

Bioforsk Rapport

Bioforsk Report

Vol. 9 Nr. 120 2014

Lokal behandling og bruk av kildeseparert svartvann

En mulighetsstudie for Sørli skole i Nittedal

Ola Stedje Hanserud

Petter D. Jensen

www.bioforsk.no





Hovedkontor
Frederik A. Dahls vei 20,
1432 Ås
Tlf: 03 246
Fax: 63 00 92 10
post@bioforsk.no

Bioforsk Jord og miljø
Frederik A. Dahls vei 20
1432 Ås
Tlf: 03 246
Faks: 63 00 94 10
jord@bioforsk.no

<i>Tittel:</i> Lokal behandling og bruk av kildeseparert svartvann: En mulighetsstudie for Sørli skole i Nittedal			
<i>Forfatter:</i> Ola Stedje Hanserud, Bioforsk Jord og miljø Petter D. Jenssen, NMBU			
<i>Dato:</i> 22.12.2014	<i>Tilgjengelighet:</i> Åpen	<i>Prosjekt nr.:</i> 8751	<i>Arkiv nr.:</i> 2014/260
<i>Rapport nr.:</i> 120/2014	<i>ISBN-nr.:</i> 978-82-17-01321-1	<i>Antall sider:</i> 24	<i>Antall vedlegg:</i> -
<i>Oppdragsgiver:</i> Regionale Forskningsfond (RFF) Hovedstaden / Nittedal kommune		<i>Kontaktpersoner:</i> Kjell Øygarden / Kristin Hurthi & Liv Beate Stormyhr	
<i>Stikkord:</i> Desentralisert, svartvann, resirkulering		<i>Fagområde:</i> Småskala renseteknologi	
<i>Sammendrag:</i> Utsikter til stor vekst i Nittedal kommune de neste tiårene koblet med press på avløpsrensekapasiteten gjør at kommunen har vært motivert til å vurdere nye måter for å redusere belastning av økonomi og miljø på sikt. Den aktuelle rapporten har vurdert lokal håndtering av svartvann med utgangspunkt i mulighetene for et forsøksanlegg for svartvann fra Sørli skoles nybygg. Rapporten konkluderer med at teknologier og regelverk ikke hindrer lokal behandling av svartvann og bruk av svartvannsbasert gjødselprodukt i landbruket for å resirkulere verdifulle næringsstoffer. De mest velprøvde behandlingsmetodene for innsamlet svartvann er våtkompostering eller biogassbehandling (anaerob utrætning), mens plantebasert avvanning eller behandling med urea er antatt rimeligere. Det må imidlertid gjøres en mer inngående vurdering av kostnader, inntekter og støttemuligheter for å avdekke økonomien i et forsøksanlegg og velge behandlingsmetode.			

Godkjent

Trond Mæhlum

Prosjektleder

Ola Stedje Hanserud

Forord

Denne rapporten gjør rede for funnene i forprosjektet «Håndtering av kildeseparert urbant svartvann i Nittedal kommune», med hovedfinansiering av Regionale Forskningsfond (RFF) Hovedstaden og med tilleggsstøtte fra Nittedal kommune. Prosjektets hovedmål har vært å finne ut om et forsøksanlegg for lokal håndtering av svartvann fra nybygg ved Sørli skole i Nittedal kommune er gjennomførbart innen 3-5 år og skissere hvordan en slik håndtering bør se ut. Prosjektgruppen har bestått av Liv Beate Stormyr i Nittedal kommune (prosjektansvarlig), Ola Stedje Hanserud i Bioforsk (prosjektleder) og Petter D. Jenssen ved NMBU. I tillegg har Romerike Landbruksrådgivning (Åsmund Langeland/Jan Stabbetorp) og Mattilsynet (Anne Bøen) vært med som referansepartnere.

Vi synes det er spennende og viktig at Nittedal viser interesse for å vurdere alternativer til konvensjonell avløpsbehandling. En vridning i synet på fremtidens avløpshåndtering er avhengig av at noen tør å gå foran.

Ola Stedje Hanserud & Petter D. Jenssen

Ås, desember 2014

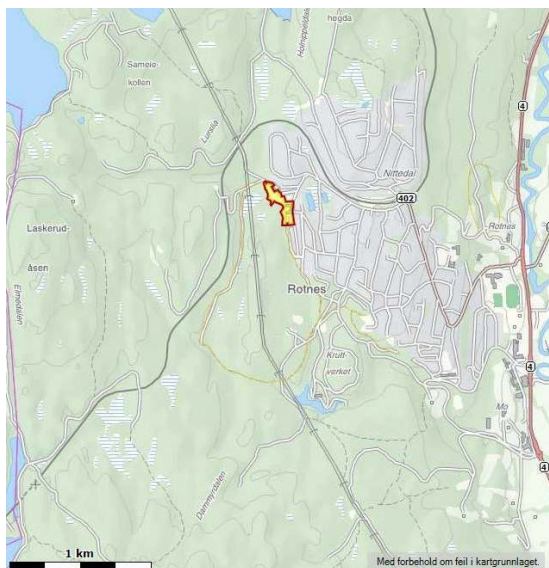
Innhold

Forord.....	2
1. Bakgrunn.....	4
2. Kildeseparering av svartvann	7
2.1 Introduksjon	7
2.2 Kildeseparert svartvann fra Sørli skole	8
3. Regelverk for behandling og bruk av svartvann	10
3.1 Gjødelsvareforskriften.....	10
3.1.1 Tungmetaller	10
3.1.2 Hygienisering og stabilisering	11
3.1.3 Bruksbegrensninger og -muligheter	12
3.2 Forskrift om animalske biprodukter.....	12
4. Aktuelle tekniske løsninger.....	13
4.1 Kompostering.....	13
4.2 Våtkompostering.....	14
4.3 Anaerob utråtning (biogassproduksjon)	14
4.4 Plantebasert avvanning og langtidslagring.....	15
4.5 Behandling med urea	16
5. Forslag til løsning	17
6. Diskusjon og konklusjon.....	20
Referanser	22

1. Bakgrunn

Nittedal kommune forventer at befolkningen fram mot 2050 vil kunne nær fordobles i forhold til dagens nivå - fra ca.22.000 ved årsskiftet 2012/13 til ca. 40.000 i 2050 (jfr. "Skisse til sentrumsplan", resultat av Plansmia i Nittedal kommune 10. - 14. oktober 2010). Blant annet vil sentrum utvikles betraktelig de neste årene. Samtidig er kapasiteten på eksisterende avløpsanlegg Åneby, Rotnes og Slattum nesten fullt utnyttet samt kilde til utslipp av næringsstoffer til Nitelva gjennom lekkasjer i ledningsnett, overløp, og utslipp fra eksisterende renseanlegg (Bjørndalen et al. 2007; Farestveit 2008). Vedtak er imidlertid fattet om at de tre avløpsanleggene legges ned og at det bygges en overføringsledning ut av kommunen til Nedre Romerike Avløpsselskap (NRA) for rensing. Dette gjøres fremfor å oppgradere de tre eksisterende renseanleggene i kommunen.

Farestveit (2008) og Hanserud et al. (2011) gav imidlertid motsatt anbefaling, og Hanserud et al. mener en lokal oppgradering kan være del av en bredere strategi for å gjøre Nittedals avløpsbehandling mer fleksibel for fremtidige påvirkningsfaktorer (befolkningsvekst, klima, utslippskrav etc.) og mer økologisk og økonomisk bærekraftig. Ved rensing utenfor kommunen forventes det at mengden avløpsvann på ulikt vis er en kostnadsdriver i framtiden siden kommunen blant annet må betale per kubikkmeter eksportert avløpsvann. Økt volum vil på et tidspunkt også nødvendigvis gjøre en kapasitetsutvidelse både i ledningsnett og ved renseanlegget som vil være kostbar. Næringsstoffer vil uansett renses fortsatt tapes fra lekkasjer og via overløp i kommunens eget ledningsnett og virke forurensende i Nitelva.



