



Sveriges
lantbruksuniversitet

Köksavfallskvarnar - ett möjligt insamlingssystem för organiskt hushållsavfall i Karlskoga kommun?

Food waste disposers - a potential collection
system for organic kitchen waste in Karlskoga

Cathrin Kangas

REFERAT

Köksavfallskvarnar – ett möjligt insamlingssystem för organiskt hushållsavfall i Karlskoga kommun

Cathrin Kangas

Köksavfallskvarnar (KAK) är ett användarvänligt källsorteringsredskap för att samla in matavfall. I dagsläget används KAK i relativt låg utsträckning i svenska kommuner. Detta beror till största delen på att Naturvårdsverket varit mycket restriktiva till användningen av KAK. Orsaken till den inställningen baseras på en farhåga att matavfallet ska orsaka avloppsstopp eller bidra till övergödning, samt att det skall öka problemet med slam som inte återförs. Trots oro har KAK blivit en alltmer intressant lösning för verksamhetsutövare inom VA-branchen. Anledningen till detta är att KAK kan bidra till en ökad biogasproduktion vid reningsverkets röt-kammare samtidigt som insamlingsfrekvensen av hushållssopor kan minskas.

Det övergripande syftet med detta arbete var att kartlägga förutsättningarna och möjligheterna att ansluta KAK i Karlskoga kommun. Inom detta syfte undersöktes kapaciteten på; ledningsnätet, reningsverket, slamhanteringen och biogasproduktionen. Även möjligheterna att nå upp till de svenska miljömålen som berör insamling av matavfall analyserades för ett system där KAK används som insamlingsmetod. Slutligen undersöktes även implementeringsmöjligheterna för ett insamlingssystem som baseras på KAK.

I dagsläget kan KAK endast användas som ett komplimenterande system för insamlingen av matavfall i Karlskoga kommun. Detta beror främst på följande faktorer:

- En stor andel av matavfallet kan inte malas sönder i en KAK och måste därför ändå samlas in med bil.
- Två avloppsledningar som leder huvuddelen av avloppsvattnet i Karlskoga till reningsverket är inte självrensande. Därmed finns risk för att matavfallet kan skapa avlagring och i framtiden avloppsstopp på dessa ledningssträckor.
- Föroreningsutsläppen från reningsverket kommer att öka med 3,4 %, 1,2 % och 0,8 % för BOD respektive P och N då 10 % av hushållen i Karlskoga använder KAK.
- Slamförtjockarnas kapacitet att ta emot en ökad mängd slam är begränsad och det finns risk att dessa blir överbelastade.
- Uppehållstiden i röt-kammaren blir för låg om matavfall tillsätts avloppsvattnet
- Finansieringen av ett insamlingssystem med KAK måste undersökas ytterligare.
- I dagsläget bidrar inte KAK till att de svenska miljömålen gällande matavfall uppfylls.

För att öka möjligheterna att ansluta KAK i kommunen rekommenderas att kapaciteten på de två begränsande ledningarna höjs genom att öka lutningen. Det rekommenderas även att förtjockarna byts ut alternativt uppgraderas för att få en tillfredställande belastning. Om detta arbete utförs kan TS-halten i inkommande ingående slam till röt-kammaren ökas och därmed kan uppehållstiden i röt-kammaren bibehållas utan att några förändringar görs på röt-kammaren. Även investeringar för att möjliggöra högre gasanvändning vid Aggeruds reningsverk krävs om användning av KAK tillåts. Eftersom KAK endast kan anslutas i liten skala krävs ändå ett alternativt insamlingssystem för matavfallet i kommunen. Möjliga alternativ kan t.ex. vara insamling i separata kärl eller hemkompostering.

Nyckelord: Köksavfallskvarnar (KAK), ledningsnät, reningsverk, slamhantering, biogas

ABSTRACT

Food waste disposers – a potential collection system for organic kitchen waste in Karlskoga municipality

Cathrin Kangas

Food waste disposers (FWD) are a user-friendly method to collect and sort organic kitchen waste. In Sweden it is not yet established as a common collection method. This is mostly due to concerns that the organic kitchen waste may enhance the blockage formation in waste-water pipes. One of the main reasons for the high interest in this collection method is the possibility to increase the biogas production at already existing anaerobic digestion plants and also reduce the need of transport of the household waste.

The overall purpose of this master thesis was to investigate the potential to use FWD as a collection system for organic kitchen waste in Karlskoga municipality. Within this purpose, the capacity of the waste-water pipe system, the sewage treatment plant, the sludge handling and the biogas production was analysed. Also, the means of how to implement a recycling system based on FWD and the compilation with the Swedish environmental goals were investigated.

At present time, FWD can only be used as a complementary system for collection of organic kitchen food waste in Karlskoga municipality. Major factors which limit the use of FWD are:

- A large part of the organic kitchen waste can not pass a kitchen waste disposer and thus has to be collected with garbage trucks.
- Low slope on two major waste-water pipes which receive an extensive part of the waste water in the municipality.
- The pollution discharges from the WWTP will increase by 3,4 %, 1,2 % and 0,8 % for BOD, P and N respectively.
- The extra loading of organic waste may overburden the sludge thickeners.
- The extra loading of organic waste may decrease the retention time to non sufficient levels in the anaerobic digester.
- Financing still need to be investigated.
- At present time, collection of organic kitchen waste by FWD does not increase the potential to reach the Swedish environmental goals regarding kitchen food waste.

To increase the potential to use FWD in Karlskoga municipality, it is recommended to first increase the capacity of the two major waste water pipes and also improve the sludge thickeners. By doing this, the percentage of dry substance in the sludge in incoming sludge to the anaerobic digester will increase and thereby preserve the retention time. Also investments to increase the use of the produced biogas have to be made if FWDs are to be allowed in Karlskoga municipality.

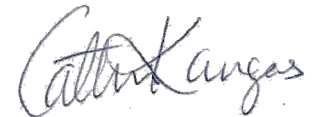
Since FWDs only has the potential to be used in small scale. Other collection systems have to be used for the collection of kitchen food waste in Karlskoga municipality. Possible collection systems may be separate collection in bins or home composting.

Keywords: Food waste disposers (FWD), waste-water pipe, sewage treatment plant, sludge, biogas

Förord

”Köksavfallskvarnar - ett möjligt insamlingssystem för organiskt hushållsavfall i Karlskoga kommun” har utförts som ett examensarbete inom civilingenjörsprogrammet Miljö & vattenteknik åt Karlskoga Energi & Miljö AB (KEMAB). Arbetet omfattar 30 ECTS poäng.

Jag vill framförallt tacka mina handledare Jenny Johrin och Tomas Nermark på KEMAB för värdefulla synpunkter och idéer. Jag riktar även ett stort tack till Pontus Nermark och Roger Jacobsson som bidragit med sin kunskap vid fältarbetet. Ett stort tack vill jag även ge övriga medarbetare på KEMAB som har gjort denna tid till ett mycket händelserikt och roligt halvår att minnas. Jag vill även tacka min ämnesgranskare Håkan Jönsson på SLU för goda råd och vägledning under arbetes gång. Slutligen vill jag rikta ett stort tack till familj och vänner som stöttat mig under hela min studietid. Utan er hade jag inte kommit dit jag är idag.



Cathrin Kangas
Karlskoga 2010

POPULÄRVETENSKAPLIG SAMMANFATTNING

För många hushåll är hanteringen av hushållsavfall och där främst matavfall en olägenhet som man helst vill slippa. För det enskilda hushållet kan köksavfallskvarnar (KAK) som maler ned matavfallet i avloppsledningarna vara den lösning de länge drömt om. Men frågan är om avloppsvattenledningar och reningsverk klarar av att ta emot den extra belastning som matavfallet innebär. I Karlskoga kommun har en undersökning som utreder förutsättningarna för att använda KAK utförts.

Cathrin Kangas

Debatten om KAKs vara eller inte vara är i dagsläget väldigt aktuell. Fördelar som att KAK är ett användarvänligt och effektivt system för att samla in matavfall vägs mot risker som att KAK kan orsaka avloppsstopp och bidra till övergödning. En annan viktig fråga är om KAK kan bidra till att en kommun uppfyller de svenska miljömålen.

I Sverige är KAK ett relativt ovanligt insamlingssystem för matavfall. Detta beror till stor del på att Naturvårdsverket under en längre tid har avrått de svenska kommunerna från att tillåta kvarnanvändning för att motverka risker med till exempel igensättning av avloppsledningar. KAK används trots detta i ett antal svenska kommuner som Surahammar och Smedjebacken samtidigt som intresset för KAK ökar i andra delar av landet. Det nyvunna intresset för KAK märks framförallt i Stockholm där Stockholm Vatten valt att tillåta sina abonnenter att fritt installera KAK. Detta har gjorts med syfte att öka biogasproduktionen vid två av stadens reningsverk.

För att en anslutning av KAK ska kunna vara möjlig krävs att stadens ledningar, reningsverk och slamhantering har tillräcklig kapacitet för att kunna ta emot en ökad mängd avfall. För avloppsledningarna medför detta bland annat att de ska ha tillräcklig lutning för att motverka att matavfallet fastnar i svackor och krökar. Den dagliga transporten av avloppsvatten måste även ske problemfritt i ledningar som ska ta emot matavfall. Detta medför att ledningar med upprepade avloppsstopp och översvämningar bör undvikas. För reningsverk är det viktigt att inga reningsprocesser i anläggningen försämras eller försvåras om matavfall inkommer tillsammans med avloppsvatten. Det är även viktigt att det slam som genereras under avloppsvattenreningen kan omhändertas på ett miljöriktigt sätt.

Karlskoga kommun är en av de svenska kommunerna som valt att undersöka förutsättningarna för att använda KAK som ett källsorteringsalternativ. Transporten av matavfall på stadens avloppsledningsnät begränsas till stor del av två svagt lutande ledningar som tar emot den övervägande delen av det avloppsvatten som genereras i staden. Reningsverket i Karlskoga har emellertid tillräcklig kapacitet för att rena en ökad mängd föroreningar än vad som sker i dagsläget. Slamhanteringen är dock en annan flaskhals i systemet som begränsar möjligheterna att ta emot malt matavfall i avloppsvattnet. Kapaciteten för att samla in malt matavfall med hjälp av KAK i Karlskoga är således relativt låg om inga nyinvesteringar görs för att möjliggöra anslutningen. Detta medför att det finns behov av ett annat insamlingssystem för matavfall som inte kan samlas in via KAK.

Ett viktigt ändamål med insamlingen med KAK, förutom att vara enkelt för användarna och öka biogasproduktionen, är att medverka till minskad miljöpåverkan samt att bidra till att

uppfylla ett av de svenska miljömålen som handlar om insamling av matavfall. Bland annat ska *"minst 35 procent av matavfallet från hushåll, restauranger, storkök och butiker återvinnas genom biologisk behandling"*. I dagsläget kan detta inte uppfyllas eftersom miljömålen inte räknar in utsorterat matavfall som blandas med andra avfallsfraktioner. Naturvårdsverket säger dock att de har gett ett nytt förslag till regeringen där återföring av näringsämnen till produktiv mark är huvudsyftet och i ett sådant fall kan matavfall som sorteras med hjälp av KAK räknas in i målet om slutprodukten från reningsverket är REVAQ certifierat, det vill säga uppfyller särskilda kvalitetskrav för slam som ska spridas på produktiv mark. Slam som produceras vid Aggeruds reningsverk är i dagsläget inte certifierat enligt REVAQ.

En fråga som måste lösas innan ett system med KAK kan bli verklighet är finansieringen. Genom att mala ned matavfallet i avloppsvattnet kommer föroreningsmängden som måste renas vid avloppsreningsverket att öka. Detta innebär att kostnaden för att utföra en likvärdig rening av avloppsvattnet kommer att stiga. Dock kan hämtningsfrekvensen av hushållssopor minskas eftersom en stor del av hushållsavfallet tas om hand genom kvarnarna. Detta medför att insamlingen av hushållsavfall kommer att bli billigare. Genom att kompensera verksamhetsutövare inom vatten- och avlopp med finansiering från verksamhetsutövare inom avfallshanteringen kan ekonomiska förutsättningar skapas för att initiera ett insamlings system med KAK.

För att lyckas med en god utsortering med hjälp av KAK krävs att alla användare får bra och lättförståelig information om hur systemet ska användas. Om inte, finns risk för att KAK används som ett extra sopnedkast för avfall som man inte vet hur det ska sorteras. Detta är en viktig aspekt som måste tas hänsyn till om Karlskoga kommun väljer att tillåta hushåll i kommunen att använda KAK.

BEGREPPSFÖRKLARING

Aerob

I närvaro av syre

Actifloanläggning

Mindre reningsverk som genom kemisk rening renar vatten som annars skulle brädda till recipient i orenat tillstånd

Anaerob

Utan tillgång till syre

Blandslam

Slam från olika reningssteg som behandlas gemensamt

BOD

Biologisk syre förbrukning

Bräddning

Utsläpp av avloppsvatten på grund av hydraulisk överbelastning

COD

Kemisk syre förbrukning

Dykarledning

Ledning framdragen försänkt i vattendrag eller framdragen under ett hinder

Duplikatsystem

Separata ledningar för spill- och dagvatten

Hygieniserat slam

Slam som behandlats i syfte att minska risken för smittspridning

Kombinerat system

Spill-, dag- och dränvatten avleds i samma ledning

KAK

Köksavfallskvavn

Mesofil

Behandling vid 30-37°C

Pe (personekvivalent)

En föroreningsmängd som motsvarar 70 g BOD₇/person och dygn

Recipient

Mottagare, i detta fall ett vattenområde som mottar avloppsvatten

Relinad ledning

Äldre ledning som upprustats genom att ett nytt rör förts in och utvidgats med hjälp av tryck för att få rundprofil som sluter tätt mot det äldre rörets inneryta

SS

Suspenderad substans

Stabiliserat slam

Slam som genomgått t.ex. rötning, luftning eller kalkning

KKL-vatten

Köks- och klosettwater

Termofil

Behandling vid minst 50° C

TS

Torrsubstans

VS

Organisk substans, mäts som glödförlust

REFERAT	I
ABSTRACT	II
FÖRORD	III
POPULÄRVETENSKAPLIG SAMMANFATTNING	IV
BEGREPPSFÖRKLARING	VI
1. INLEDNING	1
1.1 BAKGRUND	1
1.2. SYFTE OCH MÅLBESKRIVNING	2
1.3. GENERELL ARBETSMETODIK	2
1.4. AVGRÄNSNINGAR	3
2. KAKS FUNKTIONALITET OCH UTBREDNING I SVERIGE	3
2.1. KAKS FUNKTIONALITET	3
2.2. KAKS UTBREDNING I SVERIGE	4
2.2.1. Stockholm	4
2.2.2. Göteborg	4
2.2.3. Staffanstorps	5
2.2.4. Smedjebacken	5
2.2.5. Surahammar	6
2.2.6. Karlstad/Hammarö	6
3. HUSHÅLLSAVFALLSHANTERINGEN I KARLSKOGA	7
3.1. NUVARANDE AVFALLSHANTERING (2009)	7
3.2. UPPSKATTAD PRODUKTION AV MATAVFALL OCH KVARNANVÄNDNING	8
3.3. PÅVERKAN AV KAK PÅ AVFALLSHANTERINGEN	9
4. LEDNINGSNÄT	10
4.1. KRAV OCH KRITERIER FÖR LEDNINGSNÄTET VID INFÖRANDE AV KAK	10
4.1.1. Ledningsnätet ska vara självrensande	10
4.1.2. Ingen bräddning ska ske vid normala driftförhållanden	11
4.1.3. Ledningsnätet ska ha få driftstörningar	12
4.1.4. Rinntid till reningsverket	12
4.2. ALLMÄN BESKRIVNING AV LEDNINGSNÄTET I KARLSKOGA	13
4.4. ANALYS AV LEDNINGSNÄTET I KARLSKOGA	15
4.4.1. Självrensning	15
4.4.2. Bräddning	17
4.4.3. Driftstörningar	17
4.4.4. Rinntid	20
4.5. SAMMANFATTANDE DISKUSSION OCH SLUTSATSER OM LEDNINGSNÄTETS KAPACITET	20
5. RENINGSVERK	24
5.1. GENERELLA FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR RENINGSVERK	24
5.1.1. Mekanisk rening	25
5.1.2. Försedimentering	26
5.1.3. Biologisk rening	26
5.1.4. Kemisk rening	27
5.2. ALLMÄN BESKRIVNING AV AGGERUDS RENINGSVERK	27
5.2.1. Dimensionering och anslutning	28
5.2.2. Nuvarande flöde, belastning och reningsgrad	28
5.3 KAKS PÅVERKAN PÅ AGGERUDS RENINGSVERK	30
5.3.1. Flödesförändringar	30
5.3.2. Belastningsförändringar	30
5.3.3. Påverkan på mekanisk rening	34
5.3.4. Påverkan på kemisk fällning, försedimentering och biologisk rening	34
5.3.5. Kväveproblematik vid Aggeruds reningsverk	36
5.4. SAMMANFATTNING OCH SLUTSATSER OM RENINGSVERKETS KAPACITET	38

6. BIOGAS OCH SLAM	39
6.1. FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR SLAMHANTERING OCH BIOGASPRODUKTION.....	39
6.1.1. Slammets sammansättning.....	40
6.1.2. Uppehållstid och organisk belastning i röt-kammaren.....	41
6.1.3. Mesofil- versus termofilrötning	41
6.1.4. Användningsområden för biogas	42
6.1.5. Slutgiltig slam-användning	42
6.1.6. Slamcertifiering REVAQ.....	44
6.2. ALLMÄN BESKRIVNING AV BIOGASPRODUKTIONEN OCH SLAMHANTERINGEN VID AGGERUDS RENINGSVERK	45
6.3. KAKs PÅVERKAN PÅ SLAMHANTERINGEN OCH BIOGASPRODUKTIONEN	47
6.4. SAMMANFATTNING OCH SLUTSATSER OM SLAMHANTERING OCH BIOGASPRODUKTION	49
7. NÖDVÄNDIGA FÖRÄNDRINGAR FÖR ATT INFÖRA KAK	50
7.1. LEDNINGSNÄT	50
7.2. RENINGSVERK.....	50
7.3. SLAMHANTERING OCH BIOGASPRODUKTION	51
8. ATT SKAPA GODA FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR INSAMLING MED KAK HOS DET ENSKILDA HUSHÅLLET	51
9. KAK OCH DE SVENSKA MILJÖMÅLEN	53
9.1. MILJÖMÅLENS BETYDELSE FÖR KARLSKOGA OM KAK ANVÄNDS.....	55
10. JÄMFÖRELSE AV KAK MED ANDRA KÄLLSORTERINGSALTERNATIV	56
11. DISKUSSION	57
11.1. FÖRDELAR MED KAK	57
11.2. NACKDELAR MED KAK	58
11.3. SLAMPROBLEMATIK.....	58
11.4. GASANVÄNDNING VID AGGERUDS RENINGSVERK.....	59
11.5. ALTERNATIVA LÖSNINGAR FÖR ATT HÖJA BIOGASPRODUKTIONEN.....	59
11.6. SKALPROBLEMATIK	59
11.7. AVFALLSMINIMERING: KAN DET UPPNÅS MED KAK?.....	60
11.8. ÄR KAK ETT BRA KÄLLSORTERINGSALTERNATIV FÖR KARLSKOGA	60
11.9. KOSTNADER FÖR VA- OCH AVFALLSHANTERINGEN: BEHÖVS ETT NYTT TAXESYSTEM	61
12.10. FORTSATTA STUDIER	61
12. SLUTSATSER.....	62
REFERENSER.....	63
PERSONLIGA KÄLLOR	66
BILAGA 1. KARLSKOGA AVLOPPSLEDNINGANÄT (RÖD) MED ICKE SJÄLVRENSANDE LEDNINGAR UTMARKERADE (BLÅ)	67
BILAGA 2. BERÄKNINGSUNDERLAG FÖR KAKS PÅVERKAN PÅ SLAMHANTERINGEN.....	68

1. INLEDNING

1.1 BAKGRUND

Mängden hushållsavfall som produceras i Sverige har ökat med 23,8 % under perioden 1998-2007 (Avfall Sverige, 2008) för att sedan avstanna under 2008 på grund av rådande lågkonjunktur (Avfall Sverige, 2009). Under samma period har även stora förändringar skett i hur hushållsavfallet behandlas. I Sverige har deponering av avfall minskat kraftigt och en större andel avfall materialåtervinns, behandlas biologiskt eller förbränns med energiutvinning (Avfall Sverige, 2009). Trots denna förändring behövs ytterligare omställningar för att nå upp till de av EU och Sverige uppsatta miljömålen. De innebär bland annat att *”senast år 2010 skall minst 50 procent av hushållsavfallet återvinnas genom materialåtervinning, inklusive biologisk behandling”*.

Ett område som har stor potential till en förändrad hantering är matavfall. Det är även en nödvändighet för att uppnå det svenska miljömålet att *”minst 35 procent av matavfallet från hushåll, restauranger, storkök och butiker återvinnas genom biologisk behandling”* år 2010. Endast 133 av de 290 svenska kommunerna har någon form av separat insamling av matavfall (Avfall Sverige, 2007). Karlskoga kommun är en av de kommuner som ännu inte samlar in matavfall. I dagsläget (2009) arbetar kommunen med att ta fram en ny avfallsplan i vilken hanteringen av matavfall ska bli en betydelsefull del. Ett av de tilltänkta målen är bland annat att erbjuda alla hushåll i kommunen källsortering av matavfall senast 2013.

Det finns många olika metoder för att samla in och behandla matavfall. Den vanligaste tekniken för att samla in livsmedelsavfall från hushåll i Sverige är att använda en separat insamling av matavfall i kärl (Avfall Sverige, 2007). Därefter hämtas avfallet och behandlas antingen biologiskt i rötning eller kompostering. En annan metod som används i ett fåtal svenska kommuner, men som är desto populärare i USA, är köksavfallskvarnar (KAK). KAK kan, om förutsättningar finns, anslutas direkt till det befintliga avloppsledningsnätet. Detta har till exempel gjorts i svenska kommuner där det funnits en överkapacitet på ledningsnät, reningsverk och röt-kammare.

I Karlskoga kommun finns idag en överkapacitet i både ledningsnät och reningsverk vilket ibland skapar problem i avloppsledningarna då spillvattenflödet blir för lågt. Avloppsledningsnätet är dimensionerat för att klara en anslutning av 50 000 invånare. Under 2008 var invånarantalet i Karlskoga 29 872 vilket medför att dagens utnyttjande av ledningsnät endast är 60 %. Därmed utnyttjas inte 40 % av den befintliga kapaciteten på ledningsnätet. Befolkningen i Karlskoga har även minskat med 1,6 % mellan år 2004 och 2008 vilket även det påverkar spillvattenflödet. (SCB, 2009) Karlskoga Energi och Miljö AB (KEMAB), som är ansvariga för hanteringen av all vatten- och avlopp (VA) och avfallsverksamhet i kommunen, arbetar kontinuerligt med slamrensning och spolning av avloppsledningssystemet till följd av det låga vattenflödet. Detta är en kostsam åtgärd vilken skulle kunna utföras mer sällan om vattenflödet i ledningarna ökar. Det finns en förhoppning om att avloppsledningsnätet och reningsverket i Karlskoga skulle kunna utnyttjas bättre genom att införa KAK i kommunen. På så vis kan vattenflödet i nätet öka och samtidigt ökar mängden organiskt material i avloppsvattnet, vilket skulle kunna bidra till en ökad biogasproduktion. Ett införande av KAK skulle även medföra att mängden avfall som ska samlas in med sopbil minskar. Detta samt positiva resultat från kommuner som har använt KAK under en längre tid ligger till grund för intresset för KAK. Karlskoga kommun har även

mottagit en motion (KS2009.0041) i ärendet, vilket har bidragit till att KEMAB vill undersöka förutsättningarna och möjligheterna att införa KAK i Karlskoga.

1.2. SYFTE OCH MÅLBESKRIVNING

Det övergripande syftet är att kartlägga förutsättningarna och möjligheterna för att ansluta köksavfallskvarnar i Karlskoga. Utredningen ska ge en heltäckande bild av situationen idag (2009) och belysa både för- och nackdelar avseende kapacitet att hantera matavfall från KAK i Karlskoga. För att uppnå detta, har 11 delmålsättningar konstruerats. De 11 delmålen är:

- Att ta reda på hur KAK har fungerat på andra orter och vilken effekt det har haft på ledningsnät, reningsverk och biogasproduktion
- Att undersöka effekterna på nuvarande avfallssystem, såväl vad gäller insamling som behandling
- Att kartlägga problemen i ledningsnätet idag genom en analys av driftstörningar och synliggöra hur ett införande av KAK skulle påverka dessa
- Att ta reda på olika ledningsslingors lämplighet för ett införande av KAK med avseende på lutning, dimension och förgreningspunkter
- Att se hur reningsprocessen i reningsverket påverkas då innehållet av organiskt material i inkommande avloppsvatten ökar
- Att uppskatta effekterna på slammängd i reningsprocessen och hur den ska hanteras
- Att kartlägga vilka förändringar som behöver göras i reningsverk, för att uppnå likvärdiga utsläpp som innan ett införande av KAK
- Att synliggöra hur biogasproduktionen skulle kunna öka om KAK installerades hos 10 % respektive 35 % av invånarna i Karlskoga Kommun
- Att finna förutsättningar för att införa KAK i alla led och utröna vilka investeringar som krävs gällande restaurering och utbyggnad
- Att bedöma hur införandet av KAK påverkar såväl kommunens som Sveriges miljömål (bl.a. 35 % av matavfallet skall behandlas biologiskt - kompostering eller biogas 2010 och att 60 % av avloppets fosfor skall spridas på produktiv mark 2015)

1.3. GENERELL ARBETSMETODIK

En stor del av utredningen baseras på litteraturstudier med syfte att åskådliggöra möjlig påverkan av ett insamlingssystem som baseras på KAK. Detta gäller såväl påverkan på infrastruktur (avloppsledningsnät och reningsverk) som de svenska miljömålen. Utifrån litteraturstudien har även information med avseende på KAKs användning och utbredning i Sverige sammanställts.

I kapitel 4. Ledningsnät utfördes en analys av Karlskoga avloppsledningsnät i det geografiska informationssystemet NIS-spatial digpro geografic. GIS programmet hade lagrad information om driftstörningar på ledningsnätet, brunnsdjup, ledningslängd, rördiameter med mera. Beräkningen av minsta lutning för självrensning och rinntiden på ledningsnätet utfördes i Microsoft Excel utifrån data hämtade från GIS programmet. Kartbilder som visar resultatet av undersökningen skapades i visualiserings-programmet Kartago.

I kapitel 5. Reningsverket och kaptiel 6. Slamhantering utfördes beräkningar av reningsgrad, slamproduktion och belastningar i Microsoft Excel. Reningsgraden i reningsverkets olika reningssteg användes beräknades från kontinuerligt uppmätta halter av föroreningar i vattenfaserna i Aggeruds reningsverk. De beräknade reningsgraderna antogs ej ändras vid

anslutning av KAK och de användes för att beräkna avskiljningen av föroreningar efter att matavfall tillsatts avloppsvattnet. Belastningen på förtjockare och röt-kammare beräknades i enlighet med Svenskt Vatten (2007:c).

1.4. AVGRÄNSNINGAR

Undersökningen avser endast delar av avloppsledningsnätet som sköts och distribueras av KEMAB med fokus på huvudavloppsledningar. Inga servisledningar eller ledningar inom fastigheter kommer att undersökas. Ett undantag till detta görs i fallstudien då servisledningar med och utan KAK undersöks.

Det finns två generella varianter av KAK. Den ena är ansluten direkt eller indirekt till avloppsledningsnätet medan den andra samlar matavfallet i en fristående tank. I båda systemen behandlas matavfallet tillsammans med slam från avloppsreningsverket i röt-kammare. Denna undersökning avgränsas till att endast studera system med KAK anslutna direkt till avloppsledningsnätet.

2. KAKs FUNKTIONALITET OCH UTBREDNING I SVERIGE

2.1. KAKs FUNKTIONALITET

Köksavfalls-kvarnar nämns ofta som en enkel och smidig process för att hantera matavfall i hushåll eftersom avfallet omhändertas i direkt anslutning till diskhon. I storkök kan en liknande anslutning göras men även andra lösningar så som separata skåp eller placering under köksbänken är möjliga. Det råder osäkerhet om KAK bör anslutas till diskmaskiner då olika studier motsäger varandra. Karlberg och Norin (1999) nämner att KAK kan anslutas till diskmaskinen som ett extra reningssteg medan Stockholm Vattens utredning (2008:a) även nämner att kvarntillverkare avråder från att spola upphettat vatten genom kvarnen då det kan förstöra kvarnens packningar.

Det finns två olika typer av avfalls-kvarnar, satsvist och kontinuerligt arbetande. Enligt Forsberg och Olofsson (2003) ger en satsvis matad kvarn med lock störst säkerhet och mindre stänk vid användning jämfört med en kontinuerligt arbetande kvarn. KAK mal matavfallet snarare än skär det i bitar. Detta betyder att kvarnen inte innehåller några vassa knivblad utan utnyttjar centrifugalkraften för att mala matavfallet mot rivare i ytterkanten av den cirkulerande plattan på avfalls-kvarnens botten. (McNair, 1998) Olycksrisken vid användandet av kvarnen är inte särskilt hög då den jämförs med till exempel spisplattor eller handmixers (Rosenwinkel & Wendler, 2001). Båda kvarntyperna mal matavfallet samtidigt som vatten spolas genom apparaturen. Den mängd vatten som behövs under en malning av kvarnen är ca 3-6 liter vilket kan jämföras med en extra spolning av toaletten. Dock har tidigare studier (Nilsson m.fl., 1990) bedömt att vattenförbrukningen är oförändrad i hushållen efter anslutning av KAK.

En stor del av det matavfall som produceras i hushållen kan malas i avfalls-kvarnen. Enligt Karlberg och Norin (1999) är 80 % av hushållens matavfall malbart. Dock mals normalt sett endast 67 % av matavfallet till följd av att paketerat matavfall slängs bland de vanliga hushållssoporna. Storleken på det malda avfallet är beroende av hålstorleken på kvarnen. Normal storlek på det malda avfallet är ca 3-5 millimeter i diameter men även partiklar i storleksordningen 5-6 centimeter har observerats (Forsberg & Olofsson, 2003). Det malda avfallets storlek påverkas även av vattenflödet genom kranen under malning. I försök i

Staffanstorp kunde man visa att partikelstorleken minskar med minskat spolvattenflöde. Även formen på partiklarna var olika beroende på vattenflödet men deras sjunkegenskaper var goda i de två fall (3 och 6 l/min) som undersöktes. (Nilsson m.fl., 1990) En del av matavfallet som mals ned i kvarnarna är fetter. Dessa har en tendens att avsättas på ledningsväggar och även bidra till att orsaka avloppsstopp. Enligt Evans (2007) skall KAK dock inte ge någon ökad avsättning då fetterna fäster på andra partiklar vilket motverkar att de fastnar på väggarna. Detta antagande bygger emellertid på att spolvattnet genom kranen är kallt.

