



Slam från små avloppsanläggningar i kretslopp

Susanne Paulrud, Bo von Bahr, Anna Wallertz, Håkan
Rosenqvist

Rapport 2017:33

Slam från små avloppsanläggningar i kretslopp

Susanne Paulrud, Bo von Bahr, Anna Wallertz, Håkan
Rosenqvist

Abstract

Sludge from small sewage plants in a loop

The project aimed at locally investigate the availability of suitable sludge products from small sewage plants in the area of Alberga, Bålgviken and Näshulta in the municipality of Eskilstuna for a placement of a hygienic composting machine (ICM). Furthermore, the project included an investigation of the economic potential of a local solution as well as an overall calculation of the local environmental benefits of the cycle.

Key words: Avloppsslam, enskilda avlopp, kompostmaskin, hygienisering

RISE Research Institutes of Sweden

Rapport 2017:33

ISSN 0284-5172

Borås, 2017

Innehåll

Abstract.....	3
Innehåll.....	4
Förord.....	6
Sammanfattning	7
1 Inledning	8
1.1 Syfte och mål	9
2 Enskilda avlopp.....	9
3 Lokal tillgång på slam från små reningsverk och enskilda avlopp	11
3.1 Näshulta	11
3.2 Alberga	13
3.3 Bälgviken.....	14
3.4 Exempel på åtgärdat område	15
3.5 Slammängder	17
4 Kretsloppsanpassat system	16
4.1 Hygienisering	16
4.2 Beskrivning av ICM-processen	16
4.3 Slam som gödsel och jordförbättring.....	18
4.3.1 Naturvårdsverkets fosforuppdrag	19
5 Ekonomisk analys	20
5.1 Indata till beräkningarna	20
5.1.1 Förutsättningar för beräkning av intäkt från råvara	20
5.1.2 ICM-processen	21
5.1.3 Näringsämnen i avloppsfraktioner och hästgödsel.....	21
5.2 Resultat	23
5.2.1 Intäkt och hämtningskostnaden för råvara.....	23
5.2.2 Kostnadsberäkningar för ICM-processen	23
5.2.3 Värde av kompostjord som sprids på åkermark	24
5.2.4 Sammanställning av intäkter och kostnader.....	25
5.2.5 Känslighetsanalyser.....	26
6 Miljöanalys	28
6.1 Beräkningsförutsättningar och indata	28
6.2 Resultat miljöanalys.....	32
7 Alternativt kretsloppssystem	33
7.1 Användning av gödselbrunnar och ureabehandling.....	33
8 Lagar och andra bestämmelser	34
9 Slutsatser	36
10 Referenser	37

Bilaga 1.....	38
----------------------	-----------

Förord

Projektet har finansierats av Havs- och vattenmyndigheten genom anslag 1:11 Åtgärder för havs- och vattenmiljö. Det operativa arbetet har letts av RISE Research Institutes of Sweden och TM Grandin på uppdrag av Näshulta LRF förening, som har varit projektägare. Övriga aktörer som har deltagit och medfinansierat är Eskilstuna kommun, Rekarne Bioenergi AB, TM Grandin AB och tre lantbruksföretag, Åstorp, Haneberg och Magda.

Sammanfattning

Enskilda avlopp är idag, ur övergödningssynpunkt, ett miljöproblem. En stor andel av Sveriges enskilda avlopp är därför i behov av förbättringar och många husägare kommer att inom ett par år behöva byta avloppssystem. För att avloppssystem ska bli långsiktigt hållbara bör näringen i avloppet i större omfattning återföras till produktiv mark, och ersätta bl.a. handelsgödsel.

Eskilstuna kommun driver projektet "Vatten så klart" som syftar till att förbättra enskilda avlopp. En del i Eskilstunas arbete är att inventera kommunens enskilda avlopp. I detta projekt har ingått att lokalt undersöka tillgången på lämpliga slamprodukter från små avloppsanläggningar i området Alberga, Bälgviken och Näshulta i Eskilstuna kommun för en ev. placering av en hygieniserande kompostenhet (Industrial Compost Machine, ICM). Det finns stora möjligheter för kommunen att påverka så att en viss typ av avloppsteknik väljs för att maximera resurshushållning och återföringspotentialen. I projektet har även ingått att undersöka den ekonomiska potentialen för en lokal kretsloppsanpassad lösning samt översiktligt beräkna de miljönyttor kretsloppet medför utifrån ett lokalt perspektiv.

ICM är en isolerad kompostmaskin som komposterar allt biologiskt material. Den är byggd inuti en 12 m container och hanterar 36 m³ eller max 17 ton biologiskt avfall per batch. En ICM hanterar minimum 4300 m³ organiskt material per år. Eftersom avloppsslam från enskilda avlopp har en hög vattenhalt >95 % så kan inte maskinen enbart hantera slam utan detta måste blandas upp med ett torrare material såsom hästgödsel. Fukthalten på ingående råvaran bör ej överstiga 60 % vilket innebär att max 30 % slam kan användas i mix med hästgödsel.

Resultatet från projektet visade att det finns tillgång till avloppsslam i de undersökta områdena Näshulta, Alberga och Bälgviken för att tillgodose råvarubehovet i en ICM-process vid en ev. placering i respektive område. Resultatet från den ekonomiska analysen visade att av råvaruintäkten, processkostnaden och värdet av färdig produkt har processkostnaden för kompostmaskinen störst ekonomisk betydelse. Slutprodukten har ett relativt lågt näringsvärde per m³ råvara då andelen fosforrikt slam är begränsad p.g.a. den höga vattenhalten. Ur ett ekonomiskt perspektiv lämpar sig därför processen bättre för att ta fram en kompostjord för försäljning till exempelvis privatpersoner än för spridning som gödningsmedel på åkermark, där betalningsviljan är lägre.

Resultatet från miljöanalysen visade att det finns miljövinster om produktionen av mineralgödsel kan minska vid användning av kompostjorden som gödning, vilket får ICM-processen att framstå som ett bra alternativ om råvaran kan ersätta handelsgödsel. Eftersom produktion av kvävegödselmedel kräver en relativt stor energiåtgång och resultera i stor klimatpåverkan, medför detta att lösningar med slutna tankar är ett bättre alternativ eftersom en större mängd kväve kan återföras från den uppsamlade fraktionen.

1 Inledning

En stor andel av Sveriges enskilda avlopp är föråldrade och i behov av åtgärder för att hindra läckage av näringsämnen och oönskade ämnen som idag följer med orenat avloppsvatten ut i naturen. Många husägare kommer att behöva åtgärda sitt avloppssystem och det finns därmed en möjlighet att byta till ett system som möjliggör att näringsämnena ska kunna återföras till produktiv mark och ersätta bl.a. handelsgödsel. Det finns även ett lagförslag från EU och Naturvårdsverket att den fraktion som innehåller fekalier och som återförs till åker eller skogsmark måste hygieniseras för att minska risken för spridning av patogener (smittämnen) (Naturvårdsverket, 2013). Hygienisering är en kemisk, fysikalisk eller biologisk behandling av materialet som eliminerar eller kraftigt reducerar innehållet av dessa ämnen. (Naturvårdsverket, 2013).

Att sprida avloppsslammet från kommunala reningsverk på jordbruksmark har varit en metod för att sluta kretsloppen av framförallt fosfor mellan stad och land. Ser man till slammets näringsinnehåll så fungerar metoden på så sätt att den som tar emot slam får ett väl fungerande och billigt gödningsmedel och kommunen behöver inte t.ex. förbränna slammet i fjärrvärmeverkens avfallspannor eller täcka deponier, vilket medför högre kostnader och mindre miljövinst. Dock är det fortfarande relativt lite avloppsslam som återförs (ca 25 % av slammet i Sverige). En orsak är att slam också innehåller oönskade ämnen såsom patogener (smittämnen), tungmetaller, organiska ämnen och läkemedelsrester. (Naturvårdsverket, 2008, 2013, Malmberg, 2014, Magnér mfl., 2016). Flera länder i Europa har idag helt stoppat spridningen av slam på jordbruksmark p.g.a. att kunskapen kring effekterna av dessa substanser på miljön och på organismer är relativt bristfällig.

Avloppsvatten och slam från enskilda avlopp och mindre reningsverk innehåller viktiga näringsämnen. En stor andel av de enskilda avloppen består av en trekammarbrunn med efterföljande infiltration eller markbädd. Det innebär att den enda fraktion som finns tillgänglig för recirkulation är trekammarbrunnsslam som till stor del består av partiklarna i fekaliefractionen. Mätningar har visat att det slammet ofta innehåller höga halter av tungmetaller (främst Cd) i förhållande till näringsinnehållet (främst P). De enskilda avlopp som har en sluten tank får med hela avloppsfraktionen (både urin och fekalier).

Små avloppsanläggningar återfinns ofta utanför tätorter och nära produktiv mark (jordbruks- eller skogsmark). Sprids avloppsfraktionen på närliggande mark minimeras transporterna. Andra fördelar med mindre kretslopp utanför städernas vatten- och avloppsnät är att man kan förvänta sig lägre grad av föroreningar (metaller, organiska ämnen mm) från trafik och dagvatten jämfört med avloppsfraktioner från urban miljö. Innehållet av läkemedelsrester, antibiotikaresistenta bakterier, hormonstörande ämnen, nanopartiklar och patogener återfinns även hos mindre avloppssystem och måste elimineras så långt som möjligt.

Det finns ett flertal kommuner i landet som har fungerande kretsloppssystem i gång med en eller flera behandlingsanläggningar samt återföring av näring från små avlopp till jordbruksmark. Bland annat har våtkompostanläggningar anlagts i Norrtälje och Södertälje (Havs och Vattenmyndigheten, 2014). Eskilstuna kommun genomför för

närvarande tio åtgärder för att förbättra statusen på enskilda avlopp. Projektet går under namnet "Vatten så klart!". Syftet med projektet är att fastighetsägare ska åtgärda de avlopp som inte klarar dagens miljökrav. I projektet ingår att inventera hela kommunen. Hittills har ca 45 % av fastigheterna (adresser) granskats. Ett område som ännu inte inventerats är Näshulta i Eskilstuna kommun. Näshulta är ett område med enskilda avlopp. I området finns ett litet reningsverk och mycket odlingsbar mark och skogsmark. LRF avdelningen i Näshulta har sett möjligheter med att utveckla ett kretsloppssystem genom att koppla ihop kedjan, odling, näringstillförsel, förädling och avsättning av producerade varor. Ambitionen med denna förstudie är därmed att utifrån dessa förutsättningar undersöka hur långt man kan sluta ett lokalt kretslopp genom användning av en hygieniserande kompostenhet ICM.