Figur 1. Rotnes tettsted i Nittedal og lokalisering Sørli skole i gult felt



Figur 2. Sørli skole med inntegnet nybygg i sør i mørkere grått

Motivert av økonomi og miljø besluttet kommunen i lys av dette i 2011 å bruke utvidelsen av Sørli skole som et forsøksanlegg for å se på mulighetene for lokal håndtering av kildeseparert

avløpsvann. Desentral behandling av avløpsvann vil dempe presset på eksisterende infrastruktur og føre til reduserte utslipp av blant annet fosfor gjennom resirkulering av næringsstoffer fra kildeseparert svartvann. Studier vi viser til senere i rapporten tyder på dette vil gi kostnadseffektivitet på sikt. Ved nytt tilbygg ved Sørli skole separeres gråvann (dusj-, bad- og vaskevann) og svartvann (toalettavløp). Gråvann renses i et kompakt gråvannrensaneanlegg ved skolen før utslipp til bekk. Oppgaven i gjeldende rapport har vært å utrede mulighetene for lokal håndtering av svartvannet. Fram til en løsning er på plass vil svartvannet slippes på det kommunale nettet. Et forsøksanlegg for lokal behandling av svartvann vil kunne gi verdifull kunnskap som senere kan anvendes for mer av den kommende utbyggingen i kommunen om dette viser seg økonomisk og miljømessig fornuftig.

Vi har ikke sett lignende prosjekter i Norge der nye løsninger og infrastruktur for svartvann vurderes i konteksten av et tettsted og har derfor hatt begrenset med erfaringsmateriale å støtte oss på innenfor landegrensene. Det er blant annet nødvendig å vite mer om hvordan en kan håndtere kildeseparert svartvann lokalt og muligheter og begrensninger som ligger i regelverket. Vi er sikre på at også andre kommuner med tettsteder i vekst opplever eller vil oppleve de samme utfordringene knyttet til avløpsbehandling, og erfaringer fra Nittedal vil derfor ha en verdi også utenfor kommunegrensen.

Prosjektets mål og problemstillinger

Prosjektets hovedmål har vært å finne ut om et forsøksanlegg for lokal håndtering av svartvann fra nybygg ved Sørli skole i Nittedal kommune er gjennomførbart innen 3-5 år og skissere hvordan en slik håndtering bør se ut.

Dette har vært videre brutt ned i fire delmål:

- M1: Identifisere aktuelle tekniske løsninger og aktører for transport, behandling og sluttdisponering av svartvann fra vakuumtoaletter ved Sørli skole
- M2: Identifisere eventuelle legale og organisatoriske barrierer for de ulike løsningene beskrevet i M1
- M3: Skissere forslag til håndtering av svartvann gitt funn i M1 og M2
- M4: Evaluere forventede investerings- og driftskostnader knyttet til transport og behandling for skissert forslag

Problemstillingene knyttet til delmålene ovenfor er følgende (f.eks. P1-X hører til delmål M1):

- P1-1 Hva er de mest aktuelle løsningene for behandling av kildeseparert svartvann fra vakuumtoaletter av relevant skala?
- P1-2 Er det nødvendig og/eller fordelaktig med sambehandling med matavfall eller husdyrgjødsel?
- P1-3 Hvem kan være potensielle aktører for transport og behandling av svartvann og for bruk av gjødselprodukt?
- P2-1 Hvilke krav setter relevante nasjonale og lokale forskrifter og retningslinjer til transport, behandling og bruk av kildeseparert svartvann som gjødselvarer?
- P2-2 Hvilke, om noen, institusjonelle barrierer finnes for drift og oppfølging av lokal svartvannshåndtering i Nittedal?

- P3-1 Hvordan kan gjennomførbare løsninger for svartvannshåndtering se ut basert på funn i P1-1 - P2-2?
- P4-1 Hva er forventede investerings- og driftskostnader knyttet til transport og behandling for svartvann fra Sørli skole for de ulike skisserte løsningene i P3-1?
- P4-2 Hva finnes av finansielle støttemuligheter for installering av et forsøksanlegg og for en videreføring av prosjektet i utvidet form?
- P4-3 Hvordan kan en oppskalering av lokal svartvannshåndtering påvirke valg av løsning og tilhørende kostnader?

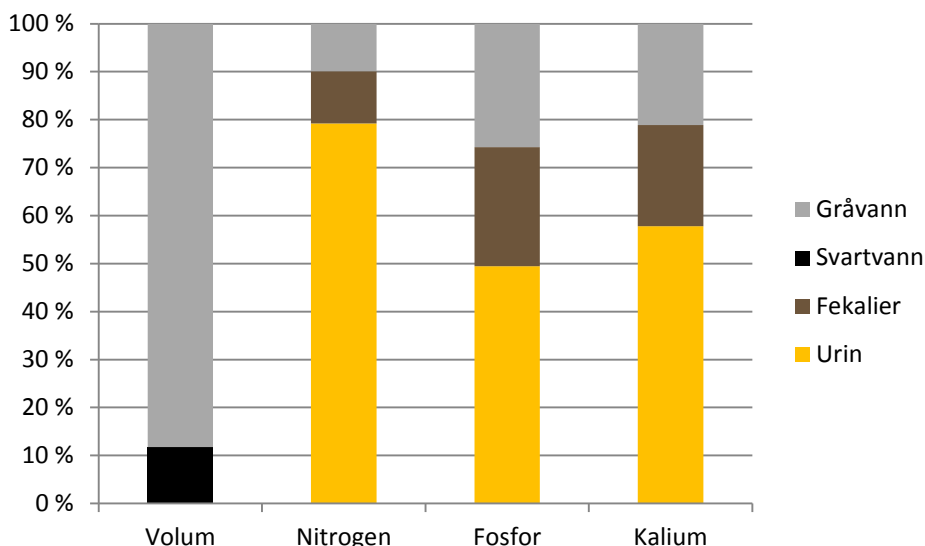
I rapporten har vi, etter en introduksjon av kildeseparering av svartvann i kapittel 2, valgt å belyse regelverket (M2) i kapittel 3 før teknologiene (M1) i kapittel 4, siden regelverket påvirker hvilke tekniske løsninger det er mulig å bruke. Kapittel 5 skisserer noen mulige løsninger for lokal håndtering, før kapittel 6 avslutter med diskusjon og konklusjon.

2. Kildeseparering av svartvann

2.1 Introduksjon

Kildeseparering av avløpsvann, først og fremst i svartvann og gråvann, er gjerne motivert av bedre ressursbruk og -gjenvinning og er koblet til mindre lokale/desentrale anlegg. Dette i motsetning til konvensjonell avløpsrensing der avløpsvann fra husholdninger, industri og ofte også overflatevann fraktes i samme rør og renses i ett større sentralt kommunalt eller interkommunalt renseanlegg. Viktige utfordringer ved dagens sentraliserte avløpssystem, spesielt i områder i vekst, er dårlig ressursutnyttelse og kostnader relatert til feildimensjonering (se Hegger (2008), Maurer (2012) og Hanserud (2013)), og en dreining i retning mer desentralisering av avløpssystemer virker lovende og nødvendig for både miljø og økonomi i framtiden.

Ved kildeseparering transporteres og behandles gråvann og svartvann hver for seg fordi de i utgangspunktet er veldig forskjellige: Gråvannet utgjør det største volumet i en boligs samlede avløpsvann og er relativt næringsfattig, mens svartvannet (urin, fekalier, toalettpapir og spylevann) er klart mest næringsrikt og inneholder 70-80 % av fosforet og ca. 90 % av nitrogenet i avløpsvann (Figur 3). Hvis vi kildeseparerer og behandler svartvann for seg selv kan derfor storparten av ressursene i avløpet konsentreres i et relativt lite volum. Svartvannet inneholder også størsteparten av de sykdomsframkallende (patogene) mikroorganismene i avløpet. Ved riktig behandling vil også patogenene kunne reduseres kraftig samtidig som de holdes utenfor vannkretsløpet.



Figur 3. Fordeling av volum og næringsstoffer i avløpsfraksjoner. Volumet av svartvann inkluderer spylevann i tillegg til fekalier og urin. Kilder: Vinnerås et al. (2006, s.10), Tidåker et al. (2007, s.392)

Sammenligningen av desentrale kildeseparerende systemer og sentrale systemer gir ikke en entydig konklusjon når det gjelder økologisk bærekraft. Et desentralt kildeseparerende system har et stort potensiale til å forbedre ressursbruk gjennom resirkulering av næringsstoffer og reduksjon av vannuttak. På den andre siden viser livsløpsstudier for avløpshåndtering i svenske

tettsteder at lokal håndtering av svartvann kan score dårligere på total energibruk på grunn av produksjon av materialer til ekstra infrastruktur og anlegg samt energi til innsamling og transport (Tidåker et al. 2006; Tidåker et al. 2007).

