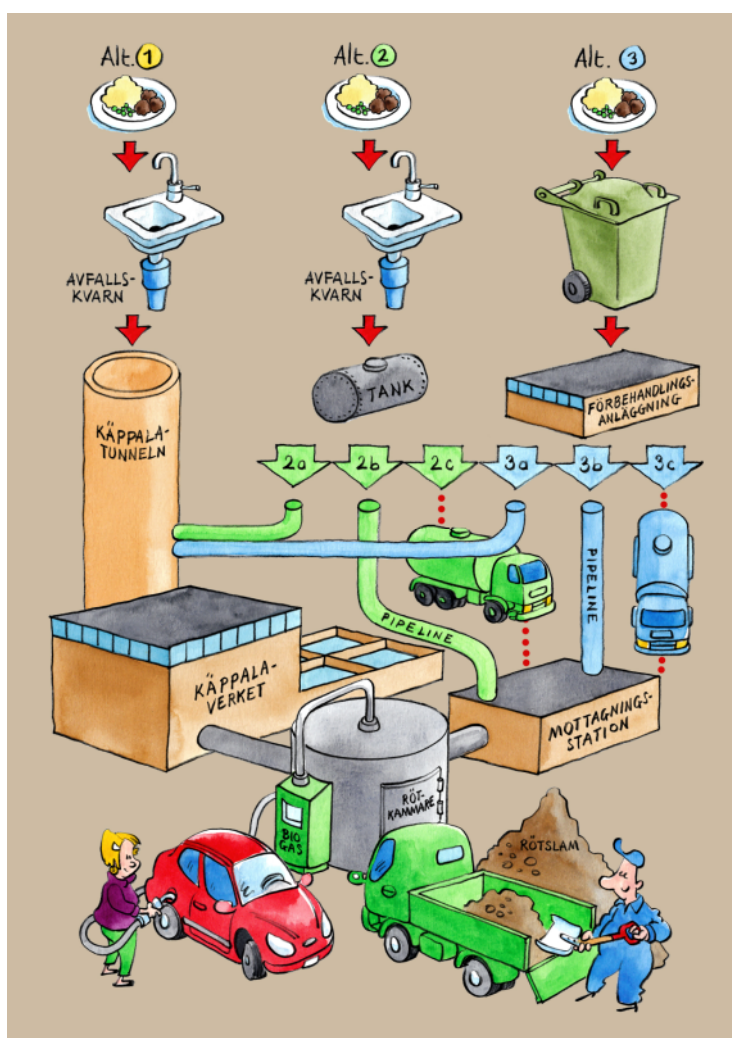


Biologisk behandling av organiskt matavfall med hjälp av avfallskvarnar (BOA)

– Delrapport Behandling



Käppalaförbundet och SÖRAB

Oktober 2009

Innehållsförteckning

1	Sammanfattning	3
2	Inledning	4
2.1	Bakgrund	4
2.2	Allmän uppdragsinformation.....	4
2.3	Syfte och metod	4
3	Käppalaverket	5
3.1	Aktivslamprocessen.....	5
3.1.1	Kvävereningen	6
3.1.2	Rening av organiskt material	6
3.1.3	Fosforrening.....	6
3.2	Röttningssteget.....	6
4	Beskrivning av genomförandet	7
4.1	Biologisk nedbrytning i avloppsledningsnätet.....	7
4.2	Mekanisk rening och försedimentering	7
4.3	Biologisk rening.....	8
4.4	Eftersedimentering.....	8
4.5	Avvattning	8
4.6	Biogasproduktion.....	9
5	De olika scenarierna och avfallsmängder	9
6	Resultat	10
6.1	Ökad belastning på Käppalaverkets reningsprocess	10
6.2	Påverkan på Käppalaverkets slambehandling.....	11
6.3	Påverkan på el och kemikalieförbrukningar	12
6.4	Påverkan på Käppalaverkets utsläpp	13
6.5	Påverkan på biogasproduktion.....	14
6.6	Känslighetsanalys för biogasproduktionen - Scenario 3a.....	15
6.7	Påverkan på slammängder	15
7	Förslag på åtgärder/kostnadsbedömning	16
7.1	Åtgärder	16
7.2	Kostnadsbedömning	16
7.2.1	Driftkostnader/intäkter	16
8	Legala frågor	17
9	Miljönyttan - biogas istället för diesel	17
10	Referenslista	19
11	Bilagor	20

1 Sammanfattning

I denna rapport redovisas effekterna av att tillföra matavfall till Käppalaverket i de tre scenarierna som ingår i BOA-projektet.

Scenario 1, köksavfallskvarn i hushåll bedöms av insamlingsgruppen ha en mindre anslutningsgrad och mängden avfall som på detta sätt tillförs Käppalaverket via avlopps nätet kommer att vara så liten att påverkan blir marginell. Intäkterna för den ökade gasproduktionen beräknas dock överstiga kostnaderna för omhändertagandet. Inga investeringar krävs i detta scenario vid verket. Inga särskilda tillstånd är nödvändiga.

Inte heller scenario 2abc bedöms ge en betydande påverkan på Käppalaverket. Även här bedöms gasproduktionsökningen överstiga behandlingens kostnaden i verket. Scenario 2b och 2c kommer dock att kräva vissa insatser i rötningen, slamavvattningen och gasupptraderingen. Dessa scenarier kommer också att fordra att särskilt tillstånd enligt miljöbalken söks hos länsstyrelsen.

I scenario 3 är mängden matavfall som ska behandlas betydande. I scenario 3a kommer COD belastningen att överstiga den dimensionerande mängden enligt gällande tillstånd. Driftproblem i tunnelsystemet och i verket kan inte uteslutas. Om inte det mesta av det organiska materialet som belastar det biologiska reningssteget kommer att bidra till kvävereningen som kolkälla kommer elförbrukning och driftkostnader att öka betydligt. Slammängden i detta scenario ökar med 50 %. Sannolikt krävs en omprövning av tillståndet för Käppalaverket.

Scenario 3b och c ökar belastningen på rötammarna så att en tredje rötammare är nödvändig för att klara redundansen vid underhållsåtgärder. Även i normaldrift kan det inte uteslutas att rötammarna överbelastas. I detta fall ökar gasmängden med över 50 % och uppgraderingsanläggningen kan komma att behöva utökas. Totalt bedöms investeringsbehovet till över 100 miljoner kr. Vad gäller den tredje rötammaren kommer den att behövas även om matavfall inte tillförs verket men behovet tidigareläggs med ca fem år. Särskilt tillstånd kommer att krävas i dessa scenarier.

Påverkan på utgående vatten är marginell i alla scenarier utom i 3a. Om COD antas brytas ner och inte förbrukas för kvävereningen och om vi antar samma avskiljningsgrad som i basalternativet ökar utsläppshalterna av COD, fosfor och kväve. Det är dock sannolikt att en större del av COD-mängden förbrukas för kvävereningen och att avskiljningsgraden ökar. Erfarenhetsmässigt ökar avskiljningsgraden då inkommande halt ökar. Utgående halt är, inom ett visst belastningsspann, oberoende av inkommande halt. Eftersom kvoten kol/kväve är högre i matavfallet än i normalt spillvatten är det rimligt att anta att kväveavskiljningen ökar. Effekten bör bli en lägre halt kväve i utgående vatten jämfört med basalternativet. Förutsättningen är att nitratcirkulationskapaciteten byggs ut.

Belastningen på tunnelsystemet och på Käppalaverket i scenario 3a bedöms bli så stor när insamlingen nått målet, ca 30 000 ton matavfall, att alternativet kan ge upphov till stora störningar och kan därför inte förordas. Detta alternativ ger också mindre gas än alternativ 3b och 3c.

2 Inledning

2.1 Bakgrund

Beställare av projektet är Ingrid Olsson, miljö- och utvecklingschef SÖRAB, Torsten Palmgren, teknisk chef Käppalaförbundet.