1.1 Syfte och mål

Projektet syftar till att undersöka förutsättningarna för ett lokalt kretslopp av näringsämnen (främst kväve och fosfor) genom att behandla avloppsfraktioner från små enskilda avloppsanläggningar samt att ta fram ett förslag på ett försöksområde där kretsloppsanpassande åtgärder ska prövas för en långsiktig hantering av lokalt tillgängliga avloppsresurser.

Målet med projektet har varit att:

- Lokalt undersöka tillgången på lämpliga avloppsprodukter från små avloppsanläggningar i områdena Alberga, Bälgviken och Näshulta i Eskilstuna kommun.
- Undersöka förutsättningarna att placera en hygieniserande kompostenhet ICM på de identifierade områdena.
- Undersöka den ekonomiska potentialen för en lokal kretsloppsanpassad lösning.
- Undersöka förutsättningarna för avsättning av producerad kompostjord eller hygieniserat slam för näringstillskott till växande grödor i form av spannmål och energigrödor som salix.
- Övergripande beräkna de miljönyttor kretsloppet medför utifrån ett lokalt perspektiv.

2 Enskilda avlopp

I Sverige finns ca 950 000 fastigheter med små avloppsanläggningar varav 691 000 med vattentoilet (SCB, 2014). I varje anläggning genereras avloppsfraktioner som behöver hanteras en till flera gånger per år. Beroende på vilken typ av anläggning det handlar om kan det vara slammet ur en slamavskiljare eller klosettvattnet ur en sluten tank som behöver omhändertas. Ansvar för tömning, behandling och avsättning av fraktioner från små avloppsanläggningar ligger hos avfallsorganisationen i varje kommun. Behandlingen av fraktionerna utförs ofta på kommunala avloppsreningsverk, men andra typer av omhändertagande kan förekomma.

Den vanligaste tekniken för små avloppsanläggningar är fortfarande slamavskiljare med efterföljande markbaserad rening utan kemfällning, där slammet samlas upp i trekammarbrunnar. Andra tekniker som används ger upphov till avloppsfraktioner såsom:

- Kemslam från minireningsverk eller kemisk fällning i slamavskiljare.
- Klosettavloppsvatten (svartvatten) som samlas upp i slutna tankar.
- Urin från urinsorterande system som samlas upp i slutna tankar.
- Filtermaterial från fosforfällor.
- Latrin från torrlösningar som normalt samlas upp i engångskärl.

Återföring av näringsämnen kan möjliggöras från de flesta typer av avloppssystem, men det är att föredra att skapa kretslopp genom källsorterande avloppssystem. Den främsta anledningen till att källsortera avlopp vid toaletten är att man vill avskilja den eller de fraktioner som innehåller mest näring. De viktigaste näringsämnena finns i flödet från toaletten, men det är även dessa fraktioner som innebär störst risk för smittspridning. Genom källsortering får man en mer koncentrerat gödsel och enklare hygienisering. Exempel på en avloppslösning som samlar upp urin eller klosettavloppsvatten är en sluten tank. I ett system med en sluten tank kan toalettavloppet och BDT-vatten (bad-disk-tvätt) hanteras separat från varandra. Toalettavloppet samlas upp i en sluten tank och BDT-vattnet leds till en slamavskiljare och vidare till ett kompaktfilter. Klosettavloppsvattensortering innebär att snålspolande toaletter, t ex vakuumtoalett bör användas för att hålla nere antalet tömningar. En sluten tank bör dock inte vara mindre än 6 m³ för att hålla nere antalet tömningar. Avloppsanläggningarna med slutna tankar finns idag vid minst 11 % av avloppen i svenska fastigheter (Avfall Sverige, 2016).

Andra tekniker som lämpar sig för kretslopp är enskilda avlopp med slamavskiljning och kemfällning. Kemisk fällning används som ett komplement till traditionell markbädd eller infiltration, för att få en bättre fosforrening. En styrenhet och doseringsutrustning för kemikalier monteras inne i huset eller utomhus, beroende på fabrikat. Kemikalien reagerar med fosfor och bildar sk. flockar, som klumpar ihop sig med uppslammat material. Flockarna sjunker till botten och bildar ett fosforrikt slam. Med kemfällning kan cirka 50 % av fosfor återvinnas (Avloppsguiden, 2017). Eftersom slammängden ökar med kemfällning krävs en större slamavskiljare, ca 4-5 m³ för ett normalhushåll. Tillräcklig uppehållstid i slamavskiljaren är viktig för att avskiljningen ska fungera och det går därför inte att tömma slamavskiljaren oftare för att kompensera för en mindre volym.

Minireningsverk används för att behandla blandat avloppsvatten för att bl.a. minska utsläppen av fosfor. Minireningsverken är nedskalade, för att passa enskilda hushåll och bygger på samma teknik som finns i kommunala avloppsreningsverk. I de flesta reningsverk sker reningen i tre steg: mekanisk, kemisk och biologisk. Den kemiska fällningen utförs främst för att fånga upp fosfor i avloppsvattnet och sker genom tillsats av en fällningskemikalie. Fällningen gör att ett fosforrikt slam bildas. Minireningsverk måste slamtömmas regelbundet, hur ofta varierar mellan olika fabrikat (som regel en till två gånger per år). Slamtömning sker med slamsugningsbil, på samma sätt som tömning av slamavskiljare.

3 Lokal tillgång på slam från små reningsverk och enskilda avlopp

I projektet har tillgången på lämpliga avloppsfraktioner från små avloppsanläggningar i området Alberga, Bälgviken och Näshulta i Eskilstuna kommun undersökts, samt förutsättningar för en ev. placering av en hygieniserande kompostenhet (Industrial Compost Machine, ICM). Detta är tre områden som kommunen ännu inte inventerat inom projektet "Vatten så klart!" Det finns därför stora möjligheter för kommunen att påverka så att en viss typ av avloppsteknik väljs för att maximera resurshushållning och återföringspotentialen.

Nedan görs en sammanställning av de avloppssystem som har identifierats samt mängder slam som produceras från ortens lokala reningsverk. Sammanställningen av kända enskilda avlopp har tagits fram av miljökontoret i Eskilstuna och uppgifterna kring reningsverken är hämtade från Eskilstuna Strängnäs Energi & Miljö:s miljörapporter.

3.1 Näshulta

Reningsverket i Näshulta producerar ca 110 m³ slam per år (miljörapport, 2015) vilket motsvarar ca 6 ton TS. I reningsverket tillförs spillvatten från en skola, en lägergård samt några villor. Det renade avloppsvattnet leds till Näshultasjön. Slammet transporteras till återvinningsanläggningen vid Lilla Nyby där det blandas med aska från fjärrvärmeverket, och används som sluttäckningsmaterial av deponin. I tabell 1 visas näringsämnen och metaller i slammet som årsmedelvärde.

Reningsverket är utfört för biologisk rening med efterföljande kemisk fällning. Som fällningskemikalie används järnklorid PIX-111. Verket består av följande huvuddelar:

- Biologisk rening (aktiv slamprocess, sedimentering)
- Kemisk rening (flockning och sedimentering)
- Slambehandling (anaerob stabilisering)

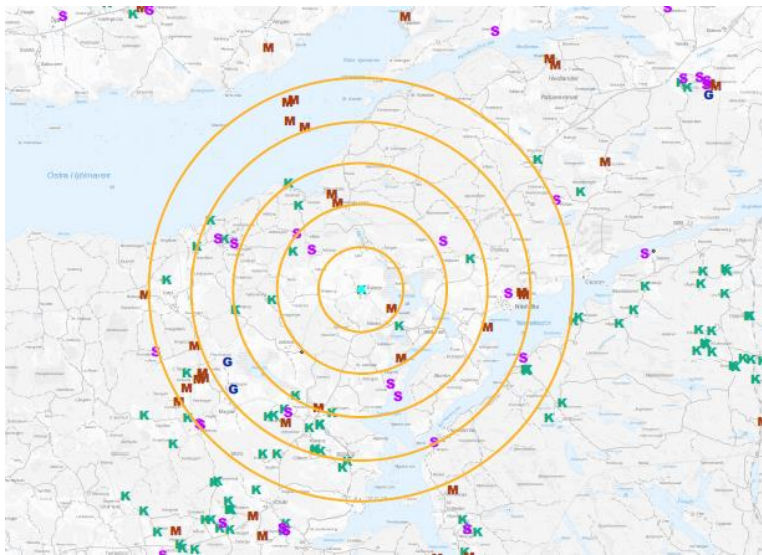
Tabell 1 visar näringsämnena och metaller i slammet som årsmedelvärde (Miljörapport, 2015).

Parametrar	Enhet	Årsmedelvärde 2015
Torrhalt	%	5,9
Hg	mg /kg TS	0,14
Cd	mg /kg TS	0,37
Pb	mg /kg TS	10
Cr	mg /kg TS	20
Ni	mg /kg TS	19
Cu	mg /kg TS	475
Zn	mg /kg TS	255
Nonylfenol	mg /kg TS	1,8
PAH	mg /kg TS	0,15
PCB	mg /kg TS	0,01
N-tot	g/ kg TS	16,5
NH4-N	g/ kg TS	2,3
P-tot	g/ kg TS	12

Enskilda avlopp

En ICM kompostenhet kan ta emot ca 1000-1250 m³ avloppsslam per år för hygienisering och produktion av en näringsrik kompostjord, vilket motsvarar ett upptagningsområde på ca 5 km i diameter.

I Näshulta har området Åstorp valts som utgångspunkt, se figur 1. Inom detta område finns 427 adresser med små avlopp, varav hittills 65 st. är åtgärdade (tabell 2), inom en radie på 5 km. Av tabellen framgår det att minireningsverk är den vanligaste tekniken av de åtgärdade avloppen.



Figur 1. Antal och typ av kända avlopp på fastigheter med 5 km avstånd från Åstorp.

Tabell 2. Antal och typ av kända avlopp på fastigheter med 1-5 km avstånd från Åstorp, åtgärdade från år 2006 – okt 2016, totalt 65 st.

