakter med externa aktörer samt den extra kostnaden som tillkommer för inköp av mark. För de mekaniska avvattningsutrustningarna räknades kostnaden för bygge av utrymme åt utrustningarna in i investeringskostnaden. Denna kostnad skattade grovt och det är troligt att den verkliga kostnaden för ett bygge avviker från denna.

Uppgifter om livslängd och TS-halt har inhämtats från respektive leverantör, men här bör beaktas att båda dessa kan variera beroende på lokala förhållanden. Slammets karaktär påverkar den TS-halt som kan uppnås. Avvattningsutrustningens funktion påverkas till exempel av fiberinnehållet i slammet och av om det är ett bioslam eller ett kemslam. Underhållet av maskiner påverkar deras livslängd. Vassbäddar har en beräknad livslängd på 30 år. I dagsläget har inga vassbäddar funnits så länge i Sverige och antalet cykler med tömning och fyllning har därför inte kunnat bedömas noggrannare. De befintliga torkbäddarna har använts under tio år och den kvarvarande livstiden har uppskattats till 10-15 år. Denna tid skulle kunna förlängas om bäddarna restaurerades. Betyg har satts utifrån den angivna livslängden och den angivna TS-halten.

### **6.1.2. Miljö**

De parametrar som bedömts vara miljörelaterade i denna undersökning är rejektvattnets kvalitet, vattenförbrukningen, energibehovet och polymerförbrukningen. Flera andra parametrar kan också relateras till miljön, men har ansetts ha en starkare anknytning till ekonomi. Detta gäller till exempel TS-halten. Den påverkan på miljön som uppstår på grund av de olika avvattningsmetoderna är dels lokal, dels av en mer global karaktär. Faktorer som påverkar den lokala miljön i större utsträckning är till exempel kvaliteten på rejektvattnet och behovet av spolvatten. Energitillbehovet och livslängden hos utrustningen är exempel på faktorer som påverkar miljön i ett större perspektiv. Den indelning av parametrar som valts är inte entydig och vissa parametrar, som behovet av polymer och den TS-halt som kan uppnås är svårare att placera. Polymer tillverkas långt från reningsverket i en energikrävande process och transporteras till reningsverket. Dessutom hamnar polymeren i slammet och vattnet och riskerar att förorena miljön lokalt. Detta gäller speciellt vid spridning av slam på åkermark. Av de undersökta alternativen är det endast vassbäddar som inte kräver tillsats av polymer och detta slam kommer troligtvis inte kunna användas som gödsel på grund av för höga metallhalter.

Ett vanligt sätt att bedöma miljöpåverkan är genom att undersöka utsläppet av växthusgaser. Flera olika steg i slamhanteringen ger upphov till utsläpp av växthusgaser, men storleken av dessa utsläpp har inte utretts närmare i denna studie. Exempel på utsläppskällor för slamhanteringen vid Hedesunda reningsverk är till exempel transporter av slam och energiframställning. Även lagring av slam i tork- eller vassbäddar kan ge upphov till utsläpp av växthusgaser genom att det bland annat bildas metan i nedbrytningsprocesser i bäddarna. Metan är en potent växthusgas.

Hur väl slamavvattningen fungerar är avgörande ur miljösynpunkt. Den uppnådda TS-halten styr behovet av transporter, vilket påverkar miljön. Men TS-halten är till viss del även beroende av energiåtgången och tillsatsen av polymer. Sammantaget är miljöfrågan ett

komplext nätverk av olika faktorer som bör beaktas tillsammans. För detta är de valda jämförelsemetoderna inte optimala och miljöfrågan har eventuellt inte fått den tyngd som vore önskvärdt. Av de tre alternativ som ansetts bäst lämpade är två alternativ, vassbäddar och torkbäddar, att betrakta som miljövänligare alternativ. Dessa har en lägre energiåtgång och ett lägre behov av kemikalietillsats.

Antalet transporter av slam för de olika alternativen påverkar miljön. Om torkbäddarna restaureras och i framtiden fungerar tillfredsställande kommer slam bara behöva transporteras då bäddarna grävs ur. För en maskinell utrustning som DEWA PC7 kommer det att krävas ungefär lika många transporter som för fungerande torkbäddar, men utspritt på flera tillfällen. För de maskinella utrustningarna finns även alternativet att bygga en lokal lagring av det avvattnade slammet, till exempel på den plats där dagens torkbäddar finns. För vassbäddar beror behovet av transporter på vilket av de två alternativen som väljs. Om slam som inte ryms i vassbäddarna kan lagras i torkbäddarna blir behovet av transporter något lägre än för alternativen med torkbäddar eller en silbandpress. De extra torkbäddarna behöver grävas ur mer sällan än om bara torkbäddar används och slammet som avvattnas i vassbäddar mineraliserar och avvattnas mer effektivt vilket leder till en mindre volym och färre transporter. Om bara vassbäddar väljs, kommer stora mängder våtslam behöva transporteras till Duvbackens reningsverk.

Samtliga miljörelaterade parametrar bygger på uppgifter från respektive leverantör. Alla parametrar kan dock variera beroende på lokala förhållanden som slammets karaktär. Detta gäller särskilt rejecktvattnets kvalitet och polymerbehovet. Detta medför att viss osäkerhet finns i dessa värden. En parameter som undersökts i kategorin miljö var risken för eventuella luktproblem. Det visade sig svårt att basera någon jämförelse på denna parameter då samtliga maskinella utrustningar är slutna, och därmed har en liknande risk för luktproblem. Då det gäller vassbäddar och restaurerade torkbäddar torde situationen bli ungefär densamma som idag, det vill säga liten risk för luktproblem så länge de belastas korrekt.

I frågan om vattenförbrukningen har alternativet att använda utgående avloppsvatten som spolvatten diskuterats för de två silbandpressarna som föreslagits. Kostnaden för att installera en sådan lösning har inte diskuterats i denna rapport.

Energiförbrukningen påverkas till stor del av dimensioneringen, vilket slagit igenom även i driftkostnaden. Att energiförbrukningen beräknats med en förenklad metod kan också ha påverkat resultatet.

### **6.1.3. Framtida avvattning i restaurerade torkbäddar**

Att restaurera de befintliga bäddarna bedömdes i denna undersökning som det bäst lämpade alternativet för framtida slamavvattning vid Hedesunda reningsverk. Det är viktigt för att en sådan upprustning ska lyckas att de nuvarande problemen kartläggs noggrant. Förslaget att rusta upp torkbäddarna delades i denna undersökning in i tre olika delar:

- att anlägga ytterligare en bädd,
- att restaurera dräneringslagren i botten av bädden och
- att skifta tömningsperiod för bäddarna.

