Miljø- og
Fødevareministeriet
Miljøstyrelsen

Netto-energiproduktion i vandsektoren

Baggrundsrapport

Maj 2018

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion: NIRAS A/S

ISBN: 978-87-93710-09-2

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

1.	**Teknologiliste**	**6**
1.1	Baggrund for mappingen af teknologier	6
1.2	Drikkevand	7
1.2.1	Variabel trykstyring og frekvensomformere i vandforsyningen	7
1.2.2	Vandturbiner til energiproduktion	8
1.3	Spildevand	9
1.4	Energibesparende teknologier – spildevand	10
1.4.1	Energieffektive pumper	10
1.4.2	Bundbeluftning	11
1.4.3	Energieffektive blæsere	12
1.4.4	Frekvensformere	13
1.4.5	Energieffektiv slamafvanding	14
1.5	Energiproducerende teknologier – spildevand	15
1.5.1	Varmepumper til renseanlæg	15
1.5.2	Termisk hydrolyse	17
1.5.3	Effektive gasmotorer	19
1.5.4	Organic Rankine Cycle (ORC)	20
1.5.5	Biogasproduktion i rådnetank	21
1.5.6	Filtrering som primært rensetrin	22
1.6	Øvrige teknologier – spildevand	23
1.7	Procesoptimering igennem realtidsstyring	25
1.8	Øvrige teknologier – spildevand	27
2.	**Baggrundsnotat: Næstved**	**28**
2.1	Eksisterende forhold	28
2.1.1	Proceslayout	28
2.1.1.1	Aktiv slambehandling	28
2.1.1.2	Rejektvandsbehandling	29
2.1.1.3	Slambehandling	29
2.1.1.4	Fremtiden med KOD + Energi	29
2.1.2	Stofmængder i anlægget	30
2.1.3	Eksisterende monitering og styring	30
2.1.4	Eksisterende udfordringer i processen	31
2.1.5	Nuværende energiforbrug	31
2.2	Idéer og forslag fra workshop	32
2.3	Scenarier fra workshop	33
2.3.1	Optimering af forbehandlingen	33
2.3.1.1	Sammenlægning af indløbspumpestation	33
2.3.2	Ny sandfangblæser med styring af tilløbsflow	35
2.4	Optimering af procestank og procesdrift	35
2.4.1	Implementer bundbeluftning	35
2.4.2	Procesomlægning	37
2.4.3	Forklaringstank/primærtank retableres	37
2.4.4	Rejektvandsrensning med Anammox	39
2.5	Optimering af slambehandling og energiudnyttelsen	40
2.5.1	Installation af gasmotoranlæg / produktion af el	40

2.5.2	Optimering af varmeproduktion til Cambianlægget	41
2.6	Optimering af styringsmulighederne	41
2.6.1	Anlægstiltag	41
2.6.2	Forbedret styring	42
2.7	Reducér procesvolumen	43
2.8	Øvrige forbedringsforslag	44
2.8.1	Udskiftning af indløbsriste	44
2.8.2	Ny sandvasker	44
2.9	Overblik beskrevne forslag	45
3.	**Baggrundsnotat: Svendborg**	**46**
3.1	Eksisterende forhold	46
3.1.1	Proces	46
3.1.2	Stofmængder i anlægget	48
3.1.3	Nuværende online målere	48
3.1.4	Nuværende regulering og styring	49
3.1.5	Nuværende procesmæssige udfordringer	49
1.1	Slamregnskab inkl. import	49
3.1.6	Nuværende energiforbrug	50
3.2	Idéer og forslag fra workshop	51
3.3	Scenarier fra workshop	52
3.3.1	Optimering af forbehandlingen	52
3.3.2	Regulering af sandfangsblæser	52
3.3.3	Optimering af udløbspumpestationen	52
3.3.4	Optimering af procestanke og procesdrift	54
3.3.4.1	Ændring til bundbeluftning	54
3.3.4.2	Styring af beluftningen	56
3.3.4.3	Reducering af procesvolumenet	56
3.3.5	Optimering af slamhåndteringen	57
3.3.5.1	Etablering af ny slammodtagestation og styring af indpumpning til biologien	57
3.3.5.2	Separat afvanding af eksternt slam	58
3.3.6	Etablering af rådnetank ved centralisering	58
3.4	Overblik beskrevne forslag	59
4.	**Baggrundsnotat: Randers**	**60**
4.1	Eksisterende forhold	60
4.1.1	Proceslayout	60
4.1.1.1	Hovedproces	60
4.1.1.2	Slambehandling	60
4.1.1.3	Fremtidig tilførsel af eksternt kulstof til rådnetanke	61
4.1.2	Stofmængder i anlægget	61
4.1.3	Eksisterende monitorering og styring	61
4.1.4	Nuværende procesmæssige udfordringer	63
4.1.5	Nuværende energiforbrug	63
4.2	Idéer og forslag fra workshop	64
4.3	Scenarier fra workshop	66
4.3.1	Sandfang, mekanisk optimering og hydraulik	66
4.3.1.1	Sandfangsoptimering	66
4.3.1.2	Mellempumpestation og fordelerbygværk FB01	66
4.3.1.3	Mellempumpestation og fordelerbygværk FB02	66
4.3.1.4	Procestanke	67
4.3.1.5	Forafvanding	67
4.3.2	Beluftningsstyring og –teknik	67
4.3.3	Helhed og proceslayout	68

4.3.4	Energiproduktion og varmeudnyttelse	69
4.4	Scenarierne bearbejdet efter workshop	69
4.4.1	Styring af sandfangsblæsere	69
4.4.2	Mellempumpning	70
4.4.2.1	Mellempumpestation	70
4.4.2.2	Mellempumpestation og fordelerbygværk	70
4.4.3	Optimering ved recirkulationstanke	71
4.4.3.1	Udskiftning af røreværker i procestanke	71
4.4.4	Optimering af bundbeluftningsudstyr inkl. blæser	71
4.4.5	Styring af beluftningen i procestankene	72
4.4.6	Forbedret kulstof udtag	74
4.4.6.1	Udtag af mere kulstof med forhøjet forklaringstank og styring	74
4.4.6.2	Udtag af mere kulstof med filter og styring	74
4.4.7	Reduktion af kapacitet ved udtag af blok 2	76
4.4.8	Energiproduktion og varmeudnyttelse	76
4.4.8.1	Mere effektiv elproduktion	76
4.4.8.2	Varmeudnyttelse igennem varmeakkumuleringstank	77
4.4.9	Øvrige forbedringsforslag	78
4.4.9.1	Forafvanding	78
4.5	Overblik beskrevne forslag	79

1. Teknologiliste

1.1 Baggrund for mappingen af teknologier

Behandlingen af drikke- og spildevand er energikrævende men samtidig indeholder spildevandet store mængder energi og næringsstoffer. De seneste år har den teknologiske udvikling muliggjort at energien i spildevandet udnyttes bedre end hidtil, og det har flere renseanlæg reageret på. Nogle af renseanlæggene er derfor i dag nettoenergiproducenter.

Andre danske renseanlæg vil også gerne være nettoenergiproducenter, men de kan være i tvivl om, hvilke nye og forbedrede løsninger og teknologier de kan implementere på deres anlæg. Noget af denne tvivl vil den følgende mapping af løsningsforslag og teknologier søge at eliminere, så flere danske renseanlæg kan opnå yderligere energibesparelser og øge deres energiproduktion.

Udgangspunktet for mappingen af de relevante energibesparende og –producerende løsninger og teknologier er mappingen i udredningsrapporten *"Analyse af potentialer for ressourceudnyttelse i vand- og spildevandsforsyningen"* publiceret af Naturstyrelsen i 2015. Ikke alle teknologierne i rapporten har imidlertid energibesparelser eller –produktion som deres hovedformål. Samtidig er nogle af de energiproducerende teknologier afhængige af tilførsel af ressourcer udenom om spildevandsstrømmen, og disse teknologier inkluderes heller ikke i denne mapping. Det er derfor kun et udsnit af teknologierne fra rapporten fra 2015, der er vurderet relevante i denne mapping.

Teknologierne er inddelt efter om de primært er relevante for henholdsvis drikkevand og spildevand, og teknologierne er beskrevet herudfra.

NIRAS har i samarbejde med Miljøstyrelsen suppleret det valgte udsnit af teknologier og derved er den samlede udvalgte liste fremkommet.

1.2 Drikkevand

1.2.1 Variabel trykstyring og frekvensomformere i vandforsyningen

Beskrivelse
Ved variabel trykstyring tilpasses trykket i de enkelte områder i vandforsyningsnettet efter den aktuelle efterspørgsel. Styringen kan ske ved frekvensregulering af distributionspumperne efter målt tryk i distributionsnettet, således at det sikres, at der holdes et minimumstryk ved det fjerneste forbrugssted.

Muligheder
Ved etablering af variabel trykstyring kan opnås:

- Mindre energiforbrug til udpumpning i forsyningsnettet
- Mindre lækagetab
- Reducerede drifts- og vedligeholdelsesomkostninger
- Færre ledningsbrud

Den største del af energiforbruget i vandforsyningen går til distributionspumperne. Der anslås (jf. Grundfos) en energibesparelse i distributionen på op til 25 % ved implementering af variabel trykstyring.

Løsningen vil kunne anvendes i meget store dele af vandforsyningen i Danmark.

Et mindre lækagetab kan have særlig betydning på udenlandske markeder.

Begrænsning
Højteknologisk løsning som afhængigt af eksisterende installationer være relativt dyr.

Teknologiens modenhed
Der findes kommercielt tilgængelige løsninger på det danske marked.

1.2.2 Vandturbiner til energiproduktion

Beskrivelse
I vandforsyningernes distributionsnet er der adskillige steder etableret trykreduktion i form af reduktionsventiler, der skal sikre et rimeligt ensartet distributionstryk i de forskellige trykzoner.

Ved udskiftning af disse ventiler med små turbiner kan tryktabet konverteres til el-produktion.

Muligheder
Tabet ved trykreduktion konverteres til el-produktion.

El-udbyttet kan være betydeligt højere i lande med større højdeforskelle end i Danmark.

Begrænsninger
Løsningen kræver lokale afsætningsmuligheder for den producerede elektricitet – evt. ved tilslutning til el-nettet.

Etableringsomkostningerne vurderes de fleste steder som høje i forhold til produktionspotentialet og dermed bliver der lange tilbagebetalingstider.

Det samlede energipotentiale i Danmark vurderes som beskedent.

Løsningen bliver mindre attraktiv i kombination med variabel trykstyring.

Teknologiens modenhed
Der findes ingen umiddelbart tilgængelige løsninger på markedet, og tilpasning til varierende flow er kompliceret.

Der er udført mindst et demonstrationsanlæg i Danmark (ESWA projektet i 2013).

1.3 Spildevand

Herunder er en samlet oversigt over de teknologier fro spildevand, der er beskrevet i de følgende afsnit. Der er lavet en inddeling i henholdsvis energibesparende og energiproducerende teknologier suppleret af øvrige teknologier der her er defineret som af mere procesoptimerende karakter.

Figur 1.1 Oversigt over udvalgte teknologier for spildevand

1.4 Energibesparende teknologier – spildevand

1.4.1 Energieffektive pumper

Beskrivelse
Elforbruget til pumpning af spildvand i kloaksystemet og internt på renseanlæg udgør 15 – 25 % af det samlede elforbrug til spildevandshåndtering. Moderne pumper med moderne motorer er betydeligt mere energieffektive end gamle pumper, og der er besparelsesmuligheder ved udskiftning af gamle pumper med nye.

Hvis pumpebestykningen samtidigt tilpasses de aktuelle forhold mht. flow og tryk, således at pumpernes driftspunkt optimeres, vil der også her kunne hentes en – måske større – energibesparelse. Ved varierende flow vil der ved styring af pumpens ydelse med frekvensregulering i stedet for on-off styring med fuld pumpeydelse kunne hentes yderligere besparelser.

Muligheder
El-besparelser ved brug af energieffektive pumper tilpasset aktuelle forhold.

Trykstød ved start og stop undgås eller reduceres.

Begrænsninger
Tilpasning af pumpebestykningen i eksisterende pumpestationer kan kræve anlægsmæssige ændringer og/eller ændringer i rørarrangementer.

Ledningssystemets evne til selvrensning kan forringes ved lavere vandhastighed i ledningerne.

Teknologiens modenhed
Moderne pumper og frekvensomformere er fuldt tilgængelige på det danske marked og der er adskillige leverandører.

1.4.2 Bundbeluftning

Beskrivelse

Beluftningen til de biologiske processer i renseanlæggenes procestanke kan overordnet ske ved to alternative metoder – overfladebeluftning eller bundbeluftning. Overfladebeluftning foretages med turbiner eller rotorer, der pisker luft (ilt) ned i det aktive slam i procestankene. Ved bundbeluftning indblæses luft (få steder ren ilt) fra en blæser igennem finboblediffusorer på bunden af procestankene.

Beluftning af de biologiske processer står generelt for det største elforbrug til spildevandsrensning – op til 50% af det samlede elforbrug på et renseanlæg.

Bundbeluftning vil afhængigt af vanddybde og tankudformning i mange tilfælde være betydeligt mere energieffektiv end overfladebeluftning. Der er målt besparelser på op til 40 – 50% af elforbruget til beluftning ved skift fra overfladebeluftning til bundbeluftning. Der er eksempler på elbesparelser på mellem 0,08 og 0,19 kWh/m^3 indløbsspildevand

De to alternative beluftningsmetoder vurderes overordnet som ligeværdige med hensyn til drift og vedligehold.