2.2. KAKs UTBREDNING I SVERIGE

I Sverige har KAK länge varit en behandlingsmetod av matavfall som inte använts i särskilt stor utsträckning. Detta har till stor del berott på att Naturvårdsverket länge haft en restriktiv inställning till avfallskvarnar vilken kan förklaras av att det finns osäkerheter om huruvida ledningsnätets kapacitet att klara en ökad belastning är tillräcklig (Karlberg & Norin, 1999). Naturvårdsverkets inställning till KAK beror även på att de helst ser att näringen från matavfall tillförs jordbruksmark, något som försvåras då matavfallet blandas med avloppsslam (Ostlund, 2009, personlig kommunikation). Sammanblandningen av matavfall och avloppsslam kan ändå ha andra positiva effekter. En sådan är att samrötning av olika substrat kan ge en mer gynnsam näringssammansättning i slammet vilket kan resultera i en högre biogasutvinning (Avfall Sverige utveckling, 2008).

Trots farhågorna om negativ påverkan på bland annat ledningsnät har en utbyggnad av KAK skett i några svenska kommuner såsom Staffanstorp, Surahammar, Smedjebacken Stockholm med flera. Detta beror till stor del på att det i många kommuner funnits en överkapacitet i avloppsreningsverk och rötkammare samt att det blivit alltmer intressant att utvinna biogas för att använda det till uppvärmning eller omvandla gasen till fordonsbränsle till t.ex. stadsbussar.

2.2.1. Stockholm

I Stockholm är *Stockholm Vatten AB* den entreprenör som är ansvarig för Stockholms VA-verksamhet. Deras inställning till KAK har i likhet med Naturvårdsverkets varit restriktiv men möjligheten att öka produktionen av biogas låg till grund för att en utredning om förutsättningarna för att ansluta KAK påbörjades. Utredningen resulterade i att ett antal områden i Stockholm ansågs ha kapacitet för att tillåta en anslutning av KAK. (Stockholm Vatten, 2008:a)

Under 2008 beslutade Stockholm Vatten AB att det skulle vara kostnadsfritt för privatpersoner att ansluta KAK. Dock måste privatpersonerna stå för installationskostnaden av kvarnen. Detta har gjorts med syfte att öka anslutningsgraden i Stockholm och därmed öka produktionen av biogas (Stockholm Vatten, 2008:b). Eftersom ingen anmälan om anslutning av KAK behöver göras är det svårt att bedöma hur hög anslutningsgraden är i Stockholm. I dagsläget uppskattar Tendaj (personlig kontakt, 2009) på Stockholm vatten att dagens (2009) anslutning är högst 1000 KAK totalt i Stockholm och ingen förändring har observerats på vare sig ledningsnätet eller biogasproduktionen. Detta är heller inte förvånande då biogasproduktionen antas öka med 3,2 % vid Bromma reningsverk och 3,7 % vid Henriksdals reningsverk om 10% av de anslutna använder KAK, vilket skulle motsvara totalt 94 100 stycken KAK i Stockholm (Stockholm Vatten, 2008:a).

2.2.2. Göteborg

I Göteborg är det i dagsläget (2009) inte tillåtet för hushåll att använda KAK. Istället samlas matavfallet in separat om hushållet använder ett så kallat bioavfallsabonnemang.

Behandlingen av det insamlade avfallet sker genom kompostering (Göteborgsstad, kretslopp, 2009)

Ett intresse för att använda avfallskvarnar har dock funnits under längre tid. Under 2001 utfördes en undersökning av Kärrman m.fl. (2001) för att utreda hur olika system (KAK baserade och central kompostering) påverkade miljö och kretslopp, ekonomi och organisation samt dess tekniska funktion och hushållens attityder och beteenden. Resultatet från utredningen visade att varken central kompostering eller insamling via KAK skulle ge någon större miljöpåverkan i jämförelse med samhällets totala påverkan.

Kärrman m.fl. (2001) föreslog att försök med avfallskvarnar skulle utföras i två försöksområden där både hushåll och storkök skulle använda KAK. Enligt Aarsrud (2010, personlig kontakt) genomfördes inget av dessa försök. Istället påbörjades en ny utredning under 2009 angående vilka konsekvenser KAK skulle få på ledningsnät, reningsverk och avfallshantering. Konsekvenserna av ett insamlingssystem som använder KAK är bland annat ökade driftstörningar i form av avloppsstopp, ökad sedimentation i ledningsnätet, ökade problem med råttor ökade svavelväteproblem och övergödningproblem vid bräddning. Det bedöms att det malda matavfallet inte skulle orsaka några problem vid reningsverket, men det är oklart hur den exakta påverkan i verket kommer att bli. (Aarsrud, 2010, personlig kontakt)

Huruvida hushållen i Göteborg kommer att tillåtas använda KAK är fortfarande oklart. Ett insamlingssystem där matavfall samlas in via KAK skulle innebära minskade kostnader för avfallsinsamlingen men ökade kostnader för VA-verksamheten. (Aarsrud, 2010, personlig kontakt)

2.2.3. Staffanstorp

Staffanstorp är den kommun som först påbörjade försök med KAK i stor skala i Sverige. Redan under 1986 gjordes en förstudie i ämnet för att undersöka förutsättningarna för att ansluta KAK. Förstudien resulterade i att KAK installerades i 100 nybyggda lägenheter där de boende fick utgöra en test-grupp. Försöken visade att majoriteten av de boende var nöjda med KAK även om vissa hushåll helt valt att inte använda kvarnarna. Dock visade försöken att KAK oftast användes av bekvämlighetsskäl och inte som ett källsorteringsredskap.

I Staffanstorp märktes ingen onormal förändring på ledningsnätet. Däremot märktes skillnader vid reningsverket där relationen kemisk syreförbrukning/biologisk syreförbrukning (COD/BOD) sjönk. Detta påverkade dock inte reningsgraden som förblev den samma. (Nilsson m.fl., 1990) I dagsläget används endast ett fåtal av kvarnarna. Anledningen till det minskade användandet av kvarnarna är flera. Bland annat ansåg de boende att kvarnarna var svårskötta och ofta hade driftstörningar samt att de spred dålig lukt. På grund av att alla ursprungliga kvarninstallationer inte längre används har undersökningarna av hur ledningsnätet och reningsverket påverkats på längre sikt försvårats. De kvarnar som fortfarande används är för få för att kunna ge några ordentliga utslag. (Forsberg & Olofsson, 2003)

2.2.4. Smedjebacken

I Smedjebacken är det *Smedjebacken energi och vatten* som ansvarar för all VA-verksamhet i kommunen. I Smedjebacken var introduktionen av KAK ett led i att minska utgifterna för avfallstransporter, som ligger ute på entreprenad, samt att utnyttja en större del av kapacitet hos rötammaren. Även ledningsnätets skick ansågs tillfredställande och under 2001 fick kommunens invånare möjlighet att ansluta KAK. (Aaroe, 2009) Hushållen i Smedjebacken

får välja mellan tre olika alternativ för insamlingen av matavfall. Användning av hemkompost och avfallskvarn är kostnadsfri medan insamling av matavfall i separat kärl kostar ca 1 700 kr per år. Enligt Knutsson (2009, personlig kontakt) används KAK av ca 660 stycken hushåll vilket motsvarar ca 10 % av invånarna i Smedjebacken. Anslutningen av KAK resulterade i att avfallstransporterna minskade samt att biogasproduktionen ökade. Ökningen av biogas medförde att oljeanvändandet för uppvärmning kunde minskas (Naturvårdsverket, 2008). Smedjebacken energi och vatten har inte upplevt att det har varit några ökade driftstopp på ledningsnätet. Inte heller slamproduktionen vid reningsverket har ökat. Detta antas bero på att matavfallet till största delen tillför lättnedbrytbart organiskt material till avloppsvattnet. Reaktionerna från de anslutna har varit positiva och systemet fungerar tillfredställande. (Knutsson, 2009, personlig kontakt)

2.2.5. Surahammar

I Surahammar är *Surahammars kommunal teknik AB* den entreprenör som arbetar med VA-verksamhet och avfallshantering i kommunen. Anledningen till att KAK introducerades som en alternativ behandlingsmetod av matavfall i kommunen var att rötammarna vid reningsverket var överdimensionerade. Under 1997 initierades arbetet med att ansluta KAK till avloppsledningsnätet i samband med att en ny avfallstaxa och nya föreskrifter börjat gälla. Anslutningsgraden av avfallskvarnar har ökat från 40 % (1998) till 46 % (2008) hos hushållen som är förbundna till det kommunala ledningsnätet. Anslutningen av KAK har fungerat i stort sett problemfritt. Inga ökade driftstopp på spillvattennätet har noterats och de enda problem som rapporterats har varit i den egna fastigheten eller servisledningen. (Surahammars kommunal teknik AB, 2009)

Under 1999 utfördes en större undersökning av KAKs påverkan på avloppsreningsverket. Studien visade att KAK inte påverkade processerna vid reningsverket i särskilt stor utsträckning. I samband med installationen av KAK reparerades delar av ledningsnätet från läckor. Detta medförde att inkommande vattenflöde till reningsverket minskade. Huruvida KAK påverkade detta eller ej förblev oklart. Det var även svårt att bedöma hur KAK påverkade sammansättningen på avloppsvattnet då man inte kunde upptäcka någon koncentrationsökning av BOD₇ men samtidigt observera en ökad BOD₇/N-kvot samt en förhöjd biogasproduktion. Inte heller belastningsökningar i vare sig inkommande eller utgående avloppsvatten noterades för kväve eller fosfor. Trots de motsägande resultaten tyder de ändå på att avloppsvattnets sammansättning påverkats av avfallskvarnarna eftersom biogasproduktionen ökat vilket endast kan ske om en ökad mängd material inkommer till reningsverket. (Karlberg & Norin, 1999)

2.2.6. Karlstad/Hammarö

I Hammarö har försök med avfallskvarnar pågått sedan 2007. I Hammarö har avfallskvarnar endast installerats i områden där ledningsnätet är uppbyggt av plaströr eftersom de har lägre friktion än betongrör och därmed motverkar att matavfallet fastnar i ledningarna och orsakar stopp (Kullgren, 2009, personlig kontakt). I Hammarö reningsverk sker biologisk rening av fosfor och kväve. Denna reningsprocess kräver god tillgång på organiskt material som substrat till mikroberna. Driften av reningsverket har varit problematisk vilket medfört att anläggningen fått övergå till kemisk rening av fosfor tills svårigheterna upphört. Problemen i reningsverket har inte uppstått till följd av avfallskvarnarna utan till följd av organiskt material ses snarare som något positivt än något negativt eftersom den biologiska reningen är energikrävande. (Hakeman, 2009) I vissa fall har verket till och med blivit tvunget att tillsätta extern kolkälla i form av alkohol för att nå en optimal process (Kullgren, 2009, personlig kontakt). I Hammarö sker ingen produktion av biogas utan slammet våtkomposteras där det

organiska materialet bryts ned till mineraler och närsalter. Våtkomposteringen ansågs vara ett bättre alternativ jämfört med rötning eftersom en högre nedbrytning av det organiska materialet kunde uppnås samt att fosfor är suspenderad i kompostens vätskefas som omhändertas för användning i lokalområdet. Det slutgiltiga slammet läggs sedan på en vassbädd för att avvattnas. Både vätskan och det avvattnade slammet är tänkt att användas på produktiv mark i närområdet. (Hakeman, 2009)

I dagsläget (2009) är ca 110 avfallskvarnar anslutna till det allmänna ledningsnätet och en förhoppning är att mellan 350-500 fastigheter ska använda avfallskvarnar. För att möjliggöra detta har ett nytt förslag för ABVA-bestämmelser framarbetats där avfallskvarnar inkluderats. Kullgren (2009, personlig kontakt) meddelar att inga problem har uppstått på vare sig ledningsnät eller reningsverk efter anslutningen av KAK. Dock bedömer han att lutningen på ledningsnätet skulle behöva ökas med 1-2‰ för att kunna ansluta fler områden. De har heller inte kunnat göra några utförligare analyser av hur processerna fungerar till följd av alla tekniska problem på reningsverket men har gjort en bedömning av att allt fungerar som det ska.

3. HUSHÅLLSAVFALLSHANTERINGEN I KARLSKOGA

3.1. NUVARANDE AVFALLSHANTERING (2009)

Karlskoga Miljö AB, som är ett dotterbolag till *Karlskoga Energi & Miljö AB*, är den entreprenör som ansvarar för kommunens avfallshantering samt all vatten- och avloppsverksamhet. Insamlingen av hushållsavfall sker 1 gång per vecka. Avfallet omhändertas på Karlskoga kraftvärmeverk där det förbränns. Den insamlade mängden hushållsavfall i kommunen har under åren 2005, 2006 och 2007 legat på en jämn nivå men sedan minskat under 2008 (tabell 1). Denna minskning skulle kunna förklaras av rådande lågkonjunktur och avfallsmängden antas återgå till de tidigare nivåerna när lågkonjunkturen upphört. Enligt nuvarande avfallsplan (Karlskoga kommun, 2000) behöver matavfall ej samlas in för separat behandling. Detta medför att matavfallet i dagsläget (2009) samlas in tillsammans med det vanliga hushållsavfallet. Till följd av detta är det oklart hur stor mängd matavfall som genereras i kommunen.

Tabell 1. Nyckeltal för Karlskoga Miljö ABs insamling av hushållsavfall. Uppgifter från Karlskoga Energi och Miljö ABs årsredovisning 2008.

	Enhet	2008	2007	2006	2005	2004
Hämtat hushållsavfall	ton	8 140	8 467	8 395	8 376	8 267
Hushållsavfall/invånare	kg	271	282	277	277	272

Sedan 2006 pågår försök med att samla in matavfall och trädgårdsavfall i ett separat kärl från ca 325 villahushåll, två hyreshus samt två skolkök. I dessa områden sker avfallsinsamlingen varannan vecka för det organiska avfallet och varannan vecka för det brännbara. Det brännbara förbränns i Karlskoga kraftvärmeverk medan det organiska avfallet mellanlagras på Mosseruds avfallsanläggning innan det transporteras till Atletverket i Örebro där det strängkomposteras. Det går inte att uppskatta mängden matavfall som genereras per invånare i försöket eftersom trädgårdsavfall är inkluderad i den insamlade mängden.

I dagsläget (2009) finns åtta köksavfallskvarnar installerade i Karlskoga av vilka fem används regelbundet. Fram tills 2006 fanns även en avfallskvarn installerad i ett skolkök som dock monterades bort under ombyggnation av skolan. Ingen av användarna har haft några

avloppsstopp orsakade av kvarnen. De problem som har uppstått har orsakats av ett felaktigt användande av kvarnen. Som till exempel att hushållen försökt mala för stor mängd matavfall utan att tillsätta tillräckligt mycket spolvatten. Detta kan bland annat orsaka stopp i den egna ledningen eller att malningen i kvarnen avstannar (Karlsson m.fl., 2008). Den dominerande åsikten om avfallskvarnen är mycket positiv vilket främst kan härledas till att mängden säcksopor minskat samt den enkla insamlingen av matavfallet.

I utredningsarbetet inför Karlskoga kommuns nya avfallsplan har en enkätundersökning utförts där kommunens invånare har besvarat frågor angående sina vanor och syn på hushållsavfall. Undersökningen visade att 70 % av de svarande ansåg att en utsortering av matavfall från soporna var viktig. 65 % av de svarande uppgav även att de skulle nyttja system för att sortera ut matavfallet om de blev erbjudna det av kommunen (Karlskoga kommun, 2009).

3.2. UPPSKATTAD PRODUKTION AV MATAVFALL OCH KVARNANVÄNDNING

I de förstudier som tidigare utförts har mängden matavfall uppskattats på olika sätt. I förstudierna från Staffanstorp, Surahammar och Göteborg beräknades mängden matavfall enligt Olsson och Retzner (1998) som utifrån plockanalyser bedömt att 40 % av hushållsavfallet är matavfall. I Stockholm bedömde trafikkontorets avdelning för avfall att 0,8-1,2 kg matavfall genererades per person och vecka vilket motsvarar 40-52 kg matavfall per person och år. I plockanalyser utförda av Avfall Sverige uppskattades att 1,9 kg matavfall genererades per person och vecka. Denna mängd matavfall motsvarar en generering av 98,8 kg matavfall per år. (Avfall Sverige, 2008) Även andra mängder finns rapporterade i litteraturen. I en rapport från URWARE rapporteras att en person genererar 90 kg matavfall per år (Jönsson m.fl., 2005).

Om mängden matavfall i Karlskoga beräknas i enlighet med de studier som tidigare gjorts i Staffanstorp, Surahammar och Göteborg fås en generering av 108 kg matavfall per person och år beräknat utifrån 2008 års avfallsmängd. Denna mängd är väsentligt högre än de matavfallsmängder som använts i de tidigare studierna, men relativt nära den mängd matavfall som uppskattats av Avfall Sverige. Den beräknade mängden bedöms vara korrekt då plockanalyser på Karlskoga kraftvärmeverk visade att 53 % av hushållsavfallet bestod av bioavfall (trädgårdsavfall och matavfall). Plockanalysen baserades på insamlade hushållssopor från 100 villor, 50 lägenheter, 2 småföretag, 1 skolkök, 1 restaurang och 1 livsmedelsbutik. (Waldowsson, 2009)

Trots att den största delen av matavfallet är malbart har tidigare studier visat att allt matavfall inte mals i kvarnarna (Nilsson m.fl., 1990). I Staffanstorp sorterades till exempel inte gammalt bröd, gamla tillagade matrester i förpackning, färdiglagad mat som till exempel mjukost samt matrester som kvarnen inte kan mala på grund av kvarnens egna begränsningar. Detta visar tydligt att hushållen aktivt väljer att inte mala matavfall som får dem att känna obehag eller kräver en extra arbetsinsats. Det kan därför antas att situationen i Karlskoga till en början kommer att vara likartad. Beroende på hur de boende tar till sig information om KAK samt deras förhållningssätt till KAK kan en högre malfrekvens uppstå.

Det är endast 20 % av hushållens matavfall som inte kan malas i KAK. Resterande mängd matavfall är antingen indirekt malbart (13 %) eller direkt malbart (67 %). Det indirekt malbara matavfallet är avfall som skulle kunna malas i kvarnen men som ändå slängs i soporna. (Karlberg & Norin, 1999) Detta kan till exempel vara matavfall som ligger i

förpackningar eller hårda ben och kärnor. Till följd av detta har matavfallet som mals en annan sammansättning, t.ex. lägre torrsubstanshalt, än det som slängs i soporna. I Karlskoga beräknas 72,36 kg matavfall/pers,år vara direkt malbart och resterande mängd indirekt- eller icke malbart. Endast det direkt malbara avfallet antas komma att malas ned i KAK.

3.3. PÅVERKAN AV KAK PÅ AVFALLSHANTERINGEN

Enligt Stockholm Vattens utredning (2008:a) är anslutningsgraden av KAK en av de viktigaste faktorerna som styr hur VA- och avfallssystemet kommer att påverkas. Anslutningsgraden styr hur belastningen på både kraftvärmeverket, ledningsnätet och reningsverket kommer att förändras. Eftersom KAK transporterar matavfallet till avloppsreningsverket antas mängden avfall som ska förbrännas i Karlskoga kraftvärmeverk minska. Detta kan medföra att fjärrvärmeproduktionen minskar och att även mindre mängd elektricitet utvinns. Dock är matavfallet oftast blött vilket medför att det först måste torkas innan det förbränns vilket även det kräver energi. Därför är det oklart om en avledning av matavfallet skulle bidra till ökad eller minskad energiåtgång och värmeproduktion. I Karlskoga kraftvärmeverk används inga rökkondensatorer vid förbränningen av hushållssopor. Istället renas rökgaserna genom filter där ingen energi utvinns. Därför tros ett bortförande av matavfallet från kraftvärmeverket få positiv inverkan på el- och värmeproduktionen. I dagsläget produceras 2,5-3 MWh energi per ton blött avfall som inkommer till kraftvärmeverket (Johansson, 2010, personlig kontakt). Enligt Avfall Sverige Utveckling (2008) genererar rötning av 1 ton blött matavfall 125 Nm³ metan vilket motsvarar ett energiinnehåll av ca 0,76 MWh.

En fördel med KAK jämfört med andra insamlingssystem av matavfall är att det inte krävs några extra biltransporter eftersom transporten sker i avloppsledningsnätet (Stockholm Vatten, 2008:a). Detta beror emellertid på om KAK kan anslutas enhetligt i ett helt område. Om inte, förblir transporten av avfall oförändrad. En förhoppning är att man vid ett införande av KAK ska kunna minska avfallstransporterna och därmed minska utsläppen av försurande och klimatpåverkande ämnen samt minska kostnader för fordonsbränsle. KAKs påverkan på inköp av fordonsbränsle kan även ske genom att matavfallet bidrar till en ökad biogasproduktion vid reningsverket vilken kan uppgraderas till fordonsbränsle och på så vis minska behovet av fossila bränslen.

I försök med avfallskvarn i Staffanstorps (Nilsson m.fl., 1990) utfördes mätningar av avfallsmängd, dess vatteninnehåll, densitet samt energiinnehåll före och efter att KAK installerades. Mätningen visade att den insamlade mängden hushållsavfall minskade med 18 vikts-%. Detta ligger dock under vad som anges vara den potentiellt maximala avfallsminskningen på 35 vikts-%. Förklaringen till detta kan vara att vissa hushåll helt valt att inte använda kvarnarna, vilket även plockanalyser av hushållsavfallet styrkte. En viktig observation under försöket var att vatteninnehållet i hushållsavfallet i soporna minskade när matavfallet sorterats ut. Detta innebar, förutom minskad lukt, att energiinnehållet i avfallet ökade. Nilsson m.fl. (1990) uppskattade att det effektiva värmevärdet i det insamlade hushållsavfallet ökade med ca 30 %. Detta skulle även kunna öka den totala nettoenergin producerad per person och år trots att insamlad mängd hushållsavfall minskar om inte rökgaskondensering används (eftersom energi utvinns ur gasen). Vid Karlskoga kraftvärmeverk skulle en minskad mängd blött organiskt avfall troligen öka energi- produktionen eftersom förbränningen sker utan rökkondensering.

Ett införande av KAK skulle även kunna påverka tillgängligheten på dricksvatten. Eftersom KAK maler avfallet tillsammans med rinnande vatten måste det finnas tillräcklig mängd vatten tillgängligt i kommunen (Aaroe, 2009). Om det är en begränsad dricksvattenproduktion i ett område där KAK planeras att installeras kan KAK vara en onödig belastning för dricksvattenresursen. Detta torde dock inte vara ett problem i Karlskoga där dricksvattenproduktionen i dagsläget (2009) kan utökas.

4. LEDNINGSNÄT

4.1. KRAV OCH KRITERIER FÖR LEDNINGSNÄTET VID INFÖRANDE AV KAK

För att ansluta KAK till det befintliga ledningsnätet är dess skick och kapacitet viktiga faktorer som måste undersökas eftersom mängden organiskt material och suspenderat material i ledningarna kan komma att öka med ca 30-50 % (Nedland m.fl., 2006). I tidigare studier som gjorts (Stockholm Vatten, 2008:a, Forsberg & Olofsson, 2003, Kärrman m.fl., 2001) har faktorer såsom svavelvätebildning, ledningsnätets lutning, sedimentation, råttproblematik, bräddning och vattenförbrukning undersökts. Utifrån dessa studier har följande kriterier framarbetats:

1. Ledningsnätet ska vara självrensande
2. Ingen bräddning ska ske vid normala driftförhållanden
3. Ledningsnätet ska ha få driftstörningar
4. Ej för lång rinntid till reningsverket

4.1.1. Ledningsnätet ska vara självrensande

Två viktiga faktorer för om KAK är lämpligt att ansluta till det allmänna avloppsledningsnätet är ledningsnätets lutning och vattenflöde. Lutningen är en faktor som påverkar om ledningsnätet är självrensande eller ej. Självrensning är en betydande faktor eftersom KAK tillför ytterligare mängd suspenderat material vilket kan sedimentera i ledningarna om vattenflödet eller lutningen är för låg. Detta är särskilt viktigt eftersom utvecklingen har gått från användandet av hushållsmaskiner, toaletter och tvättmaskiner som varit mycket vattenkrävande till mer vattensnål teknik. Resultatet av att hushållen förbrukar mindre vatten är att koncentrationen av föroreningar och suspenderat material ökar i ledningsnätet (Forsberg & Olofsson, 2003).

Svenskt Vatten (2004) anger beräkningsunderlag för dimensionerande flöden vid självrensning och rekommenderade lutningar för ledningar då flödet i vattenledningen är okänt. En tumregel som brukar användas för att bestämma om en ledning har tillräcklig lutning för att vara självrensande är att lutningen (i ‰) ska vara minst 1 dividerat med diametern på rörledningen (m). I tabell 2 visas svenskt vattens rekommendationer för lutning och flöde i självrensande avloppsledningar.

Tabell 2. Minsta lutning för att spill- och dagvattenledningar ska vara självrensande. Tabell uppgifter från Svenskt Vatten (2004).

Diameter¹	Flöde¹	Minsta lutning¹	Minsta lutning enligt tumregel²
[mm]	[l/s]	[%]	[%]
160	2,0	5,0	6,2
200	2,5	4,5	5,0
300	6	3,0	3,3
400	9	2,5	2,5
500	14	2,0	2,0
600	25	1,5	1,7
800	60	1,0	1,3
>800	-	1,0	1,3

¹ Ur tabell från Svenskt Vatten (2004) för minsta lutning för självrensning

² Beräknad enligt Svenskt Vattens (2004) tumregel för självrensning

Ledningar där det kan vara svårt att uppnå självrensning är till exempel dykarledningar och tryckavloppsledningar. I dessa ledningar är det särskilt viktigt att vattenflödet är tillräckligt högt. Självrensning brukar uppfyllas om vattenhastigheten är högre än 0,6 m/s. (Svenskt Vatten, 2004)

I de svenska storskaliga studier som publicerats (Nilsson m.fl., 1990, Karlberg & Norin, 1999) har inga problem med ökad avsättning av material på ledningsväggarna rapporterats. Inte heller CIWEM (2003) rapporterar om några transportproblem i ledningar och framhåller att transport av matavfall i lågflödande och låglutande avloppsledningar i Holland har fungerat problemfritt. I en norsk studie av Nedland m.fl. (2006) rapporteras däremot att avsättning har skett i ledningarna, då särskilt i svackor och krökar på ledningarna. I och med detta är det av stor vikt att ledningsnätet där KAK ansluts är självrensande.

4.1.2. Ingen bräddning ska ske vid normala driftförhållanden

Det är viktigt att ingen bräddning sker på ledningar dit KAK ansluts eftersom det kan ge ett tillskott av förorenande ämnen till naturen och därmed bidra till övergödning. I Sverige har inga rapporteringar gjorts av att antalet bräddningar har ökat efter ett införande av KAK.

Vattenflödet i ledningarna har heller inte ökat nämnvärt vilket kan vara orsaken till att antalet bräddningar är oförändrat (Karlberg & Norin, 1999). Bräddningar är hur som helst ett problem som måste förhindras. I USA är bräddningar på ledningsnätet ett vanligt förekommande problem (Crisp, 2009, personlig kommunikation). I Raleigh (i delstaten North Carolina) infördes till och med ett förbud mot användandet av avfallskvarnar den 17 mars 2008 (som dock endast varade i en månad på grund av opinionen). Förbudet var ett svar på att antalet bräddningar på ledningsnätet ansågs vara för många (Sullivan, 2008). Enligt Crisp (2009, personlig kommunikation) sker ca 14 bräddningar per 1000 km ledningsnät och år på grund av avfallskvarnarna vilket ändå är ett relativt lågt antal jämfört med 62 bräddningar per 1000 km och år vilket är normalt för Amerikanska städer i samma storlek som Raleigh (ca 400 000 invånare). Det finns två huvudorsaker till att problem med bräddningar uppstår. Dels sker transporten av matavfallet oftast i spillvattenledningssystem med liten diameter (ca 150-200 mm), dels tar sig fett ner i ledningarna och fastnar på insidan av rören vilket kan bilda blockeringar som sedan hindrar flödet. Dessa fettavlagringar måste sedan spolats bort. Även Aaroe (2009) skriver att spolningsfrekvensen av ledningarna måste öka efter ett införande av KAK för att hålla ledningarna i gott skick.

4.1.3. Ledningsnätet ska ha få driftstörningar

Det är viktigt att KAK ansluts till ledningssträckor som fungerar bra och sällan utsätts för driftstopp. Annars finns risk för att KAK felaktigt anklagas för att orsaka driftstopp som kan vara orsakade av något annat redan befintligt problem. Det finns även risk för att KAK, i icke välfungerande ledningar, medverkar till att förvärra den situation som redan råder. I Surahammar anslöts endast KAK till hushåll som hade välfungerande ledningar inom fastigheten och servisledning till det allmänna ledningsnätet (Karlberg & Norin, 1999). Det är även vanligt att ansluta KAK till nybyggnationer då dessa får ledningar som är anpassade för att klara av KAK. Detta skedde bland annat i två områden i Malmö (Turning Torso och Västra hamnen), dock skedde transporten av matavfallet ej på det allmänna avloppsnätet utan samlades upp i tankar (Aspegren m.fl., 2005). I försöken med separat insamling av KKL-vatten i ett bostadsområde i Göteborg upptäcktes att stopp ibland skedde i ändledningar längst bort från reningsverket. Detta troddes bero på att spolvattenflödet inte varit tillräckligt för att kunna transportera allt matavfall. (Karlsson m.fl., 2008)

4.1.4. Rinntid till reningsverket

Rinntiden i avloppsledningsnätet är en avgörande faktor för hur mycket av det tillsatta matavfallet som kommer att brytas ned under transporten. Nedbrytningen av organiskt material är beroende av syrenivån, temperaturen och uppehållstiden i ledningssystemet. Syrenivån är dock väldigt svår att mäta varför nedbrytningen i rörnätet är svår att uppskatta. Cedergren (2007) visade i försök att tillskott av partikulärt organiskt material inte bryts ned i särskilt stor utsträckning under transporten till reningsverket under vare sig aeroba eller anaeroba förhållanden. Stockholm Vatten (2008:a) bekräftar detta genom att ange att nedbrytningen under syrefattiga förhållanden är ca 1- 2,5 % per timme.

