

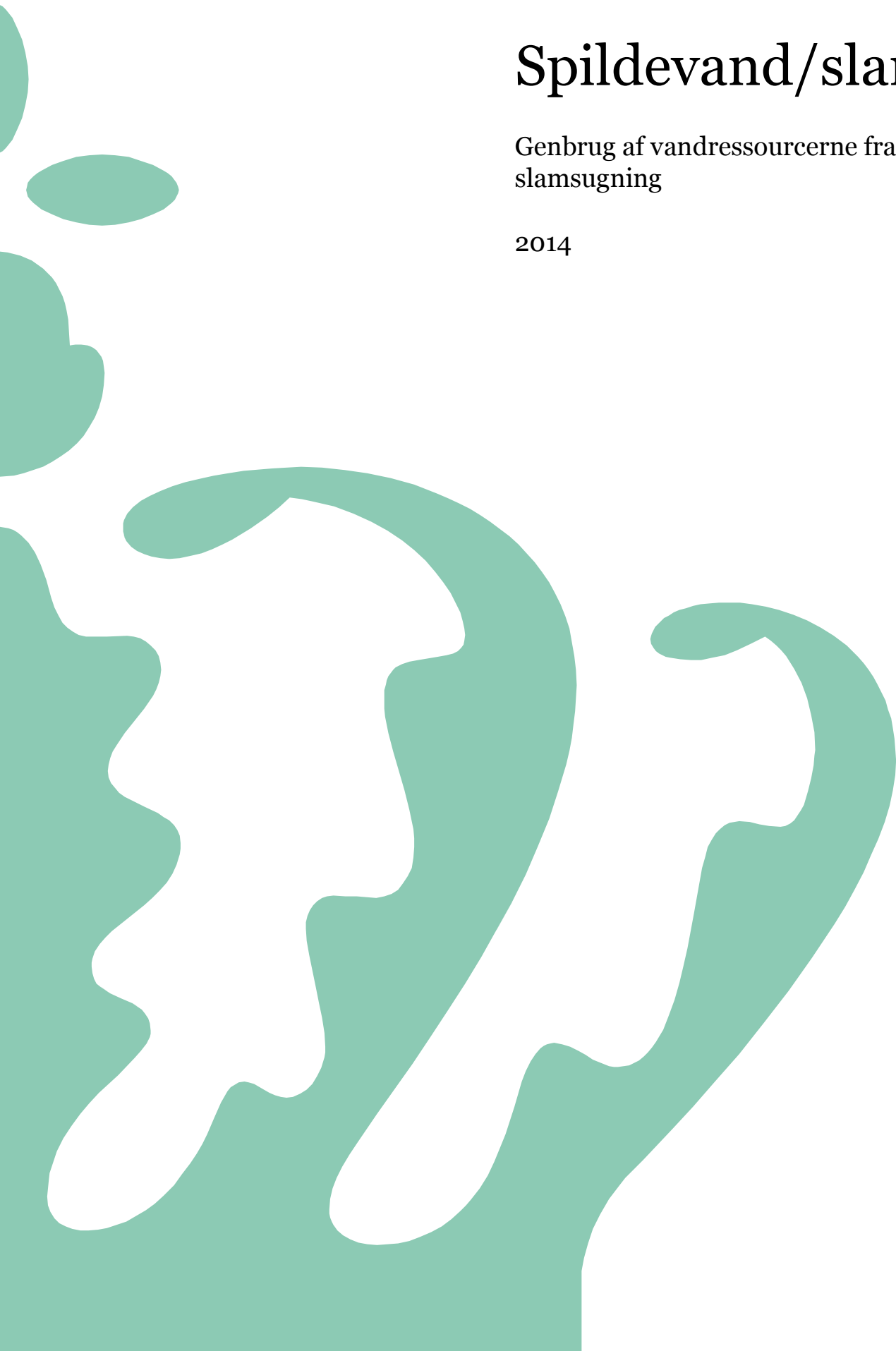


Miljøministeriet  
Naturstyrelsen

# Spildevand/slam

Genbrug af vandressourcerne fra  
slamsugning

2014



**Titel:**

Genbrug af vandressourcerne fra  
SlamsugningSpildevand/slam

**Redaktion:**

Vibeke Svendsen/Richard Dines Schmidt

**Udgiver:**

Naturstyrelsen  
Haraldsgade 53  
DK-2100 København Ø  
[www.nst.dk](http://www.nst.dk)

**År:**

2014

**ISBN nr.**

978-87-93353-12-1

**Ansvarsfraskrivelse:**

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse.