Radie i km från Åstorp	Kemisk fällning och markbädd/infiltration	Minireningsverk med kemisk fällning	Sluten tank	Adresser
1	0	2	0	28
2	1	5	1	81
3	1	12	5	164
4	3	30	9	313
5	3	49	13	427
Totalt	3	49	13	427

3.2 Alberga

I reningsverket i Alberga produceras ca 630 m³ slam (miljörapport, 2015) vilket motsvarar ca 32 ton TS. Till Alberga reningsverk tillförs spillvatten från Alberga samhälle samt Västermo by. Det finns ingen industri kopplad till reningsverket, dock en bensinstation och en pizzeria. Efter rening av avloppsvattnet, som främst består av hushållsspillvatten, avleds det till en bäck som efter ca 2 km mynnar ut i östra Hjälmarén. I dagsläget transporteras slammet till Ekeby reningsverk där det rötas och avvattnas. Slammet transporteras därefter till återvinningsanläggningen vid Lilla Nyby där det blandas med aska från fjärrvärmeverket, och används som sluttäckningsmaterial av deponin.

Vid reningsverket utförs en biologisk rening med efterföljande kemisk fällning. Som fällningskemikalie används järnklorid PIX-111. Verket består av följande delar:

- Mekanisk rening (maskinrensat galler)
- Biologisk rening (aktiv slamprocess)
- Kemisk rening (flockning och sedimentering)
- Slambehandling (anaerob stabilisering)

Tabell 3. Näringsämnen och metaller i slammet som årsmedelvärde (miljörapport, 2015).

Parametrar	Enhet	Årsmedelvärde 2015
Torrhalt	%	5,0
Hg	mg /kg TS	0
Cd	mg /kg TS	0,47
Pb	mg /kg TS	9,15
Cr	mg /kg TS	15,5
Ni	mg /kg TS	11,5
Cu	mg /kg TS	215
Zn	mg /kg TS	270
Nonylfenol	mg /kg TS	1,4
PAH	mg /kg TS	0,15
PCB	mg /kg TS	0,026
N-tot	g/ kg TS	20,5
NH ₄ -N	g/ kg TS	1,65
P-tot	g/ kg TS	12,5

Enskilda avlopp

Från mitten av Alberga samhälle med en radie av 5 km finns det 469 adresser med ett enskilt avlopp varav enbart 18 är åtgärdade med ny teknik (tabell 4).

Tabell 4. Antal och typ av kända avlopp på fastigheter med 1-5 km avstånd från Alberga centrum, gjorda från år 2006 – dec 2016, totalt 18 st.

Radie	Kemisk fällning och markbädd/infiltration	Minireningsverk med kemfällning	Sluten tank	Adresser
1	0	1	1	27
2		1	1	105
3		1	1	218
4		5	2	345
5		13	5	469
Totalt	0	13	5	469

3.3 Bälgviken

Reningsanläggningen i Bälgviken producerar ca 360 m³ slam (miljörapport, 2015) vilket motsvarar ca 27 ton TS. Bälgvikens reningsverk tillförs spillvatten från bostadsbebyggelsen i Bälgvikens tätort. Det finns inga anslutna industrier som kan påverka reningsprocessen. Det är ca 144 personekvivalenter anslutna. Liksom Näshulta och Alberga utförs biologisk rening med efterföljande kemisk rening. Slammet transporteras därefter till återvinningsanläggningen vid Lilla Nyby.

Tabell 5. Näringsämnen och metaller i slammet som årsmedelvärde.

Parametrar	Enhet	Årsmedelvärde 2015
Torrhalt	%	7,4
Hg	mg /kg TS	0
Cd	mg /kg TS	0,6
Pb	mg /kg TS	13
Cr	mg /kg TS	16,5
Ni	mg /kg TS	16
Cu	mg /kg TS	345
Zn	mg /kg TS	425
Nonylfenol	mg /kg TS	2,5
PAH	mg /kg TS	0,15
PCB	mg /kg TS	0,03
N-tot	g/ kg TS	27
NH4-N	g/ kg TS	4,9
P-tot	g/ kg TS	18

Enskilda avlopp

Med en radie av 5 km från Bälgvikens centrum finns det 275 adresser med enskilda avlopp varav 73 är åtgärdade med ny teknik från 2006 (tabell 6). Liksom för Näshulta och Alberga är minireningsverk den vanligaste tekniken.

Tabell 6. Antal och typ av kända avlopp på fastigheter med 1-5 km avstånd från Bälgviken centrum, åtgärdade från år 2006 – dec 2016, totalt 73 st.

Radie	Kemisk fällning och markbädd/infiltration	Minireningsverk med kemfällning	Sluten tank	Adresser
1	0	1	0	16
2	0	1	0	33
3	0	11	2	80
4	0	30	8	153
5	3	59	11	275
Totalt	3	59	11	275

3.4 Exempel på åtgärdat område

Nedan visas ett exempel på ett område som har inventerats av kommunen och där åtgärder har genomförts. Områdena gäller södra Tandlaån (Ärla, sjön Borsten mm, startat nov 2013) och Öster om Näshultasjön (fram till sjön Bjälken, startat dec 2010). Som framgår av tabellen så har ca 280 fastigheter åtgärdat sina avlopp med åtta olika tekniker. Den vanligaste tekniken är minireningsverk och kemfällning.

Tabell 7. Valda avloppsanläggningar för områden där åtgärder redan startats.

Anläggningstyp	Antal
Övrigt	1
Biomoduler	3
Granulat	59
Infiltration	13
Kemfällning	95
Markbädd	35
Minireningsverk	74
Sluten tank	41
Totalt	280

4 Kretsloppsanpassat system

4.1 Hygienisering

Avloppsslam från enskilda avlopp innehåller viktiga näringsämnen men också patogener (sjukdomsalstrande) organismer, tungmetaller, hormonstörande substanser, nanoprodukter, medicinrester och antibiotikaresistenta bakterier. Ju fler olika källor (WC, dusch, tvätt, kök, garage osv) som kopplas på avloppet desto mer oönskade substanser återfinns i slammet.

Risken för att avloppsfraktioner innehåller patogener (smittämnen) bedöms som stor av Naturvårdsverket och därför föreslås krav på hygieniserande behandling för användning av avloppsfraktioner på alla marktyper, det vill säga på åkermark, skogsmark och annan mark (Naturvårdsverket, 2013).

I detta projekt har syftet varit att undersöka förutsättningarna att använda en kompostmaskin, Industrial Compost Machine, ICM som hygieniserar slammet genom värmebehandling.

Nedan görs en beskrivning av ett system som lämpar sig för hantering av slam från en by med 400-500 hushåll. Eftersom slam har en hög vattenhalt >95 % så kan inte maskinen enbart hantera slam utan detta måste blandas upp med ett torrare material såsom hästgödsel.

4.2 Beskrivning av ICM-processen

ICM är en isolerad kompostmaskin som komposterar allt biologiskt material. Den är byggd inuti en 12 m container och hanterar 36 m³ eller max 17 ton biologiskt avfall per batch (figur 2). En ICM hanterar minimum 4300 m³ organiskt material per år. Maskinen måste placeras på en hårdgjord yta och lagringsytan för ingående material bör klara minst 2 månaders mellanlagring. Hela anläggningen behöver ca 1250 m² hårdgjord yta för lagring och hantering av ingående material och gödningsmedel/jord (figur 2). För att få en fungerande kompostanläggning behövs förutom en ICM, en mixervagn, 2 st transportband som är minst 6 m långa, tillgång till en lastmaskin samt lagringsfickor för råvaror och färdig jord.



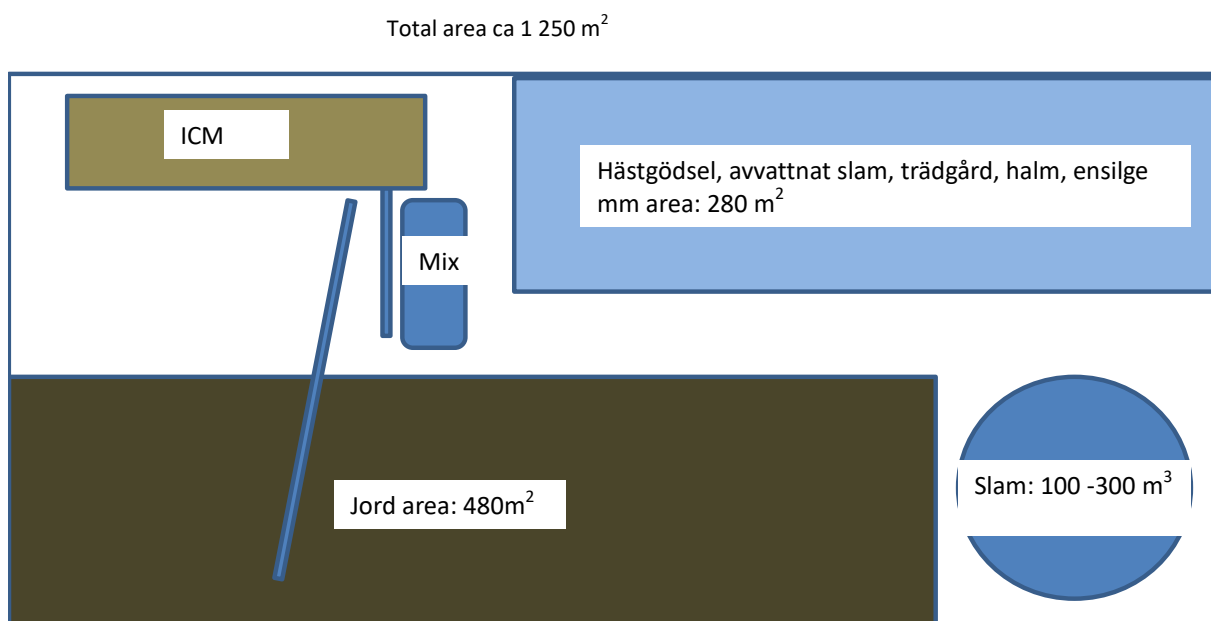
Figur 2. ICM kompostmaskin.

ICM fungerar bäst om det ingående materialet har en vattenhalt mellan 40 % - 65 %. Det måste därför finnas möjlighet att välja olika material utifrån vattenhalt på de olika råvarorna. Lagringsytan för ingående material bör vara indelat i olika fack med mothåll för lastmaskin. I detta projekt fokuserade vi på att använda avloppsfraktioner från

enskilda avlopp i mix med hästgödsel som är en råvara som många hästägare har svårt att bli av med lokalt. För de fasta råvarorna uppskattas att det behövs en lagringsyta på ca 280 m² och för lagring av slammet behövs en silo på mellan 100-300 m³. Projektet har valt att inte undersöka avvattning av slammet som ett alternativ då hantering av rejektvatten måste lösas samt att näringsämnen förloras från slammet vid avvattning (Avfall Sverige, 2016).