Det organiska materialet som tillförs ledningsnätet består till största delen av lättnedbrytbara föreningar. Detta kunde visas i försök i Staffanstorp där man tydligt såg att kvoten COD:BOD sjönk efter att KAK införts. (Nilsson m.fl., 1990). Det är även skillnad mellan nedbrytningen av partikulärt och löst organiskt material. Det lösta materialet bryts ned i ledningsnätet medan det partikulära är intakt (Stockholm Vatten, 2008:a). Även Cedergren (2007) visade i försök att den partikulära delen av det tillsatta organiska materialet inte bryts ned under vare sig aerob eller anaerob transport. Cedergren (2007) konstaterar dock att transport under anaeroba förhållanden resulterar i en lägre nedbrytning än under aeroba vilket kan vara en fördel om fokus ligger på att bevara organiskt material till produktion av biogas.

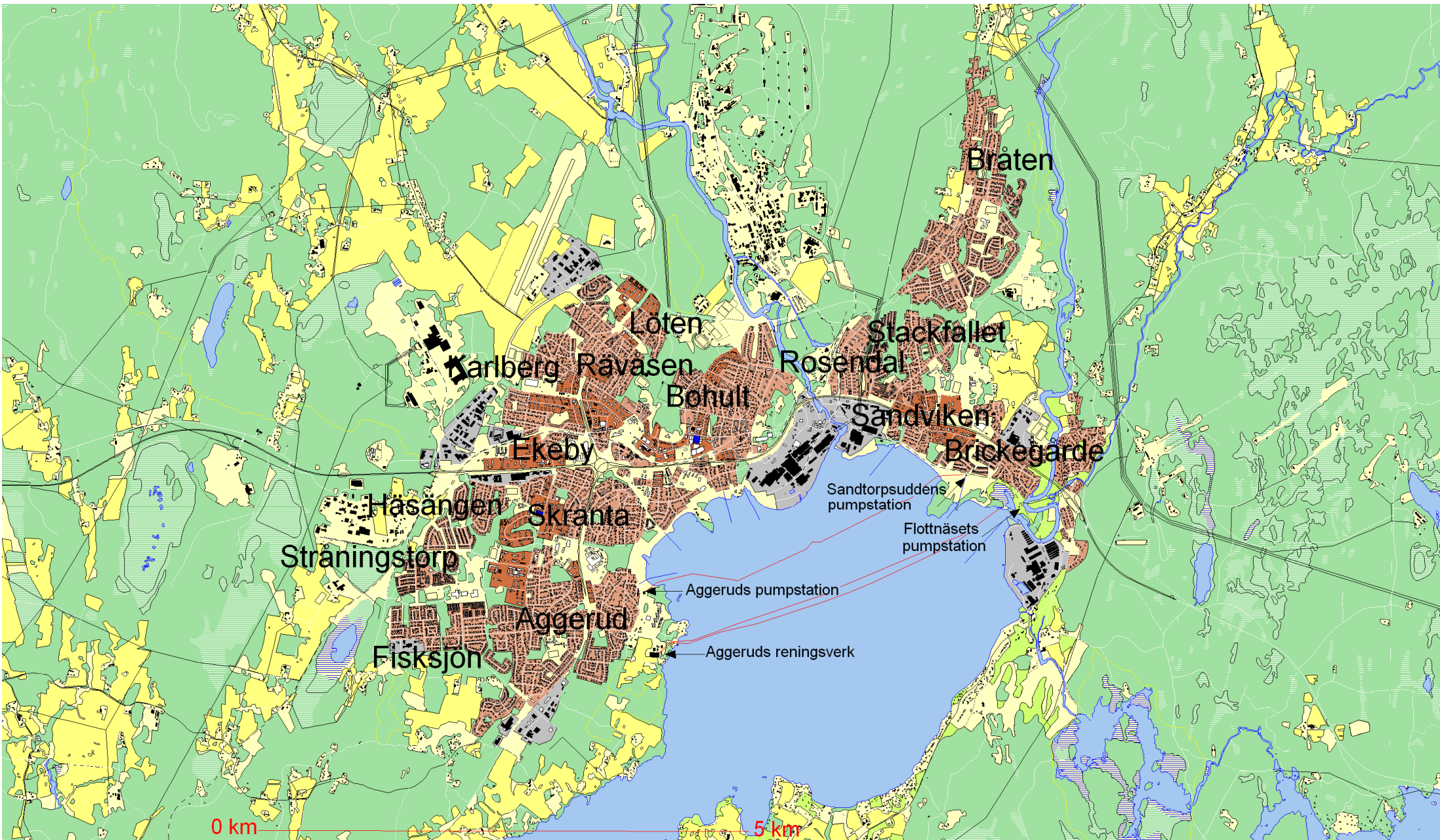
Nedbrytning av organiskt material kan även orsaka svavelvätebildning om nedbrytningen sker under anaeroba förhållanden (Kärman m.fl., 2001). Viktiga faktorer som påverkar svavelvätebildningen är temperatur, mängd organiskt material och uppehållstiden i ledningarna. Upphållstiden är särskilt betydelsefull eftersom den styr hur mycket syre som finns tillgängligt i vattnet. Enligt Ledskog med flera (1994) förbrukas normalt det tillsatta syret i avloppsvattnet inom en halv timmes uppehållstid. Detta medför att svavelväteproblem kan uppstå eller öka i ledningar med långa rinntider och låga syrenivåer då KAK ansluts. De ledningsavsnitt där svavelproblem oftast förekommer är tryckledningar och övergångsledningar mellan tryck- och självfallsledningar. Det är viktigt att ledningarna är fria från svavelväte då det finns risk för lukt, korrosion och hälsoskador om halterna blir för höga.

4.2. ALLMÄN BESKRIVNING AV LEDNINGSNÄTET I KARLSKOGA

Karlskoga är en sjöstad som ligger längs den nordligaste delen av sjön Möckeln. Det allmänna ledningsnätet som sköts och distribueras av Karlskoga Miljö täcker in en yta på ca 20 km² av vilken ca 6 km² är på hårdjord yta. De områden som är anslutna till det allmänna vatten- och avloppsnätet är Karlskoga tätort, Linnebäck, Granbergsdal, Gälleråsen och Lonnen. Karlskogas avlopps- och dagvattenledningsnät är ca 400 km långt (Figur 1). Avloppsledningsnätet utgörs av ca 70 % separata ledningar och 30 % kombinerade dag- och avloppsvattenledningar. Inom ledningsnätet finns både självfallsledningar och tryckledningar. Tryckledningarna leds via någon av stadens 40 pumpstationer.

Från den östra delen av staden transporteras avloppsvattnet under Möckeln i dykarledningar som leds från de två pumpstationerna vid Flottnäset eller Sandtorpsudden. Stora delar av stadens avloppsvatten transporteras även via tryckledning från Aggeruds pumpstation till reningsverket i Aggerud.

Som i de flesta vatten- och avloppssystem uppkommer ibland problem. I Karlskoga skedde 11 avloppsstopp i huvudavloppsledningar på spillvattennätet under 2008 (Karlskoga Energi & Miljö AB, 2008:b). Även bräddning är ett förekommande problem som oftast uppstår till följd av kraftigt regn.



Figur 1. Översiktsvy av Karlskoga avloppsledningsnätet. █ Bräddavlopp i direkt anslutning till Möckeln. █ Dykarledning under Möckeln. Copyright © Lantmäteriet medgivande I2010/0058

4.4. ANALYS AV LEDNINGSNÄTET I KARLSKOGA

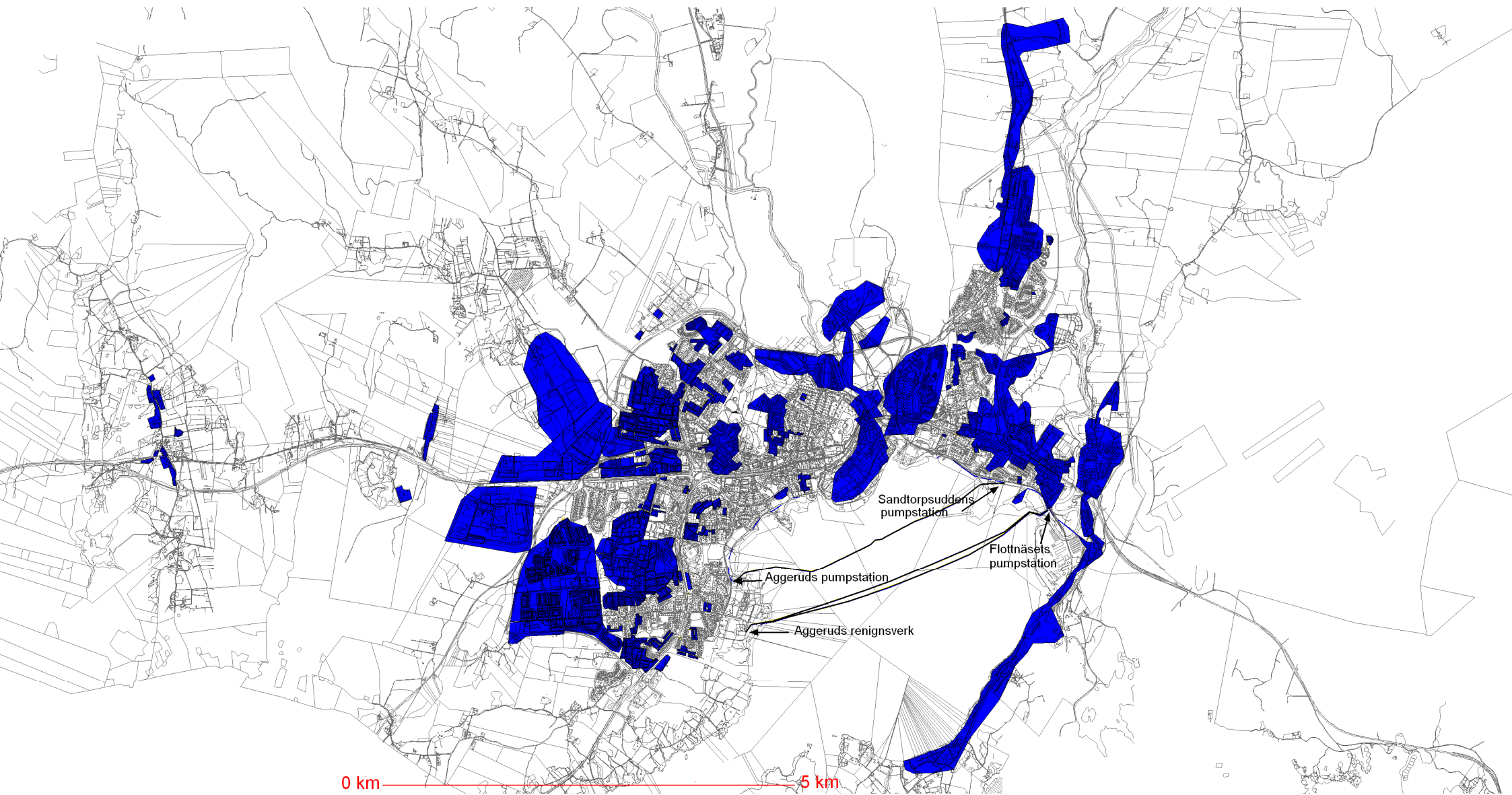
4.4.1. Självremsning

Det finns delar av Karlskogas ledningsnät som klarar att ta emot en ökad mängd organiskt material med avseende på ledningarnas självrensning. Ett allvarligt problem är dock de avskärande ledningarna längs Möckelns strand. Ett flertal delavschnitt av dessa ledningar på både den västra och östra delen av staden har liten lutning och kan i dagsläget inte betraktas som självrensande. Detta får till följd att ett stort antal områden, som egentligen kan klara en anslutning av KAK i dagsläget (2009), inte anses ha förutsättningarna för att ansluta KAK. Om KAK ska anslutas i stor skala är det nödvändigt att de avskärande ledningarna förbättras med avseende på lutning. Det är värt att notera att de avskärande ledningar på stadens östra sida blev relinade under 2000. Detta talar för att ledningarna i dagsläget ska vara av i övrigt gott skick men med för liten lutning för självrensning.

Det är värt att notera att orsaken till att ett större område anses ha för låg kapacitet för att ansluta KAK kan bero på att ett enskilt ledningsparti har för låg lutning och sedan verkar som en flaskhals för de andra ledningarna i området (bilaga 1). Detta medför att ett område som inte anses ha kapacitet för KAK i dagsläget (2009) skulle kunna ha kapacitet om ett antal mindre modifikationer gjordes på den eller på de ledningsavschnitt som är problematiska.

Dykarledningarna över Möckeln har relativt sett liten lutning. Dock transporteras vattnet med hjälp av en tryckhöjning av vattnet vid pumpstationen vilket medför att avloppsvattnet transporteras framåt i ledningarna. Risker för svavelvätebildning och därmed en förhöjning av ledningsnivån bedöms vara låga eftersom ledningen oftast är helt fylld och gaserna därför förblir lösta i vattnet under transporten. Risk för förhöjda svavelvätenivåer är snarare lokaliserat till utloppet av dykarledningarna där svavelvätet kan ansamlas. Vid full pumpning rensas ledningarna men under perioder med låga flöden kan svavelväte bildas. Detta svavelväte inkommer sedan till reningsverket när strömningshastigheten ökar. Samma resonemang gäller för tryckledningarna inom staden.

De områden som idag (2009) anses klara en anslutning av KAK ligger i nära anslutning till reningsverket (figur 2). Aggerud och södra Sandviken/Brickegården är de delar av staden som är bäst lämpad för en anslutning av KAK med avseende på självrensning. Avloppsvattnet leds här direkt till avloppsreningsverket eller till Aggeruds pumpstation. I ingetdera av fallen behöver avloppsvattnet passera de avskärande ledningarna.



Figur 2. Områden i Karlskoga där självrensning inte uppnås i vissa ledningsavsnitt. ■ Områden som inte är självrensande. Observera att områden som endast påverkas av den avskärande ledningen inte är självrensande områden. Copyright © Samhällsbyggnadsförvaltningen Karlskoga kommun

4.4.2. Bräddning

Det finns 8 bräddavlopp i direkt anslutning till Möckeln. Därtill finns möjlighet för avloppsvattnet att brädda vid de 40 pumpstationerna. Bräddning sker främst vid stora nederbördsmängder då belastningen på både ledningsnät och reningsverk är för stor. Av de 40 pumpstationerna har endast 12 stycken av bräddavloppen utrustning för att mäta antal och varaktighet på bräddningen. Två av de 8 bräddavloppen till Möckeln har mätning på specifik volym som bräddar. Under 2007 uppskattades bräddningen till 64 396 m³ vilket motsvarar ca 0,9 % av det totala årsflödet till reningsverket (Karlskoga Energi & Miljö AB, 2008:b). Under 2006 uppskattades bräddningen till 256 381 m³ vilket motsvarar ca 3,2 % av det totala årsflödet till reningsverket (Karlskoga Energi & Miljö AB, 2007). Båda årens bräddningar ligger väl under de uppsatta gränsvärdena för hur mycket bräddning som får ske på nätet. För att motverka bräddning har Karlskoga Miljö byggt en Actiflo anläggning vid en av sina pumpstationer som med hjälp av kemisk rening renar vatten som tidigare skulle ha läckt ut orenat till recipienten.

Det finns bräddavlopp på ledningsnätet som är mer benägna att brädda än andra. Dock är det inget av bräddavloppen som anses brädda onormalt mycket. Eftersom alla bräddavlopp inte har mätningar av specifik volym som bräddar är det svårt att uppskatta den exakta mängden avloppsvatten som tillförs recipienten. Vid undersökning av antal bräddningar och varaktighet för de tolv bräddavloppen som är utrustade med mätare för detta ändamål visade det sig att det finns olika tendenser för bräddavloppen. Vissa bräddavlopp som till exempel Lerängen och Löten bräddar ofta och över relativt lång tid medan Bredgårdsängarna bräddar ofta men under kort tid. Eftersom den specifika bräddvolymen är okänd antas varaktigheten för bräddningen vara den största faktorn som påverkar hur mycket förorening som når recipienten.

Inget av bräddavloppen bräddar så mycket att det ska utgöra någon risk att ansluta avfallskvarnar. De tidigare studier som utförts (Nilsson m.fl., 1990, Karlberg & Norin 1999, Kärrman m.fl., 2001) har inte kunnat se någon tydlig ökning av vattenflödet i ledningarna och därmed ej observerat ett förhöjt antal bräddningar. Användandet av en avfallskvarn motsvarar ungefär en extra spolning i toaletten per dag och detta tros inte ha någon nämnvärd påverkan på ledningsnätet med avseende på bräddningar. För Karlskogas del torde bräddningar inte bli något problem förutom vid kraftiga regn då ledningsnätet redan i dagsläget har svårigheter att transportera allt vatten till reningsverket.

4.4.3. Driftstörningar

Driftstörningar på ledningsnätet undersöktes för perioden 2003-2009. Avloppsstopp är den vanligaste orsaken till att problem uppstått men även översvämningar och pumpproblem förekommer. Under augusti 2006 och 2007 skedde enstaka översvämningar på huvudavloppsledningar till följd av kraftigt oväder. Under 2008 drabbades Karlskoga av ett kraftigt regn med en uppskattad återkomsttid på 50 år som orsakade omfattande översvämningsproblem hos fastighetsägare. Under 2009 var översvämningsproblemen än mer omfattande då kraftigt regn med en uppskattad återkomsttid på 15 år föll över staden. Detta kan inte anses vara normala driftstörningar och de påverkade områdena anses fortfarande kunna klara en anslutning av KAK utifrån skedda driftstörningar.

Statistik för avloppsstopp presenteras årligen i Karlskoga Energi & Miljö ABs årsstatistik för vatten och avlopp (tabell 3). Antalet huvudledningsstopp varierar mellan 3-18 stopp per år. Avloppsstopp är mer förekommande i servisledningar än i huvudledningar vilket kan bero på

att det är ett lägre vattenflöde och mindre rördiameter i servisledningarna jämfört med huvudledningar. Statistiken som presenteras i tabell 3 visar tydligt att det i första hand är servisledningar som kan orsaka problem i form av stopp efter att KAK ansluts. Hur stora dessa problem blir beror främst på servisledningens ursprungliga kvalitet och hushållets egna vanor för vad som spolats ned i avloppssystemet. Ett oaktsamt användande av avloppet som ett system för att bli av med oönskade sopor kan orsaka stopp vare sig KAK är installerat eller ej.

Tabell 3. Totalt antal driftstörningar i form av avloppsstopp på huvudledningar, servisledningar och privata servisledningar. Data är hämtat från Karlskoga Energi & Miljö AB årsstatistik, vatten och avlopp (2003, 2004, 2005, 2006, 2007 och 2008).

År	Karlskoga Miljö		Privat
	Huvudledning	Servisledning	Servisledning
2008	11	27	17
2007	6	80	16
2006	18	76	okänt
2005	3	81	okänt
2004	8	94	okänt
2003	18	66	okänt

Avloppsstopp i huvudledningar förekommer i ett fåtal olika områden i Karlskoga (figur 3). Områden som främst påverkas av avloppsstopp är Skranta, Häsängen Ekeby/Rävåsen och Rosendal. Detta medför att delar av dessa områden kan anses vara olämpliga för en anslutning av KAK då det finns risk för att KAK ökar redan befintliga problem alternativt blir beskyllt för att orsaka problem. Väljer man att ansluta KAK i dessa områden bör ledningar som tidigare haft problem undersökas extra noggrant genom till exempel filmning.



Figur 3. Områden som påverkas av driftstörningar på avloppsledningsnätet i Karlskoga. Copyright © Samhällsbyggnadsförvaltningen Karlskoga kommun

4.4.4. Rinntid

Rinntiden till reningsverket är beroende av två parametrar, ledningslängd och vattenhastighet. Ledningslängden kan beräknas utifrån kartor över ledningsnätet men vattenhastigheten på avloppsvattnet är okänd. Detta medför att avloppsvattenhastigheten måste uppskattas. I litteraturen anges att högsta tillåtna vattenhastighet i betongledningar är 4 m/s och att en nödvändig hastighet för självrensning ligger i intervallet 0,5-0,6 m/s (Gustavsberg, 1975). I Stockholm Vattens utredning (2008:a) användes en vattenhastighet på 1 m/s för att beräkna rinntiden. Detta anses vara en rimlig vattenhastighet som kan användas i beräkningarna för Karlskoga ledningsnät. Det är dock värt att notera att rinntiden varierar över dygnet då flödeshastigheten varierar med ett större flöde på morgon och eftermiddag och med ett lågt flöde nattetid. Den beräknade rinntiden kan ses som rinntiden från en punkt i Karlskoga till reningsverket i Aggerud då vattnet aldrig blir stillastående i några svackor utan förflyttas under hela transporten. Detta tros ske endast under morgon och eftermiddag då mycket hushållsarbete sker och en stor del av befolkningen är hemma i det egna hushållet.

Stora delar av Karlskogas ledningsnät har en rinntid mellan 0-2 timmar. Endast de yttre delarna av staden har en rinntid som är längre än 2 timmar. Detta anses vara goda förutsättningar för att kunna ansluta KAK då endast en liten del av det organiska materialet bryts ned under transporten. Cedergren (2007) visade i försök att ingen nämnvärd nedbrytning av partikulärt organiskt material skedde under transporten till reningsverket för vare sig aeroba eller anaeroba förhållanden. Den del som bryts ned är främst löst organiskt material, men detta är mest påtagligt vid transporttider som är längre än 1 dygn och ledningsförhållandena är aeroba. Eftersom inga rinntider i ledningsnätet antas överstiga 1 dygn anses nedbrytning i ledningsnätet vara försumbar. Den största delen av det organiska materialet kommer att nå reningsverket. Detta anses vara goda förutsättningar för att kunna tillåta en anslutning av KAK.

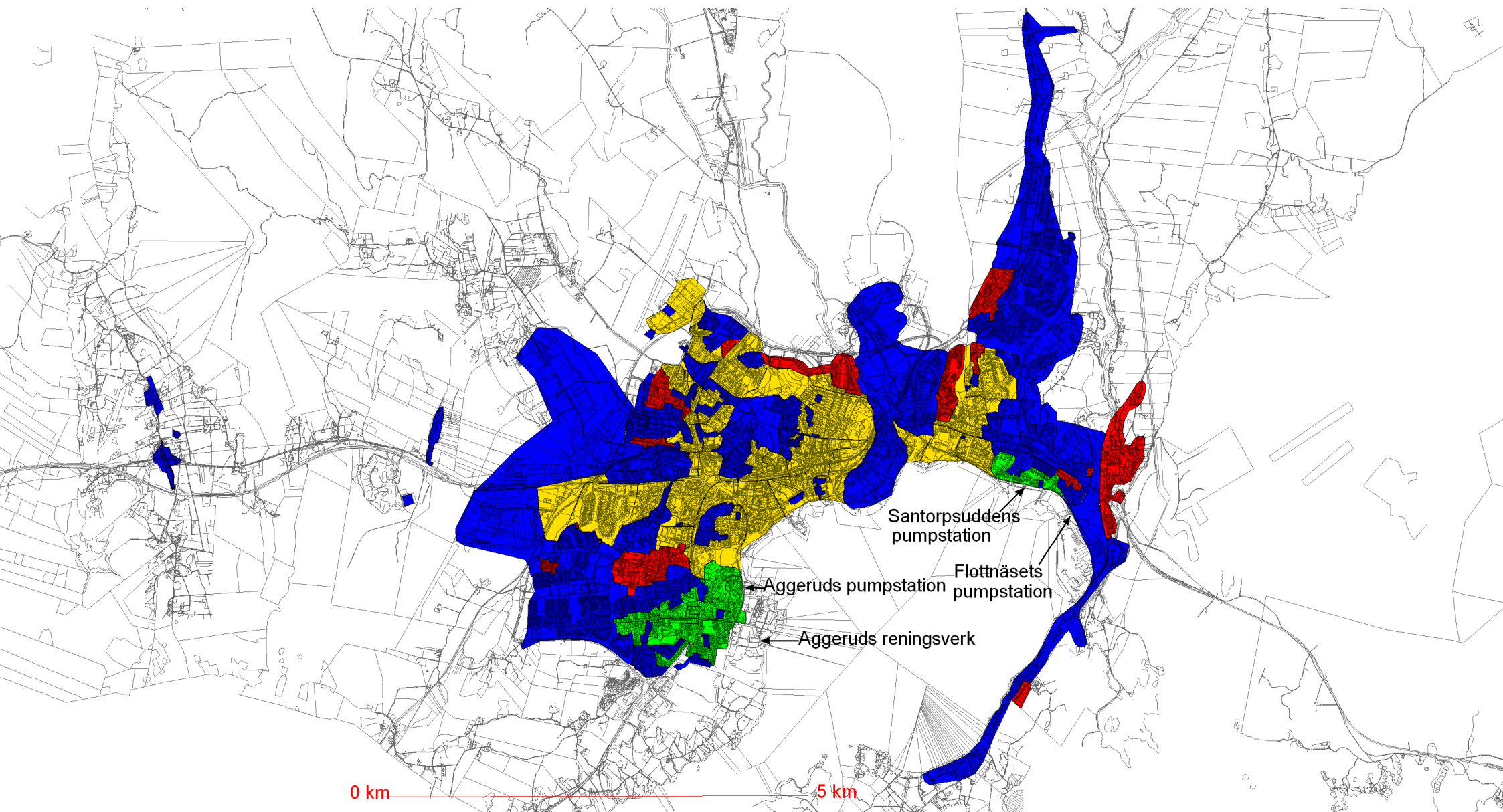
Med så korta rinntider, som beskrivs ovan, bör inte några svavelväteproblem uppstå. Dock bygger, som tidigare nämnts, beräkningen av rinntid på att avloppsvattnet inte ansamlas i svackor och svängar på ledningsnätet. För att motverka svavelväteproblem som kan uppstå i bland annat tryckledningar finns en mängd alternativa lösningar beskrivna av Ledskog m.fl. (1994). Ett alternativ som skulle kunna vara fördelaktigt att använda om problem uppstår i stadens tryckledningar är att tillsätta syrerikt vatten från Möckeln eller närliggande vattendrag. Detta skulle både öka flödeshastigheten i ledningen och öka syrehalten i vattnet vilka båda minskar risken för svavelvätebildning och nedbrytningen (även om nedbrytning inte tros vara något problem). En ökad flödeshastighet har även fördelen att den motverkar avsättning av organiskt material i ledningen vilket kan förebygga risken för avloppsstopp. Det har dock nackdelen att den totala mängden vatten genom reningsverket och utsläppen från reningsverket ökar.

4.5. SAMMANFATTANDE DISKUSSION OCH SLUTSATSER OM LEDNINGSNÄTETS KAPACITET

Den slutgiltiga statusen för ledningsnätet som tar hänsyn till slutsatserna från de undersökta delarna, självrensning, bräddning, driftstörningar och rinntid baseras på en sammanvägning av dessas resultat. Ett område anses vara olämpligt för KAK om ledningarna inte uppfyller krav för självrensning, har haft driftstörningar under den undersökta perioden, har lång rinntid eller bräddar ofta. Som tidigare nämnts anses varken rinntiden eller bräddningsfrekvensen på ledningsnätet vara kritiska för om KAK kan anslutas i Karlskoga varför endast driftstopp och

självrensning blir faktorer som inverkar för om området anses vara lämpligt eller ej. Ett område anses vara olämpligt för anslutning av KAK om det har problem med både driftstopp och självrensning. Ett område anses vara delvis olämpligt om det antingen har dålig självrensning eller haft driftstörningar under den undersökta perioden. Ett område anses vara ett möjligt försöksområde om det inte har problem med vare sig driftstörningar eller självrensning men påverkas av kapaciteten på de avskärande ledningarna. Ett område anses vara lämpligt för anslutning av KAK om det inte har problem i något avseende för de undersökta faktorerna.

Ledningsstatusen i Karlskoga visas i figur 4. De områden som anses vara lämpliga för en anslutning av KAK är södra Aggerud och södra Sandviken/Brickegården. Därtill tillkommer delar av centrala staden, Sandviken/Stackfallet, Bohult och Häsängen som anses vara lämpliga försöksområden för en anslutning av KAK. Dessa områden påverkas endast av den avskärande ledningen längs Möckelns strand för att inte bli ansedda fullt lämpliga för KAK. De områden som anses vara delvis olämpliga är delar av Fisksjöområdet, Valåsen, Brickegården, Stackfallet, Bråten och Ekeby. De områden som anses olämpliga för KAK är Immetorp/Hyttfallet, Rosendal, västra Bråten, Karlsåby, Skranta och delar av Ekeby. Det är värt att notera att dessa slutsatser baseras på en analys av stadens huvudavloppsledningar. Inga driftstopp eller ledningslutningar för servisledningar har ingått i analysen.



Figur 4. Ledningsnätets kapacitet för att ta emot malt matavfall från KAK. ■ Lämpliga områden för anslutning av KAK, ■ Lämpliga försöksområden för anslutning av KAK, ■ Delvis olämpliga områden för anslutning av KAK, ■ Olämpliga områden för anslutning av KAK. Copyright © Samhällsbyggnadsförvaltningen Karlskoga kommun

Det är inte önskvärt att några ytterligare problem uppstår på ledningsnätet till följd av att KAK ansluts. Ett positivt karaktärsdrag för de två områdena som anses vara lämpliga för KAK är att rinntiden till reningsverket inte är särskilt lång. Detta anses vara en positiv egenskap då lite nedbrytning kommer att hinna ske under transporten på ledningsnätet under aeroba förhållanden och det är låg risk för att svavelväte bildas under anaeroba förhållanden. Ett annat positivt karaktärsdrag för området Aggerud är att avloppsvattnet transporteras direkt till reningsverket utan att transporteras i tryckvattenledningen från Aggeruds pumpstation. För området södra Sandviken/Stackfallet sker transporten av avloppsvattnet i dykarledning över Möckeln, detta anses dock inte vara ett skäl för att avstå från anslutning av KAK.

En viktig fråga som bör diskuteras är huruvida kapaciteten på de avskärande ledningarna längs Möckelns strand verkligen är för låg, vilket undersökningen av självrensning visade. I samtal med driftpersonal på rörnät, har det framkommit att ledningarna sällan har några problem vilket styrks av undersökningen av driftsstörningar (se sektion 4.4.3). Transporten i de avskärande ledningarna sker med god flödes hastighet och avloppsstopp eller oacceptabelt antal bräddningar förekommer inte på ledningsavsnittet. Detta faktum, pekar snarare mot att de avskärande ledningarna kan klara en anslutning av KAK. Dock varierar flödes hastigheten i ledningen över dygnet vilket skulle kunna peka mot att mängden material som sedimenterar i ledningen varierar.