Utöver detta är det möjligt att kombinera flera av dessa alternativ. Den troligaste lösningen är i så fall att bygga ytterligare en bädd och samtidigt restaurera dräneringen i de befintliga bäddarna. Detta skulle få till följd att tömningsperioden skiftades, i och med att bäddarna inte

kan belastas under den tid de restaureras. Med tre bäddar är det också troligt att varje bädd får en längre viloperiod än i dagsläget. Utgrävning kommer troligtvis ske lite oftare än en bädd per år, vilket innebär att tömningscykeln kommer bli annorlunda mot hur den ser ut idag. Betygssumman på motsvarande sätt som i tabell 16 för kombinationen att anlägga ytterligare en bädd och samtidigt restaurera de befintliga bäddarna blir 19,6. Detta innebär att detta fortfarande är ett av de bäst lämpade alternativen.

I denna studie begränsades kartläggningen av problemen till provtagning av de befintliga bäddarna och analys av TS-halt och glödförlust. Resultatet av denna undersökning visades i figur 5 och figur 6. Det tycks utifrån dessa figurer som om dräneringen fungerar i bäddarna, eftersom TS-halten tycks vara högre i botten av bädden än vid ytan. Detta antyder att vatten lämnar slammet i den nedre delen. En svag tendens finns också till att TS-halten är högre i ytan av bädden. Detta skulle kunna antydas att vatten avgår genom evaporation. Den lägre TS-halten i mitten av bädden skulle eventuellt kunna åtgärdas genom att sänka nivån i bädden. Detta skulle kräva att det slam som inte kan läggas på bäddarna avvattnas på något annat sätt. Området kring torkbäddarna ligger lågt och tidigare undersökningar har visat att grundvattenytan tidvis är hög i området (Karlsson, 1999). Botten och sidorna av bädden är täckta med geotextil men om hål eller revor finns i textilen skulle grundvatten kunna tränga in i bädden. För att bedöma detta skulle noggrannare mätningar behöva göras av grundvattennivå och vattenhalt i slammet på flera olika ställen i bädden. Tätskiktet skulle också kunna besiktigas vid tömningen av bäddarna.

Grafen över glödförlust i figur 6 antyder att halten organiskt material är högre i botten av bädden än i ytan. Detta beror troligtvis på lägre nedbrytning i botten av bädden, vilket i sin tur skulle kunna härledas till att syrehalten troligtvis är lägre i botten av bädden. En högre nedbrytning är önskvärt då detta reducerar volymen av slammet och minskar risken för smittspridning vid hantering av slammet. Syrefattigt slam har oftast en mörkare färg än ett syrerikt slam. Då slammet togs upp ur bädden erhöles en cylinder av slam och färgen kunde studeras. Ingen färgskillnad noterades då längs med profilen, även om slammet på det hela taget var mörkt. Mindre variationer i syrehalt skulle kunna förekomma även om de inte detekterades med blotta ögat. Om syrehalten är lägre i botten av bädden än högre upp skulle det kunna indikera att syresättningen via dräneringsrören inte fungerar tillfredställande. Detta understryker i så fall vikten av att besiktiga dräneringslagren i bäddarna vid tömning.

De försök med frystorkning av slam som genomförts i Lövånger antyder att frysning har en positiv inverkan på avvattningen i slamtorkbäddar. De data som funnits tillgängliga för att bedöma temperaturen i Hedesunda antyder att klimatet är för varmt för att liknande metoder skulle fungera där. Temperaturmätningarna kommer dock från en plats långt från torkbäddarna och en stor osäkerhet finns således. För att frystorkning ska kunna fungera effektivt skulle bäddarna behöva börja belastas på hösten och grävas ur på våren, det vill säga användas under endast en del av året. Tanken är att varje lager slam ska hinna frysa innan ett nytt lager läggs ovanpå det första. Detta skulle kräva någon annan hantering av slam under resten av året, till exempel i en annan torkbädd.

Oavsett vilket alternativ som väljs för den framtida avvattningen skulle ytterligare information om bäddarnas funktion kunna inhämtas då en bädd grävs ur under våren 2010. Till exempel skulle dräneringsrören kunna undersökas närmare. En fördel med alternativet att rusta upp de befintliga bäddarna är att det kan göras i flera steg, utan att resultatet försämras. Det är till exempel möjligt att rusta upp en bädd i taget och se vilken effekt en sådan förändring har. Om detta inte är tillräckligt kan man dessutom längre fram anlägga ytterligare en bädd.

## 6.2. AVSÄTTNINGSSALTERNATIV

Avsättningen för det avvattnade slammet är både en ekonomisk och miljömässig fråga, men det är svårare att urskilja jämförbara parametrar på det sätt som gjorts i fråga om avvattningsutrustning. Kostnaden för de olika alternativen har uppskattats på olika sätt eftersom metoderna varit så pass olika. För alternativet att kompostera slammet har tillförlitliga uppgifter kunnat inhämtas från de två operatörer som sköter kompostering av slam från Gästrike Vattens anläggningar i dagsläget. För alternativet att certifiera slammet för att sprida det på åkermark har kostnaden uppskattats utifrån en enkät som skickats ut till de kommuner och driftbolag som idag är anslutna till REVAQ. Undersökningen visar att det blir dyrt med certifiering för en så liten mängd slam som produceras vid Hedesunda och Norrsundets reningsverk (tabell 22). Kostnadsbilden skulle troligtvis se annorlunda ut om även Duvbackens slam kunde certifieras. Alternativet att certifiera slammet kan innebära återföring av fosfor till produktiv mark, vilket är ett viktigt mål för Gävle Vatten AB. Detta uppfylls inte av alternativet att kompostera slammet. Målet att 60 % av fosfor ska återföras kan inte uppfyllas utan att även Duvbackens reningsverk ingår i certifieringsprocessen.

Det krävs många steg innan slammet kan användas som gödsel och certifieringsprocessen kommer att ta lång tid. Hur lång tid det tar beror till viss del på hur stort engagemang som finns för frågan hos Gästrike Vatten AB och på om halterna av metaller i slam från Duvbackens reningsverk ska minskas innan certifieringsarbetet inleds. Flera olika dokument behöver upprättas och rutiner skapas. Den enkätundersökning som genomförts pekar på att det troligtvis krävs åtminstone en halvtidstjänst för att starta igång certifieringsarbetet, förutsatt att detta görs på en nivå motsvarande Hedesunda och Norrsundets reningsverk. Under den tid då certifieringsarbetet startas kommer ett annat alternativ att behövas för avsättning av slam. En handlingsplan för hur halterna av vissa metaller i slammet ska sänkas behöver tas fram. En förutsättning för slamgödsling är att det finns jordbrukare som är intresserade av slammet inom rimligt avstånd från reningsverket. Detta har inte undersökts i denna studie utan bör vara ett första steg i en eventuell certifieringsprocess. Resultatet av den genomförda enkätundersökningen pekar på att det inte varit svårt att hitta lämplig jordbruksmark för slammet.