# Indhold

<b>Forord .....</b>	<b>4</b>
<b>Konklusion og sammenfatning .....</b>	<b>5</b>
<b>Konklusion .....</b>	<b>7</b>
<b>Sammenfatning .....</b>	<b>8</b>
<b>1. Genbrug af vandressourcerne fra slamsugning.....</b>	<b>9</b>
<b>2. Processen .....</b>	<b>11</b>
<b>3. Fremtidsperspektiver .....</b>	<b>13</b>
<b>4. Vurdering af markedspotentiale.....</b>	<b>14</b>
<b>Bilag 1: Testresultater .....</b>	<b>17</b>

# Forord

Envotherm A/S og SydSlam A/S har sammen udviklet en løsning til genbrug af vand- og sandressourcerne fra spildevand/slam via inddampning.

Projektet er gennemført i perioden december 2012 til maj 2014.

Resultatet er et inddampningsanlæg der er placeret i et isoleret skur i forbindelse med fire isolerede bassiner.

Et enkelt og relativt billigt koncept som med fordel kan etableres flere steder i landet.

Ideen går i alt sin enkelthed ud på, at trække vand ud af det spildevand og slam som er resultatet af slamsugning. Efter inddampning kan vandet genbruges til skylning af slamsuger og til spuling af kloakker.

Da processen sker samme sted spares der køretid, CO<sub>2</sub> og vand i forhold til den situation der er i dag.

I rapporten beskrives, udover projektets forløb og resultater også potentialet for en videreudvikling og yderligere ressourceoptimering.

Vores håb er, at vi efter en opstartsperiode på 6-8 måneder vil kunne fremvise et koncept med så interessante data at det vil have interesse for flere kommuner.

Gadstrup, 31. maj 2014

Envotherm A/S

SydSlam A/S

# Konklusion og sammenfatning

Det er lykkedes projektparterne at udvikle et rensningskoncept der omfatter et isoleret skur, et inddampningsanlæg der kan rense 1000 liter spildevand i timen, samt klargøre og isolerer 4 bassiner med en volumen på 150 m<sup>3</sup> per bassin.

Konceptet har vist sig at fungere som forventet. Processen har kørt en ganske kort periode, hvorfor der endnu mangler en historik på processen, som kan vise resultatet af processen over tid - med de udfordringer der kan opstå som følge af spildevandets sammensætning, frost og andre endnu ikke kendte udfordringer.

## Projektets forløb

Ingen af projektparterne havde råderet over et grundstykke, hvor konceptet kunne etableres og det var derfor afgørende, at vi kunne finde en lejet grund som var velegnet til projektet. Det lykkedes i Gadstrup, hvor der allerede var 4 rugbare bassiner, som alene skulle renses og renoveres, således at der kunne opnås en miljøgodkendelse til at gennemføre projektet. Endvidere er der på denne plads allerede mulighed for indvejning af slamsugerne.

Projektets relevans udsprang af følgende 3 primære forhold:

1. Reglerne for industrispildevand skærpes stadigt
2. Omkostningerne ved bortskaffelse er stigende
3. Parterne vurderede, at det må være teknisk og økonomisk muligt at rense og genanvende mere spildevand/ledningsvand til spuling

Envotherm har gennem de seneste 5 år udviklet og produceret inddampningsanlæg til en række forskellige segmenter, hvis produktion medfører meget forskelligt spildevand.