En annan faktor som inte getts något utrymme i de kriterier som utarbetades är ledningsmaterial vilket kan vara av betydelse för bland annat avsättning av material i ledningen. I PVC ledningar är friktionen lägre än i betongledningar vilket antas ge en bättre transport av det organiska materialet med mindre avsättning och påverkan på ledningarna. Detta syntes tydligt vid filmning av fyra serviseledningar (ledning mellan fastighet och huvudavloppsledning) där KAK var anslutna i Karlskoga. Två av de filmade ledningarna var av PVC medan de andra två var av betong. Avlagring fanns i betongledningarna men var ej större än för ledningar utan KAK medan PVC ledningarna inte hade någon avlagring alls. Detta indikerar att KAK inte bidrar till ökad avlagring i vare sig betong eller PVC ledningar. Ledningsmaterialet torde dock inte ha särskilt stor betydelse för ledningar som är självrensande, vilket var ett av kriterierna för huvudavloppsledning där en anslutning av KAK ska kunna tillåtas.

Andra problem som till viss del förekommer på ledningsnätet men som inte behandlats i analysen är råttor. Råttproblematiken har bedömts bli oförändrad efter ett införande av KAK. Litteratur som behandlar problemet gör gällande att det är oklart huruvida råttor överhuvudtaget attraheras av malt avfall (Stockholm vatten, 2008:a) eller hittar sin föda i avloppsvattnet (Evans, 2007).

Det nämns ibland i litteraturen (Rosenwinkel & Wendler, 2001) att avfallskvarnar endast ska anslutas i duplikatsystem. Detta är nästintill omöjligt att göra i Karlskoga eftersom ledningsnätet till stor del består av kombinerade ledningar. De risker som bedöms vara störst i och med nyttjandet av ett kombinerat system är ökade föroreningsutsläpp vid bräddning. Detta borde dock inte vara ett särskilt stort problem i Karlskoga då bräddningar i dagsläget (2009) sker väldigt sällan. Enligt Nilsson m.fl. (1987) har anslutning av KAK i USA till största delen skett i kombinerade system och ändå fungerat problemfritt. Detta styrker antagandet att Karlskoga ledningsnät kan ansluta KAK trots att kombinerade ledningar förekommer i staden. Problem kan dock uppstå om kraftiga regn med långa återkomsttider förekommer i högre frekvens än vad de beräknats att göra. Frågan är då om KAK ska belastas

för detta eller om bräddningen ska anses vara en normal men oönskad företeelse som bör begränsas (Stockholm Vatten, 2008:a).

Utifrån undersökningen anses att det finns möjlighet att ansluta KAK i utvalda delar av Karlskoga, men anslutningen bör ske för ett område i taget för att kunna säkerställa att inga problem uppstår på ledningarna. Förslagsvis utförs de första försöken i områdena Aggerud och södra Sandviken/Stackfallet som inte är sammanknutna med de avskärande ledningarna vid Möckelns strand. I ett senare skede bör försök med anslutning från områden sammanknutna med de strandnära ledningarna utföras. Och då följdaktligen i områden som anses vara möjliga försöksområden.

5. RENINGSVERK

5.1. GENERELLA FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR RENINGSVERK

Reningsverkets kapacitet att rena avloppsvatten påverkas av vad som tillförs ledningsnätet av abonnenterna. I ledningarna sker sedan en förändring av avloppsvattnet där lättnedbrytbart material bryts ned till vatten och koldioxid eller till organiska syreföreningar beroende av syreförhållandena i ledningen. Det inkommande avloppsvattnet till reningsverket är snarlikt det avloppsvatten som tillförs vid abonnenten även om en del löst och lättnedbrytbart material bryts ned under transporten. (Cedergren, 2007) Tillsats av matavfall ger heller ingen nämnvärd förändring av fördelningen mellan löst och partikulärt material jämfört med fördelningen i det traditionella avloppsvattnet. Detta medför att reningsprocesserna i reningsverket kan utföras som tidigare, dock med en ökad belastning. (Nedland m.fl., 2006)

En allmän beskrivning av traditionellt avloppsvatten gör gällande att innehållet består av bl.a. fraktionerna nedbrytbara organiska ämnen, suspenderad substans, växtnäringsämnen såsom fosfor (P) och kväve (N), oorganiska gifter såsom tungmetaller, organiska föroreningar och flytande ämnen såsom fetter och oljor. De viktigaste parametrar som oftast används vid undersökning av avloppsvattnets sammansättning är BOD (biokemisk syreförbrukning), COD (kemisk syreförbrukning), SS (suspenderat material), TS (torrsbstans), GF (glödförlust), N (kväve) och P (fosfor). (Svenskt Vatten, 2007:a) Även matavfallet innehåller dessa fraktioner varför en sammanblandning av de två avfallstyperna inte förändrar avloppsvattnets innehåll i särskilt stor utsträckning.

Tillsatsen av matavfall i avloppsvattnet ökar halterna av SS, TS och BOD i det blandade avloppsvattnet medan halterna av P och N förblir nästintill oförändrade (Nilsson m.fl. 1987). I försök från Surahammar (Karlberg & Norin, 1999) redogörs för att svårigheter förekommer med att identifiera belastningsökningar till reningsverket efter anslutning av KAK. Detta bedöms vara orsakat av den dygnsvariation i inkommande föroreningshalter som gömmer den nya belastningsökningen inom ramen för variationen mellan dagarna. Anslutningen av KAK resulterade dock i en ökad gallerrensmängd och biogasproduktion vilket bekräftar att matavfallet har nått reningsverket.

När föroreningsbidrag till recipienten undersöks är det viktigt att inte bara titta på utgående koncentration på det reade avloppsvattnet. Något annat som också bör undersökas är hur utgående mängd förorening förändras. Ett vatten med låg koncentration och stort utflöde kan ge ett lika stort mängdutsläpp som ett vatten med hög koncentration och litet utflöde. Detta är viktigt att ta hänsyn till då det undersöks hur stort föroreningsbidrag en nyanslutning av till exempel industri eller KAK utförs. I Karlskoga är detta särskilt viktigt eftersom recipienten

Möckeln tidigare varit övergödd då större mängder orenat avloppsvatten släpptes ut i sjön. Möckeln är fortfarande känslig och det är viktigt att utsläpp från reningsverket inte överstiger Möckelns kapacitet att ta emot näring.

Reningsverk som innan anslutning av KAK har en överkapacitet på mellan 15-20% klarar att ta emot malt matavfall från ca 30% av hushållen i reningsverkets verksamhetsområde vilket skulle motsvara antalet anslutna om försäljningen av KAK släpptes helt fri (Nilsson m.fl., 1987), det vill säga om fri marknad rådde och konsumtion och produktion hade nått jämvikt. Dock påpekar Nilsson m.fl. att det är viktigt att varje specifikt fall undersöks ordentligt eftersom det annars är svårt att veta i vilka reningssteg som konsekvenser kan uppstå.

Matavfall som tillsätts avloppsvattnet är både en resurs och en belastning för reningsverk eftersom det kan bidra till ökad biogasproduktion men som samtidigt måste renas innan det når recipienten.

5.1.1. Mekanisk rening

Beroende av spaltvidden på de mekaniska rensallren avskiljs mer eller mindre organiskt material. Det malda avfallet har en partikelstorlek som varierar mellan ca 3-5 mm. Dock har det även rapporterats om större partikelstorlekar för särskilda typer av matavfall så som till exempel lök (Karlberg & Norin, 1999). Spaltvidden på gallerrens i det första reningssteget i reningsverk varierar mellan ca 3-6 mm. Detta betyder att mängden organiskt material från det tillsatta matavfallet som når det andra reningssteget (försedimenteringen) i reningsverket är starkt beroende av spaltvidden. I anläggningar med stora spaltvidder kommer det mesta av det organiska materialet att nå försedimenteringen medan det i anläggningar med små spaltvidder kommer att fastna i rensallret. (Nedland, 2006) Att mängden rensallret ökade efter ett införande av KAK påvisades i försöken från Surahammar. Ökningen motsvarade en uppfångst av 4 % av det tillförda matavfallet. (Karlberg & Norin, 1999) Det är viktigt att spaltvidden inte är för liten eftersom det är önskvärt att det organiska materialet når försedimenteringen där uttag av slam till rökammaren sker, men detta sker inte direkt från rensallret. En annan möjlighet för att få en stor del organiskt material att passera rensallren är att minska gångtiden mellan rensningarna av gallret och på så vis minska uppfångsten av avfall på gallren. (Karlberg & Norin, 1999) Detta skulle öka mängden inkommande organiskt material till försedimenteringen. Dock gäller inte detta antagande då renstvätt används. Då gallerrenset tvättas återförs rensvattnet till sandfången vilket medför att allt organiskt material som inte ska föras bort återförs till reningsverkets bassänger.

För att göra en grundligare analys av hur malt matavfall påverkar rensallren kan, utöver rensallermängden, även organiskt innehåll och vattenhalt undersökas (Karlberg & Norin, 1999). Dessa parametrar bedöms ha relativt stor dygnsvariation varför det i sådana analyser är viktigt att analysen utförs under lång tid.

Även mängden fast material i sandfången kan ökas efter installation av KAK. Nilsson m.fl. (1987) skriver att studier i USA har visat att mängden fast material i sandfången har ökat med 15 % efter att KAK anslutits. Dock har huvuddelen av tillskottet bestått av metall och glas; det vill säga material som inte är tillåtna att mala i svenska kvarnar. I och med detta är det svårt att avgöra hur mycket materialet i sandfången kommer att öka. Ökningen antas därför vara försumbar. Karlberg & Norin (1999) styrker detta antagande då de i sin studie inte observerat någon ökning i uttagen sandmängd från sandfången. Nedland m.fl. (2006) säger att sandfången kommer att vara opåverkat så länge luftningen är tillräckligt stor för att hålla det partikulära matavfallet i suspension. Luftningsbehovet torde dock inte öka eftersom

partiklarna i matavfallet har så låg sjunkkraft att de inte sedimenterar i detta reningssteg (CIWEM, 2003).

5.1.2. Försedimentering

Försedimenteringen är det reningssteg i reningsverkets vattenfas som påverkas mest av en ökad belastning i form av partikulärt material. Detta syns bland annat på att halterna av SS och BOD ökar i inkommande avloppsvatten (Nilsson m.fl., 1987). Även mängden fett som inkommer till reningsverket ökar (Nedland m.fl., 2006). Fettet kan bilda flytslam i försedimenteringen varför det kan vara fördelaktigt att använda flytslamavdrag i försedimenteringsbassängen. Detta är dock redan standard i de flesta svenska reningsverk, som till exempel i Aggeruds reningsverk. (Nilsson m.fl., 1987) En ökad mängd flytslam kan medföra att spolningsfrekvensen av försedimenteringsbassängen måste öka (Nedland m.fl., 2006).

Nilsson m.fl. (1987) redovisar ett flertal olika referensdata för hur viktiga driftparametrar förändras efter anslutning av KAK. Det är dock oklart för vilken anslutningsgrad ökningarna gäller. Det kan dock fastställas att avskiljningen av både SS och BOD kommer att öka efter anslutning av KAK. Även produktionen av slam kommer att öka. Bassängvolymen behöver dock inte ökas om slamuttagen sker med en högre frekvens.

I försöken i Staffanstorp (Nilsson m.fl., 1990) utfördes sedimenteringsförsök för det blandade avloppsvattnet. Resultaten visade att sedimentationen för en stor del av partiklarna skedde väldigt snabbt men att de sista 15 % av SS krävde längre tid för att sedimentera. Slutsatsen efter försöket var att avloppsvattenblandningen hade goda sjunkegenskaper särskilt eftersom en stor del av sedimenteringen var flockulent vilket betyder att partiklar som sedimenterar fäster på andra partiklar vilket förbättrar partiklarnas sedimenteringsegenskaper. Nilsson m.fl. (1990) bedömde även att den totala avskiljningen av slam i försedimenteringen skulle uppgå till 80 % för det blandade avloppsvattnet vilket betyder att 75 % av partiklarna i det traditionella avloppsvattnet och 90 % av partiklarna från matavfallet avskiljs.

5.1.3. Biologisk rening

Som tidigare nämnts ökar mängden organiskt material som inkommer till reningsverket. I reningsverk med biologisk kväve- och/eller fosforrening kan det tillförda organiska materialet vara en effektiv kolkälla i den biologiska reningen. I vissa fall kan den till och med helt ersätta den externa kolkälla som tillsätts då halten organiskt material är för låg i inkommande avloppsvattnet. Dock får inte halten av organiskt material bli för hög eftersom det då istället kan hämma den biologiska nedbrytningen. (Cedergren, 2007)

I vanlig aktivslamprocess renas avloppsvattnet från BOD genom mikrobiell aktivitet. För att tillväxa behöver mikroberna, förutom organiskt material, även tillgång till andra ämnen så som kväve (N) och fosfor (P). För att den biologiska reningen ska utföras effektivt bör förhållandet mellan P, N och BOD₇ vara ca 1-2g P per 100g BOD₇ och ca 5g N per 100g BOD₇ som ska avskiljas (Svenskt Vatten, 2007:b). Det är viktigt att detta förhållande uppfylls för att mikroberna ska kunna utföra reningen maximalt.

Efter anslutningen av KAK i Surahammar bedömdes att det biologiska reningssteget inte förändrades nämnvärt. Luftningsbehovet av den biologiska bassängen var oförändrat efter anslutning av KAK. Detta tros bero på att det mesta av det organiska materialet sedimenterar i försedimenteringsbassängen. (Karlberg & Norin, 1999) Det har angetts i tidigare litteratur (Nilsson m.fl., 1987) att luftningsvolymen kan behöva ökas med ca 5 % när mängden

organiskt material ökar efter anslutning av KAK. Även produktionen av sekundärslam kan öka efter anslutning av KAK.

Enligt Nilsson m.fl. (1990) kan det biologiska reningsstegets bassängvolym behöva ökas till följd av den ökade belastningen. Dock är det oklart hur mycket bassängvolymen måste ökas eftersom det tillsatta organiska materialet är lättnedbrytbart vilket kan minska uppehållstiden i bassängen. Något annat som kan behöva förändras är recirkulationen av returslam eftersom en ökad mängd föroreningar kommer att nå det biologiska reningssteget. Mer organiskt material inkommer till reningsverket, vilket medför att sedimenteringen i försedimenteringsbassängerna ökar. Trots detta innehåller vattnet som förs vidare till det biologiska reningssteget troligen en högre halt suspenderat material än innan KAK anslöts.

5.1.4. Kemisk rening

Kemisk rening används till största delen för att rena fosfor från avloppsvattnet. Det är inte troligt att fosforhalten i utgående vatten från reningsverket kommer att öka nämnvärt till följd av en anslutning av KAK. Detta beror på att KAK endast ger en liten ökning av mängden P i inkommande vatten. En annan anledning är att inga större förändringar kommer att ske för förhållandet mellan löst och partikulärt material till följd av tillsatsen från KAK. (Nedland m.fl., 2006) Detta faktum bevarar de förutsättningar som råder för reningen av fosfor. Under försöken i Staffanstorps undersöktes hur KAK påverkade den kemiska fällningen av fosfor. Försöken visade att KAK inte påverkar de fällningsförhållanden som rådde i reningsanläggningen i särskilt stor utsträckning. (Nilsson m.fl., 1990)

Svenskt Vatten (2007:b) anger att den kemiska reningen kan rena 80-95 % av inkommande fosfor. Vilken reningsgrad som uppnås styrs bland annat av vilken fällningskemikalie som används och i vilket reningssteg den tillsätts. Den kemiska reningen avskiljer inte endast P utan avskiljning av BOD är även det viktigt för att minska belastningen på efterföljande reningssteg. Detta sker genom att SS fäster på de bildade kemflockarna och sedan sedimenterar ut. Stockholm Vatten (u.å.) anger att förfällning kan öka avskiljningen i försedimenteringssteget till mer än 80 % av SS och mer än 60 % P_{tot} . I ett försedimenteringssteg utan förfällning avskiljs normalt 50-70 % av inkommande SS och 10-15 % av N och P. Denna avskiljning medför att 30 % BOD sedimenterar i detta steg.

Ingen av den genomgångna litteraturen har specificerat hur mycket tillsatsen av fällningskemikalie kommer att påverkas. Nedland m.fl. (2006) anger att faktorer som pH, alkalinitet och fosforhalt på inkommande vatten är det som styr hur mycket fällningskemikalier som måste tillsättas. I försöken som Nedland m.fl. utförde varierade den tillsatta mängden fällningskemikalie kraftigt både före och efter att KAK installerades. I och med detta var det inte möjligt att se någon tydlig trend i hur kemikalieförbrukningen hade förändrats.

5.2. ALLMÄN BESKRIVNING AV AGGERUDS RENINGSVERK

Karlskoga avloppsreningsverk renar avloppsvattnet genom mekanisk, biologisk och kemisk rening (figur 5). Det inkommande vattnet renas som första steg i två rengaller med spaltvidd 4 mm där grova material sorteras ut. Materialet som omhändertags av rengallren tvättas och pressas. Vattnet förs sedan till reningsverkets sandfångsbassänger där även fällningskemikalien PIX 118 ($FeCl_3$) tillsätts. I efterföljande steg sker försedimentering. Därefter sker biologisk rening i ett aktivt slamsteg där den mesta reningen av biologiskt syreförbrukande ämnen (BOD) samt N sker. Innan det sista steget i reningen kan ytterligare

fällningskemikalier tillsätts om behov finns att ytterligare reducera P. Därefter sker slutsedimentering och vattnet släpps sedan ut i recipienten (Möckeln). I dagsläget (2009) har reningsverket endast krav på att rena BOD och P.

Under 2007 byggdes en Actifloanläggning vid pumpstationen i Aggerud. Actifloanläggningen byggdes för att motverka höga föroreningsutsläpp till Möckeln vid bräddning vid pumpstationen. Anläggningen har varit i drift sedan 2008 och Actifloeringen påbörjas när pumparna inte klarar av att transportera allt vatten till reningsverket.

5.2.1. Dimensionering och anslutning

Aggeruds reningsverk i Karlskoga är dimensionerat för att klara en anslutning av 36 000 pe vilket motsvarar ett inflöde av 1200 m³/h och en BOD₇ mängd på 3 375 kg/d. Under 2007 var ca 30 500 pe anslutna till reningsverket vilket medför att reningsverket har en överkapacitet på 15 %.

5.2.2. Nuvarande flöde, belastning och reningsgrad

Aggeruds reningsverk tar emot ca 7-8 000 000 m³ avloppsvatten per år (tabell 4). Vattenförbrukningen i kommunen varierar men ligger generellt sett runt ca 6-7 000 000 m³ per år. Skillnaden mellan mottagen och producerad vattenmängd förklaras av inläckage i ledningarna samt tillskott av vatten från regn i de kombinerade ledningarna.

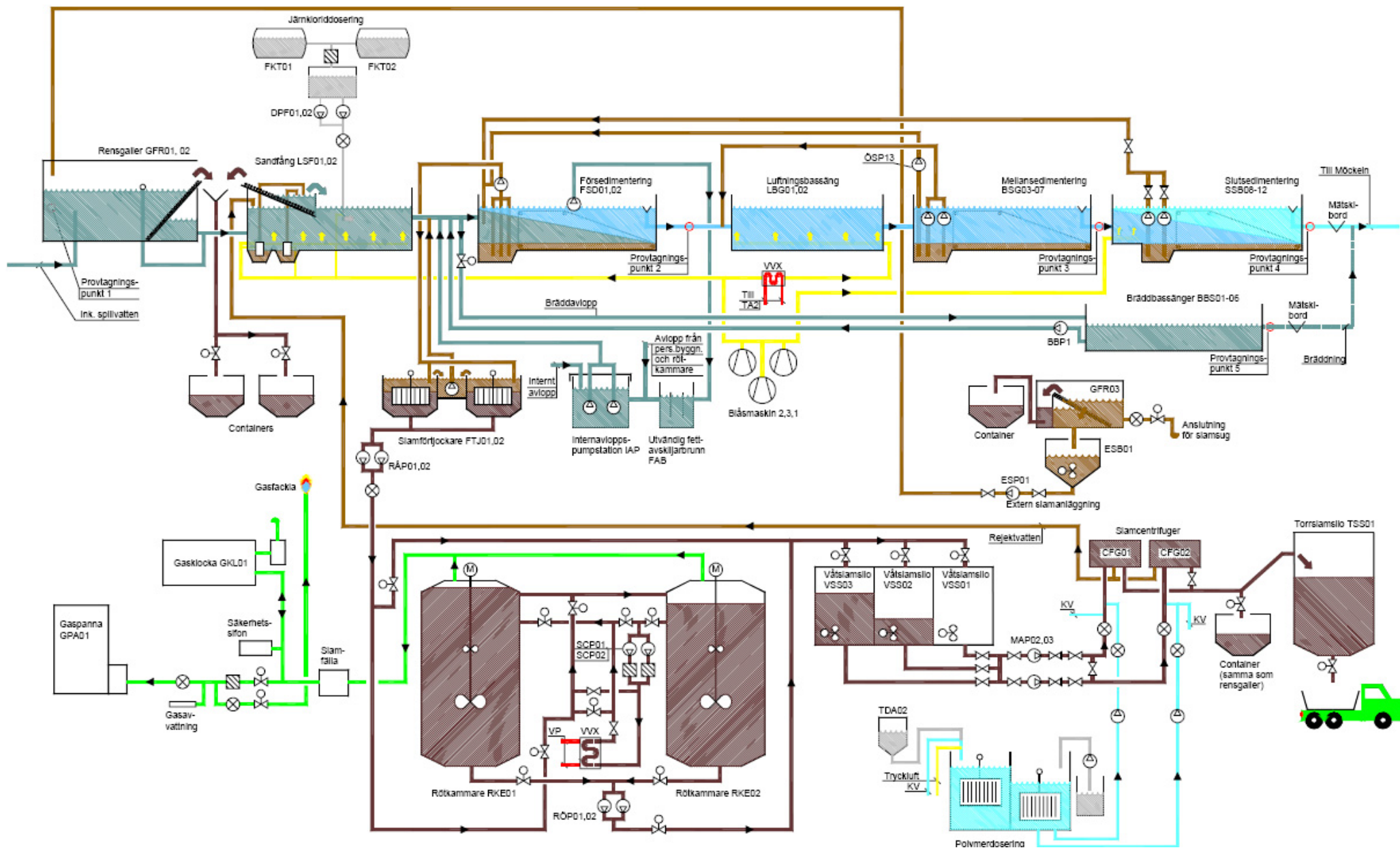
Tabell 4. Nyckeltal för Karlskoga Miljö AB för produktion och renad vattenmängd. Uppgifter från Karlskoga Energi och Miljö ABs årsredovisning 2008:a.

	Enhet	2008	2007	2006	2005	2004
Producerad vattenmängd	tusen m ³	6 085	6 880	6 670	6470	5 800
Mottagen avloppsmängd	tusen m ³	8 065	7 300	7 850	6 930	6 600
Förbrukning/invånare	tusen m ³	154	174	162	157	159

I dagsläget (2009) finns endast krav på rening av fosfor (P) och biologiskt syreförbrukande ämnen (BOD₇) vid Aggeruds reningsverk. För BOD₇ skall årsmedelvärdet 10 mg/l uppfyllas och för fosfor ska månadsmedelvärdet 0,3 mg/l uppfyllas. För BOD₇ finns även ett månatligt riktvärde på 8 mg/l som reningsverket avser att klara. Halterna av de förorenande ämnen som inkommer till reningsverket varierar över året. Inkommande halter av BOD₇ är ca 116 mg/l (tabell 5) vilket motsvarar en genomsnittlig belastning på ca 2563 kg BOD₇ per dag. För P_{tot} motsvarar den inkommande halten 3,0 mg/l en total dygnsbelastning på ca 66 kg P_{tot}. Reningen i reningsverket är välfungerande och SS och BOD₇ renas till 96 % medan inkommande P renas till 92 %. Dagliga mängder av BOD₇ och P_{tot} som når recipienten med utgående vatten är 102 kg respektive 5,28 kg. Gränsvärdena för både BOD₇ och P nås efter reningen av avloppsvattnet.

Tabell 5. Nuvarande belastning och rening till Aggeruds reningsverk baserat på månadsmedelkoncentrationer för åren 2007-2009. Mätningar utförda av Christina Petterson, Karlskoga Miljö.

Parameter	Enhet	Värde	% rening
Ink SS	mg/l	157	
Utg SS	mg/l	6,7	96
Ink BOD7	mg/l	116	
Utg BOD7	mg/l	5,0	96
Ink Ptot	mg/l	3,0	
Utg Ptot	mg/l	0,25	92



Figur 5. Översiktbild av Aggerudsreningsverk. Bilden hämtad från Bionova, 2000, Översikt Karlskoga avloppsreningsverk

5.3 KAKs PÅVERKAN PÅ AGGERUDS RENINGSVERK

5.3.1. Flödesförändringar

Det inkommande flödet av avloppsvatten till reningsverket bedöms inte öka i särskilt stor utsträckning. Vid ett malningstillfälle används mellan 3-6 liter extra vatten som tillförs avloppsledningsnätet. KAK används enligt Nilsson m.fl. (1990) ca 2,4 gånger per dag vilket motsvarar en vattenförbrukning mellan 7,2-14,4 liter per KAK och dag. Om 10 % av Karlskogas befolkning installerar och använder KAK i samma utsträckning som i Staffanstorp (2,4 ggr per dag) motsvarar det en maximal ökning av inkommande vattenvolym med 43 m³ (0,19 % av dagens (2009) inkommande volym vilket är en försumbar volymökning). Om 35 % av invånarna i Karlskoga använder KAK ökar inkommande vattenvolym med maximalt 75 m³ per dag vilket motsvarar en ökning av 0,33 % jämfört med dagens nivå (2009).

Den beräknade volymökningen antas vara rimlig då undersökningarna från Surahammar inte visade någon ökning av inkommande vattenmängd till reningsverket. Dock utfördes restaureringsarbete av ledningsnätet i samband med att KAK installerades vilket tros ha minskat inläckaget till avloppsnätet och därmed påverkat resultatet (Karlberg & Norin, 1999). Fenomenet bekräftas dock av Battistoni m.fl. (2006) som inte heller kunde observera några flödesförändringar vid reningsverket efter anslutning av KAK. Att inkommande vattenmängd inte ökar kan även förklaras av att vatten som i dagsläget används för disk och rengöring av diskhon kommer att användas under malning med kvarnen (Cassirer m.fl., 2008).

5.3.2. Belastningsförändringar

Genom att tillsätta matavfall i avloppsvattnet kommer belastningen till reningsverket att förändras. Ett flertal studier (Stockholm Vatten, 2009, Jönsson m.fl., 2005, Kärrman m.fl., 2001 och Karlberg & Norin, 1999) har undersökt matavfallets sammansättning och produktion av hushållen. Undersökningarna visar att en person producerar ca 144 g matavfall dagligen som motsvarar ca 47 g TS (tabell 6). De främsta parametrar som ökar efter att avfallskvarnar ansluts är TS, VS, COD, BOD₇, N, P och K (kalium). Inkommande mängd tungmetaller och andra miljögifter kommer i stort sett att vara oförändrad efter att KAK ansluts. Om inkommande flöde ökar kan koncentrationerna av dessa gifter minska. I sådant fall är det viktigt att komma ihåg att det fortfarande är samma mängd som når recipienten även om halterna är lägre i vattnet.

Tabell 6. Producerad matavfallsmängd som är direkt malbar i avfallskvarnen (67 % av det totala matavfallet) och dess fraktioner.

Parameter	Enhet	Medel	Stockholm Vatten, 2008:a	Jönsson m.fl., 2005	Kärroman m.fl., 2001	Karlberg & Norin, 1999
våtvikt	g/pe,d	143,92	147,59	147,40	140,70	140,00
TS	g/pe,d	47,12	45,89	45,69	48,91	48,00
VS	g/pe,d	37,80	38,55	38,86	-	36,00
FS = (TS-VS)	g/pe,d	8,73	7,34	6,83	-	12,00
COD _{tot}	g/pe,d	- ¹	62,41	-	-	-
COD _{part}	g/pe,d	- ¹	62,41	-	-	-
BOD ₇	g/pe,d	21,26	22,03	-	16,75	25,00
N _{tot}	g/pe,d	1,00	1,10	1,05	0,87	1,00
P _{tot}	g/pe,d	0,18	0,19	0,18	0,17	0,20
K	mg/pe,d	460,19	-	420,38	-	500,00
Cd	mg/pe,d	0,01	-	0,01	0,01	0,02
Pb	mg/pe,d	0,31	-	0,17	0,44	4,80 ²
Cu	mg/pe,d	2,30	-	0,73	1,47	4,70
Hg	mg/pe,d	0,00	-	0,00	0,00	0,01
Zn	mg/pe,d	2,80	-	2,06	3,55	24,00 ²
Cr	mg/pe,d	0,39	-	0,34	0,44	5,50 ²
Ni	mg/pe,d	0,24	-	0,17	0,31	1,70 ²

¹ Inget medelvärde beräknas eftersom det endast baseras på ett uppmätt värde.

² Mängden av tungmetallen anses vara orimligt hög i jämförelse med de andra två mängderna. Därför baseras medelmängden endast på de två värdena från undersökningarna av Jönsson m.fl. 2005 och Kärroman m.fl. 2001.

För att uppskatta belastningsökningarna till Aggeruds reningsverk har matavfallets sammansättning beskrivits som de olika fraktionernas procent av det våta matavfallet (tabell 7). Detta beräknades för de fyra rapporterna Stockholm Vatten, (2008:a), Jönsson m.fl., (2005), Kärroman m.fl., (2001) och Karlberg & Norin, (1999). Utifrån matavfallets sammansättning uttryckt i procent kan sedan mängden av respektive fraktion i det genererade blöta matavfallet i Karlskoga beräknas.

Tabell 7. Procentuella fraktioner av det direkt malbara avfallet (67 % av det totala matavfallet).

Parameter	Enhet	Medel	Stockholm Vatten, 2008:a	Jönsson m.fl., 2005	Kärroman m.fl., 2001	Karlberg & Norin, 1999
TS	% ww	32,79	31,09	31,00	34,76	34,29
VS	% ww	26,07	26,12	26,36	-	25,71
FS = (TS-VS)	% ww	6,06	4,97	4,64	-	8,57
COD _{tot}	% ww	- ¹	42,29	-	-	-
COD _{part}	% ww	- ¹	42,29	-	-	-
BOD ₇	% ww	14,90	14,92	-	11,90	17,86
N _{tot}	% ww	0,70	0,74	0,71	0,62	0,71
P _{tot}	% ww	0,13	0,13	0,12	0,12	0,14
Kalium	% ww	0,32	-	0,29		0,36
Cd	ppm ww	0,08	-	0,04	0,04	0,14
Pb	ppm ww	2,16	-	1,18	3,14	34,29 ²
Cu	ppm ww	16,34	-	4,96	10,48	33,57
Hg	ppm ww	0,02	-	0,01	0,00	0,05
Zn	ppm ww	19,59	-	13,95	25,24	171,43 ²
Cr	ppm ww	2,73	-	2,33	3,14	39,29 ²
Ni	ppm ww	1,68	-	1,18	2,19	12,14 ²

¹ Inget medelvärde beräknas eftersom det endast baseras på ett uppmätt värde.