I det fall vassbäddar anläggs i Hedesunda hamnar avsättningsfrågan i ett annat ljus. Det råder osäkerhet kring hur metallinnehållet i slammet kommer att se ut efter den långa lagringstiden. Omvärldens syn på slamhantering kan förändras mycket på tio år och det är troligt att nya lagar och regler hinner träda i kraft. Ett troligt alternativ sett från dagens syn på slam är att slammet i vassbäddarna används till exempel till deponitäckning.



## 7. SLUTSATSER

De tre alternativ till framtida slamavvattningen vid reningsverket i Hedesunda som är bäst lämpade är restaurering av de befintliga bäddarna, anläggande av vassbäddar och silbandpressen DEWA PC7.

Det bäst lämpade alternativet för avvattning är restaurering av de befintliga bäddarna. Detta alternativ delades upp i tre olika delförslag. En fördel med restaureringsalternativet är möjligheten att genomföra dessa olika delar i etapper, till exempel att först undersöka hur dräneringen i botten av bäddarna fungerar och utifrån det avgöra vilka ytterligare åtgärder som krävs. Kostnaden för restaureringen av bäddarna styrs av vilka av de föreslagna insatserna som väljs men även om de olika delarna kombinerades ansågs restaurering vara det ekonomiskt och miljömässigt fördelaktigaste alternativet.

Avsättningen av det avvattnade slammet styrs till viss del av vilket alternativ som väljs för avvattningen. I det fallet vassbäddar anläggs behöver avsättningen av en del av slammet inte lösas förrän om ungefär tio år. Med tanke på Gävle Vatten AB:s målsättning att återföra 60 % av fosfor i avloppsvattnet till produktiv mark är alternativet att certifiera slammet att föredra. Detta är dock avsevärt mycket dyrare än alternativet att kompostera slammet. Ett alternativ för att sänka kostnaden är att först arbeta för att minska halterna av tungmetaller i slammet vid Duvbackens reningsverk. På detta sätt skulle Duvbackens slam kunna certifieras samtidigt som slam från övriga reningsverk i Gävle kommun. Även om certifiering av slammet i Hedesunda inleds så snart som möjligt kommer spridning av slam på jordbruksmark att dröja några år för Hedesundas del i och med att certifieringsarbetet är en utdragen process.

Ett förslag till handlingsplan för Hedesunda reningsverks slamhantering redovisas i tabell 23.

**Tabell 23.** Förslag till handlingsplan för Hedesunda reningsverk.

Process	Åtgärder	Kostnader
<b>Slamavvattning</b>	Vid tömning av bädd 1: Utred dräneringslagrets funktion och undersök tätskikt i botten av bädden. Besluta om åtgärder utifrån resultatet av undersökningen. Starta eventuell restaurering av dräneringslager och tätskikt. Om restaurering av dräneringslager inte haft avsedd effekt kan ytterligare en bädd anläggas.	Cirka 500 000 till 700 000 SEK i investeringskostnad, beroende på vilka åtgärder som genomförs.
<b>Avsättning för avvattnat slam</b>	Inledningsvis bör nuvarande hantering med kompostering och tillverkning av anläggningsjord fortsätta. Besluta om hur certifieringsarbetet ska bedrivas. Besluta om eventuella åtgärder för att kunna certifiera slam från Duvbackens reningsverk.	61 000 SEK/år så länge kompostering används. Cirka 250 000 SEK/år för certifiering om endast Hedesunda och Norrsundet certifieras.

## 8. REFERENSER

### 8.1. SKRIFTLIGA REFERENSER

Augustinsson, H., (2003), *Växtnäring från avlopp – historik, kvalitetssäkring och lagar*. Naturvårdsverket rapport 5220, Naturvårdsverket, Stockholm.

Carlsson, B., (2003), *Växtnäring från avlopp – aktörernas värderingar, ställningstaganden och agerande*. Naturvårdsverket rapport 5223, Naturvårdsverket, Stockholm.

Carlsson, B., (1997), *Lägesrapport om användning av avloppsslam i jordbruket i OPR-länen. Regional växtodlings- och växtskyddskonferens. Uddevalla 8-9 jan 1997*. Hämtad 2009-09-21 från: [http://chaos.bibul.slu.se/sll/slu/utan\\_serietitel\\_slu/UST97-6/UST97-6D.HTM](http://chaos.bibul.slu.se/sll/slu/utan_serietitel_slu/UST97-6/UST97-6D.HTM).

Dentel, S. K., (2001), *Conditioning, thickening, and dewatering: research update/research needs*. Water Science and Technology, Vol 44 No 10 pp 9-18.

Eriksson, J., (2001), *Halter av 61 spårelement i avloppsslam, stallgödsel, handelsgödsel, nederbörd samt i jord och gröda*. Naturvårdsverkets rapport 5148, Naturvårdsverket, Stockholm.

Eriksson, J., Andersson, A., Andersson, R., (1997) *Tillståndet i svensk åkermark*. Naturvårdsverkets rapport 4778, Naturvårdsverket, Stockholm.

Eveborn, D., Baky, A., Norén, A., Palm, O., (2008), *Erfarenheter och kunskapsläge vid tömning av slamavskiljare JTI-rapport Kretslopp & Avfall 41, JTI, Uppsala*.

Fries, J., (1998), *Kallelse, 1998-10-27 Storvik ARV, projektering VBB VIAK, Falun*.

Fäldt, K., (2009), *Hedesundas läge i Gävle kommun* Bygg och Miljö, Gävle kommun, Gävle.

Fäldt, K., (2009), *Reningsverkets läge i Hedesunda samt skyddsområde för grundvattentäkt* Bygg och Miljö, Gävle kommun, Gävle.

Gävle Vatten AB, (2002), *Miljörapport 2002 – Hedesunda reningsverk*. Gävle Vatten AB, Gävle.

Gävle Vatten AB, (2004), *Miljörapport 2004 – Hedesunda reningsverk*. Gävle Vatten AB, Gävle.

Gävle Vatten AB, (2005), *Miljörapport 2005 – Hedesunda reningsverk*. Gävle Vatten AB, Gävle.

Gävle Vatten AB, (2006), *Miljörapport 2006 – Hedesunda reningsverk*. Gävle Vatten AB, Gävle.

Gävle Vatten AB, (2007), *Miljörapport 2007 – Hedesunda reningsverk*. Gävle Vatten AB, Gävle.

Gävle Vatten AB, (2008), *Miljörapport 2008 – Hedesunda reningsverk*. Gävle Vatten AB, Gävle.

Gävle Vatten AB, (2009a), *Miljörapport 2009 – Duvbackens reningsverk*. Gävle Vatten AB, Gävle.

Gävle Vatten AB, (2009b), *Miljörapport 2009 – Hedesunda reningsverk*. Gävle Vatten AB, Gävle.

Gävle Vatten AB, (2009c), *Övergripande verksamhetsplan 2010 utblick 2013 Gävle Vatten AB*. Internt dokument Gävle Vatten AB, Gävle.