Produktionsplatsen måste ha tillgång till en lastmaskin ca 2 timmar varje dag för lastning och tömning av ICM. Materialet lastas och blandas i en fodermixervagn som finfördelar och vispar in luft i ingående material. Rekommenderad storlek på mixervagnen är 15 m³ till 20 m³. Med ett bra mixat material går värmeutvecklingen så pass fort att materialet når 70 °C inom 24-36 timmar.

Efter lastning startas ICM:s program för kompostering av slam. Maskinen sköter sig sedan själv men bör övervakas ett par gånger varje dag. Efter 24-36 timmar är materialet färdigt att lastas ur för efterlagring i 3-5 veckor. Maskinen kan producera ca 3650 m³ hygieniserad näringsrik kompostjord per år. November till mars är det lågsäsong för jord och lagringsytan för kompostjorden bör därför klara 4 månader, vilket motsvarar en yta på 480 m². Vid försäljning som jord bör den späs ut med sand och ev. torv då näringsvärdet annars blir för högt.



Figur 3. Anläggningens behov av lagringsyta.

4.3 Slammängder

En ICM kompostmaskin klarar att hygienisera mellan 1000 m³-1250 m³ slam per år vid en inblandningsgrad på ca 25-30 %. Av de tre identifierade områden så finns det tillräckligt med slam från enbart enskilda avlopp vid placering i ett avgränsat område (5 km i radie) i Alberga (tabell 8). I Näshulta och Bälgviken kan även slammet från det lokala reningsverket ingå i processen och dessutom kan upptagningsområdet utökas

något. Vid en beräkning på en snittmängd på 2,5 m³ slam per hushåll och år blir mängderna enligt tabell 8.

Tabell 8. Slammängder från det lokala reningsverket samt från enskilda avlopp från ett avgränsat område (5 km) vid en snittmängd på 2,5 m³ slam per hushåll.

	Slam från lokalt reningsverk m ³	Slam enskilda avlopp m ³	Totalt m ³
Näshulta	110	1068	1178
Alberga	630	1173	1803
Bälgviken	360	688	1048

Ur näringssynpunkt och ett ekonomiskt perspektiv är det bättre att lokalt omhänderta slam från slutna tankar (se avsnitt 6.2.1). En sluten tank genererar i snitt en volym på ca 5 m³ per år. För att tillgodose årsbehovet i ICM kompostmaskinen krävs en slammängd på 1250 m³ vilket innebär leverans från ca 250 hushåll.

4.4 Slam som gödsel och jordförbättring

Enligt dagens lagstiftning får ohygieniserat slam spridas i relation till växternas näringsbehov och på ett sätt så att man inte försämrar jorden eller grundvattnet. Slammet ska vara behandlat eller myllas ner inom ett dygn för att minimera smittrisker. Slam får dock inte spridas på betesmark, vallar för bete eller på grödor som ska skördas inom 10 månader, eller där man odlar bär, potatis, rotfrukter, grönsaker eller frukt (Jordbruksverket, 2017).

Det finns också fastställda gränsvärden för metaller, dels ett högsta innehåll i slammet dels för totalt tillförd mängd och dels för innehållet i marken (Naturvårdsverket SNFS 1994:2). Tabell 9 visar gränsvärden för halten metaller i åkermark vid användning av avloppsslam och tabell 10 gränsvärden för den årliga mängd metaller som högst får tillföras åkermark vid användning av avloppsslam.

Tabell 9. Gränsvärden enligt 8 och 10 § för halten metaller i åkermark vid användning av avloppsslam. Metall mg/kg torrs substans i jord. (Naturvårdsverket SNFS 1994:2).

Metaller	mg/kg torrs substans i jord
Bly	40
Kadmium	0,4
Koppar	40
Krom	60
Kvicksilver	0,3
Nickel	30
Zink*	100

*Åkermarkens zinkhalt får uppgå till 150 mg/kg torrs substans jord i Jämtlands, Stockholms, Södermanlands, Uppsala, Västernorrlands och Västmanlands län. (Naturvårdsverket SNFS 1998:4).

Tabell 10. Gränsvärden enligt 9 § för den årliga mängd metaller som högst får tillföras åkermark vid användning av avloppsslam. Gränsvärdena avser genomsnitt räknat för en sjuårsperiod. Metallmängderna anges i gram per hektar och år. (Naturvårdsverket SNFS 1994:2).

Metaller	Gram per hektar och år
Bly	25
Kadmium	0,75
Koppar*	300
Krom	40
Kviksilver	1,5
Nickel	25
Zink	600

* För koppar kan större mängder godtas om det kan visas att den aktuella åkermarken där avloppsslam skall spridas behöver koppartillskott.

Enligt P-Al klass I-II får det per spridningstillfälle maximalt tillföras 245 kg P och vid P-Al klass III-V maximalt 154 kg P från organiska gödselmedel. För kväve finns det en gräns på 150 kg N per spridningstillfälle. Under en femårsperiod får det inte gödslas med större mängd per år, än vad som motsvarar ett genomsnitt av 22 kg P per hektar på hela spridningsarealen. Detta innebär att kvantiteten organiska gödselmedel kan överskrida 22 kg P på en del av gårdens spridningsareal så länge det i medeltal blir högst 22 kg P per hektar och år under en femårsperiod (Jordbruksverket, 2017).

4.4.1 Naturvårdsverkets fosforuppdrag

Naturvårdsverket fick i februari 2012 i uppdrag av regeringen att utreda möjligheterna för en mer hållbar återföring av fosfor. Naturvårdsverket har inom regeringsuppdraget kartlagt fosforresurser och innehållet av oönskade ämnen i olika fosforkällor, gjort en bedömning av potentialen för hållbar återföring av fosfor samt §§ tagit fram förslag till författningskrav och förslag till etappmål för hållbar återföring av fosfor. Beredning av fosforfrågan pågår nu på Miljö- och Energidepartementet (våren 2017) (Naturvårdsverket, 2013).

Författningsförslaget omfattar bl.a. (Sundin, 2017):

- Användning av avloppsfraktioner, biogödsel och kompost för tillförsel till åkermark, skogsmark och annan mark.
- Strängare gränsvärden för metaller och organiska ämnen.
- Krav på hygieniserande behandling av alla avloppsfraktioner oavsett användningsområde.
- Krav på förebyggande åtgärder – uppströmsarbete.

Konsekvenserna av förslaget innebär följande enligt Naturvårdsverket (Sundin, 2017):

- Minskad risk för ackumulering av metaller och organiska ämnen i mark.
- Minskad risk för spridning av smittämnen.
- Skarpare gränsvärden vilket begränsar möjligheter för ökad återförsel av fosfor och andra växtnäringsämnen.
- Att lönsamheten i biogasproduktion påverkas om rötresten från matrester inte klarar kraven.
- Att avsättning för slam försvåras vilket kan leda till ökad förbränning och att andra näringsämnen försvinner.
- Förebyggande arbete och teknikutveckling ökar möjligheterna.
- Renare fraktioner kan öka acceptans för användning av gödselmedel från avlopps- och avfallsfraktioner.

5 Ekonomisk analys

En ekonomisk analys har genomförts på komposteringsprocessen och de ekonomiska beräkningarna har delats upp i tre delar. Det har gjorts beräkningar på råvara in till anläggningen. Denna råvara består av hästgödsel samt antingen avloppsfraktioner från slutna behållare eller från slam från blandade (äldre och nya) avloppssystem. Därefter har ekonomiska beräkningar genomförts på själva processen att omvandla hästgödsel och slam till kompostjord. I dessa beräkningar ingår även lagringsplatser. Det tredje momentet av beräkningarna avser beräkning av det ekonomiska värdet av kompostjorden. I huvudalternativet sprids kompostjorden på åkermark. Anläggningen tar emot 4300 m³ råvara per år och producerar 3655 m³ kompostjord (85 % av råvaran). Av råvaran utgör hästgödsel 70 procent av volymen och slamvatten 30 procent av volymen.

5.1 Indata till beräkningarna

5.1.1 Förutsättningar för beräkning av intäkt från råvara

Beräkningar gjordes på tre råvaror. Dessa är källsorterade avloppsfraktioner från slutna tankar, slam från blandade avloppssystem (inkl. nya och äldre system) samt hästgödsel. För samtliga tre råvaror har det antagits att den som producerat råvaran betalar en avgift för att denna skall bli hämtad, vilket angivits som en intäkt i beräkningarna. För slammet finns det en kostnad för slambilen som hämtar slammet och för hästgödseln finns en kostnad för lastbil samt lastare. Det har antagits att varje lastbil i genomsnitt tar 60 m³ hästgödsel och att det hämtas vid ett tillfälle hos kund. Det bör noteras att hantering och kostnader för framförallt hästgödsel kan variera från fall till fall och mellan olika geografiska områden. I tabell 11-13 visas förutsättningarna för beräkning av intäkt från de tre olika råvarorna.

Tabell 11. Förutsättningar för beräkning av intäkt från avloppsfraktioner från slutna tankar.

Slam slutna behållare	
Intäkt för att ta emot slam kr/tömning	1764
M ³ per tömning	5
Intäkter per dag, kr	21 168
Timtaxa, bil som hämtar, kr/timme	1 094
Antal brunnar per dag*	12
Antal timmar per dag	8
M ³ per dag	60

*Uppgift hämtat från Eskilstuna Strängnäs Energi & Miljö.

Tabell 12. Förutsättningar för beräkning av intäkt från slam från blandade system.

Slam blandade system	
Intäkt för att ta emot slam kr/tömning	1 079
M ³ per tömning	2,5
Intäkter per dag, kr	16 185
Timtaxa, bil som hämtar, kr/timme	1 094
Antal brunnar per dag	15*
Antal timmar per dag	8
M ³ per dag	37,5

*Uppgift hämtat från Eskilstuna Strängnäs Energi & Miljö.

Tabell 13. Förutsättningar för beräkning av intäkt från hästgödsel.

Hästgödsel	
Fast intäkt per hämtning, kr/hämtning	1 300
Genomsnittligt antal m ³ per hämtning	60
Avgift per m ³	40
Lastbil, 1050 kr per timme, 1,25 timmar per 30 m ³	
Lastare, 1,25 timmar inkl. är inställelsetid och 30 m ³ per plats.	
Administration, 1 timme per plats som det hämtas på, kr/tim	265

Som framgår av ovanstående tabell finns en fast avgift för hämtning av hästgödsel på 1300 kr per hämtning, vilket motsvarar 22 kr per m³ vid 60 m³. En fast avgift plus kubikmeterbaserad avgift blir tillsammans 62 kr per m³ hästgödsel.

