

# **JTI-rapport**

Kretslopp & Avfall

# **41**

## **Erfarenheter och kunskapsläge vid tömning av slamavskiljare**

David Eveborn  
Andras Baky  
Agneta Norén  
Ola Palm



JTI - Institutet för jordbruks- och miljöteknik

---

# **2008**



# Erfarenheter och kunskapsläge vid tömning av slamavskiljare

David Eveborn  
Andras Baky  
Agneta Norén  
Ola Palm



# Innehåll

Förord.....	7
Sammanfattning.....	9
Summary.....	10
Bakgrund.....	11
Syfte.....	12
Genomförande.....	12
Avgränsning.....	12
Tömnings- och uppsamlingsteknik.....	13
Konventionell tömning.....	13
Slamkaka och bottenslam separat.....	13
Fordon med slamavvattning.....	13
Med polymerer.....	13
Utan polymer.....	14
Avvattningseffekt.....	14
Slamtömning – erfarenheter och uppfattningar.....	14
Struktur hos de tillfrågade.....	14
Taxor.....	15
Teknikval.....	15
Minskad transport och ökad effektivitet.....	16
Minskad belastning och störningar på kommunala reningsverk.....	16
Nya möjligheter för omhändertagande.....	16
Funktion hos trekammarbrunnen.....	17
Polymerer.....	17
Opinion och egendom.....	17
Teknisk otillräcklighet.....	17
Engagemang.....	17
Polymerer.....	18
Begrepp och mekanismer.....	18
Polyakrylamider och infiltration.....	19
Viskositetsförändring.....	19
Aggregering.....	19
Mikrobiell påverkan.....	19
Toxicitet för vattenlevande organismer.....	20
Påverkan på människors hälsa och miljön.....	20

Akrylamid i mat.....	20
Polyakrylamid och akrylamid i vatten.....	21
Polyakrylamid och akrylamid i mark .....	21
Hantering, mängder och riskuppskattning .....	22
Hantering .....	22
Förbrukning av polymer .....	22
Mängden restpolymer i rejektivattnet.....	22
Risker för toxiska effekter på vattenlevande organismer .....	22
Risker för påverkan på fastighetens reningsutrustning.....	23
Mängden akrylamid i rejektivatten.....	24
Slamavskiljare – påverkan av rejektivatten .....	24
Kort hydraulisk uppehållstid .....	24
Låg slamproduktion ingen garanti för god reningsgrad.....	25
Syretillgången i slammet .....	25
Temperaturen i brunnen.....	25
Avloppsvattnets pH .....	25
Näringsläckage .....	25
Otillräcklig kunskap .....	26
Energianalys.....	26
Genomförande.....	26
Indata till energianalysen .....	28
Allmänna indata.....	28
Geografiska indata.....	28
Indata om hanterat material och utrustning som används .....	28
Tömning av brunnar .....	28
Klimatpåverkan .....	29
Känslighetsanalyser.....	29
Resultat från energianalysen .....	29
Insamlingskapacitet .....	29
Bränsle- och energianvändning per dag vid konventionell insamling med och utan släp och avvattningsteknik.....	30
Klimatpåverkan .....	31
Känslighetsanalys .....	32
Rekommendationer och slutsatser .....	33
Transport och logistik .....	34
Tömning vid avslutad transportcykel .....	34
Behandlad volym per transportcykel.....	34
Nyttjande av släp .....	35
Polymeranvändning.....	35
Utbildning.....	35

Polymer.....	35
Dosering.....	35
Fordon .....	36
Iakttagelser .....	36
Referenser .....	36





## Förord

I de flesta av Sveriges kommuner finns enskilda avlopp med slamavskiljare. Ansvar för hämtning och omhändertagande av slam från dessa slamavskiljare vilar på kommunen. Hämtningen av slammet utförs av fordon med slamsugningsutrustning och det finns idag flera typer av sådana på marknaden.

Det är många val som måste göras för att välja vilken slamhämtningsteknik som är lämplig. Varje kommun har sina lokala förutsättningar vad gäller t.ex. antalet brunnar, täthet mellan fastigheter och mottagningsmöjligheter för omhändertagande av slam. Detta tillsammans med bland annat riskerna i samband med polymeranvändning, ekonomi m.m. måste tas i beaktande vid valet av teknik.

Den här rapporten försöker klargöra frågor gällande hämtning av slam från tre-kammarbrunnar så långt som det är möjligt med dagens kunskapsläge. Intentionen är att utredningen skall underlätta vid valet av teknik. Förutom litteraturstudier har 30 stycken slumpmässigt utvalda kommuner fått svara på ett antal enkätfrågor om slamhämtning. En energianalys har jämfört de olika teknikerna. Därtill har en dags studiebesök hos en förare med slamavvattningsfordon med polymer genomförts.

Beställare har varit Gästrike Återvinnare som tillsammans med Avfall Sverige har finansierat projektet. Rapporten har utförts av David Eveborn med stöd av Agneta Norén och Andras Baky. Projektledare på JTI har varit Ola Palm.

Ett stort tack riktas till alla som har deltagit och bidragit till denna rapport, till de kommuner som har svarat på enkäten samt till Morgan Lindqvist och JRAB för möjligheten att studera det praktiska arbetet med slamavvattningsfordon.

Uppsala i mars 2008

*Lennart Nelson*

VD för JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik



## Sammanfattning

Förutom konventionella slamsugningsfordon finns det på marknaden fordon som avvattnar slammet på plats, vanligen med hjälp av tillsats av polymer. Att använda avvattningsteknik vid slamtömning har inte varit okontroversiellt eftersom det har funnits oro kring riskerna med att använda polymerer. Denna studie fokuserar på att undersöka vilka risker som föreligger vid slamtömning med polymerer, dess påverkan på miljö, hälsa och egendom. I studien ingår också en energianalys som belyser skillnaderna i transportarbetet mellan konventionell teknik och slamavvattningsteknik samt vilka faktorer som är avgörande för effektiviteten. Vidare har ett antal slumpvis utvalda kommuner i landet tillfrågats om deras syn på hämtning och omhändertagande av slam från trekammarbrunnar.

En enkätstudie med frågor om hämtning av slam skickades till ca 10 % av Sveriges kommuner (30 stycken). Från enkäten, som besvarades av samtliga tillfrågade kommuner, kan man dra slutsatsen att det är stora skillnader mellan hur kommunerna tänker angående slamtömning. Av de tillfrågade kommunerna så hade drygt hälften av kommunerna gjort ett aktivt val mellan tillgängliga tekniker. Frågor som visade sig vara av betydelse för kommunerna var bland annat.

- Hur mottagningsstationen för slam fungerar i reningsverket.
- Antalet slutna tankar i kommunen.
- Mängden brunnar som behöver tömmas.
- Transportavstånd.
- Ekonomi.

En litteraturstudie kring polymerer, vilka används som flockningsmedel i avvattningsfordon, visar att det är svårt att helt avfärda riskerna med polymeranvändning, samtidigt som paralleller med annan industrianvändning samt erfarenheterna från de platser där avvattningsteknik idag används pekar på att användningen inte har någon negativ påverkan. För polyakrylamid är det fram för allt risken för vattenorganismer som är diskutabel medan det för monomeren akrylamid är hälsoaspekten. I båda fallen finns det naturliga nedbrytnings- och immobiliseringsmekanismer. Svårigheten är att bedöma i vilken takt de verkar samt om effekterna av kortvarig exponering är skadlig.

Energianalysen som genomfördes gjordes med avsikt att ge en bild av hur mycket energi som åtgår när man samlar in slam från trekammarbrunnar med olika tekniker samt vilken klimatpåverkan som uppstår. Tre stycken metoder för insamling av slam studerades:

- konventionell insamling av slam med fordon utan släp
- konventionell insamling av slam med fordon utrustat med släp
- insamling av slam med fordon som avvattnar slammet.

Beräkningarna gav att tömning med konventionell insamling utan släp medför ca 30 % högre energiförbrukning än tömning med slamavvattningsfordon. Belastningen av klimatgaser följer samma mönster.

Transportavståndet till uppsamlingsområdet och den ackumulerade tiden för att tömma brunnar är faktorer som påverkar insamlingens energianvändning. För den

totala energianvändningen har avståndet mellan enskilda brunnar en mindre påverkan på den totala energianvändningen.

En slutsats från denna studie är att det inte generellt går att rekommendera en teknik före en annan. Framförallt är kommunens lokala förutsättningar av stor vikt för hur arbetet bör planeras och utföras. Med utgångspunkt från de rådande omständigheterna bör dock verksamheten styras för att begränsa miljöpåverkan, begränsa den ekonomiska insatsen samt kvalitetssäkra arbetet. Detta görs lämpligen genom att ställa krav på eller stimulera till ett förbättrat redovisningssätt, bättre teknikval och ett bättre genomförande. Det kan gälla utbildningskrav för polymeranvändning, att påverka valet av vilken polymer som används vid avvattningen, optimering av logistik m.m.

## Summary

As well as conventional sewage collection vehicles there are vehicles on the market that have a dewatering system built-in. In such vehicles the dewatering process is carried out by adding a polymer (eg. Polyacrylamide) that causes flocculation of particles in the sewage. Dewatering is subsequently carried out by mechanical separation. After separation water is returned to the septic tank, with a thickened sludge remaining in the vehicle. This system increases the sludge capacity of a sewage collection vehicle with a given tank volume.

This dewatering method is not without criticism, however, due to the perceived risks associated with its use of polymers. This study focuses on known risks to health, property and the environment due to polymer-based dewatering of sewage sludge. The study also evaluates the difference in transportation energy requirements between sewage collection systems with and without dewatering. Information on current sludge collection practices in Sweden was also gathered through a questionnaire sent out to 10% of Swedish municipalities.

All 30 of the municipalities that were asked responded to the questionnaire. The responses revealed significant differences in the municipalities' management of sludge collection services. Half of the municipalities have made an active choice between available methods. Significant factors in influencing choice of method are as follows:

- Type of sludge treatment system at municipality's sewage works
- The total number of septic tanks in the municipality
- The total number of cesspools (closed systems)
- Transport distance for the sludge
- Financial considerations

A study of available literature on the use of polymers in sludge dewatering showed that though such polymers are currently used for water treatment and other industrial processes with no known negative effects it is difficult to rule out that there are risks associated with polymer use. In the case of polyacrylamide, it is considered to pose a risk to aquatic organisms. Meanwhile the monomer equivalent acrylamide, is considered to pose a risk from health considerations. Both substances are rendered harmless by natural breakdown and immobilization processes, though

it is uncertain at what rate these processes occur and in the face of this uncertainty whether short-term exposures are harmful.

Energy analysis characterised energy consumption and greenhouse gas emissions for sewage collection from septic tanks. Three collection methods were compared:

- Conventional sewage collection by a vehicle without a trailer.
- Conventional sewage collection by a vehicle with a trailer.
- Sewage collection by a vehicle with a dewatering system.

The calculations showed that energy consumption for conventional collection of sewage by a vehicle without a trailer is 30 % higher than when collection is carried out by a vehicle with a dewatering system. The same relation was also reflected in the greenhouse gas emissions of the two methods.