2.2 Allmän uppdragsinformation

SÖRAB och Käppala har gemensamt beslutat att initiera ett gemensamt projekt, ”BOA” (Biologisk behandling av Organiskt matavfall med hjälp av Avfallskvarnar). Projektets syfte är att utreda förutsättningarna för ökat omhändertagande av matavfall genom biologisk behandling vid Käppalas anläggningar. Utredningen har indelats i fyra delprojekt: insamling, transport, behandling och produkter. Delprojekten har sedan lagts samman i ett antal möjliga scenarier. Projektet delas upp i två etapper, där den första etappen mynnar ut i ett underlag för beslut kring framtida samarbete kring organiskt avfall. Underlaget utgörs av en rapport med en sammanställning av dagsläget då det gäller användningen av avfallskvarnar utifrån möjliga tekniker, miljöaspekter, arbetsmiljöaspekter, kvalitet, juridik och ekonomi och acceptans för systemet. Faller Etapp 1 väl ut, följer en fördjupad studie i Etapp 2 med praktiska försök där matavfall skickas till Käppalas anläggning och behandlas biologiskt.

Den totala kostnaden för Etapp 1 beräknas uppgå till 940 000 kr och SÖRAB och Käppala har ansökt och beviljats bidrag för halva denna kostnad det vill säga 470 000 kr ur landstingets miljöanslag. En projektplan för hela projektet finns framtagen.

2.3 Syfte och metod

Syftet med denna del av utredningen har varit att bedöma och beskriva konsekvenserna för behandlingen av matavfallet i Käppalaverket. Med konsekvenserna menas här både den inverkan tillskottet av matavfall har på driften av reningsverket inklusive slamhanteringen och hur behandlingen påverkar avfallet. Systemgränser för behandlingsdelen är från det avfallet lämnar förbehandlingen d v s då det malts och gjorts pumpbart, till dess produkterna slam, gas och renat avloppsvatten uppkommit. Här bedöms hur mycket mer gas som bildas och om denna mängd kan behandlas i planerad uppgraderingsanläggning. Likaså bedöms inverkan på avvattningen och den ökade mängden slam som bildas. Kvaliteten på slammet och gasen behandlas av produktgruppen medan inverkan på kvaliteten på det renade avloppsvattnet ingår i denna del.

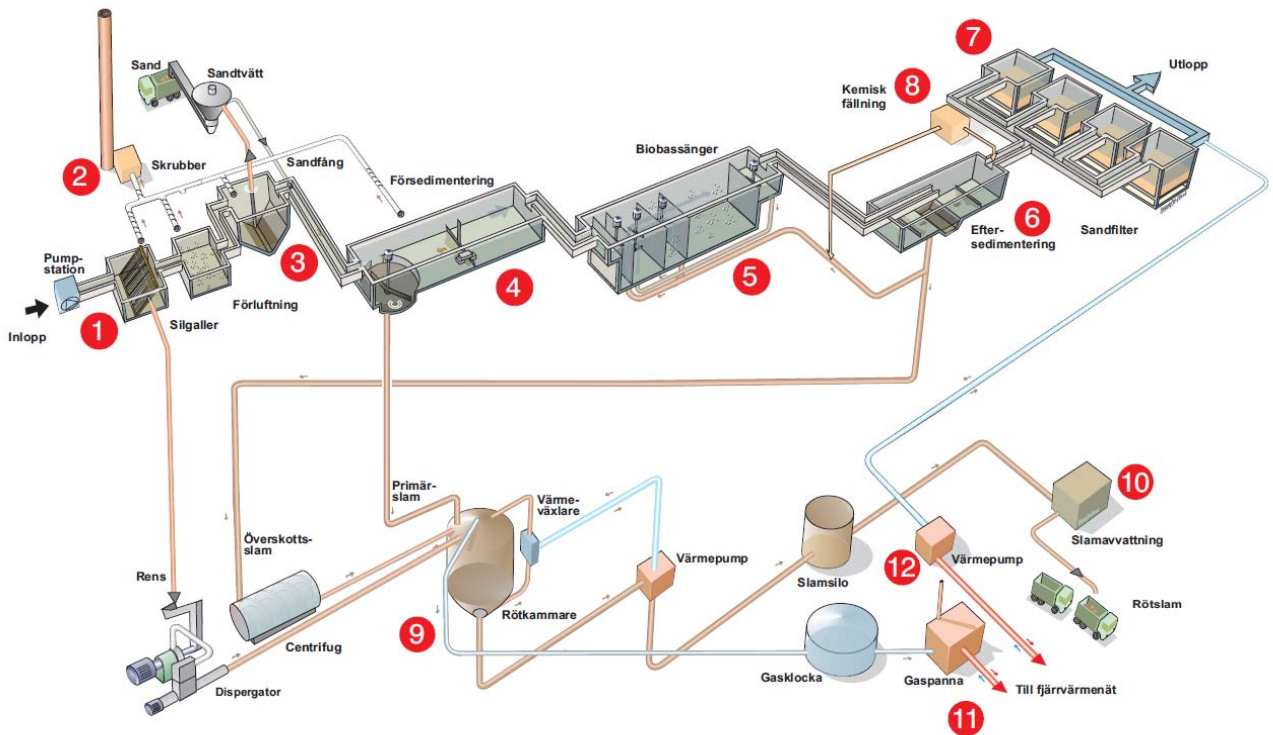
Utredningen baseras på litteraturuppgifter om avfallets sammansättning och hur avfallet påverkas av transporten till Käppalaverket med avloppsvattnet eller med bil. Påverkan på reningen har bedömts utifrån tidigare gjorda utredningar och undersökningar samt med antaganden om att den belastningsökning avfallet ger upphov till i princip uppför sig som en motsvarande belastningsökning av avloppsvatten. Där vi har egna uppgifter om effekter mm har dessa använts, i övrigt har litteraturuppgifter använts. Information om sammansättning i organiskt avfall från kvarnar har tagits från Jönsson, m fl. (2006).

Underlaget för våra bedömningar är i många fall osäkra. Vi gör, där det är lämpligt känslighetsanalyser för att kunna förutse betydande påverkan. Om anslutningen till insamling blir stor, minst 35 %, kommer mängden avfall att vara betydande med påtagliga effekter på Käppalaverket i form av ökad gasproduktion och slamproduktion.

Denna rapport är framtagen av Katarina Norén och Torsten Palmgren, Käppalaförbundet.

3 Käppalaverket

Processen för rening av avloppsvatten och omhändertagande av det producerade slammet på Käppalaverket visas i Figur 1. Reningsverket ligger insprängt i berget och ventilationsluften renas i en Skrubber (nummer 2 i Figur 1).



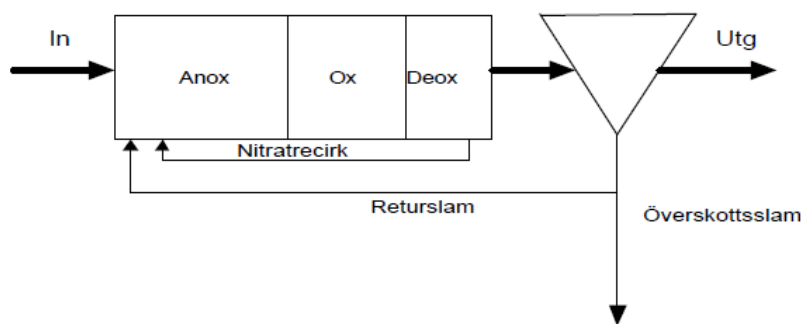
Figur 1 Reningsprocessen på Käppalaverket.

I det första steget i reningen avlägsnas fasta partiklar i 10 silgaller (1). Vattnet leds sedan genom sandfång (3) och försedimenteringsbassänger (4). Efter försedimenteringen renas vattnet från organiskt material, kväve och fosfor i en aktivslamprocess. I detta steg används både simultanfällning av fosfor med järnsulfat och biologisk fosforrening. En utförligare beskrivning av aktivslamprocessen görs i avsnitt 3.1. Vattnet leds till slutligen via eftersedimenteringsbassänger och genom till sandfilter för att sedan pumpas ut i Halvkakssundet.

I den mekaniska reningen, försedimenteringen och eftersedimenteringen, bildas slam. Detta rötas i rötkammare på verket. Denna process beskrivs mer utförligt i avsnitt 3.2.

3.1 Aktivslamprocessen

Figur 2 presenterar schematiskt aktivslamprocessen på Käppalaverket (Borglund, 2003).



Figur 2 Processutformning av aktivslamprocessen på Käppalaverket.

3.1.1 Kvävereningen

Kvävet kommer till verket till stor del i formen ammonium, NH_4^+ . I aktivslamprocessen omvandlas ammoniet till kvävgas med hjälp av olika släkter mikroorganismer. Nitritbildande bakterier omvandlar ammoniet till nitrat i ett första steg där vattnet är syresatt (*nitrifikation*). I steget efter hålls vattnet syrefritt. Andra mikroorganismer använder då nitraten istället för syre i sin respiration och omvandlar nitraten till kvävgas (*denitrifikation*). För att göra detta kräver mikroorganismerna kolkälla, det vill säga organiskt material.