Et anlæg til rensning af spildevand fra slamsugere kan være udfordrende i forhold til andre typer mere ensartede spildevandstyper, idet det spildevand man i Envotherm hidtil har kørt test på har været fra en produktion som typisk er meget ensartet. I dette projekt vil spildevandet kunne være meget forskelligt afhængigt af hvilke kloak der var rensset. Der betød, at der måtte tages højde herfor i udviklingen af styringen og alarmerne på anlægget ligesom en automatisk renseproces og en belufter til bassin nr. 2 skulle integreres i processen, for at sikre at anlægget var så driftsikkert som muligt på trods af en uensartet spildvandsstrøm.

## Foreløbig konklusion af test:

Testresultatet af det rensede spildevand viser at destillatet har følgende data:

Eksempler	Måleenhed	Indhold Spildevand	Indhold Destillat	Detektionsgrænse
Bly (Pb)	PPM	13	0,0022	0,0005
Chrom (Cd)	PPM	0,032	< 0,00005	0,00005
Kobber (Cu)	PPM	0,016	<0,001	0,001
Nikkel (Ni)	PPM	0,75	<0,001	0,001
Zink (Zn)	PPM	0,22	<0,005	0,005
Olie (upolær fraktion)	PPM	850	0,24	0,1

Kilde: Analyserapport på spildevand og destillat, Eurofins, juni 2014.

Det betyder, at destillatet kan anvendes til rensning af slamsuger efter tømning og at destillatet kan anvendes til spuling af kloak.

Resultatet heraf alene udgør en gennemsnitlig ressourcebesparelse på vand på 5 m<sup>3</sup> per slamsugning og en besparelse på mandetimer på 60 min. Pr. slamsugning, brændsel på 7 liter diesel pr. slamsugning.

I Danmark regner branchefolk med 1 slamsuger per 10.000 indbyggere.  
I Storkøbenhavn betyder det, at vi kan regne med cirka 150 slamsugere.

Vi antager at spulevandet til genanvendelsen er 5 m<sup>3</sup> per bil per dag. Ligeledes regner vi konservativt 4 gadedage, altså 20 m<sup>3</sup> pr. bil pr. uge og cirka 1.000 m<sup>3</sup> pr. bil pr. år, i alt 150.000 m<sup>3</sup> vand i Storkøbenhavnsområdet.

Vi regner i gennemsnit med 15 kilometers tomkørsel pr. påfyldning og en slamsuger bruger cirka 2 liter diesel pr. kilometer. En samlet besparelse på diesel i området vil således være:  
 $150 \text{ slamsugere} \times 52 \text{ uger} \times 4 \text{ gadedage} \times 15 \text{ kilometer} \times 7 \text{ liter} = 3.376.000 \text{ liter diesel pr. år.}$

# Konklusion

Konklusionen på projektet er at det er lykkedes at udvikle et koncept, der kan rense spildevand fra slamsugere, således at destillatet herfra kan anvendes til spuling af såvel slamsuger som kloak.

Se testresultaterne i bilag 1.

Besparselsen på vandforbruget kan erstattes af det rensede spildevand. 5 m<sup>3</sup> vand per bil per slamsugning – 4 slamsugninger per uge i 48 uger – svarer til 960 m<sup>3</sup> per bil per år. En m<sup>3</sup> vand koster mellem 35 kr. og 100 kr. per m<sup>3</sup> afhængig af hvilke kommune man bor i. Regner vi med 60 kr. i gennemsnit svarer det til 57.600 kr. per slamsuger per år i besparelse.

Besparselsen på diesel udgør 15 kilometer tomkørsel per påfyldning, hertil anvendes ca. 5 liter diesel, a kr. 9 per liter. – 4 slamsugninger per uge i 48 uger – svarer til 8.640 kr. per slamsuger.

Besparselsen på mandetimer udgør 30 min. For 2 mand – 4 gange om ugen i 48 uger. 4 timer af 180 kr. gange 48 uger lig 69.120 kr. per bil per år.

En samlet besparelse på vand, diesel og mandetimer udgør ca. kr. 135.000 per bil per år.

For miljøet betyder det besparelse på vand, udledning af Co<sub>2</sub> og mindre belastning af kloaknet og mindre belastning af tung trafik i Storkøbenhavn.

Ikke indregnet gevinst er den mindre belastning af slamsuger, som i stedet kan optimerer omsætningen per kilometer, det samme gælder mandetimer.