5.1.2 ICM-processen

I beräkningen för ICM-processen har kostnaderna delats upp på fasta kostnader (tabell 14) respektive rörliga kostnader. I beräkningarna har det beaktats att lastmaskinen används för andra arbeten. I kostnaden för lagring ingår kostnader för en plansilo och en tank för lagring av slam.

Driftkostnaden för maskinen inkl. underhåll och el bedöms ligga på 100 000 kr per år enligt TM Grandin. I kalkylerna är kostnader för arbetskraft antagna till 265 kr per timme och kostnaden för lastmaskinen 523 kr per timme. Den reala kalkylräntan har antagits till 3 %.

Maskinen kan hantera 4300 m³ råvara per år vilket motsvara 2150 ton om råvaran har en volymvikt på ca 500 kg/m³, en siffra som Jordbruksverket anger som riktvärde för hästgödsel (Jordbruksinformation, 2013).

Tabell 14. Indata fasta kostnader, maskinkalkylen.

Indata fasta kostnader	
Inköpspris anläggning	3 000 000 kr
Livslängd anläggning	10 år
Ränta	3 %
Annuitet anläggning	0,12
Inköpspris lagring	988 000 kr
Livslängd lagring	10 år
Annuitet lagring	0,12
Inköpspris lagring slamvatten	80 000 kr
Livslängd lagring	10 år
Annuitet lagring	0,12

5.1.3 Näringsämnen i avloppsfraktioner och hästgödsel

I tabell 15 visas data för näringsvärden som använts för beräkningar av slammets gödslingsvärde. Näringsämnena i slam varierar beroende på vilken avloppsteknik som har använts. I de ekonomiska beräkningarna har två olika slamtyper använts. Ett blandat slam som är hämtat från olika avloppssystem inklusive äldre system som trekammarbrunnar. Det blandade slammet har antagits ha ett näringsinnehåll

motsvarande slammet från det lokala reningsverket i Näshulta (tabell 1). Används slam från enbart trekammarbrunnar så visar tidigare studier av Avfall Sverige att fosforhalten är avsevärt lägre än de värden som har använts i den här studien. Näringsämnena i slam från slutna tankar är hämtade från Avfall Sverige, 2016. Värdena är medelvärden från prov på klosettatten från slutna tankar i Växjö kommun.

För att studera det ekonomiska värdet av hygieniserat slam och hästgödsel från en ICM-processas för spridning på åkermark har Greppa näringens stallgödselkalkyl använts. Detta kalkylverktyg finns beskrivet på Greppa näringens hemsida (Greppa.nu).

Tabell 15. Data för näringsvärden som använts för beräkningar av värdet av slam i Greppa näringens stallgödselkalkyl.

Gödselslag	Slam (blandade avloppssystem)	Slam (slutna tankar)	Hästgödsel
<u>Växtnäring i produktion</u>			
Fukthalt %	95	98	45
N (kg/ton ts)	27	240	9
P (kg/ton ts)	18	26	2,1
K (kg/ton ts)	7,4	56,0	8,4
N pris (kr/kg)	7	7	7
P pris (kr/kg)	18	18	18
K pris (kr/kg)	9	9	9
<u>Transportkostnader spridning</u>			
Avstånd transport med traktor (km)	7	7	7
Transportkostnad med traktor (kr/ton km)	6	6	6
<u>Gemensamma förutsättningar</u>			
Jordart	Lättlera	Lättlera	Lättlera
Värdet av normal spannmålsskörd (kr/ha)	8000	8000	8000
Värdet av normal vallskörd (kr/ha)	25	25	25
Gödselgiva (ton/ha)			
<u>Spridning</u>			
Gröda att sprida på	Vårsådd	Vårsådd	Vårsådd
Tidpunkt för spridning	Vårbruk	Vårbruk, plöjning	Vårbruk, plöjning
Spridartyp	Fastgödsel	Fastgödsel	Fastgödsel
Nedbrukning	4 timmar	4 timmar	4 timmar
Kostnad (kr/ton)	25	25	25
Arbetsbredd (m)	12	12	12
Lassvikt (ton)	10	10	10

5.2 Resultat

Nedan visas kostnader och intäkter för de tre stegen råvaran, processen samt värdet av kompostjorden när den används som gödning på åkermark.

5.2.1 Intäkt och hämtningskostnaden för råvara

Indata till beräkningarna som ligger till grund för nedanstående tabeller (16-18) finns beskrivit i avsnitt 5.1.1. Som framgår av tabell 16 och 17 så är nettointäkten något högre för avloppsfraktioner från slutna behållare p.g.a. att mer slam kan hämtas per hushåll. Nettointäkten för hästgödsel är relativt låg då intäkten är marginellt högre än hämtningskostnaden.

Tabell 16. Intäkt och hämtningskostnad för slam från slutna behållare.

Slam slutna behållare	Kr per år	Kr per m ³
Intäkt för att ta emot slam	455 370	353
Hämtningskostnad	188 340	146
Netto, intäkter – kostnader	267 030	227

Tabell 17. Intäkt och hämtningskostnad för slam från blandade system.

Slam blandade system	Kr per år	Kr per m ³
Intäkt för att ta emot slam	557 280	432
Hämtningskostnad	300 570	233
Netto, intäkter – kostnader	256 710	199

Tabell 18. Intäkt och hämtningskostnad för hästgödsel.

Hästgödsel	Kr per år	Kr per m ³
Intäkter		
Fast intäkt per hämtning	66 220	22
Avgift per m ³	120 400	40
Hämtningskostnad		
Lastbil	78 260	26
Lastare	39 130	13
Administration	6 020	2
Netto, intäkter – kostnader	60 200	20

5.2.2 Kostnadsberäkningar för ICM-processen

Nedan visas resultat för processkostnaden där slam och hästgödsel omvandlas till kompostjord. I beräkningarna ingår kostnader för kompostmaskin samt lagringsutrymmen. Både driftkostnader och kapitalkostnader ingår i beräkningarna. Indata till beräkningarna finns beskrivna i avsnitt 5.1.2.

Tabell 19. Kostnads kalkyl ICM-processen.

	Kr per år
Kapitalkostnad anläggning	351 692
Kapitalkostnad lagring platta	115 824
Kapitalkostnad lagring brunn	9 378
Summa kapitalkostnad	476 894
Driftskostnader (underhåll inkl. el)	100 000
Kostnad för lastare	163 176
Arbete exkl. lastare	171 720
Kostnad administration	26 500
Summa rörliga kostnader	938 290
Processad mängd m ³ per år	4 300
Processad mängd ton per år	2 150
Processad mängd ton ts per år	841
Processkostnad i kr per m ³	218
Processkostnad i kr per ton	436
Processkostnad i kr per ton ts	1 116
<u>Kostnader i procent</u>	
Kapitalkostnad	51 %
Driftskostnader (underhåll inkl. el)	11 %
Kostnad för lastare	17 %
Arbete exkl. lastare	18 %
Kostnad administration	3 %
Summa	100 %

Som framgår av ovanstående tabell utgör kapitalkostnaden d.v.s. ränta och avskrivning ca halva kostnaden för processen. Kostnad för lastare, arbete inkl. administration utgör ca 40 % av kostnaderna.

5.2.3 Värde av kompostjord som sprids på åkermark

I tabell 20 och 21 visas värdet av en blandning av hästgödsel och slam från blandade avloppssystem respektive slutna tankar, som en hygieniserad gödningsprodukt. Tabellerna visar även kostnaden för spridning på åkermark. Som framgår av tabell 21 så har en slammix från blandade avloppssystem ett lägre värde p.g.a. framförallt lägre kvävehalt men även lägre fosforhalt.

Tabell 20. Näringsvärdet och spridningskostnad på slam från slutna behållare blandat med hästgödsel när komposten sprids på åkermark.

	Kr per år	Kr per m ³	Kr per ton ts
Näringsvärde			
N	47 515	13	52
P	36 550	10	52
K	69 445	19	104
Kväveeffterverkan	40 205	11	46
Bördighet	32 895	9	38
Summa	226 610	62	292
Spridningskostnad			
Transportkost. traktor*	91 375	25	93
Spridning	54 825	15	56
Markpackning	5 117	1,4	5
Summa	151 317	41	154
Netto, näringsvärde – kostnader	75 293	21	138

*7 km transport

Tabell 21. Näringsvärdet och spridningskostnad på slam från blandade avloppssystem blandat med hästgödsel när komposten sprids på åkermark.

	Kr per år	Kr per m ³	Kr per ton ts
Näringsvärde			
N	29 240	8	34
P	36 550	10	42
K	51 170	14	62
Kväveeffterverkan	40 205	11	45
Bördighet	32 895	9	38
Summa	190 060	52	220
Spridningskostnad			
Transportkost traktor*	91 375	25	93
Spridning	54 825	15	56
Markpackning	5 117	1,4	5
Summa	151 317	41,4	154
Netto, näringsvärde– kostnader	38 743	11	66

*7 km transport

5.2.4 Sammanställning av intäkter och kostnader

Av de tre posterna råvara, processkostnad och värde av färdig produkt har processkostnaden störst ekonomisk betydelse. Detta gäller både om slamråvaran kommer från slutna behållare eller blandade avloppssystem. Ur ett ekonomiskt perspektiv lämpar sig processen bättre för att ta fram en kompostjord för försäljning till exempelvis privatpersoner än för spridning som gödningsmedel på åkermark, där betalningsviljan är lägre. Marknadspriset för kompostjord ligger idag på ca 300 till 350 kr per m³ när kunderna köper i lösvikt och hämtar själv vid anläggningen (tabell 24). Dock tillkommer vissa kostnader för marknadsföring och hantering av kunderna. Vid

användning av slam från slutna avloppssystem och hästgödsel i en ICM-process för spridning på åkermark, blir kostnaderna högre än intäkterna. (tabell 22).

Tabell 22. Sammanställning av intäkt, näringsvärde och kostnad för spridning på åkermark, 70 % hästgödsel och 30 % slam från slutna behållare.

	Kr per m ³
Intäkt råvara	82
Processkostnad	-218
Näringsvärde på färdig produkt	62
Spridningskostnad (7 km transport)	-41
Netto	-115

Tabell 23. Sammanställning av intäkt, näringsvärde och kostnad för spridning på åkermark, 70 % hästgödsel och 30 % slam från blandade avloppssystem.