På Käppalaverket är aktivslamprocessen utformad så att denitrifikationen, då nitrat omvandlas till kvävgas, sker först. Anledningen till detta är att mikroorganismerna, som kräver kolkälla för att respirera med nitrat, kan använda det organiska material som finns i avloppsvattnet. Skulle nitrifikationen ske först, skulle en stor del av kolkällan i vattnet respireras bort av bakterier med det syre som finns i vattnet. En förutsättning för nuvarande process är att en stor del av vattnet recirkuleras efter nitrifikationen till början av processen där denitrifikation sker. För att det ska finnas tillräckliga mängder med mikroorganismer i systemet sker även en recirkulation av bakterier eftersedimenteringsbassängerna.

3.1.2 Rening av organiskt material

Som beskrivet ovan används organiskt material i denitrifikationssteget som kolkälla. Det som finns kvar i vattnet bryts ner aerobt i det syresatta steget.

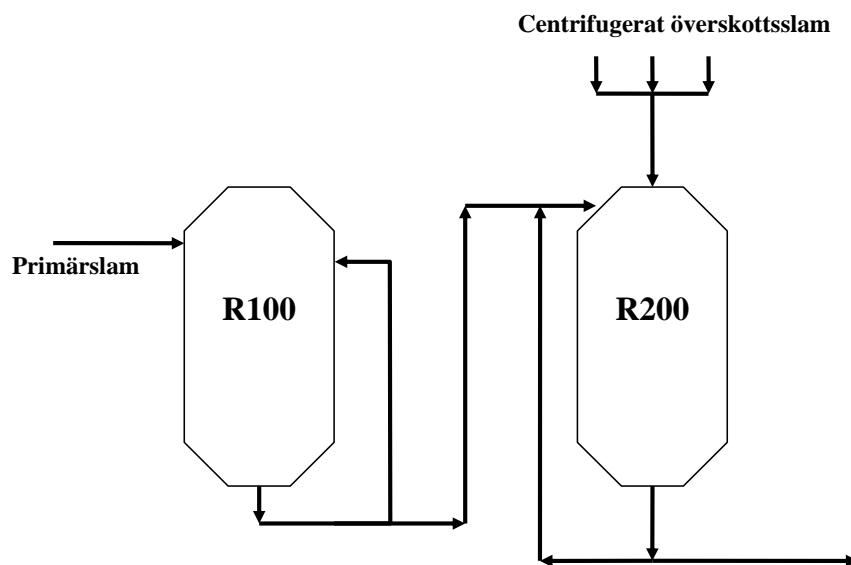
3.1.3 Fosforrening

På Käppala renas fosfor i aktivslamprocessen på två olika sätt. Två tredjedelar av verket körs med en aktivslamprocess där fosfor fälls ut med järnsulfat simultant. I den tredje delen är aktivslamprocessen utformad enligt UCT-modellen (University of Capetown-modellen). Här renas fosfor med biologisk fosforrening.

Efter eftersedimenteringen går vattnet genom sandfilter. Här doseras även järnsulfat för en extra rening av fosfor.

3.2 Rötningssteget

Det slam som kommer från mekaniska reningssteget och primärslammet från försedimenteringen pumpas till första röt-kammaren (R100). Här rötas det i 15-18 dagar och pumpas sedan till andra röt-kammaren (R200) dit även överskottsslam från eftersedimenteringen pumpas. Figur 3 visar en schematisk skiss över rötningssteget på Käppalaverket.



Figur 3 Schematisk bild av rötningssteget.

4 Beskrivning av genomförandet

Det underlag som övriga delprojekt arbetat fram i form av avfallsmängder, sammansättning och därmed tillskott av COD, fosfor och kväve till det inkommande vattnet eller direkttillförsel till röt-kammarna har matats in i kalkylblad där beräkningarna utförts. Några egna undersökningar eller försök har inte genomförts.

De antaganden och fakta som används i beräkningarna finns samlade i Tabell A i Bilaga.

4.1 Biologisk nedbrytning i avloppsledningsnätet

Det finns olika uppgifter om hur stor andel av det organiska materialet som förbrukas i ledningsnätet via respiration. Försök som gjorts i Staffanstorps visar på marginell nedbrytning av COD (Stockholm Vatten, 2007). Resultat från försök gjorda av Cedergren (2007) visar på en märkbar nedbrytning av COD i aeroba förhållanden efter 24 timmar. I ”Effekter av bruk av matavfallskverner på ledningsnett, rensanlägg och avfallsbehandling” (Aquateam, 2006) antas en nedbrytning av 1 -2,5 % BOD₇ per timme i aeroba förhållanden.

Käppalaverkets tunnelsystem är 65 km långt. Till detta tillkommer kommunernas avloppsledningar. Det har undersökts hur stor andel av glykol som släpps från Arlanda som förbrukas i avloppsledningsnätet innan det når Käppalaverket. Utvärderingen visade att 10-20 % bryts ner (Palmgren, 2008).

I denna rapport antas att 10 % av lättnedbrytbara kolföreningar (COD) bryts ner i ledningsnätet. Detta kan vara en underskattning.

4.2 Mekanisk rening och försedimentering

På Käppalaverket används som nämnts silgaller för att rena vattnet från grova partiklar. Vattnet passerar sedan genom sandtvätt och försedimenteringsbassänger. Både rens och primärslam från försedimenteringen går till första röt-kammaren och rötas tillsammans. På grund av detta kommer mekanisk rening och försedimentering räknas som ett steg i denna rapport.

I den mekaniska reningen och försedimenteringen antas 60 % av det fasta materialet i vattnet avskiljas (Stockholm vatten, 2008 och Aquateam, 2006). Detta leder till antagandet att 60 % av det som är partikulärt bundet i det organiska materialet försvinner som primärslam och att 40 % går till den biologiska reningen. 100 % av det lösta materialet från det organiska avfallet antas gå vidare till den biologiska reningen.

Tabell 1 visar hur stor andel av det organiska materialet i kväve, fosfor och COD som är löst.

	Andel (%)	
Malt i köksavfallskvarn	Malt i centralkvarn	
Kväve	16	11
Fosfor	14	11
COD	5	i.u

Tabell 1 Andel löst del av kväve, fosfor och COD från matavfall.

När slam som rötats avvattnas, följer en del kväve och fosfor med det avvattnade vattnet och pumpas tillbaka till vattnet innan försedimenteringen. I beräkningar antas det att kväve och fosfor, från organiskt matavfall, följer med rejektvatten i lika hög grad som det kväve och fosfor som sedimenterats i Käppalaverket. Ca 15 % av totalt inkommande kväve antas komma tillbaka i rejektvatten och ca 10 % av totalt inkommande fosfor.

4.3 Biologisk rening

Den ökade belastningen av kväve och fosfor till verket antas inte förändra aktivslamprocessen nämnvärt. Ökningar av elförbrukning (för luftning) samt järntillsats (för utfällning av fosfor) har beräknats kräva lika mycket som den befintliga processen räknat per kg parameter.

I denitrifikationssteget i aktivslamprocessen förbrukas som nämnts kolkälla. På Käppalaverket tillsätts ingen extern kolkälla utan processen är utformad sådan att denitrifikationssteget är det första steget varför inkommande ”färsk” kolkälla kan användas. Det antas att den största delen av den lättillgängliga kolkällan i inkommande avloppsvatten förbrukas.

Organiskt material från avfallskvarnar har en hög kol-kväve kvot. Därför har det antagits att COD från matavfall kommer att användas i denitrifikationssteget och ge en positiv nettoeffekt på reningen. Hur mycket COD som förbrukas beror på pumpkapaciteten för att recirkulera vatten till denitrifikationssteget. I de fall belastningen blir hög kommer COD att brytas ner aerobt. I avsnitt 6.4 visas två scenarier där olika mängd COD går åt i denitrifikationen.

4.4 Eftersedimentering

Tillskott av organiskt material från avfallskvarnar förväntas inte påverka sedimenteringsegenskaperna.

4.5 Avvattning

Det är troligt att ett stort tillskott av organiskt material från avfallskvarnar kommer att påverka avvattningen. Detta beror både på den ökade belastningen och då på grund av att andelen kemslam (järnfosfat) minskar i överskottsslammet. Biologiskt överskottsslam är erfarenhetsmässigt svårt att avvattna. Vad ovan nämnda förändringar skulle kosta i energi och kemikalier är dock svårt att uppskatta.