Muligheder

Ved ændring fra overfladebeluftning til bundbeluftning kan opnås:

- Højere energieffektivitet (kg O_2/kWh) og dermed væsentligt lavere energiforbrug til beluftning
- Mulighed for mere præcis styring af beluftningen, som bidrager til energibesparelsen og kan give mulighed for bedre rensning for kvælstof

Begrænsninger

- Anvendelse af bundbeluftning er normalt ikke hensigtsmæssig i procestanke med lav vanddybde (< 3 – 4 m).
- Overgang til bundbeluftning kan kræve supplering af omvalsningssystem (omrørere) i procestankene.

Teknologiens modenhed

Teknologien har været anvendt i mange år, og der findes forskellige systemer og leverandører på det danske marked.

1.4.3 Energieffektive blæsere

Beskrivelse
Elforbruget til beluftning af de biologiske processer udgør den største del af et renseanlægs elforbrug - op til 50 % af det samlede elforbrug. Ved anlæg med bundbeluftning sker beluftningen ved indblæsning af luft igennem diffusorer på procestankenes bund, hvor luften tilvejebringes med blæsersystemer. Moderne blæsere med moderne motorer kan være betydeligt mere energieffektive end gamle blæsere, og der er mulighed for betydelige strømbesparelser ved udskiftning af gamle blæsere med nye.

Hvis blæserbestykningen samtidigt tilpasses de aktuelle forhold mht. luftbehov og variationsbehov, vil der også her kunne hentes en – måske større – energibesparelse, idet mulighederne for en præcis styring af luftindblæsningen i forhold til behovet øges.

Muligheder
Elbesparelser ved brug af energieffektive blæsere tilpasset aktuelle forhold.

Evt. bedre processtyring.

Begrænsninger
Tilpasning af pumpebestykningen i eksisterende anlæg kan kræve anlægsmæssige ændringer og ændringer af rørinstallationer.

Mulighederne for anvendelse af de nye turbo-blæsere afhænger af procestankenes dybde.

Teknologiens modenhed
Moderne blæsertyper er fuldt tilgængelige på det danske marked.

1.4.4 Frekvensformere

Beskrivelse

Frekvensomformere anvendes ved spildevandshåndtering på renseanlæg og pumpestationer til at regulere omdrejningshastigheden og ydelse en el-motordrevne komponenter – f.eks. pumper, blæsere, omrørere, ventilatorer m.m. Herved kan komponentens ydelse tilpasses behovet og afpasses således, at der opnås bedst mulig energieffektivitet. Det gælder særligt komponenter, der er dimensioneret med stor sikkerhed og dermed har større ydelse, end der altid er behov for. Ved f.eks. at nedsætte ydelsen på en pumpe reduceres tryktabet ved pumpningen, og der spares energi.
Frekvensomformere kan anvendes i mange sammenhænge og har ud over muligheden for energibesparelse andre positive egenskaber.

Muligheder

Ved installation af frekvensomformere opnås bl.a.:

- Mulighed for energibesparelse
- Bedre reguleringsmulighed for komponenten, og dermed f.eks. bedre processtyring
- Mindre slitage, og dermed længere levetid for komponenterne
- Kan erstatte softstartere

Begrænsninger

Komponenter skal have et vist energiforbrug, før det af energiøkonomiske grunde kan betale sig at installere frekvensomformere.

Teknologiens modenhed

Frekvensomformere er kendt teknologi, og findes i tusindvis på danske renseanlæg og spildevandspumpestationer. Der er flere forskellige leverandører.

1.4.5 Energieffektiv slamafvanding

Beskrivelse
Slamafvandingen på renseanlæggene udgør en relativt stor andel af det samlede energiforbrug. På mange renseanlæg foretages slamafvandingen vha. centrifuger, der har et elforbrug anslået i størrelsesordenen 75 – 85 kWh/tons slamtørstof der afvandes.
Moderne centrifuger – f.eks. højtrykscentrifuger – eller skruepressere har et betydeligt lavere elforbrug.
Ved udskiftning af slamafvandingsudstyret til et moderne energieffektivt udstyr, vil der kunne opnås besparelser på 20-40% af energien til slamafvanding sammenlignet med ældre modeller.

Muligheder
Ved udskiftning af centrifuger af ældre årgang kan der opnås et lavere energiforbrug. Endvidere kan der opnås en højere afvandingsgrad med følgende betydelige besparelser ved slambortskaffelse.

Begrænsninger
Relativt omkostningstungt.

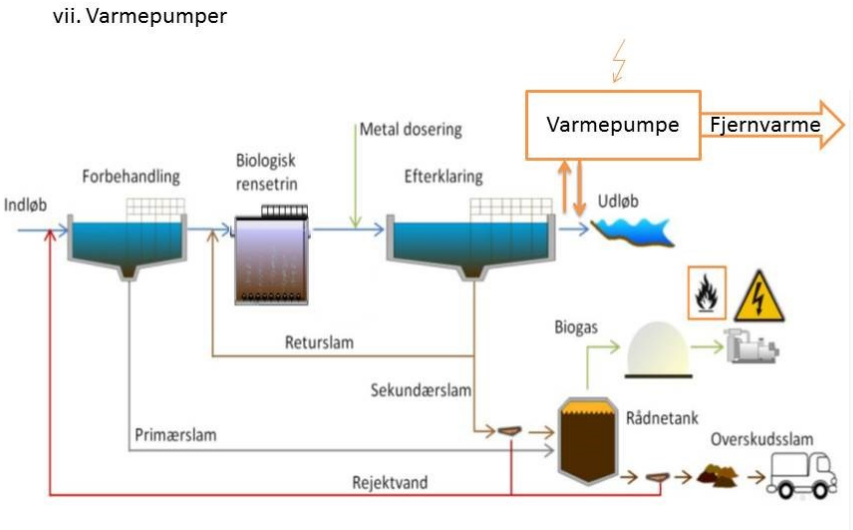
Teknologiens modenhed
Teknologien er moden, og der findes både danske og udenlandske leverandører.

1.5 Energiproducerende teknologier – spildevand

1.5.1 Varmepumper til renseanlæg

Beskrivelse

Der er et meget stort energiindhold i form af varme i det spildevand der transporteres i kloakledningerne fra de danske renseanlæg, som eksempelvis illustreret i Figur 1.2 . Potentialet vil teoretisk set kunne udnyttes med varmepumper ved at udnytte varmeenergien i spildevandet og transformere den til en højere temperatur. Jo varmere spildevandet er, jo større effektivitet vil en varmepumpe have, og dermed større energigevinst.



Figur 1.2 Varmepumper kan eksempelvis indsættes før udløbet (kilde Jensen[1])

Udnyttelsen af dette meget store energipotentiale er ikke ukompliceret. Den vigtigste forudsætning for udnyttelsen er, at der findes en mulighed for at afsætte den producerede varme tæt på renseanlægget – f.eks. til et fjernvarmenet. Dette kræver dog en ret høj temperatur med tilsvarende lav effektivitet for varmepumpen. Endvidere er det væsentligt, at der er billig og eventuelt grøn strøm til rådighed. Her kan en lokal vindmølle evt. være en mulighed.

Også en række tekniske problemstillinger kræver overvejelse. Det største energipotentiale findes i tilløbet til anlægget, men en udnyttelse heraf kan være problematisk på grund af risiko for tilstopning af varmevekslere m.v. Endvidere vil en varmepumpe, der udnytter varmen til indløbsvandet reducere procestemperaturen, hvilket renseteknisk kan være problematisk. Der er også risiko for dannelse af biofilm og andre belægninger på varmevekslerne, hvilket vil nedsætte effektiviteten.

Regneeksempler fra bl.a. Aarhus og Lynetten viser en COP-værdi på omkring 2,7 – 2,8 MW/MW ved et temperaturfald på 4 – 6 grader og et udbytte på 4 – 6 kW pr. m^3.

[1] Jensen, M.D. et al. 2015, Bæredygtig udnyttelse af fosfor fra spildevand, København, Miljøstyrelsen

Muligheder
Der er et meget stort potentiale i udnyttelse af spildevandets varmeenergi.

Begrænsninger
Af begrænsninger for implementering af teknologien kan nævnes:

- Få afsætningsmuligheder for den producerede varmeenergi. Ved afsætning til fjernvarmenettet konkurreres med andre grønne energiløsninger – f.eks. varmeenergi fra affaldsforbrænding og fra biomassefyring
- Stor afhængighed af energipriserne, herunder specielt muligheden for billig strøm
- Risiko for tilstopning og belægninger på varmevekslersystemer i spildevandet.

Teknologiens modenhed
Etablering af varmepumper er baseret på kendte teknologiske løsninger, som dog ikke er udviklet til spildevandsmediet. Der er en række leverandører af varmepumper og varmevekslere generelt.

Der er kun praktiske erfaringer fra få etablerede anlæg i Danmark (Skagen og Horsens?).

1.5.2 Termisk hydrolyse

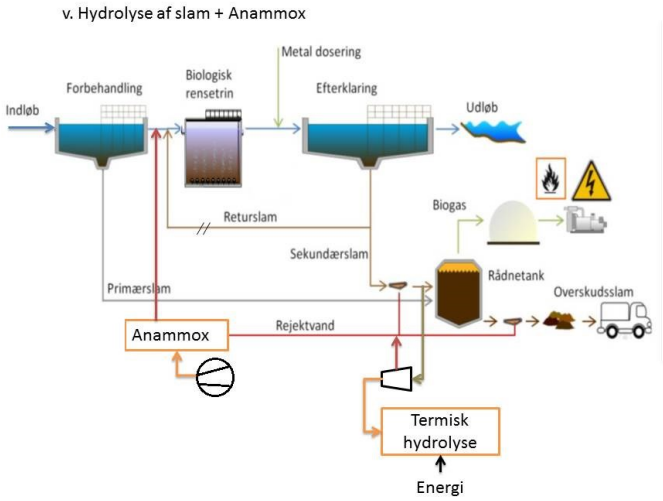
Beskrivelse

Termisk hydrolyse anvendes i forbindelse med rådnetanke, som eksempelvis illustreret i Figur 1.3. Ved termisk hydrolyse opvarmes slammet under højt tryk (f.eks. 165 grader og 6,5 bar) hvorved cellestrukturen nedbrydes og organisk stof opløses. Herved øges biogasproduktionen i rådnetanken markant.

Ud over den øgede biogasproduktion kan termisk hydrolyse desuden medvirke til at øge kapaciteten på rådnetanken, da slammængderne reduceres i processen. Ofte vil denne reduktion føre til besparelser, da bortskaffelse af overskudsslam er en omkostning for renseanlægget. Derudover hygiejniseres slammet i forbindelse med termisk hydrolyse, hvilket betyder at de ønskede biokulturer i rådnetankene lettere kan opretholdes. Hygiejniseringen kan også gøre slammet mere egnet som gødning på landbrugsjord og derved kan omkostningerne til bortskaffelse reduceres.

Der findes forskellige anlæg på markedet med forskellige egenskaber og muligheder. Anlæggene kan være baseret på batchvis behandling eller på kontinuerlig drift.

Processen er i sig selv energiforbrugende, men på grund af den øgede biogasmængde op 20 – 40 % vil der kunne forventes energioverskud på 10 – 50%. for enheden.



Figur 1.3: Eksempel på termisk hydrolyse (kilde Jensen[2])

[2] Jensen, M.D. et al. 2015, Bæredygtig udnyttelse af fosfor fra spildevand, København, Miljøstyrelsen

Muligheder

Ved etablering af termisk hydrolyse i forbindelse med rådnetank opnås:

- Øget biogasproduktion
- Mindre slamtørstof
- Større tørstofindhold i det afvandede slam og dermed mindre slammængde til bortskaffelse
- Slam-hygiejnisering
- Øget rådnetankskapacitet.

Begrænsninger

Anlæg til termisk hydrolyse er dyre og er drift-og vedligeholdelsesmæssigt tunge.

Rejektvandet fra slamafvandingen har et meget højt indhold af ammonium og af opløst fosfor. Desuden ses ofte et kraftigt forhøjet indhold af kolloider i rejektvandet, der kan vanskeliggøre rejektvandsbehandling pga. COD i kolloider.

Teknologiens modenhed

Teknologien er kendt og udviklet. Der finde en række anlæg i drift i Danmark i dag, bl.a. på renseanlæggene i Fredericia, Næstved, Hillerød og Billund. Endvidere er der anlæg i drift i udlandet.

Der er flere forskellige leverandører på markedet.

1.5.3 Effektive gasmotorer

Beskrivelse
På renseanlæg med rådnetanke omsætter gasmotorer biogassen til el og varme. Moderne gasmotorer er mere effektive end gamle og større enheder er generelt mere effektive end små.

Ældre gasmotorer kan have en virkningsgrad på 30 – 40% mens nye motorer med en effekt på 250 – 350 kW kan have en virkningsgrad på op til 43% (el-virkningsgrad).

Muligheder
Ved udskiftning af ældre gasmotorer opnås en øget energiproduktion svarende til den øgede virkningsgrad.

Begrænsninger
Nye motorer kan være følsomme overfor biogassens indhold af forurenende stoffer som kan danne slidende belægninger og kræver normalt, at der installeres anlæg for siloxanrensning.