Total transportation distances and total time taken in the emptying of septic tanks were shown to be significant factors affecting energy use in collection. On the other hand the distance between each separate septic tank was shown to be less significant.

It is not possible to conclude that one collection method is generally preferable over the other. Rather, conditions specific to each municipality play a significant role in the choice of one system above the other. Having said that, it is recommended that the method chosen should be that that optimises for low environmental impact, financial considerations and quality assurance. It is further concluded that this is best achieved by improved accountability, improved technology choice strategies, and improved implementation. This may involve requirements for training in polymer handling, guidelines for the choice of polymers, logistical optimisation etc.

## Bakgrund

Slamavskiljare finns vid i stort sätt alla fastigheter med enskilt avlopp i Sverige. I en godkänd anläggning krävs det att en slamavskiljare eller motsvarande är installerad. Slamavskiljarens uppgift är att avskilja suspenderat material från avloppsvattnet och på så vis avlasta den resterande delen av reningsanläggningen. Inkluderar man sommarstugor med vattenklosett uppgick år 2005 antalet enskilda anläggningar med behov av slamavskiljare till ca 830 000<sup>a</sup> stycken (SCB, 2005). Vanligtvis töms trekammarbrunnar genom myndighetens försorg en gång per år. Avsikten är att förhindra att slamavskiljaren överbelastas med slam så att dess funktion försämras och organiskt material läcker vidare till efterkommande reningsanläggning.

Tömningen av slamavskiljare sker normalt genom att hela slamavskiljarvolymen suggs upp till insamlingsfordonet. I och med detta företas transporter av långt över en miljon ton slam årligen i Sverige. Slammets torrsubstanshalt är vanligen lägre än 1 %. Av den transporterade vikten kan därmed över 99 % betraktas som barlast.

---

<sup>a</sup> Till grund för detta värde har förutsatts att en permanentbebodd fastighet genomsnittligen bebos av 2,3 personer.

Det finns dock flera alternativa sätt att hantera tömning av slamavskiljare. Förutom att den gängse tömningstekniken kan utföras på olika sätt, så finns det sedan ett tiotal år tillbaka mobila avvattningsutrustningar som kan användas för att avvattna slammet så att endast en mindre del vatten behöver transporteras. Vissa av dessa tekniker använder flockningskemikalier (vanligen polyakrylamider) för att förbättra effekten av avvattningen.

Att använda avvattningsteknik vid slamtömning har inte varit okontroversiellt eftersom oro har funnits kring riskerna med att använda polymerer. Farhågorna har gällt miljöaspekter och hälsoaspekter liksom skador på fastighetsägarens reningsutrustning. Till teknikens fördel har däremot framhållits bl.a. ett minskat transportarbete och en bättre funktion hos slamavskiljaren.

## Syfte

Syftet med denna studie har varit att undersöka vilka risker som föreligger vid slamtömning med polymerer; dess påverkan på miljö, hälsa och egendom. Dessutom försöker studien klargöra hur transportarbetet påverkas av olika tekniska och logistiska val och tillvägagångssätt. Syftet har också varit att samla in och sammanfatta erfarenheter av slamtömning från kommuner runt om i landet samt redogöra för hur de hanterat angränsande frågor. Vidare har avsikten varit att ge råd om vilka aspekter som är värda att beaktas vid kvalitetssäkring och resursoptimering av arbete med tömning av slamavskiljare.

## Genomförande

Utredningen har genomförts vid Institutet för jordbruks- och miljöteknik i Uppsala. Arbetet har omfattat en litteraturstudie kring risker med polymerer, fältbesök vid tömning av slamavskiljare med avvattningsteknik, intervjustudier och enkätstudie kring attityder och erfarenheter av slamavvattningsfordon samt en energianalys med syfte att klargöra de energimässiga konsekvenserna av att använda slamavvattningsteknik.

## Avgränsning

Arbetet försöker greppa om hela frågeställningen kring miljöriktig och resurs-effektiv tömning av slamavskiljare. Störst fokus har dock ägnats åt de osäkerheter som lyfts fram i samband med avvattningsfordon. Konventionell teknik har endast behandlats översiktligt. Rapporten reflekterar inte kring behov eller nytta med regelbunden tömning av slamavskiljare. Omhändertagande och behandling av avvattnat slam har inte heller rymts inom ramen för uppdraget.

Energianalysen som genomförts under utredningen har begränsats till att omfatta transporter som företas vid hämtning av slamavskiljarslam till tänkt mottagningsstation. Den inbegriper ingen hantering eller behandling av slammet och speglar endast energiåtgången som kan allokeras till transporterna.

## Tömnings- och uppsamlingsteknik

Både med konventionellt slamfordon och med fordon med avvattningsteknik, kan man välja olika strategier för hur själva tömningen skall genomföras och hur logistiken planeras. Vissa alternativ är bundna av de tekniska förutsättningarna medan andra snarare handlar om strategiska val. Vad som är rätt beror både på vad man sätter först på agendan samt de unika förutsättningar som gäller för kommunen.

### Konventionell tömning

Med konventionell tömning avses tömning som sker med vanliga slamsugningsfordon där ingen avvattning utförs på fordonet. Konventionell slamtömning kan dock utföras på flera sätt både ur logistiksynpunkt och vad gäller tömningsteknik.

### Slamkaka och bottenslam separat

Det förekommer att man försöker att separera sugning av den översta slamkakan och bottensatsen och lämna kvar en delvolym med det betydligt mindre slamhaltiga mellanskiktet. Lindqvist (2007) beskriver två olika sätt att göra detta på. Båda bygger på att den som utför jobbet genom en visuell bedömning skiljer mellan de olika slamfraktionerna. I det första fallet sugs först slamkakan upp. Därefter sänks slangen till botten för att suga bottenslammet. En erfarenhetsmässig bedömning av vilken mängd som skall sugas från botten avgör hur stor volym som lämnas kvar.

I fall två suger man först slamkakan till ett slamfack. När denna bedöms vara slut fortsätter man att suga mellansatsen men denna sugas till en separat tank. När man kommit ner till bottenslammet, sugas detta åter till slamfacket. Slutligen återfylls brunnen med mellansatsen.

Fördelen med dessa tekniker är att mängden transporterat slam minskar och arbetet kan utföras av ett vanligt slamfordon. Svårigheten ligger dock i att operatören själv måste avgöra vad som skall tas om hand och vad som skall lämnas kvar. I hårt belastade brunnar är tekniken inte tillämpbar eftersom någon tydlig skiktning inte förekommer. Det omhändertagna slammet blir tjockare men inte alls i samma grad som slam som avvattnats med avvattningsteknik.

### Fordon med slamavvattning

Det finns ett antal leverantörer av slamavvattningsfordon. De vanligast förekommande nyttjar polymerer för förtjockning av slammet innan det avvattnas. Avvattningsmodulen är vanligtvis integrerad med slamfordonet som har ett separat fack för lagring av förtjockat slam.

### Med polymerer

Om polymerer tillsätts så sker doseringen av denna direkt i slambilen dit slammet sugas upp. Polymeren verkar genom att binda samman partiklar i vattenmassan. Det blir därefter enklare att avskilja dem från vattnet genom exempelvis silning.

Doseringen kontrolleras helt och hållet av operatören som visuellt avgör om dosen är lämplig för det aktuella slammet. Utseende på flockar samt slammets reologiska egenskaper avgör hans bedömning. Rejektvattnet förs sedan åter till en brunn och det avvattnade slammet hamnar i ett separat slamfack.

Rejektvattnet kan antingen återföras till den brunn det ursprungliga slammet sögs upp ifrån eller till brunnen som står näst i tur. Olika fabrikat har olika lösningar och ibland kan även arbetsrutinerna ha betydelse för var rejecktattnet återbördas.

### **Utan polymer**

Det finns även avvattningsfordon som är konstruerade för att kunna ha god avvattningseffekt även utan tillsats av polymerer. I dessa har man en mer avancerad avvattningsmodul. I övrigt fungerar de på samma sätt som de fordon som använder polymerer.

### **Avvattningseffekt**

Avvattningseffekten hos slamavvattningsfordonen (i volymtermer) uppges av de ledande tillverkarna uppgå till mellan 80 och 95 % (Rolba Svenska AB, 2008; AquaTeq, 2008; Simon Moos, 2008; Hvidtved Larsen A/S, 2008). Det avvattnade slammet uppges få en torrsustanshalt på mellan 15 och 30 %.

## **Slamtömning – erfarenheter och uppfattningar**

För att samla in erfarenheter och uppfattningar om slamavvattningsfordon samt få en bild av hur tömning av slamavskiljare bedrivs i landet har en enkätbaserad intervjustudie genomförts som riktats till 29 slumpvis utvalda kommuner. Detta motsvarar ca 10 % av det totala antalet kommuner i Sverige. Alla kommunerna har svarat på enkäten. Resultatet av denna studie visar inte minst på att både åsikter, erfarenheter och motiv för kommunernas agerande varierar kraftigt. Valet av teknik har ofta en förankring i lokala förhållanden.

### **Struktur hos de tillfrågade**

Karaktären på de tillfrågade kommunerna varierar, geografiskt från Jokkmokk i norr till Trelleborg i söder och antalet anslutna abonnenter från ca 100 till ca 10 000 stycken.

Organisatoriskt bedrivs övervägande delen av de tillfrågade, 59 %, sitt renhållningsarbete på egen hand men anlitar entreprenörer för utförande av tömning.

17 % har verksamheten hos kommunala bolag som även de anlitar entreprenörer.

7 % ingår i regionala bolag eller förbund. Även dessa nyttjar entreprenörer för utförandet.

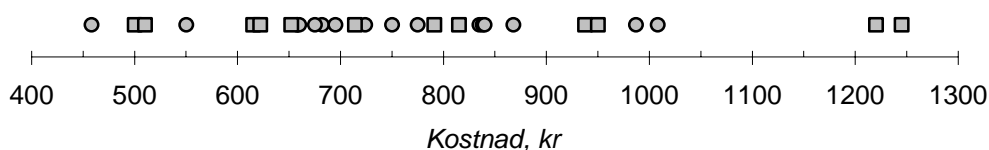
10 % bedriver all verksamhet kommunalt.

7 % har kommunala bolag som har egen åkeriverksamhet.



## Taxor

Taxesättningen för tömningsarbetet är också varierande. Både vad gäller prisbild och systematik. Av de tillfrågade kommunerna har 11 % en fast taxa. Övriga har olika system som byggde på brunnens storlek (i intervaller eller kontinuerligt). Vissa hade även differentierat sugning och framdragning genom att belägga anläggningar med långt avstånd mellan fordonets möjliga uppställningsplats och brunnen med extra avgift. Det finns också exempel på att hämtningskostnad och mottagningskostnad redovisas separat. Medelkostnaden för tömning av en 2,5 m<sup>3</sup> slamavskiljare uppgår i enkäten till 825 kr. Spridningsbilden för kostnaden för tömning av en 2,5 m<sup>3</sup> slamavskiljare framgår av figur 1. I figuren är taxor med differentierad prissättning runda medan odifferentierade taxor är fyrkantiga.



Figur 1. Kostnader för tömning av slamavskiljare hos de slumpmässigt utvalda kommunerna.