4.6 Biogasproduktion

Alla scenarier utgår från att organiskt material samrötas med avloppsslam i befintliga röttkammare. De data som använts för att beräkna gasproduktioner finns beskrivna i Tabell 2.

	Specifik gasproduktion (Nm ³ biogas/kg VS)	Specifik metangasproduktion (Nm ³ metangas/kg VS)
Primärslam	0,65	0,35
Överskottsslam	0,3	0,15
Matavfall	0,8	0,38

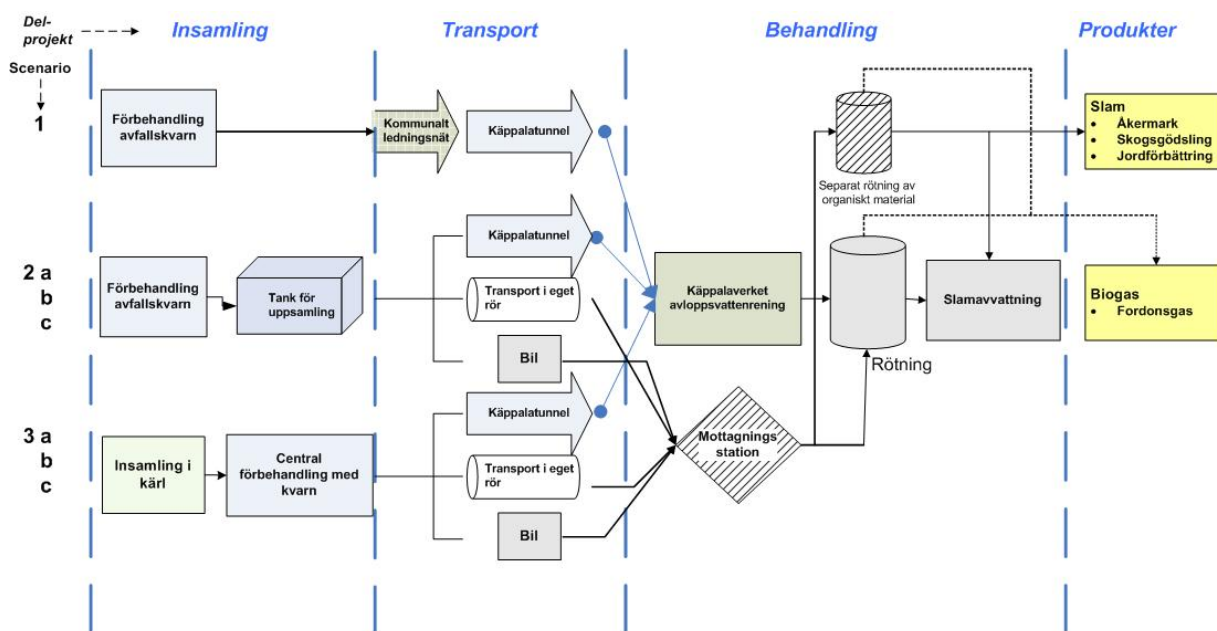
Tabell 2 Specifik gasproduktion för de substrat som används i beräkningarna.

Som tabell 2 visar erhålls mer gas per mängd organiskt material vid rötning av organiskt avfall jämfört med avloppsslam. Däremot innehåller denna gas mindre mängd metan och alltså mindre energi. I avsnitt 5.5 har producerad mängd biogas beräknats och i avsnitt 5.6 producerad mängd metangas.

Samrötning av avloppsslam och organiskt avfall antas ge en positiv effekt på rötningen (Palmgren, 2009). Detta tas inte med i några beräkningar.

De olika scenarierna och avfallsmängder

Figur 3 visar olika scenarier för insamling, transport och behandling av matavfall.



TEKNIK MILJÖ ARBETSMILJÖ EKONOMI KVALITET JURIDIK ACCEPTANS

Figur 3 De olika scenarierna i BOA-projektet.

De olika scenarierna beräknas generera olika stor mängd matavfall. I Tabell 3 listas de avfallsmängder som är beräknade för 2015 (Skoglund, 2009).

Scenario	Ton TS/år ¹	Personekvivalenter ²
1	374	15 000
2	1 128	45 300
3	8 583	344 800

Tabell 3 Prognoser för mängder matavfall från de olika scenarierna.

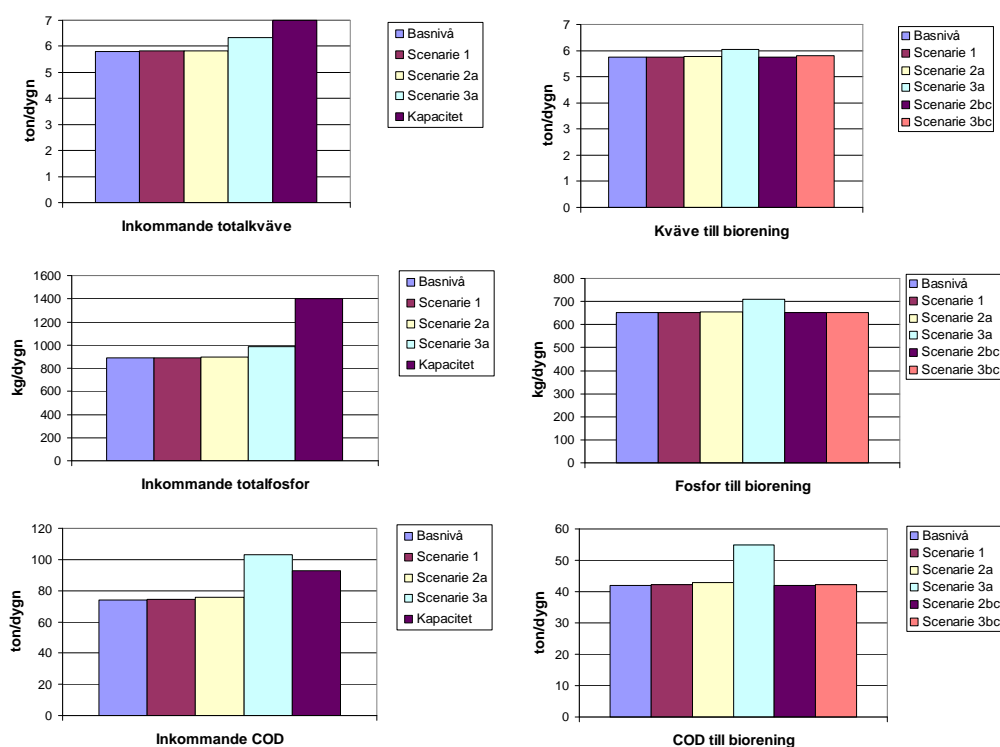
I beräkningarna har data om sammansättningen i det organiska avfallet från köksavfallskvarnar och centrala kvarnar använts från Jönsson (2005). Informationen finns beskriven i Tabell B, Bilaga.

5 Resultat

Resultatet i denna rapport presenteras visuellt. Resultatet i siffror finns i Tabellerna C - I, i Bilaga.

5.1 Ökad belastning på Käppalaverkets reningsprocess

Figurerna nedan visar mängd inkommande kväve, fosfor och COD för de olika scenarierna. Både skattad ökning för inkommande mängder samt ökad belastning på det biologiska reningssteget redovisas. I Scenario 2bc och 3bc transporteras matavfallet till reningsverket med bil eller pipeline och ökar inte belastningen på inkommande vatten. Däremot kommer belastning att öka från det vatten som kommer från avvattningen av slam. Rejektvatten från avvattningen leds till försedimenteringen och ökar belastningen på det biologiska reningssteget på biologiska steg.



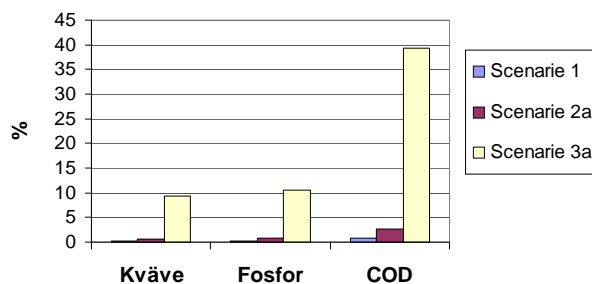
Figur 4 De olika scenariernas förväntade påverkan på inkommande belastning och belastning

¹ Från Skoglund (2009)

² Beräknat med data från Jönsson (2005) om hur mycket TS en p.e producerar per år.