	Kr per m ³
Intäkt råvara	74
Processkostnad	-218
Näringsvärde på färdig produkt	52
Spridningskostnad (7 km transport)	-41
Netto	-133

Tabell 24. Sammanställning av intäkt och kostnad för försäljning som kompostjord, 70 % hästgödsel och 30 % slam från slutna behållare.

	Kr per m ³
Intäkt råvara	82
Processkostnad	-218
Intäkt färdig produkt	330
Netto	194

5.2.5 Känslighetsanalyser

Det ekonomiska resultatet påverkas bl.a. av vilka antaganden som görs såsom praktiska förutsättningar och kapaciteter. Nedan redovisas känslighetsanalyser på några variabler.

5.2.5.1 Ändrade kostnader för anläggning

Som framgår av tabell 22 och 23 ovan utgör processkostnaden den viktigaste posten av de tre grupperna råvara, process och värde av färdig produkt när denna sprids på åkermark. Nedan görs en känslighetsanalys på ändrad kapitalkostnad (tabell 25).

Tabell 25. Känslighetsanalys kapitalkostnader ICM-processen.

	Kr per år i kostnadsändring	Kr per m ³
Kapitalkostnad anläggning, 1 % lägre ränta	1 7 712	4,1
Kapitalkostnad lagring platta, 1 % lägre ränta	5 833	1,4
Kapitalkostnad lagring brunn, 1 % lägre ränta	472	0,1
Summa kapitalkostnad	24 017	5,6
Kapitalkostnad anläggning, 1 år längre avskr.	27 459	6,4
Kapitalkostnad lagring platta, 1 år längre avskr.	9 043	2,1
Kapitalkostnad lagring brunn, 1 år längre avskr.	732	0,2
Summa kapitalkostnad	37 235	8,7
Kapitalkostnad anläggning, 10 % lägre investering	35 169	8,2
Kapitalkostnad lagring platta, 10 % lägre investering	11 582	2,7
Kapitalkostnad lagring brunn, 10 % lägre investering	938	0,2
Summa kapitalkostnad	47 689	11,1
Kapitalkostnad anläggning,		
Kapitalkostnad lagring platta, 0 kr, finns befintlig	115 824	26,9
Kapitalkostnad lagring brunn, 0 kr, finns befintlig	9 378	2,2
Summa kapitalkostnad	125 202	29,1
Processad volym + 10%, oförändrade kostnader	0	19,8
Driftskostnader (underhåll inkl. el), - 10%	10 000	2,3
Kostnad för lastare, - 10%	16 318	3,8
Arbete exkl. lastare, -10%	17 172	4,0
Kostnad administration, -10%	2 650	0,6

Som framgår av tabellen ovan är det framförallt en minskad lagringskostnad som kan få effekt på lönsamheten. Om det exempelvis inte behöver byggas lagringsytor och plansilo så minskar kostnaden med ca 27 kr per m³ vilket ger en processkostnad på 191 kr/m³. En ökad processad volym har också betydelse och en 10 % volymökning med oförändrade kostnader kan öka lönsamheten med ca 20 kr per m³.

5.2.5.2 Ändrade kostnader för råvaror

En ökad intäkt för att ta emot slammet med 10 % eller minskad hämtningskostnad med 10 % får en marginell betydelse för slutprodukten då slam utgör en mindre andel av anläggningens intäkter och kostnader. I beräkningarna utgör slam endast 30 % av råvaran och övriga 70 % utgörs av hästgödsel.

5.2.5.3 Ändrad transportkostnad vid spridning

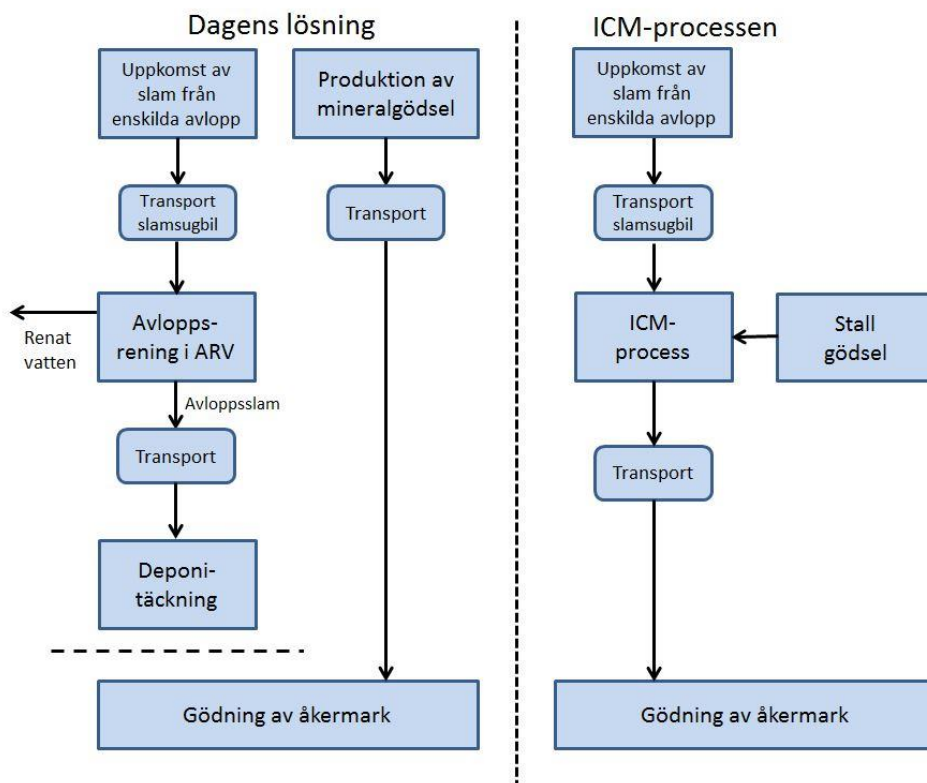
När kompostjorden sprids på åkermark som gödning har transportkostnaden till åkermark betydelse för värdet av kompostjorden. Om transportavståndet kan minska från 7 km till 3 km så ökar värdet på kompostjorden med ca 20 kr per m³ vid användning av slam från slutna tankar i mix med hästgödsel.

6 Miljöanalys

6.1 Beräkningsförutsättningar och indata

För att uppnå ett långsiktigt hållbart samhälle är det nödvändigt att hushålla med näringsämnen och recirkulera dessa mellan stad och land på ett säkert sätt. I urban miljö där hushållen är anslutna till ett kommunalt avloppsnät är det relativt enkelt att samla in näringsämnen (fosfor) som koncentreras i avloppsreningsverken och till stor del hamnar i avloppsslammet. Utmaningen att samla in näringsämnen från enskilda avlopp, med stor geografisk spridning är betydligt större. Insamlingen sker manuellt med sugbil och avloppen kan vara av mycket skiftande typ, och därmed olika typer av fraktioner som ska samlas in.

I detta projekt har dagens situation för de tre områdena Näshulta, Alberga och Bålgviken studerats, och jämförts med en alternativ process, vilket illustreras i figur 4. Alternativen kallas "Dagens lösning" (DL) respektive "ICM-process" (ICM). I alternativet DL så transporteras slammet från det enskilda hushållet/avloppet in till ett mindre avloppsreningsverk. Slammet från avloppsreningsverket transporteras till en närbelägen deponi och används till deponitäckning, vilket innebär att näringsämnena i slammet inte återförs till produktiv åkermark. För att få jämförbara system kommer då åkermarkens näringsbehov att istället tillgodoses med mineralgödsel i form av NPK-gödsel.



Figur 4. Flödesschema för de studerade systemen. Till vänster ses "Dagens lösning, (DL)" och till höger "ICM-processen, (ICM)".

Det andra alternativet, ICM processen, innebär att slammet från de enskilda avloppen komposteras i en kompostmaskin beskriven i avsnitt 4.2. Eftersom det insamlade slammet har mycket låg torrsustans så måste det blandas upp med ett torrare material, i detta fall hästgödsel, för att kunna hanteras och komposteras. Efter ICM får komposten ligga och efter mogna och därefter spridas på åkermark för att återföra näringen.

För att kunna göra en jämförelse mellan systemen måste ett antal antaganden göras, och någon form av funktionell enhet användas, för att få jämförbara alternativ. Nedan följer de viktigaste antagandena:

- 250 kg våtvikt insamlat slam (från slutna tankar) och 750 kg våtvikt insamlad hästgödsel blandas och används i ICM-processen. Den funktionella enheten blir således återföring av 5 kg N, 1 kg P och 4 kg K till åkermark, vilket är det näringsinnehåll som denna blandning har enligt tabell 15 i denna rapport.
- Samma mängd slam som hanteras i ICM, behandlas i dagens lösning (DL), där den senare kompletteras med produktion av mineralgödsel för att täcka näringsförlusten.
- Både kväve, fosfor och kalium är med i beräkningarna.
- Hygienisering i form av lagring utförs inte på slammet i DL, eftersom det inte behövs då slammet läggs på deponi, samt att lagring inte förväntas vara en hygieniseringsprocess som kommer att bli godkänd i framtiden. I ICM sker en fullgod hygienisering via uppvärmning.
- Miljösystemanalysen börjar vid insamlingspunkten för enskilda avlopp, resp. insamlingspunkten för stallgödsel. För stallgödsel har inte en eventuell miljöpåverkan av lagringen inkluderats.
- Energianvändning och miljöpåverkan från avloppsvattenrening har hämtats från Ryaverket i Göteborg.
- Miljöbelastningen för att tillverka kompostmaskinen är inte inkluderad, men däremot miljöbelastningen från dess användning i form av elenergi. Miljöbelastningen för att hantera och sprida ut slammet på deponin är ett antaget värde.
- CO₂-emissioner från kompostmaskinen är inte inkluderade, eftersom dessa emissioner är att betrakta som biogena.

Miljöanalysen i denna förstudie är en mindre del av projektet och är därför begränsad till en kombination av kvantitativa beräkningar och kvalitativa bedömningar. Beräkningarna omfattar energibehov och klimatpåverkan medan övergödningsproblematiken behandlas kvalitativt.

Analysen började med att modellera ICM för att fastställa näringsinnehåll i blandningen, och motsvarande mängd näring användes sedan när DL modellerades.

Tabell 26. Beräkning av blandningens näringsinnehåll i ICM-processen.