Energibruken i kildeseparerende avløpssystemer er i stor grad påvirket av mengden vann per spyling og transportavstander, og dette antas også å påvirke konklusjonen i en eventuell livsløpsanalyse for Nittedal. Bruk av vakuumtoaletter minimerer spylemengden for toalettene og holder den totale mengden svartvann på et minimum. Vakuumtoaletter kan i prinsippet fungere uten vann, men for å holde toalettskåla ren og lette transporten i vakuumsrørene spyles det med fra 0,5 til 1,5 liter per besøk. Total svartvannsmengde per person er i teorien 6-7 liter om en person er 100 % tilstede i boligen (alle toalettbesøk i egen bolig). Med normal tilstedeværelse vil dette tallet bli lavere og på studentboligene på Kaja i Ås er total svartvannsmengde ca. 6 liter per person. Bruk av vannfrie urinaler vil også redusere betydelig total svartvannsmengde, siden vi normalt bruker 4 av 5 toalettbesøk til kun å urinere.

Tørrstoffkonsentrasjonen i svartvann fra vakuumtoaletter vil også avhenge av spylemengde og er avgjørende for noen av behandlingsmetodene. Dette kommer vi tilbake til i kapittel 4. Målinger gjort for svartvann fra vakuumtoaletter ved Kaja studentboliger i Ås har vist 0,8 % tørrstoff (TS) (Jenssen et al. 2004). Det teoretiske tørrstoffinnholdet for en spylemengde på 1 liter vann per spyling er 2 %. Årsaken til at det målte nivået er lavere antas å være at brukerne spyle mer enn én gang etter bruk. Ved behandling av svartvann både aerobt (med oksygen, for eksempel våtkompostering) eller anaerobt (uten oksygen i biogassprosess) vil det være fordelaktig å tilsette annet organisk avfall som øker tørrstoffmengden (Jenssen & Skjelhaugen 1994). Videre i denne rapporten forutsetter vi at svartvann fra vakuumtoaletter har en tørrstoffkonsentrasjon på 1 % i forhold til våt vekt.

2.2 Kildeseparert svartvann fra Sørli skole

Mengden svartvann estimert for Sørli skoles nybygg (heretter bare kalt Sørli skole) er basert på at fullt belegg der er 240 elever og 30 lærere. Disse vil til sammen generere ca. 1120 liter svartvann per dag og ca. 213 m³ gjennom et år. Det vil ta litt i overkant av to uker å fylle opp en tett tank på 12m³ som så tømmes og kjøres til et sted for videre behandling. Tanken tømmes med disse forutsetningene 18 ganger per år. Forutsetningene bak og utregningen kan sees i henholdsvis tabell 1 og 2.

Tabell 1. Forutsetninger for estimering av svartvannsmengde

Mengde utskilte ekskrementer (urin og fekalier) per person og dag	1,5 liter	A
Ant. dobesøk per person og dag i gjennomsnitt	8	B
Ant. dobesøk per ansatt/elev gjennom skoledagen i gjennomsnitt	3,5	C
Mengde vann per spyling	1,0 liter	D
Antall ansatte	30	E
Antall elever	240	F
Antall undervisningsdager per år	190	G
Antall skoledager per uke	5	H
Våtvolum tett tank for svartvann	12.000 liter	I

Vi har videre forutsatt at ansatte og elever skiller ut like mye ekskrementer og går like ofte på do. Dette kan gi en overestimering av svartvannsmengden og/eller tørrstoffkonsentrasjonen, siden barn spiser og drikker og skiller ut mindre enn voksne.

Tabell 2. Utregning av svartvannsmengder for Sørli skole

Nr.	Vi vil finne	Formel*	Resultat
1	Mengde ekskrementer per ansatt/elev og dag	$(A/B) \times C = (1,5/8) \times 3,5$	0,65 liter
2	Mengde spylevann per ansatte/elev og dag	$C \times D = 3,5 \times 1,0$	3,5 liter
3	Mengde svartvann per ansatt/elev og dag	$1 + 2 = 0,65 + 3,5$	4,15 liter
4	Mengde svartvann Sørli skole per dag	$3 \times (E + F) = 4,15 \times 270$	1120 liter
5	Antall skoledager for å fylle opp tanken	$I/4 = 12.000/1120$	10,7 dager
6	Antall uker for å fylle opp tanken	$5 / H = 10,7/5$	2,1 uker
7	Total svartvannsmengde per år	$4 \times G = 1120 \times 190$	212.800 liter
8	Antall tømninger per år	$G / 5 = 190/10,7$	18 ganger

* Bruk av bokstaver viser til verdier oppgitt i Tabell 1. Bruk av nummer i en formel viser til formelresultat i korresponderende linjenummer.

Om spylemengden justeres ned fra 1,0 liter/spyling til 0,5 liter/spyling vil dette drastisk redusere den totale mengden per år (fra 213 m³ til 123 m³), antall tømninger per år (fra 18 til 11) og øke konsentrasjonen av tørrstoff i svartvannet (ikke beregnet). Her må en være oppmerksom på at en nedjustering av spylemengde kan gi utslag i at spyleeffekten oppleves som utilstrekkelig. Hvis dette fører til at det spyles flere ganger per besøk vil det kunne gi en like stor eller til og med større total spylemengde enn før og en nedjustering vil da virke mot sin hensikt.

Et annet tiltak som ble drøftet innledningsvis med skolen for å redusere spylemengden var installering av vannfrie urinaler for guttene. Dette er urinaler som finnes på markedet med flere produsenter og er etter hvert velkjent som teknologi, der ofte en gummimembran eller en oljelås hindrer lukt fra å komme opp fra rørsystemet. Siden de fleste toalettbesøk er kun for urinering i løpet av en dag, ville urinaler rettet mot halvparten av elevene kunne hatt stor virkning på mengden spylevann og totalt volum svartvann. Dette motsatte imidlertid rengjøringspersonalet seg grunnet dårlig erfaring med rengjøring av slike urinaler på en annen skole. Vannfrie urinaler ble derfor utelatt i den videre utformingen av toalettinstallasjonene ved skolen.

Estimert mengde svartvann per elev og ansatt er altså ca. 4 liter per dag, med total mengde 1120 liter per dag. Estimert gråvannsmengde per elev og ansatt er på 18 liter per dag og gir en total mengde på 4860 liter gråvann per dag¹. Svartvannet utgjør dermed 19 % av den totale mengden avløpsvann fra nybygget på Sørli skole.

¹ Beregnet i utredning av 19.11.2012 for dimensjonering av gråvannsrensaneanlegg for nybygg ved Sørli skole (Hansrud 2012)

3. Regelverk for behandling og bruk av svartvann

Det mest sentrale regelverket i forbindelse med behandling og bruk av kildeseparert svartvann er Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav (Gjødselvareforskriften) av 2003. Denne er riktignok under revidering, men inntil revisjonen trår i kraft må en forholde seg til den gjeldende forskriften. Om svartvann blandes med matavfall eller husdyrgjødsel kommer i tillegg regelverket for animalsk biprodukter (ABP) inn. I første omgang ser vi på hva Gjødselvareforskriften sier om å behandle og anvende svartvann alene.

3.1 Gjødselvareforskriften

Gjødselvarer av organisk opphav som omfattes av forskriften er blant annet husdyrgjødsel, avløpslam og kompostprodukter og annen organisk gjødsel. I definisjonen av avløpslam inngår alle typer slam, også det som oppstår i forbindelse med oppsamlingstanker med ubehandlet sanitært avløpsvann (vedlegg 1 i forskriften), som er den aktuelle situasjonen for svartvann fra Sørli skole.

Om svartvann skal kunne brukes som en gjødselvarer må den tilfredsstille krav til produktkvalitet i henhold til Gjødselvareforskriftens kapittel 3, § 10. Denne stiller kvalitetskrav til tungmetallinnhold, hygienisering, stabilisering, spiredyktige frø, samt innhold av plast, glass og andre fremmedlegemer. Av de ovenfornevnte kravene er tungmetallinnhold og hygienisering/stabilisering mest relevante å vurdere i denne omgang siden de påvirker henholdsvis bruken av gjødselvarer og selve behandlingsmetoden. Det forutsettes at hiving av plast, glass og andre fremmedlegemer i do utgjør et lite problem. Gjødselvareforskriften i seg selv sier ikke noe om hvilken behandlingsmetode eller teknologi som skal brukes for å oppnå akseptabel produktkvalitet.