I figurerna syns att belastningen ökar kraftigt i Scenario 3a. För COD-belastningen överskrider den gräns som reningsverket är dimensionerat för. Hur denna ökning skulle påverka reningen beror på hur stor del av COD som används i denitrifikationen och hur mycket som bryts ner aerobt i det biologiska steget. Cedergren, (2007) visar att kvoten COD/BOD sjunker vid tillförsel av matavfall vilket innebär att det i matavfallet finns större andel lättillgänglig kol som bör förbättra denitrifikationen. I avsnitt 5.3 och 5.4 visas olika utfall av hur COD används i reningsverket.

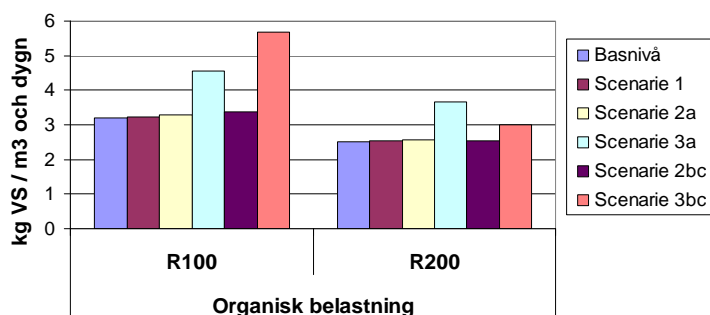
Figur 3 visar procentuell ökning av fosfor, kväve och COD till inkommande vatten för scenarierna där det organiska matavfallet transporteras i tunnelsystemet.



Figur 5 Ökning i inkommande vatten.

5.2 Påverkan på Käppalaverkets slambehandling

Organisk belastning innebär hur mycket organiskt material som tillförs röt-kammaren per tidsenhet och volym. Det finns ingen exakt gräns för hur hög belastningen kan bli, men en för hög belastning leder till att materialet inte rötas ut tillräckligt och processen kan bli ostabil. För nuvarande driftfall på Käppalaverket är belastningen på R100 ca 3 kg VS / m³ och dygn och 2,5 kg VS / m³ och dygn för R200. I enstaka fall når belastningen 4 kg VS / m³ och dygn. Figur 6 visar beräknad ökad organisk belastning för de olika scenarierna. I alla scenarier 3 bedöms den organiska belastningen bli så hög att den kommer att kräva åtgärder för befintlig process.



Figur 6 Beräknad ökning av organisk belastning.

Efter rötningen följer slamavvattningen som idag är en flaskhals i processen. Som nämnts tidigare kommer en ökning i mängd organiskt material till verket att minska andelen kemslam i överskottsslammet vilket antas försvåra avvattningen.

För scenario 3 (både då avfallet kommer via tunnel, pipeline eller bil) kommer de beräknade mängderna matavfall öka belastningen på slamavvattningen så mycket att befintlig kapacitet inte är tillräcklig.

	Rötat slam (ton TS/år)	Ökning (%)
Basnivå	8 500	
Scenario 1	8 560	1
Scenario 2a	8 720	3
Scenario 3a	11 990	41
Scenario 2bc	8 600	1
Scenario 3bc	10 200	20

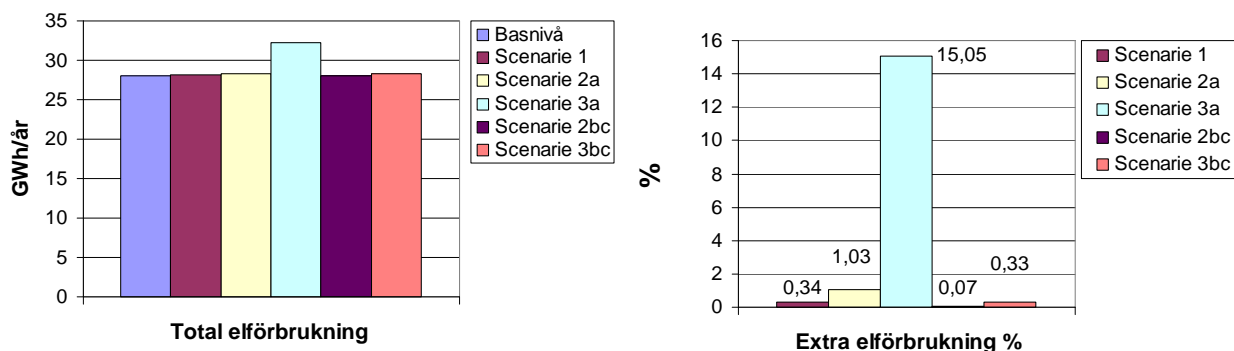
Tabell 4 Slammängder till avvattning

5.3 Påverkan på el och kemikalieförbrukningar

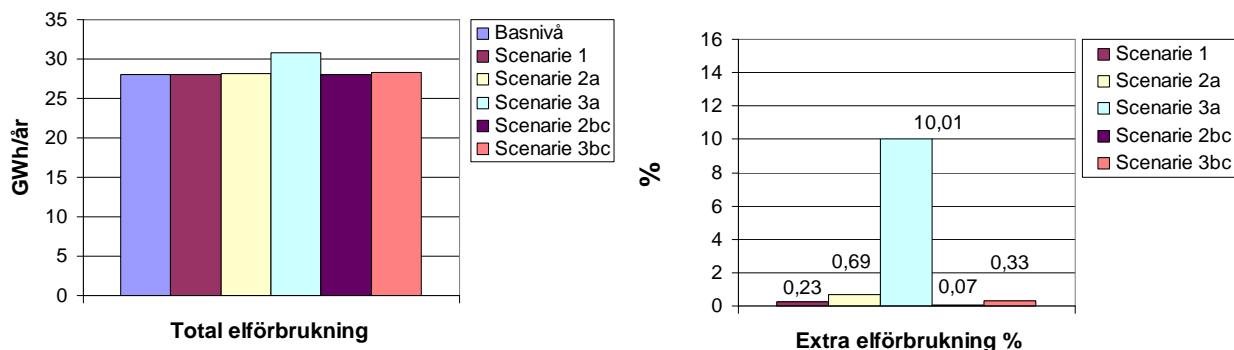
Elförbrukningen redovisas i tre olika fall:

- 1) 100 % av COD från matavfallet som går till bioreningen bryts ner aerobt
- 2) 50 % av COD från matavfallet som går till bioreningen bryts ner aerobt
- 3) 0 % av COD från matavfallet som går till bioreningen bryts ner aerobt (all COD förbrukas i denitrifikationen)

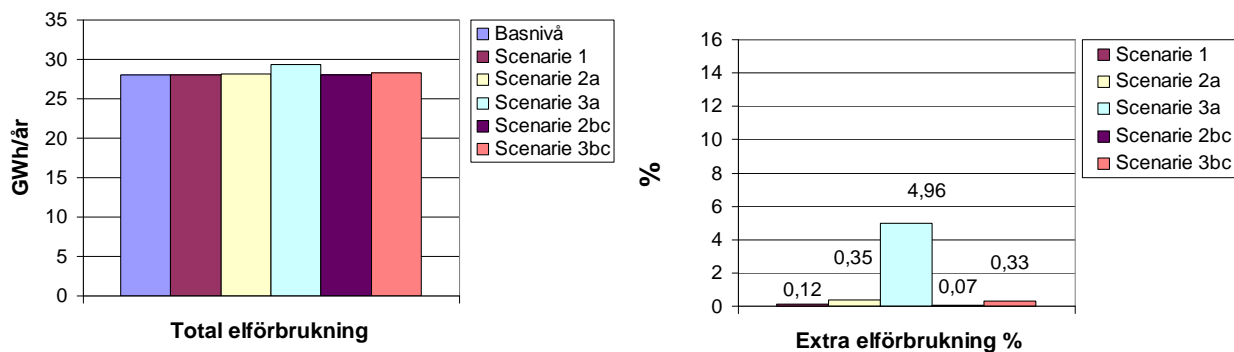
Varken fall 1 eller 3 är sannolikt, men presenteras för att visa inom vilka gränser resultatet hamnar.



Figur 7 Beräknad elförbrukning för fall 1.