Hellström, D., Kvarnström, E., (1997), *Avvattning av avloppsslam med naturnära metoder. Erfarenheter från ett fullskaleförsök i Lövånger*. VA-Forsk rapport 1997-12, Stockholm.

Hydropress Huber AB, (2009), *Rotamat Skruvpress RoS 3 / RoS 3-Q*. Hämtad 2009-11-19 från: <http://www.hubersverige.se/RotamatSkruvpressRoS3RoS3Q.htm>.

Initiativet Ren Åker Ren Mat, (2009), *Ren åker ren mat*. Hämtad 2009-11-17 från: [www.renakerrenmat.se](http://www.renakerrenmat.se).

Karlsson, M., (1999), *Miljökonsekvensbeskrivning avseende om- och tillbyggnad av Hedesunda avloppsreningsverk*. Gävle Vatten, Affärsverket. Gävle.

Kjellén, B.J., Andersson, A-C., (2002), *Energihandbok för avloppsreningsverk*. Svenskt Vatten AB, Stockholm.

Kopp, J., Dichtl, N., (2001), *Influence of the free water content on the dewaterability of sewage sludges*. Water Science and Technology, Vol 44 No 10 pp 177-183.

Kärrman, E., Malmqvist, P-A., Rydhagen, B., Svensson, G., (2007), *Utvärdering av REVAQ-projektet*. Svenskt vatten utveckling Rapport 2007-02, Svenskt Vatten, Stockholm.

Lantmäterimyndigheten, (1999), *Överenskommelse om fastighetsreglering*. Diarienummer XK1:F 1999.0178, Gävle.

Lingsten, A., (2006), *Gästrikens Vatten*. Lingsten Konsult. Stockholm.

Ljung, B., Högberg, O., (1996), *Investeringsbedömning – En introduktion* Liber, Malmö.

Miljömålsportalen, (2009), *Avfall (2005-2015)* Hämtad 2009-09-21 från: <http://www.miljomal.se/15-God-bebyggd-miljo/Delmal/Avfall-2005-2015/>.

Naturvårdsverket, (2003), *Aktionsplan för återföring av fosfor ur avlopp (Huvudrapport till Bra slam och fosfor i kretslopp)*. Naturvårdsverket rapport 5214, Naturvårdsverket, Stockholm.

Naturvårdsverket, (2009a), *Redovisning av regeringsuppdrag 21, Uppdatering av "Aktionsplan för återföring av fosfor ur avlopp"*. Hämtad 2010-01-19 från: [http://www.naturvardsverket.se/upload/30\\_global\\_meny/02\\_aktuellt/yttranden/Sa\\_har\\_vill\\_vi\\_aterfora\\_mer\\_fosfor\\_till\\_kretsloppet/Slutrapport\\_RU\\_21.pdf](http://www.naturvardsverket.se/upload/30_global_meny/02_aktuellt/yttranden/Sa_har_vill_vi_aterfora_mer_fosfor_till_kretsloppet/Slutrapport_RU_21.pdf).

Naturvårdsverket, (2009b), *Vägledning om Naturvårdsverkets föreskrifter om miljörapport*. Hämtad 2009-11-24 från: [http://www.naturvardsverket.se/upload/03\\_lagar\\_och\\_andra\\_styrmedel/tillsyn\\_och egenkontroll/Egenkontroll/Miljorapportering/vagledning\\_miljorapportering\\_2009\\_03\\_05.pdf](http://www.naturvardsverket.se/upload/03_lagar_och_andra_styrmedel/tillsyn_och egenkontroll/Egenkontroll/Miljorapportering/vagledning_miljorapportering_2009_03_05.pdf).

Nielsen, S., (2007), *"Helsingør sludge reed bed system"*. Rapport av företaget Orbicon A/S. Hämtad 2010-02-10 från: <http://www.orbicon.com/References.3535.aspx?recordid3535=129>.

NSG, (1999), *Protokoll NSG den 21 oktober 1999 hos VAV*. Sekreterare VAV.

Petersson, A., (2008), *E-postmeddelande till Johanna Weglin Nilsson*. Juni 2008.

Ridderstolpe, P., (1998), *Hedesunda reningsverk – efterbehandling med naturnära teknik*. Konsultrapport WRS ekoteknik AB, Uppsala.

Runesson, M., (2003), *Vassbäddar i svenskt klimat – en kunskaps- och erfarenhetssammanställning*. Informationsmaterial utskickat av Vegtech AB.

Sandviken Energi AB, (2009), *Miljörapport 2008 Storviks avloppsreningsverk*. Sandviken Energi AB, Sandviken.

SCB, (2008), *Utsläpp till vatten och slamproduktion - Kommunala reningsverk, skogsindustri samt viss övrig industri* Hämtad 2009-09-21 från: [http://www.scb.se/Pages/Product\\_\\_\\_\\_74540.aspx](http://www.scb.se/Pages/Product____74540.aspx).

SCB, (2009), *Tillförsel av gödselmedel (utom kväve) efter län, växtnäringsämne, grödgrupp och gödselslag. Urvalsundersökning, se fotnoter. År 1998/1999-2006/2007*. Hämtad (2009-11-23 från: <http://www.ssd.scb.se/databaser/makro/MainTable.asp?yp=skaee&xu=90466001&omradekod=MI&omradetext=Milj%F6&lang=1&langdb=1>.

SCB, (2010), *Konsumentprisindex*, Hämtad 2010-01-19 från: <http://www.ssd.scb.se/databaser/makro/sokres.asp?sokord=konsumentprisindex&soktyp=1&lang=1&sokr=1>

Schönning, C., (2003), *Risker för smittspridning via avloppsslam – redovisning av behandlingsmetoder och föreskrifter*. Naturvårdsverkets rapport 5215, Naturvårdsverket, Stockholm.

SFS 1998:944 *Förordning om förbud m.m. i visas fall i samband med hantering, införsel och utförsel av kemiska produkter*. Hämtad 2009-09-21 från: <http://www.notisum.se/Pub/Doc.aspx?url=/rnp/sls/lag/19980944.htm>.

SFS 2001:512 *Förordningen om deponering av avfall*. Hämtad 2009-09-21 från: <http://www.notisum.se/Pub/Doc.aspx?url=/rnp/sls/lag/20010512.htm>.

SITA Sverige AB, (2009a), *Faktura 4078240*. Tillgänglig via Gästrike Vatten AB.

SITA Sverige AB, (2009b), *Faktura 4095989*. Tillgänglig via Gästrike Vatten AB.

SMHI, (2009), *Dataserier för observationsstationer 1961-2008*. Hämtad 2009-12-14 från: <http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/dataserier-for-observationsstationer-1961-2008-1.7375>.