Rensning af Sandet:

Det afvandede sand køres til en Sandvasker, hvor sandet renses for organiske stoffer. Når sandet er fri for organisk materiale forsegles det i Bitumen som del i asfaltproduktion og bruges derved som ressource i stedet for at komme på deponi.

# Sammenfatning

Envotherm og Sydslam har med tilskudsmidler fra MUDP haft mulighed for at gøre en ide til virkelighed.

For det første, var det en udfordring at finde et sted, hvor der var mulighed for at opbevarer store mængder spildevand og rensset vand. Det kan selvfølgelig lade sig gøre med store tanke, men de er dyre og ville skulle isoleres, for at sikre en helårlig sikker drift. Det lykkedes at finde et sted hvor der var store bassiner, som alene skulle renoveres og klargøres for at kunne anvendes til formålet.

Derefter var det en udfordring at få ansøgt og bevilliget en miljøgodkendelse. Ikke fordi det var til denne løsning, men fordi vi ikke turde gå i gang med at ansøge om at bygge det isolerede skur før vi have en miljøgodkendelse. Der var således en række procedurer i forløbet som skulle være godkendt og på plads før de næste faser i projektet kunne igangsættes. Det betød en forsinkelse af hele projektet.

Den næste udfordring var at få udtænkt en løsning som gjorde at aflæsning af spildevandet ned i tanken, kunne udføres så hensigtsmæssigt som muligt. Udfordringen gik på at det skulle ske på en måde som gjorde at slamsugeren skulle så lidt i kontakt med spildevandet som muligt og at spildevandet ved aflæsning ramte bassinet, så der ikke skulle rengøres efterfølgende. Der blev udviklet en rampe og resultatet har indtil videre fungeret uden problemer.

Den sidste udfordring var at teste spildevandet i prototypen. Vi havde kørt test af spildevand i vores testanlæg inden vi gik i gang med at bygge prototypen, men det er altid en udfordring om de tiltag der udvikles til en speciel type spildevand også virker når det er større mængder og over tid.



# 1. Genbrug af vandressourcerne fra slamsugning

## Baggrund

Slamsugning genererer store mængder spildevand/slam. Spildevandet/slammet køres til rensning på spildevandsrensningsanlæg/deponi. Tørstofprocenten ligger erfaringsmæssigt mellem 40 til 60%.

Der transporteres således store mængder spildevand/slam i biler på de danske veje og der deponeres store mængder urensset vand – med store økonomiske og miljømæssige omkostninger til følge. I dag kan der ved aflæsning ikke tankes vand til næste opgave på aflæsningsstedet, hvorved bilen kører tom til et tankested.

Vurderer man omkostningen ved at håndtere 1 m<sup>3</sup> spildevand, ser en gennemsnitsbetragtning, (Modtagerafgifter, er ikke ens alle steder) ud som følger:

<b>Pris pr. m<sup>3</sup> spildevand på rensningsanlæg:</b>	<b>DKK</b>	<b>DKK</b>
Modtagepris		830
Slamsugerudgifter:		
Transport, diesel	20	
Arbejds løn	30	
Afskrivning, bil	30	
Øvrig drift	10	90
<b>Samlede udgifter i alt</b>		<b>920</b>

Kilde, SydSlam A/S, priser 2012

Det har været parternes vision at udvikle et koncept med en inddamper løsning, således at spildevandet/slammet kan renses og det destillerede vand genbruges, således at der kunne udvikles en o-udledningsløsning, der ville kunne begrænse slamsugervirksomheders vandforbrug markant. Samtidig har det været målet at ressourcerne vand og sand i spildevandet fra slamsugning skulle kunne genbruges uden nogen deponering.

I dag køres spildevandet til deponi, her siver vandet fra og slamdelen køres for den største dels vedkommende til forbrænding. Hver m<sup>3</sup> indeholder mellem 40-50% slam/sand.

Det vi ikke nåede i dette projekt, var at undersøge om vi ved at køre sanddelen til en sandvasker, så sandet kan genanvendes kan opnå en endnu større grad af recirkulering af slammet. Vi har foretaget indledende undersøgelser, men investeringen i en sandvasker udgør et millionbeløb.