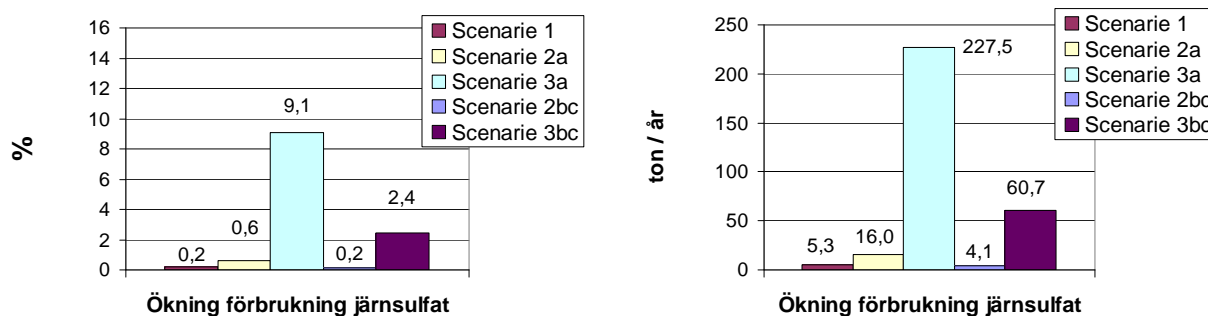


Figur 8 Beräknad elförbrukning för fall 2.



Figur 9 Beräknad elförbrukning för fall 3.

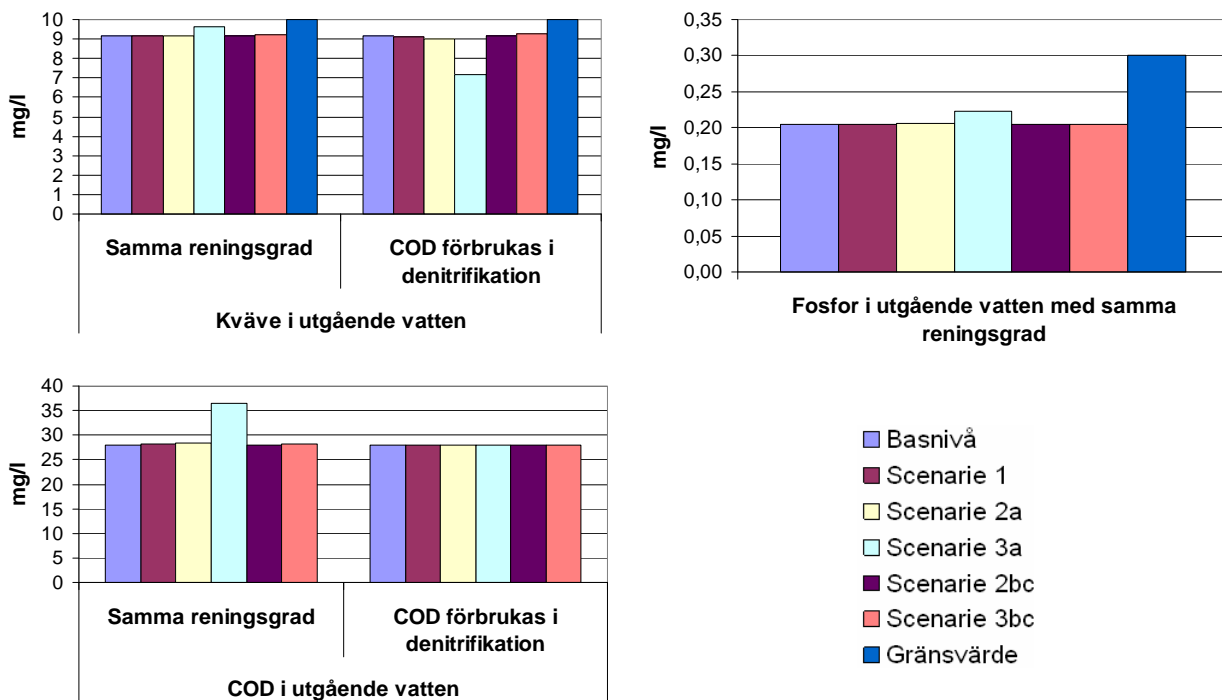
Figur 10 visar beräknad ökning av järnförbrukningen som beror på den ökade belastningen av fosfor.



Figur 10 Beräknad ökning av järnförbrukning.

5.4 Påverkan på Käppalaverkets utsläpp

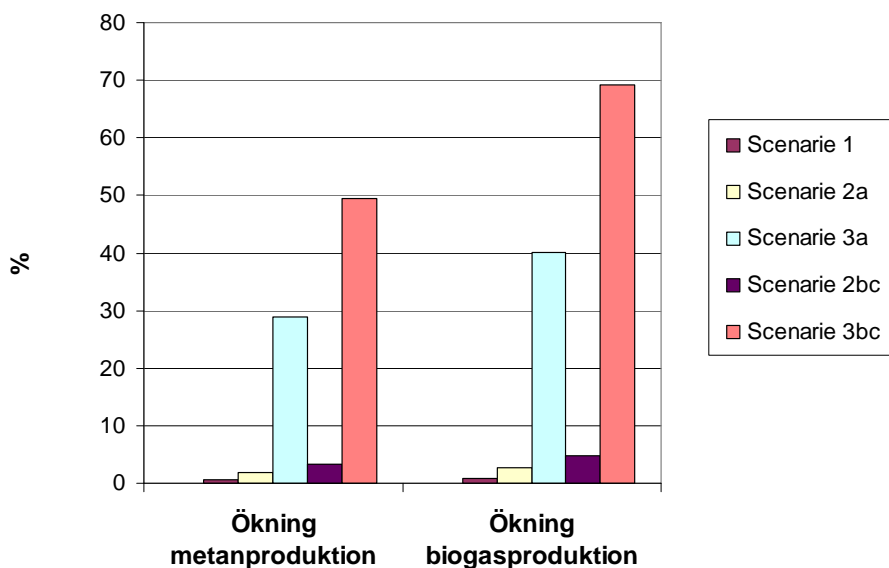
Figurerna nedan visar hur utsläppen till recipienten ser ut för de olika scenarierna. Utsläppen av kväve och COD har beräknats på två sätt. I ena fallet antas reningsgraden vara densamma. I andra fallet antas all COD från matavfall förbrukas i denitrifikationssteget i aktivslamprocessen och således förbättra kvävereningen. I Figur 11 visas det ”bästa” och det ”värsta” scenariot. Sannolikt hamnar verkligheten någonstans där emellan. För Scenario 3 väntas en förbättrad denitrifikation men en ökning av COD-utsläpp.



Figur 11 Beräknad ökning av utsläpp till recipient för de olika scenarierna.

5.5 Påverkan på biogasproduktion

Figur 12 visar beräknade ökning av biogas- och metanproduktionen. Det bör noteras att organiskt avfall ger en högre andel koldioxid i biogasen. Beräkningarna presenteras i relativa värden. Resultatet i siffror finns i Bilaga 5.



Figur 12 Beräknad ökning av biogasproduktion.

I Scenario 3 är ökningen av biogasproduktionen betydande relativt de andra scenarierna. Hur mycket gas som produceras i Scenario 3 varierar beroende på de ansatser som gjorts om hur det organiska matavfallets påverkas i verket. Då det handlar om så stora mängder har en känslighetsanalys gjorts. Den presenteras i avsnitt 5.6.

5.6 Känslighetsanalys för biogasproduktionen - Scenario 3a

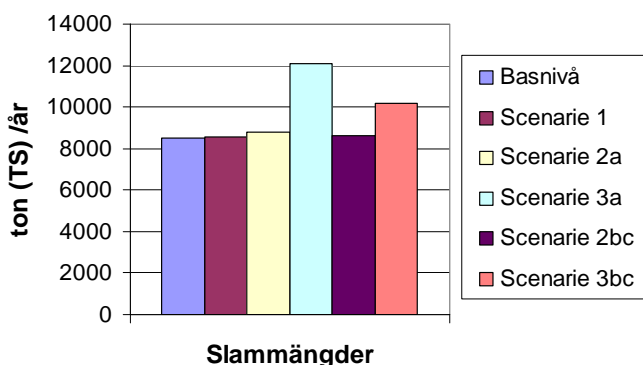
Biogaspotentialen i det organiska avfall påverkas av hur mycket som bryts ned i ledningsnätet och hur mycket som leds vidare med vattnet till det biologiska reningssteget där det antingen används i denitrifikationen eller luftas bort. De grundantaganden som använts är att 10 % av biogaspotentialen försvinner i ledningsnätet och att 40 % av det organiska förbrukas i den biologiska reningen.