## Tömningsintervall

Tömning av slamavskiljare regleras vanligen till minst en gång per år. 83 % av kommunerna har valt att göra på detta sätt. En minoritet, 10 %, har inget krav på regelbunden tömning utan låter fastighetsägaren avgöra när tömning behövs. 7 % av kommunerna kräver tömning vart annat år och i vissa kommuner har man satt en generösare gräns för fritidsfastigheter eller kan för dessa erbjuda möjlighet till dispens från det reglerade tömningsintervallet.

## Teknikval

Av de tillfrågade kommunerna är det endast 7 % som regelbundet nyttjar slamavvattningsfordon för tömningsarbetet. 3 % använder slamavvattningsfordon tidvis medan övriga i dagsläget använder sig uteslutande av konventionell teknik. 10 % av kommunerna har tidigare erfarenheter av slamavvattningsteknik medan hela 79 % inte alls använt sådan teknik de senaste 5 åren.

Det kan finnas flera motiv både för och emot att använda sig av slamavvattningsteknik. Vissa skäl har det under utredningens gång funnits möjlighet att legitimera genom den samlade kunskap som funnits i litteraturen eller genom övrigt arbete som genomförts i projektet, medan det också finns uppfattningar som inte går att hitta något stöd för. Flera av de mera osäkra påståendena är det dock inte heller möjligt att dementera utan utökade studier och forskningsinsatser.

## **Minskad transport och ökad effektivitet**

En minskat transportarbete kan vara ett skäl för att använda sig av slamavvattningsfordon. Motivet för att minska transporter kan i sin tur vara att minska belastningen på miljön eller vara av rent ekonomisk eller rationell karaktär. Ur miljösynpunkt har transporter idag fått en allt större uppmärksamhet. Klimatpåverkan är ett av huvudargumenten för att minska transporterna i samhället men det finns också en rad andra aspekter. Transportarbetet ger även upphov till utsläpp av en mängd substanser som kan ha en mera lokal påverkan på både människors hälsa och miljön.

Eftersom så få kommuner av de tillfrågade använt sig av avvattningsteknik så kan inte utredningen ge en klar bild av hur man generellt motiverar sig vid ett val av slamavvattningsteknik. En av de medverkande kommunerna motiverar sitt val med att man vill minska transporterna av miljöskäl medan en annan framhåller rationalitet och ekonomi som den avgörande faktorn. Den ekonomiska aspekten finns det dock även en kommun som anger som orsak till att man valt konventionell teknik.

## **Minskad belastning och störningar på kommunala reningsverk**

Ett annat skäl till att använda sig av mobil slamavvattning kan vara att man vill minska stötbelastningen på redan högt belastade reningsverk. Detta är ett vanligt förekommande problem ute bland kommunerna. Av de tillfrågade anger dock 14 % av kommunerna att avsättningsproblemet för det avvattnade slammet är ett av skälen till att man inte valt slamavvattningsteknik. Det finns alltså ett motsvarande problem med att ta hand om avvattnat trekammarbrunnsslam. De kommuner som använder sig av slamavvattningsfordon har valt att lösa omhändertagandet på olika sätt. Utredningen har erfart att bl.a. kompostering samt förbränning förekommer som behandlingstekniker för slammet.

## **Nya möjligheter för omhändertagande**

Mobil slamavvattning kan också vara motiverad av att man vill hitta nya sätt att ta hand om slammet. Förbudet mot deponering av organiska restprodukter SFS 2001:512 som trädde i kraft 1:a januari 2005 är en pådrivande faktor. Med konventionell teknik kör man ofta slammet till ett reningsverk. Har man svårt att få avsättning för avloppsslam inom kommunen, kan det därför vara fördelaktigt att använda sig av avvattningsteknik eftersom slammet då kan behandlas separat. Dock tycks osäkerheten kring hur man bör ta hand om sitt slam vara stor. Lämpliga metoder behöver därför utvecklas och utvärderas. För att man skall kunna leva upp till förbudet av deponering och för att förbudet inte skall skapa nya resurskrävande aktiviteter (exempelvis långväga transporter för behandling), så är det angeläget att man snabbt hittar nya vägar för slamhanteringen.

I samband med deponeringsförbudet av bl.a. slam anser två kommuner som använder slamavvattningsutrustning att för dem är kompostering alternativt förbränning av slammet mest ekonomiskt fördelaktigt.

## **Funktion hos trekammarbrunnen**

Ytterligare argument som ibland nämns bland förespråkare av slamavvattningsteknik är att nedbrytningsprocesserna i trekammarbrunnen gynnas av att rejektvatten återförs. Ingen av de kommuner som ingick i enkätstudien använde detta argument som motiv för att använda slamavvattningsteknik men utredningen erfar att detta ändå är något som ofta framhävs som en positiv aspekt i sammanhanget.

## **Polymerer**

Bland 14 % av de tillfrågade kommunerna så var en av orsakerna till att man avstod från slamavvattningsteknik att man inte ville använda sig av polymerer. Miljö- eller hälsomässiga aspekter ligger bakom den tveksamma inställningen.

## **Opinion och egendom**

Flera kommuner, 21 % av de tillfrågade, framhöll att risken för att skada fastighetsägarens reningssystem eller att fastighetsägaren skulle ogilla tekniken p.g.a. exempelvis att rejektvatten från annan brunn tillförs fastighetens slamavskiljare, var en anledning till att man inte valt att använda slamavvattningsfordon. I detta sammanhang bör det dock klargöras att det idag finns flera tekniska lösningar som möjliggör att rejektvattnet återförs till samma brunn som slammet kom ifrån.

## **Teknisk otillräcklighet**

Bland 10 % av de tillfrågade kommunerna anser man att slamavvattningstekniken inte är tillräckligt väl utvecklad eller att avvattningsgraden är otillräcklig och att man därför inte är intresserad av att använda sig av den.

## **Engagemang**

Mer än hälften av de tillfrågade kommunerna, 65 %, har övervägt att använda slamavvattningsfordon och därmed aktivt tagit beslut om vilken teknik man skulle använda medan övriga inte hade någon tydlig ståndpunkt i frågan.

Även om de motiveringar som redovisats ovan är vanligt förekommande så visade också intervjustudien att många kommuners val även har andra lokala förutsättningar som har stor betydelse. Exempelvis kan nämnas att någon kommun hänvisade till att man hade många slutna tankar i kommunen som inte är lämpliga för tömning med slamavvattningsfordon. En annan undvek att använda slamavvattningsfordon eftersom den entreprenör som man kunde anlita som använde sig av slamavvattningsfordon skulle tvingas göra långa resor för att nå kommunens arbetsområde.

## Polymerer

Polymerer används flitigt inom industrin och har många tillämpningsområden. De används bl.a. i tvättmedel som avhårdare, som komponenter i kosmetiska produkter och i läkemedel, vid framställning av papper mm (Wahlberg & Paxeús, 2003). I samband med rening av avlopps- och dricksvatten tjänstgör de ofta som koagulerter och flockulerter i reningsverken. Genom att bidra till tätare och större flockar påskyndas sedimentering och partikulära föroreningar kan således avskiljas. Nyttjande av polymerer för detta ändamål har pågått i över 40 år (Bolto & Gregory, 2007).

### Begrepp och mekanismer

De grundläggande begreppen inom polymerer och hur de fungerar i vattenreningssammanhang som tas upp nedan beskrivs i Bolto och Gregory (2007).

Polymerer karaktäriseras grovt genom dess laddning – katjoniska, anjoniska och icke joniska. De joniska kallas även polyelektrolyter. Vidare karaktäriseras polymerer genom dess laddningsdensitet  $CD$  – *Charge Density* och dess Molekylvikt  $MW$  – *Molecular Weight*.

För att polymerer skall vara användbara i reningsammanhang måste de vara vattenlösliga. Polymeren som består av en lång kedja av motsvarande monomer antar en form i vattnet som är slumpmässig men påverkas av dess laddningstäthet och det omgivande vattnets jonstyrka (salthalt). Med dessa faktorer varierar polymerens utbredning. Eftersom polymerens laddningar interagerar med jonerna i vattnet kommer den att ha en större utbredning i vattenmassan då jontätheten är låg i vattnet och tvärt om.

De mekanismer som är grunden för den separation av vätska och partiklar som uppstår vid tillsats av polymerer består främst i polymerbrygning och laddningsneutralisation. Båda mekanismerna hänger samman med polymerens förmåga att adsorberas till partikeltytor. Adsorptionen sker då en laddad partikel (partiklar har vanligen en ytladdning) stöter ihop med en del av polymeren med motsatt laddning. En svag attraktionskraft uppstår då mellan polymeren och partikeln.

Polymerbrygning uppstår då en polymerkedja fäster mot två eller flera partikeltytor och således bildar en brygga mellan dem. För att detta skall kunna inträffa får halten polymerer i vätskan inte vara för stor, eftersom man då riskerar att översålla partiklarna med adsorberade polymerer. Händer detta så finns det risk för att det saknas lediga platser att adsorbera till då en polymersvans bunden till en partikel stöter ihop med en annan partikel. Är polymerhalten för låg blir dock brygningarna för få. Det gäller alltså att hitta den optimala mängden polymer för att få en så effektiv flockulering som möjligt. Polymerbrygning funkar bäst med långa polymerkedjor (Hög molekylvikt  $MW$ ).

Laddningsneutralisering som är en annan mekanism som gynnar flockulering, bygger också på adsorption. Då en ökande mängd polymerer attraheras till laddade partiklar kommer dessa till slut att neutraliseras. Detta leder helt enkelt till att den elektrostatiske repulsionen mellan partiklar minskar och att chansen till flockulering ökar. Laddningsneutralisering sker effektivast med polymerer med hög laddningsdensitet. En sidoeffekt som kan uppstå vid laddningsneutralisering är att partikeln som totalt sett nått nära neutral laddning kan ha öar som ändå har

en svag laddning och således komma i kontakt med en annan partikelyta med en motsatt laddning. Fenomenet uppstår på grund av att medelavståndet mellan laddningarna på ytan är större än avståndet mellan segmenten i polymerkedjan. Därmed kan lokalt svaga laddningar uppstå trots att partikelns summerade laddning är nära neutral.

## **Polyakrylamider och infiltration**

En av de risker som ofta lyfts fram vid nyttjande polymerer i slamavvattningsfordon är att metoden skulle kunna påverka efterkommande rening, i första hand på infiltrationer och markbäddar.

Tekniker som bygger på filtrering av avloppsvatten skulle kunna sättas igen antingen genom att polymeren påverkar infiltreringen negativt eller att handhavandet i samband med tekniken på annat sätt missgynnar anläggningen.

Det finns flera egenskaper hos polymerer som gör att de kan påverka hydrauliken genom en jord eller annan media. Man kan tänka sig följande tre huvudorsaker:

- Viskositetspåverkan
- Aggregering
- Mikrobiell påverkan

## **Viskositetsförändring**

Polymerer påverkar egenskaperna hos den vätska som de tillsätts till genom att förändra dess viskositet. Tillsats av polymerer innebär en högre viskositet, dvs. vätskan blir mer trögflytande (Ajwa & Trout, 2006). Detta är en egenskap som betyder att konduktiviteten genom ett material som i övrigt inte interagerar med polymeren kommer att minska vid tillsats av polymerer. Ajwa och Trout (2006) visar att en polymerhalt på 20 mg/l kan ge upphov till en 50-procentig försämring av infiltrationshastigheten. Viskositetsförändringen påverkas dock i hög grad av egenskaperna hos den tillsatta polymeren, bl.a. laddningstätheten samt vätskans sammansättning. Ökad laddningstäthet ökar viskositeten medan exempelvis salter i vätskan minskar effekten av polymertillsatsen.