Et nyt gasmotoranlæg kan være dyrt.

Teknlogiens modenhed
Gasmotoranlæg for biogas er kendt teknologi, og der er flere leverandører og fabrikater på markedet.

1.5.4 Organic Rankine Cycle (ORC)

Beskrivelse
Ved at supplere gasmotorer på renseanlæg med ORC får man muligheden for at udnytte varmen i udstødningsgassen til yderligere elproduktion. For at opnå dette har ORC en række fordele og en af de største er at tryk og temperatur i kedelkredsløbet kan være væsentligt lavere end i traditionelle kraftværker med tilsvarende ydelser. Derved kan ORC bruges på mindre kraftvarmeanlæg, som f.eks. biogasmotorerne på renseanlæg. Kernen i ORC-teknologien er at der i stedet for vand anvendes olier, hvorved tryk og temperatur kan reduceres set i forhold til traditionelle kraftværker.

Med et ORC anlæg kan elproduktionen øges med op til 8%.

Muligheder
Øget elproduktion på et gasmotoranlæg.

Begrænsninger
Reducerer varmeproduktionen.

Teknologiens modenhed
ORC er kendt teknologi og tilgængeligt på markedet.

1.5.5 Biogasproduktion i rådnetank

Beskrivelse
Mange større danske renseanlæg har rådnetank installeret, hvori slammet fra spildevandsrensningen udrådnes med henblik på at producere biogas. Biogassen opsamles og udnyttes til produktion af el og varme i en biogasmotor.

Ifølge Energistyrelsens liste over biogasanlæg i Danmark[3] var der således per september 2016 53 danske renseanlæg der havde registreret at de havde biogasanlæg installeret. Der er imidlertid også en del af selv de større danske renseanlæg, der er designet uden primært rensetrin (forklaringstank) og rådnetank. Dette kan skyldes, at man ved etablering af renseanlægget har haft fokus på at sikre et tilstrækkeligt højt C/N forhold i de biologiske processer med henblik på at opnå en effektiv kvælstoffjernelse. Udviklingen indenfor processtyring og erfaringerne med kvælstoffjernelse har imidlertid vist, at mangel på kulstof til kvælstoffjernelse – selv på renseanlæg med forklaring/forfældning – sjældent er et problem.

Renseanlæg, der i dag ikke er udstyret med forklaring og rådnetank, vil ved etablering heraf kunne opnå en betydelig biogas- og energiproduktion. Ud over produktion af biogas og energi bibringer rådnetankene en række fordele.

Etablering af forklaring/forfældning eller forfiltrering som primært rensetrin samt rådnetank er en forudsætning for opnåelse af nettoenergiproduktion. Det vurderes, at etablering af primærrensning og rådnetank vil være lønsomt ved renseanlæg i størrelsen fra 60.000 til 80.000 PE.

Muligheder
Ved etablering af et primært rensetrin samt rådnetank opnås:

- Produktion af biogas som grundlag for produktion af el- og varme på en gasmotor
- Reduceret el-forbrug til biologisk rensning, da 30 – 50 % af det organiske stof fjernes i primærtrinet og føres direkte til rådnetanken.
- Mindre slamtørstof og mere stabilt overskudsslam
- Højere tørstofindhold i det afvandede slam, og dermed mindre slammængder til bortskaffelse
- Større rensekapacitet

Begrænsninger
Pladskrævende og investeringsmæssigt meget tungt.

Teknologiens modenhed
Kendt og anvendt på renseanlæg i mange år.

[3] Energistyrelsen, 2016, link.

1.5.6 Filtrering som primært rensetrin

Beskrivelse
Traditionelt udgøres et renseanlægs første rensetrin efter ristefunktion og sandfang af en forklaringstank. Her bundfældes det let bundfældelige organiske stof, hvorefter det kan tilledes en rådnetank for udrådning (stabilisering) og biogasproduktion. Der vil typisk kunne udtages op til 70 % af det suspenderede stof og omkring 30% af det med spildevandet tilførte kulstof (COD) direkte til biogasproduktion. Effekten vil kunne øges til over 50 % kulstof ved tilsætning af et fældningskemikalie før tilløbet til forklaringstanken.

Alternativt til en forklaringstank kan der etableres et finfilter som primært rensetrin. Filteret har en maskevidde på 0,01 – 0,1 mm. Ved kemikalietilsætning - f.eks. jernklorid eller polymer – kan der opnås en meget effektiv (op til 90%) tilbageholdelse af suspenderet stof og dermed mere kulstof til biogasproduktion før spildevandet tilledes renseanlæggets biologiske rensetrin. En af fordelene ved forfiltrering er, at det er lettere at styre udtaget af kulstof, således at udtaget kan optimeres i forhold til det for den biologiske kvælstoffjernelse nødvendige C/N-forhold.

Filtre til forfiltrering findes både som skivefiltre og som båndfiltre.

Muligheder
I forhold til traditionelle forklaringstanke kan der opnås følgende:

- Øget biogasproduktion ved optimalt udtag af kulstof og samtidigt mindre energiforbrug til beluftning af de biologiske processer
- Frigør kapacitet i de biologiske procestanke
- Er mindre pladskrævende og billigere at etablere end forklaringstanke

Begrænsninger
Forfiltre vurderes som mere komplicerede at drive og vedligeholde og der kan, afhængigt af det aktuelle spildevands karakter, være risiko for tilstopning af filterdugen. Det er vigtigt ved introduktion af forfiltrering af sikre en effektiv styring af C/N-forholdet i efterfølgende biologisk behandling, evt. i form af bypass eller styring af kemikaliedosering.

Teknologiens modenhed
Anvendelse af filtre som primært rensetrin er relativt nyt i Danmark, og der er kun få erfaringer fra fuldskalaanlæg. Der findes flere erfaringer fra udlandet, hvor teknikken særligt i Norge har været benyttet i flere år.

Der er flere leverandører af filterløsninger i Danmark.

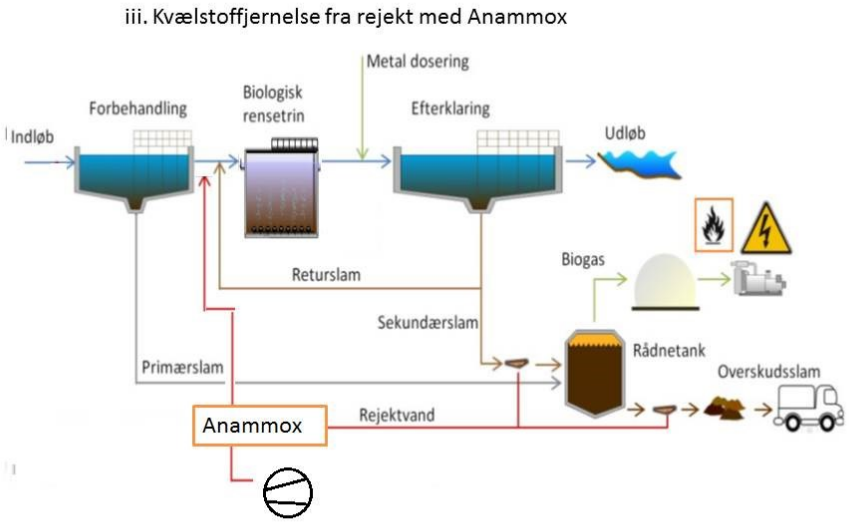
1.6 Øvrige teknologier – spildevand

Beskrivelse

På renseanlæg med rådnetank er der et stort indhold af ammonium i rejektvandet fra slamafvandingen – op til over 1.000 mg NH_4-N/l. Rejektvandet ledes efter slamafvanding tilbage til renseanlæggets procestanke og udgør en stor intern kvælstofbelastning med heraf følgende el-forbrug til rensningen. Den interne kvælstofbelastning fra rejektvand kan udgøre 25 – 50% af belastningen fra renseanlæggets tilløb.

Biologisk fjernelse af kvælstof i renseanlæggets procestanke sker traditionelt i en nitrifikations–denitrifikationsproces. Det varme rejektvand fra slamafvanding efter rådnetanke kan alternativt fjernes i en separat deammonifikationsproces (illustreret på Figur 1.4). Iltbehovet er ved denne proces kun ca. 40 % af iltbehovet ved den traditionelle proces. Ved indførelse af rejektvandsrensning med denne proces kan der fjernes over 90% af den interne kvælstofbelastning med en el-besparelse til beluftning på 1,5 – 3,0 kWh/kgN. Kvælstoffjernelse med anammox kræver mindre kulstof (lavere C/N forhold) end kvælstoffjernelse ved nitrifikation-denitrifikationsprocesser. Herved kan der udtages mere kulstof fra renseanlæggets primærtrin til biogasproduktion.

Anammox-anlæg kan baseres på både fastsiddende kulturer og på suspenderede bakteriekulturer.



Figur 1.4: Anammox processen behandler rejektvand (kilde Jensen[4])

[4] Jensen, M.D. et al. 2015, Bæredygtig udnyttelse af fosfor fra spildevand, København, Miljøstyrelsen

Sammenlignet med en løsning, hvor rejektvandet ledes til hovedanlægget og fjernes med konventionel kvælstoffjernelse ved brug af kulstof vil der med ammanox anlæg kunne høstes op imod 1.000 kg/COD for et anlæg med en 100.000 PE belastning. Det svarer til en energigevinst på 1.350 kWh/d, hvis man antager en gasproduktion på 0,35 Nm3 CH4/kg omsat COD, methanindhold på 65% og en elproduktion på 2,5 kWh/Nm3 biogas. Denne elproduktion svarer til opimod 500.000 kWh/år.

Selve processen er energibesparende (til N fjernelsen), men der er afledte muligheder for øget energiproduktion ved større udtag af organisk stof (primær slam) til udrådning.

Muligheder

Ved etablering af anlæg til rejektvandsrensning på renseanlæg med forklaring og rådnetank kan der opnås følgende:

- Væsentligt reduceret elforbrug til beluftning for kvælstoffjernelse
- Mulighed for udtagning af mere kulstof i renseanlæggets primær del (forfældning eller forfiltrering) og tilsvarende større biogasproduktion i rådnetankene (og energiproduktion)
- Renseanlæggets stofkapacitet øges, hvorfor løsningen kan være attraktiv ved behov for større rensekapacitet.

Begrænsninger

Etablering af separat rejektvandsrensning for opnåelse af energibesparelser og øget energiproduktion alene vil sjældent være rentabelt.

Undersøgelser på Ejby Mølle renseanlæg ved Vandcenter Syd viser, at rensning med anammox kan resultere i en meget stor lattergasproduktion med en negativ klimaeffekt, der er mange gange større end den positive effekt der opnås ved elbesparelser og energiproduktion fra biogas. Nyere undersøgelser af bl.a. DHI viser at dette kan modvirkes ved korrekt styring af processen efter N_2O indholdet, så stripning af lattergas i opstarten af en luftningsfase minimeres.

Teknologiens modenhed

Der er flere systemleverandører på det danske marked, og flere fuldskalaanlæg er bygget og i drift.

1.7 Procesoptimering igennem realtidsstyring

Beskrivelse
Realtidsstyring (online styring) gør det muligt at tilpasse rensningsanlægget, så det drives optimalt (lavest muligt ressourceforbrug) til enhver given belastning. Samtidig med en stabil drift opnås en langt bedre forudsigelighed m.h.t. udledningsværdier. Yderligere kan procesoptimering via styring reducere energiforbrug og mekanisk belastning af udstyr og øge energiproduktion i rådnetanken og kapacitet i biologien.

Online sensorer muliggør online måling af f.eks. :

- Flow
- Suspenderet stof (SS)
- "Sludge blanket level depth meter"
- pH
- Ledningsevne
- Turbiditet
- BI5 (BOD)
- Kemiske stoffer i væske som eks: NH4 (ammonium), NO3 (nitrat), PO4 (fosfat), O2 (ilt)
- Kemiske stoffer i gas som eks. CH4 (methan), CO2 (kuldioxid)
- Tryk (rådnetank)
- Tørstof (TS) (slam og rådnetank)

Realtidsstyring fungerer ved at sensorer måler aktuelle måleværdier, som beskriver objektive og nutidige forhold i anlæggets proces og sender feedback til en computer, som ved en algoritme, der beskriver kontrolstrategien, beregner setpunkter, der så sendes til SRO'en. SRO'en sender de optimerede signaler til frekvensomformere på pumper, blæsere og omrører og til regulerbare ventiler og spjæld. Således tilpasses anlægget til fx. lavest muligt ressource forbrug ved den givne belastning - eller til øget hydraulisk kapacitet.

Forudsætningen for øget anvendelse af realtidsstyring, således at sensorer sammen med styrings systemerne alene styrer anlægget, er at operatøren kan have fuld tillid til sensorerne. Såfremt sensorerne ikke afgiver pålidelige signaler skal styresystemet automatisk falde tilbage i en position som sikrer overholdelse af udledningsværdierne som til en hver tid vil have højere prioritering end lavest mulig ressourceforbrug. Softwaresystemer til både validering af sensorerne og fall-back systemer er også udviklet de senere år.

Brugen af online sensorer og aktuatorer har sat skub i udviklingen af intelligente styresystemer og styringsstrategier, som er stand til at styre efter bestemte formål som eks. driftsbesparelser, hydraulisk kapacitet, biologisk kapacitet i form af N og P, reduktion i energiforbrug, øget energiproduktion, stabil belastning af udstyr og slamminimering.