3.1.1 Tungmetaller

Gjødselvarer er delt inn i 4 kvalitetsklasser avhengig av tungmetallinnhold, og dette får innvirkning på bruksområdet for gjødslet og hvor mye som kan tilføres jorden. Det finnes analyser av tungmetallinnhold i avløpslam fra kommunale renseanlegg i Norge og risikovurdering av å tilføre slam på jord (se VKM 2009), men tall for kun svartvann isolert fra totalt avløpsvann må vi hente fra Sverige. Vi antar at den svenske dietten er forholdsvis lik den norske, og vi kan derfor videre anta at tungmetallverdiene også er sammenlignbare. Tabell 1 sammenstiller verdier i avløpsfraksjoner og i kvalitetsklassene, gitt som milligram tungmetall per kg tørrstoff. I beregningen av tungmetaller i svartvann inngår også tørrstoff fra toalett-papir, samt at TS i urin er gitt etter nedbrytning av urea. Det meste av tørrstoffet i urin finnes i urea, som i løpet av transport gjennom rør og i lagring brytes ned til omtrent en tredjedel av det som finnes i urin umiddelbart etter at det kommer ut av kroppen (Vinnerås et al. 2006, s.7).

Tabell 3. Tungmetallinnhold i kildeseparerte avløpsfraksjoner før og etter behandling (mg/kg tørrstoff (TS))

Parameter	Urin ¹	Fekalier ¹	Svartvann f. beh. ¹	Svartvann e. beh. ²	Klasse 0 slam	Klasse 1 slam	Klasse 2 slam
Kadmium (Cd)	0.04	0.34	0.15	0.37	0,4	0,8	2
Bly (Pb)	0.10	0.66	0.30	0.76	40	60	80
Kvikksølv (Hg)	0.04	0.27	0.12	0.31	0,2	0,6	3
Nikkel (Ni)	0.37	2.45	1.12	2.79	20	30	50
Zinc (Zn)	2.34	354.55	147.79	369.47	150	400	800
Kobber (Cu)	5.29	36.36	16.49	41.23	50	150	650
Chrom (Cr)	0.53	0.66	0.42	1.04	50	60	100

¹ Omregning av verdiene i Vinnerås et al. (2006), tabell 6, fra mg/pers*år til mg/kg TS.

² Tungmetallkonsentrasjoner etter behandling med antatt 60 % reduksjon av tørrstoffmengden.

Av tabellen ser vi at ingen av verdiene for tungmetaller i svartvann før behandling overstiger grensene for klasse 0 slam. Den største andelen tungmetaller blir skilt ut gjennom fekalie.

Avhengig av type hygienisering og stabilisering vil imidlertid tørrstoffmengden (TS) reduseres gjennom nedbrytning av organisk materiale, noe som øker tungmetallkonsentrasjonene relativt til tørrstoffinnholdet. Om vi, som i tabell 3, antar en 60 % reduksjon av tørrstoffmengden gjennom behandling vil tungmetallkonsentrasjonene litt mer enn dobles. Verdiene for kvikksølv og zinc er innenfor klasse 1, mens resten av parameterne er innenfor klasse 0. Dermed befinner svartvann seg som helhet i klasse 1 etter behandling med de gitte forutsetningene. Gråvann inneholder imidlertid det meste av tungmetaller i avløpsvann fra husholdninger, og disse mengdene er allerede tatt bort ved kildeseparering (Vinnerås et al. 2006). Selv om konsentrasjonen av tungmetaller relativt til TS-mengden gjerne går opp gjennom behandling, må vi huske på at konsentrasjonen av tungmetallene i substratet som er behandlet fortsatt er uendret relativt til volumet så lenge det ikke også skjer et tap av vann i prosessen.

Kvalitetsklasse 1 tillater tilføring av organisk gjødsel til jordbruksareal med inntil 4 tonn tørrstoff per dekar per 10 år. Det kan påføres i et lag på maksimalt 5 cm tykkelse og skal moldes ned i jorda.

3.1.2 Hygienisering og stabilisering

Ifølge Gjødselvereforskriftens §10, punkt 3, skal bruken av gjødselvaren ikke medføre fare for overføring av sykdomssmitte til mennesker, dyr og planter. Den skal ikke inneholde salmonellabakterier eller infektive parasittegg, og termotolerante koliforme bakterier (TKB) skal være mindre enn 2500 per gram TS. At varen er stabil betyr at den ikke forårsaker luktulemper ved lagring og bruk.

Ut ifra kunnskap om patogener i svartvann, konkluderte Greatorex et al. (2003) med at svartvannsfraksjonen minst bør utsettes for samme hygienisering som slammet ved et avløpsrensaneanlegg. Norsk Vann beskriver et sett med testede og anerkjente metoder for å oppnå tilstrekkelig hygienisering av slam ved norske rensaneanlegg (Norsk Vann 2010). Utenom disse er det mulig å bruke andre metoder så lenge en kan dokumentere at kravene til hygienisering og stabilisering er oppfylt. For dette formålet ga Mattilsynet i 2012 ut en veileder til metoder for å dokumentere kvalitetskravene i ulike typer gjødsler (Mattilsynet 2012). I tillegg har Norsk Vann (2013) laget en bransjenorm for slam med det mål å bidra til at slam

kvalitetssikres og tilføres produktiv jord som ledd i god ressursutnyttelse av de viktige stoffene som finnes i avløpsvannet og som havner i slam.

3.1.3 Bruksbegrensninger og -muligheter

De bruksbegrensningene som gjelder for avløpsslam vil også gjelde for lignende fraksjoner som har opphav i avløp – som svartvann. Slike produkter skal ikke spres på areal der det dyrkes grønnsaker, poteter, frukt og bær. Der man sprer slam kan man ikke dyrke slike vekster før minimum tre år etter siste sprededato. Produktet skal heller ikke spres på eng og det må moldes ned i jorda senest 18 timer etter spredning. Bruk av produkter som inneholder slam skal meldes til kommunen.

Spredning av gjødselvarer med organisk opphav er kun tillatt i perioden mellom 15.februar og 1.november, men er ikke lov om jorden er snødekket eller frossen. Om gjødsla ikke felles ned i jorda må den spres innen 1.september. Det er slik behov for nok lagerkapasitet for å lagre behandlet svartvann som produseres gjennom vinteren fram til det kan påføres jord.

3.2 Forskrift om animalske biprodukter

Formålet med denne forskriften er å hindre spredning av dyre- og humansykdommer. Dette regelverket definerer en rekke materialer som animalske biprodukter og setter krav til innsamling, transport, behandling og sluttbruk. Avløpsvann fra husholdninger, skoler etc. er ikke definert som et animalsk biprodukt, men dersom avløpsvann for eksempel sambehandles med matavfall eller husdyrgjødsel vil animaliebiproduktregelverket sette visse krav til behandling og bruk. Standard behandlingskrav for et biogass- eller komposteringsanlegg er at materialet skal holde 70 °C i 1 time, og maksimal partikkelstørrelse skal være 12 mm. Det er mulig å benytte andre behandlingsmetoder, men da må disse dokumenteres ved egne prosedyrer.

Biproduktregelverket har også bruksbegrensninger ved spredning på jord, men her vil gjødselvareregelverkets bruksbegrensninger for avløpsslam være strengere og sette de praktiske begrensningene for bruk.

4. Aktuelle tekniske løsninger

I en vurdering av teknologi for å oppnå tilstrekkelig hygienisering og stabilisering er det flere aspekter som må tas i betraktning:

- 1) Skala: behandlingsmetodene beskrevet av Norsk Vann er samtlige passende for kommunale rensesanlegg, men er ikke nødvendigvis like aktuelle for det relativt lille volumet av svartvann som vil genereres ved Sørli skole.
- 2) Uttynning: Svartvann er mindre uttynnet enn vanlig kommunalt avløpsvann, men mer uttynnet enn avløpslam
- 3) Gjødseleprodukt: Valg av behandlingsmetode må ta hensyn til bondens preferanser for avløpsbaserte gjødselvarer for å kunne være et produkt som erstatter innkjøp av mineralgjødsele helt eller delvis. Behandlingsmetoden må blant annet konservere de verdifulle næringsstoffene i avløpsvannet i så stor grad som mulig.

I den videre gjennomgangen er fem behandlingsmetoder beskrevet og vurdert:

- Kompostering
- Våtkompostering
- Anaerob utråtning (biogassproduksjon) med hygieniseringstrinn
- Plantebasert avvanning
- Behandling med urea

Samtlige behandlingsmetoder konserverer store deler av næringsstoffene i svartvannet i et sluttprodukt på en plantetilgjengelig form og tilfredsstillende også Gjødselforskriftens krav til produktkvalitet gjennom hygienisering og stabilisering. Gjødselfordien i et sluttprodukt vil imidlertid avhenge av hvordan bioresten behandles videre (Ohr et al. 2002). Kompostering, våtkompostering og anaerob utråtning er godt dokumenterte behandlingsmetoder, mens plantebasert avvanning kan være en aktuell men mindre kjent metode for bruk på svartvann. En behandlingsmetode som også er interessant er hygienisering av svartvann med urea. Denne har vist lovende resultat i laboratorieforsøk og benyttes nå av Uddevalla kommune i Sverige.