² Värdet anses vara orimligt högt. Medelvärdet baseras på resterande två värden från undersökningarna av Jönsson m.fl 2005 och Kärroman m.fl. 2001.

Utifrån tabell 7 har belastningsökningen till Aggeruds reningsverk beräknats för en personekvivalent (tabell 8). Mängden blött matavfall baseras på antagandet att endast den direkt malbara fraktionen (67 %) av genererat matavfall mals i KAK. Belastningsökningarna som visas i tabell 8 är något högre än i de tidigare studier som gjorts (Stockholm Vatten, 2008:a, Kärroman m.fl. 2005, Karlberg & Norin 1999). De anses ändå vara korrekta för Karlskoga då de är baserade på lokalt genererade avfallsmängder för hushållsavfall. Det är värt att notera att de beräknade belastningsökningarna avser maximal belastningsökning. TS-halten i matavfall beror av vilken typ av matavfall det är. Det är rimligt att anta att det matavfall som mals har en lägre TS-halt än det matavfall som slängs i soporna (t.ex. kärnor och ben). Detta medför att det förmodligen, sett ur TS-synpunkt, är en lägre andel än 67 % av matavfallet som mals ned i en KAK.

Tabell 8. Belastningsökningar för 1 personekvivalent , 10 % och 35 % av befolkningen i Karlskoga vid Aggeruds reningsverk efter anslutning av KAK där 67 % av matavfallet mals.

Parameter	Enhet	1 pe	10% KAK	35 % KAK
våtvikt	g/d	198	592163	2072668
TS	g/d	65	194173	679640
VS	g/d	52	154379	540354
FS = (TS-VS)	g/d	13	39794	139286
COD _{tot}	g/d	84	250430	876546
COD _{part}	g/d	84	250430	876546
BOD ₇	g/d	30	88234	308833
N _{tot}	g/d	1,39	4145	14509
P _{tot}	g/d	0,26	770	2695
Kalium	mg/d	634	1894953	6632652
Cd	mg/d	0,01	24	83
Pb	mg/d	0,43	1279	4477
Cu	mg/d	3,24	9676	33868
Hg	mg/d	0,004	12	41
Zn	mg/d	3,90	11651	40780
Cr	mg/d	0,54	1620	5669
Ni	mg/d	0,33	998	3493

För att bedöma hur stor påverkan en anslutning av KAK har på reningsverket kan belastningsökningen i tabell 8 omvandlas till att motsvara personekvivalenter. Tabell 9 beskriver generella data för vilka föroreningsmängder en personekvivalent genererar. Om beräkningen baseras på den lägsta belastningen fås det maximala antalet personekvivalenter som anslutningen av KAK motsvarar. Om 10 % av Karlskogas befolkning använder KAK motsvarar det en anslutning av 1471 personer med avseende på BOD₇, 452 personer med avseende på P och 415 personer med avseende på N. Om istället 35 % av Karlskogas befolkning använder KAK motsvarar det en anslutning av 5147 personer med avseende på BOD₇, 1585 personer med avseende på P och 1450 personer med avseende på N. Vad gäller tungmetaller är KAKs bidrag till avloppsvattnet försumbart. Aggeruds reningsverk klarar båda belastningsökningarna eftersom Aggeruds reningsverk i dagsläget (2009) har en överkapacitet på 5500 personekvivalenter. En anslutning av 35 % av befolkningen är dock väldigt nära den maximala belastningen som reningsverket klarar. Om den maximala anslutningsgraden överstigs då KAK ansluts måste Aggeruds reningsverk söka nytt tillstånd för att bedriva verksamheten.

Tabell 9. Föroreningsbelastning för en personekvivalent. Hämtat från Svenskt Vatten, 2007:a

Parameter	g/p,d
SS	70-90
BOD ₇	60-90
P	1,7-2,7
N	10-14

Belastningsökningarna av kväve och fosfor är mycket lägre än belastningsökningarna av BOD₇ vilket medför att det är försedimenteringen, den biologiska reningen och slamhanteringen som kommer att förändras mest. Även den mekaniska reningen kommer att påverkas eftersom en ytterligare mängd material tillförs reningsverket.

5.3.3. Påverkan på mekanisk rening

Tillsatsen av matavfall i avloppsvattnet ökar mängden fast material som inkommer till reningsverket. Resultat från försöken i Surahammar visade att gallerrensmängden ökade med ca 77 % vilket motsvarade att 4 % av matavfallet fastnade i gallren (Karlberg & Norin, 1999). Det är rimligt att anta att mängden rengallermaterial kommer att öka i likhet med detta eftersom rengallerens spaltvidd i Surahammar var 3 mm vilket är väldigt nära den spaltvidd som används i Aggeruds reningsverk (4 mm). I dagsläget (2009) är det planerat för att byta ut de rengaller som används idag och då använda en mindre spaltbredd för att kunna få en finare avskiljningsgrad. Baserat på antagandet att massan på det tillförda matavfallet är oförändrad efter transporten till reningsverket kommer gallerrensmängden öka med ca 8 g per KAK och dag. Om 10 % av Karlskogas befolkning installerar KAK motsvarar det en daglig ökning av rengallermängden med 24 kg och en årlig rengallerökning med 8,8 ton innan tvättning och pressning. Om 35 % av Karlskogas befolkning installerar KAK motsvarar det en daglig ökning av rengallermängden med 83 kg och en årlig rengallerökning med 30 ton. Trots en relativt stor ökning av uppfångat rens kommer det mesta av det organiska materialet att komma till försedimenteringen eftersom rensat tvättas och vattnet återförs till reningsverkets bassänger.

Som tidigare nämnts är det troligt att mängden sand som fångas upp i sandfånget kommer att vara oförändrad efter anslutning av KAK. Dock finns det en liten risk att glas och metall oavsiktligt mals i kvarnarna och i sådana fall sedimenterar i sandfånget. Om glas och metall finns i uttagen sand kan detta försvåra hanteringen och användningen av sanden. Sand innehållande glas skulle till exempel kunna användas för täckning av deponier och återställning av gruvschakt men inte användas för sandning av vägar under vintern.

5.3.4. Påverkan på kemisk fällning, försedimentering och biologisk rening

I Aggeruds reningsverk används kemisk förfällning för att rena avloppsvattnet från fosfor och till viss del BOD. Detta anses vara goda förutsättningar om KAK ansluts eftersom det möjliggör maximal avskiljning av BOD i försedimenteringen. Karlberg & Norin (1999) tydliggör detta genom att förklara att ett användande av kemisk fällning innan den biologiska reningen kan ge en effektivare avskiljning av BOD eftersom flockningsvillkoren förbättras vilket även kan få positiva energi/ekonomiska effekter på den biologiska reningen genom att minska luftningsbehovet. Att mycket BOD tas ut från försedimenteringen kan även ge positiva effekter ur biogasproduktionssynpunkt.

I Aggeruds reningsverk når inte reningen i den kemiska förfällningen och försedimenteringen de potentiella nivåer som angetts av Stockholm Vatten (u.å.) som möjliga för ett sådant reningssteg (80 % rening av SS och 60 % rening av P). Istället sker reningen i förfällningen/førsedimenteringen vid Aggeruds reningsverk i samma nivå som vid en anläggning där ingen fällningskemikalie tillsätts (50-70 % rening av SS och 10-15 % rening av P). Istället renas en större del av inkommande BOD och P i den biologiska reningen vid Aggeruds reningsverk. Den procentuella reningen i Aggeruds reningsverk för varje reningssteg är beskriven i tabell 10. Eftersom Aggeruds reningsverk inte har några krav på att rena kväve har inte koncentrationen av kväve i de olika reningsstegen mätts kontinuerligt. Inkommande och utgående koncentrationer av kväve mäts och de visar att 25 % av kvävet renas i anläggningen.

Tabell 10. Rening av avloppsvattnet i de olika reningsstegen för Aggeruds reningsverk. Reningsgraden är baserad på uppmätta koncentrationer i avloppsvattnet mellan de olika reningsstegen under 2009.

	Förfällning/ Försedimentering	Biologisk rening	Mellan/Slutsedimentering
	[%]	[%]	[%]
SS	50	83	35
BOD ₇	57	83	21
COD	47	69	13
P _{tot}	37	82	23

Baserat på antagandet att reningsgraden i reningsverket även i fortsättningen kommer att vara densamma har reningen i varje steg beräknats. För kväve baseras beräkningen på de teoretiska reningsgraderna som innebär att 15 % av kvävet renas i försedimenteringen. Reningen av kväve antas inte påverkas av den kemiska förfällningen, även om en viss del av kvävet fäster till flockarna i praktiken. I den biologiska reningen antas kväve renas enligt normal N-BOD₇-balans. Reningen i mellan- och slutsedimenteringen antas ske med en sådan reningsgrad att den totala kvävereningen är 25 % vilket bevarar de nuvarande förhållandena.

Om matavfall tillsätts avloppsvattnet nås gällande gränsvärden för både BOD och P (tabell 11). De föroreningsbelastningar som påverkas mest av matavfallet är SS, BOD och COD som ökar i halter. Inkommande mängd P påverkas inte nämnvärt av vare sig en 10 % eller 35 % anslutningsgrad. Inkommande N påverkas i större utsträckning än P men varken en 10 % eller 35 % anslutningsgrad torde få några betydande effekter för reningsverket. Utgående halter av N är dock högre än det gränsvärde på 15 mg N/l som skulle ha nåtts om reningsverket hade haft krav på kväverening.

Eftersom SS är en av de föroreningar som ökar efter att KAK anslutits kommer sedimentationen i den kemiska förfällningen och försedimenteringen öka. Då 10 % KAK ansluts ökar sedimenteringen i det första reningssteget med 16 %. Om anslutningsgraden är 35 % KAK ökar sedimenteringen i det första reningssteget med 57 %. Den totala slamproduktionen i reningsverket kommer att öka från 3277 kg SS/d till 3815 kg SS/d och 5156 kg SS/d för en 10 % respektive 35 % anslutningsgrad vilket motsvarar en 16 % respektive 57 % total slamökning. Detta medför att uttaget av slam från försedimenteringsbassängen kommer att behöva ske oftare än vad som sker idag. En utförligare diskussion om slam och slamhantering görs i kapitel 7.

Tabell 11. Avskiljning för de olika driftparametrarna i de olika reningsstegen. Avskiljningen är beräknad med dagens (2009) reningsgrad i Aggeruds reningsverk.

	Inkommande [kg/d]	Förfällning/ Försedimentering [kg/d]	Biologisk rening [kg/d]	Mellan/Slut- sedimentering [kg/d]	Utgående [kg/d]	Utgående [mg/l]
Traditionellt avloppsvatten						
SS	3469	1734	1440	103	192	9
BOD ₇	2563	1461	915	39	148	7
COD	5480	2575	2004	117	783	35
P _{tot}	66	25	34	2	6	0,26
N _{tot}	530	80	46	7	398	18,0
Med 10% KAK						
SS	4037	2019	1676	120	223	10
BOD ₇	2651	1511	946	41	153	7
COD	5730	2693	2095	122	819	37
P _{tot}	67	25	35	2	6	0,27
N _{tot}	534	80	47	6	401	18,1
Med 35% KAK						
SS	5458	2729	2265	162	302	14
BOD ₇	2871	1636	1025	44	166	8
COD	6357	2988	2325	136	909	41
P _{tot}	69	26	36	2	6	0,27
N _{tot}	545	82	51	3	409	18,5

I det kemiska förfällningssteget tillsätts fällningskemikalien järnklorid (FeCl₃) och i det kemiska efterfällningssteget används polyaluminiumklorid (Al₂Cl₃). Den genomsnittliga förbrukningen av fällningskemikalie i Aggeruds reningsverk är ca 1559 kg/d (sammanlagt för både för- och efterfällning), dock används kemisk efterfällning inte särskilt ofta eftersom de föreliggande reningsstegen renar P i tillräcklig grad. Detta motsvarar en tillsatts av ca 24 kg fällningskemikalier per kg P som inkommer till reningsverket. Med en ökad P_{tot} halt i inkommande vatten ökar användandet av fällningskemikalier. Om 10 % av invånarna i Karlskoga använder KAK ökar kemikalieförbrukningen med 24 kg/d vilket är en ökning med 1,5 %. Om anslutningsgraden är 35 % ökar kemikalieförbrukningen med 72 kg fällningskemikalie per dag vilket motsvarar en ökning med 4,6 %. Eftersom ökningen av fosfor är liten efter anslutning av KAK påverkas inte heller kemikalieförbrukningen i särskilt stor utsträckning.

5.3.5. Kväveproblematik vid Aggeruds reningsverk

I dagsläget (2009) finns inga krav på kväverening vid Aggeruds reningsverk. Krav kan dock komma att läggas på anläggningen i framtiden som då måste klara en rening av N som ger en utgående halt av N på 15 mg/l. Som tabell 11 visar klarar reningsverket inte dessa krav i dagsläget (2009) när KAK inte är anslutet. En anslutning av KAK bidrar snarare till ökade utsläpp av N om inga förändringar av driften i reningsverket görs för att förbättra kvävereningen. En sådan förändring skulle till exempel kunna vara att anpassa reningsverket för biologisk kväverening. En annan lösning, som skulle möjliggöra att använda det befintliga reningsverket, är att minska mängden inkommande kväve vilket bland annat kan göras genom utsläppskontroll. Detta är ett arbete som påbörjades av Karlskoga Miljö under 2008 med syfte att minska inkommande föroreningshalter genom att rena lakvatten vid avfallsdeponi på

Mosserudstippen istället för att rena lakvattnet vid reningsverket. Om lakvatten inte tillförs Aggeruds reningsverk bedöms reningsverket kunna klara gränsvärdena för kväve. Ett annat alternativ som även det minskar mängden inkommande kväve till reningsverket skulle vara att införa urinsortering vid en större skola. Detta är dock inget som det planeras för att införa i Karlskoga i dagsläget.

För att undvika ökade kostnader vid reningsverket om det i framtiden blir krav på kväverening och om lakvatten inte renas på reningsverket, är det viktigt att göra en bedömning av om reningsverket tros klara kraven på kväverening även om KAK ansluts. För att undersöka detta har beräkningar gjorts för reningsverket då lakvattnet är borttaget ur beräkningarna men KAK tillsatt. Belastningar till reningsverket från lakvattnet visas i tabell 12. Genom att rena lakvatten lokalt minskar även inkommande halter av tungmetaller till reningsverket.

Tabell 12. Dygnsbelastning från lakvatten, hämtat från Karlskoga Miljö, 2008:c

Parameter	[kg/d]
BOD7	4
COD	186
N	147
P	0,06

Om Karlskoga Miljö använder sig av lokalt omhändertagande/rening av lakvatten kan framtida krav på kväverening uppnås (tabell 13). Kväve är den enda, av de undersökta, föroreningarna för vilken utgående koncentrationer förbättras. Det är värt att notera att avskiljningen av N i den biologiska reningen förblir oförändrad efter att lakvattnet tagits bort från processen. Detta beror på att mikroberna fortfarande kräver samma mängd N per BOD som ska renas. Om de framtida reningskraven för kväve är 15 mg/l kan de nås om både 10 % och 35 % av invånarna i Karlskoga använder KAK. Dock kan en anslutning av KAK vara förenad med ökade risker att inte nå upp till gränsvärdena om belastningen från matavfallet är särskilt hög. Detta skulle kunna vara fallet i samband med storhelger då mycket mat lagas och avloppet därmed tillförs mer material i form av rester och tillagningsavfall.

Tabell 13. Avskiljning för de olika driftparametrarna i de olika reningsstegen då lakvatten inte tillförs anläggningen. Avskiljningen är beräknad med dagens (2009) reningsgrad i Aggeruds reningsverk.

	Inkommande [kg/d]	Förfällning/ Försedimentering [kg/d]	Biologisk rening [kg/d]	Mellan/Slut- sedimentering [kg/d]	Utgående [kg/d]	Utgående [mg/l]
Traditionellt avloppsvatten						
SS	3469	1734	1440	103	192	9
BOD7	2559	1459	913	39	148	7
COD	5294	2488	1936	113	757	34
Ptot	66	25	34	2	6	0,262
Ntot	383	57	46	0	280	12,7
Med 10% KAK						
SS	4037	2019	1676	120	223	10
BOD7	2647	1509	945	41	153	7
COD	5544	2605	2027	118	792	36
Ptot	67	25	35	2	6	0,265
Ntot	387	58	47	0	282	12,8
Med 35% KAK						
SS	5458	2729	2265	162	302	14
BOD7	2867	1634	1023	44	166	7
COD	6171	2900	2257	132	882	40
Ptot	69	26	36	2	6	0,272
Ntot	398	60	51	0	287	13,0

5.4. SAMMANFATTNING OCH SLUTSATSER OM RENINGSVERKETS KAPACITET

Sjön Möckeln är recipient av det renade vattnet från Aggeruds reningsverk och påverkas därför av förändringar i föroreningsmängd hos utgående vatten. Eftersom Aggeruds reningsverk är dimensionerat för en högre anslutning än idag, och även bedömts klara av både en anslutning av KAK för 10 % och 35 % av befolkningen i Karlskoga, antas att samma reningsgrad som i dag kan uppnås. I och med detta har det antagits att den procentuella reningen i varje reningssteg är oförändrad efter att KAK ansluts. Mängden förorening som når Möckeln förändras dock eftersom en likvärdig reningsgrad som idag medför att ökade mängder släpps ut eftersom en ökad mängd inkommer (tabell 14).

Tabell 14. Mängd och procentuell ökning av föroreningar till Möckeln för traditionellt avloppsvatten och avloppsvatten då KAK används.

	Traditionellt avloppsvatten [kg/år]	10% KAK [kg/år]	35 % KAK [kg/år]	% ökning 10 % KAK	% ökning 35 % KAK
BOD7	54024	55884	60517	3,4	10,7
Ptot	2113	2137	2199	1,2	4,1
Ntot	145164	146300	149134	0,8	2,7

Om Aggeruds reningsverk även i fortsättningen renar avloppsvattnet med samma reningsgrad som idag bedöms reningsverket klara en anslutning av både 10 % och 35 % av befolkningen i Karlskoga. Då anslutningsgraden är 35 % utnyttjas dock reningsverket maximalt och blir därmed känsligare för störningar. För båda anslutningsgraderna uppnås dock en sådan rening att gränsvärdena för BOD och P uppnås. Utgående kvävehalter överstiger de gränsvärden som i framtiden kan komma att reglera reningsverket. Dock finns möjlighet att minska utgående kvävehalt genom att rena lakvatten lokalt vid Mosseruds avfallsdeponi. I så fall skulle de framtida gränsvärdena kunna uppnås utan att reningsverket måste byggas ut för till exempel biologisk kväverening.

I dagsläget är den ekologiska statusen i Möckeln klassad som måttlig, vilket betyder att vattnets kvalitet måste förbättras för att nå en högre ekologisk status. Detta beror dock till största del på att Möckeln är reglerad vilket medför att flödet genom sjön varierar, men även höga halter av kvicksilver och andra miljögifter påverkar vattnets kvalitet. Även syrgashalten på sjöns botten är låg. (VISS, 2010) Hur stor påverkan Aggeruds reningsverk har på Möckelns kvalitet är något som i dagsläget är oklart. Detta är något som behöver undersökas ytterligare för att undvika negativ recipientpåverkan. Detta är särskilt viktigt om KAK används i Karlskoga eftersom det är en extra föroreningskälla som normalt inte belastar Möckeln. Recipientkontroll utförs i Gullspångsälvens vattenvårdsförbunds regi.

6. BIOGAS OCH SLAM

6.1. FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR SLAMHANTERING OCH BIOGASPRODUKTION

Slam som tas ut från reningsverket genomgår vanligtvis ett antal olika processer. De vanligaste processerna som utförs är förtjockning, rötning, avvattning och torkning. Syftet med slambehandlingen är att stabilisera och hygienisera slammet vilket betyder att innehållet av organiskt material förändras samt att slammets innehåll av sjukdomsalstrande patogener och parasiter ska minska till en nivå då de inte längre bedöms kunna orsaka infektioner. (Svenskt Vatten, 2007:c)

Slammet som tas ut från reningsverket innehåller olika stor mängd vatten beroende på hur väl avskiljningen i de olika reningsstegen fungerat. Det är önskvärt att minska vatteninnehållet i slammet för att spara både volym och energi under rötningen. Detta kan göras med hjälp av flera olika metoder vilka har utarbetats för att föra bort vatten som är bundet i slammet på olika sätt. Vatten som finns i hålrum mellan partiklarna avskiljs med hjälp av tyngdkraften. Genom att avvattna slammet på detta sätt erhålls ett tjockare slam och denna metod benämns ofta förtjockning. Vatten som är kapillärt bundet är svårare att avlägsna jämfört med det vatten som finns i hålrummen. Därför krävs en större kraft för att avlägsna sådant vatten. Denna kraft kan uppnås genom att använda vakuumpåverkan, centrifugalkraft eller tryckkraft och benämns ofta avvattning eller mekanisk förtjockning. Om vätskehalten ska minska ytterligare återstår endast torkning av slammet. (Svenskt vatten, 2007:c)

Förtjockning av slam sker före rötningen och är en av de mest betydelsefulla processerna för att erhålla ett slam med goda rötningsegenskaper. Genom att reducera slammets volym minskar belastningen på rötningen vilket kan ha positiva effekter för både ekonomin och utförandet av driften. Förtjockningens resultat påverkas främst av fem olika faktorer, förbehandling, partiklarnas sjukegenskaper, biologiska reaktioner och dimensionering och utrustning. Gravimetrisk förtjockning, som används vid Aggeruds reningsverk, uppnår normalt sett en mycket god avskiljningsgrad (ca 95 %) vilket medför att dekanterat vatten

som återförs till reningsverkets vattenfasbehandling har god kvalitet. (VAV, 1984) Förtjockning av slam som ska rötas är nästintill en nödvändighet för att utnyttja röt-kammarvolymen effektivt (Svenskt Vatten, 2007:c).

Slamhanteringen är ett av de områden som påverkas mest av en anslutning av KAK. Nilsson m.fl. (1987) redovisar att primärslammet och sekundärslammet/biologiskt slam ökar kraftigt (20-40 g TS/pe d respektive 10-20 g TS/pe d). Detta ställer höga krav på att slammet hanteras på ett effektivt sätt för att inte öka belastningen på röt-kammaren med risk för att försvåra rötningen.

I Sverige är rötning den vanligaste stabiliseringsmetoden för avloppsslam (Tideström m.fl., 2000). Majoriteten av röt-kammarna i Sverige drivs mesofil men även termofil rötning förekommer. Under mesofil rötning rötas substratet vid ca 35°C och vid termofil rötning är temperaturen ca 50°C. Produktionen av biogas sker genom mikrobiell nedbrytning av organiskt material. Processen genomgår fyra olika steg: hydrolys, fermentation, ättiksyrabildning och metanbildning. I röt-kammare med goda driftsegenskaper sker alla processtegen samtidigt. (VAV, 1984)

Biogasproduktionen styrs till stor del av hur långt nedbrytningen av substratet når. En hög nedbrytningsgrad ger en hög biogasproduktion. (VAV, 1984) Under rötning produceras metangas och koldioxid samtidigt som ättiksyra bryts ned. Under biogasproduktionen produceras lika mycket metan som koldioxid men slutprodukten från reaktorn är dock inte en gas innehållande koldioxid och metan i samma mängd. Detta beror på att koldioxid lätt löser sig i vatten medan metan är svårslösligt. På så vis ökar metanhalten i biogasen som brukar bestå av ca 30-35 % koldioxid och 65-70 % metan. I röt-kammare som endast rötar traditionellt avloppsslam brukar det anges att 0,5-0,75 m³ biogas produceras per kg tillfört organiskt material. (Svenskt Vatten, 2007:c)

6.1.1. Slammets sammansättning

Vid rötning av slam eller andra organiska material är substratets sammansättning en betydande faktor som påverkar hur mycket biogas som produceras (Borghini m.fl., 1999). Eftersom nedbrytningen av det organiska materialet sker av levande organismer ställs krav på substratinnehållet för att upprätthålla en god livsmiljö för mikroorganismerna. Krav som ställs på substratet är bland annat att substratet innehåller näringsämnen kol (C), kväve (N) och fosfor (P). (Davidsson, 2007) Det är fördelaktigt om inkommande substrat till reaktorn till stor del består av lättnedbrytbara föreningar så som lipider, fettsyror och proteiner. Substratets halter av lätt- och svårnedbrytbara ämnen styr vilken belastning som råder i reaktorn och påverkar därmed den uppehållstid som behövs för rötning av materialet. (Lantz, 2007) Enligt Del Borghini m.fl. (1999) kan biogasproduktionen maximeras genom att kvoten kol:kväve för blandat organiskt avfall optimeras. Davidsson (2007) bekräftar detta och anger att kvoter som ligger mellan 20:1 och 30:1 ofta skapar optimala röttningsförhållanden. Även Avfall Sverige Utveckling (2008) har studerat detta och anger att biogaspotentialen kan ökas för både avloppsslam och källsorterat matavfall genom att samröta materialen.

Olika substrat har olika biogaspotential och en sammanblandning av olika substratsorter kan öka den totala biogaspotentialen. Detta gäller inte minst en sammanblandning av avloppsslam med organiskt avfall. Avfall Sverige Utveckling (2008) anger att biogaspotentialen för avloppsslam uppgår till 195 Nm³CH₄ per ton TS som inkommer till röt-kammaren. Dock baseras denna uppskattning på uppmätta gasutbyten vid anläggningar där röttningsprocessen inte alltid utförs optimalt. Därmed kan rötgasproduktionen vara högre i anläggningar där

rötningen sker vid mer gynnsamma förhållanden. För matavfall anges att biogaspotentialen är $125 \text{ Nm}^3\text{CH}_4$ per ton våtvikt. Vid rötning av dessa avfallsfraktioner tillsammans kan biogasproduktionen öka med 5 % då slammet består av 6,5 vol-% matavfall. Anledningen till att biogasproduktionen kan öka då olika substrat blandas är att näringsbalansen och substratets struktur ofta förbättras (Avfall Sverige Utveckling, 2008). I högbelastade rötkammare kan ett förändrat substratinnehåll få negativa konsekvenser. Det är viktigt att mikroberna i reaktorn hinner anpassa sig till den nya substratsammansättningen för att minimera risken att processtörningar uppstår efter att KAK ansluts (Lantz, 2007).

Studien i Surahammar bekräftar att biogasproduktionen ökar när matavfall tillsätts avloppsvattnet. Dock ökade biogasproduktionen endast i enlighet med den teoretiska biogaspotentialen i matavfallet. I Surahammar kunde den befintliga rötkammaren användas, vilket berodde på att den var överdimensionerad innan KAK installerades. (Karlberg & Norin, 1999).

6.1.2. Uppehållstid och organisk belastning i rötkammaren

Biogasproduktionen i rötkammaren styrs främst av två faktorer, organisk belastning och uppehållstid. I Sverige är uppehållstiden i rötkammare vid avloppsreningsverk i genomsnitt 21 dagar (Davidsson, 2007). Det är fördelaktigt att ha lång uppehållstid i rötkammaren eftersom en större del av det tillförda slammet hinner brytas ned innan slammet lämnar reaktorn. I fall då det planeras för att öka mängden inkommande material till rötkammaren genom till exempel anslutning av KAK är det ofta viktigt att behålla den nuvarande uppehållstiden för att inte minska nedbrytningsgraden av slammet. För att bevara uppehållstiden krävs då att den organiska belastningen ökar. Detta kan bland annat göras genom att öka inkommande slams TS-halt. En högre TS-halt minskar slammets volym vilket medför att rötkammarvolym friläggs (Lantz, 2007). TS-halten på inkommande slam bör dock inte överstiga 8-9 % eftersom det kan försvåra omrörningen i reaktorn och även medföra att giftiga gaser produceras (Svenskt Vatten, 2007:c). Ett byte av omrörare är oftast kostsamt och om KAK är den faktor som bidrar till att rötkammarvolymen är för låg måste ett övervägande göras för om det är kostnadseffektivt att tillsätta matavfall i avloppsvattnet.

Det är viktigt att belastningen i rötkammaren ökar successivt eftersom det mikrobiella livet annars kan störas vilket kan ge upphov till en minskad gasproduktion. I ett värsta tänkbara scenario med en för snabbt ökad belastning kan hela det mikrobiella samhället slås ut och biogasproduktionen utgå. (Lantz, 2007)

6.1.3. Mesofil- versus termofilrötning

Att övergå från mesofil till termofil rötning kan öka biogasproduktionen eftersom röttningsprocessen sker snabbare vid en högre temperatur då uppehållstiden är oförändrad. En termofil rötning skulle även kunna bidra till att uppehållstiden i rötkammaren kan minskas vilket skulle vara av betydelse om rötkammarvolymen är begränsad. Nackdelen med termofil rötning är att energibehovet för uppvärmning av substratet är högre jämfört med vid mesofil rötning, vilket kan bidra till oönskade driftkostnader. (Lantz, 2007) En annan nackdel är att termofil rötning är mer känslig för störningar i röttningsprocessen jämfört med mesofil rötning. Detta ställer högre krav på övervakningen av röttningsprocessen. Det brukar sällan rekommenderas att välfungerande mesofila anläggningar övergår till termofil rötning eftersom det finns risk för att processerna störs. (VAV, 1984) Dock kan det i särskilda fall finnas anledning till att använda termofil rötning, som till exempel då krav på hygienisering för slam som ska användas på produktiv mark förekommer.

En annan möjlighet för att öka biogasproduktionen är att hygienisera slammet (upphettning till 70° C i 1 h) alternativt ultraljudsbehandla det innan det inkommer i rötkammaren. En sådan behandling kan öka biogasproduktionen med ca 20 %. (Davidsson, 2007)

6.1.4. Användningsområden för biogas

Beroende på användningsområdet för biogasen ställs olika krav på dess renhet, det vill säga hur stor del av gasen som utgörs av metan. Efter rötning innehåller biogasen normalt ca 65 % metan och 35 % koldioxid samt små mängder av föroreningarna svavelväte, vatten, kvävgas, ammoniak och vätgas. För biogas, producerad vid reningsverk, finns två huvudsakliga alternativ för tillvaratagandet av biogasen från röttningsprocessen. Dessa alternativ är produktion av fordonsgas och el- och värmeproduktion.