SNFS 1994:2, *Kungörelse med föreskrifter om skydd för miljön, särskilt marken, när avloppsslam används i jordbruket*. Hämtad 2009-09-21 från: [http://www.naturvardsverket.se/Documents/foreskrifter/nfs1994/SNFS1994\\_02k.pdf](http://www.naturvardsverket.se/Documents/foreskrifter/nfs1994/SNFS1994_02k.pdf).

SP, (2006), *Certifieringsregler för P-märkning av anläggningsjordar, SPCR 148*. SP, Borås. Hämtad 2010-01-17 från: <http://www.sp.se/sv/units/certification/product/Documents/SPCR/SPCR%20148.pdf>.

SP, (2009), *REVAQ Återvunnen växtnäring – Certifierat slam*. Hämtad 2009-10-05 från: [http://www-v2.sp.se/cert/cert\\_prod2/CertProdView.aspx?Id=M%c3%a4rkning%3b%c3%96vrig%3bSlam%3b%3b%3bREVAQ+%c3%85tervunnen+v%c3%a4xtn%c3%a4ring+-+Certifierat+slam](http://www-v2.sp.se/cert/cert_prod2/CertProdView.aspx?Id=M%c3%a4rkning%3b%c3%96vrig%3bSlam%3b%3b%3bREVAQ+%c3%85tervunnen+v%c3%a4xtn%c3%a4ring+-+Certifierat+slam).

Svenskt Vatten, (2007a), *Avloppsteknik 1: Allmänt*. Svenskt Vatten AB, Stockholm.

Svenskt Vatten, (2007b), *Avloppsteknik 2: Reningsprocessen*. Svenskt Vatten AB. Stockholm.

Svenskt Vatten, (2007c), *Avloppsteknik 3: Slamhantering*. Svenskt Vatten AB. Stockholm.

Svenskt Vatten, (2009), *Regler för certifieringssystemet REVAQ Utgåva 1.3*. Hämtad 2010-01-25 från: <http://www.svensktvatten.se/BinaryLoader.aspx?OwnerID=930c0971-0e73-47e4-8227-8ba40c25c96f&OwnerType=2&ModuleID=a8429cd5-a9d9-4e2b-a1d8-4a7cf26cd7a3&PropertyCollectionName=Content&PropertyName=Files&ValueIndex=0>

Tideström, H., (2008), *PM - Slamregler i korthet*. Hämtad 2009-10-05 från: [http://www.svensktvatten.se/web/Slamregler\\_i\\_korthet.aspx](http://www.svensktvatten.se/web/Slamregler_i_korthet.aspx).

Tideström, H., Starberg, K., Ohlsson, T., Camper, P-A., Ek, P. (2000). *Användningsmöjligheter för avloppsslam VA-Forsk rapport 2000:2*, Svenskt Vatten AB, Stockholm.

Thoressons Grävmaskiner, (2009). *Faktura: Utlastning av slam från torkbäddar*. Tillgänglig via Gästrike Vatten AB.

UniView. (2009), *Processöversikt Hedesunda reningsverk*, Hämtad 2009-09-07 från övervakningssystemet UniView.

Wallin, S., (1999a), *Slamdräneringsbäddar, relationsplan*, Tyréns Infrakonsult, Örebro.

Wallin, S., (1999b) *Slamdräneringsbäddar, typsektion*, Tyréns Infrakonsult, Örebro.

## **8.2. ENKÄTUNDERSÖKNING OM AVVATTNING**

Stigebrandt, Å., (2009), Åke Stigebrandt, Stigebrandt Hydroteknik AB.

Gustafson, C., (2009), Claes Gustafson, Säljare, NOXON AB.

Runesson, M., (2009), Mats Runesson, tidigare anställd vid Vegtech AB.

Bengtsson, U., (2009), Ulf Bengtsson, Säljare, Hydropress Huber AB.

Tottie, O., (2009), Oscar Tottie, Försäljningsingenjör, Atek AB.

Wallberg, D., (2009), Denny Wallberg, Kicab AB.

## **8.3. PERSONLIG KOMMUNIKATION**

Björkgren, M., (december 2009), Martin Björkgren, Dewatech AB.

Delin, M., (december 2009), Malin Delin, Processingenjör, Sandviken Energi AB.

Eklund, C., (oktober 2009), Carin Eklund, Kemiingenjör, Gästrike Vatten AB.

Ekmark, Z., (januari 2010), Zahrah Ekmark, Svenskt Vatten AB.

Faber, R., (januari 2010), Richard Faber, Processingenjör, Gästrike Vatten AB.

Lindgren, J., (december 2009), Jan Lindgren, Driftchef, Gästrike Vatten AB.

Olsson, P., (december 2009), Per Olsson, Sita AB.

Pettersson, K-O., (oktober 2009), Karl-Ove Pettersson, Projektledare, Gästrike Vatten AB.

Simonsson, H., (oktober 2009), Hans Simonsson, Processtekniker, Gästrike Vatten AB.

Weglin Nilsson, J., (2009), Johanna Weglin Nilsson, Processingenjör, Gästrike Vatten AB.