4.1 Kompostering

Kompostering av svartvann kan være aktuelt ved bruk av tørrtoaletter (uten spyling), og blir også brukt i spredt bebyggelse for enkelthus og -hytter uten tilgang på offentlig kloakk. Kompostering av fekalier fra tørrtoaletter er også brukt ved boligkomplekset Gebers (32 leiligheter over 2 etasjer) utenfor Stockholm der urin er sortert bort ved hjelp av urinsorterende toaletter (GTZ 2005). Som behandling for et mye fuktigere svartvann, som fra vakuumpoletter, er derimot kompostering mindre aktuelt. Til sammenligning krever kompostering av matavfall en inngangsverdi på rundt 40 % TS før komposteringsprosessen begynner og må blandes med strukturmateriale som hageavfall eller treflis for å oppnå dette (Lystad & Vethe 2002).

I et forsøk i regi av Orio-programmet ble profesjonell innsamling av ekskrementer fra tørre toaletter (biodoer) og etterfølgende sekundærkompostering prøvd i full skala (Hanssen 2005).

Komposteringen foregikk i en komposteringsreaktor utviklet ved NMBU (Hanssen 2005; Hanssen et al. 2005) og innsamlingen ble foretatt av en gårdbruker som også driftet kompostreaktoren. Ekskrementene ble tilsatt bark og matavfall. Tilfredsstillende hygienisering ble oppnådd etter 2 måneders behandling i reaktoren.

4.2 Våtkompostering

Våtkompostering er aerob nedbrytning av organisk stoff i organisk avfall med 2-8 % TS. Denne stabiliseringen gjøres ved å blande luft ned i massen i isolerte, lukkede tanker, og varmen som genereres i kompostprosessen (40-70°C) vil også kunne hygienisere avfallet. Med en oppholdstid på 5-10 døgn der alle partikler blir utsatt for minst 55°C over 20 timer vil sikre både stabilisering og hygienisering av avfallet (se Norsk Vann 2010 for mer informasjon).

Våtkompostering av svartvann har de siste årene kun vært gjort ved ett gårdsanlegg i Norge i dag - i Aremark kommune i Østfold. På grunn av eierskifte og arbeidskapasitet er imidlertid driften der nylig avsluttet selv om det fortsatt var økonomisk forsvarlig, ifølge tidligere ansvarlig bonde, Gunnar Ulsrød (pers.medd. oktober 2014). Bonden kjørte selv rundt til husstander i nærområdet og hentet svartvann oppsamlet i tette tanker og slam fra slamavskillere. I tillegg kjørte kommunen kildesortert matavfall til anlegget. Matavfall ble kvernet og blandet med svartvann/septikslam før det ble behandlet i våtkomposteringsreaktoren. Den ferdig behandlede massen ble lagret i tanker på gården og spredd som gjødsel på egen gård og til nabojord gjennom et trykkrørsystem. Lageret hadde stor nok kapasitet til å lagre kompostert masse gjennom vinteren. Anlegget i Aremark ble bygget i 1996 og har stort sett fungert godt. Dette var imidlertid den første kommersielle reaktoren av denne typen i Norge, og noen mindre modifikasjoner og utbedringer er foretatt i etterkant. Reaktoren i Aremark var utstyrt med en "ferdskrifer" som registrerte temperaturen i prosessen. Dette gjør driftsoperatøren i stand til å kontrollere at behandlingen tilfredsstillende kravet til hygienisering.

For å få høyt nok tørrstoffinnhold for våtkompostering må svartvannet enten blandes med husdyrgjødsel eller matavfall. For eksempel har blautgjødsel fra storfe en tørrstoffprosent fra 6-13 % avhengig av uttynning av vann (Bergslid & Solemdal 2014). Kildesortert matavfall i Norge har en anslått tørrstoffprosent på 33 % (Møller et al. 2012).

For å oppnå et substrat med 5-6 % TS kan for eksempel 12 tonn svartvann (tilnærmet lik en full tett tank på 12 m³, 1 % TS) blandes med 2 tonn kildesortert matavfall, eller 20 tonn storfegjødsel (8 % TS). Blanding av svartvann og enten matavfall eller husdyrgjødsel utløser krav til hygienisering som ligger i Forskrift om animalske biprodukter (se kap.3.2), det vil si 70 grader over 1 time for alle partikler, som kan ha maksimum 12mm størrelse.

4.3 Anaerob utråtning (biogassproduksjon)

Biogassbehandling er stabilisering av organisk avfall der biogass, en blanding av metan og karbondioksid, dannes ved nedbrytning av organisk stoff uten lufttilgang (anaerobt) i tillegg til en næringsrik flytende biorest. Dette har vanligvis skjedd ved en temperatur på mellom 35 og 40°C (mesofil stabilisering) i Norge (Norsk Vann 2010), noe som ikke er høy nok temperatur til å få nødvendig hygienisering av materialet (Wendland 2008). For å oppnå hygienisering i henhold til gjødselvereforskriften finnes det tre hovedalternativer: massen hygieniseres før, under eller

etter biogassbehandling. Hygienisering under behandling gjøres ved å kjøre en termofil anaerobisk stabilisering (ved 53-58°C), der svartvannet minst bør oppholde seg 2 timer ved 55°C (Norsk Vann 2010). Både for- og etterhygienisering kan skje ved pasteurisering (70°C i 30 minutter), selv om etterhygienisering med pasteurisering ikke lenger gjøres i noe stor grad på grunn av mulighet for tilbakeslag og vekst av patogener i den lagrede massen (Wendland 2008).

Ulike typer biogassanlegg kan utnytte ulikt innhold av tørrstoff og organisk stoff målt som kjemisk oksygenforbruk (KOF). Energipotensialet i svartvann er imidlertid begrenset av at substratet allerede har vært gjennom en nedbrytningsprosess i kroppen vår og at svartvann fra vakuumpoletter gir lave konsentrasjoner av tørrstoff. Det er dermed en fordel å blande svartvann med annet organisk avfall som matavfall for å øke gassutbyttet av biogass.

Anaerob utrånning i en lukket prosess er gunstig for å bevare alle næringsstoffene i svartvannet. Den produserte biogassen har en verdi som energikilde og kan blant annet brukes til å produsere varme for å heve temperaturen i et hygieniseringstrinn.

4.4 Plantebasert avvanning og langtidslagring

En enkel, men lite utprøvd metode for behandling av svartvann er plantebasert avvanning og langtidslagring. Prinsippet for plantebasert slamavvanning er blant annet beskrevet av Buseth et al. (1996). Slammet ledes ut på tørkesenger hvor det vokser takrør. Plantene sørger for at avvanningen blir mer effektiv enn uten planter samtidig som slammet blir godt omsatt og mineralisert. Tørrstoff holdes tilbake og akkumuleres i tørkesengen. Tørkesenger er normalt dimensjonert for å kunne akkumulere slam i 8 år og er dermed noe arealkrevende. Dimensjoneringskriterie for Norge er anbefalt til 0,6 m² per personekvivalent (pe) (Jenssen et al. 2006, s.53). Deretter ligger slammet til ettermodning i minimum 6 mnd og opptil 2 år for å hygieniseres og la planterester visne og brytes ned. Til sammenligning anbefaler Norsk Vann at avvannet slam langtidslagres i minst 3 år for at det skal hygieniseres tilstrekkelig (Norsk Vann 2010).

I tillegg til å produsere et godt mineralisert slam vil en tørkeseng produsere en klar og luktfri, men næringsrik væskefase. En del fosfor holdes tilbake i tørrstoffet, mens nitrogen, kalium og oppløst fosfor vil følge væskefasen ut av anlegget. Væskefasen kan i tillegg til næringsstoffer også inneholde patogener og bør renses ytterligere før videre bruk eller infiltreres før utslipp.