Den første udfordring i projektet var at få en miljøgodkendelse til den lejede grund med de allerede etablerede bassiner. Miljøgodkendelsen modtog vi i juni 2013. Byggetilladelsen til det isolerede skur var næste skridt i fasen. Byggetilladelsen modtog vi i efteråret 2013.

I januar 2014 stod det isolerede skur klar og nu var næste udfordring at sikre at bassinerne ikke kunne fryse til. Vi valgte at anvende samme materiale som til skuret. Det løste to udfordringer. Bassinerne blev overdækket og samtidig frostsikre.

Inddampningsanlægget blev tilsluttet og rørføring til bassinerne etableret. I maj kunne der køres test på anlægget med spildevand fra slamsuger. Test af spildevand og det rensede destillat blev sendt til Eurofins. I begyndelsen af juni modtog vi rapporten fra Eurofins, som viste de flotte resultater der er vedlagt som bilag 1.

## 2. Processen

Parterne i projektet har ønsket at skabe en proces der:

- Gøre det muligt, at genbruge en væsentlig andel af spildevandet/slammets i stedet for slutdeponering, som det sker i dag.
- Foretage, en total separering af den tykke og tynde del af spildevandet/slammets.
- Foretage en rensning af den tynde del af spildevandet/slammets, således at man efterfølgende kan benytte det rensede spildevand/slam som spulevand.
- Sikre en slamdel der efter rens kan anvendes som f.eks. bestanddel i asfalt produktion, derved undgå en masse slutdeponeringsaffald.
- Slutdeponering vil begrænses til et absolut minimum, hvorved der vil være mindre pres på slutdeponeringspladserne, som sikre en længere levetid.

Ved denne løsning undgås at der anvendes rent drikkevand til kloakspuling. Der spares kørsel mellem deponeringspladser og vandtanke. I projektets løsning foregår det samme sted.

### Procesbeskrivelse:

Processen består af rensning af en vand del og rensning af en sand del

Rensning af vandet:

Forsvarlig aflæsningsplads for slamsugere, der er indrettet således, at slamsugerføreren har så begrænset en interaktion med slammets, som muligt, samtidig med at aflæsningen sker væsentlig hurtigere end tidligere.

Efter slammets er blevet aflæst begynder slamafvandingen.

Først fanges sandet i et traditionelt sandfang Kar 1.

Vandet løber via en vandlås videre til Kar 2 som er forrådskar til selve inddampningsprocessen.