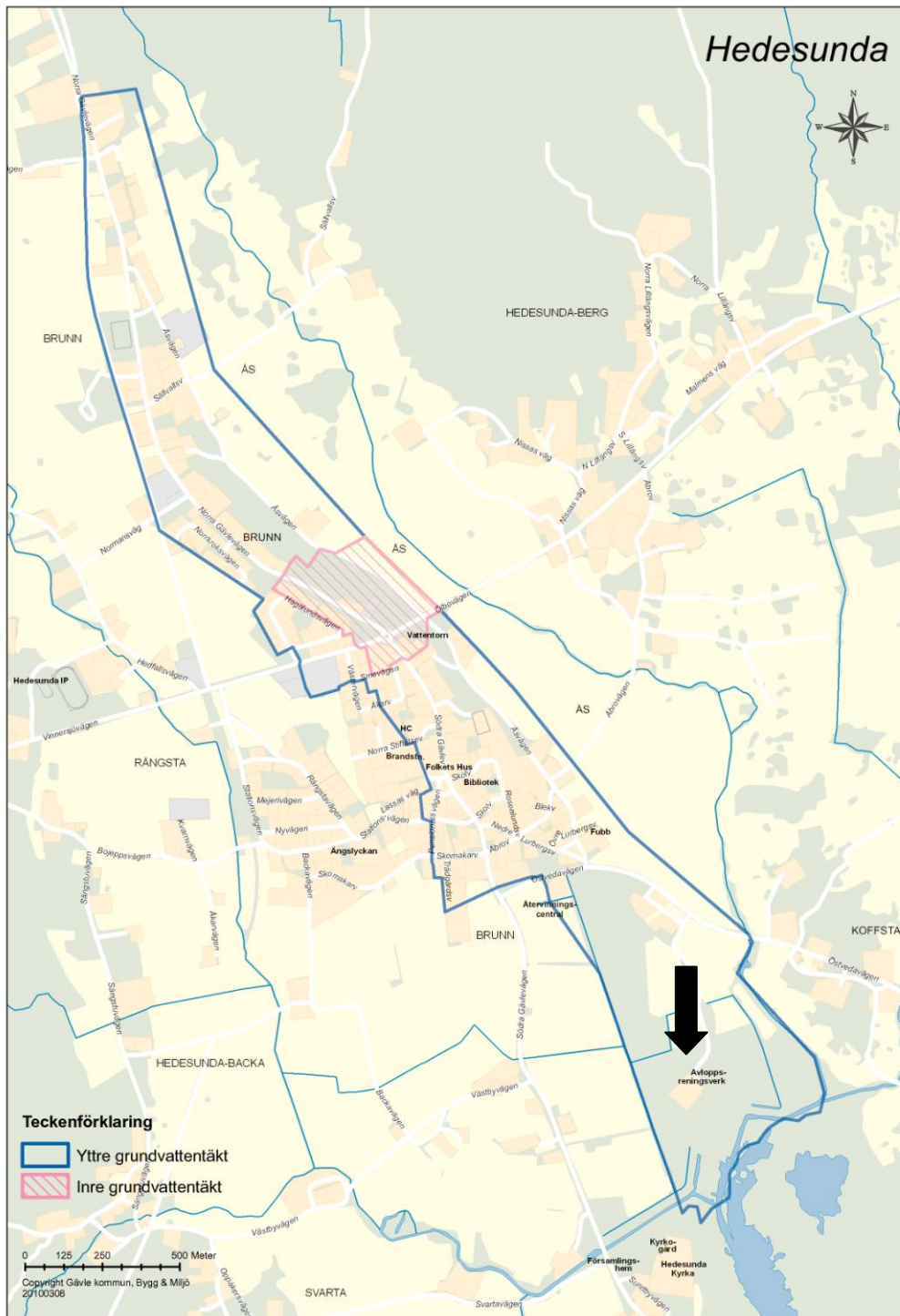
# BILAGOR

## A. HEDESUNDAS LÄGE I GÄVLE KOMMUN



Figur B 1. Hedesundas läge i Gävle kommun (Fäldt, 2009).

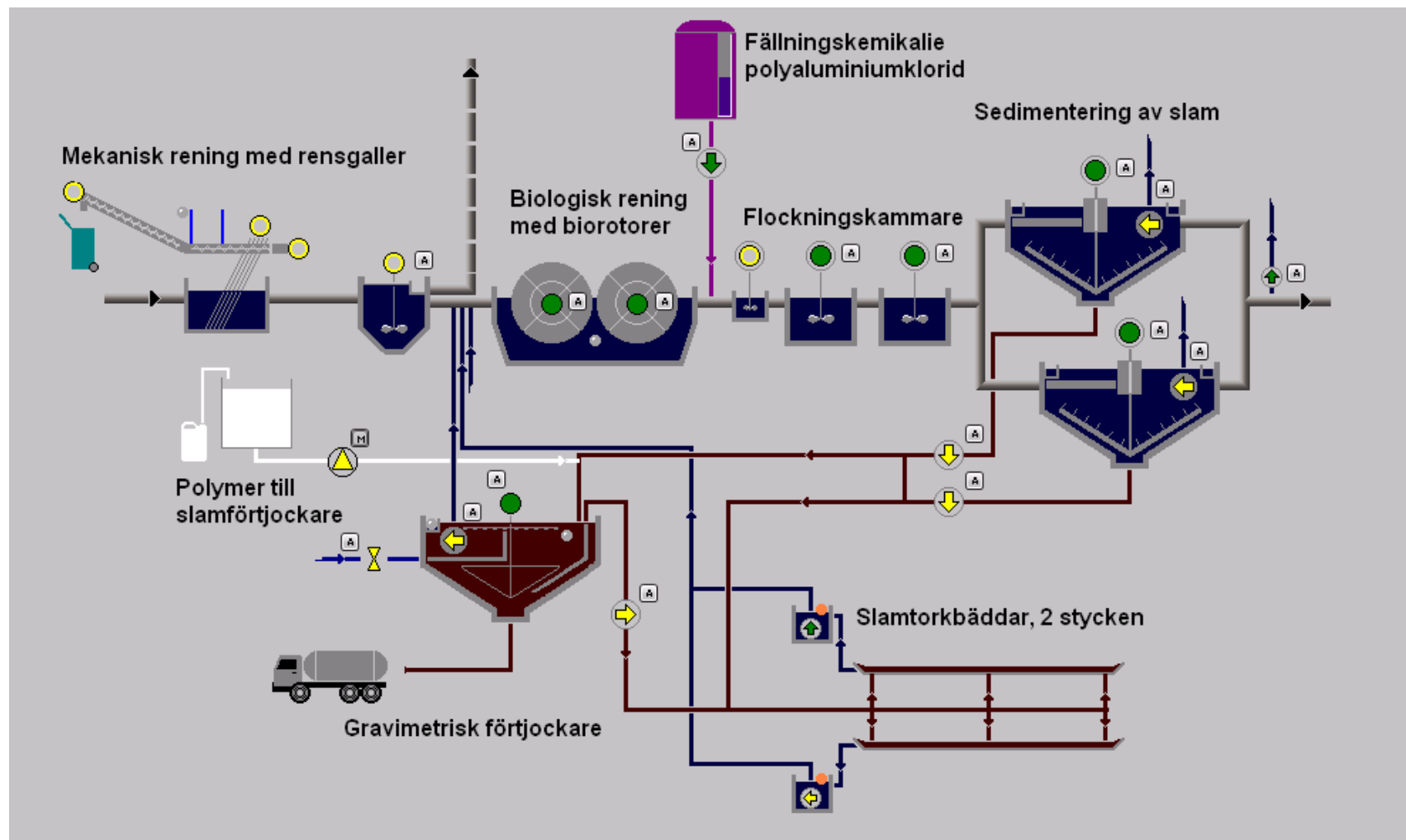
## B. SKYDDSOMRÅDE FÖR GRUNDVATTENTÄKT I HEDESUNDA



Figur B 2. Reningsverkets läge i Hedesunda samt skyddsområde för grundvattentäkt (Fältdt, 2009)