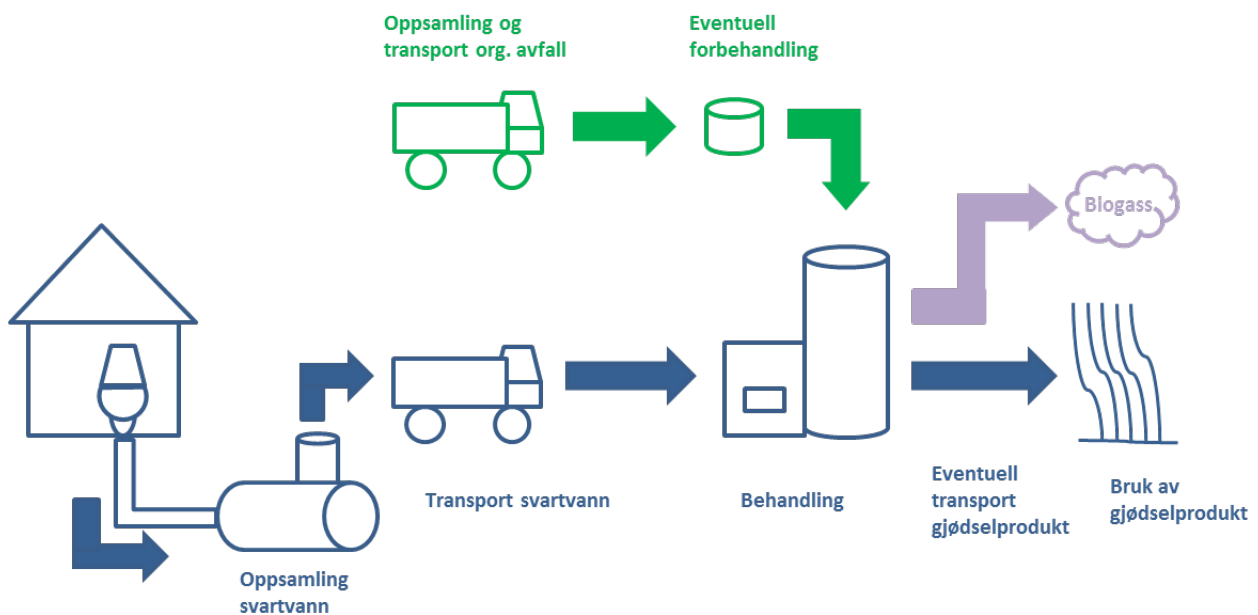
I Norge har et slikt anlegg vært i drift ved Tvedestrand renseanlegg (Jenssen et al. 2006). Et mindre anlegg er og i drift ved et privat renseanlegg i Våler kommune. I Danmark skjer nesten 20 % av slamavvanningen i plantebaserte anlegg (Nielsen & Willoughby 2005). Plantebasert avvanning av kun svartvann er ikke en velprøvd metode, men erfaring fra plantebasert avvanning av avløpslam vil kunne legges til grunn. Metoden kan ifølge Jenssen et al. (2006) behandle slam med 0,3-5 % tørrstoff. Forventet TS-verdi for svartvannet fra vakuumpoletter ligger innenfor dette intervallet. Buseth et al. (1996) rapporterte at de danske erfaringene med avvanning av aerobt slam fra aktivslamanlegg ikke ga luktproblemer, men at slike problemer har vært opplevd ved mottak av septikslam, som er ubehandlet.

4.5 Behandling med urea

Behandling med urea er utprøvd med godt resultat i laboratorieskala (Vinnerås et al. 2003). Behandlingen går ut på å sette til 1-3% urea til svartvannet (i Uddevalla brukes det 1%). Dette fører til at pH øker noe som gir en toksisk effekt overfor mikroorganismer. Uddevalla kommune i Sverige prøver nå metoden i full skala. Svartvann samles inn fra tette tanker gjennom kommunale tømmerutiner. Svartvannet deponeres i en gjødselkum hos en gårdbruker hvor det tilsettes urea. Ifølge Uddevalla kommune så fungerer systemet teknisk bra (Anders Roos pers med.). Metoden krever lite investering og kan benytte eksisterende gjødselkummer som ikke er i bruk. Det ferdig behandlede svartvannet lagres i minimum 6 måneder før det brukes direkte som gjødsel i landbruket. Gjødselen spres med spredeutstyr for blautgjødsel. Systemet i Uddevalla følges opp og dokumenteres av Sveriges Landbruksuniversitet. Lantbrukarnas riksförbund (tilsvarende Norges Bondelag) er positive til prosjektet og følger det med interesse.

5. Forslag til løsning

En løsning må sees på som et system bestående av ulike trinn som starter ved produksjonen av svartvann ved Sørli skole og ender med bruken av et svartvannsbasert gjødselprodukt i landbruket. Skjematisk kan dette se ut som i figur 4. Svartvannet kan behandles med innblanding av annet lett nedbrytbart organisk avfall som matavfall eller husdyrgjødsel (grønn farge). Til forskjell fra de andre behandlingsmetodene vil anaerob utråtning i tillegg gi biogass som et produkt fra behandlingen (lilla farge).



Figur 4. Generelt svartvannssystem

Valg av behandlingsmetode

Av behandlingsmetodene presentert i denne rapporten er våtkompostering og anaerob utråtning de best utprøvde metodene. Begge tar vare på næringsstoffer på en god måte og har i utgangspunktet ingen utslipp av vann med tilhørende tap av næringsstoffer. Kompost er som beskrevet kun egnet til et avfall som har en utgangsfuktighet på ca. 35-40 % TS. Dette kan ikke oppnås før svartvannet avvannes. Plantebasert avvanning kan i seg selv stabilisere slam og svartvann, men hygieniseringseffekten er ikke dokumentert for svartvann. Slammet må da ifølge WHO (2006) lagres i to år før det kan brukes i landbruket. Vannoppløselige næringsstoffer som spesielt nitrogen og kalium kan tapes gjennom væskefasen i avvanningen dersom dette ikke samles opp forsvarlig. Ureabehandling er foreløpig lite utprøvd i stor skala, men resultater så langt er lovende.

Sambehandling

Både for våtkompostering og biogassbehandling er sambehandling av svartvann og matavfall/husdyrgjødsel gunstig. Sambehandling med matavfall krever at matavfallet kvernes i små nok biter i en forbehandling før det blandes og behandles sammen med svartvannet. Sambehandling utløser også krav om hygienisering i henhold til forskriften for animalske

biprodukter, som må inkluderes i behandlingsanlegget. Avhengig av geografisk lokalisering av anlegget kan det være nødvendig med transport av et gjødselprodukt videre til mottakende gård. Dette er overflødig om anlegget legges til en gård som har mulighet til å bruke all produsert gjødsel selv.

Aktuelle aktører for transport og behandling

Gjennom arbeidet med rapporten ble det ikke identifisert bønder som var interesserte i å konstruere et behandlingsanlegg på sin gård, men gjennom prosjektmøter har det lokale bondelaget Nittedal og Hakadal Bondelag vist positiv interesse for konseptet, noe som er et godt utgangspunkt for videre dialog med lokale bønder. Det er en forutsetning for suksess at landbrukssektoren er med som del av systemløsningen, i det minste som mottaker og bruker av et svartvannsbasert gjødselprodukt, og gjerne også som anleggseier og -operatør for et behandlingsanlegg. I Aremark stod bonden selv for transport av svartvann fra tette tanker fra boliger rundt gården, og det samme kan tenkes å være aktuelt for transport av svartvann fra Sørli skole til behandlingsstedet. Det er også allerede transportaktører, slamtømmefirmaer, på markedet i Nittedal som kan gjøre en slik jobb.

Mengde substrat og spredeareal

Mengden svartvann som genereres ved Sørli skole per år på ca. 213 tonn vil etter gjødselvareforskriften (se kap.3.1.1) kunne påføres 4,3 dekar jordbruksjord per år (50 tonn behandlet substrat per da) om det ikke avvannes etter behandling. Det er antatt en reduksjon i tørrstoff på 60 % gjennom behandling. På grunn av den lave tørrstoffmengden i svartvann er det forskriftens krav til påføring av et lag på maksimalt 5 cm som begrenser mengden som kan tilføres per dekar.

I en substratblanding der svartvann og matavfall for eksempel blandes i et mengdeforhold 6:1 (gir 5-6 % TS før behandling) vil tørrstoffandelen være høyere og gjøre at den samlede behandlede mengden må spres på et større areal. Samlet mengde blir i så fall ca. 250 tonn substrat per år som må spres på 14 da.

Anleggsdimensjonering og investeringskostnader

Mengden svartvann som genereres ved Sørli skoles nybygg er liten sett i forhold til de fleste anlegg i Norge i dag, men anleggskomponenter for denne størrelsen finnes på markedet for både våtkompostering og biogassproduksjon.