## **Aggregering**

Genom att polymerer interagerar med ytladdningar kommer de också att interagera med markmaterialets partiklar. I material som innehåller större fraktioner av fint material (lera och silt) kan polymeren bidra till en aggregering av partiklar som leder till en förbättrad infiltrationshastighet. Det finns flera exempel där denna effekt har påvisats men effekten har visat sig vara tidsbegränsad (Gardiner & Sun, 2002; Lentz, 2003).

## **Mikrobiell påverkan**

En annan mekanism som skulle kunna orsaka en försämrad infiltrationskapacitet hos reningsanläggningar är om polymeren påverkar nedbrytningsprocesserna i anläggningen. En hämmande verkan på mikroberna kan ge upphov till en upp-

lagring av organiskt material i filtermaterialet och med tiden leda till igensättning. Studier kring polyakrylamids påverkan på mikrobiologin har dock inte kunna påvisa några sådana negativa effekter i det kortare perspektivet (Johansson m.fl., 1998). Tvärt om fann man att polyakrylamid kan stimulera den biologiska aktiviteten.

## **Toxicitet för vattenlevande organismer**

De doser polyakrylamider som krävs för att akvatiska organismer skall ta skada varierar. För katjoniska polymerer (som i allmänhet är de mest toxiska) ligger LC50/EC50 för grönalg mellan 0,2 och 636 mg/l, för invertebrater mellan 0,04 och 450 mg/l och för fisk mellan 0,06 och 1000 mg/l (Wahlberg & Paxéus, 2003). Värdet LC50 och LD50 anger vilken halt som behövs av ämnet för att minst hälften av organismerna skall dö eller skadas. Medianvärdena för respektive organism anges till 57 mg/l, 3,9 mg/l och 0,89 mg/l. Katjoniska polymerer kan därför betraktas som mycket giftiga i rena vattenlösningar. Vidare förklarar Wahlberg och Paxéus (2003) att giftigheten främst beror på fysikaliska mekanismer som hänger samman med att polymeren är laddad. På grund av dess storlek kan den inte tas upp i cellen. Närvaron av suspenderat material eller andra ytor eller laddningar medför därför att den toxiska effekten reduceras eftersom polymeren binder till dessa och neutraliseras.

## **Påverkan på människors hälsa och miljön**

Som tidigare beskrivits består polymeren av en lång kedja av motsvarande monomer. För att framställa polyakrylamid används monomeren akrylamid som är konstaterat som ett hälsofarligt kemiskt ämne.

### **Akrylamid i mat**

Livsmedelsverket och forskare på Stockholm universitet har funnit att akrylamid bildas i många typer av livsmedel som upphettas till höga temperaturer (Svensson et al., 2003). Akrylamid finns i huvudsak i kolhydratrik mat som hettas upp till temperaturer över 100°C. Halten akrylamid varierar mycket inom en och samma livsmedelsgrupp, men potatischips och pommes frites innehåller generellt sett höga halter i jämförelse med många andra livsmedelsgrupper. Medelinnehållet i potatischips är drygt 1000 µg/kg och i pommes frites cirka 500 µg/kg.

Akrylamiden står enligt livsmedelsverket troligen för en liten del av alla farliga ämnen som vi får i oss genom kosten. När akrylamid kommer in i kroppen omvandlas ämnet och binder till våra kromosomer. Denna tillbindning kan orsaka brott på kromosomerna och därmed en förhöjd risk för tumörbildning. Akrylamid har konstaterats neurotoxiskt vid höga doser, troligen betydligt högre dos än den vi konsumenter får av mat. Genomsnittligt intag hos svenskar är ca 35 µg/dag.

Det finns inga gränsvärden för akrylamid i mat däremot finns gränsvärde för akrylamid i vatten.

## **Polyakrylamid och akrylamid i vatten**

Polyakrylamid används vid svenska ytvattenverk och reningsverk som hjälpmedel för att förbättra reningseffekten vid beredning av ytvatten till dricksvatten och rening av avloppsvatten samt vid avvattning av slam vid reningsverken.

Eftersom polyakrylamid kan innehålla små mängder av det hälsofarliga ämnet akrylamid så regleras därför såväl resthalten som mängden polyakrylamid som får tillsättas vattnet i livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten.

Enligt studier på utgående vatten från verken finns det både polymera och monomera föroreningsrester närvarande (Bolto & Gregory, 2007). Gränsvärdet för akrylamid i dricksvatten är på 0,1 µg/l och gäller sedan 25 december 2003 (SLVFS 2001:30).

## **Polyakrylamid och akrylamid i mark**

Polyakrylamid är en vattenlöslig syntetisk organisk polymer med hög molekylvikt som främst reagerar med lerfraktioner i marken. Graden av interaktion beror både på polymerens egenskaper och på jordens egenskaper (Seybold, 1994).

Enligt Barvenik (1994) kan nedbrytning av polyakrylamid i marksystem förväntas förekomma med tiden med en hastighet som bedöms vara 10 % per år, som ett resultat av mekanisk nedbrytning, kemisk och biologisk hydrolys, solsken, salt och temperatureffekter. Polyakrylamidens nedbrytning bedöms inte frigöra akrylamid men själva polyakrylamiden kan i sig innehålla mätbara nivåer av överbliven akrylamid vid tillverkningen.

Det har konstaterats att akrylamid är mer rörlig i sandig mark än i siltig/lerig mark (Barvenik, 1994). Akrylamid är biologiskt nedbrytbar och ackumuleras inte i jord (Seybold, 1994). Den biologiska nedbrytningen av akrylamid är beroende av temperatur, jordart, jordens sammansättning och struktur och aktuell akrylamidkoncentration (Barvenik, 1994).

Seybold har sammanställt litteratur om akrylamids nedbrytbarhet (Seybold, 1994). Akrylamid som kommer ut i miljön härstammar främst från användandet av polyakrylamidprodukter. Akrylamid är mycket vattenlösligt (2 kg/liter) och har visat sig ha en mycket låg eller ingen adsorptionskapacitet på slam eller sediment. På grund av akrylamidens mycket höga vattenlöslighet och dess låga adsorptionspotential är den en potentiell förorenare av grundvatten.

Akrylamid är bionedbrytbart och ackumuleras inte i jord. Vid vanliga utomhus-temperaturer visar litteraturen på att halveringstiden för akrylamid varierar från 18-45 timmar för 25 ppm (25 mg/l) akrylamid i mark. Ökning av temperaturen eller minskning av akrylamidkoncentrationen minskar halveringstiden. Halveringstiden har visat sig vara längre under anaeroba markförhållanden. Akrylamid hydrolyseras (bryts ned) i mark och producerar ammonium (NH<sub>4</sub>) som troligen oxideras till nitrit (NO<sub>2</sub>) och nitrat (NO<sub>3</sub>) under aerobiska förhållanden.

Vidare konstaterar Seybold i sin genomgång att akrylamid är bionedbrytbart i naturliga vatten. Där nedbrytning av akrylamid bedöms uppkomma inom 100 till 700 timmar. Vanligen är det en viss tidsfördröjning innan nedbrytningen startar. I kranvatten som har låg biologisk aktivitet har det i försök inte observerats någon nedbrytning under 80 dagar.

## Hantering, mängder och riskuppskattning

### Hantering

Vid slamavvattning med polymerer styr operatören själv mängden polymer som tillsätts slammet. Behovet styrs av faktorer som slammets torrsubstanshalt, slammets sammansättning och polymerens egenskaper. I praktiken anpassas tillsatsen av polymer till stor del genom erfarenhetsmässiga bedömningar av operatören. Mängden optimeras genom att visuellt studera flockbildning och egenskaperna hos det förtjockade slammet. De operatörer som kontaktats under detta projekt framhåller att en för hög dos av polymerer leder till att avvattningsutrustningen tenderar att sätta igen. Man är därför noga med att börja med en låg dos och sedan successivt öka denna eftersom man annars kan bli tvungen att spola rent utrustningen. Detta vill man om möjligt undvika.

### Förbrukning av polymer

Rekommenderad dos av polymerer för avvattning av slam uppges av en ledande tillverkare (Ciba Specialty Chemicals, 2008) vara mellan 2 och 8 kg/ton TS. För att behandla slammet från en normalstor trekammarbrunn med en volym motsvarande 2,5 m<sup>3</sup> och en torrsubstanshalt på 1 % åtgår vid den maximala dosen ca 200 g polymer (80 g/m<sup>3</sup>). Vid fältstudie av ett slamavvattningsfordon (Rolba MZ) och användning av en polymer med produktnamnet Pami-11 uppmättes en maximal tillsats på 63g/m<sup>3</sup>. Medeltillsatsen låg på ca 35g/m<sup>3</sup> (Sjöberg & Löf, 2006).

### Mängden restpolymer i rejektvattnet

Polymerens uppgift är att brygga samman partiklar och neutralisera laddningar. Största delen av den volym som tillsats kommer därför att återfinnas i slamfasen. I labbstudier har man visat att över 80 % av polymeren återfinns i det avskilda slammet (Shuman & Kunst, 1991). Vid optimal dosering återfinns över 95 % av polymeren i slamfasen (Dentel m.fl., 2000). Med de tekniska omständigheter som råder vid mobil slamavvattning är det rimligt att anta att optimal dosering och inblandning sällan uppnås men man bör ändå kunna vara säker på att större delen av den tillsatt polymeren återfinns i slamfasen. Låt oss förutsätta att 30 % av polymeren återfinns i rejektvattnet. I detta scenario kommer halten av polymer i rejektvattnet uppgå till ca 24 mg/l. Siffran baserar sig på att slammet har en TS-halt på 1 % och att man tillsatt en hög dos polymerer motsvarande 8 kg/ton TS.

### Risker för toxiska effekter på vattenlevande organismer

I ett scenario där rejektvatten återförs till en brunn är det mycket svårt att uppskatta hur toxiskt rejektet är omedelbart efter avvattningen. Mängden polymerer i rejektvattnet har vid hög dos uppskattats till 24 mg/l men det är tveksamt om detta värde speglar ett toxicitetstest med polymer i ren vattenlösning. Skulle det vara så finns det många katjoniska polymerer som är skadliga vid i den halt som uppstår i rejektvattnet. Risken för påverkan gäller speciellt fisk.

Toxiciteten kommer dock att minska allt eftersom polymererna neutraliseras. Har reningsanläggningen en efterbehandling så måste därför riskerna för påverkan på



omgivande ytvattenmiljöer betraktas som mycket liten eftersom polymererna kommer att fastna på partiklar i marken.

Saknas reningsanläggning efter trekammarbrunnen blir bedömningen svårare. Tiden mellan tappning och utsläpp samt recipientens storlek bör vara avgörande. För att utsläppet skall kunna påverka recipienten måste den definitivt vara mycket liten (storleksordningen litet dike) och vattenföringen mycket låg. I annat fall bör utspädningseffekterna vara överordnade.