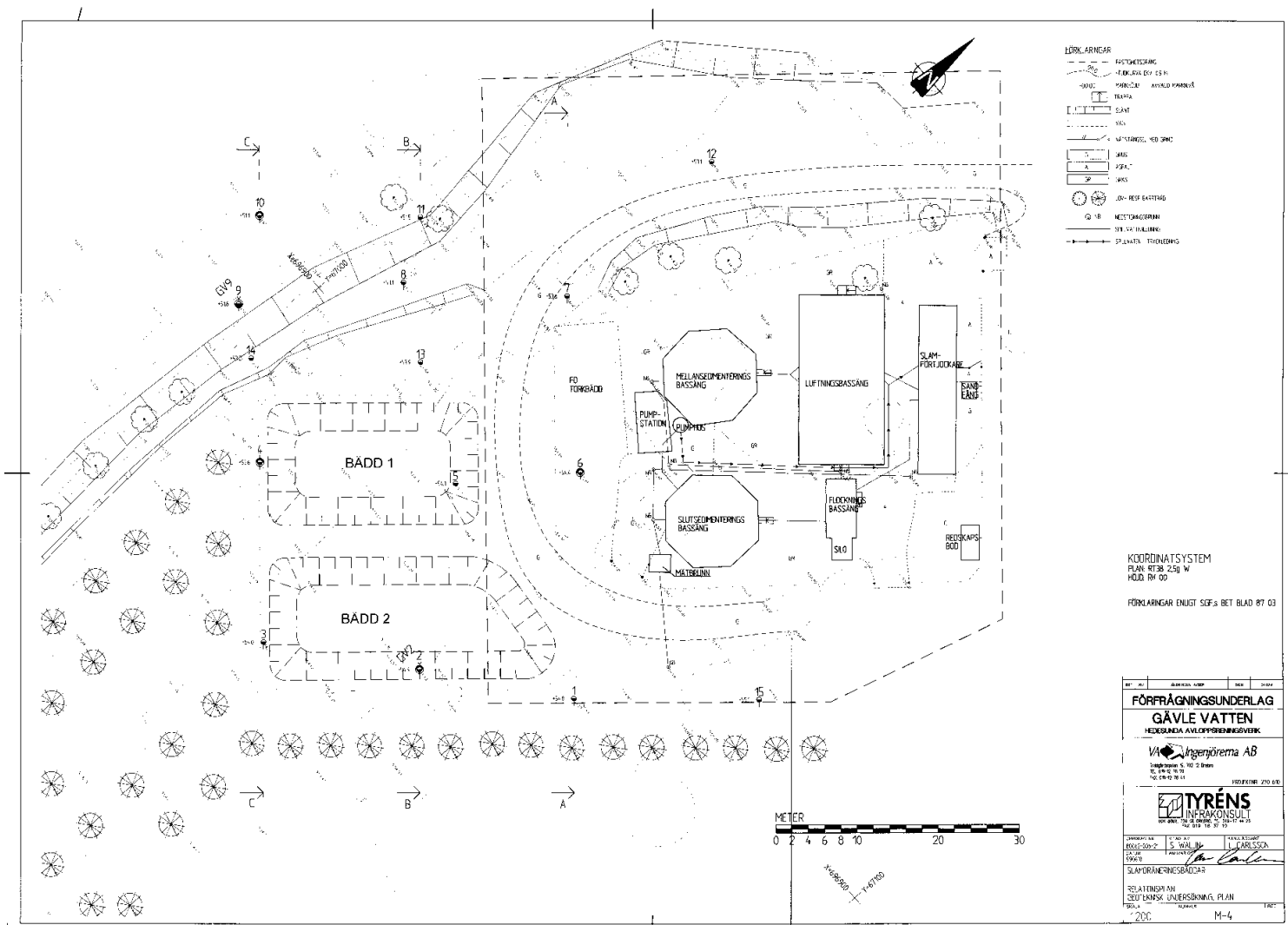


### C. PROCESSÖVERSIKT HEDESUNDA RENINGSVERK



Figur B 3. Processöversikt för Hedesunda reningsverk (UniView, 2009, modifierad av författaren).

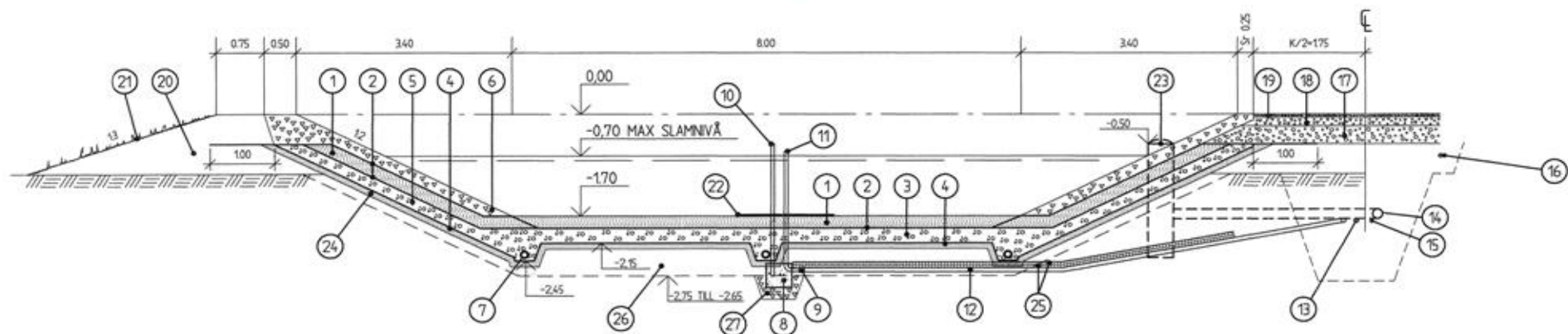
# D. RITNING ÖVER HEDESUNDA RENINGSVERK



Figur B 4. Ritning över Hedesunda reningsverk (Wallin, 1999a, modifierad av författaren)

## E. RITNING ÖVER TORKBÄDDARNAS KONSTRUKTION

POS	Benämning	Material	Tjocklek/ Dim mm	Hänvisning
1	Filtersand	Filtersand 2-4 mm	200	C143
2	Materialavskiljande lager	Geotextil, bruksklass 2, Terram 500 et. likv.		C35
3	Dräneringslager	Stoel, 16-32 mm	250	C1431
4	Materialavskiljande lager	SATELLITE, Geomembran FPP	15	C3.21
5	Dräneringslager	Stoel, 16-32 mm	200	C1431
6	Erosionsskydd	Makadam 16-32 mm	200	C251
7	Dräneringsrör	DSA	110/97	H5224
8	Fundament	Blg	400X400X400	
9	Övergångskoppling	PEH 63X514/SS2333 Ø 50		
10	Graderad måttsockla		L=1200 över botten	
11	Slantledning, utlopp	SS2333	52X15	
12	Slantledning, bädd 1	PEH, PN 10	63X5,8	H5211
13	Slantledning, bädd 2	PEH, PN 10	63X5,8	H5211
14	Dagvattenledning	Markavlopp klass T	160	H521
15	Relektivattenledning	PEH, PN 6,3	50X3,0	H5211
16	Skyddsring för el	2st	Ø50	B412
17	Förstärkningslager	Sand och grus	300	D1.21
18	Bärlager	Krossmaterial eller krossat grus	150	D1.31
19	Siltlager	Grus	50	D2.21
20	Fyllning	Jord		C1.42
21	Gräsväxa	Sprutsådd		D3.311
22	Pivaskiva		1500X1500	
23	Bräddvä/ dekantering	Dagvattenbrunn PVC, teleskopbezeichnung med läggbyggt kuppsil	400/160 Övergång 160/110	RSK 235 68 71 RSK 234 88 02
24	Avlämningslager	Sand, 0-4 mm	100	C3.21
25	Markisolerings över slanted	Styrofoam eller likv.	50	K1321
26	Terrassbearbetning	Befintlig jord under duk bearbetas så att avlämnat underlag är fritt från upprättande stenar och rötter etc.	200-300 under duk	C3.21
27	Erosionsskydd	Makadam 16-32 mm	200 under fundament	C251