Våtkompostering

Et anlegg som kan ta i mot 12m³ svartvann og 2 tonn matavfall omtrent hver andre uke vil typisk bestå av en mottakstank på 15-20m³, en kvern for matavfallet, en reaktortank på 35m³ med nødvendig automatikk, og et gjødsellager på ca. 300 m³. En slik løsning kan ha en samlet investeringskostnad fra 2,1 millioner NOK, basert på kostnaden for anlegget i Aremark², som har en lignende størrelse. Endelig prislapp avhenger blant annet av mengden egeninnsats i konstruksjonen av lagertankene, om disse bygges på stedet. Inntekter for mottak av matavfall i en renovasjonsordning med kommunen vil kunne kompensere for en stor del av driftskostnadene.

² Anlegget i Aremark kostet totalt 1,5 millioner kroner da det ble bygget, ifølge bonde Ulsrød. Justert for prisstigning i henhold til konsumprisindeksen blir dette 2,1 millioner i 2013-kroner.

Biogass

Ut fra samtaler med én av leverandørene av små biogassanlegg i Norge vil et anlegg for denne skalaen kunne innebære en investering på rundt 2 millioner NOK. Dette inkluderer da en mottakstank på 15-20m³, hygieniseringstrinn, selve biogasstanken på ca. 40m³ med nødvendig automatikk, og en lagertank for bioresten på ca. 300m³.

Innovasjon Norge gir gjennom sitt bioenergiprogram støtte på inntil 45% av godkjente investeringskostnader til biogassanlegg som er tilknyttet landbrukseiendommer og landbruksskoler. Det er imidlertid en forutsetning av hovedenergikilden er råstoff direkte fra landbruket (Innovasjon Norge 2014) - det vil si spesielt husdyrgjødsel.

Biogassproduksjon kan være dyrere i investeringsfasen enn våtkompostering, men vil på den andre siden kunne utløse investeringstilskudd fra Innovasjon Norge som våtkompostering ikke får. Dette er fordi det er nasjonalt mål å behandle mer organisk avfall gjennom biogassproduksjon i tilknytning til landbruket, og det forventes at det kommer på plass ytterligere støtteordninger som gir insentiver til denne behandlingsmetoden. Koblingen mot landbruket og bonden både som potensiell anleggseier, driftsoperatør og sluttbruker av et gjødselprodukt gjør denne sektoren sentral i den videre oppfølgingen av prosjektet.

Det finnes blant annet midler til forprosjekt gjennom Innovasjon Norge, samt at det gis investeringstilskudd om landbruket eier minst 51 % av anlegget. Kommunen kan dermed være deleier i et nytt anlegg, eller kun inngå kontrakt for levering av svartvann og eventuelt matavfall. Begge deler vil kommunen kunne betale for å levere. Et forprosjekt vil kunne avklare økonomien i et potensielt biogassanlegg og hvilke mengder substrat som må behandles før anlegget kan driftes i pluss, noe som bør være en forutsetning for å gå i gang. Dette har vi ikke hatt kapasitet til å gå nærmere inn på i gjeldende rapport, men vi vil forvente at anlegget må oppskaleres noe for å gå rundt økonomisk. Lignende støttemuligheter for å vurdere våtkompostering eller andre metoder som behandlingsmetode kjenner vi ikke til.

Plantebasert avvanning og ureabehandling

Begge disse metodene antas å ha lavere investeringskostnader enn våtkompostering og anaerob utråtning (biogass). Dersom en eksisterende gjødselkum kan benyttes vil ureabehandling kunne være svært rimelig i investering. Både ureabehandling og plantebasert avvanning krever lite drift og vil derfor antas å ha til dels betydelig lavere driftskostnader enn de øvrige metodene.

6. Diskusjon og konklusjon

Forsøksanlegg for Sørli skole

Hovedmålet med denne rapporten har vært å avklare om et forsøksanlegg for lokal håndtering av svartvann fra nybygg ved Sørli skole i Nittedal kommune er gjennomførbart innen 3-5 år, samt skissere en slik håndtering.

Det er teknisk gjennomførbart å få til et forsøksanlegg for behandling av svartvannet fra den nye delen av Sørli skole med komponenter som finnes i markedet. Det er heller ikke noe i regelverket som hindrer behandling og bruk av kildeseparert svartvann så lenge behandlingsmetoden tilfredsstillende de krav som er satt i relevante forskrifter. Det må imidlertid tas en nærmere gjennomgang av kostnader og inntektsmuligheter for å avklare om det er økonomisk gjennomførbart. Inntektsmuligheter for anleggseieren vil kunne komme fra utførelsen av mottak og behandling av matavfall som renovasjonstjeneste for kommunen, samt salg eller bruk av gjødselprodukt som sparer tilsvarende innkjøp av mineralgjødsel.

Biogassproduksjon og våtkompostering er de best dokumenterte behandlingsmetodene, og biogassen har i tillegg verdi som energikilde som enten kan produsere varme og/eller strøm. Plantebasert avanning og ureabehandling er sannsynligvis de rimeligste metodene, men det er foreløpig lite erfaring med bruk av disse metodene for behandling av svartvann.

Videre mot realisering av et forsøksanlegg for behandling av svartvann fra Sørli skoles nybygg bør en kostnadsvurdering gjøres i samarbeid med en identifisert interessert anleggseier, og omsetning/bruk av gjødselprodukt må også avklares og sikres så tidlig som mulig.

Lokal håndtering av svartvann og Nittedal kommunes behov i større skala

Utover et forsøksanlegg for Sørli skole, har kommunen villet utrede en lokal håndtering av svartvann av to hovedårsaker: 1. vurdere mulige økonomiske besparelser ved å behandle avløpsfraksjoner lokalt framfor å sende til rensing ved NRA; 2. redusere utslipp av spesielt fosfor som forurensning til Nitelva ved å resirkulere næringsstoffer i avløpsvann lokalt.

Punkt 1 er relatert til selve mengden avløpsvann overført til NRA versus behandlet lokalt. Av det totale volumet avløpsvann utgjør svartvannet en mindre del (se figur 3), men for bygninger som Sørli skole og andre offentlige bygninger og større kontorbygninger generelt vil svartvannet kunne utgjøre en mer betydelig del av det totale volumet. Årsaken er at flere av de viktige gråvannsgenererende aktivitetene som dusjing og klesvask er til stede i mindre grad i slike bygg. Slik kan lokal behandling av svartvann for denne type nye bygninger i Nittedal sentrum gi større utslag på mengden overført avløpsvann enn for boligbygninger. Det største potensialet for volumreduksjon ligger imidlertid i gråvann og fremmedvann. Hanserud et al. (2011) indikerer at inntrengning av fremmedvann er et problem for ledningsnett i Nittedal og gjør avløpsmengden unødvendig høy, og de skisserer også mulige tiltak for unngå det. Dette er problemer som ikke forsvinner med omlokalisering av rensesetd.

Punkt 2 er spesielt relevant for å behandle svartvann lokalt for resirkulering, siden det meste av eutrofierende næringsstoffer som fosfor og nitrogen finnes der. Et alternativ kan være å

separere ut kun urin fra avløpsvannet gjennom bruk av vannfrie urinaler og/eller urinsortierende toaletter. Dette er ikke utredet i denne rapporten, men kan eventuelt inkluderes i en oppfølging. Fordelen med urin er at det, jmfør figur 3, inneholder det meste av fosfor og nitrogen i svartvannet, og at det i tillegg er nesten fritt for bakterier og virus og dermed enklere å behandle med tanke på hygienisering (Richert et al. 2010). Ifølge retningslinjer fra WHO trenges kun lagring i 6mnd for å hygienisere urin (WHO 2006).

I en større skala anbefales at det benyttes en god planleggingsprosess for å identifisere hva kommunen på sikt vil oppnå med avløpsbehandlingen i, for eksempel, utviklingen av Nittedal sentrum - i tråd med rammeverket for bærekraftige avløpssystemer i byer skissert av Lüthi et al. (2011). Det finnes blant annet flere muligheter for å kombinere sentraliserte løsninger, som overføringsledningen til NRA, med desentraliserte løsninger for spesielt gjenvinning av næringsstoffer. Dette er fleksible hybridløsninger og tilpasses til hvert enkelt tilfelle avhengig av blant annet organisasjonsstruktur, deltagelsesgrad, villighet til å endre rutiner etc. (se Hegger et al. 2008). Lüthi et al. (2011, s.80) poengterer også at bygninger til ikke-boligformål tilbyr en spesiell mulighet for å utvikle innovative sanitærløsninger, spesielt siden det kan være løsninger som personer ikke vil ha hjemme og som også eksponerer et stort antall brukere for nye systemer. Usikkerheten knyttet til investeringer i store sentraliserte systemer i vekstregioner har i tillegg en kostnad som må veies opp mot fordelene ved et mer fleksibelt system av desentrale eller hybride løsninger som kan være dyrere i investeringsfasen (Maurer 2012).