Sammanfattningsvis kan man inte med vad utredningen erfarit dra några riktigt säkra slutsatser om risken för polymerernas påverkan på vattenmiljön vid nyttjande av slamavvattningsfordon. Risken bedöms dock vara liten och eventuella effekter mycket lokala. Osäkerheten gör det dock angeläget att man hanterar produkten ansvarsfullt och att man känner till egenskaperna på den specifika produkt man använder.

### **Risker för påverkan på fastighetens reningsutrustning**

Vid en polyakrylamidhalt på 24 mg/l bedöms effekten av viskositetsförändringen kunna vara märkbar. Avloppsvatten har dock i allmänhet en hög salthalt, varför effekten är svår att uppskatta. Då nytt avloppsvatten strömmar in i slamavskiljaren kommer dock viskositeten åter att sjunka och successivt återgå till det normala. Att viskositetsförändring till följd av polymerer i rejektvattnet skulle utgöra en risk för anläggningens funktion på lång sikt anses dock vara osannolikt.

Man kan dock spekulera i om dålig inblandning skulle kunna ge upphov till gelébildning och igensättning. Det förekommer att slamfordonens egen silutrustning måste spolras om en överdosering av polymerer skett. Detta faktum ger dock även en viss garanti eftersom det betyder att det rejektvatten som passerar fordonet kommer att hålla en viss kvalitet.

De aggregerande egenskaperna hos polymeren skulle teoretiskt kunna påverka anläggningen genom att öka dess infiltrationshastighet. Konsekvensen skulle kunna vara en sämre reningseffekt hos anläggningen på grund av en allt för kort uppehållstid. De aggregerande effekterna bedöms dock vara marginella. Inte minst med tanke på att infiltrationer och markbäddar om de är korrekt konstruerade, utgörs av material med i huvudsak grövre fraktioner som sand och grus. Dessa partiklar har en allt för stor vikt för att interagera med polymererna.

Med utgångspunkt från de vetenskapliga studier som gjorts, finns det ingen grund för att anta att avvattningsteknik med polymerer orsakar en påtagligt försämrad infiltrationskapacitet hos infiltrations- och markbäddar. Även tillämpade studier med rejektvatten som belastat kontinuerligt provtagna markbäddar i Norge pekar på att några negativa effekter inte kan påvisas (Kværner m.fl., 1998). Vad som dock bör poängteras är att urvalet av polymerer är mycket stort och att några heltäckande studier inte finns att tillgå. Trots detta är det rimligt att anta att den hydrauliska effekten i de flesta fall bör vara likvärdig.

Vad som i högre grad bedöms kunna utgöra en risk för påverkan på reningsanläggningar i samband med slamtömning är bristande rutiner och hantering på utförandesidan. Det finns alltid fel som kan begås och orsaken kan vara såväl tekniska som mänskliga faktorer. En ansvarsfull hantering och rapportering om eventuella misstag kan dock överbrygga dessa risker.

## Mängden akrylamid i rejektvatten

Eftersom akrylamiden är en lättlöslig och rörlig molekyl kommer den inte som polymeren bindas in i slammet. Över 90 % av den akrylamidrest som kan finnas i polymertillsatsen kommer därför att återfinnas i rejektvattnet. Halten som man kan förväntas återfinna är dock mycket liten. De flesta polymerer har en akrylamidhalt under 0,1 % (Wahlberg & Paxéus, 2003). Omräknat med samma indata som ovan torde därmed halten i rejektvattnet inte överstiga 80 µg/l. I fältmätningar utförda på rejektvatten direkt från slamavvattningsfordon har man uppmätt akrylamidhalter på 2,2 µg/l (Sjöberg & Löf, 2006).

Livsmedelsverkets gränsvärden för dricksvatten är visserligen betydligt lägre, 0,1 µg/l. Eftersom akrylamiden är biologisk nedbrytbar och inte ackumuleras i mark finns dock ingen risk för ackumulering på platsen och effekt på lång sikt förekommer därför inte. Innan rejektvattnet nått en dricksvattenbrunn är sannolikt halten akrylamid oerhört låg. Risken för att skada människors hälsa i samband med slamtömning med slamavvattningsfordon som nyttjar polymerer bedöms därför vara mycket liten.

## Slamavskiljare – påverkan av rejektvatten

En slamavskiljare är en förbehandling med syftet att reducera fast material genom sedimentering. För att åstadkomma långgående rening finns ett efterföljande reningssteg vanligen en markbädd eller infiltrationsanläggning för att rena de lösta föroreningarna i avloppsvattnet.

Förespråkare av slamavvattnings teknik framhäver ofta att nedbrytningsprocesserna i trekammarbrunnen gynnas av att rejektvatten återförs. Rejektet sägs tillföra den kultur av mikroorganismer som krävs för att bibehålla en hög nedbrytningskapacitet i brunnen. Det är rimligt att det finns ett samband mellan ett systems grad av mikrobiologisk stabilitet och dess nedbrytningsförmåga samt att en god tillgång på mikroorganismer ökar nedbrytningshastigheten. Det är dock i vidare mening inte vetenskapligt belagt att detta skulle ha praktiskt betydelse vid de omständigheter som råder i en trekammarbrunn.

Tillämpade studier (Va-Teknik och Vattenvård, 1996) pekar på att halten av suspenderad substans i utgående vatten från slamavskiljaren kan hållas nere med hjälp av återföring av rejektvatten. Det finns också många förare och bransch-kunniga som av erfarenhet hävdar att rejektvattnet har betydelse. Det finns dock flera anledningar till att ifrågasätta den positiva effekt som ibland framhävs att rejektvattnet har.

## Kort hydraulisk uppehållstid

Den hydrauliska omsättningstiden för en normalstor trekammarbrunn på 2,5 m<sup>3</sup> hamnar någonstans mellan 3 och 10 dagar beroende på belastningen. Sett ur det tidsperspektiv som systemet normalt sett brukas mellan tömningarna (ca ett år), så är denna omsättningstid mycket kort. Det finns därför anledning att ifrågasätta vilken praktisk betydelse rejektvattnet har för funktionen. Möjligen kan upprätthållandet av anaerobi i brunnen vara en faktor som påverkar slamproduktion och brunns funktion.

## Låg slamproduktion ingen garanti för god reningsgrad

Vad som också bör påpekas är att en lägre slamproduktion inte nödvändigtvis behöver vara förenat med en bättre reningsfunktion hos slamavskiljaren. En minskad slamvolym skulle kunna hänföras till att löst organiskt material inte omsätts mikrobiellt och byggs in i biomassa, utan passerar vidare.

Om det sker en mikrobiologisk aktivitet i brunnen är det flera saker som rimligen har betydelse. Vid nedbrytning av material (kol) bildas koldioxid och metan. Aktivitetens omfattning och hastighet beror bland annat av:

### Syretillgången i slammet

Ett anaerobt (syrefattigt) slam betyder att metanbildningen dominerar och ett aerobt (syrerikt) slam innebär att koldioxidproduktionen överväger. Med traditionell tömningsteknik kan man förvänta sig aeroba förhållanden under en övergångsperiod. Rejektvattnet från ett mobilt slamavvattningsfordon bedöms dock vara syrefattigt och man kan därför utan dröjsmål förvänta sig anaeroba processer i brunnen om den förses med rejektivatten. Rimligtvis ökar då även risken för metanbildning. Metan har en jämförelsevis hög potential som växthusgas. Om det i realiteten har någon betydelse är dock inte alls säkert.

### Temperaturen i brunnen

Temperaturen i slamavskiljaren bör rimligen variera mellan 5 och 20°C. Metanproducerande bakteriekulturer är normalt mycket ineffektiva vid låga temperaturer. I detta intervall bedöms metanbildningen vara mycket begränsad.

### Avloppsvattnets pH

Metanbildande bakterier gynnas av ett högt pH. Ur det perspektivet finns det sannolikt förutsättning för metanproducenterna eftersom avloppsvattnets pH vanligen ligger över pH 7.

Vid de låga temperaturerna och relativt korta uppehållstiderna torde påverkan ändå vara rätt försumbar med tanke på att aktiviteten är låg. För att vara säkra på att en minskad slamvolym är positiv ur reningsperspektiv så måste man förvissa sig om att slutprodukten avgår till luften. I annat fall är orsaken till den svaga slamproduktionen helt enkelt en långsammare uppbyggnad av biomassa.

### Näringsläckage

Rejektvattnet som återförs brunnen bedöms också vara mycket näringsrikt. Ur denna aspekt bedöms återförsl av rejektivatten vara olämpligt. Särskilt om avloppet inte motsvarar uppställda krav om längre gående rening än slamavskiljare. Uppgifter saknas om hur mycket näring som kan återfinnas i rejektivattnet men med all säkerhet är innehållet betydligt mer näringsrikt än vanligt avloppsvatten.

## Otillräcklig kunskap

Av ovanstående kan man dra slutsatsen att frågan om att mobil slamavvattning förbättrar reningen hos trekammarbrunnar på intet sätt är klarlagd. Även om man erfarenhetsmässigt sett vad man kallar en förbättrad funktion kan man inte utan ett bättre underlag säga att återförsl av rejektvatten i ett helhetsperspektiv medför en bättre reningsfunktion hos slamavskiljaren. Fördjupade studier kring funktionen hos slamavskiljare efterlyses för att kunna ge en klarare bild av effekterna. Det dåliga kunskapsläget beträffande trekammarbrunnar gäller inte endast rejektvattnets bieffekter utan även dess helhetsfunktion samt hur slammet är sammansatt och hur man tar hand om det på bästa sätt.

## Energianalys

Energianalysen ger en bild av hur mycket energi som tillförs för att uppfylla en tjänst i detta fall att samla in slam från trekammarbrunnar. Energianalysen kan användas som ett underlag vid jämförelse mellan olika tekniker i syfte att finna resurseffektiva system, stor effekt med liten insats. I detta fall har resultatet från energianalysen också omsatts till klimatpåverkan genom att beräkna utsläpp av koldioxid i samband med insamling av slam med olika teknik.

I energianalysen beräknades i ett första steg energianvändningen för transportcykeln representerande en dags körning. Informationen användes sedan för att ange skillnaden i energianvändning samt klimatpåverkan för att givet antal brunnar. Det finns exempel på andra utredningar som också försökt uppskatta skillnaderna mellan avvattningsfordon och konventionell teknik men angreppssättet har varit annorlunda (Olson, 2003). Utmärkande för JTI:s studie är att körcykeln för fordonet har analyserats i detalj och tiden för tomgångskörning respektive transport har differentierats.