Resultaterne opnået ved implementering af avanceret processtyring baseret på online sensorer og kombineret med 100 % reguleringsmulighed på alle pumper, blæser, mixer og ventiler mv. er positive.

Vandcenter Syd og Aarhus Vand , som i dag driver renseanlæg, som er nettoenergiproducenter oplyser, at ca. 70% af indsatserne på de energiproducerende anlæg kommer fra procesoptimering. Resten af gevinsterne kommer fra udskiftning af udstyr.

Aarhus Vand har opgjort, at Marselisborg renseanlæg (ca. 200.000 PE) har opnået elbesparelser vha. øget procesoptimering igennem styring i perioden 2006-2008. Besparelsen var på 700.000 kWh/år, svarende til 15-20% af daværende elforbrug og den erfaringsmæssige tilbagebetalingstid var ca. 1 år.

Muligheder
Der er et utal af muligheder med realtidsstyring f.eks:

- Styring fordeling af kulstof imellem rådnetank og biologi (øget kulstofudtag til biogasproduktion, mindsket beluftning i biologien)
- Optimering af biogasproduktion i rådnetanken
- Optimeret mht. energiforbrug på udstyr
- Optimering mht. mekanisk belastning af udstyr
- Optimering mht. udledningsværdier
- Optimering mht. elpriser

Begrænsninger
Realtidsstyring kræver jævnlig vedligehold og kalibrering af målerudstyr samt fallback systemer som fanger, når udstyret ikke måler rigtigt.

Realtidsstyring kan kun optimere indenfor det eksisterende udstyrs muligheder.

Teknologiens modenhed
Anvendelse af realtidsstyring på renseanlæg er under rivende udvikling og forsyninger som Aarhus Vand og Vandcenter Syd er særligt langt fremme.

1.8 Øvrige teknologier – spildevand

Af nyere teknologier som har et stort energipotentiale, men som ikke er dokumenteret i fuldskala i Danmark kan nævnes:

- Hovedstrøms Anammox.
  Den tidligere beskrevne anammox proces for kvælstoffjernelse kan muligvis gennemføres i renseanlæggets hovedproces helt eller delvist. Potentialet ved processen er det samme som ved rejektvandsrensning – mindre energiforbrug til beluftning og mulighed for udtagning af mere kulstof til biogasproduktion. De lave temperaturer i Danmark er dog en væsentlig ulempe for processen, og det er uvist i hvilket omfang processen vil kunne forløbe som hovedstrømsproces. Der foregår forsøg på Egå renseanlæg.

- Stripning af NH3-gas fra rejektvand, og efterfølgende afbrænding heraf i brændelscelle.
  Energiindholdet i NH3 svarer til energiindholdet i biogas (Øvre brændværdi 22 MJ/kg sml. Biogas ca. 24 MJ/kg) og forbrændingsproduktet er N2 + H2O. Brændelsceller kan ifølge Haldor Topsøe godt afbrænde NH3 som er opløst i vand (ammoniakvand).

- Som alternativ til bundbeluftning med finboblediffusorer placeret på bunden af procestankene kan der anvendes beluftede-biofilm-membraner.
  Ifølge leverandører af denne teknologi kan der opnås op til 4 gange bedre energieffektivitet sammenlignet med boblebeluftning. Især ved højt MLSS >5 g/l.
  Demonstrationsprojekt er gennemført i Chicago.

2. Baggrundsnotat: Næstved

Case: Næstved Central Renseanlæg

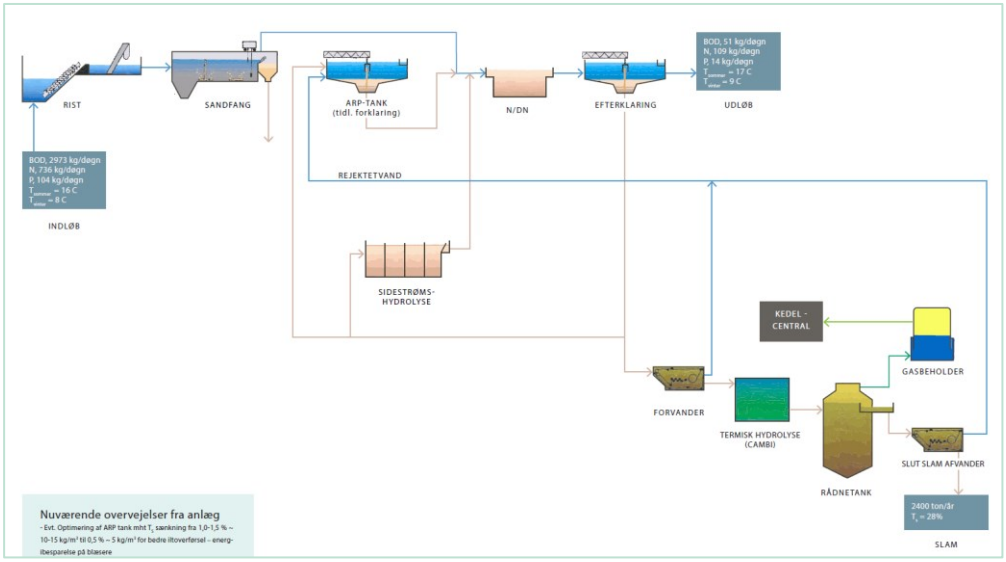
2.1 Eksisterende forhold

Næstved centralrenseanlæg (NCR) er idriftsat i 1993. Anlægget er oprindeligt dimensioneret ud fra en belastning på 89.000 PE. Anlægget var bygget med en forklaringstank, men blev i 1999 ombygget til 1-trins anlæg på baggrund af for høje værdier af miljøfremmede stoffer i slammet. Forklaringstanken er i dag ombygget til en ARP-tank til behandling af rejektvand, men ville kunne idriftsættes som forklaringstank igen, dog kræves der ombygninger. Den nuværende belastning ligger ca. på 50.000 PE.

2.1.1 Proceslayout

2.1.1.1 Aktiv slambehandling

Procestankene drives som Single Ditch" med 2 tanksæt med hver 2 tanke og de fungerer som 4 selvstændige linjer på hver 6250 m3. De er udstyret med rotorbeluftere og der anvendes derfor ikke bundbeluftning. Dette er primært fordi højden er tæt på 3,8 meter, hvor det tidligere har vist sig at være for lavt til effektiv bundbeluftning. Luften styres via onlinemålere og styres på ammoniumniveauet. På nuværende tidspunkt er der skåret huller mellem tanksættene, således at en "biodenipho"-drift er mulig fremadrettet.



Flowdiagram (principopbygning) eksisterende anlæg

Der er i alt 4 efterklaringstanke med en kapacitet på 4x2700 m3

Anlægget er opbygget med sidestrømshydrolyse til biologisk fosforfjernelse, hvor returslammet fordeles mellem ARP-tanken og hydrolysetankene.

Tal fra 2016 viser at NCR er belastet med følgende indløbsmængder:

- BOD, mod : 2973 kg/døgn
- Kvælstof 736 kg/døgn
- Fosfor 104 kg/døgn

Gennemsnitstemperaturen på ind- og udløbsvandet er:

- Sommer: Indløb ca. 16 grader, udløb ca. 17 grader
- Vinter: Indløb ca. 8 grader, udløb ca. 9 grader

Processen forventes ændret fra Single Ditch til BIODENIPHO inden for en overskuelig fremtid, samt en mulig onlinestyring.

Det nuværende elforbrug ligger på ca. 3.500.000 kWh/år.

2.1.1.2 Rejektvandsbehandling

ARP-processen er primært en rejektvandsbehandling hvor tanken er på 4400 m3, og der beluftes med bundbeluftning med en højde på 5,5 meter. Processen styres med en onlinemåler som måler på ammoniumniveauet. Energiforbruget ligger ca. på 750.000 kWh til beluftningen med 3 stk. Atlas Copco blæsere. Her overvejes det at fortynde ARP-slammet fra 10-15 % SS til under 5% for bedre iltoverførsel.

2.1.1.3 Slambehandling

Slamhåndteringen foregår ved at slammet forafvandes, og derefter køres det gennem et Cambi-anlæg (termisk hydrolyse) for at reducere og hygiejnisere slammet. Processen foregår i 20 minutter ved 140-160 grader og 4-6 bar. Cambi-anlægget bruger damp til denne proces og dette leveres af egen dampkedel. Dampkedlen bliver forsynet med biogas fra vores rådnetank, og biogas bruges også til bygningsopvarmning. Der har tidligere været en gasmotor på NCR som i dag er skrottet, men bygning, rørinstallation og skorsten er stadig intakt.

Rådnetanken på NCR har en kapacitet på 1600 m3, og på nuværende tidspunkt har vi en gennemsnitlig opholdstid på ca. 30 døgn. Tanken arbejder mesofilt og med en temperatur på 40-42 grader.

Den samlede slamproduktion på anlægget udgør ca. 2400 t/år med en tørstofprocent på ca. 28 % Ts.

2.1.1.4 Fremtiden med KOD + Energi

NCR er beliggende i et industriområde hvor nærmeste nabo er AffaldPlus´ forbrændingsanlæg. Fjernvarmeledningerne som forsyner Næstved by, går igennem matriklen og midt mellem bygningerne, hvor der kan produceres energi. I dag er NK-Forsyning A/S ikke tilkoblet fjernvarmenettet – hverken som bruger eller leverandør. En stor del af Næstved by er forsynet med fjernvarme fra AffaldPlus.

Der tilføres ikke på nuværende tidspunkt ekstra kulstof til biogasproduktionen på NCR. Der har dog været en dialog i gang med AffaldPlus som forventer i fremtiden evt. at opføre et KOD/PULP-anlæg ved forbrændingsanlægget. Der foreligger flere

beregningsscenarier på dette. Denne dialog har dog ikke ført aktuelle aftaler med sig endnu.

Der er netop kortlagt en del omkring energiforbruget i bygningerne som opvarmes med varme fra dampkedlen samt mulighederne for samspil mellem en gasmotor og dampkedel.

2.1.2 Stofmængder i anlægget

Følgende stofmængder i anlægget er oplyst.

Stofmængder - Spildevandsrensning

År	Behandlet vand-mængde	Centralrenseanlæggets indløb					Tilledt til biologisk rensning				Udledte mængder			
		Målt årlig belastning	Tilledt mængde Total-N	Tilledt mængde Total-P	Tilledt mængde BI5	Tilledt mængde COD	Tilledt mængde Total-N*	Tilledt mængde Total-P*	Tilledt mængde BI5	Tilledt mængde COD	Udledt mængde Total-N	Udledt mængde Total-P	Udledt mængde BI5	Udledt mængde COD
	m^3/år	PE (BI5)	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år
2016	9549670	49550	268490	37922	1085147	2858891	323605	48.507	N/A	3020221	39.722	5220	18541	242617

*rejektvandsbidraget er beregnet udfra analyser (12 årlige eurofinsprøver) og pumperegistreringer.

Stofmængder - Slambehandling

År	Mængde af Primærslam	Mængde af Biologisk overskuds-slam	Mængde af kemisk slam	Mængde af ekstent slam	Mængde af afvandet slam	Mængde af afvandet slam	Biogas-produktion	Biogas til gasmotor	El-produktion
	TonsTS/år	TonsTS/år***	TonsTS/år	TonsTS/år	m^3/år	TonsTS/år	m^3/år**	m^3/år	kWh/år
2016	0	1496	N/A	****	N/A	940	569.500	0	0

** Tallet er skønnet/beregnet udfra flowkurve fra gasmåler. Da vi endnu ikke kan få tabeller ud af systemet!!!
*** tallet er beregnet udfra COD i indløbet.
****Der gøres opmærksom på at der køres slam fra små anlæg til indløbet, hvilket gør det endnu sværere at få hoved og hale i tingene.

2.1.3 Eksisterende monitering og styring

Der er foretaget SCADA konvertering af NCR fra Frontmatic system2000 til Siemens WinCC, og man forventer opstart i 2018 og afslutning primo 2019. Der er ikke over-bygning på styresystemet.

Nuværende onlinemålere i processen:

Luftningstank 1	Luftningstank 2	Luftningstank 3	Luftningstank 4	ARP-tank
Varion-NH4, NO3, K	Varion-NH4, NO3, K	Varion-NH4, NO3, K	Varion-NH4, NO3, K	Varion-NH4, NO3, K
ViSolid-SS	ViSolid-SS	ViSolid-SS	ViSolid-SS	ViSolid-SS
FDO- Iltmåler 1 og 2	FDO- Iltmåler 1 og 2	FDO- Iltmåler 1 og 2	FDO- Iltmåler 1 og 2	FDO- Iltmåler 1 og 2

MB01 (Indløb)	MB02 (Udløb)	FB03	Efterklaringstank 1-4
Sensolyt-pH NiCaVis-CODt, CODop, BI5, NO3, NO2	Varion-NH4, K VisoTurb-turbididtet (SS) NiCaVis-CODt, CODop, BI5, NO3, NO2 PO4-P Analysator FDO-Ilt	PO4-P Analysator	Slamspejlsmålere

Styringsmekanismer baseret på de online-målerne:

1. Iltmålerne styrer rotorer / blæsere i N fasen.
2. Ammonium-målerne styrer N / DN faserne.
3. Slamspejlsmålerne er med som styringsparameter i returslamstyringen, da styringen korrigerer så at niveauet i de fire tanke ikke afviger for meget indbyrdes.