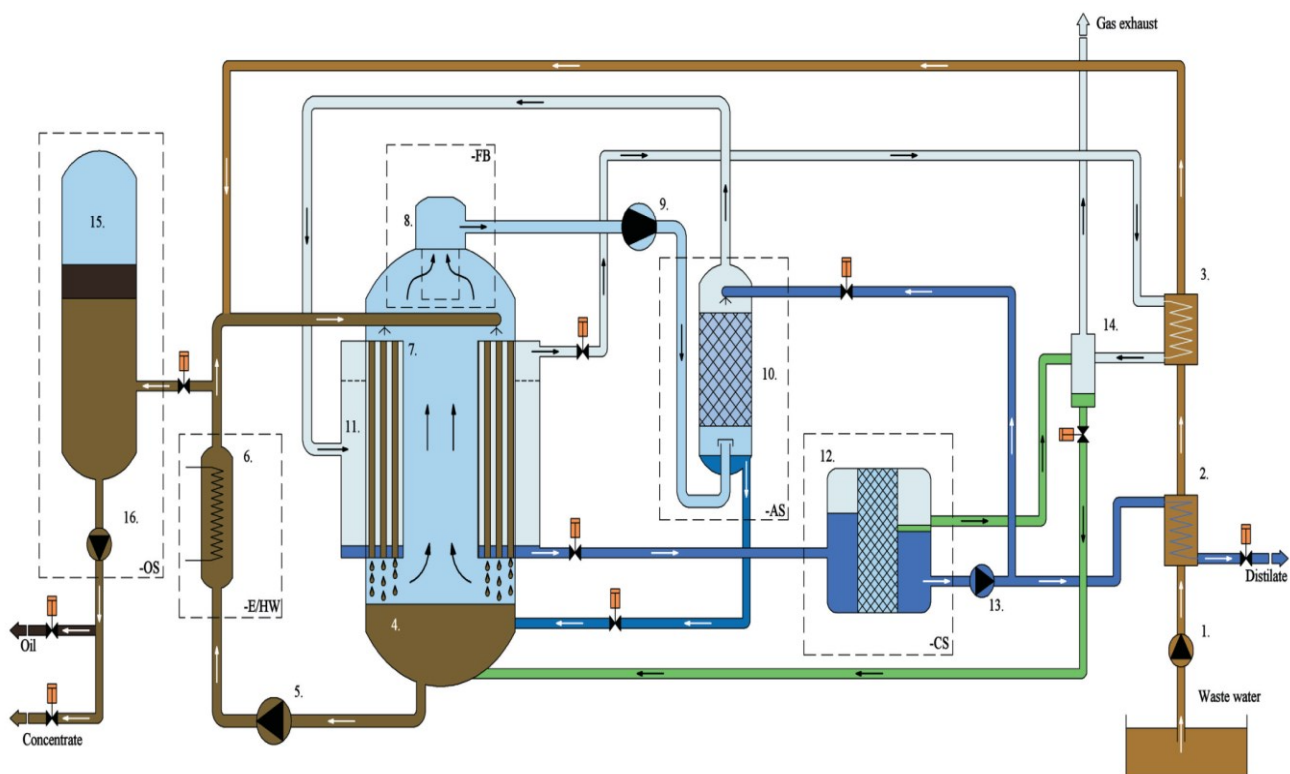
Inddamperen er konstrueret på grundlag af Mekanisk Damp Rekompresion (MVR). Inddamperen er designet til at håndtere denne type væske, men kan sikkert også håndtere en lang række andre væsker som i dag kan være dyre at komme af med såsom skyllevand fra overfladebehandling, emulsioner, procesvand og vand med tungmetaller, kemikalier og medicinrester. Inden spildevandet kommer ind i inddampningsprocessen har det undergået en sedimenteringsproces i Kar 1 og 2 . Herefter ledes spildevandet ind i anlæggets første rensningstrin.

Inddampningskredsløbet består af en inddampningsvarmeveksler (7) en procesbeholder under (4).

En centrifugalpumpe (5) føder det koncentrerede spildevand fra procesbeholderen (4) over en elektrisk varmeenhed til en dysering, som fordeler væsken over inddampningsvarmeveksleren.

Processen er illustreret i nedenstående diagram. En fødepumpe leder spildevandet til 2 pladeforvarmevekslere (2 & 3), hvor spildevandet forvarmes, for derefter at blive ledt ind i inddampningskredsløbet. Den første pladeforvarmeveksler (2) opvarmer det indgående spildevand med det udgående destillat (det rene vand), og den anden pladeforvarmeveksler (3) opvarmer spildevandet yderligere med de ikke-kondenserbare gasser, hvorved de ikke kondenserbare gasser kondensere og løber tilbage i anlægget. Når spildevandet rammer fordamperens hedeplade starter

fordampningen. Damp stiger op i centeret af inddampningskolonnen gennem en skumdæmper (8), til dampboosteren (9). Skumdæmperen forhindrer skum og aerosoler i at følge dampen. Dampen ledes herefter til bagsiden af inddampningsvarmeveksleren gennem en absorber (10) før den kondenseres mod det opkoncentrerede spildevand (11). Absorberen reducerer indholdet af COD, ammoniak og TKN i destillatet. Det næst sidste trin inden vandet forlader inddampningsanlægget er en rensningsproces hvor alle ikke-polære forbindelser (>15 ppm) fra filtreres i en kohærensions koalescensseparator (12). De ikke-polære forbindelser bliver opsamlet i en beholder (14), hvorfra de ledes retur til procesbeholderen (4). Til sidst leder en pumpe (13) det rene destillat gennem den en pladevarmeveksler (2) og videre ud af anlægget til Kar 3 som, hvorfra det påfyldes slamsugerer igen. Koncentratet, altså det opkoncentrerede spildevand, ledes fra anlægget gennem en olieudskiller (15), hvorfra koncentrationen kan pumpes ud af anlægget til Kar 4. Det opkoncentrerede spildevand udgør kun 1 – 4 % af den oprindelige deponeringsmængde. Koncentratet bringes til afbrænding.