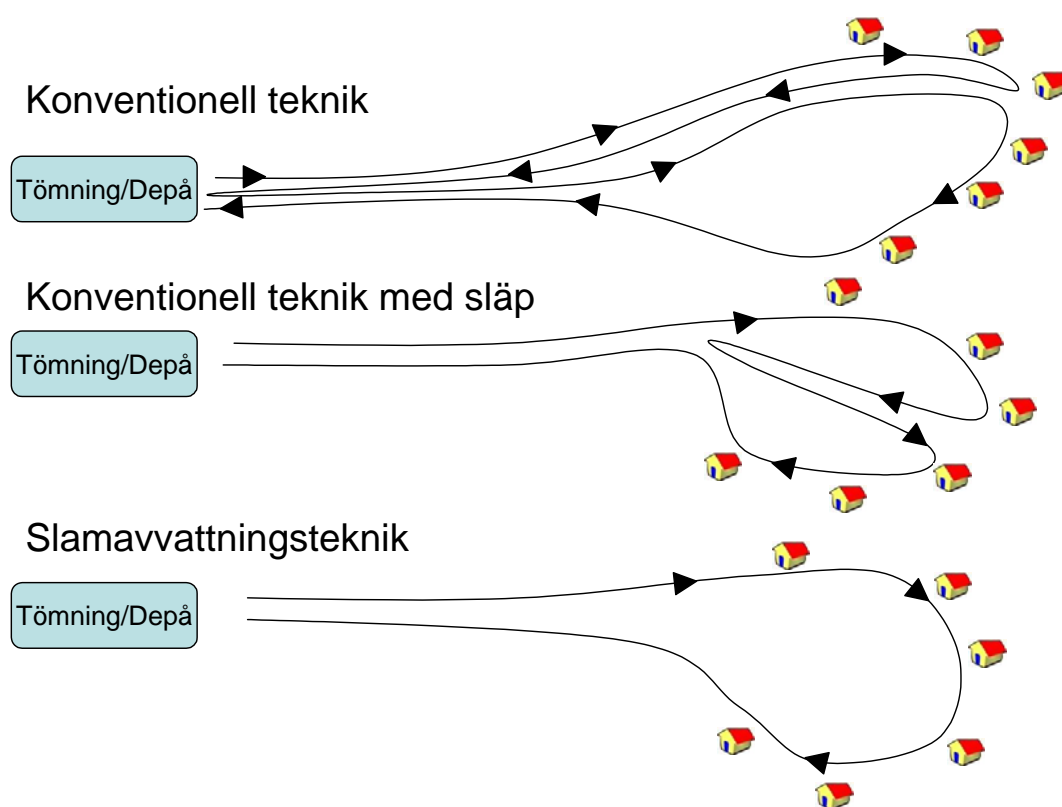
Energianalysen kompletterades med en känslighetsanalys för parametrar som kan tänkas påverka resultatet i en eller annan riktning. Exempelvis är avståndet mellan start och insamlingsområde, avstånd mellan brunnar samt tiden för att tömma brunnar parametrar som varierats för att se vilken påverkan de har på det totala resultatet.

## Genomförande

Tre metoder för insamling av slam från trekammarbrunnar har jämförts med avseende på användning av energi och utsläpp av koldioxid.

- konventionell insamling av slam med fordon utan släp
- konventionell insamling av slam med fordon utrustat med släp
- insamling av slam med fordon som avvattnar slammet

Hela kedjan från där fordonet står uppställt till område där tömning sker, transporten av slam till tömning och förflyttning tillbaka till utgångspunkten studeras, se figur 2.



Figur 2. De tre studerade systemen för insamling av slam från slamavskiljare som är underlag till energianalysen.

I studien studerades följande moment:

- Förflyttning från tömning/depå till område där tömning ska ske. Fordonet har ingen last vid uttransport, vilket påverkar bränsleförbrukningen.
- Förflyttning av fordon mellan brunnar, här antas det att drivmedelsförbrukningen är medelvärdet mellan olastat fordon och lastat fordon. Antagandet om bränsleförbrukningen grundar sig på att fordonet i början är tomt och sedan fylls upp. Medelfyllnadsgraden vid insamlingen är 50 %.
- Energibehovet vid tömning av brunnar, där fordonet antas ha motorn i gång under hela processen. Under den tid som krävs för att ta fram och koppla utrustningen samt tiden för att återställa utrustningen går motorn på tomgång. Under själva tömningen driver motorn pumpen som suger ur brunnen. Även denna tid går motorn på tomgång.
- Vid konventionell insamling med släp tillkommer en transport mellan uppställningsplatsen för släpet och området där brunnar finns lokaliserade. Fordonet är tomt eller fyllt beroende på om den är på väg från eller till släpet.
- Transport på landsväg med fyllt fordon till plats för tömning/depå. Bränsleförbrukningen är den för landsväg med fullastat fordon.
- Tömning av fordon, där fordonet antas ha motorn i gång under hela processen. Den tid som krävs för att tömma fordonet går motorn på tomgång.
- Fordonets depå antas vara på samma plats där tömningen sker.

## Indata till energianalysen

Indata till studien kan vara av olika karaktär. Allmänna indata är generella för hela beräkningen och geografiska data anger vart man befinner sig, olika avstånd mellan platser för olika händelser. Mer specifika indata är sådana som rör materialet som ska hanteras, utrustning och processer som ingår i studien.

### Allmänna indata

Energiinnehållet i diesel förutsätts vara 36 MJ/l. Mängden koldioxid som genereras vid förbränningen av diesel har ansatts till 2,6 kg CO<sub>2</sub> per liter diesel.

### Geografiska indata

I grundfallet som beräknas, antas det att avståndet mellan uppställningsplatsen och området med brunnar är 40 km enkel resa, avståndet mellan varje brunn är 500 m. För scenariot för oavvattnat slam med släp antas att släpet parkeras så att sträckan som krävs vid omlastningen uppgår till 5 km i båda riktningarna.

### Indata om hanterat material och utrustning som används

I studien antas det att varje brunn innehåller 2,5 m<sup>3</sup> slam och slammets torrsubstanshalt är 0,8 kg/m<sup>3</sup>

Två fordonstyper har varit utgångspunkt för beräkningarna av bränsleförbrukning: lastbil med- och lastbil utan släp. Lastbil med släp antas lasta 24 m<sup>3</sup> slam, 12 m<sup>3</sup> i bilen och 12 m<sup>3</sup> i släpet. Fordonet för insamling av avvattnat slam förutsätts ha en tank för slam som rymmer 7 m<sup>3</sup> samt en rejektvattentank som rymmer 4 m<sup>3</sup>. Den antagna medelhastigheten vid förflyttning på landsväg är 50 km/h. Vid förflyttning av fordonet mellan olika brunnar antas medelhastigheten vara lägre än vid landsvägskörning. I denna studie har hastigheten vid förflyttning mellan brunnar satts till 30 km/h. Bränsleförbrukningen vid transport på landsväg med och utan last är hämtad från NBM (2005), se tabell 1.

### Tömning av brunnar

Energiförbrukningen vid tömning av brunnar beräknas utifrån sambandet mellan bränsleförbrukning vid tomgång och den tid som krävs för att tömma en brunn samt antalet brunnar som töms (tabell 1). I tiden för tömning av brunnar ingår att ställa fordonet på plats, ta fram och återställa utrustning, tömma brunnen samt att avvattna slamm till önskvärd torrsubstanshalt. Avvattningen jämförs för torrsubstanshalterna 5 % och 15 %.

Tabell 1. Parametrar som används vid beräkningen av energianvändning och klimatpåverkan.

Parameter	Konventionell insamling med släp	Konventionell insamling utan släp	Avvattnings-teknik	Enhet
Fordon, volym	12	12	7	M <sup>3</sup>
Släp, volym	12		–	M <sup>3</sup>
Bränsleförbrukning, olastad ( $E_{tom}$ )	0,236	0,216	0,216	l/km
Bränsleförbrukning, lastad ( $E_{last}$ )	0,354	0,298	0,298	l/km
Bränsleförbrukning, tomgång	15	15	15	l/h
Kapacitet, antal brunnar per dag ( $n_{brunn}$ )	9	8	14	st
Tid för tömning av brunn	16	16	24	min
Tid för tömning av ekipage	40	10	20	min
Tid för avkoppling av släp	5	–	–	min
Tid för påkoppling av släp	10	–	–	min
Tömning från fordon till släp	30	–	–	min

## Klimatpåverkan

Utsläppen av klimatgaser är i denna studie helt avgränsade till fordonen för tömning. Dieselförbrukningen är direkt kopplad till utsläpp av koldioxid (CO<sub>2</sub>). Förbränning av 1 liter diesel i motorn ger upphov till 2,6 kg CO<sub>2</sub>.

## Känslighetsanalyser

Ett antal känslighetsanalyser har genomförts för olika parametrar som används i samband med beräkningar av energianvändningen och klimatpåverkan (tabell 5). De parametrar som ändrats i känslighetsanalyserna är

- Transportavståndet från platsen för tömning/depå till område för tömning av brunnar
- Avståndet mellan avställningsplats för släp och område med brunnar
- Avstånd mellan brunnar
- Tiden för tömning av brunnar.

## Resultat från energianalysen

### Insamlingskapacitet

Insamlingskapaciteten, d.v.s. hur mycket slam kan samlas in under en given tidsperiod, exempelvis under en dag är ett mått på insamlingssystemets effektivitet. Med den metod som använts visar det sig att olika lösningar har olika kapacitet. För att få ett mer jämförbart resultat mellan olika val av teknik kan de olika teknikerna appliceras på samma geografiska område eller att de ska utföra samma tjänst vilket också redovisas längre fram.

Konventionell insamling med fordon och släp hinner med att tömma 9 brunnar per dag och kapaciteten är 8 brunnar per dag vid konventionell insamling då fordon utan släp används. System med avvattningsteknik har kapaciteten 14 brunnar per dag. Ser man till hur många brunnar som hinner tömmas innan fordonet är fyllt och måste tömmas varierar det beroende på om slammet är oavvattnat eller avvattnat. Det finns även en variation mellan olika avvattnade tekniker beroende på till vilken torrsubstanshalt som avvattningen sker.

### Bränsle- och energianvändning per dag vid konventionell insamling med och utan släp och avvattningsteknik

Oavsett teknikval för insamling domineras energianvändningen av transporten till och från platsen där tömningen sker. En annan stor förbrukare av energi är den ackumulerade tiden för tömningen av slamavskiljare. Tabell 2-4 redovisar resultat för de olika systemen på dygnstransportsbasis samt uttryckt som belastning per brunn.

Tabell 2. Den beräknade bränsleförbrukningen (l diesel), energianvändningen (MJ) och klimatpåverkan (kg CO<sub>2</sub>) från en dags körcykel vid konventionell tömning med släp.

	Konventionell med släp		
	Bränsle- förbrukning, liter diesel	Energi- användning, MJ	Klimat- påverkan, kg CO <sub>2</sub>
Ut till insamlingsplats	9,4	332	24,4
Hem från insamlingsplats	14,2	498	36,9
Avställning av släp	1,3	44	3,4
Påkoppling av släp	2,5	88	6,5
Transport till insamlingsplats från avställning av släp	1,1	38	2,9
Transport till släp från insamling	1,5	52	3,9
Överflyttning av slam från bil till släp	7,5	264	19,5
Transport till insamlingsplats från avställning av släp efter tömning av lastbil	1,1	38	2,9
Transport till insamlingsplats från avställning av släp	1,1	38,0	2,9
Förflyttning mellan brunnar	0,9	32	2,3
Tömning av brunnar	36,0	1 267	93,6
Tömning av fordon	10	352	26
<b>Summa</b>	<b>86,5</b>	<b>3 044</b>	<b>224,9</b>
<b>Förbrukning per brunn</b>	<b>9,6</b>	<b>338</b>	<b>25</b>



Tabell 3. Den beräknade bränsleförbrukningen (l diesel), energianvändningen (MJ) och klimatpåverkan (kg CO<sub>2</sub>) från en dags körcykel vid konventionell tömning utan släp.