I Scenario 1 och 2 antas så små mängder komma från organiskt avfall att dessa ger en marginell ökning av biogasproduktionen. En känslighetsanalys av dessa scenarier blir inte utslagsgivande. I scenario 3 däremot varierar slutresultatet med olika antaganden och det blir nödvändigt med en känslighetsanalys.

Med grundantagandet kommer matavfallet att bidra till att biogasproduktionen ökar med 2,4 miljoner m³ biogas på ett år, en ökning med 36 %. I ett "bästa" scenario, sett ur hur mycket biogas som produceras, försvinner ingenting i ledningsnätet och 40 % går till biosteget. I detta fall ges en ökning på 40 % d v s 2,6 miljoner m³ biogas årligen. I ett "sämsta" scenario, försvinner 25 % i ledningsnätet och 60 % går till biologiska reningen. I ett sådant scenario ökar produktionen med 1,4 miljoner m³ årligen, en ökning på drygt 22 %.

Det är mer sannolikt att verkligheten hamnar närmre grundantagandet än ett "sämsta" scenario.

5.7 Påverkan på slammängder



Figur 13 Beräknad ökning av slammängder.

I Figur 13 visas beräknade mängder slam uttryckt i ton TS. För resultatet i siffror, se bilaga 5. TS-halten i slammet antas vara 38 % vilket är det TS som en förbättrad slamavvattning förväntas producera. Hur mycket vatten som i verkligheten finns i slammet beror på hur avvattningssteget klarar en ökning och förändring av slamegenskaperna. Dessa går inte nu att uppskatta. Däremot är det som nämnts ovan tydligt att det i Scenario 3 krävs en utbyggnad av slamavvattningen.

Som går att se i Figur 13 produceras mindre mängd slam i Scenario 3b och c än i 3a. Detta beror på att det organiska matavfallet i scenario 3a går igenom verket och att 40 % av VS kommer till rötningssteget som överskottslam. Detta slam kommer inte att utrötas i alls lika hög grad som rent organiskt material (Scenario 3b och c) och en större andel slam blir kvar.

I beräkningarna om slamproduktion har det antagits att det produceras lika stor andel slam som befintlig process producerar. Det tas inte någon hänsyn till en eventuell ökning av respirationen i det biologiska steget vilket skulle leda till en avgång av CO₂ och minskade mängder slam.

6 Förslag på åtgärder/kostnadsbedömning

6.1 Åtgärder

Scenario 1 kommer endast marginellt påverka driften av tunnelsystemet och Käppalaverket. Några särskilda åtgärder bedöms inte behövas i förbundets del av systemet. Scenario 2 ger en något högre påverkan. Scenario 2a medför en ökad belastning på den mekaniska och den biologiska reningen men den bedöms rymmas inom befintlig kapacitet. Däremot medför scenario 3a en väsentligt ökad belastning på den mekaniska reningen. En förstärkning av renshantering och omhändertagandet av primärslammet kan komma att behövas. För det biologiska reningssteget betyder också scenario 3a en betydande påverkan. Det kommer sannolikt att behövas en förstärkning av nitratreturpumpningen så att tillkommande kolkälla kan utnyttjas optimalt. En noggrannare beräkning av det ökade syrebehovet behöver också göras.

Scenario 2bc och 3bc ökar belastningen på rötningen och den efterföljande slamhanteringen. Redan idag är rötningen en trång sektor eftersom det bara finns två rötkammare. Orsaken är att det finns behov av underhåll på dessa och vi dessa tillfällen finns bara en att tillgå. När mängden kommer upp i den prognostiserade kommer en tredje rötkammare att behöva byggas. Slamavvattningen behöver sannolikt också förstärkas. Den kraftigt ökade gasmängden i scenario 3bc kan komma att kräva förstärkning av uppgraderingsanläggningen eller så måste andra alternativ för rötgasen att tas fram. Sådana alternativ kan vara gaspannor, produktion av värme, gasmotorer för elproduktion eller direktdrivning av blåsmaskiner.

6.2 Kostnadsbedömning

6.2.1 Driftkostnader/intäkter

I tabell 5 redovisas de ökade driftkostnaderna för behandlingen av matavfallet i de olika scenarierna samt en uppskattning av vad den ökade gasproduktionen kan inbringa. I samtliga scenarier är resultatet positivt.

	1		2a		2bc		3a		3bc	
	ökning %	tkr	Ökning %	tkr	Ökning %	tkr	Ökning %	tkr	Ökning %	tkr
El	< 1	< -50	< 1	< -50	< 1	< -50	5 – 15	-300 – -800	< 1	< -50
Slam	1	-100	7	-700	7	-700	50	-4 500	25	-2 250
Fällningsmedel	< 1	< -10	< 1	< -10	< 1	< -10	10	-100	2,5	-25
Rötgas	3	750	5	1 250	5	1 250	40	7 500	70	13 000
Summa		490		490		490		2 100 – 2 600		10 675

Tabell 5 Ökade driftkostnader i de olika scenarierna.

6.2.2 Investeringar/kapitalkostnader

I tabell 6 nedan görs en uppskattning av nödvändiga investeringar i de olika scenarierna vad gäller behandlingen i Käppalaverket.

	1 tkr	2a tkr	2bc tkr	3a tkr	3bc tkr
Mekanisk rening	0	0	0	5 000	0
Biologisk rening	0	0	0	5 000	0
Rötning	0	0	5 000	5 000	75 000
Slamavvattning	0	0	5 000	15 000	10 000
Gasuppgradering	0	0	5 000	5 000	25 000
Summa	0	0	15 000	35 000	110 000

Tabell 6 Uppskattning av investeringar.

I tabellen är upptagna investeringar schablonmässigt bedömda. Vilka åtgärder som måste vidtas har inte närmare utretts. Tabellen får därför bara tolkas som indikation på att en investering sannolikt är nödvändig och dess relativa storlek.

7 Legala frågor

Förbundet har ett tillstånd enligt miljöbalken för verksamheten som är från 1993. Slutliga villkor, utsläppsvillkor, fastställdes av miljööverdomstolen 2003. Något tillstånd att ta emot och behandla matavfall har förbundet inte. Däremot, om matavfallet mals och leds via tunnelsystemet till verket, betraktas det malda avfallet som avloppsvatten och något särskilt tillstånd krävs inte under förutsättning av den ökade belastningen ryms inom verkets dimensionering. Detta gäller både om det är fråga om köksavfallsquarn i hushåll eller en central quarn. Scenario 1 innebär bara en marginell ökning av belastningen så dimensionerande värden kommer inte att överskridas målet 2015. Inte heller scenario 2a innebär en sådan ökad belastning att villkoren överskrids. Däremot ökar belastningen av COD i scenario 3a så mycket att dimensionerande värde överskrids 2015 om insamlingen uppnår målvärdet. Scenario 3a kan komma att innebära en total omprövning av förbundets verksamhet. Denna omprövning kommer att bli omfattande eftersom den sannolikt inte kan begränsas till bara en villkorsändring.

I det fall det malda avfallet körs med bil till verket eller leds via pipeline så krävs särskilt tillstånd enligt förordningen (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd punkt 90.160 *Anläggning för biologisk behandling av annat avfall än farligt avfall om den tillförda mängden avfall är större än 500 ton per kalenderår. Tillstånd skall sökas hos länsstyrelsen. Om mängden är större än 100 000 ton skall tillstånd sökas hos miljödomstolen.* Tillståndprocessen tar normalt minst ett år i anspråk.

8 Miljönyttan - biogas istället för diesel

I en rapport av Hammarskog (2006) jämfördes miljönyttan för olika användning av den biogas som produceras på Käppalaverket. Miljönyttan beräknades i ett scenario där en årsproduktion av biogas, som förädlats till fordonsbränsle, ersatte lika mycket energi diesel. De aspekter som användes i beräkningarna var utsläpp av koldioxid (globala effekter), NO_x (lokala effekter) och utsläpp av partiklar (lokala effekter). Miljönyttan för en årsproduktion biogas från Käppalaverket som ersatte lika mycket energi diesel beräknades till 13,7 miljoner kronor.