Slam från slutna tankar			Häst-gödsel		
Parameter	Innehåll	Innehåll i ett ton	Innehåll	Innehåll i ett ton	
TS	2 %	20 kg	55 %	550 kg	
N	240 kg/ton TS	4,8 kg	9 kg/ton TS	4,95 kg	
P	26 kg/ton TS	0,52 kg	2,1 kg/ton TS	1,155 kg	
K	56 kg/ton TS	1,12 kg	8,4 kg/ton TS	4,62 kg	
Blandning av 25 % slam och 75 % hästgödsel					
		Mängd			
Beräkning på	1000 kg				
Andel slam	0,25	250			
Andel hästgödsel	0,75	750			
	slam	gödsel	totalt	avrundat	
TS	5 kg	412,5 kg	417,5	418	
N	1,2 kg	3,71 kg	4,91	4,9	
P	0,13 kg	0,87 kg	0,9963	1,0	
K	0,28 kg	3,47 kg	3,745	3,7	
1000 kg av blandningen innehåller följande:					
TS	418 kg				
N	5 kg				
P	1 kg				
K	4 kg				

Transporter och ICM-processens miljöbelastning har modellerats enligt tabell 27 nedan.

Tabell 27. Data och modellering av ICM-processen, ICM.

					Energiåtgång	Klimatpåverkan
					MJ	kg CO ₂ -ekv
Transport av slam till kompostmaskin						
Transporterad mängd slam			0,25 ton			
Transportavstånd			7 km			
Antal tonkm			1,75 tonkm		1,1	0,17
Transport av hästgödsel till kompostmaskin						
Transporterad mängd hästgödsel			0,75 ton			
Transportavstånd			7 km			
Antal tonkm			5,25 tonkm		3,4	0,50
ICM-process						
Energiåtgång			5 kWh/ton kompost		18	0,47
Transport till åkermark						
Transporterad mängd kompost			1 ton			
Transportavstånd			2 km			
Antal tonkm			2 tonkm		1,3	0,19
Spridning på åkermark						
Mängd som sprids på ett ha			22 ton			
Yta som behövs för ett ton			0,045 ha			
Bränsleåtgång/ha			2 liter/ha			
Bränsleåtgång/ton			0,091 liter			
Bränsleåtgång/ton avrundat			0,1 liter		3,28	0,24
Summering					27 MJ	1,6 CO₂

Motsvarande beräkningar har också gjorts för DL och detta återfinns i tabell 28 nedan.

Tabell 28. Data och modellering av dagens lösning, DL.

				Energiåtgång	Klimatpåverkan
				MJ	kg CO ₂ -ekv
Transport av slam till ARV					
Transporterad mängd slam	0,25	ton			
Transportavstånd	20	km			
Antal tonkm	5	tonkm		3,3	0,47
Behandling i ARV					
Behandlad mängd slam	0,25	ton			
Energianv/ton	1,89	MJ/ton			
Klimatpåverkan/ton	0,32	kg CO ₂ /ton		0,47	0,08
Transport till deponi					
Transporterad mängd avvslam	0,18	kg			
	0,00018	ton			
Transportavstånd	30	km			
Antal tonkm	0,006	tonkm		0,0036	0,0005
Spridning på deponi					
Bränsleåtgång/ton avrundat	0,53	liter		17	1,25
Summa				21 MJ	1,8 kg CO₂
Produktion av mineralgödsel					
Produktion av N	5	kg		175	18
Produktion av P	1	kg		35	3
Produktion av K	4	kg		40	4
Energiåtgång	35	MJ/kg			
	35	MJ/kg			
	10	MJ/kg			
Emissioner	3,6	kg CO ₂ /kg			
	3	kg CO ₂ /kg			
	1	kg CO ₂ /kg			
Summa				250 MJ	25 kg CO₂
Totalsumma				271 MJ	27 kg CO₂

För att kunna kvantifiera beräkningarna behövs en del bakgrundsdata, speciellt på transporter och energiåtgång för avloppsrening. Data för detta har hämtats från tidigare projekt, publicerade rapporter och databaser som är listade i Bilaga 1.

6.2 Resultat miljöanalys

Resultatet av beräkningarna redovisas i tabell 29 nedan. Vid en jämförelse av de två alternativen utan att ta hänsyn till produktion av mineralgödsel, så är energianvändning och klimatpåverkan i ungefär samma storleksordning för de båda systemen. Energiåtgången är marginellt större för ICM-processen jämfört med dagens lösning, men klimatpåverkan är något lägre. Detta beror till stor del på att energislaget i ICM-processen är elektricitet medan motsvarande energislag och mängd för dagens lösning

utgörs av diesel som har en större klimatpåverkan vid användning. Vid användning av dagens lösning innebär det att näring går förlorad när slammet läggs på deponi. Det medför att man måste ersätta denna näring med mineralgödsel som har stor miljöpåverkan vid tillverkning, och dessutom utnyttjar ändliga resurser. Om man tillämpar ICM-processen så nyttiggörs näringen och man slipper tillverka mineralgödsel, vilket är en stor miljövinst. Om alternativen jämförs på systemnivå (vilket är den mest rättvisa jämförelsen) är skillnaden en faktor 10 till ICM-processens fördel.

Tabell 29. Resultat för energi- och klimatpåverkan.

					Energiåtgång	Klimatpåverkan
					MJ	kg CO ₂ -ekv
	Slamhantering				21	1,8
	Tillverkning av mineralgödsel				250	25
Dagens alternativ					271	27
ICM-processen					27	1,6
För jämförelse: En vanlig villa i Sverige förbrukar ca 60 MJ/dygn elenergi						

7 Alternativt kretsloppssystem

På flera håll i landet pågår idag samarbete med lantbrukare kring hantering av slam från enskilda avlopp för återföring till åkermark. Nedan görs en beskrivning av ett system som bedöms ha potential att komplettera en kompostmaskin i de undersökta områdena.

7.1 Användning av gödselbrunnar och ureabehandling

I Uddevalla har ett projekt pågått under ett flertal år där slam från slutna tankar körs till gödselbrunnar för hygienisering och spridning på lokala lantbruk istället för till reningsverket (Roos & Kihlstrand, 2016). Lantbrukaren har sedan utnyttjat slammet som gödningsmedel på åkermark. Målet har varit att i möjligaste mån använda befintlig infrastruktur. Kommunen har dock bekostat byggandet av en permanent täckning av brunnarna för att undvika onödiga förluster av ammoniak. För att hygienisera slammet har kommunen provat ammoniak hygienisering, genom tillsats av urea. Fördelen med att tillsätta urea är bl.a. att kväveinnehållet ökar i avloppsprodukten, vilket ökar intresset hos lantbrukaren att omhänderta slammet. Tiden för att hygienisera materialet beror på ureakoncentrationen. I Uddevalla används en hygieniseringstid på ca 2 månader.

Hanteringen med urea är enkel och metoden kan appliceras i olika skalor men metoden är speciellt lämplig för mindre volymer av slam eller klosettatten, motsvarande t.ex. en

eller ett par byar. Genom att öka ureakoncentrationen kan perioden som krävs för hygieniseringen även förkortas. En nackdel med metoden är att p.g.a höjt pH-värde, finns det risk för ökade kväveförlusterna vid spridning om inte rätt spridningsteknik används (Jönsson, 2013).

I Uddevalla får lantbrukaren betalt av kommunen för att ta emot slammet, motsvarande 60 kr/m³. Vid hygienisering genom tillsats med 0,5-1 % urea ökar kostnaden med 30-60 kr/m³ för det tillsatta kvävet och den totala behandlingskostnaden för kommunen blir 90-120 kr/m³. Enligt Roos & Kihlstrand ligger investeringskostnaden för en brunn runt 400-500 tkr för en anläggning som tar emot mellan 700-1000 m³ toalettavatten.

Hur stort värde slammet har för lantbrukaren beror på slammets näringsinnehåll och användningsområde. I en tidigare studie (Paulrud m.fl., 2016) har det ekonomiska mervärdet som hantering av slam genom fosforåterföring kan ge vid produktion av energigrödor för kraftvärme i ett lokalt kretslopp undersökts. Lönsamheten ökade med ca 500 kr/ha vid användning av slam istället för handelsgödsel vid odling av salix i område 3 (mindre bördiga marker). För en rörflensodling ökade lönsamheten med ca 440 kr/ha vid användning av slam istället för handelsgödsel.



Figur 5. Täckning av gödselbrunn i Uddevalla. Källa bild: från presentation Katarina Bjelke VA-rådgivning med kretsloppsfokus. Nätverksträff, Små avlopp i kretslopp, Uddevalla, 4 oktober 2016.

8 Lagar och andra bestämmelser

Det finns en stor mängd lagar och andra bestämmelser som reglerar området avlopp, t ex miljöbalken SFS 1998:808 eller Förordningen om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd (FMH), SFS 1998:899. Dessutom finns det allmänna råd, t ex Havs- och vattenmyndighetens allmänna råd om små avloppsanordningar, HVMFS 2016:17.

Den vanligaste hanteringen av avloppsfraktioner från små avlopp, är att dessa (brunnsslam, klosettavatten från slutna tankar mm) hämtas med slamtömningsbil och transporteras till ett av kommunens avloppsreningsverk, där avloppsfraktionerna går in i den vanliga avloppsreningsprocessen. Då blir dessa fraktioner en del av den

centraliserade kommunala avloppshanteringen och man behöver inte som enskild fastighetsägare bekymra sig om hur avloppsfraktionerna hanteras.

Om avloppsfraktionerna inte går till centralt avloppsreningsverk, utan tas om hand enskilt eller lokalt (med avloppsfraktioner från ett antal hushåll) bör man vara mer observant på vad som händer med fraktionerna med avseende på hygieniska aspekter. Nuvarande lagstiftning är ganska otydligt gällande krav på hanteringen med avseende på hygien. Naturvårdsverket skriver i sin rapport *”En hållbar återföring av fosfor”* (Naturvårdsverket, 2013) att *”Enligt vår bedömning är risken för att avloppsslam eller källsorterade fraktioner som innehåller fekalier från flera hushåll innehåller patogener så stor att de inte ska spridas ut i miljön utan föregående hygieniserande behandling”*. De säger också att: *”Sverige är ett av få länder i Europa där obehandlat slam får spridas och under de senaste tio åren har användandet av avloppsslam och andra avloppsfraktioner som innehåller fekalier identifierats som en för hög risk”*.

Den rapport från Naturvårdsverket som citeras ovan utgör Naturvårdsverkets redovisning av regeringsuppdraget *”En hållbar återföring av fosfor”* som slutrapporterades 2013. Därefter har branschen väntat på att nya övergripande regler för slam, biogödsel, enskilda avlopp mm ska beslutas, träda i kraft, men ännu, våren 2017, har inget beslut fattats. Den allmänna uppfattningen i branschen är i alla fall att kommande regelverk kommer att innebära att kraven på hygienisering skärps generellt. I Naturvårdsverkets rapport finns en tabell som sammanfattar de förslag till hygienisering som tagits fram.