	Konventionell utan släp		
	Bränsle- förbrukning, liter diesel	Energi- användning, MJ	Klimat- påverkan, kg CO <sub>2</sub>
Ut till insamlingsplats	17,3	304	45
Hem från insamlingsplats	23,8	420	62
Förflyttning mellan brunnar	0,8	27	2
Tömning av brunnar	32	1 126	83
Tömning av fordon	10	352	26
<b>Summa</b>	<b>83,9</b>	<b>2 229</b>	<b>218</b>
<b>Förbrukning per brunn</b>	<b>10,5</b>	<b>279</b>	<b>27</b>

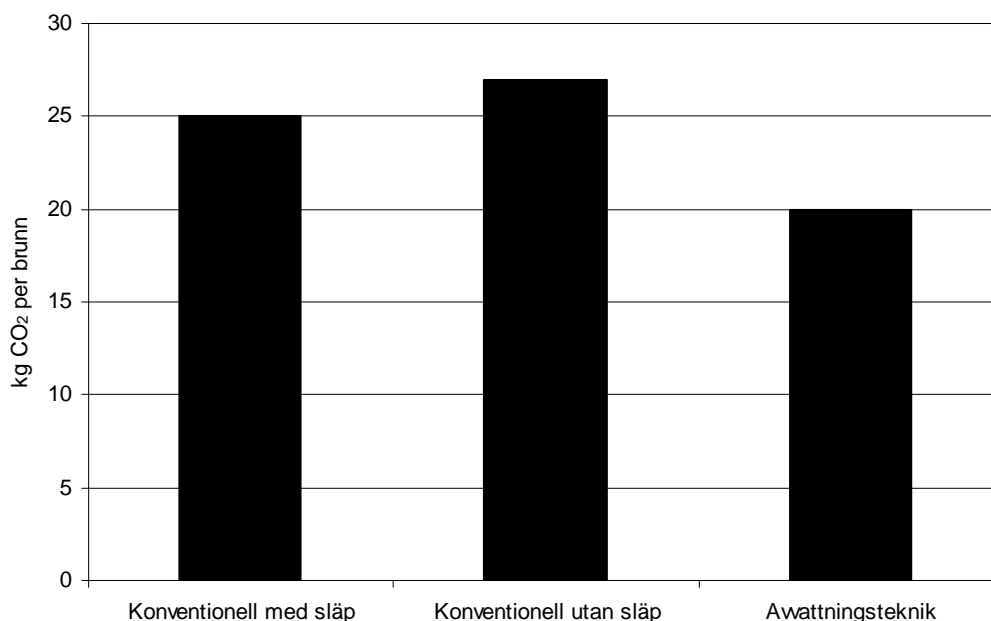
Skillnaderna mellan att använda konventionell teknik med eller utan släp är inte så stora i de scenarier som studeras. Den vinst i transportenergi till och från tömning/depå som sker när släp används motverkas till stor del av ökad körning till och från uppställningsplatsen för släpet och överföring av slam från fordon till släp. Skillnaden mellan energibehovet för transport och för tömning ökar när avvattningsteknik införs.

Tabell 4. Den beräknade bränsleförbrukningen (l diesel), energianvändningen (MJ) och klimatpåverkan (kg CO<sub>2</sub>) från en dags körcykel vid användning av avvattningsteknik.

	Avvattningsteknik		
	Bränsle- förbrukning, liter diesel	Energi- användning, MJ	Klimat- påverkan, kg CO <sub>2</sub>
Ut till insamlingsplats	8,6	304,1	22,4
Hem från insamlingsplats	11,9	419,6	30,9
Förflyttning mellan brunnar	1,8	63	4,7
Tömning av brunnar	84,0	2 957	218,4
Tömning av fordon	2,5	88	6,5
<b>Summa</b>	<b>108,9</b>	<b>3832</b>	<b>283,1</b>
<b>Förbrukning per brunn</b>	<b>7,8</b>	<b>274</b>	<b>20</b>

## Klimatpåverkan

Klimatpåverkan beräknas utifrån dieselförbrukningen och blir vid konventionell insamling med släp (tabell 2) 225 kg CO<sub>2</sub> per dag och 218 kg CO<sub>2</sub> per dag vid konventionell insamling utan släp används (tabell 3). Sker insamling med avvattningsteknik blir bidraget till klimatpåverkan 278 kg CO<sub>2</sub> per dag, tabell 4. Beroende av tekniklösning för insamling blir klimatpåverkan per brunn som töms 25, 27 respektive 20 kg CO<sub>2</sub> (figur 3).



Figur 3. Klimatpåverkan per tömd brunn beroende val av teknik för tömning.

### Känslighetsanalys

De variationer som studerats framgår av tabell 5. Vad gäller tiden för tömning av brunnar, så varierar grundfallet mellan de studerade alternativen. Av denna anledning ansattes en procentuell förändring, motsvarande 25 %, vilket motsvaras av 4 och 6 minuter för respektive konventionell teknik och avvattningsteknik.

Tabell 5. Variabler som ändras vid känslighetsanalysen. Tabellen anger respektive värde efter ökning och minskning av grundfallets variabel.

Parameter	Minskning	Grundfall	Ökning	Enhet
Transportavstånd	30	40	50	km
Avstånd släp till insamlingsplats	4	5	6	km
Tid för tömning av brunnar <sup>1</sup>	12/18	16/24	20/30	min

<sup>1</sup> Tid som krävs för att tömma brunnar: konventionell teknik/avvattningsteknik

Transportavståndet och tiden för att tömma brunnar visar sig vara de faktorer som påverkar insamlingens energianvändning mest. Avståndet mellan enskilda brunnar har en mindre påverkan på den totala energianvändningen. Den procentuella förändringen av energiförbrukning och tidsåtgång visas i tabell 6. Respektive förändring som ansatts framgår av tabell 5. Känslighetsanalysen klargör också att slamavvattningstekniken i jämförelse med konventionella alternativ påverkas mycket lite av förändringar av sträckan ut till arbetsområdet men däremot är mycket känslig för förändring av tiden för tömning av brunnar.

Tabell 6. Den procentuella förändringen av den totala energiförbrukningen och klimatpåverkan när givna parametrar ökas och minskas enligt tabell 5.

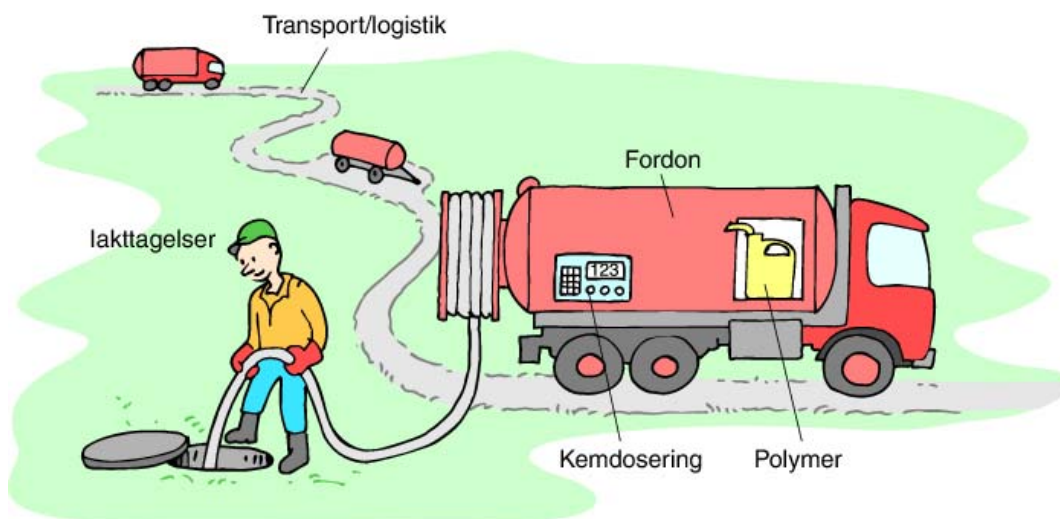
	Konventionell med släp	Konventionell utan släp	Avvattningsteknik
Avstånd till och från insamlingsplats	± 6,8 %	± 12,2 %	± 4,8 %
Avståndet släp till insamlingsplats	± 1,1 %	–	–
Avstånd mellan brunnar	± 0,2 %	± 0,2 %	± 0,3 %
Tid för tömning av brunnar	± 10,4 %	± 9,5 %	± 19,3 %

Denna energianalys pekar på att skillnaden mellan konventionell och slamavvattande teknik är mindre än vad andra studier gör gällande. Olson (2003) redovisar en minskning av energiförbrukningen till följd av slamavvattningsteknik motsvarande ca 50 % medan skillnaden med de givna förutsättningarna och beräkningsmetoden ovan uppgår till maximalt ca 30 %. En orsak kan vara att de geografiska data skiljer sig i de båda studierna men en viktig skillnad bedöms vara att den metod som använts i denna studie tar hänsyn till variationerna i tomgångskörning för de olika alternativen.

## Rekommendationer och slutsatser

Varje kommun har sina lokala förutsättningar vilket innebär att det inte generellt går att rekommendera en teknik framför en annan. Det visar inte minst svaren från enkäten där det skiljer sig åt hur man har tänkt angående slamtömning. Av de kommuner som inte använder slamavvattningsfordon har flera ändå gjort ett aktivt val i när de har valt teknik.

Det finns många faktorer som påverkar både kvaliteten och miljöriktigheten vid tömning av trekammarbrunnar. Oavsett om man väljer mobil slamavvattning eller ej varierar påverkan till exempel av hur logistiken planeras och genomförs. Genom att ställa krav på redovisning, teknik och genomförande kan en verksamhet styras för att begränsa miljöpåverkan och minimera den ekonomiska insatsen. Figur 4 sammanfattar de aktiviteter som sker vid slamtömning.



Figur 4. Aktiviteter vid slamtömning.

Olika krav kan ställas på utföraren av dessa aktiviteter. Det är önskvärt att i ett tidigt skede ha en dialog med den eller de entreprenörer som är aktuella för uppdraget för att föra ett resonemang kring de teknik- och redovisningskrav som man planerar att ålägga dem. Entreprenören har ofta teknisk kunskap och erfarenheter som är värdefulla för att bedöma nyttan av en reglering och dess praktiska konsekvenser. Genom samverkan ökar också sannolikheten för att uppsatta regleringar efterföljs på ett bra sätt och att de på sikt kan förbättras.

## Transport och logistik

Resultaten av energianalysen visar att effektiviteten hos den mobila slamavvattningen begränsas av tid medan den konventionella tömningen begränsas av den volymsbegränsade kapaciteten. Vad operatören hinner med under en dag avgör hur effektivt systemet med slamavvattningsfordon blir. Vid konventionell tömning är det bilens kapacitet med avseende på volym som hela tiden styr transportcykeln. Konsekvensen blir att den konventionella tömningen är svår att påverka med avseende på transportbehovet medan det med slamavvattningsfordon finns potential att minska transportarbetet. Potentialen utnyttjas dock sällan till max och skillnaden med avseende på klimatpåverkan beräknades i detta typexempel uppgå till mellan 25 % och 35 % till slamavvattningsteknikens fördel.