Om det antas att organiskt material som ger 0,38 Nm³ metangas per kg VS rötas på Käppalaverket skulle miljönyttan per kg organiskt material vara 1,42 kronor (se tabell 7 för underlag till beräkningen). I beräkningarna är det inte inräknat transport av organiskt material till Käppalaverket.

Den totala miljönyttan för de olika scenarierna blir svår att uppskatta då det finns många aspekter att väga samman för en sådan slutsats. Därför görs denna inte här.

Miljönytta i en kWh biogasenergi	0,44 kronor
Energiinnehåll i en normalkubikmeter metangas	10 kWh
Specifik metangasproduktion för organiskt matavfall	0,38 Nm ³ per kg VS
VS-halt i 1 kg organiskt matavfall	84,9 %

Tabell 7 Underlag för beräkning av miljönytta.

9 Referenslista

Aquateam, (2006), *Effekter av bruk av matavfallskverner på ledningsnett, renseanlegg og avfallsbehandling*, Aquateam, Norsk vannteknologisk senter A/S, Rapport nr: 05-079

Borglund, (2003), *Studie av kombinert kemisk- och biologisk fosforrening på Käppalaverket, Stockholm*, Examensarbete i Miljö och vattenteknik, Uppsala Universitet, UPTEC W 03 003

Cedergren, (2007), *Köksavfallskvarnars betydelse för reningsverk*, KTH

Hammarlund, (2006), *Käppalaförbundets biogas –alternativa användningar*, (Intern rapport)

Jönsson, Baky, Jeppsson, Hellström, Kärrman, (2005), *Composition of urine, faeces, greywater and biowaste for utilisation in the URWARE model*, Urban water report 2005:6, ISSN 1650-3791

Käppalaverket, (2008), *Miljörapport Käppalaförbundet 2007*, Stockholm, www.kappala.se

Leksell, (2005), *Käppalaverkets nuvarande och framtida rötningskapacitet –en studie i labbskala*, Examensarbete, UPTEC W 05 038,

Stockholm vatten, (2008), *Köksavfallskvarnar i Stockholm*, www.stockholmvatten.se

Muntliga källor

Palmgren Torsten, (2009), Käppalaverket

Skoglund, Charlotta, (2009), SÖRAB/Grontmij AB

10 Bilagor

Bilaga 1 Antaganden för beräkningarna

Bilaga 2 Sammansättning av matavfall

Bilaga 3 Beräknade mängder COD i avloppsvattnet för de olika scenarierna.

Bilaga 4 Beräknade mängder totalkväve i avloppsvattnet för de olika scenarierna.

Bilaga 5 Beräknade mängder fosfatfosfor i avloppsvattnet för de olika scenarierna.

Bilaga 1 Antaganden för beräkningarna.

Avskiljning i försedimenteringen:	60	% av COD i organiskt material
	0	% av löst COD i organiskt material
	0	% av löst kväve
	60	% av organiskt bundet kväve
	11	% av kväve i rejektivatten
	0	% av löst fosfor
	60	% av organiskt bunden fosfor
	0	% av fosfor i rejektivatten
Tillbaka i rejektivatten:	10	% av inkommande totalkväve
	17	% av inkommande totalfosfor
Utrötningsgrad organiskt matavfall	0,80	Rötbart slam/totalt slammängd
Specifik gasproduktion organiskt matavfall	0,7	m3 biogas/kg slam
Specifik gasproduktion organiskt matavfall*	0,8	m3 biogas/kg slam om 100 % utrötat
	0,3	m3 metan/kg slam om 100 % utrötat
Specifik gasproduktion överskottsslam	0,3	m3 biogas/kg slam
Utrötningsgrad överskottsslam	0,2	Rötbart slam/totalt slammängd
Specifik gasproduktion primärslam	0,6	m3 biogas/kg slam
Utrötningsgrad primärslam	0,65	Rötbart slam/totalt slammängd
Energiinnehåll (1m3 biogas, 60% metan)	6	kWh

* Från utrötningsförsök av Leksell (2006)

Bilaga 2 Sammansättning i matavfall (Jönsson, 2005).

Belastning	Köksavfallskvarn (Scenario 1 och 2) g/p.e,dag	Centralkvarn (Scenario 3) g/p.e,dag
Ntot	0,81	1,57
NH3,NH4	0,09	0,18
NO3	0	0
Nsol.org	0,04	0
Npart.org	0,68	1,39
Ptot	0,14	0,27
PO4	0,02	0,03
Porg	0,12	0,24
CODtot	48	93,81
CODsol.bio*	1,3	
CODsol.in	1,1	
CODpart.bio	25,1	
CODpart.in	20,5	
TS	35,2	68,2
TSS	33,4	
VS	29,9	57,9
BOD7	17,2	
sol=löst, part=partikelbundet, bio=organiskt		

Bilaga 3 Beräknade mängder COD i avloppsvattnet för de olika scenarierna.

Resultat

Tabellerna nedan presenterar resultaten i siffror. Resultaten grundas på årsmedelvärden och presenteras i per dag eller per år.

	COD (ton/d)		COD i utgående vatten	
	Inkommande	Till biorening	Samma reningsgrad	All COD förbrukas i denitrifikation
Basnivå	74	42	4,1	4,1
Scenario 1	75	42	4,1	4,1
Scenario 2a	76	43	4,2	4,1
Scenario 3a	103	55	5,4	4,1
Scenario 2bc	74	42	4,1	4,1
Scenario 3bc	74	42	4,1	4,1

Tabell A Beräknade mängder totalkväve i avloppsvattnet för de olika scenarierna.

	Tot-N (ton/d)		Tot-N i utgående vatten (ton/d)	
	Inkommande	Till biorening	Samma reningsgrad	All COD förbrukas i denitrifikation
Basnivå	5,8	5,7	1,3	1,3
Scenario 1	5,8	5,7	1,3	1,3
Scenario 2a	5,8	5,8	1,3	1,3
Scenario 3a	6,3	6,0	1,4	1,1
Scenario 2bc	5,8	5,7	1,3	1,3
Scenario 3bc	5,8	5,8	1,4	1,4

Bilaga 4 Beräknade mängder fosfatfosfor i avloppsvattnet för de olika scenarierna.

	Fosfatfosfor (PO4-P) (kg/d)		Fosfatfosfor (PO4-P) i utgående vatten (kg/d)
	Inkommande	Till biorening	Utgående
Basnivå	500	651	30
Scenario 1	500	653	30
Scenario 2a	501	656	30
Scenario 3a	510	711	33
Scenario 2bc	500	652	30
Scenario 3bc	500	667	31

Bilaga 5 Beräknad biogasproduktion för de olika scenarierna.

	Biogasproduktion	Ökning	Metanhalt
	Miljoner Nm³/år	%	%
Basnivå	5,9		60
Scenario 1	6,0	1	60
Scenario 2a	6,1	3	60
Scenario 3a	8,3	40	55
Scenario 2bc	6,2	5	59
Scenario 3bc	10,0	69	53

Beräknad metangasproduktion för de olika scenarierna.

	Metanproduktion	Ökning	
	Miljoner Nm³/år	metanproduktion	
		%	
Basnivå	3,5		
Scenario 1	3,6	0,65	
Scenario 2a	3,6	1,96	
Scenario 3a	4,6	28,92	
Scenario 2bc	3,7	3,35	
Scenario 3bc	5,3	49,43	

Beräknade slammängder för scenarierna i verkets olika steg.

	PS / rens	Bioslam	Rötat slam	Avvattnat slam	Avvattnat slam
				Slam TS=22 %	Slam TS=40 %
	TS (ton/d)	TS (ton/d)	TS (ton/år)	(ton/år)	(ton/år)
Basnivå	30,6	15,7	8490	38570	21216
Scenario 1	30,9	15,9	8570	38930	21410
Scenario 2a	31,4	16,3	8720	39650	21810
Scenario 3a	36,8	24,1	11990	54490	29970
	Org mat.				
	(ton/d)				
Scenario 2bc	32		8600	39100	21510
Scenario 3bc	54		10200	46380	25510

Beräknad sammansättning av överskottsslammet från den biologiska reningen.

	Andel kemslam av bioslam		Andel bioslam av	
	(beräknat utifrån fosfor i biosteg)		totala slammängder	
	Kemslam		Ökning	
	(III)	Andel (III)	(III)	
	TS (ton/d)	%	%	%
Basnivå	6,8	43		34
Scenario 1	6,8	43	-1,1	34
Scenario 2a	6,8	42	-3,3	34
Scenario 3a	7,0	29	-33,2	40