Anlægget er i dag i stabil drift og onlinemålerne virker efter hensigten. Det kræves dog at der jævnligt foretages vedligeholdelse og kalibrering af målerne.

2.1.4 Eksisterende udfordringer i processen

PAH problem

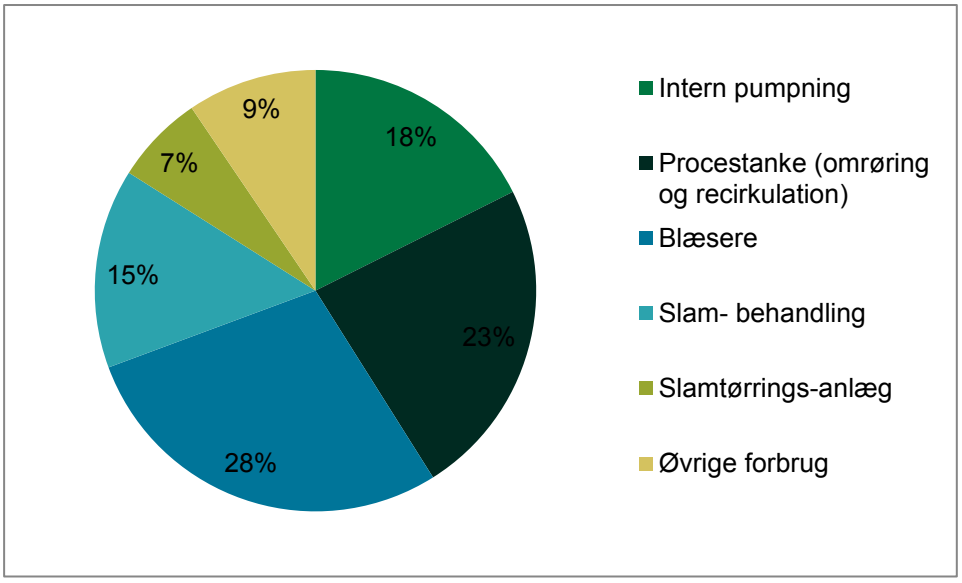
Man har de sidste par år forsøgt at finde kilden til stigende PAH-værdier som er konstateret ved prøveudtagning i det slutafvandede slam. Da man har været meget tæt på grænseværdien, var det nødvendigt at finde en mulig kilde for at slammet ikke skulle ændre karakter fra A-slam og slutdisponeringsomkostningerne dermed stige. PAH-værdierne er også årsagen til at man ikke kører med 2-trins-anlæg i dag og at den tidligere forklaringstank blev nedlagt. Det tyder dog på at en væsentlig kilde er fundet i Næstved by, og denne forsøges nu fjernet. Dels ved relining af kloakledninger og dels ved at stoppe tilledningen til fælleskloak. Tidshorisonten er pt. ukendt.

Stor vandmængde

Anlægget modtager en stor mængde vand især pga. regnvand fra de fælleskloakerede oplande. Samlet set betyder det at anlægget modtager 193 m3 spildevand pr. PE, hvilket er ganske højt for sammenlignelige renseanlæg.

2.1.5 Nuværende energiforbrug

Anlæggets samlede elforbrug er 3.5 mio kWh/år, hvilket er fordelt som vist nedenfor.



Energiforbrug i el i 2016

Pumpe indløb	Resten af process (beluftning, slampumpning)	Blæsere til ARP beluftning	Kedelcentral	Mellempumpe	Øvrige forbrug	Samlet forbrug
kWh/år	*kWh/år*	*kWh/år*	*kWh/år*	*kWh/år*	*kWh/år*	*kWh/år*
560.000	1.750.000	750.000	750.000	360.000	80.000	3.500.000

2.2 Idéer og forslag fra workshop

Ved workshoppen den 3. maj 2017 blev der fremsat følgende enkeltstående idéer til energi- og driftsforbedringer.

Energiproduktion og -udnyttelse:

- Anvende biogas i gasmotor til el- og varmeproduktion (røggasveksler)
- Optimering af varmeanlægget
- Opvarmning af spædevand via røggasveksler
- Varmeveksling/køling af slam efter termisk hydrolyseanlæg
- Genvinding af restvarme
- Sluk for Cambi-anlægget (Sparer også polymer til slamafvanding)
- Sælg biogas (til varmeværket) og køb fjernvarme
- Etablere varmepumpe på det rensede spildevand
- Opsæt klimaskærm/bedre isolering omkring Cambi-anlægget
- Renovering/opgradering af det termiske hydrolyseanlæg

Biogasproduktion:

- Optimering af rådnetank med gasmix-omrøring (Viskositetsændring og øget gas-produktion)
- Optimere biogas- og varmeproduktionen
- Indfør primærtrin (tilbageført ARP til forklaringstank)
- Udskiftning-/optimering af enkeltkomponenter:
- Ombygning/optimering af indløbs- og mellempumpestation
- Ændring af beluftningsmetode i procestankene (bundbeluftning)
- Udskiftning af omrørere (flowmakere) til større diameter
- Generel implementering af frekvensomformere og reduktion af driftstid på udstyr hvor muligt
- Implementer frekvensomformere på pumper
- Tilpas flow/pumpeydelser til optimal proces
- Styring af sandfangsbeluftning efter tilløbsflow
- Evt. nye effektive og optimerede blæsere til sandfang
- Ny forbedret ristefunktion (større tilbageholdelse - driftsforbedring)
- Suppler indløbspumpestationen med lille ”nat pumpe”
- Sandfangblæsere udskiftes

Processtyring:

- Effektiv processtyring
- Opstilling af kulstofballance og udnyt kulstoffet bedre
- Beluftningsstyring – ammonium/oxx-off
- Optimering af udløbsrenseværdier – sparer afgifter
- Realtidsstyring med on-line måling
- Fortynding af slamindhold i ARP tank

Proceslayout:

- Reducere overkapacitet (volumen i procestanke)
- Indførelse af to-trins rensning (mere biogas og reduceret beluftning)

- Ændring af ARP til forklaring (to-trins rensning)
- Reducere antal af luftningstanke (=> højere belastning/lavere slamalder, mere biogas, bedre slamegenskaber, øget hydr. kapacitet)
- Installer forfiltrering (to-trins rensning)
- Rejektvandsrensning m. anammox
- Evt. hovedstrømsanammox

Øvrigt:

- Brug af energi på det rigtige tidspunkt (smart drift)
- Gennemgå og optimer varme og ventilationsanlæg i bygninger
- Centraliser mindre renseanlæg i Næstved Kommune
- Gennemfør en energiaudit på hele renseanlægget
- Optimering af drift af afløbssystem og bassiner før renseanlægget (renholdelse af ledninger og bassiner, rensegrise m.m.- sparer strøm)
- Tal med ejere og bestyrelse om KPI og ambitioner
- Optimer/udskift slamafvandingsudstyr
- Ændringer / optimering af beluftere i ARP tanken (rejektvandstanken)

2.3 Scenarier fra workshop

Workshoppens arbejdsgrupper har på baggrund af foranstående bruttoliste drøftet og viderebearbejdet forslagene indenfor funktionsopdelte afsnit af renseanlægget.

Det bemærkes, at enkelte af forslagene primært medfører driftsmæssige forbedringer og i mindre omfang energiforbedrende.

2.3.1 Optimering af forbehandlingen

Arbejdsgruppens medlemmer var følgende: Kaj Stjernholm (fra Stjernholm), Johan van der Platt (fra Envidan), Martin (Næstved Centralrenseanlæg).

Forbehandlingen på Næstved Centralrenseanlæg omfatter følgende funktioner:

- Indløbspumpestation omfattende 3 stk. snekkepumper, hver med en kapacitet på 3.000 m3/h.
  Indløbspumpestationen pumper i serie med en ekstern pumpestation (udenfor hegn) på tilløbsledningen på den anden side af?? kanalen
- Indløbsriste – 3 stk. step screen finriste
- Beluftet sand- og fedtfang (2 linjer). Luftforsyning sker fra 3 stk. kapselblæsere, hvoraf kun en blæser er i konstant drift med fast ydelse. Sand vaskes i en sandvasker.

2.3.1.1 Sammenlægning af indløbspumpestation

Arbejdsgruppen har foreslået, at de to pumpestationer samles til én ny pumpestation udenfor hegn, som pumper direkte til indløbsristene. Pumpeantal og –kapaciteter tilpasses, så pumpeydelser kommer til at ligge på de optimale driftspunkter. Pumpetypen vil antageligt være tørtopstillede centrifugalpumper med frekvensregulering.

Det vurderes, at der vil opnås følgende driftsmæssige fordele:

- Ingen pumpestød

- Energioptimal drift i forhold til flow
- Mindre service og vedligehold (kun én pumpestation)
- Øget driftssikkerhed
- Bedre arbejdsmiljø

Driftsomkostningerne (service og vedligehold) vurderes at være på niveau med nuværende.

Årligt elforbrug til hver af de to eksisterende pumpestationer (den uden for hegn og selve indløbspumpestationen):

(Det angivne årlige elforbrug et gennemsnit af 2014-2015-2016)

- Mellempumpestation: 351.700 kWh Ekstra data fra NCR:
- Indløbspumpestation: 553.500 kWh
- Samlet forbrug: 905.200 kWh
- Den samlede vandmængde er ca. 9.000.000m3 pr. år.

Det vurderes, at der vil være en samlet reduktion at energiforbruget til indpumpning på 10 – 20 %, svarende til 135.000 kWh/år hvis 15% eller ca. 100.000 kr. pr. år hvis 75 øre pr. kWh.

NCR oplyser at mellempumpen ligger ”uden for hegnet” hvor der er 550 meter ø1400 ledning fra mellempumpestationen til indløbspumpestationen. Mellempumpestationens pumpesump er placeret i kote -4,88 og afleverer til ledningen i kote 4,30. Herefter løber vandet i gravitation til indløbspumpestationen hvor sumpen her er placeret i kote 0,12 og pumper til ristekanalerne som er placeret i kote 9,30. De 2 pumpestationer løfter derfor vandet ca. 14 meter tilsammen

En ny pumpestation udenfor hegn kunne være en 3-pumpestation med 3 stk. 45kW pumper monteret neddykket i betonbygværk på ca. 3x3m. Fra pumpestationen føres 3 stk. ø300mm rustfrie trykrør til oppumpningkote for nuværende sneglepumper – herfra ø400PE-rør til indløbskammer.

Pumper med maskinelle installationer og elinstallation vil andrage budgetpris; 1,3-1,5 mio kr.

Hertil skal tillægges entreprenørarbejder for betonbygværk, lxbxd = 3x3x5m (anslået) samt 3 stk. trykledning, længde 25m, ø400 PE.

NIRAS: Med en besparelse på 100.000 kr/år og en anlægsomkostning på 1,3-1,5 mio kr bliver tilbagebetalingstiden 13-15 år.

Stjernholm estimerer efterfølgende:

Etablering af ny indløbspumpestation estimeres til at koste ca. 8 millioner baseret på:

- Pumpeledning – 2 mio. kr. – da den skal under vandet
- Pumper og rør m.m. 3 mio. kr.
- Bygninger 3 mio. kr.

NIRAS: Med en besparelse på 100.000 kr./år og en samlet anlægsomkostning på 8 mio. kr. bliver tilbagebetalingstiden ca. 80 år.

NIRAS: Ser man kun på pumpeomkostningen er tilbagebetalingstiden er 13-15 år, men i realiteten vil den blive meget højere, måske helt op til 80 år, da der er flere omkostninger end blot pumpning. Yderligere analyser er nødvendige.

2.3.2 Ny sandfangblæser med styring af tilløbsflow

Sandfanget foreslås optimeret ved installation af en ny sandfangsblæser, der frekvensstyres efter tilløbsflow.

Ud over et reduceret elforbrug til beluftning af sandfanget vil der opnås en større sandtilbageholdelse og derved mindre gener fra sand i de efterfølgende procestrin.

Mængden af sand til bortskaffelse vil stige.

Årligt energiforbrug til eksisterende sandfangsblæsere samt effekt (motorstørrelse):

- Der er endnu ikke etableret energimåling på blæserne. Der sidder dog tre kapselblæsere på 6,3 kW og de kører én ad gangen. Det svarer til ca. 55.000 kWh/år.

Energiforbruget til sandfangsbeluftning skønnes reduceret med 50% af det nuværende svarende til 27.500 kWh/år. Til en omkostning på 75 øre pr. kWh svarer det til en årlig besparelse på kr. 20.625.

Anlægsomkostningerne ved installation af ny sandfangsblæser med frekvenstyring samt gennemgang og indregulering af beluftningen skønnes til ca. 200.000 – 300.000 kr.

Tilbagebetalingstiden bliver dermed ca. 9-15 år.

Løsningerne vil kunne ses på en række danske renseanlæg, bl.a. Avedøre.

Kilde: Stjernholm

2.4 Optimering af procestank og procesdrift

Denne arbejdsgruppes medlemmer var Dines Tornberg (Biofos), Rebekka … (Næstved CR), Lars Jensen (Xylem) og Lars Sørensen (Kalundborg Forsyning).