El- och värmeproduktion kan ske med hjälp av ett flertal olika processer som använder sig av till exempel gaspannor, bränsleceller och ombyggda diesel- och bensinmotorer. Ingen av dessa processer ställer några högre krav på renheten i biogasen, men kan ofta uppnå högre verkningsgrad om gasen innehåller högre halter metan. (Saavedra & Persson, 2009)

För att använda den producerade biogasen som fordonsgas måste den ursprungliga metanhalten höjas. Inom Sverige finns ett standardiseringssystem som kräver att gas som ska användas till fordon har en metanhalt på minst 97 %. Detta medför att den vid reningsverket producerade biogasen måste uppgraderas. Det finns ett flertal olika metoder att använda för uppgraderingen av biogas till fordonbränsle. De vanligaste teknikerna för att avlägsna koldioxiden ur biogasen är genom adsorption eller absorption. En process som avlägsnar koldioxid genom adsorption är till exempel PSA (Pressure Swing Adsorption). Tekniker som bygger på absorption är bland annat vattenskrubbermetoden och kemisk absorption. (Benjaminsson, 2006) Ingen av dessa processer kommer att beskrivas ytterligare så den intresserade läsaren hänvisas till annan litteratur. Det är emellertid värt att notera att en uppgradering till fordonbränsle oftast endast är kostnadseffektiv för anläggningar som producerar en stor mängd gas (Davidsson, 2007).

Användning av biogas istället för fossila bränslen som fordonbränsle ger flera positiva effekter på både ekonomi och den lokala miljön. En användning av fordonsgas minskar utsläppen av både klimatpåverkande gaser och skadliga luftföroreningar. Detta medför att fordonsgasproduktionen har en negativ *global warming potential* (GWP), vilket innebär att metoden ger ett minskat utsläpp av växthusgaser genom att bidra till en övergång från användandet av fossilbränslen till biogas. (Evans, 2007) En annan fördel med att uppgradera biogas till fordonsgas är att vissa av processerna möjliggör ett tillvaratagande av koldioxid för användning i till exempel livsmedelsindustrin, vilket minskar miljöpåverkan ytterligare (Benjaminsson, 2006). För Karlskoga Miljös del kan en ökad produktion av biogas medföra minskade kostnader för inköp av fordonbränsle samt en ytterligare möjlighet att profilera sig som ett klimatsmart företag.

6.1.5. Slutgiltig slam användning

Det finns flera olika potentiella användningsområden för slam som produceras vid reningsverk. Bland annat kan det användas som jordförbättringsmedel, täckningsmaterial och stabilisering och återställande av gamla gruvschakt. (Svenskt Vatten, 2007:c) Dock är det ofta svårt att finna mottagare av slammet då slam användningen är väldigt opinionskänslig i alla kategorier. Generellt sett styrs användningen av slam av ett flertal olika faktorer. Dessa är bland annat lagstiftning, myndigheters/riksorganisationers rekommendationer och skatter. Därtill tillkommer även lokala faktorer som påverkar vilka användningsområden som är

lämpliga för slam från enskilda reningsverk. Dessa faktorer är bland annat kvaliteten på det behandlade slammet, potentiella kunders inställning till slammet och kommunens ekonomiska resurser. (Tideström m.fl., 2000)

De olika användningsområdena för slammet ställer olika höga krav på stabilitet, renhet och näringsämnessammansättning. Detta medför att slam producerat vid olika reningsverk passar olika bra för olika användningsområden, om inte investeringar ska göras för att förbättra slammets kvalitet. Gemensamt för alla användningsområden är att föroreningshalter i slammet ska vara begränsade för att motverka negativ miljöpåverkan.

Vid produktion av jordförbättrings- och jordersättningsprodukter kan avloppsslam vara en viktig resurs. Avloppsslammet måste dock blandas med andra råvaror eftersom slammet innehåller för höga halter av både föroreningar och näringsämnen. Fördelen med att producera jordförbättrings- och jordersättningsprodukter från slam är att man kan kombinera två, i sig själva oanvändbara, avfallsprodukter och sedan få ut en användbar produkt. Nackdelen med produktionen är att det finns oro för att slammet kan bidra till ökad miljöbelastning i form av spridning av tungmetaller. (Tideström m.fl., 2000) Ett användningsområde för producerade jordförbättrings- och jordersättningsprodukter är i kommunala anläggningsarbeten av grönytor som till exempel golfbanor, grönytor och parkområden. En fördel med detta användningsområde är att kommunen ofta är huvudman för både reningsverken och planfrågor vilket bör öka möjligheterna att utnyttja slammet. (Naturvårdsverket, 1991)

I både jordbruk och skogsbruk sker en utarmning av näringsämnen, organiskt material och baskatjoner från marken. Detta sker både naturligt, som läckage till vatten och luft, och antropogent genom skörd och avverkning av grödor och skog. I båda fallen behöver näring återföras till marken för att inte utarma marken och för att kunna upprätthålla produktionen i området. Näringstillförsel sker ofta genom att handelsgödsel sprids på marken. Detta är dock inte en hållbar lösning eftersom den mineralfosfor som finns i handelsgödslet är en begränsad naturresurs. Detta innebär att det finns ett behov av att tillföra fosfor på annat vis. Det kan bland annat göras genom att sprida slam eller slamaska på marken. (Tideström m.fl., 2000)

I skogsbruk kan marken ibland även behöva kompensationsgödsel eller vitaliseras för att kunna erhålla optimal produktion. Beroende på de normala markförhållandena och avverkningsgrad passar slam eller aska från avloppsrening mer eller mindre bra. På svensk fastmark är det oftast kväve som är det begränsande näringsämnet. På sådana marker kan det ifrågasättas om slamaska ska användas som gödsel eftersom askan innehåller en försumbar mängd kväve. Fosfor och kalium är ofta begränsande näringsämnen på torvmarker och en spridning av slamaska kan därför vara att föredra på denna typ av mark. Det finns både fördelar och nackdelar med att sprida slam eller slamaska på skogsmarkerna. En fördel med slam jämfört med handelsgödsel är att slam fungerar som ett långsamverkande näringstillskott. Den främsta nackdelen med att använda slam och aska är att det finns risk för att svårnedbrytbara ämnen ackumuleras i marken. (Tideström m.fl., 2000) Skogsstyrelsen tillåter spridning av aska från avloppsslam om askan uppfyller de krav som är satta för spridning av aska från biobränslen. Skogsstyrelsen anser dock att återföring av näring till skogsmark i första hand ska ske med aska från råvaror producerad i skogsbruk för att få ett slutet kretslopp. (Skogsstyrelsen, 2000)

Det är oftast svårare för lantbrukare att använda avloppsslam i jordbruket. Detta beror till största del på svårigheter att finna avsättning för de jordbruksprodukter som produceras eftersom konsumenternas acceptans för slam som gödsel är låg. Även svårigheter att

transportera slammet förekommer till följd av den höga vattenhalten i slammet. Detta medför att transportkostnaden för avloppsslammet är hög. (Naturvårdsverket, 2007)

Ett ytterligare användningsområde för slammet är energiutvinning genom förbränning. Detta är ett användningsområde som kan vara fördelaktigt då slammet inte uppfyller tillräcklig kvalitet för att kunna spridas på skogs- eller jordbruksmark. Det är dock oklart hur mycket överskottsenergi som kan fås ut från slammet i jämförelse med hur mycket energi som krävs för att torka och transportera slammet till förbränningsanläggningen. En av de främsta fördelarna med att använda förbränning är att slammängden minskar kraftigt vilket kan vara av nytta vid deponering. Den främsta nackdelen med förbränning är att det ofta är svårt att kunna ta tillvara på fosfor i slammet för spridning på åker- eller skogsmark. (Tideström m.fl., 2000) Enligt Naturvårdsverket (1991) bedöms slamförbränning vara ett miljöriktigt alternativ om utsläppen från förbränningen uppfyller de generella krav som ställs på utsläpp från avfallsförbränningsanläggningar.

Beroende på kostnaden att hantera det producerade slammet vid reningsverket får en ökad slamproduktion olika stor ekonomiskpåverkan. Då kvittblivningskostnaden för slam är hög kan en ökad slamproduktion medverka till betydligt ökade driftkostnader av reningsverket. (Lantz, 2007)

6.1.6. Slamcertifiering REVAQ

Dagens jordbruk är helt beroende av att kunna återföra näring till åkrar. Detta medför att det behövs en varaktig lösning för att kunna trygga återföringen av bland annat fosfor till marken. Till skillnad från handelsgödsel är slamgödsel inte beroende av den begränsade naturresursen mineralfosfor. Detta gör slam från avloppsanläggningar till ett fördelaktigt gödsel med avseende på produktionsstabilitet. Dock kan kvaliteten på slammet ibland vara begränsad vilket försvårar användningen på produktiv mark. (Tideström m.fl., 2000)

Inom det svenska miljömålet *God bebyggd miljö* ingår ett delmål som handlar om att växtnäringsämnen i matavfall och fosfor från avloppsvatten ska återföras till produktiv mark. Föra att kunna återföra växtnäringsämnen från slam producerat vid avloppsreningsverk krävs att lantbrukare kan lita på innehållet i slammet för att inte producera en produkt som konsumenterna inte har förtroende för. Detta ställer höga krav på avloppsvattenreningen och slamhanteringen vid reningsverken. För att skapa ett förtroende för avloppsslam har Svenskt Vatten tagit initiativ till att skapa ett certifieringssystem (REVAQ) för slam. Detta arbete har utförts i samförstånd med livsmedels- och jordbruksbranschen samt dagligvaruhandeln för att försäkra att de olika intressenternas åsikter tas tillvara.

För att kunna använda slam från reningsverk på produktiv jordbruksmark krävs att slammet hygieniseras vilket innebär att allt slam från reningsverket måste genomgå åtminstone 2 timmars termofil rötning eller långtidslagras. För att certifiera ett slam krävs en omfattande undersökning av slammets nuvarande kvalitet samt ett förslag till åtgärder som kan verka för att slammets kvalitet stärks ytterligare i framtiden. Ett certifierat slam måste uppfylla krav på att icke essentiella spårämnen inte finns i så höga halter att ackumuleringshastigheten på jordbruksmarken överstiger 0,2 % per år (tabell 15). (REVAQ, 2009) Detta kan vara svårt att uppfylla vid spridning av avloppsslam eftersom ämnen som tillförs jordbruket via slam binds till jordpartiklarna i marken utan att brytas ned eller reagera nämnvärt med andra ämnen (Svenskt Vatten, 2007:c) Slammet måste även ha god stabilitet för att få spridas på jordbruksmark. Kontroll av slammets kvalitet måste ske kontinuerligt för att säkerställa att alla producerade slampartier uppfyller uppsatta krav. (REVAQ, 2009)

Tabell 15. Gränsvärden för metaller i avloppsslam som ska spridas på produktiv mark. Från Fridström & von Seth (2009)

Metall	Maximal metallhalt i slam [mg/kg TS]	Årlig maximal tillförsel av metaller med slam [g/ha]
Bly (Pb)	100	25
Kadmium (Cd)	2	0,75
Koppar (Cu)	600	300
Krom (Cr)	100	40
Kvicksilver (Hg)	2,5	1,5
Nickel (Ni)	50	25
Zink (Zn)	50	600

I arbetet för att certifiera ett slam är slamproducenten, här reningsverket, skyldigt att aktivt utföra uppströmsarbete. Detta medför att slamproducenten måste söka information från bland annat anslutna industrier för att ta reda på vilka föroreningar som används och som det finns risk för att de tillsätts avloppsvattnet. (REVAQ, 2009) En av anledningarna till detta är att reningsverken sällan är konstruerade för att rena avloppsvatten från metaller eller organiska föroreningar. Därför är aktivt uppströmsarbete en viktig del i att begränsa innehållet av dessa föroreningar i det vid reningsverket genererade slammet. (Naturvårdsverket, 1991) Andra moment som ingår i uppströmsarbetet är bland annat att aktivt försöka minska förbrukningen av hushållskemikalier hos abonnenterna. (REVAQ, 2009)

En annan viktig faktor som påverkar om växtnäringen i slammet verkligen återförs till produktiv mark är hur acceptansen och behovet av tillskott av näringsämnen på jordbruksmark ser ut i närområdet. Det är fördelaktigt att återföra slammet på åkermark i närområdet eftersom det bidrar till att sluta kretsloppet lokalt.

Levlin (2003) påpekar vikten av att inte slam från avloppsrening slutdeponeras på avfallsdeponier, dels på grund av att deponier anses vara en icke resurshushållande avfallshanteringsmetod, dels på grund av höga kostnader för deponering av fast material. Nedland m.fl. (2006) fastslår att slamkvaliteten bör förbättras då en ökad mängd organiskt material tillförs avloppsvattnet. Detta gäller i synnerhet då det tillsatta matavfallet inte tros öka halterna av tungmetaller och miljögifter i särskilt stor utsträckning. Till följd av detta skulle slammet kunna bli mer attraktivt som ett jordförbättringsmedel. Mängden slam från reningsverk som användes på produktiv mark under 2006 har ökat jämfört med åren 2002 och 2004. Dock ligger 2006 års användning på jordbruksmark lägre än vad den gjorde under 2000 (SCB, 2006).

6.2. ALLMÄN BESKRIVNING AV BIOGASPRODUKTIONEN OCH SLAMHANTERINGEN VID AGGERUDS RENINGSVERK

Det enda uttaget av slam till rötammarna sker från försedimenterings bassängerna. Detta medför att slam som produceras i andra steg måste återföras till försedimenteringsbassängerna innan det kan rötas. Det uttagna slammet är därför ett blandslam som innan rötningen förtjockas i gravimetriska slamförtjockare. Förtjockning av slam sker i två stycken gravimetriska förtjockare med arean 36 m². Slamflödet in till förtjockarna är ca 193 m³/d. Den nuvarande belastningen per förtjockare visas i tabell 16. Enligt Svenskt Vattens (2007:c) rekommendationer bör ytbelastningen i gravimetriska förtjockare inte överstiga 0,15 m/h.

Förtjockarna vid Aggeruds reningsverk har idag en ytbelastning på 0,11 m/h vilket tyder på att ytbelastningen på förtjockarna kan höjas något. Dock påpekar Svenskt Vatten (2007:c) att TS-belastningen är den driftparameter som visat sig vara mest betydelsefull vid dimensionering. Den nuvarande TS- belastningen i förtjockarna är inom det intervall på 1-2 kgTS/m²,h vilket anges som normal TS-belastning för blandslam bestående av mekaniskt och aktivt slam. Detta antyder att förtjockarna i Aggeruds reningsverk kan belastas med mer slam. Dock påpekar driftpersonal vid verket att förtjockarna redan idag är överbelastade periodvis. Detta beror på att pumpning av slam till förtjockarna inte sker kontinuerligt utan momentant vilket medför att förtjockarna kan bli belastade med en högre yt- och TS-belastning än vad tabell 16 anger. Vid Aggeruds reningsverk är TS-halten i utgående slam från förtjockarna normalt ca 4 %.

Tabell 16. Nuvarande (2009) belastning i förtjockare vid Aggeruds reningsverk.

Parameter	Definition ¹	Värde	Enhet
TS-belastning	$(Q_s * TS * 10) / A$	1,67	kgTS/m ² ,h
Yt-belastning	Q_s / A	0,11	m/h

¹ Q_s = inkommande slamflöde [m³/h], TS = TS halt i slammet [%], A = Förtjockarens yta [m²]

Det finns två stycken rötreaktorer vid Aggeruds reningsverk som vardera kan ta emot en volym av 475 m³ slam. Beskickningen till röt-kammarna sker stegvis men med relativt kort tidsintervall för att försöka nå en slamsammansättning som liknar den som råder då kontinuerlig beskickning används. Inkommande slam till röt-kammaren blandas med slam från röt-kammare 2 i samband med värmeväxling. Mellan de två röt-kammarna cirkuleras slammet med ett flöde på ca 1500 m³ slam per dygn. Cirkuleringen av slam underlättar röt-kammardriften genom att minska den organiska belastningen på röt-kammare 1. Cirkuleringen innebär således att de två röt-kammarna får en jämn organisk belastning. Belastningen och uppehållstiden i röt-kammaren visas i tabell 17. Enligt Svenskt Vatten (2007:c) rekommenderas röt-kammare att ha en organisk belastning på mellan 2-3 kg VS/m³,d. I röt-kammarna på Aggeruds reningsverk är den organiska belastningen i dagsläget (2009) lite lägre. Uppehållstiden i röt-kammarna är låg och rötningen pågår i genomsnitt 13 dagar. Omrörningen i reaktorerna sker med hjälp av två propelleromrörare som även de verkar för att ge en jämn organisk belastning. Under rötningen bryts det organiska innehållet i slammet ned till koldioxid, vatten och metan. Detta medför att TS-halten i slammet reduceras med mellan 25-40 %.

Tabell 17. Nuvarande (2009) belastning och uppehållstid i röt-kammarna vid Aggeruds reningsverk.

Parameter	Definitioin ¹	Värde	Enhet
Organisk belastning	$Q_s * T_{si} * VS / (10 * V)$	1,66	kg VS/m ³ ,d
Uppehållstid	V / Q_s	13	d

¹ Q_s = inkommande slamflöde [m³/d], T_{si} = inkommande TS halt i slammet [%], VS = glödförlust halt i slammet [%], V = röt-kammarvolym

Efter rötningen av slammet mellanlagras det i tre slamsilos med total volym om 471 m³ innan det sedan avvattnas genom centrifugering. Därefter mellanlagras slammet i torrslamsilo. Den slutliga hanteringen av slammet sker genom täckning av deponier på Mosseruds avfallsanläggning. Denna hantering har blivit godkänd av Mosseruds tillsynsmyndighet men Karlskoga Miljö har ändå påbörjat ett arbete som syftar till att utreda förutsättningarna för att producera ett slam som uppfyller Svenskt Vattens krav för ett certifierat slam som kan återföras till produktiv mark. Detta arbete har initierats genom att Karlskoga Miljö undersöker

möjligheterna att rena lakvatten vid Mosseruds avfallsanläggning istället för att transportera till och rena vattnet vid Aggeruds reningsverk. En sådan hantering av lakvattnet skulle minska föroreningsbelastningen vid reningsverket och därmed underlätta ytterligare arbete för att certifiera slam från reningsverket. Det är dock viktigt att en produktion av certifierat slam inte ger merkostnader för avloppsreningsverket.

Rötkammaren har i dagsläget varit i drift i 9 år och under 2008 producerades i genomsnitt 0,035 m³ biogas per m³ avloppsvatten. Den totala biogasproduktionen uppgår till ca 343 000 m³/år. I dagsläget (2009) finns inte tillräcklig kapacitet för att nyttja all biogas som produceras, därför facklas den gas som finns i överskott. Under 2008 användes 283 253 m³ biogas till produktion av el och värme vid reningsverket.

6.3. KAKs PÅVERKAN PÅ SLAMHANTERINGEN OCH BIOGASPRODUKTIONEN

Det är oklart hur mycket slam i form av TS som kommer att genereras till följd av att KAK ansluts till reningsverket. TS består av både partiklar och lösta salter men vid höga SS halter är mängden lösta salter ofta försumbar (Svenskt Vatten, 2007:c). I de beräkningar som utförts med syfte att undersöka hur en extra belastning i form av slam påverkar förtjockare, rötkammare och centrifuger har antagandet att mängden TS som avskiljs i reningsverket ökar i samma proportion som SS använts. Detta medför att avskild mängd TS-totalt kommer att öka med 16 % då 10 % av invånarna i Karlskoga använder KAK och med 57 % då 35 % av befolkningen utnyttjar KAK.

I Aggeruds reningsverk mäts och analyseras TS-halten i olika slamsteg kontinuerligt. Detta medför att man med Svenskt Vattens (2007:c) approximation kan uppskatta mängden TS som produceras och förändras vid varje processteg. Enligt Svenskt Vatten motsvarar 0,5 vikts-% TS att det finns 5000 g TS/m³ slam. Detta förhållande används vid beräkning av slamvolymökning efter att KAK ansluts.

Eftersom slamproduktionen ökar då KAK används förändras belastningen på förtjockarna. Då KAK används av 10 % av invånarna i Karlskoga ligger TS-belastningen på förtjockarna på den högre gränsen av det, av Svenskt Vatten (2007:c), rekommenderade intervallet på TS-belastningar mellan 1-2 kgTS/m²,h för förtjockare belastade med blandslam (tabell 18). Belastningen då 35 % av befolkningen i Karlskoga använder KAK är högre än rekommendationerna och förtjockarna anses därför bli överbelastade vid en sådan anslutningsgrad. En för hög belastning på förtjockarna kan försvåra driften av dem, samt bidra till höga slamhalter i rejektivattnet som återförs till försedimenteringsbassängen. Ytbelastningen i försedimenterarna är i fallet med en 10 % anslutning lägre än den högsta rekommenderade ytbelastningen på 0,15 m/h. För en 35 % anslutning är ytbelastningen 0,18 m/h vilket är högre än vad som rekommenderas. Även detta tyder på att förtjockarna inte klarar av att 35 % av invånarna i Karlskoga använder KAK. Som tidigare nämnts kan den momentana belastningen på förtjockarna redan idag överstiga den beräknade i tabell 18 eftersom ingen kontinuerlig pumpning av slam till förtjockarna sker i verkligheten, vilket har antagits i beräkningen.

Tabell 18. Belastning på förtjockarna då KAK används av 10 % och 35 % av befolkningen i Karlskoga.

Parameter	Definition ¹	Värde	Enhet
10% KAK			
TS-belastning	$(Q_s * TS * 10) / A$	2,0	kgTS/m ² ,h
Yt-belastning	Q_s / A	0,13	m/h
35% KAK			
TS-belastning	$(Q_s * TS * 10) / A$	2,73	kgTS/m ² ,h
Yt-belastning	Q_s / A	0,18	m/h

¹ Q_s = inkommande slamflöde [m³/h], TS = TS halt i slammet [%], A = Förtjockarens yta [m²]

Eftersom slamproduktionen vid reningsverket ökar efter att KAK ansluts ökar även den organiska belastningen på röt-kammarna (tabell 19). Om TS-halten i utgående slam från förtjockarna är oförändrad efter att KAK ansluts ligger den organiska belastningen något lägre och inom det, av Svenskt Vatten (2007:c), rekommenderade intervallet på en belastning mellan 2-3 kg VS/m³,d för en 10 % anslutning respektive 35 % anslutning. Dock minskar uppehållstiden för de båda anslutningsgraderna vilket får till följd att nedbrytningen av det organiska materialet inte kommer att nå lika långt som innan KAK anslöts. För god röt-kammardrift bör uppehållstiden i röt-kammarna överstiga åtminstone 10 dagar. Detta uppfylls endast då 10 % av befolkningen använder KAK. En högre anslutningsgrad kan få negativa konsekvenser för röt-kammardriften.

Tabell 19. Organisk belastning och uppehållstid då KAK används av 10 % och 35 % av befolkningen i Karlskoga vid bibehållen TS på ingående slam.

Parameter	Definition ¹	Värde	Enhet
10% KAK			
Organisk belastning	$Q_s * T_{si} * GF / (10 * V)$	1,9	kg VS/m ³ ,d
Uppehållstid	V / Q_s	11	d
35% KAK			
Organisk belastning	$Q_s * T_{si} * GF / (10 * V)$	2,6	kg VS/m ³ ,d
Uppehållstid	V / Q_s	8	d

¹ Q_s = inkommande slamflöde [m³/d], T_{si} = inkommande TS halt i slammet [%], GF = glödförlust halt i slammet [%], V = röt-kammarvolym

Biogaspotentialen i substratet som samrötas antas öka med 5 % då matavfall tillsätts avloppsvattnet. Utifrån detta antagande bedöms biogasproduktionen vid Aggeruds reningsverk kunna öka med 22 % och 60 % då 10 % respektive 35 % av befolkningen använder KAK (tabell 20). Detta motsvarar en total produktion av 419 158 m³/år då anslutningsgraden är 10 %. Om 35 % av invånarna i Karlskoga använder KAK produceras 549 886 m³/år. Om nyttiggörandet av gas vid Aggeruds reningsverk antas vara densamma som under 2008 produceras ca 135 905 m³ biogas i överskott för en 10 % anslutningsgrad. Om KAK används av 35 % av befolkningen produceras ca 266 763 m³ överskottsgas. Baserat på att 6,1 kWh kan genereras per m³ biogas (Kärrman m.fl., 2001) medför en 10 % anslutningsgrad av KAK att 2593 MWh/ år kan utvinnas. Då 35 % av invånarna använder KAK kan 3359 MWh utvinnas per år. I genomsnitt förbrukar ett enfamiljshus ca 27 MWh/år (Davidsson, 2007). Utifrån detta ser man att den extra energi som KAK medför vid en 10 % anslutning täcker ca 17 enfamiljshus energibehov. För en 35 % genereras ett tillskott av

energi som kan täcka det årliga energibehovet hos ca 47 enfamiljshus, om det utnyttjades fullt ut.

Tabell 20. Beräknad biogasproduktion och energiutvinning efter att KAK används av 10 % och 35 % av befolkningen i Karlskoga.

	Biogasproduktion [m ³ /år]	Energiinnehåll [MWh/år]	% ökning
Utan KAK	342954	2092	-
10% KAK	419158	2557	22
35% KAK	549886	3354	60

Biogas som produceras genom rötning innehåller normalt sett ca 65 % metan (CH₄) och 35 % koldioxid (CO₂). Utifrån biogas produktionen då KAK används av 10 % av befolkningen produceras ca 711 m³ CH₄/d och ca 974 m³ CH₄/d då 35 % av invånarna i Karlskoga använder KAK. För att kunna använda biogasen som fordonsbränsle måste metanhalten ökas till 97 %.

Den totala mängden slam som måste omhändertas efter rötningen kommer att öka med 16 % då 10 % av befolkningen använder KAK och med 37 % då 35 % av invånarna använder KAK. För den 10 % anslutningsgraden motsvarar detta en total slammängd om 2,3 ton TS/d att omhänderta. Då anslutningen av KAK är 35 % måste 3,1 ton TS/d omhändertas.

6.4. SAMMANFATTNING OCH SLUTSATSER OM SLAMHANTERING OCH BIOGASPRODUKTION

Slamhanteringen vid Aggeruds reningsverk är en kritisk faktor för om KAK kan anslutas i kommunen. I dagsläget (2009) utnyttjas förtjockarna näst intill maximalt och ett ytterligare tillskott av slam kan försvåra driften av dessa. Även rötkammaren har begränsad möjlighet att ta emot en ökad mängd slam då uppehållstiden bedöms minska efter att KAK ansluts. För att motverka en minskning av uppehållstiden i rötkammaren kan den organiska belastningen ökas genom att höja TS-halten i inkommande slam. Eftersom den organiska belastningen i rötkammaren ligger inom det rekommenderade intervallet för båda anslutningsgraderna kan den organiska belastningen i rötkammaren ökas. Det är dock viktigt att det undersöks om omrörarna i rötkammarna klarar av att blanda ett slam med högre TS-halt än det som inkommer idag. Annars kan rötkammardriften försämrans.

Att tillsätta matavfall till avloppsvattnet ställer även högre krav på att slammet tillvaratas på ett miljöriktigt sätt. Tillsatsen av matavfall bedöms kunna höja kvaliteten på det genererade slammet men det är även andra faktorer som styr acceptansen för slammet samt möjligheterna att certifiera det enligt REVAQ. Möjligheterna att använda slammet som genereras vid Aggeruds reningsverk för sluttäckning av deponier, vilket sker idag, kommer att minska i framtiden eftersom deponering anses vara ett icke hållbart behandlingsalternativ för avfall. Detta medför att det finns ett behov av att undersöka möjligheterna att använda slammet vid andra verksamheter. I detta avseende anses användandet av KAK ge positiva effekter på slammets avsättningsmöjligheter. Dock kommer mängden slam att sluthantera att öka. Detta medför att hanteringskostnaden kommer att öka.

I dagsläget (2009) finns ingen möjlighet att ta tillvara på överskottsgas som produceras vid Aggeruds reningsverk. Om ingen annan metod än dagens gaspanna finns att tillgå för omhändertagandet av gasen är det en onödig belastning att tillsätta matavfall för att producera mer gas. Det är även värt att notera att gasproduktionen förmodligen inte kommer att nå upp till de teoretiska värdena i tabell 19 eftersom uppehållstiden blir mycket kort vid en sådan

belastning vilket negativt påverkar såväl biogasproduktionen som rötningsprocessens stabilitet.

Beräkningarna av belastningsförändringarna i förtjockare och röt-kammare antyder att det i dagsläget (2009) finns möjlighet att klara en belastningsökning som maximalt motsvarar att 10% av befolkningen använder KAK. Dock finns en överhängande risk att både förtjockare och röt-kammare blir överbelastade eftersom beräkningarna baseras på att kontinuerlig matning av slam används. Detta är inte fallet vid Aggeruds reningsverk varpå belastningen momentant kan överstigas. För att klara en högre anslutningsgrad krävs investering i form av en ny förtjockare och, beroende av anslutningsgraden, en ny röt-kammare alternativt att övergå till termofil rötning vilket klarar en kortare uppehållstid än mesofil rötning. Utförlig undersökning och ställningstagande angående ekonomiska aspekter måste dock utföras innan en ombyggnation, nyinvestering eller förändrat driftsätt kan genomföras.

7. NÖDVÄNDIGA FÖRÄNDRINGAR FÖR ATT INFÖRA KAK

7.1. LEDNINGSNÄT

Den första åtgärd som bör vidtas för att möjliggöra en högre anslutningsgrad än vad som klaras idag är att öka lutningen på den avskärande ledningen på Möckelns västra strand alternativt anlägga en extra pumpstation. Alternativet som ökar ledningens lutning skulle medföra att transporten av matavfall sker i en självrensande självfallsledning vilket anses som goda förutsättningar för att ansluta KAK. Innan en eventuell ombyggnation av den avskärande ledningen kan det dock vara klokt att först utföra småskaliga försök med anslutning av KAK för att undersöka hur ledningarna påverkas.

En annan viktig förändring som kan behöva göras på ledningsnätet är att öka spolningsfrekvensen vid vissa ledningssträckor som kan bli hårt belastade av KAK. Detta skulle även kunna behöva göras vid pumpstationer för att motverka svavelväte bildning och avlagring av biofilm mellan den högsta och lägsta vattennivån i pumpmagasinen. En annan förändring som skulle kunna ha positiva effekter är att under upprustningsarbete av ledningar byta ut gamla betongledningar mot PVC ledningar. Detta skulle medföra att friktionen i ledningen minskade vilket tros bidra till mindre risk för avsättning i ledningen och en enklare transport av det organiska materialet till reningsverket.