#### Rensning af Sandet:

Det afvandede sand køres til en Sandvasker, hvor sandet renses for organiske stoffer. Når sandet er fri for organisk materiale forsegles det i Bitumen som del i asfaltproduktion og bruges derved som ressource i stedet for at komme på deponi.

# 3. Fremtidsperspektiver

Perspektivet for projektet var at det skulle være muligt at deponerer mindre slam og at aflaste de offentlige rensnings- og deponianlæg. Tillige ville sådan løsning betyde store besparelse på diesel til transport af slam og en mindre vejbelastning, idet vandet renses, genbruges og tankes samme sted som slammet aflæses.

Det har været formålet, at der udover det miljømæssige fordel også skulle kunne dokumenteres økonomiske fordele for såvel slamsuger virksomheder som for samfundet. Det har været et mål for at kunne udrulle understøtte at konceptet skulle udrulles over hele landet.

I københavnsområdet er der i dag alene 2 steder, hvor SydSlam kan tanke rent vand til bilerne. Det betyder, at når slammet er aflæst på deponi, skal slamsugere køre tomme igennem byen for at hente vand, så bilen er klar til næste opgave.

I nedenstående tabel har vi søgt at kvantificere effekterne for SydSlams aktiviteter på dette projekt isoleret. Ligeledes har vi søgt at kvantificerer effekterne, såfremt konceptet rulles ud i hele Danmark.

<b>Forudsætninger:</b>	<b>SydSlam</b>	<b>Landsplan <sup>4)</sup></b>
Færre kørte kilometer (km pr. år)	9.000 <sup>1)</sup>	180.000-450.000
Sparet brændstof, diesel (Liter pr. år)	4.500 <sup>2)</sup>	225.000 -600.000
Reduceret rent vands forbrug, m <sup>3</sup> per år	2.400 <sup>3)</sup>	150.000-400.000

1. SydSlams andel 4.000 m<sup>3</sup>, per år, 8 m<sup>3</sup> per læs. 500 vogntræk, 18 km pr. tur
2. 600 x 7,5 liter.
3. 60% af mængden i forudsætning 1
4. Arbejdshypotese ud fra SydSlams markedsandel og branchekendskab.

Envotherm kan også leverer mindre transportable løsninger som kan anvendes ved store projektopgaver, der genererer store mængder spildevand/slam. Det betyder, at man kan opstille et anlæg på stedet, foretage rensning på stedet og eliminerer transporten af en stor andel af slammet. Det giver gevinst i form af mindre forbrug af brændstof og derved mindre CO<sub>2</sub>-udledning.

# 4. Vurdering af markedspotentiale

Med den øgede nedbørsmængde på europæiske plan vil der skylles mere sand i kloakkerne og sandsynligheden for øget sandsedimenter i kloakkerne er til stede. Der er mere nødvendigt end nogensinde at holde kloakkerne fri for sedimenter. Derfor må det formodes, at frekvensen for slamsugning øges – specielt i storbyer, hvor kloaktætheden er stor og hvor konsekvensen af oversvømmelser er en væsentlig økonomisk faktor.