Arbejdsgruppen foreslår følgende ændringer og tiltag:

- Ændring af beluftningssystem
- Omlægning af procesdriften til Biodenipho
- Optimering af on-line styringen
- Implementering af et primært rensetrin
- Ny rejektvandsrensning
- Implementering af forbedret processtyring baseret på on-line måling.

2.4.1 Implementer bundbeluftning

De eksisterende overfladebeluftere udskiftes til et bundbeluftningssystem med højeffektive blæsere i de 3.8 meter dybe procestanke.

Årligt energiforbrug til de alle de eksisterende rotorer:

(Elforbrug pr. år på luftningstanke (gennemsnit af 2014+2015+2016). Der er 3 rotorbeluftere og 2 omrørere pr. luftningstank).

- LT1, Rotorer: 275.550 kWh/år
- LT1, Omrørere: 50.000 kWh/år
- LT2, Rotorer: 260.700 kWh/år
- LT2, Omrørere: 51.500 kWh/år
- LT3, Rotorer: 203.850 kWh/år
- LT3: Omørere: 61.750 kWh/år
- LT3, Rotorer: 240.450 kWh/år (Luftningstank 4?)
- LT3: Omørere: 46.850 kWH/år (Luftningstank 4?)
- Samlet årligt forbrug rotorbeluftning: 980.550 kWh
- Samlet årligt forbrug omrøring: 210.100 kWh

Drift og vedligeholdelse vil ud over blæservedligeholdelse omfatte periodisk afsyring/rengøring af diffusor-membraner samt udskiftning af disse hvert 3 – 5 år. Omkostningerne herved vurderes stort set at modsvare nuværende service og vedligeholdelse af rotorerne

NIRAS: ifølge teknologilisten er der set besparelser 40-50% af energiforbruget til rotorbeluftning. I praksis er der set besparelser på 0,08 og 0,19 kWh/m^3 indløbsvandsspildevand hvilket for NCR vil svare til 760-1800.000 kWh/år. Dette svarer til en værdi på 570-1,350.000 kr/år.

Stjernholm vurderer at potentilaet vil være ca. 40 – 50 % af energiforbruget til rotorbeluftning svarende til ca. 400-500.000,00 KWh/år og potentilaet på røreværkerne vil være ca. 15 – 20 % af energiforbruget svarende til ca. 30.000 KWh/år. Dvs. det samlede potential er ca. 430-530.000 kWh/år. Med en elpris på 0,75 kr./kWh svarer dette til en værdi på ca. 323-400.000 kr./år.

Stjernholm skriver at der skal udarbejdes nærmere projektering på opgaven og beløbet anslåes for udskiftning af rotorer til bundbeluftere og inklusive blæsere uden – alt efter niveau på el til en pris på ca. 10 mio. kr.

Der er foretaget skift fra overfladebeluftere til bundbeluftere på følgende anlæg.

Egå Renseanlæg – Aarhus Vand, viby Renseanlæg – Aarhus Vand, Aaby Renseanlæg – Aarhus Vand – Kolding Centralrenseanlæg – BlueKolding, Køge Renseanlæg – KLAR Forsyning, Nordkysten Renseanlæg – Helsingør Forsyning, Skagen Renseanlæg, Forysningen Frederikshavn, Varde Renseanlæg – DIN Forsyning, Grindsted Renseanlæg – Billund Vand, Lyngby Taarbæk Renseanlæg – Lyngby Taarbæk Forsyning, Avedøre Renseanlæg – Biofos

Kilde: Stjernholm

NIRAS: Anlægsomkostninger vurderes i niveau 6-10 millioner kroner baseret på input på alle tre workshops og Stjernholm input. Værdien af elbesparelsen er ca. 323-400.000 kr./år måske sågar ca. 570-1,350.000 kr./år.

Tilbagebetalingstiden baseret på nuværende viden ca. 15-31 år omend baseret på antallet af anlæg som har implementeret dette er tilbagebetalingstiden sandsynligvis noget kortere. Bruges antagelser om sete besparelser pr. m3 indløbsspildevand fra teknologilisten fås en tilbagebetalingstid på 4-18 år.

2.4.2 Procesomlægning

Procestankene omlægges fra "single ditch" til f.eks. biodenipho. Dette omfatter etablering af gennemstrømningsåbninger mellem procestankene (parvis) samt en styringsmæssig omlægning af tilledningen af spildevand til de enkelte procestanke. Samtidig opdateres og udvides/suppleres on-linestyringen til et moderne og avanceret styringssystem. Eksisterende online målere suppleres i nødvendigt omfang.

Nuværende samlede årligt forbrug rotorbeluftning: 980.550 kWh/år.

Effekt: Der forventes samtidigt opnået forbedrede renseresultater med reduceret spildevandsafgift til følge.

Øvrige drift- og vedligeholdelsesudgifter vil stort set være uændrede, idet evt. flere on-line målere dog vil øge vedligeholdelsesomkostningerne hertil tilsvarende.

Energibesparelserne til beluftning skønnes at blive i størrelsesordenen 10 – 15 %, hvilket svarer til 100-150.000 kWh/år

Anlægs- og procesoptimeringsudgifterne anslås til kr. 2.000.000 – 3.000.000

NIRAS estimerer en foreløbig tilbagebetalingstid på 13-30 år

NCR er allerede i gang med at implementere tiltaget og bemærker at *"Anlægsinvesteringerne vil primært være til onlinestyring da konstruktionerne er udlagt til denne driftsform."* NCR oplyser forventede anlægsomkostninger på 0,8 -1,4 mio. kroner og en forventet tilbagebetalingstid på 2-3 år.

2.4.3 Forklaringstank/primærtank retableres

Eksisterende ARP-tank (den tidligere forklaringstank) ændres tilbage til forklaringstank.

Belufterudstyr på tanken fjernes og skraberbro samt afløbsrende reetableres.

I forklaringstanken udtages primærslam, som føres direkte til rådnetanken, hvilket medfører øget biogasproduktion og reduktion af belastningen på procestankene.

Resultatet vil være:

- øget COD reduktion
- Øget biogasproduktion og dermed elproduktion
- Reduceret el-forbrug til beluftning, da ARP tankens beluftning fjernes

Forudsætning:

- PAH-problematikken løses
- Styring af kulstofudtag i forklaringstank

Dette forslag skal ses i sammenhæng med etablering af Anammox.

NIRAS omformulering af forslag efter workshops:

Forklaringstank reetableres og installation af gasmotor til elproduktion i periodisk drift:

Anlægget bruger i dag forklaringstank til behandling af rejektvand (ARP proces) m. bundbelufning og biogasproduktion bruges til dampproduktion til Cambianlæg.

Resultat med forklaringstank og motor:

- mulighed for øget kulstofudtag i primærtrinnet, hvilket giver øget biogasproduktion og mulighed for elproduktion
- reduceret kvælstofbelastning i procestankene, hvilket reducerer elforbrug til beluftning

Effekt på elforbrug og produktion:

- Elbesparelse til beluftning estimeret til ca.. 615.000 kWh/år
- Merproduktion i biogas ifht. nuværende ca. 140.000 m3/år
- Potentiel elproduktion fra merproduktion af biogas ca. 315.000 kWh/år

Nettoenergigevinst: Netto-elgevinst ca. 930.000 kWh/år

Varmeproduktion fra motoren ca. 0,4 mio. kWh/år - 90°C fremløbstemperatur og 70°C retur temperatur.

Anlægsomkostninger vurderes samlet til ca. 4 mio. kr. hvoraf ca. 1 mio. kr. er til reetablering af forklaringstank og ca. 3 mio. er til motor, inkl. bygninger.

Værdi af netto-elgevinst er ca. 700.000 kr. ved en pris på 0,75 kr./kWh.

Tilbagebetalingstid ca. 6-7 år

Procesmæssige forudsætninger:

- PAH-problem skal løses
- Styring af kulstofudtag
- Gasmotor køres periodisk, da mindste gasmotor tager 30m^3/time

Antagelser i beregninger:

- COD udtag fra forklaring ca. 46%,
- N-reduktion i forklaring ca. 30%
- Fordeling af iltforbrug ca. 70% til COD fjernelse og 30% til N-fjernelse
- Biogas - 0,35 Nm3 CH4 pr kg COD og 65% metan
- Varmeproduktion ca. 2,96 kWh/m^3 biogas- 90oC fremløbs temperatur og 70°C retur temperatur.
- Antaget elpris 0,75 kr./kWh

2.4.4 Rejektvandsrensning med Anammox

Etablering af nyt rejektvandsrensetrin med anammox.

Resultat:

Reducerer kvælstofbelastningen på procestankene, hvorved der kan udtages mere kulstof i primær trinnet (mere biogasproduktion) og det reducerer samtidig energiforbruget til kvælstoffjernelse.

Forudsætning for anammox:

- SS i rejektvand fjernes (NB: termisk hydrolyse!)
- Bør etableres sammen med forklaringstank

NIRAS omformulering af forslag efter workshops:

Forklaringtank re-etableres med Anammox og installation af gasmotor til elproduktion kontinuert drift. Anlægget bruger i dag forklaringstank til behandling af rejektvand (ARP proces) med bundbelufning og biogasproduktion bruges til dampproduktion til Cambianlæg.

Resultat med forklaringstank og motor:

- Mulighed for endnu højere kulstofudtag i primærtrinnet, hvilket giver øget biogasproduktion og mulighed for elproduktion
- Reduceret kvælstofbelastning i procestankene, hvilket reducerer elforbrug til beluftning

Effekt på elforbrug og produktion:

- Elbesparelse til beluftning estimeret til ca. 725.000 kWh/år
- Merproduktion i biogas ifht. nuværende ca. 275.000 m3/år
- Potentiel elproduktion fra merproduktion af biogas ca. 455.000 kWh/år

Forventet netto-energigevinst:

- Netto-elgevinst ca. 1.330.000 kWh/år
- Varmeproduktion fra motoren ca. 0,8 mio. kWh/år - 90C fremløbs temperatur og 70C retur temperatur.

Anlægsomkostninger samlet ca. 6-9 mio. kr. hvoraf ca. 1 mio. kr. til reetablering af forklaringstank og ca. 3 mio. til motor, inkl. bygninger og 2-5 mio. kr. til Anammox.

Værdi af netto-el-gevinst ca. 1 mio. kr.

Tilbagebetalingstid ca. 6-9 år

Procesmæssige forudsætninger:

- PAH problem skal løses
- Styring af kulstofudtag

Antagelser i beregninger:

- COD udtag fra forklaring ca. 55%,
- N-reduktion i forklaring ca. 30%
- Fordeling af iltforbrug ca. 70% til COD fjernelse og 30% til N-fjernelse
- Biogas - 0,35 Nm3 CH4 pr kg COD og 65% metan
- Varmeproduktion ca. 2,96 kWh/m3 biogas- 90oC fremløbs temperatur og 70oC retur temperatur.
- Antaget elpris 0,75 kr./kWh

2.5 Optimering af slambehandling og energiudnyttelsen

Denne arbejdsgruppes medlemmer var Nick (Biofos), Jens Vedt (Næstved CR), Jacob Holdgaard (Landia) og Michael B. Nissen (Nissen Energiteknik).

Arbejdsgruppen foreslår:

- Eksisterende gaskedel erstattes af en biogasmotor
- Optimering af varmeproduktionen til hydrolyseanlægget (Cambi)

2.5.1 Installation af gasmotoranlæg / produktion af el

Der installeres et gasmotoranlæg koblet til en generator. Generatoren producerer el og overskudsvarmen udnyttes til opvarmning af rådnetanke og til Cambianlægget.

Anlægs- og installationsomkostninger: 2 mio. kr.

Omkostning er kun ift. installation af et 210 kWe gasmotoranlæg. Prisen er uden bygningsarbejde.

Årlig cirka biogasproduktion uden andre ændringer: 570.000 Nm^3/år. Varmeproduktion fra motoren: 1.684.900 kWh/år. v. 70 m3/h 8300 driftstimerved 90C fremløbs temperatur og 70C retur temperatur.

Service omkostninger: ca. 0,1 kr./kWh. Op til 80.000 timer. Uden olie forbrug.

Forventet el-produktion: 1,3 mio. kWh/år – kr./år (ved 70 m3 biogas/h og 8.300 h/år) – svarende til 975.000 kr./år ved en elpris på 0,75 kr./kWh.

Kilde for ovenstående er Nissen Energiteknik.

Potentialet bliver større hvis der eksempelvis indføres forklaringstank og Anammox.

Beregning af tilbagebetalingstid kræver bl.a. estimering af omkostninger til bygningsarbejder og beslutninger omkring den fremtidige drift af Cambianlægget.

Beregningsgrundlag og forudsætninger:

- 70 m^3 biogas/h (nuværende produktion)
- Evt. optimeret omrøring i rådnetank.
- Det forudsættes at alt biogassen bruges i gasmotoren. Cambianlæggets kedel forsynes således af Naturgas.

Referenceanlæg: Frederikshavn Renseanlæg 210 kWe.

NIRAS vurderer baseret på nuværende oplysninger:
- Anlægs- og installationsomkostning ca. 2 mio. kr. (ekskl. bygningsarbejder)
- Årlige serviceomkostninger: 130.000 kr./år
- Udgifter varme til Cambi (eks. dampproduktion ved naturgas) ikke oplyst.
- Værdi af elproduktion: ca. 975.000 kr./år.
- Samlet vurdering af værdi: ca. 975.000 kr./år minus 130.000 kr./år svarende til ca. 845.000 kr./år
- Tilbagebetalingstid baseret på nuværende viden 2-3 år, omend vil være længere, da omkostninger til bygningsarbejder og energiforbrug i dampkedlen øger tilbage-betalingstiden.