Konklusjon og veien videre

- Det må gjøres en mer detaljert forstudie for å vurdere økonomien i et pilotanlegg for behandling av svartvann fra Sørli skoles nybygg.
- I større skala og for utvikling av Nittedal sentrum bør det gjennomføres en god planleggingsprosess for å sikre en bærekraftig løsning for kommunen på sikt.
- Det er et stort potensiale for innovasjon knyttet til et videre arbeid med å se på lokal håndtering av svartvann i Nittedal og resirkulering av næringsstoffer tilbake til landbruket. Innovasjonspotensialet kan relateres til:
 - Utvikling av spesifikke teknologier som anaerob utråtning (biogassbehandling) ved lave temperaturer
 - organisering av avløpsforvaltningen (sentralisert/desentral organisering)
 - brukergrensesnittet (for eksempel forbedret design av toaletter og urinaler)
 - utvikling av attraktive gjødselprodukter basert på blant annet svartvann

Referanser

- Bergslid, I. K. & Solemdal, L. (2014). Husdyrgjødsel og lagerkapasitet. *Bioforsk TEMA Nr 1 januar 2014*. Bioforsk.
- Bjørndalen, K., Borch, H., Lindholm, O. & Øygarden, L. (2007). Tiltaksanalyse Nitelva. *Rapport Lnr 5453-2007*. 66 s.
- Buseth, A.-G., Norgaard, E. & Jenssen, P. D. (1996). Biologisk behandling av kloakkslam. *Vann*, 31 (1): 118-125.
- Farestveit, T. (2008). Framtidig avløpssystem i Nittedal kommune. 64 s.
- Greatorex, J. M., Vinnerås, B., Varberg, K. H., Jönsson, H., Breland, T. A. & Jenssen, P. D. (2003). Resirkulering av humanurin og toalettavløp til jordbruk - gjødselvirkning, hygiene, medisinerester og andre miljøgifter. *Nordisk nettverksamarbeid Rapport*. Ås: NLH. 50 s.
- GTZ. (2005). Gebers collective housing project. Orhem, Sweden. *Data sheets for ecosan projects*. Eschborn: GTZ.
- Hanserud, O. S., Jenssen, P. D. & Vråle, L. (2011). Avløpshåndtering i Nittedal kommune. Forslag til forbedring på kort sikt og desentralisering over tid.: *Bioforsk Rapport (6) 129*. 24 s.
- Hanserud, O. S. (2012). Avløpsløsning for nytt bygg ved Sørli skole, gnr/bnr. 14/59, i Nittedal kommune i Akershus. *Bioforsk Utredning 19.november 2012*. 14 s.
- Hanserud, O. S. (2013). Fremtidens avløpssystem krever ny retning. *Vann*, 48 (3): 415-417.
- Hanssen, J. F. (2005). Kvalitetskontroll og risikovurdering av biologiske toalettsystemer. Rapport for delprosjekt: Kretsløpsteknologi - systemer for resirkulering av ressurser i avløp og avfall. Sluttrapport til Orio-programmet. Ås: Institutt for kjemi, bioteknologi og matvitenskap, UMB. 13 s.
- Hanssen, J. F., Paruch, A. & Jenssen, P. D. (2005, May 24). *Composting human waste from waterless toilets*. 5th International Conference on Ecological Engineering for Wastewater Treatment. , Durban, May 24.
- Hegger, D., Vliet, B. V. & Spaargaren, G. (2008). Decentralized sanitation and reuse in Dutch society: Social opportunities and risks. Final report for the EET-DESAR project.: Wageningen University, Environmental policy group.
- Innovasjon Norge. (2014). Bioenergiprogrammet - retningslinjer for saksbehandling og tildeling av tilskudd 2014. Tilgjengelig fra: http://www.innovasjonnorge.no/PageFiles/466096/Retningslinjer%20for%20%20bioenergiprogrammet%202014_1.pdf (lest 06.11.2014).
- Jenssen, P. D. & Skjelhaugen, O. J. (1994). *Local ecological solutions for wastewater and organic waste treatment - a total concept for optimum reclamation and recycling*. Seventh international symposium on individual and small community sewage systems, Atlanta: ASAE, 18-94, pp.379-387. 379-387 s.
- Jenssen, P. D., Greatorex, J. & Warner, W. S. (2004). Sustainable wastewater management in urban areas. I: Kayser, K. (red.) *Konzeptionen dezentralisierter Abwasserreinigung und Stoffstrommanagement (concepts of de-centralized wastewater treatment and resource management)*: Universitat Hannover Weiterbildendes Studium Bauingenieurwesen "Wasser und Umwelt".
- Jenssen, P. D., Jonasson, S. A. & Heistad, A. (2006). Naturbasert rensing av avløpsvann. *VA-Forsk rapport*.
- Lystad, H. & Vethe, Ø. (2002). Fakta om biologisk avfallsbehandling - kompostering. *Jordforsk rapport nr. 43/02*: Jordforsk. 19 s.
- Lüthi, C., Panesar, A., Schütze, T., Norström, A., McConville, J., Parkinson, J., Saywell, D. & Ingle, R. (2011). *Sustainable sanitation in cities: A framework for action*: Sustainable Sanitation Alliance (SuSanA) & International Forum on Urbanism (IFoU), Papirozo Publishing House, The Netherlands. 156 s.

- Mattilsynet. (2012). Veileder for prøvetaking av slam, kompost og andre avfallsbaserte gjødselvarer. 22 s.
- Maurer, M. (2012). Full costs, (dis-)economies of scale and the price of uncertainty. I: Larsen, T. A., Udert, K. M. & Lienert, J. (red.) *Source separation and decentralization*, s. 85-99: IWA.
- Møller, H., Arnøy, S., Modahl, I. S., Morken, J., Briseid, T., Hanssen, O. J. & Sørby, I. (2012). Miljønytte og verdikjedeøkonomi ved biogassproduksjon, fase II. Matavfall og husdyrgjødsel.: Østfoldforskning. 91 s.
- Nielsen, S. & Willoughby, N. (2005). Sludge treatment and drying reed bed systems in Denmark. *Water and Environment Journal*, 19 (4): 296-305.
- Norsk Vann. (2010). Behandlingsmetoder som er i bruk i Norge, for å stabilisere og hygienisere slam. Versjonsdato: februar 2010: Norsk Vann. 23 s.
- Norsk Vann. (2013). Bransjenorm slam. Retningslinjer for kvalitetssikring og kommunikasjon. Versjon 11.02.2013. 32 s.
- Ohr, K., Førland, O. S. & Birkenes, V. Ø. (2002). Biogass - energiproduksjon og avfallsbehandling. *ORIO sluttrapport: Asplan Viak*. 123 s.
- Richert, A., Gensch, R., Jönsson, H., Stenström, T.-A. & Dagerskog, L. (2010). Practical guidance on the use of urine in crop production. *EcoSanRes series, 2010-1*. Stockholm: Stockholm Environment Institute. 54 s.
- Tidåker, P., Kärrman, E., Baky, A. & Jönsson, H. (2006). Wastewater management integrated with farming - an environmental systems analysis of a Swedish country town. *Resources conservation & recycling*, 47: 295-315.
- Tidåker, P., Sjöberg, C. & Jönsson, H. (2007). Local recycling of plant nutrients from small-scale wastewater systems to farmland - A Swedish scenario study. *Resources conservation & recycling*, 49: 388-405.
- Vinnerås, B., Holmqvist, A., Bagge, E., Albiñ, A. & Jönsson, H. (2003). The potential for disinfection of separated faecal matter by urea and by peracetic acid for hygienic nutrient recycling. *Bioresource Technology*, 89 (2): 155-161.
- Vinnerås, B., Palmquist, H., Balmér, P. & Jönsson, H. (2006). The characteristics of household wastewater and biodegradable solid waste—A proposal for new Swedish design values. *Urban Water Journal*, 3 (1): 3-11.
- VKM. (2009). Risk assessment of contaminants in sewage sludge applied on Norwegian soils. Opinion from the Panel on Contaminants in the Norwegian Scientific Committee for food safety. Oslo: VKM. 208 s.
- Wendland, C. (2008). *Anaerobic digestion of blackwater and kitchen refuse*: Technische Universität Hamburg-Harburg. 133 s.
- WHO. (2006). *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Volume 4: Excreta and greywater use in agriculture*. Geneva: World Health Organization.