Figur B 5. Ritning över torkbäddarna vid Hedesunda reningsverk (Wallin, 1999b, modifierad av författaren)

## F. FRÅGEFORMULÄR OM AVVATTNINGSSALTERNATIV

1. Vilken utrustning skulle Du föreslå för avvattning av slammet på Hedesunda reningsverk? (Med utrustning avses här en maskin eller någon annan metod för avvattning, till exempel vassbäddar)
2. Beskriv utrustningens funktion kortfattat (alternativt hänvisa till produktblad/ytterligare information på annan plats)
3. Är utrustningen tänkt att användas för kontinuerlig drift eller för drift endast vid behov? Om drift endast vid behov, är det då möjligt med automatisk start eller krävs besök vid reningsverket?
4. Vilken TS-halt bedömer Du att utrustningen klarar av att generera hos det aktuella slammet?
5. Hur god separation av det fasta materialet uppnås? Hur är kvaliteten på eventuellt rejektivatten?
6. Hur stor yta upptar utrustningen?
7. Är utrustningen öppen eller sluten? Finns det risk för luktproblem?
8. Hur stor skulle Du uppskatta att investeringskostnaden för denna utrustning är (inklusive eventuell kringutrustning)?
9. Hur stor bedömer Du att driftkostnaden för utrustningen är? Ange gärna även vad kostnaden består i?
10. Hur lång "hållbarhet" bedömer Du att utrustningen har? (D.v.s. under hur lång tid kan utrustningen beräknas vara i drift innan den byts ut)
11. Hur stor energiförbrukning har utrustningen? Om tillämpligt ange som effekt/kg TS.
12. Kräver utrustningen tillsats av kemikalier, till exempel polymer? Om så är fallet, ungefär hur mycket?
13. Kräver utrustningen spolvatten? Om så är fallet, ungefär hur mycket?
14. Kräver utrustningen några övriga installationer som inte är inräknad i investeringskostnaden ovan, exempelvis pumpar, kompressorer?
15. Hur stort underhållsbehov uppskattar Du att utrustningen har? Hur ofta krävs service?
16. Övriga kommentarer eller påpekanden? (Kan t.ex. vara referensanläggningar, eller relevanta problem som inte omfattas av frågorna ovan)
17. Önskar Du ta del av den färdiga rapporten då examensarbetet är redovisat (mars 2010)? (Ange även kontaktinformation)

## G. SAMMANSTÄLLNING AV UNDERSÖKTA PARAMETRAR

Tabell B 1. Sammanställning över data för samtliga avvattningsalternativ. Data är hämtade från tabell 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15 och 22.

Parameter	Enhet	Nollalternativ	Anlägga ny bädd	Restaurera dränering	Skifta tömningsperiod	Nya vassbäddar, bevarade torkbäddar	Ombyggnad, torkbäddar till vassbäddar	Slampress SAV	Dekantercentrifug DC3 EL	Skruvpress RoS3Q280	Silbandpress DEWA PC7	Silbandpress Bellmer
Investeringsk.	SEK, kkr	0	500	200	100	1 040	820	527,6	950-1050	600-800	450	950-1 350
Driftkostnad	SEK/år, kkr	55,7	~1	~1	~1	~0	100	528	559	134	15	12
Servicekostnad	SEK/år, kkr	<5	<5	<5	<5	5-1	5-10	-	-	8	8	11,5
Yta	m <sup>2</sup>	0	250	0	0	2 500	~1	1	12	~3,5	~3	18
Dimensionering	kg TS/h	90-130	50	90-130	90-130	ca 40 + 60	50-60	4-12	max 120	50-70	50-150	330
		kg TS/m <sup>2</sup> år	kg TS/m <sup>2</sup> år	kg TS/m <sup>2</sup> år	kg TS/m <sup>2</sup> år	kg TS/m <sup>2</sup> år	kg TS/m <sup>2</sup> år					
Tillsyn	besök/v	1	1	1	1	1	1	1	~1	1	1	1-2
TS	%	12-25	15-20	15-20	15-20	20-40	35-40	18-22	18-20	23-24	~18	30
Livslängd	år	5-10	15-20	20-25	10-15	10-30	30	15-25	15-20	20	20	25-30
SS rejekt	mg/l	<100	<100	<100	<100	<100	<100	200	<1000	-	500-800	200
Vattenf.	m <sup>3</sup> /d	~0	~0	~0	~0	~0	~0	0,5	0,5	1,25	4	9-15
Energi	W/kg TS	-	-	-	-	-	-	4	38	7	1	3
Polymer	g/kg TS	2,4	2,4	2,4	2,4	~2	0	2-4	6-8	4-8	3-5	1,5-3
<b>Avsättning</b>												
Kompostering	SEK/år, kkr	56	61	61	61	40	10	70	70	70	70	70
Certifiering, REVAQ	SEK/år, kkr, exkl. anslutning	-	300	300	300	-	160	300	300	300	300	300

## H. KOMMUNER/DRIFTBOLAG SOM BESVARAT ENKÄT OM REVAQ

**Tabell B 2.** Sammanställning över de kommuner och driftbolag som besvarat enkäten om certifiering enligt REVAQ. (ARV = Avloppsreningsverk)

<b>Driftbolag</b>	<b>Kommun</b>	<b>Certifierade anläggningar</b>
Gryaab	Ale Göteborg Härryda Kungälv Lerum Mölndal Partille	Ryaverket
Helsinge Vatten AB	Bollnäs (Ovanåker)	Arbrå ARV Glössbo ARV
Kalmar Vatten AB	Kalmar	Kalmar ARV
Norrköping Vatten AB	Norrköping	Slottshagens ARV
Stockholm Vatten AB	Ekerö Haninge Huddinge Järfälla Nacka Stockholm Sundbyberg Tyresö	Bromma ARV Henriksdal ARV
Sörmland Vatten AB	Katrineholm (Flen) (Vingåker)	Rosenholms ARV
VA SYD	Malmö Lund	Sjölunda ARV Klagshamn ARV Källby ARV Södra Sandby ARV
-	Borås	Gässlösa ARV
-	Karlstad	Sjöstadsverket
-	Motala (Vadstena)	Karshults ARV Vadstena ARV
-	Sunne	Sunne ARV