Av rapporten framgår att värmebehandling är en godkänd metod vilket också gäller vid kompostering. Kraven innebär att en specificerad kombination av tid och temperatur skall uppnås, högre temperatur ger kortare tid och vice versa. Om behandlingen sker i form av kompostering skall även ett krav på minsta antal vändningar uppnås, vilket också gäller slutna kompostering.

Ett annat angränsande område är hantering av animaliska biprodukter, ABP, som regleras av ABP-förordningen. Animaliska biprodukter kan vara t ex slakteriavfall, gödsel och hudar. Om ABP material skall rötas är det lägsta kravet på hygienisering att följande parametrar skall uppnås:

- Maximal partikelstorlek 12 mm
- Minimum temp: 70 grader C
- Minimum uppehållstid: 60 minuter

Detta innebär att alla biogasanläggningar som behandlar ABP måste inkludera ett hygieniseringssteg i sin biogasprocess. I detta projekt har vi utvärderat en kompostmaskin, godkänd för att behandla ABP med ovanstående parametrar. Projektets fokus har varit att titta på förutsättningarna att behandla avloppsfraktioner i nämnda komposteringsmaskin, och i praktiken kommer det förmodligen att bli en blandning av ABP-material och avloppsfraktioner från enskilda avlopp som skall behandlas för att få en struktur på materialet som passar maskinen. Det innebär att vi kommer att behandla avloppsfraktionerna med processparametrar som uppfyller det liggande förslaget, med avseende på tid och temperatur men att det återstår att säkerställa att också omblandningskravet tillgodoses.

En sammanfattning av avsnittet ovan är att lagar och regler för närvarande är mer utvecklade med avseende på hur ABP (animaliska biprodukter) skall hygieniseras än hur avloppsfraktioner skall hygieniseras. Dock finns ett förslag på kommande lagstiftning för avloppsfraktioner, och den maskinen/process vi använde i projektet uppfyllde de kraven, även om dess godkännande från jordbruksverket åsyftar ABP.

9 Slutsatser

Samhället står inför en allt större utmaning när det gäller att sluta kretslopp och ta hand om avfall och restprodukter och framställa växtnäring utan fossilberoende. I detta projekt har vi undersökt förutsättningarna för ett lokalt kretslopp av näringsämnen (främst kväve och fosfor) genom att hygienisera avloppsfraktioner från små enskilda avloppsanläggningar i en kompostmaskin. Slutsatser från projektet är:

- Det finns tillräcklig tillgång till avloppsfraktioner och hästgödsel i de undersökta områdena Näshulta, Alberga och Bälgviken för att tillgodose råvarubehovet i en ICM-process.
- I de undersökta områdena är få enskilda avlopp åtgärdade vilket möjliggör för kommunen att påverka så att en viss typ av avloppsteknik väljs för att maximera resurshushållning och återföringspotentialen.
- Den ekonomiska beräkningen av ICM-processen visar att av de tre posterna råvara, processkostnad och värde av färdig produkt har processkostnaden störst ekonomisk betydelse. Detta gäller både om slamråvaran kommer från slutna tankar eller blandade avloppssystem.
- Ur ett ekonomiskt perspektiv lämpar sig ICM processen bättre för att ta fram en kompostjord för försäljning till exempelvis privatpersoner än för en produkt som sprids som gödningsmedel på åkermark, där betalningsviljan är lägre p.g.a. lågt näringsvärde per ton råvara.
- Miljöanalysen visar att energianvändning och klimatpåverkan för ICM processen är jämförbar med dagens lösning om hänsyn ej tas till produktion av mineralgödsel.
- Vid ersättning av mineralgödsel visar miljöanalysen att skillnaden är en faktor 10 till ICM-processens fördel.
- Eftersom produktion av kvävegödselmedel kräver en relativt stor energimängd och har stor klimatpåverkan, medför det att lösningar med slutna tankar är mer attraktiva än andra avloppstekniker eftersom en större mängd kväve då kan återföras från den uppsamlade fraktionen.
- Ett kretslopp som kan vara ett alternativ för de undersökta områdena är att slam från slutna tankar körs till oanvända gödselbrunnar för hygienisering på lokala lantbruk istället för till reningsverket. Lantbrukaren kan sedan utnyttja slammet som gödningsmedel på åkermark.
- Miljö- och Energidepartementet (våren 2017) pågående beredning av NVs förslag om hållbar återföring av fosfor kan öka acceptans för användning av gödselmedel från avlopps- och avfallsfraktioner och utveckling av lokala kretsloppssystem eftersom författningsförslaget omfattar bl.a. krav på hygieniserande behandling av alla avloppsfraktioner oavsett användningsområde.

Referenser

Avfall Sverige. Avvattning av slam från små avloppsanläggningar – kvalitet och avsättning. Rapport 2016:20.

Avloppsguiden. 2017. (<http://husagare.avloppsguiden.se/kemisk-f%C3%A4llning.html>).

Havs- och vattenmyndigheten. 2014. <https://www.havochvatten.se/hav/vagledning--lagar/vagledningar/sma-avlopp/goda-exempel-pa-arbete-med-kretslopp.html>

Jordbruksinformation. 2013. Hästgödsel - en naturlig resurs. Jordbruksverket.

Jordbruksverket. Användning av avloppsslam på jordbruksmark 2017. <https://www.jordbruksverket.se/download/18.119feb9115bf58aod7b3522d/1494510731716/Informationsblad+slam.pdf>

Jönsson, H, Nordberg, Å, Vinnerås, B. System för återföring av fosfor i källsorterade fraktion av urin, fekalier, matavfall och i liknande rötat samhälls- och lantbruksavfall.

Magnér, J, Rosenqvist, L, Rahmberg, M, Graae, L, Eliaeson, K, Örtlund, L, Fång, J, Brorström-Lundén, E. 2016. Fate of pharmaceutical residues - in sewage treatment and on farmland fertilized with sludge. No. B 2264, 2016. IVL Swedish Environmental Research Institute.

Malmberg, J. 2014. Reduktion av läkemedelsrester och andra organiska föroreningar vid hygienisering av Avloppsslam. Rapport 2014-21, Svenskt Vatten.

Miljörapport Näshulta reningsverk 2015. Eskilstuna Energi och Miljö.

Miljörapport Alberga reningsverk 2015. Eskilstuna Energi och Miljö.

Miljörapport Bälgviken reningsverk 2015. Eskilstuna Energi och Miljö.

Naturvårdsverket SNFS 1994:2.

<http://www.naturvardsverket.se/Documents/foreskrifter/nfs1994/snfs1994-02k.pdf>

Naturvårdsverket. 2008. Avloppsreningsverkens förmåga att ta hand om läkemedelsrester och andra farliga ämnen. Rapport 5794, Naturvårdsverket.

Naturvårdsverket. 2013. Hållbar återföring av fosfor. Rapport 6580, september 2013. Naturvårdsverket.

Paulrud, S, Rosenqvist, H Wahlberg Roslund, C, Öhman, M. 2016. Energigrödor och slam i lokalt kretslopp - "Boråsmodellen". SP Rapport : 2016:98. SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.

Roos, A & Kihlstrand, M. Enskilda avlopp och kretslopp. Nätverksträff, Små avlopp i kretslopp, Uddevalla, 4 oktober 2016.

Sundin, A. 2017. Naturvårdsverkets arbete med slamfrågan. Presentation Linköping 7 mars 2017.

Bilaga 1.

Tabell 1-Bilaga. Använda data för transporter, avloppsvattenrening och slamspridning.

Transport-data			
Lastbil			
Diesel heavy truck		30 liter / 100 km	
		0,3 liter /km	
Maxlast	15	0,02 liter/ton, km	
Emissionsfaktor		72 kg CO ₂ / GJ	
		0,072 kg CO ₂ / MJ	
Värmevärde		0,0328 GJ/liter	
Omräkning		2,3616 kg CO ₂ / liter	
Emissionsfaktor		0,0472 kg CO ₂ / ton, km	
Em.fak.korr		0,0945 kg CO ₂ / ton, km	
		94,5 g CO ₂ / ton, km	
Energiåtgång		0,000656 GJ/ton,km	
Energiåtgång		0,656 MJ/ ton,km	
Lastgrad		0,5	
El-data			
Em.fakt., nordisk medel el		30,0 g CO ₂ /MJ	
Avloppsvattenrening, siffror från Ryaverket			
Mottagen mängd vatten		4 m ³ /s	
Antal sek/år		31536000	
Mottagen mängd vatten		126144000 m ³ /s	
Andel tillskottsvatten		60 %	
Mottagen mängd spillvatten		75686400 m ³	
Förbrukad mängd el		39739 MWh	
CO ₂ -emissionen		24042 ton	
Mängd slam		55935 ton	
Mängd slam/dag		153 ton	3 kg/s
Mängd spillvatten/dag		207360 m ³	
Elförbrukning		0,53 kWh/m ³	
Elförbrukning		1,89 MJ/m ³	
CO ₂ -emissioner		0,32 kg CO ₂ /m ³	
Mängd slam/m ³ vatten		0,74 kg/m ³ vatten	

Tabell 2-Bilaga. Använda data för slamspridning. De data som finns att få tag i handlar om olika typer av bearbetning på åkarmark och tillhörande dieselförbrukning.

Spridningsberäkning			
Diesel (Lindgren)	1 liter/ha		
Energiinnehåll	9,8 kWh/liter	Biogasportalen	
Energiinnehåll	35,28 MJ/liter		
Densitet	0,82 kg/liter	Wikipedia	
Energiinnehåll	43,0 MJ/kg		
Energiåtgång Lindgren	35 MJ/ha		
Energiåtgång Lindgren	0,4 kg/ha		
Energiåtgång Lindgren	0,49 l/ha		
Energiåtgång Baky, Dalgaard	2 l/ha		
Energiåtgång Johansson, Dalga	1,5 l/ha		
Energiåtgång Börjesson	100 MJ/ha		
Energiåtgång Börjesson	2,83 l/ha		
Energiåtgång Flysjö	0,5 l/ha		



RISE Research Institutes of Sweden
Box 857, 501 15 BORÅS
Telefon: 010-516 50 00
E-post: info@ri.se, Internet: www.sp.se / www.ri.se

Energi och Cirkulär Ekonomi
Rapport 2017:33
ISSN 0284-5172