2.5.2 Optimering af varmeproduktion til Cambianlægget

Slammet køles i dag af renset spildevand, det ville her være muligt at udnytte denne varme til andet formål ved hjælp af en veksler.

Installation af en varmeveksler for køling af slam efter Cambianlægget

Det forventes at varmebehovet for den termiske hydrolyse at kunne dækkes.

Hvis det vælges at nedlukke Cambianlægget vil der være mulighed for opvarmning af rådneproces via varme udelukkende fra gasmotor.

Energigevinst: Biogassen bruges til elproduktion (primære formål) i stedet for blot til opvarmning af procesanlægget.

Energipotentialet er ikke muligt at give, men kan antages medregnet under 3.3.1.

2.6 Optimering af styringsmulighederne

Denne arbejdsgruppes medlemmer var Asbjørn Johansen (Danfoss), Per Henrik Nielsen (VCS) Mikkel Hall (MST) og Anna Katrine Vangsgaard (Krüger).

Gruppen foreslår ligesom andre grupper optimering af energiproduktionen ved styring af kulstofbalancen f.eks. ved:

- Energieffektiv rejektvandsbehandling (se afsnit om rejektvandsbehandling)
- Flowstyring + belastningsstyring i forhold til kapacitet (i procestankene) samt evt. el-priser (smart grid).

2.6.1 Anlægstiltag

Opdatering af SRO anlæg incl. PLC'ere m.v. med mulighed for flere styringshåndtag.

Supplering og anvendelse af on-line målere

Etablering af aktuatorer f.eks. frekvensomformere samt tilpasning af størrelse på blæsere og pumper

2.6.2 Forbedret styring

(Sammenskriv af forslag fra gruppe 2 og gruppe 4.)

Indføre styring ift. kapacitet, kulstof, udlederkrav og evt. elpriser ved at opgradere anlæg med flere online målere og aktuatorer og SRO anlæg med PLC'er.

Resultat: Bedre renseresultater pga. mere stabil drift, reduceret mekanisk belastning af udstyr og optimeret drift af udstyr samt energibesparelser. Desuden på sigt færre mandetimer og evt. besparelser på spildevandsafgifter.

Elbesparelser på hele anlægget på 5-10% (baseret på Århus vand set 14% ved optimeret styring[5]), svarende til 175.000 – 350.000 kWh/år.

Driftsbesparelser på ca. 130-260.000 kr./år til el ved elpris 0,75kr./kWh.

Anlægsomkostninger vil omfatte udstyr som målere, aktuatorer og forbedret styresystem samt mandetimer under indfasning og optimering af anlægget.

Aarhus Vand har set en tilbagebetalingstid på 1 år på denne type investeringer[6], da de i perioden 2006-2008 optimerede deres styring.

Aarhus Vand investerede ca. 2 mio. kroner i perioden 2006-2008 og så en tilbagebetalingstid på 1 år.

Antaget elpris 0,75 kr./kWh

En specificering af forslaget vil kræve en yderligere gennemgang af anlægget med fokus på forbedret styring og mulighederne herfor.

[5] WEFTEC2015 artikel af DHI og Aarhus Vand med titlen "Energy Neutral and Beyond: The City of Aarhus' Journey Towards Wastewater Treatment Optimization"

[6] WEFTEC2017 præsentation af Aarhus Vand (Anders Lynggaard-Jensen, Per Overgaard Pedersen, Flemming Husum

"Obtaining 150% Electricity Self-sufficiency at a Wastewater Treatment Plant"

2.7 Reducér procesvolumen

(Tilføjet af NIRAS efter alle tre workshops)

Anlægget er bygget med næsten dobbelt så stor kapacitet som anvendt i dag og består af fire parallelle luftningstanke, et fordelerbygværk efterfulgt af fire efterklaringstanke.

Fire selvstændige linjer på hver 6250 m^3, dvs. 25.000 m^3.

Elforbrug til omrøring elimineres i ét tanksæt, svarende til 50.000 kWh/år til omrøring og evt. ca. 50 % af de 245.000 kWh/år til beluftning spares dvs. i alt 172.500 kWh/år. Dvs. samlet elbesparelse mellem 50.000-222.500 kWh/år. Ved elpris på 0,75 kr./kWh svarer det til 35-160.000 kr./år.

Da forslaget påvirker mange af anlæggets processer vil konkretisering og prissætning kræve yderligere data og undersøgelser.

2.8 Øvrige forbedringsforslag

2.8.1 Udskiftning af indløbsriste

(Udarbejdet af gruppe 1)

Arbejdsgruppen foreslår, at de eksisterende riste udskiftes med nye båndriste/hulriste. Ristebåndene styres efter tilstopning og opstuvning foran ristene med frekvensomformere.

Denne ristetype forventes at øge tilbageholdelsen af ristestof fra ca. 45% til 80 – 85% hvilket stort set vil eliminere problemer med ristestof (incl. vatpinde) i efterfølgende procesafsnit og i overskudsslammet.

Der vil som følge af den øgede tilbageholdelse blive en større mængde ristestof til bortskaffelse ved forbrænding. Driftsomkostninger vurderes i øvrigt at være på niveau som for de eksisterende riste, men arbejdsmiljøet forbedres som følge af færre rengøringsopgaver.

Energiforbruget forventes at være uændret.

De nye riste vurderes at kunne monteres i de eksisterende ristekanaler uden ombygning.

Prisen på riste i den aktuelle størrelse ligger i størrelsesordenen 450.000 kr. pr. stk. De samlede anlægsomkostninger ved udskiftning af alle tre riste skønnes at være kr. 2.000.000.

Løsninger med denne ristetype kan ses på renseanlæggene i Frederikssund, Avedøre, Kalundborg Rønne og Randers.

Kilde: Stjernholm

2.8.2 Ny sandvasker

Endvidere foreslås installeret en ny moderne sandvasker for bedre udvaskning af det fjernede sand og tilbageholdelse af sand over d = 0,125 mm.

Dette medvirker til at der ikke aflejres sand andre steder i procestanken og rådnetankene m.m. – ekstra omkostninger til slidtage på pumper og volume reduktion i tankene er ikke beregnet.

Den bedre udvaskning muliggør at sandet kan genbruges i stedet for bortskaffelse til deponi med reducerede bortskaffelsesudgifter til følge.

Energiforbruget til sandvaskning vil være uændret.

En ny sandvasker skønnes at kunne installeres for kr. 500.000.

Løsningerne vil kunne ses på en række danske renseanlæg, bl.a. Avedøre, Lynetten og Frederikssund.

Kilde: Stjernholm

2.9 Overblik beskrevne forslag

Nedenstående giver et overblik over de forskellige forslag

Forslag	Effekt (besparelse/merproduktion af el/varme/gas)	Tilbagebetalingstid
Samlet indløbspumpestation	- 135.000 kWh/år	13-15 år (sandsynligvis mere)
Ny sandfangsblæser med styring	- 27.500 kWh/år	9-15 år
Etablering af bundbeluftning	-430-530.000 kWh/år (op imod 1 mio kWh/år)	13-50 år (4-18år, hvis tager udgangspunkt i erfaringer pr. m3 spildevand)
Procesomlægning i recirkulationstanke	-125.000 kWh/år	2-3 år
Forklaringstank reetableres og gasmotor til elproduktion i periodisk drift	-615.000 kWh/år + 315.000 kWh/år	6-7 år
Forklaringstank reetableres med Anammox og gasmotor til elproduktion i kontinuert drift	-725.000 kWh/år + 455.000 kWh/år	6-9 år
Forbedret styring og optimering derved	-175 - 350.000 kWh/år	1 år

Note: Effekterne kan ikke umiddelbart adderes, da der er overlap i deres energipotentialer.

3. Baggrundsnotat: Svendborg

Case: Egsmade Renseanlæg

3.1 Eksisterende forhold

Egsmade Renseanlæg ved Svendborg er 25 år gammelt og det overvejes nu, hvad der skal ske på anlægget fremadrettet. Zonemæssigt er anlægget placeret på landet, og Egsmade Renseanlæg har pt. en organisk kapacitet på 105.000 PE men er kun belastet med knapt 50.000 PE. Således er mængden af BI5 i indløbet i gennemsnit 2470 kg/døgn, mængden af kvælstof 501 kg/døgn og mængden af fosfor i gennemsnit 70,5 kg/døgn.

Temperaturen på indløbsvand og udløbsvandet er om sommeren henholdsvis 12-15 grader og 18,5 grader. Tilsvarende om vinteren er temperaturen på indløbsvand og udløbsvand henholdsvis 7,5 grader og 8-9 grader.

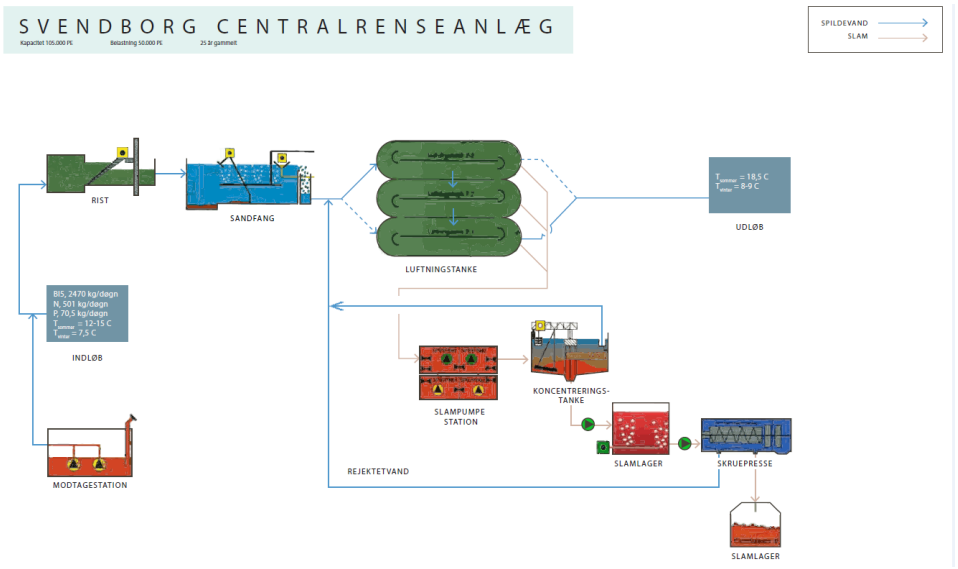
3.1.1 Proces

Der anvendes i dag rotorbeluftning som styres via iltmåler. Anlægget er ikke tilknyttet fjernvarmeanlæg, og Egsmade Renseanlæg ligger heller ikke nærheden af fjernvarmenettet.

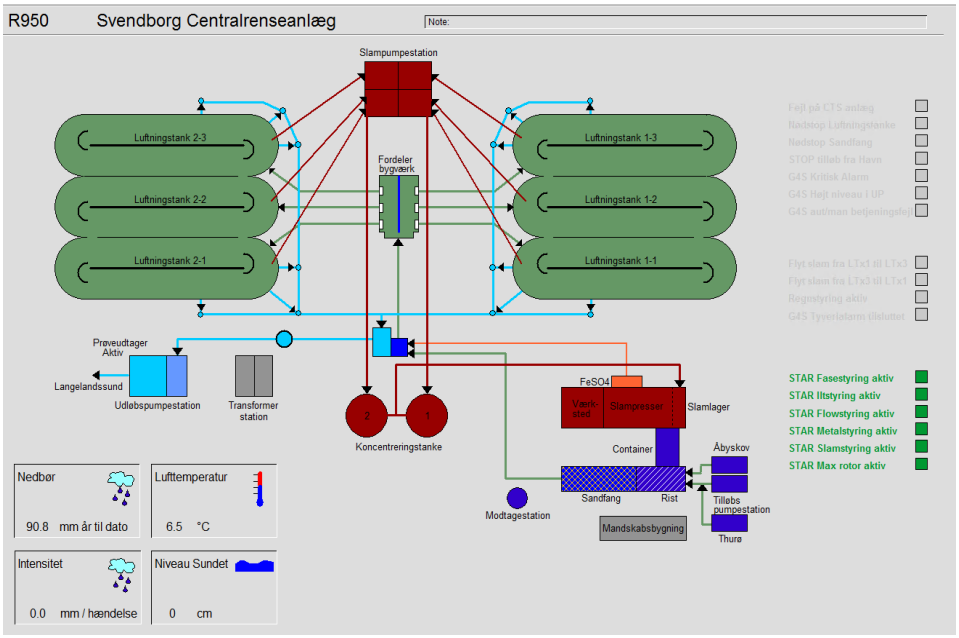
Der er ingen forklaringstank eller andet primært rensetrin på anlægget, ligesom der ikke er biogasproduktion, rådnetanke og gasmotorer. Rejektvandet renses ikke ved hjælp af Anammox eller andre metoder, og der er ikke installeret termisk hydrolyse.

Anlægget består af luftningstanke på 3,5 meters dybde.

Egsmade renseanlæg modtager og behandler slam fra andre renseanlæg i hele Svendborg kommune. Slammet tilføres direkte til forbehandlingen og renses biologisk sammen med spildevandet.