För att få insyn och därigenom kunna påverka mängden transporter i samband med slamtömning kan man ställa krav på hur verksamheten skall bedrivas eller begära att entreprenören redovisar hur han bedriver sin verksamhet. Nedan följer ett antal faktorer som kan ha inverkan på transportbehovet.

### Tömning vid avslutad transportcykel

För konventionell teknik är det i princip givet att tömning sker vid avslutandet av en transportcykel eftersom bilen då normalt är full, men för avvattningsteknik är det inte alls säkert. Töms avvattningsbilen då operatören är färdig för dagen så undviker man onödig barlast. Dock innebär det ett extra moment som kostar tid för entreprenören. En slamavvattningsbil som hämtar 10 stycken 2,5 m<sup>3</sup> brunnar under en dag har inte fyllt sin bil full ens till hälften. Fortsätter han att köra tills bilen är full kommer han under sin körning ha haft en medelvikt motsvarande halva bilens kapacitet. Denna vikt är visserligen mindre än den för en traditionell slambil men skillnaden i transportinsats blir mindre än om operatören tömt bilen vid dagens slut.

Lokala förutsättningar, exempelvis antalet tömningsstationer och var de är belägna påverkar i hög grad hur logistiken skall se ut för att minimera transporterna. Det är därför omöjligt att generellt säga hur logistiken skall planeras för att optimeras. Däremot kan man säga att en hög tömningsfrekvens, så länge den inte kräver extra körsträckor, är positivt för att minska transportarbetet.

### Behandlad volym per transportcykel

En faktor som kan vara ett mått på hur effektivt logistiken genomförts är hur stor volym obehandlad slam som omhändertas per transportcykel. För den traditionella tekniken är volymen slam låst till bilens kapacitet (inkl. ev. släp), maximalt alltså ca 25 m<sup>3</sup> per transportcykel. För slamavvattningsbilen är den volym slam som

teoretiskt kan tas omhand även beroende av avvattningseffekten. Maximal kapacitet bör här ligga kring 70 m<sup>3</sup> per cykel, men varierar med avvattningsgraden och volymen hos slamavvattningsbilarna. För att nå upp till maximal kapacitet måste dock operatören köra bilen full innan tömning. För att kunna göra detta krävs dock i de flesta fall att han har sovhytt i bilen eller lämnar den ute i fält och tar sig hem på annat sätt. Det förekommer att slambilar förses med övernattningsmöjlighet.

### **Nyttjande av släp**

Vid konventionell tömning kan nyttjande av ett släp som ställs upp i arbetsområdet få effekt på transportbehovet. Ett släp bör användas i de flesta fall då avståndet mellan tömningsplats och arbetsområde inte är mycket kort.

### **Polymeranvändning**

Resultatet från den litteraturgenomgång som gjorts kring hälso-, miljö- och funktionsrisker som kan förknippas med polymerer är kanske inte så entydiga som man skulle kunna önska. Det är slutligen upp till läsaren att bedöma hur man skall förhålla sig till de uppgifter som rapporten presenterar. Polymerer är inget nytt i industri- och reningssammanhang. Samtidigt skiljer sig förhållandena vid användning i samband med slamavvattningsfordon en del från dem som råder i övriga applikationer.

Med ökad kontroll och redovisningskrav på entreprenören bör man kunna hålla ner riskerna och osäkerheterna vid tömning av slamavskiljare med slamavvattningsteknik. Följande områden kan vara lämpliga att ha i åtanke vid utformande av krav för polymeranvändningen.

### **Utbildning**

För att säkert hantera slamavvattning med polymerer krävs tekniskt kunnande och kännedom om den produkt man använder. Det är rimligt att begära att den som utför arbetet har den utbildning som krävs för att använda tekniken och dessutom är medveten om den använda kemikalins eventuella påverkan på miljö, hälsa och egendom. Detta är förutsättningen för en ansvarsfull hantering av produkten.

### **Polymer**

Ett sätt att försäkra sig om att inte olämpliga produkter används som flockningskemikalie är att begära att all användning av sådana skall redovisas både avseende förbrukning och varudeklaration. En möjlighet är också att sätta krav på att produkten inte får innehålla mer än en viss halt akrylamid. De flesta polymerer på marknaden har en akrylamidhalt under 0,1 % (Wahlberg et al., 2003).

### **Dosering**

Doseringen kan kontrolleras genom att endast tillåta en viss maximal tillsats av polymer per volym slam. Detta kan operatören själv reglera. Då man överväger att sätta ett sådant gränsvärde bör man dock vara medveten om att behovet av

polymertillsats till stor dels styrs av hur tjockt slammet är. Väljer man att ha ett sådant gränsvärde kan man därför inte garantera att avvattningsseffekten alltid optimeras.

## Fordon

Fordonets prestanda är viktigt för slamtömningens totala miljöpåverkan. Det handlar inte bara avvattningssteknikens vara eller icke vara. Miljöklassning, bränsletyp samt vikt och bränsleförbrukning är naturligtvis också faktorer som viktiga. I detta sammanhang bör det också framgå att det även finns mobila avvattningsfordon som inte kräver tillsats av polymerer.

## Iakttagelser

Den som utför jobbet är den som kan observera avvikelser och problem. Operatören kan vidarebefordra information om eventuella misstag som begåtts vid dosering av polymerer eller misstankar om risker för osund belastning på efterkommande rening.

Operatören är ofta på plats vid de enskilda anläggningarna en eller flera gånger om året. Hans iakttagelser är viktiga och skulle också kunna användas på många sätt i samband med kvalitetskontroll på enskilda avlopp.

## Referenser

- Ajwa Husein A, Trout Thomas J (2006). Polyacrylamide and Water Quality Effects on Infiltration in Sandy Loam Soils. Soil Science Society of America journal 70. Pages 643-650.
- AquaTeq (2008). AquaTeq websida. <http://www.aquateq.se>.
- Barvenik Frank W (1994). Polyacrylamide characteristics related to soil applications. Soil Science, vol 158 no 4, pages 235-243, oct 1994.
- Bolto Brian, Gregory John (2007). Organic polyelectrolytes in water treatment. Water Research 41. Pages 2301-2324.
- Ciba Specialty Chemicals (2008). Produktblad, Zetag och Magnaflock. Ciba Specialty Chemicals.
- Dentel S.K., Chang L., Raudenbush D.L., Junnier III R.W., Abu-Orf M.M. (2000). Analysis and fate of polymers in wastewater treatment. Water Environment Research Foundation, Report D00301.
- Gardiner Duane T, Sun Qingguo (2002). Infiltration of wastewater and simulated rainwater as affected by polyacrylamide. Journal of the American Water Resources Association 38. Pages 1061-1076.
- Hvidtved Larsen A/S (2008). J. Hvidtved Larsen A/S websida. <http://www.hvidtved.dk>.
- Johansson Mats, Paxéus Nicklas, Wahlberg Cajsa, Torstensson Lennart (1998). Katjoniska polyakrylamider – Inverkan på markens mikrobiologi. Va-Forsk rapport nr 1998:13. VAV AB. Stockholm.
- Kværner Jens, Ausland Geir, Westlie Lars. Rejektvann – effekt på jordreanlegg (1998). Jordforsk Rapport 1/98. Jordforsk, Ås.

- Lentz Rodick D (2003). Inhibiting water infiltration with polyacrylamide and surfactants: Applications for irrigated agriculture. *Journal of Soil and Water Conservation* 58. Pages 290-300.
- Lindqvist, Morgan (2007). Maskinist, JRAB Jönköping. Pers. Medd.
- NTM (2005). NTM – Environmental Data For International Cargo Transport Calculation methods – mode-specific issues Road Transport. NTM. Göteborg.
- Olson, Linn (2003). Mobil slamavvattning vid tömning av trekammarbrunnar. Examensarbete Mithögskolan. Östersund.
- Rolba Svenska AB (2008). Rolba Svenska AB websida. <http://www.rolba.se/>.
- SCB, tabeller, Statistik för avrinningsområden, 2005.
- Schumann H. and Kunst S. Elimination von <sup>14</sup>C-markierten Polyelektrolyten in biologischen Abwasserreinigungsprozessen (1991). *Wasser – Abwasser*, 132. Pages 376-383.
- Seybold C. A. (1994). Polyacrylamide review: Soil conditioning and environmental fate. *Communications in soil science and plant analysis*, 25, (11 & 12): 2171-2185. 1994.
- Simon Moos (2008). Simon Moos Maskinfabrik A/S websida. <http://www.simonmoos.com>.
- Sjöberg C. och Löf A (2006). Miljöeffekter vid användning av polymer för slamtömning med avvattningsfordon. UVAT AB. Hedesunda.
- SLVFS 2001:30. Livsmedelsverkets föreskrifter för dricksvatten. Livsmedelsverket.
- Svensson K. Abramsson L. Becker W. Glynn A. Hellenäs K-E, Lind Y, Rosén J. (2003). Dietary intake of acrylamide in Sweden. *Food and Chemical Toxicology* 41 (2003) pp 1581-1586. Uppsala.
- Wahlberg Cajsa, Paxéus Nicklas (2003). Miljöpåverkan av polyelektrolyter från användning vid reningsverk. Va-forsk rapport nr 40. Svenskt Vatten. Stockholm.
- VA-Teknik och Vattenvård (1996). Hantering av externslam. AquaTeq, Kalmar.







## **JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik...**

... är ett industriforskningsinstitut som forskar, utvecklar och informerar inom områdena jordbruks- och miljöteknik samt arbetsmaskiner. Vårt arbete ger dig bättre beslutsunderlag, stärkt konkurrenskraft och klokare hushållning med naturresurserna.

Vi publicerar regelbundet notiser på vår webbplats om aktuell forskning och utveckling vid JTI. Du får notiserna hemskickade gratis om du anmäler dig på [www.jti.se](http://www.jti.se)

På webbplatsen finns även publikationer som kan läsas och laddas hem gratis, t.ex.:

*JTI-informerar*, som kortfattat beskriver ny teknik, nya rön och nya metoder inom jordbruk och miljö (4-5 teman/år).

*JTI-rapporter*, som är vetenskapliga sammanställningar över olika projekt.

Samtliga publikationer kan beställas i tryckt form. JTI-rapporterna och JTI-informerar kan beställas som lösnummer. Du kan också prenumerera på JTI-informerar.

*För trycksaksbeställningar, prenumerationsärenden m.m.,  
kontakta vår publikationstjänst (SLU Service Publikationer):*

tfn 018 - 67 11 00, fax 018 - 67 35 00

e-post: [bestallning@jti.se](mailto:bestallning@jti.se)



**JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik**

JTI – Swedish Institute of Agricultural and Environmental Engineering

Box 7033, 750 07 UPPSALA      Telefon: 018 - 30 33 00

Besöksadress: Ultunaallén 4      Telefax: 018 - 30 09 56

Webbplats: [www.jti.se](http://www.jti.se)