7.2. RENINGSVERK

Utgående halter och mängd föroreningar ökar efter att KAK installeras om samma reningsgrad som i dag uppnås i reningsverket (tabell 10). Även om nuvarande utgående halter i vattnet uppnås kommer mängden förorening som når recipienten öka. Om miljöpåverkan på recipienten inte ska förändras efter anslutning av KAK måste reningsverket rena vattnet till högre grad än vad som sker idag (2009). Detta ställer ökade krav på driften av reningsverket. Förändringar som kan behöva göras i driften kan vara att öka uppehållstiden i både försedimenteringsbassängen och i aktivslambassängen. Detta för att öka avskiljningen av fast material och näringsämnen som är bundet till partiklar. Även en ökad tillförsel av fällningskemikalie kan behövas för att öka avskiljningen av fosfor.

En annan förändring som kan få positiva effekter på rötningsprocessen är att samla upp flytslam från försedimenteringsbassängen och förtjockarna för att sedan transportera det till röt-kammaren. Detta skulle kunna gynna biogasproduktionen eftersom flytslammet till stor del

består av energirika fetter. En inblandning av flytslam i röttkammaren kräver dock att röttkammaren är väl omblandad så att det kalla flytslammet sprids ut i hela röttkammaren och därför inte förändrar bakteriernas lokala livsmiljö negativt.

7.3. SLAMHANTERING OCH BIOGASPRODUKTION

Slamhanteringen är en begränsande faktor för om KAK kan anslutas i kommunen. Slamförtjockarnas och röttkammarnas kapacitet att ta emot en ytterligare mängd slam är låg. Endast en kvarnanslutning som motsvarar att 10 % av befolkningen använder KAK bedöms vara möjlig. En högre anslutningsgrad skulle vara förknippad med överhängande risker att påverkas av driftstörningar.

För att klara en högre anslutningsgrad måste slamförtjockarna bytas ut alternativt uppgraderas. I dagsläget används två gravimetriska förtjockare, dessa skulle kunna kompletteras med mekaniska förtjockare för att nå högre TS-halt i det förtjockade slammet.

För att erhålla en säker röttkammardrift är det viktigt att uppehållstiden i röttkammaren överstiger åtminstone 10 dagar. Förändringar som syftar till att öka alternativt bibehålla nuvarande uppehållstid är bland annat att öka röttkammarvolymen eller att öka TS-halten i inkommande slam. En ökning av TS-halten i inkommande slam kan uppnås genom att förbättra slamförtjockningen. Ett tjockare slam kan dock försvåra omrörningen i röttkammaren varpå det kan bli nödvändigt att byta ut propelleromrörarna som används i dagsläget om det visar sig att deras kapacitet är otillräcklig.

8. ATT SKAPA GODA FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR INSAMLING MED KAK HOS DET ENSKILDA HUSHÅLLET

Det finns flera vägar att gå för att introducera och genomföra olika källsorteringssystem. För att få användare att utnyttja de system som erbjuds kan ekonomiska incitament, social acceptans, personlig tillfredsställelse och oro för miljön motivera till en hög utsortering med ett system (Hornik m.fl., 1995). Enligt Naturvårdsverket (2007) krävs att den enskilda individen anser det viktigt att minska sin miljöpåverkan och anser att miljömässigt agerande är moraliskt riktigt för att välja att källsortera.

Ett källsorteringssystem som använder KAK för utsortering av matavfall bygger till stor del på användarnas egen acceptans för systemet och vilja att använda det. För att få till stånd en initiering av matavfallssortering med KAK kan ekonomiska incitament användas. Detta skulle till exempel kunna göras genom utformningen av ett taxeytem som främjar användandet av avfallskvarnar jämfört med andra insamlingsalternativ. Det är dock viktigt att ekonomiska incitament inte är den enda orsaken för hushållen att välja KAK. I ett sådant fall skulle användandet av KAK bli begränsad och slutligen avstanna om incitamenten upphörde. Iyer m.fl. (2009) bekräftar detta synsätt och säger att ekonomiska incitament är en bra trigger för att få individer att återvinna men att information måste användas för att återvinningen ska få långtgående effekter. Detta ställer höga krav på att motivera den enskilda individen till att använda KAK. Hur väl man lyckas motivera och därmed förändra individers handlande beror till stor del på hur mycket tid, kraft och pengar de förväntas/måste lägga ned för att uppnå syftet (Stern, 1999).

Ett sätt att motivera hushåll till att använda KAK är att göra välriktade informationskampanjer. En väl utarbetad strategi för spridning av information är ofta vad som krävs för att

lyckas med ett källsorteringsprojekt och information har ofta visat sig vara en avgörande faktor för resultatet av sorteringen. (KSL, 2007) En välriktad informationskampanj kan leda till ett förändrat beteende hos det enskilda hushållet. Många källsorteringsprojekt som påbörjas medför ofta ett extra arbetsmoment i det dagliga hushållsarbetet. Detta medför att källsortering ofta kan kännas belastande och tidskrävande. (Kärrman m.fl., 2001) Fördelen med KAK jämfört med andra källsorteringsalternativ är att det snarare minskar arbetsbelastningen för det enskilda hushållet än ökar den. Detta kan verka som en motivationshöjande faktor.

Iyer m.fl. (2007) förmedlar att informationsinsatser är den faktor som tros betyda mest för hur länge en individ behåller ett förändrat beteende. Det är dock viktigt att komma ihåg att endast information sällan kan nå full genomslagskraft. I det samhälle vi skapat, möts vi hela tiden av ett kontinuerligt informationsflöde. Det blir därför svårare att få individer att komma ihåg och medverka till ett förändrat beteende eftersom information ofta blivit en ”in-ut” disciplin. Det går dock att lyckas med information för att förändra beteenden. Ett fördelaktigt tillvägagångssätt för att nå ut är bland annat att ge information i det sammanhang där målet ska uppfyllas och med och av de aktörer som direkt påverkas av informationen. (Stern, 1999) För ett system med KAK kan detta vara att informera de boende i samband med installationen av KAK.

I Surahammar, där KAK i dagsläget (2009) används av ca 46 % av befolkningen, utfördes en stor informationskampanj innan KAK installerades. Surahammars kommunal teknik AB som är ansvariga för kommunens VA-verksamhet informerade befolkningen genom välriktade kampanjer på torg, marknader och utställningar. Muntlig information gavs även under bostadsråts- och hyresgästföreningars årsmöten. Information till de enskilda hushållen gavs även vid installation av kvarnen. (Surahammars kommunal teknik AB, 2009) Detta kan vara anledningen till att användningen av KAK gett goda resultat samt att anslutningen av KAK varit i stort sett problemfri. Även taxsystemet i Surahammar kan ha bidragit till KAKs popularitet. Att använda hemkompostering, vilket kostar 2407 kr per år, är det billigaste alternativet för sortering av matavfall. Sortering med hjälp av KAK kostar 2 750 kr per år. Det dyraste alternativet är sortering av matavfall i ett separat kärl som kostar 5 037 kr per år.

Information till brukare av KAK är extremt viktig för att motverka att problem uppstår och för att systemet ska utnyttjas effektivt. Detta beror på att KAK till viss del bryter från de generella regler som finns för hur ett avloppssystem ska användas och vad som får spolas ner i toaletter och diskhon. Stort arbete har lagts ner, från verksamhetsutövare inom VA sektorn, på att sprida information om vad som får tillföras avloppet. Det är ett allmänt problem att ickenedbrytbart material och stora föremål spolas ner i toaletter och det är av största vikt att KAK inte bidrar till ett oaktsamt beteende. Om inte brukarna av avfallskvarnarna är medvetna om vad som får malas i KAK finns risk för att KAK blir ett extra sopnedkast för avfall som man inte vet vart det ska slängas. Det är även viktigt att kontinuerlig information ges till de hushåll som använder KAK, annars finns risk att KAK till slut används av ren slentrian och att ingen reflektion görs över vad som händer med avfallet.

9. KAK OCH DE SVENSKA MILJÖMÅLEN

I Sverige finns 16 miljömål. Av dessa är det det 15:e miljömålet *God bebyggd miljö* som mest påverkar möjligheterna att använda KAK som ett källsorteringsalternativ. Miljömålet *God bebyggd miljö* styr bland annat hur framtidens avfallshantering kan komma att se ut genom att bland annat styra avfallsbehandling från deponi till andra mer miljömässigt hållbara alternativ. (Naturvårdsverket, 2009)

Det generella målet för avfall är att minska avfallsproduktionen. Detta är något som sedan länge blivit erkänt som den lämpligaste metoden för att minska den negativa påverkan på naturresurser med avseende på både produktionen av det som sedan skall omhändertas och dess hantering vid avfallsbehandlingen. Avfallsminimering är det enda som tillfullo kan leva upp till en totalt minskad påverkan på miljön. Det näst bästa alternativet för att minska miljöpåverkan och som även finns med i miljömålet är att öka återvinningen av använt material. För hushållsavfall gäller bland annat att

1. *”senast år 2010 skall minst 50 procent av hushållsavfallet återvinnas genom materialåtervinning, inklusive biologisk behandling”*

Inom definitionen hushållsavfall finns även matavfall. Även detta är en avfallsfraktion som är viktig att behandla med hållbara och miljömässiga metoder. I miljömålet sägs att

2. *”senast år 2010 skall minst 35 procent av matavfallet från hushåll, restauranger, storkök och butiker återvinnas genom biologisk behandling. Målet avser källsorterat matavfall till såväl hemkompostering som central behandling”*

Ett ytterligare miljömål som påverkar hanteringen av matavfall är att

3. *”senast år 2010 skall matavfall och därmed jämförligt avfall från livsmedelsindustrier m.m. återvinnas genom biologisk behandling. Målet avser sådant avfall som förekommer utan att vara blandat med annat avfall och är av en sådan kvalitet att det är lämpligt att efter behandling återföra till växtodling”*

Det finns även ett miljömål inom *God bebyggd miljö* som handlar om återvinningen av näringsämnen från avloppsvatten till produktiv jordbruksmark som gör gällande att

4. *”senast år 2015 skall minst 60 procent av fosforföreningarna i avlopp återföras till produktiv mark, varav minst hälften bör återföras till åkermark”*

Miljömålen är ambitiöst uppsatta men det är svårt att göra en bedömning av om de kommer att uppfyllas. Det som är svårast att uppnå är att minska avfallsproduktionen. Detta torde vara väldigt svårt att lyckas med om inte stora kraftanstängningar för att nå detta initieras. Resterande delmål har högre potential att uppnås men även dessa kräver ytterligare åtgärder för att nås. Dock görs bedömningen att det kommer att bli svårt att nå målet för återvinning av hushållens matavfall och även återföringen av fosfor till produktiv mark. (Naturvårdsverket, 2009)

Under 2007 utvärderades arbetet med de svenska miljömålen och förslag lades fram för en förändring av miljömålen (Naturvårdsverket, 2007). För miljömålet *God bebyggd miljö*, föreslås bland annat att delmålen förändras så att man under 2015 uppfyller att:

1. *"Insamlingen är estetiskt tilltalande och har god tillgänglighet och säkerhet för hushållen samt säkerställer en separat hantering av farligt avfall. Minst 90 procent av hushållen är nöjda med insamlingen."*
2. *"Minst 35 procent av matavfallet från hushåll, restauranger, storkök och butiker tas omhand så att växtnäringen utnyttjas."*
3. *"Minst 60 procent av fosforföreningarna i avlopp utnyttjas som växtnäring. Minst hälften återförs till åkermark."*

I dagsläget kan matavfall som sorteras med KAK inte räknas in i målet om biologisk behandling av matavfall eftersom matavfallet blandas med en annan avfallsfraktion. Detta gäller oavsett om det andra miljömålet accepterar biologisk behandling på centralanläggning vilket sker vid rötning vid avloppsreningsverk. Dock har källsortering med KAK länge ansetts vara principiellt fel angreppssätt för att samla in och behandla matavfall. Det anses vara en onödigt kapacitetskrävande metod att först blanda avfallsfraktioner för att sedan utvinna de viktiga näringsämnen ur det blandade avfallet som innan sammanblandningen finns i en form som har goda förutsättningar för att direkt återföras till produktiv mark efter behandlingen. Denna åsikt verkar dock ha förändrats för att ge återföring av växtnäringsämnen oavsett behandlingsmetod en högre status. Om miljömålen ändras till den nya skrivningen, medför detta att matavfall som källsorteras med hjälp av KAK kan räknas in i miljömålen om växtnäringen återförs till produktiv mark. Det är dock värt att notera att det till största delen är fosfor som finns kvar i det avvattnade rötslammet medan en stor del av kvävet försvinner med rejektvattnet (tabell 21). I beräkningen av kväveinnehållet, från matavfallet, i det avvattnade slammet har det antagits att allt kväve från matavfall når röt-kammaren. Detta medför att det beräknade kväveinnehållet i slammet är något högre än vad det är i praktiken.

Tabell 21. Näringsämnen från matavfall in till reningsverket och ut med det avvattnade rötslammet efter att KAK anslutits.

	Enhet	In till reningsverket från matavfall	Utgående i avvattnat slam från matavfall
10 % KAK			
Fosfor (P)	kg/d	0,8	0,74
Kväve (N)	kg/d	4,1	2,4
35 % KAK			
Fosfor (P)	kg/d	2,7	2,59
Kväve (N)	kg/d	14,5	8,3

För miljömålet att minst 60% av fosforföreningarna i avloppsvattnet skall återföras till produktiv mark kan en sammanblandning av matavfall med avloppsvatten vara positiv eftersom matavfallet tillför extra näring och organiskt material utan att tillföra extra tungmetaller och organiska miljögifter i särskilt stor utsträckning. Detta tillsammans med att matavfall skall behandlas biologiskt för att även det återföras till produktiv mark borde anses vara goda förutsättningar för att nå miljömålen för båda avfallsfraktionerna. Detta ställer dock

krav på att god slamkvalitet erhålls efter behandlingen av de blandade avfallsfraktionerna. Om en tillräckligt god kvalitet uppstår i enlighet med REVAQ certifieringen kan slammet även spridas på jordbruksmark. Den tidigare restriktiva hållningen angående spridning av slam på jordbruksmark från Lantbrukarnas Riksförbund (LRF) har övergått från att helt motsäga sig spridningen till att acceptera användandet av REVAQ certifierat avloppsslam (Svenskt Vatten, 2009). Detta borde förändra förutsättningarna för de svenska miljömålen vilka skulle kunna acceptera en behandling av avloppsvatten tillsammans med utsorterat matavfall om slutprodukten efter behandlingen är godkänd för att spridas på produktiv åkermark.

Även det föreslagna miljömålet att insamlingen ska vara estetiskt tilltalande och ha hög acceptans av hushållen talar för att KAK kan användas som ett källsorteringsalternativ. KAK bidrar till att minska hushållsarbetet vilket borde ge positiva effekter för de enskilda hushållens livshållning och därmed nöjda användare.

Användandet av KAK har även positiva effekter för andra miljömål genom att minska insamlingsfrekvensen av hushållsavfall. Detta medför att buller och utsläpp från sopbilar minskar.

9.1. MILJÖMÅLENS BETYDELSE FÖR KARLSKOGA OM KAK ANVÄNDS

De nuvarande (2009) miljömålen motsätter sig att matavfall blandas med andra avfallsströmmar. Detta är ett principiellt ställningstagande som tydligt markerar att matavfall som sorteras med hjälp av KAK inte kan räknas in i de svenska miljömålen. Följden blir således att KAK endast kan användas som en alternativ behandlingsmetod för matavfall och att ett annat insamlings- och behandlingsalternativ måste användas för att kunna uppnå målet om att *”50 procent av hushållsavfallet återvinnas genom materialåtervinning, inklusive biologisk behandling”*.

För Karlskogas del påverkar detta inte möjligheterna att använda KAK i särskilt stor utsträckning eftersom Aggeruds reningsverk utan ombyggnad endast klarar av att ta emot matavfall från 10 % av Karlskogas invånare. Insamlingen av matavfall från de resterande 90 % av invånarna kan då utföras på ett sådant sätt att de bidrar till en miljömålsuppfyllelse. Exempel på insamlingsmetoder som bidrar till en miljömålsuppfyllelse är bland annat insamling i kärl och behandling i komposterings- eller biogasanläggningar där restprodukten kan återföras till produktiv mark.

Om miljömålen ändras till den nya skrivningen (Naturvårdsverket, 2007) har Karlskoga goda möjligheter att nå miljömålet att 35 % av hushållsavfallet ska behandlas biologiskt med återföring av växtnäringssämnen om KAK används. Detta förutsätter dock att slammet REVAQ certifieras för att kunna omhändertaras på produktiv mark och det gäller växtnäringssämnet fosfor, men inte övriga växtnäringssämnen, som kväve och kalium, m.fl. Naturvårdsverket (2007) är även positivt till att matavfall behandlas så att biogas kan utvinnas för att minska klimatpåverkan. Även detta kan uppfyllas om KAK används i Karlskoga, under förutsättning att all gas verkligen används, vilket inte skett de senaste åren.

10. JÄMFÖRELSE AV KAK MED ANDRA KÄLLSORTERINGSALTERNATIV

Innan det beslutas om KAK ska användas som källsorteringsmetod är det viktigt att även andra återvinningsmetoder undersöks för att försäkra att den bästa lösningen används ur både miljömässig och ekonomisk synvinkel. I denna studie har ingen jämförelse av olika källsorteringsalternativ eller ekonomisk bedömning för systemet gjorts. Detta har dock behandlats i ett flertal andra studier (Asperö Lind, 2009, Forsberg & Olofsson, 2003, Kärrman m.fl., 2001). I dessa studier har KAK jämförts med alternativa lösningar för insamling och behandling av matavfall. Dessa innefattar olika typer av insamling med KAK såsom direktransport i ledningsnätet, uppsamling i tank, malning vid central kvarn och central kompostering.

En slutsats från de tre studierna var att KAK ger en högre energiproduktion än ett system som baseras på kompostering. KAK har även fördelen att bidra med mindre mängd förorenande utsläpp från till exempel transport och insamling av matavfallet. Asperö Lind (2009) påpekar dock att detta beror på om KAK är anslutet direkt till avloppsledningsnätet. Om inte måste malt avfall hämtas och transporteras från uppsamlingstankar. Kärrman m.fl. (2001) och Forsberg & Olofsson (2003) drar en gemensam slutsats från sina undersökningar att KAK är ett mycket bra alternativ för insamling av matavfall från storkök. I undersökningen av Kärrman m.fl. (2001) är det ekonomiska fördelar med ett KAK baserat system som ligger till underlag för slutsatsen medan Forsberg & Olofsson (2003) anger begränsade möjligheter till centralkompostering som anledningen till att KAK anses vara fördelaktigt för denna typ av insamling.

Den största jämförelsen av olika system för insamling av matavfall har utförts av Asperö Lind (2009). I undersökningen framkom att insamling av matavfall i kärl är det system som är minst känsligt för förändringar. En sådan insamling innebär att behandlingen av matavfallet kan förändras vid behov, till exempel om regler eller miljömål förändras. En annan fördel med central kompostering framför system med KAK är att det är enklare att säkerställa kvaliteten på komposteringsprodukter jämfört med slam från KAK eftersom komposteringsprodukten endast baseras på matavfall.

Både Forsberg & Olofsson (2003) och Asperö Lind (2009) anser att direktanslutning av KAK till ledningsnätet kan vara ett bra komplement till andra insamlingssystem. Investeringskostnaden för olika system med KAK eller centrala komposteringsanläggningar är ofta höga. Enligt Asperö Lind (2009) är KAK direkt anslutet till ledningsnätet billigast ur investeringssynpunkt för verksamhetsutövaren eftersom rådande infrastruktur används. Kärrman m.fl. (2001) visade emellertid att ett system med centralkompostering var fördelaktigt ur ekonomisk synvinkel jämfört med KAK. I kostnadsanalysen hade dock engångskostnaden för kvarninstallationen inkluderats vilket kan ha bidragit till resultatet.

Ur biogassynpunkt visade Asperö Lind (2009) att biogasproduktionen för ett likartat system som det som undersökts för användning i Karlskoga ger en lägre biogasproduktion än för system med KAK anslutna till uppsamlingstank. Detta beror på att en del av kolet i matavfallet används vid biologisk rening i reningsverket vilket inte händer om avfallet transporteras direkt till rötammaren. Vid jämförelsen av de olika systemlösningar kan det även vara viktigt att fundera över vilket miljöproblem som är viktigast att motverka. Till exempel har insamlingen av matavfall i kärl högst utsläpp av CO₂ medan KAK anslutet direkt till ledningsnätet bidrar mer till övergödning.

11. DISKUSSION

Avfallskvarnars vara eller inte vara är ett ämne som i dagsläget (2009) diskuteras i hela Europa. I Sverige har inställningen till avfallskvarnar blivit allt mer positiv eftersom KAK kan bidra till en ökad biogasproduktion. I Stockholm har användningen av KAK släppts helt fri och vem som helst kan införskaffa en avfallskvarn. Den nyvunna svenska inställningen är inte representativ för resten av Europa. I Storbritannien är inställningen till KAK helt motsatt den svenska där både myndigheter och fackorganisationer helt motsätter sig användandet av KAK.

En avfallskvarn är en långsiktig investering för hushållen. Det är därför av yttersta vikt att användandet av kvarnarna inte försvårar reningsprocessen vid reningsverket. Personligen tror jag det är av största vikt att hushållen själva gör valet att använda KAK. Detta för att ha tillräcklig motivation för att göra en riktig utsortering med KAK.

De största svagheterna med den här undersökningen är att inga ekonomiska aspekter har inkluderats, inte heller har någon jämförelse mellan olika källsorteringssystem utförts. Detta är en brist eftersom det kan finnas insamlings- och behandlingssystem som är både mer kostnadseffektiva och flexibla än ett system med KAK. Samtidigt så kan KAK i Karlskoga inte ersätta andra källsorteringssystem eftersom det endast kan införas hos maximalt 10 % av hushållen utan ombyggnad i reningsverket och hos max ca 35 % av hushållen efter ombyggnad av förtjockare och ev. rötkammare i reningsverket. För övriga hushåll behövs ett annat system.

11.1. FÖRDELAR MED KAK

Fördelar med att använda KAK kan beskrivas i fem generella punkter:

- Användarvänligt
- Minskade avfallstransporter
- Ökad biogasproduktion vid reningsverkets rötkammare
- Minskad klimatpåverkan
- Använder rådande infrastruktur

Fördelar som ofta förknippas med användandet av KAK är dess användarvänlighet och lättillgänglighet för det enskilda hushållet. Eftersom nästan allt blött avfall försvinner från de vanliga hushållssoporna minskar ofta olägenheter som dålig lukt och att behöva tömma soporna ofta. Till följd av detta kan verksamhetsutövare inom avfallshantering minska hämtningsfrekvensen hos hushåll som använder KAK. Detta skulle bidra till positiva effekter på både ekonomi, klimat och lokal luftmiljö eftersom fordonsbränslebehovet skulle minska. En ytterligare fördel med KAK är att det kan gynna biogasproduktionen vid reningsverket eftersom en större mängd organiskt material tillförs rötkammaren.

För verksamhetsutövare inom VA-sektorn är KAK direkt anslutet till avloppsledningsnätet ett relativt billigt system ur investeringssynpunkt eftersom få nyinvesteringar måste göras. För Karlskogas del skulle det även vara fördelaktigt om flödes hastigheten i ledningsnätet höjdes eftersom det skulle kunna minska avlagringen på ledningarna. KAK har dock inte visat sig öka vattenförbrukningen nämnvärt i städer som använder KAK varför det kan ifrågasättas om användandet av KAK verkligen får önskad effekt eller om det huvudsakligen ökar halten suspenderat material i avloppsvattnet.

11.2. NACKDELAR MED KAK

Det finns fyra generella risker som är förknippade med KAK, dessa är:

- Risk för ökad avlagring och avloppsstopp på ledningar
- Risk för ökad mängd föroreningar i utgående avloppsvatten vid reningsverket
- Risk för ökad övergödningsproblematik
- Ökade slamhanteringskostnader (se även sektion 12.3 Slamproblematik)

Eftersom en ökad mängd material tillförs avloppsledningsnätet finns risk att material avsätts på innerkanten av ledningarna. En sådan avsättning kan skapa problem genom att till exempel orsaka avloppsstopp. Det finns även oro för att ett användande av KAK kan öka på övergödningsproblematiken eftersom avloppsvattnets näringsinnehåll kommer att öka efter att KAK ansluts. Vid bräddning sker därför ökade föroreningsutsläpp.

Vid reningsverket påverkas främst slamhanteringen eftersom KAK bidrar till en ökad slamproduktion. Detta kan leda till driftproblem vid både slamförtjockare och röt-kammare. Även mängden föroreningar som släpps ut till recipienten kan komma att öka efter att KAK ansluts. För fallet då 10 % av invånarna i Karlskoga använder KAK ökar föroreningsbidragen från reningsverket med 3,4 %, 1,2 % och 0,8 % med avseende på BOD och P respektive N.

11.3. SLAMPROBLEMATIK

Produktionen av slam är problematisk och det är oklart hur mycket mera slam som genereras av KAK. I Surahammar där avfallskvarnar har använts under längre tid har mätningar av slammängder före och efter röt-kammare påbörjats. Att inga sådana mätningar utfördes innan KAK anslöts medför att slamproduktionen till följd av KAK inte kan uppskattas.

Kärrman m.fl. (2001) uppskattade att ett 50 % användande av KAK i Göteborg skulle öka slamm-mängden som måste omhändertas efter rötning med 10 %. I Karlskoga beräknades slamm-mängden efter rötning öka med 16 % då 10 % av invånarna i Karlskoga använder KAK. En källa till denna skillnad är att mängden matavfall som beräknats tillföras avloppsvattnet är större i Karlskoga än i Göteborg, sett per person. En annan orsak till denna skillnad är att Kärrman m.fl. (2001) har antagit att matavfallet kommer att nå en högre utröttningsgrad än vanligt avloppsvattnet och därmed ger en lägre ökning av slamm-mängd än vad som har beräknats i denna undersökning. Detta är förmodligen ett korrekt antagande eftersom det organiska innehållet i matavfallet är högre än i avloppsvatten. Därmed finns viss ovisshet om slamm-mängden efter rötning i Karlskoga kommer att öka i enlighet med de beräkningar som utfört. Den viktigaste faktorn som påverkar slamm-mängden är utröttningsgraden i röt-kammaren.

Det är även viktigt att det finns avsättningsmöjligheter för slam producerat vid reningsverk i framtiden. Detta gäller särskilt om matavfall tillsätts avloppsvattnet. Att tillsätta extra mängd organiskt material i avloppsvattnet tros förbättra möjligheterna att finna avsättning för slammet. Dock finns risken att hushåll med KAK slarvar med vad som mals ned i kvarnen och på så vis tillför ytterligare föroreningar till systemet vilket då försvårar möjligheterna att finna avsättning för slammet.

En ytterligare begränsning vid samrötning av matavfall och avloppsslam är att det nästan endast är fosfor som kommer att återföras till produktiv mark. Kvävet mineraliseras under

rötningen och det är endast en begränsad del av kvävet som kan återföras till jordbruksmark genom spridning av slam.

Ännu en aspekt som det är viktigt att begrunda är att det är enklare att finna avsättningsmöjligheter för matavfall som rötas separat eftersom matavfallets innehåll av tungmetaller och andra gifter är låg. En fråga man då kan ställa sig är om den höjning av biogasproduktionen och minskade insamlingsfrekvensen av hushållsavfall är tillräckligt motiverande för att minska avsättningsmöjligheterna av matavfallet, speciellt då ett annat insamlingssystem i vilket fall behövs.

11.4. GASANVÄNDNING VID AGGERUDS RENINGSVERK

I dagsläget (2009) kan inte all producerad biogas omhändertas vid Aggeruds reningsverk. Till följd av detta facklas överskottsgasen och bidrar således inte till produktionen av el och värme. Om KAK ansluts i Karlskoga kommun måste investeringar göras för att möjliggöra att all biogas tas till vara. I annat fall förloras ett viktigt argument för att KAK ska användas. Detta är en viktig aspekt som det måste tas hänsyn till innan det beslutas för om KAK ska tillåtas i kommunen.

Det bör även framhållas att fackling av biogas kan medföra utsläpp av metan till atmosfären beroende på förbränningsgraden. Om en ökad biogasproduktion till följd av KAK inte kan nyttiggöras kan den facklade överskottsgasen ge ett ytterligare negativt bidrag till miljön.

11.5. ALTERNATIVA LÖSNINGAR FÖR ATT HÖJA BIOGASPRODUKTIONEN

En alternativ lösning som kan användas för att höja biogasproduktionen vid rötning av slam är att innan rötningen hygienisera eller ultraljudsbehandla slammet. Detta skulle kunna vara en effektiv lösning vid Aggeruds reningsverk eftersom möjligheten att öka belastningen i förtjockare och rötkammare är begränsad.

I framtiden kan krav om kväverening komma att läggas på Aggeruds reningsverk. Kväve rensas ofta genom biologisk rening där det organiska innehållet i avloppsvattnet till stor del styr hur väl reningen fungerar. Om Aggeruds reningsverk inför biologisk kväverening som ett steg i reningprocessen kan KAK vara en stabil och kontinuerlig kolkälla för processen. Dock kan fördelar som en ökad biogasproduktion minska i omfattning eftersom en stor del av det organiska materialet förbrukas under kvävereningen.

11.6. SKALPROBLEMATIK

KAK kan endast användas i liten skala i Karlskoga eftersom möjligheterna att ta emot matavfall på både avloppsledningsnätet och vid slamhanteringen är begränsade. Detta medför att det finns ett behov av att använda andra insamlingsmetoder för matavfallet i kommunen. De skulle till exempel kunna vara separat insamling i kärl eller hemkompostering. Dessa insamlingssystem skulle även innebära större möjlighet att kontrollera kvaliteten på det insamlade matavfallet vilket skulle kunna vara av fördel i fall då det finns krav på att ha god utsläppskontroll.

Vid jämförelse av Karlskoga med andra orter som tillåter KAK förefaller det finnas en tydlig skillnad. Skälet till att t.ex. Surahammar och Smedjebacken ser positivt på KAK är att rötkammarna har varit överdimensionerade innan KAK anslöts. I Karlskoga är däremot

rötkammarna begränsade. Detta medför att KAK i Surahammar och Smedjebacken får positiva ekonomiska effekter eftersom den befintliga rötningsanläggningen kan användas och biogasproduktionen ökas. Det är oklart huruvida KAK i Karlskoga kan nå samma resultat eftersom en hög anslutningsgrad kräver investeringar i form av en ny rötkammare.