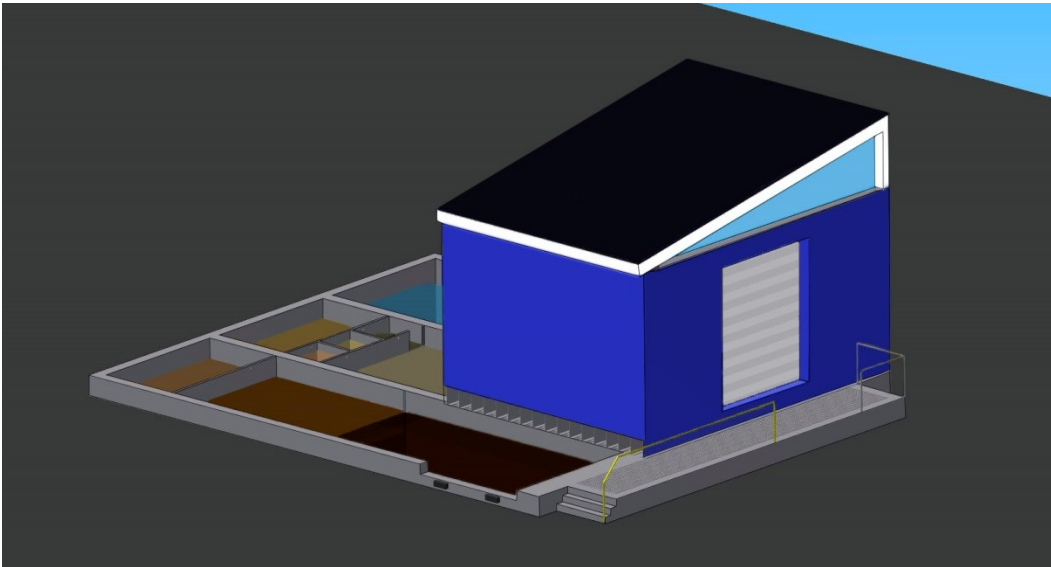
Vi vurderer således, at konceptets markedspotentiale er særdeles stort. I første omgang har vi alene fokus på industri – og slamsugerbranchen på nationalt plan. Det er dog tanken at ideen efter en indkøringsperiode vil kunne eksporteres til alle lande, der foretager indsamling/spuling af spildevandsslam/sand. Da driften af anlægget ikke er omkostningstungt, mener vi tillige, at konceptet i eksportsammenhænge kan medvirke til at hæve niveauet for behandling af spildevandsslam/sand i lande med mere lempelig lovgivning end i Danmark

## Bilag 1: Testresultater

Spildevandet og destillatet undersøges for følgende:

<b>Matrice</b>	<b>enhed</b>	<b>Spildevand</b>	<b>Destillat</b>
<b>Metaller 7 stk. Slambek.g.</b>	[ppm]		
<b>Pb – Bly</b>	[ppm]	13	0,0022
<b>Cd – Cadmium</b>	[ppm]	<0,00005	<0,00005
<b>Cr – Krom</b>	[ppm]	0,032	<0,0005
<b>Cu – Kobber</b>	[ppm]	0,016	<0,001
<b>Hg – Kviksølv</b>	[ppm]	<0,00005	<0,00005
<b>Ni – Nikkel</b>	[ppm]	0,75	<0,001
<b>Zn – Zink</b>	[ppm]	0,22	<0,005
<b>PAH – er 9 Stk. efter slambek.g.</b>	[ppm]	0,0006	<0,00001
<b>BTX – er + olie</b>	[ppm]	0,0027	0,00022
<b>Olie + fedt separat DS 209</b>	[ppm]	850	0,24
<b>COD</b>	[ppm]	130	7,2
<b>Ledningsevne</b>	[µS/cm]	2750	6
<b>pH</b>	[H+]	7	7

Kilde: Test af spildevand og destillat, udført af Eurofins, juni 2014.



Det var oprindeligt tanken at skuret med inddampningsanlægget skulle placeres ovenpå de 4 eksisterende bassiner, således at konceptet blev så kompakt som muligt og rørføring så kort som muligt.

Desværre var dette ikke muligt, idet vægten af skuret med anlægget ville være så tungt at der ville skulle flere undersøgelser til for at sikre at bassinerne kunne bære. Det blev derfor valgt at skuret med inddampningsanlægget i stedet blev placeret ved siden af.

Det er dog fortsat tanken, at skal man bygge konceptet fra bunden af er det mest hensigtsmæssigt at skuret står ovenpå bassinerne.







Naturstyrelsen  
Haraldsgade 53  
DK-2100 København Ø  
Tlf.: (+45) 72 54 30 00

**[www.nst.dk](http://www.nst.dk)**