Trots detta bör KAK inte helt uteslutas som ett komplementärt insamlingsystem eftersom KAK kan bidra till att minska utsläppen av försurande och klimatpåverkande föroreningar genom att minska antalet avfallstransporter.

11.7. AVFALLSMINIMERING: KAN DET UPPNÅS MED KAK?

Det är viktigt att ett aktivt arbete görs för att minska uppkomsten av avfall. Genom att använda KAK minskar volymen hushållssopor som ska samlas in. Dock produceras fortfarande samma mängd avfall som tidigare i hushållen men matavfallet tar en annan väg för att behandlas. Detta faktum kan istället för att minska uppkomsten av avfall bidra till ett slösaktigt beteende när det gäller hanteringen av matavfall (Ntifo, 2009, personlig kontakt).

För att motverka ett slösaktigt beteende är det viktigt att alla användare av KAK är medvetna om hur kvarnen ska användas och vad som händer med avfallet efter att det lämnat vasken. Medvetenhet kan till exempel skapas genom tydlig information kombinerat med till exempel studiebesök vid reningsverket.

11.8. ÄR KAK ETT BRA KÄLLSORTERINGSALTERNATIV FÖR KARLSKOGA

KEMAB är det företag som ensamt ansvarar för all VA- och avfallsverksamhet i Karlskoga. Detta innebär att det bör finnas goda möjligheter för att utöka samarbetet mellan olika verksamheter inom företaget samt att styra ekonomiska vinster från en verksamhet till en annan om KAK till exempel får positiva ekonomiska effekter på avfallsverksamheten medan effekterna på VA-verksamheten är negativ. Att utnyttja befintlig infrastruktur för energiåtervinning anses vara en kostnadseffektiv lösning som både bidrar till förenklad avfallshantering och minskade kostnader för inköp av extern energi i form av olja.

Användningen av KAK kan dock inte ske i särskilt stor utsträckning utan att Karlskoga Miljö är tvungna att uppgradera slamhanteringen vid reningsverket som idag (2009) endast klarar av att ta emot matavfall från ca 10 % av Karlskogas befolkning.

I inledningen av denna rapport angavs att ledningsnätet i Karlskoga tidigare har haft problem med för lågt vattenflöde. Det finns anledning att tro att en anslutning av KAK inte kommer att förbättra detta eftersom vattenförbrukningen endast ökar med ca 3-6 l per malning. För att motverka detta kan rekommendationer om att använda ett högre spolvattenflöde ges till hushåll med KAK i Karlskoga. Detta är särskilt viktigt för hushåll som ansluter till en startpunkt på ledningarna eftersom de är de enda hushållen som bidrar till vattenflödet lokalt.

För att användandet av KAK ska ge några betydande effekter på avfallshanteringen i kommunen krävs att KAK installeras i ett helt område. Alternativt, att de boende inom ett område får välja mellan ett flertal alternativ som båda medför att hushållsavfallet kan hämtas med minskad frekvens. Ett alternativt system skulle till exempel kunna vara hemkompostering.

Om Karlskoga Miljö väljer att tillåta sina kunder att använda avfallskvarnar föreslås att noggrann uppföljning av vilka konsekvenser som uppstår görs. Detta både för att säkra den egna kvaliteten på ledningar och reningsverk men även för att öka förståelsen av KAKs påverkan samt att bidra med beslutsunderlag för den egna och andra kommuner som har intresse av att tillåta KAK.

11.9. KOSTNADER FÖR VA- OCH AVFALLSHANTERINGEN: BEHÖVS ETT NYTT TAXESYSTEM

Om ett avfallshanteringssystem som använder KAK till insamling av matavfall införs är det viktigt att en kostnadsanalys utförs. Detta för att säkerställa att VA och avfallshantering tar ut kostnader i proportion till det arbete de utför. Den förmodade slutledningen från en sådan analys torde vara att VA får ökade kostnader medan avfallshanteringen får minskade kostnader. Detta beror på att reningsverket måste rena en ökad mängd förorenande ämnen och får en ökad slamhanteringskostnad medan hämtningsfrekvensen av sopor kan minskas vilket leder till minskade kostnader för den sektionen. VA-delen inom kommunala bolag kan därför behöva kompenseras ekonomiskt från avfallshanteringssektionen.

12.10. FORTSATTA STUDIER

Det skulle vara intressant att utföra storskaliga försök med KAK. Dels för att undersöka kapaciteten på de avskärande ledningarna i Karlskoga och samtidigt för att stärka kunskapssituationen. Det är viktigt, om anslutning av KAK tillåts i Karlskoga, att noggrann dokumentering av de förändringar som sker på ledningsnät, reningsverk, slamhantering och biogasproduktion utförs.

Kunskapsnivån vad gäller KAK och hur matavfallet påverkar ledningsnät och reningsverk är begränsad. Det är önskvärt att fortsatta undersökningar utförs som belyser:

- Nedbrytning i ledningsnät
- Fettets påverkan på ledningar och avloppsstopp - förvärrar KAK situationen?
- Fett i reningsverket - hur förhindras skumbildning och hur tar man bäst till vara på slammets energipotential?
- Slamproduktion - överförs matavfallets organiska material till slammet?
- Hur påverkar ett varmt/kallt spolvattenflöde matavfallspartiklarna och fettets transportegenskaper?

Karlskoga anses ha tillräckligt goda förutsättningar för att kunna utföra fortsatta studier av avfallskvarnars påverkan på reningsverk och slamhantering. Goda förutsättningar är bland annat att Aggeruds reningsverk redan idag övervakar de flesta processer som sker i reningsverket och därför har goda referensdata att jämföra med. Ett område som är särskilt intressant att undersöka är hur den faktiska slamproduktionen förändras efter att KAK ansluts. Detta är ett område där det finns bristfällig litteratur och där det kan vara intressant att öka den allmänna kunskapsnivån.

12. SLUTSATSER

KAK är ett användarvänligt och lätthanterligt system för att sortera ut matavfall från övriga hushållssopor. Storskaliga försök i Sverige har haft goda resultat och varken avloppsledningsnät, reningsverk eller slamhantering har påverkats negativt av det extra tillskottet av organiskt avfall. Biogasproduktionen vid anläggningar som tar emot matavfall från KAK har ökat och bidragit till minskade energikostnader för den lokala verksamhetsutövaren.

I dagsläget (2009) ger en insamling av matavfall med KAK inget bidrag till att de svenska miljömålen för källsortering av matavfall uppfylls. Om Sveriges Riksdag beslutar att ändra miljömålen till Naturvårdsverkets nya förslag (se kapitel 10) kan KAK bidra till en miljömålsuppfyllnad om slammet från reningsverket används på produktiv mark. Detta medför i praktiken att slammet måste certifieras enligt REVAQ.

I Karlskoga finns ett fåtal områden (södra Aggerud och södra Sandviken/Brickegården) där avloppsledningarnas kapacitet är tillräcklig för att ansluta KAK. Aggeruds reningsverk bedöms kunna ta emot matavfall från maximalt 10 % av Karlskogas befolkning. Den mest begränsande faktorn är slamhanteringen. De två förtjockarna vid reningsverket är redan idag hårt belastade och en anslutning som motsvarar att 10 % av invånarna i Karlskoga använder KAK kan medföra att förtjockarna blir överbelastade momentant eftersom slamflödet inte sker kontinuerligt. För rötammarna kan ett ökat slamflöde medföra att uppehållstiden och därmed nedbrytningen minskar. Detta kan dock förhindras om TS-halten i inkommande slam till rötammaren ökar. Dessutom måste investeringar göras för att kunna nyttiggöra den producerade gasen.

Användning av KAK beräknas öka utsläppen till recipient med 3,4 %, 1,2 % och 0,8 % för BOD, fosfor respektive kväve för en 10 % anslutning av KAK.

KAK kan endast användas som ett komplimenterande insamlingssystem i Karlskoga om inga större investeringar görs för att förbättra de avskärande ledningarna samt slamhanteringen vid reningsverket. Därför krävs ett alternativt insamlingssystem för det matavfall som inte kan samlas in via KAK. Sådana alternativ är till exempel hemkompostering och separat insamling i kärl.

REFERENSER

- Avfall Sverige. (2009). Svensk Avfallshantering. *Avfall Sverige*
- Avfall Sverige. (2008). [Elektronisk], Svensk avfallshantering 2008. (läst 2009-09-17), (Senast uppdaterad ej angivet) URL: http://www.avfallsverige.se/m4n?oid=2582&_locale=1
- Avfall Sverige. (2007). [Elektronisk], Biologisk behandling. (läst 2009-09-17), (Senast uppdaterad ej angivet) URL: http://www.avfallsverige.se/m4n?oid=854&_locale=1
- Avfall Sverige Utveckling. (2008). Den svenska biogaspotentialen från inhemska råvaror. *RAPPORT 2008:02*
- Aaroe, M.L. (2009). Avfall en angelägen resurs. *Svenskt vatten nr. 4*
- Aspegren, H., Bissmont, B., Erlandsson, M., & Fagerström, B-M. (2005). Slutrapport Bo01. *Malmö stad, Va-verket*
- Asperö Lind, M. (2009). Biologisk behandling av matavfall med matavfallskvarn-En systemanalys. *Examensarbete, Institutionen för Industriell Ekologi, Kungliga Tekniska Högskolan, KTH, TRITA-IM 2009:12, ISSN 1402-7615*
- Battistoni, P., Fatone, F., Passacantando, D., & Bolzonella, D. (2006). Application of food waste disposers and alternate cycles process in small-decentralized towns: A case study. *Water Research*, vol. 41 ss. 893-903
- Benjaminsson, J. (2006). Nya renings- och uppgraderingstekniker för biogas. *Examensarbete, Linköpings Universitet, LITH-IKP-EX—06/2370-SE*
- Bionova, 2000, Översikt av Karlskoga avloppsreningsverk.
- Cedergren, J. (2007). Köksavfallskvarnarnas betydelse för reningsverk. *Examensarbete- för KTH kemiteknik högskoleingenjörutbildningen, Kungliga tekniska högskolan, KTH*
- Cassirer, T., Luthman, T., Safi, I., Svanmo, J., & Syrman-Telebi, Z. (2008). Avfallskvarnar – ett hållbart alternativ för ökad biogasproduktion vid Käppalaverket? *Projektrapport-för KTH kemiteknik högskoleingenjörutbildningen, Kungliga Tekniska Högskolan, KTH*
- CIVEM (*The Chartered Institution of Water and Environmental Management*). (2003). CIVEM policy position statement: food waste disposers. *Water and Environment Journal*, vol. 17, ss. 191-193
- Davidsson, Å. (2007). Increase of biogas production at wastewater treatment plants, addition of urban organic waste and pre-treatment of sludge. *Lund University, Sweden ISBN: 978-91-7422-143-5*
- Del Borghi, A., Converti, A., Palazzi, E., & Del Borghi, M. (1999). Hydrolysis and thermophilic anaerobic digestion of sewage sludge and organic fraction of municipal solid waste. *Bioprocess Engineering*, vol. 20, ss. 553-560
- Evans, T. (2007). Environmental impact study of food waste disposers for the county surveyors' society & Herefordshire conciland Worcestershire county council. *Tim Evans Environment 2007*
- Forsberg, M., & Olofsson, A. (2003). Köksavfallskvarnar, Ett behandlingsalternativ för blött organiskt avfall, En förstudie i Sundsvall. *Examensarbete, Institutionen för samhällsbyggnadsteknik, Avdelningen för VA-teknik, Luleå tekniska universitet, ISBN, 1402-1617*
- Fridström, L.M. & von Seth, S. (2009). Certifiering av avloppsslam som växtnäring på åkermark. *Examensarbete, Institutionen för teknik och samhälle, miljö- och energisystem, Lunds Teknisk Högskola*
- Gustavsberg. (1975). Rörbok, yttre rörledningar. *Strokirks Tryckeri AB*
- Göteborgsstad, kretslopp. (2009). Inga avfallskvarnar i Göteborg. *Småhus i kretslopp, 2009:03*
- Hakeman, P. (2009). Kretslopp Hammarö lösning med problem. *Cirkulation 6:09*

- Hornik, J., Cherian, J., Madansky, M., & Marayana, C. (1995). Determinants of Recycling Behaviour: A synthesis of research results. *The Journal of Socio-Economics*, vol. 24, nr. 1, ss. 105-127
- Iyer, E.S, Rajiv, K., & Kasshyap, K. (2007). Consumer recycling: Role of incentives, information, and social class. *Journal of Consumer behaviour*, vol. 6 ss. 32-47
- Jönsson, H., Baky, A., Jeppson, U., Hellström, D., & Kärrman, E. (2005). Composition of urine, faeces, greywater and biowaste, for utilisation in the URWARE model. *Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden, Report 2005:6*
- Karlberg, T., & Norin, E. (1999). Köksavfallskvarnar – effekter på avloppsreningsverk. En studie från Surahammar. *VA-forsk rapport 1999-9*
- Karlskoga Energi och Miljö AB. (2008:a). Årsredovisning 2008 dotterbolagen: Elnät, Kraftvärmeverk, Miljö och bredband.
- Karlskoga Energi & Miljö AB. (2008:b). Vatten och Avlopp Årsstatistik 2008.
- Karlskoga Energi & Miljö AB. (2008:c). Miljörapport, Avfallsanläggning Mosserud.
- Karlskoga Energi & Miljö AB. (2007). Miljörapport 2006, Reningsverket Aggerud Karlskoga.
- Karlskoga kommun. (2000). Renhållningsordning med avfallsplan och föreskrifter.
- Karlskoga kommun. (2009). Förslag på avfallsplan för Karlskoga kommun. version 2009-05-29
- Karlsson, P., Aarsrud, P., & de Blois, M. (2008). Återvinning av näringsämnen ur svartvatten-utvärdering projekt Skogaberg. *Svenskt Vatten Utveckling, nr 2008-10*
- KSL (Kommunförbundet Stockholms Län). (2007). Scenarier för insamling och behandling av matavfall i Stockholms län. *Kommunförbundet Stockholms Län*
- Kärrman, E., Olofsson, M., Persson, B., Sander, A., & Åberg, H. (2001). Köksavfallskvarnar – en teknik för uthållig resursanvändning? En förstudie i Göteborg. *VA-FORSK RAPPORT 2001:02*
- Lantz, M. (2007). Ökat utnyttjande av befintliga biogasanläggningar. *Lunds tekniska högskola*, ISBN 91-88360-87-3
- Ledskog, A., Larsson, S.G., & Lindqvist, B.G. (1994). Svavelväteproblem i avloppsledningar – drifterfarenheter och tillämpbara anvisningar. *VAV · VA-FORSK RAPPORT 1994:07*
- Levlin, E. (2003). Sustainable and integrated sewage and organic waste handling with global warming impact, a case study of Åland and energy recovery by scwo or anaerobic digestion. *Proceedings of a Polish-Swedish seminar, Wisla October 25-28, 2003. Integration and optimisation of urban sanitation systems. TRITA-LWR.REPORT 3007, ISSN 1650-8610,*
- McNair, D. (1998). A new look at food waste disposers. *Plumbing, Heating, Cooling*, vol. 78.
- Naturvårdsverket. (1991). Slam från kommunala avloppsreningsverk, allmänna råd 90:13. *Nordstedts Tryckeri AB, Stockholm*, ISBN 91-620-0052-7
- Naturvårdsverket. (2007). Delmålsrapport om avfall. *Naturvårdsverket*
- Naturvårdsverket. (2008). Kvarnar i köket tar hand om komposten. *Information Fakta, Goda exempel, Avfall, LIP - lokala investeringsprogram*
- Naturvårdsverket (2009). [Elektronisk], Avfall (2005-2015). (läst 2009-11-13), (Senast uppdaterad 2009-06-09), URL: <http://www.miljomal.se/15-God-bebyggd-miljo/Delmal/Avfall-2005-2015/>
- Nedland, K.T., Paulsrud, B., & Rusten, B. (2006). Effekter av bruk av matavfallskverner på ledningsnett, renseanlegg og avfallsbehandling. Resultater fra Fossnesundersøkelsen og andre nordiske undersøelser. *Aquateam-Norsk vannteknologisk senter A/S Rapport nr 05-079*

- Nilsson, P., Hallin, P.-O., Johansson, J., Karlén, L., Lilja, G., Petersson B.Å., & Petersson, J. (1990). Källsortering med avfallskvarnar. En fallstudie Staffanstorps kommun. *Reforsk FoU rapport 0284-9968;54*
- Nilsson, P., Lilja, G., Johansson, J., & Pettersson, J. (1987). Källsortering med avfallskvarnar i hushållem, integrerat transportsystem för källsorterat hushållsavfall (ITS) – en fallstudie i Staffanstorp, Förstudie. *FoU nr 23*
- Olsson, T., & Retzner, L. (1998). Plockanalys av hushållens säck- och kärlavfall, En studie i sex svenska kommuner. *Stiftelsen REFORSK FoU 145*
- REVAQ. (2009) Regler för certifieringssystemet REVAQ Återvunnen växtnäring certifierat slam. *utgåva 1.2.*
- Rosenwinkel, K.H., & Wendler, D. (2001). Influences of Food Waste Disposers on Sewerage System, Waste Water and Sludge Digestion, Sardina 2001, Proceedings of the Eighth International Waste Management and Landfill Symposium. *Waste management of municipal and industrial wastem* vol. 5, ss. 247-265
- Saavedra, A., & Persson, C. (2009). Teknik för biogasanvändning, Förstudie åt Gryaab om CHP och förädling. *Examensarbete, Högskolan i Halmstad*
- SCB (Statistiska centralbyrån). (2009). [Elektronisk], Folkmängden efter region, civilstånd, ålder och kön. År 1968-2008, (läst 2009-09-15),
URL: http://www.ssd.scb.se/databaser/makro/Visavar.asp?yp=tansss&xu=C9233001&huvudtabell=Be_folkningNy&deltabell=K2&deltabellnamn=Folkm%E4ngden+efter+kommun%2C+civilst%E5nd+och+k%F6n%2E+%C5r&omradekod=BE&omradetext=Befolkning&preskat=O&innehall=Folkmangd&startid=1968&stopptid=2008&ProdId=BE0101&fromSok=&Fromwhere=S&lang=1&langdb=1
- SCB (Statistiska centralbyrån). (2006). [Elektronisk], Utsläpp till vatten och slamproduktion 2006, Kommunala reningsverk, skogsindustri samt viss övrig industri. (läst den 2010-02-03)
URL: http://www.scb.se/statistik/MI/MI0106/2006A01A/MI0106_2006A01A_SM_MI22SM0801.pdf
- Skogsstyrelsen. (2000). [Elektronisk], Krav vid kompensationsgödsling, (läst 2010-11-20), (senast uppdaterad 2010-10-10) URL:
<http://www.skogsstyrelsen.se/minskog/templates/grundbok.asp?id=2220&epslanguage=SV>
- Stern, P.C. (1999). Information, incentives, and proenvironmental consumer behaviour. *Journal of Consumer Policy*, vol. 22, ss. 461-478
- Stockholm Vatten. (u.å.). Fördjupning avlopp. [Elektronisk] URL:
http://www.stockholmvatten.se/Stockholmvatten/commondata/269/PDF_fordjupning_avlopp.pdf
- Stockholm Vatten. (2008:a). Köksavfallskvarnar (KAK) i Stockholm, Stockholm Vattens förstudie om förutsättningar, möjligheter och konsekvenser av införande av KAK i hushållen i Stockholm. *Stockholm Vatten*
- Stockholm Vatten. (2008:b). [Elektronisk], Stockholm Vatten har slopat avgiften för avfallskvarnar för privatpersoner. (läst 2009-09-21), (Senast uppdaterad 2008-12-19), URL:
<http://www.stockholmvatten.se/Stockholmvatten/System/Nyhetsarkiv/2008/Stockholm-Vatten-har-slopat-avgiften-for-avfallskvarnar-for-privatpersoner/>
- Sullivan., J. (2008). Disposal Ban Elicits Firestorm. *Builder 2008-03-28*
- Surahammars kommunalteknik AB. (2009). PowerPoint presentation av matavfallskvarnar i Surahammar, *Opublicerad*
- Svenskt Vatten. (2004). Dimensionering av allmänna avloppsledningar. *Publikation P90*
- Svenskt Vatten. (2007:a). Avloppsteknik 1, Allmänt. *Publikation U1*
- Svenskt Vatten. (2007:b). Avloppsteknik 2, Reningsprocessen. *Publikation U2*

Svenskt Vatten. (2007:c). Avloppsteknik 3, Slamhantering. *Publikation U3*

Svenskt Vatten. (2009). Svenskt vatten informerar. *Brev om rekommendationer för slamhantering*, URL: <http://www.lrf.se/PageFiles/5381/Endast%20REVAQ-slam%20Svenskt%20Vatten,%20LRF%20mfl%20informerar%20090313.pdf>

Tideström, H., Starberg, K., Ohlsson, T., Camper, P.A., & Ek, P. (2000). Användningsmöjligheter för avloppsslam. *VA-FORSK RAPPORT 2000:2*

VAV (Svenska vatten och avloppsverksföreningen). (1984). Slamhantering vid kommunala avloppsreningsverk. *Publikation VAV P51*

VISS (Vatteninformationssystem Sverige). (2010). Vattenförekomst Möckeln, *Vattenmyndigheterna, Länsstyrelsen*

Waldowsson, S. (2009). Plockanalys Karlskoga Kraftvärmeverk 2009. *Karlskoga Energi & Miljö AB*

PERSONLIGA KÄLLOR

Aarsrud, Peter. (2010). Planeringsenheten, Kretsloppskontoret-Göteborg, personlig kontakt via mail (2010-02-02)

Crisp, Dale. (2009). Raleighs public utility director, personlig kontakt per mail (2009-09-22)

Johansson, Lennart. (2010). personlig kommunikation, muntligt på Karlskoga kraftvärmeverk. (2010-02-03)

Kullgren, Per. (2009). Gatuchef med ansvar för VA, Hammarö, personlig kommunikation per telefon (2009-10-12)

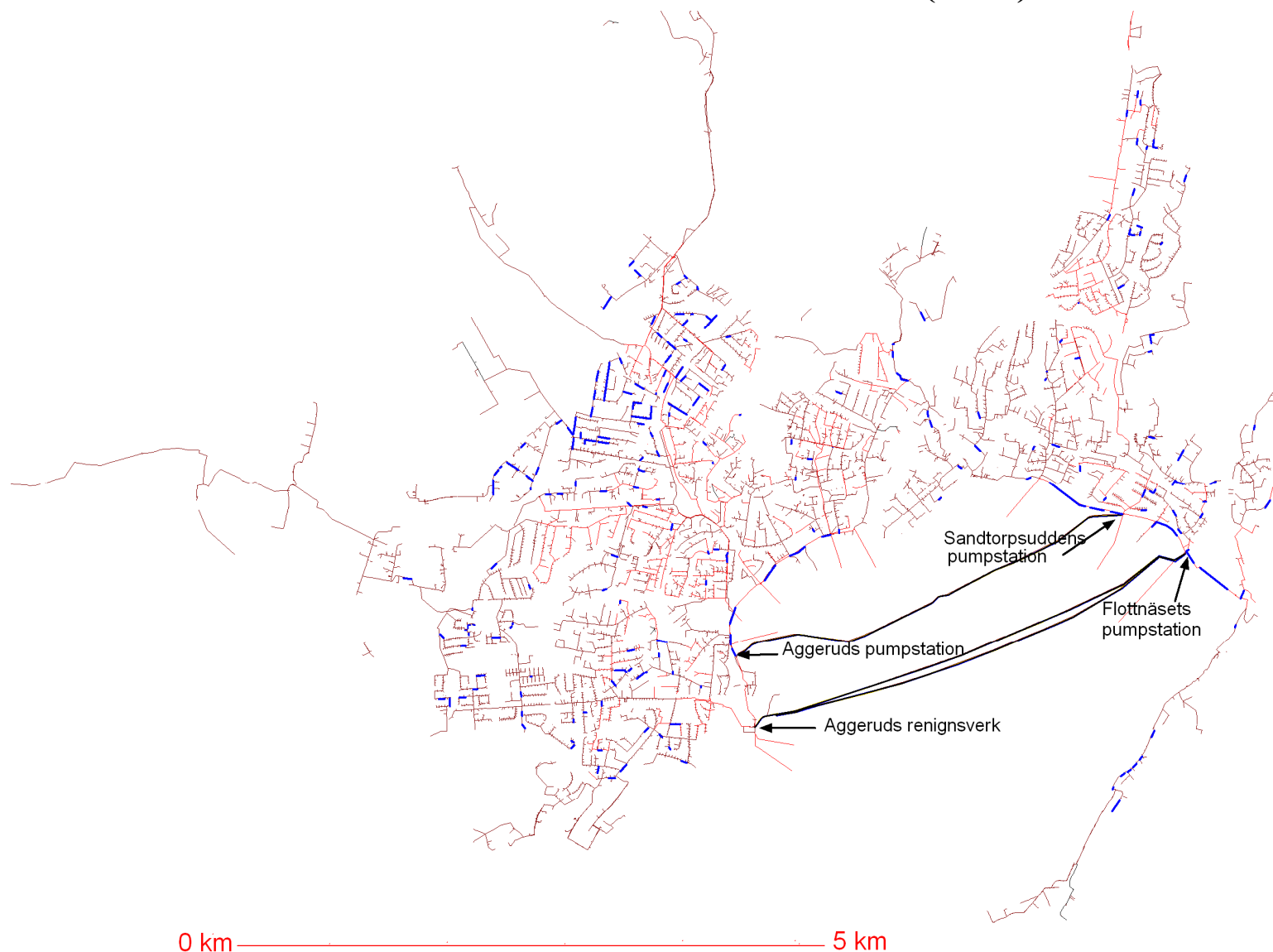
Knutsson, Inger. (2009). Smedjebacken energi och vatten, personlig kommunikation per telefon (2009-09-25)

Ntifo, Steve. (2009). Environment and Science Adviser, Water UK, comment to Water UKs position about FWD, *personlig kontakt (2009-11-25 och 2009-11-26)*

Ostlund, Catarina. (2009). Miljörättsavdelningen, Enheten för produkter och avfall, Naturvårdsverkets inställning till avfallskvarnar, personlig kontakt per mail (2009-09-23)

Tendaj, Marta. (2009). Stockholm Vatten, personlig kontakt via mail. (2009-09-22)

BILAGA 1. KARLSKOGA AVLOPPSLEDNINGANÄT (RÖD) MED ICKE SJÄLVRENSANDE LEDNINGAR UTMARKERADE (BLÅ)



BILAGA 2. BERÄKNINGSUNDERLAG FÖR KAKs PÅVERKAN PÅ SLAMHANTERINGEN

Nuvarande belastning (rötkamar projekt, från VA-ingenjörerna AB)

	Enhet	Till förtjockare	Till röt-kammare	Till slamsilos	Från centrifugering
Q	m ³ /d	193	73	65	6,5
TS	t/d	3	2,9	1,97	1,96
TS	%	1,5	4	3	30
GR	t/d	1	0,96	0,96	0,96
VS	t/d	2	1,94	1,01	1

Minskning av slammängd i varje hanteringssteg

	Enhet	Förtjockare	Röt-kammare	Centrifugering
VS	%	-3	-47,9	-1

Nuvarande belastning i förtjockare

Förtjockare			
TS-belastning	$(Q_s * TS * 10) / A$	1,67	kgTS/m ² ,h
Yt-belastning	Q_s / A	0,11	m/h

Nuvarande belastning i röt-kammare

Röt-kammare			
Organisk belastning	$Q_s * T_{si} * GF / (10 * V)$	1,75	kg GF/m ³ ,d
Uppehållstid		12,3	d

Förändrad belastning efter att KAK ansluts

	Enhet	Till förtjockare	Till röt-kammare	Till slamsilos	Från centrifugering
10% KAK					
Q	m ³ /d	232	84	77	7,2
TS	t/d	3,48	3,38	2,30	2,27
TS	%	1,5	4	2,7	31,5
GR	t/d	1,15	1,10	1,1	1,1
VS	t/d	2,3	2,2	1,2	1,1
35% KAK					
Q	m ³ /d	318	116	105	9,9
TS	t/d	4,77	4,63	3,15	3,11
TS	%	1,5	4	2,7	31,5
GR	t/d	1,59	1,53	1,53	1,53
VS	t/d	3,18	3,08	1,60	1,59

Förändrad belastning i förtjockare efter att KAK ansluts

Parameter	Definition	Värde	Enhet
10% KAK			
TS-belastning	$(Q_s * TS * 10) / A$	2,01	kgTS/m ² ,h
Yt-belastning	Q_s / A	0,13	m/h
35% KAK			
TS-belastning	$(Q_s * TS * 10) / A$	2,76	kgTS/m ² ,h
Yt-belastning	Q_s / A	0,18	m/h

Förändrad belastning i röt-kammare efter att KAK ansluts

10% KAK				
Organisk belastning	$Q_s * T_{si} * GF / (10 * V)$	2,02	kg GF/m ³ ,d	
Uppehållstid		10,7	d	
35% KAK				
Organisk belastning	$Q_s * T_{si} * GF / (10 * V)$	2,78	kg GF/m ³ ,d	
Uppehållstid		7,76	d	

Glödförlust 51% baserat på mätning under 2008

Växtnäringsämnen i slam från matavfall

	Enhet	Definition	In till reningsverket från matavfall	Utgående i avvattnat slam från matavfall
10 % KAK				
Fosfor (P)	kg/d	$P_{matavf} * (P_{tot\ avvatt.slam} / P_{in})$	0,8	0,74
Kväve (N)	kg/d	$N_{matavf} * ((1 - \text{utröttningsgrad}) + \text{utröttningsgrad} * Q_{avvatt.slam} / Q_{ut\ röt-kammare})$	4,1	2,5
35 % KAK				
Fosfor (P)	kg/d	$P_{matavf} * (P_{tot\ avvatt.slam} / P_{in})$	2,7	2,59
Kväve (N)	kg/d	$N_{matavf} * ((1 - \text{utröttningsgrad}) + \text{utröttningsgrad} * Q_{avvatt.slam} / Q_{ut\ röt-kammare})$	14,5	8,3

Biogasproduktion före och efter anslutning av KAK

Biogasproduktion	Enhet	Värde
Utan KAK	m ³ /d	940
10% KAK	m ³ /d	1148
35% KAK	m ³ /d	1574

Årlig biogasproduktion och energiinnehåll före och efter anslutning av KAK

Biogasproduktion	Biogas [m ³ /år]	Energiinnehåll [MWh/år]
Utan KAK	342954	2092
10% KAK	419158	2557
35% KAK	574536	3505