Figur 3.1Flowdiagram (princip) eksisterende anlæg



Figur 3.2 Anlæggets styresystem viser følgende billede af processen

For omkring to år siden er der på Egsmade Renseanlæg installeret et varmepumpe-anlæg til opvarmning af bygning mv. Dette i stedet for brug af fyringsolie. Varme-pumpeanlægget henter varme fra spildevandet. Ligeledes er der for to år siden in-stalleret to nye slamskruepressere.

Man etablerer desuden en ny tavlebygning med nye tavler. Den eksisterende tavle var fra anlæggets opførelse og udtjent. De nye tavler opføres efter nyeste standarder ligesom der efterlades plads i tavlerne til evt. udvidelser eller ny teknologi.

3.1.2 Stofmængder i anlægget

Følgende stofmængder er oplyst.

Stofmængder - Spildevandsrensning

År	Behandlet vand-mængde	Centralrenseanlæggets indløb					Tilledt til biologisk rensning				Udledte mængder			
		Målt årlig belastning	Tilledt mængde Total-N	Tilledt mængde Total-P	Tilledt mængde Bl5	Tilledt mængde COD	Tilledt mængde Total-N*	Tilledt mængde Total-P*	Tilledt mængde Bl5	Tilledt mængde COD	Udledt mængde Total-N	Udledt mængde Total-P	Udledt mængde Bl5	Udledt mængde COD
	m³ /år	*PE (Bl5)*	*kg/år*	*kg/år*	*kg/år*	*kg/år*	*kg/år*	*kg/år*	*kg/år*	*kg/år*	*kg/år*	*kg/år*	*kg/år*	*kg/år*
2016	6791287	42878	182830	25745	901714	2034550					21090	2411	10392	115592
Indløb Egsmade (CRA) er det samme som tilledt biologisk rensning. Der er ingen primærtank, alt slam tilledes direkte i proces, vi har ingen rådnetank, derfor inegen gas og elproduktion. Der er et forbrug af fældningskemi på 118952 kg alu produkt til p-fældning, det tætteste data på "kemisk slam" 2,353 mio kg cod														

Stofmængder - Slambehandling

År	Mængde af Primærslam	Mængde af Biologisk overskuds-	Mængde af kemisk slam	Mængde af ekstent slam	Mængde af afvandet slam	Mængde af afvandet slam	Biogas-produktion	Biogas til gasmotor	El-produktion
	Tons TS/år	*Tons TS/år**	*Tons TS/år*	*Tons TS/år*	*m³ /år#*	*Tons TS/år*	*m³ /år*	*m³ /år*	*kWh/år*
2016		21164		322,2	7425,3	1506,6	ingen	ingen	ingen

Eksternt slam er tilført slam fra Bjerreby, Hørup og Egebjerg Syd til slutbehandling på Egsmade.
*= bioslam fra procestanke(overskudsslam) tilført til afvander er i m³
#= mængden af vådslam efter afvander, der er bortkørt fra Egsmade, er i ton vådslam.

3.1.3 Nuværende online målere

Målertype og antal	Placering (tilløb, procestank, afløb)	Formål (hvad anvendes den til/hvordan anvendes den?)
Flowmålere 3 stk.	**Ristehus, indløb**	
Flowmåler 1 stk.	**Sandfang 1**	
Flowmåler 1 stk.	**Sandfang 2**	
Flowmåler 1 stk.	**Modtagerstation**	
Flowmåler 1 stk.	**Renset Spildevand**	
Flowmåler 1 stk.		Varmeumpe
Klorid	Pumpen på Havnen	Cl
Syre/base 1 stk.		pH/Temp.
Svovlbrinte	Indløb	H_2S
Svovlbrinte	Ristehus (over gulv)	H_2S
Svovlbrinte	Ristehus	H_2S
DMI Regnmåler	Containerhal	
Svovlbrinte 2 stk.	Containerhal	H_2S
Svovlbrinte	Indløb	H_2S
Flowmåler	**Slamafvanding og værksted**	**Fra KT og SA**
Tørstofmåler	**Slamafvanding og værksted**	**Fra KT og SA**
Svovlbrinte 2 stk.	Slamafvander	H_2S

Procestank LT01

Slamspejlsmåler 3 stk.	LT01	SS
Phosphormåler 2 stk.	LT01	PO_4

Nitrat 3 stk.	LT01	NO_3
Ammonium 3 stk.	LT01	NH_4
Iltmåler 3 stk.	LT01	O_2
Termometer 1 stk.	LT01	temp.
Niveaumåler 1 stk.	LT01	25 cm.

Procestank LT02

Slamspejlsmåler 3 stk.	LT02	SS
Iltmåler 3 stk.	LT02	O_2
Termometer 1 stk.	LT02	temp.
Niveaumåler 1 stk.	LT02	150 cm.

3.1.4 Nuværende regulering og styring

STAR styring. Ingen yderligere information.

3.1.5 Nuværende procesmæssige udfordringer

- Den hydrauliske situation er udfordret i regnvejr. Den hydrauliske kapacitet er 575 l/s, men kan gå op på 650 l/s i kortere perioder.
- Kapaciteten i slammodtagestationen for ekstern slam er på 35m^3, hvilket ofte skaber flaskehalse. Anlægget modtog i 2016 ca. 7.700 ton vådslam og 10.765 m^3 septisk spildevand via modtagestationen.
- Kvaliteten af det modtagne slam er typisk A-slam og men har somme tider indeholdt problematiske stoffer (f.eks. tungmetaller)
- Stort procesvolumen på 35.000 m^3

1.1 Slamregnskab inkl. import

For 2016 er der modtaget:

- 5000 ton vådslam (Rådnetank slam) fra Egebjerg Syd omregnet til 262,7ton tørslam.
- 1470 ton vådslam (bioslam/overskudsslam) fra Hørup, omregnet til 34,9 t tørslam.
- 1254 ton vådslam (bioslam/overskudsslam) fra Bjerreby, omregnet 24,6t tørslam.
- Der er modtaget 10.765m³ andet septisk spildevand via modtagetank på Egsmade.
- I 2016 er der bortkørt 47,1 ton sand fra Egsmade og 23,7 ton ristegods.
- For 2017 er der til dato (midt juni) modtaget:
- 1945t vådslam fra rådnetank på Egebjerg Syd omregnet til 99,8 ton tørslam/tørstof.
- 476 t vådslam fra Hørup (bioslam) beregnet 8,8 ton tørt.
- 229 t vådslam fra Bjerreby (bioslam) beregnet til 5,6 t tørt.
- Der er modtaget 4353 m³ andet septisk spildevand.
- Der er bortkørt 38,4 t sand og 12,4 t ristegods.

Rådnetank på Egebjerg Syd får også tilført bioslam fra Hørup og Bjerreby for 2016 henholdsvis 773t vådslam (818,4 t tørstof) og 588 t vådslam (11,6t tørstof)

For 2017 til juni: Hørup 870 t vådslam (16,1 ton tørstof) Bjerreby har leveret til Egebjerg 230 t vådslam (5,6 t tørslam)

Alle oplysninger er taget fra data hentet fra EnviTronic ”slamrapport”

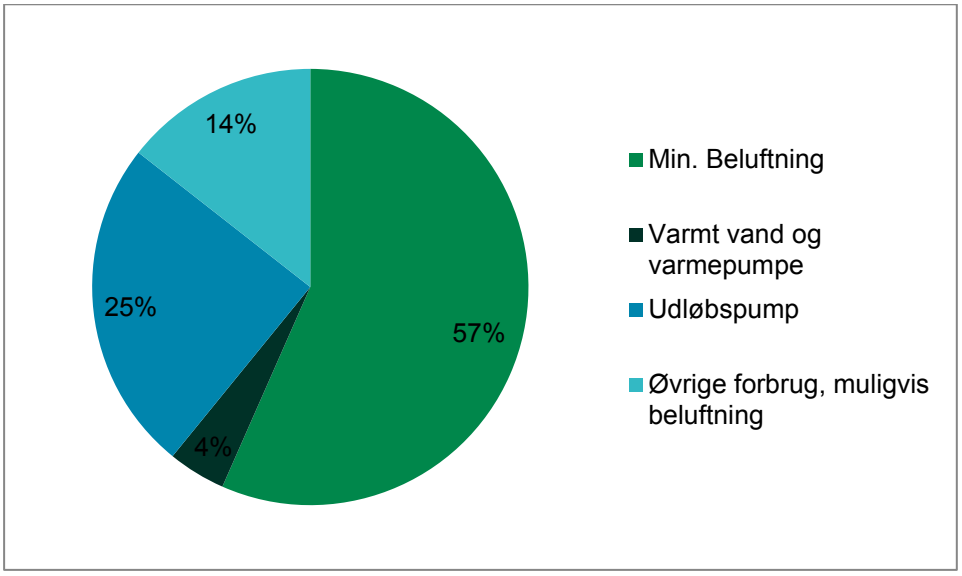
Slamregnskab - Årsrapport 2016

Belastning		Svendborg (Egsmade	Egebjerg Syd RA	Strandgården RA	Hørup RA	Bjerreby RA	Gudme RA
Vådslam, Bortkørt	tons	7.425,3	5.000,0	-	2.243,0	1.842,0	1.470,0
Andet affald							
Sand	tons	47,1	9,9	8,1	58,8	12,0	12,1
Ristegods	tons	23,7	5,9	1,8	6,8	4,6	2,8
Fedt	m^3	2,5	-	4,0	4,8	-	1,0
Septisk slam	m^3	10.764,5	362,5	263,5	-	-	-
TS							
TS, bortkørt %	%	20,3	5,3	0,6	2,4	2,0	3,4
Tørslam	tons	1.506,6	262,7	95,2	53,3	36,2	49,4
Intern transport - vådslam							
Slam til Egsmade	tons	-	5.000,0	-	1.470,0	1.254,0	-
Slam til Egebjerg Syd	tons	-	-	-	773,0	588,0	-
Slam til Strandgården	tons	-	-	-	-	-	1.470,0
Intern transport - tørslam							
Tørslam til Egsmade	tons	-	262,7		34,9	24,6	
Tørslam til Egebjerg Syd	tons	-	-	-	18,4	11,6	-
Tørslam til Strandgårde	tons	-	-	-	-	-	0,0
Egenproduktion - tørsla	tons	1.184,3	232,8	45,8	53,3	36,2	49,4

Udskrevet d. 25. august 2017 EnviTronic © EnviDan 2016

3.1.6 Nuværende energiforbrug

Ifølge anlæggets opgivelser har man et elforbrug på ca. 1,98 mio. kWh/år.



Figur 3.3 Egsmade Renseanlæg

3.2 Idéer og forslag fra workshop

Ved workshoppen den 10. maj 2017 blev der fremsat følgende enkeltstående idéer til energi- og driftsforbedringer:

- Behovsstyring af kapselblæsere
- Behovsstyring af beluftning
- Gennemgang og optimering af styringen
- Eksternt slam væk fra procestankene
- Lukke den ene proceslinje
- Udjævne slam/rejekt til processen + etablering af buffertank
- Ændring af beluftningssystem til bundbeluftning
- Optimering af luftbehov
- Slå procestankene sammen (a.h.t. bundbeluftning)
- Frekvensstyring af sandfangsblæsere
- Bygge rådnetank + CHP + ORC
- Optimere rådnetank på Egebjerg Renseanlæg
- Slambehandling + rejektvandsbehandling
- Genvinde pumpeenergi på udløbsledning
- Bedre bestykning af bundbeluftning
- Optimere (reducere) procestankvolumen
- Optimere udløbspumpestation
- Bedre ristefunktion
- Energiaudit
- Frekvensomformer til rotorer
- Slamstyring – optimering af SS indhold
- Etablere efterklaringstank

I forhold til forslaget om at genvinde pumpeenergi på udløbsledning er højdeforholdene på udløbsledningen væsentlig mindre end først antaget, derfor er en genindvinding umiddelbart ikke vurderet som en rentabel mulighed i dag.

3.3 Scenarier fra workshop

Workshoppens arbejdsgrupper har på baggrund af foranstående bruttoliste drøftet og konkretiseret forslagene indenfor renseanlæggets funktionsafsnit.

Nogle af forslagene medfører primært driftsmæssige forbedringer og er i mindre omfang energiforbedrende.

3.3.1 Optimering af forbehandlingen

Deltagere i arbejdsgruppen: Asbjørn (Danfoss), Anders (fa. Stjernholm), Jakob (fa. Landia), Lars (ER) og Lars-Christian Sørensen (NIRAS):

3.3.2 Regulering af sandfangsblæser

Der foreslås installation af frekvensomformere til og styring af sandfangsblæserne.

Anlægsomkostningerne vurdere til 50 – 60.000 kr. (2 stk. 7,5 kW frekvensomforme samt 4 timer til softwaretilpasning).

Det vurderes, at elforbruget til sandfangsbeluftning reduceres med ca. 30%. Endvidere vil sandtilbageholdesen antagelig forbedres.

Nuværende årligt elforbrug til sandfangsbeluftning (årligt forbrug i 2016):

- Kapselblæsere (der kører altid 1 blæser)
- Årligt forbrug = 3,88 KW *24 timer *365 dage= 33.988 KWh

Forventet besparelse på 10.196 kWh årligt eller kr. 7647 årligt.

NIRAS: Tilbagebetalingstiden bliver derved imellem ca. 6-8 år.

Kilde: Gruppe 1

3.3.3 Optimering af udløbspumpestationen

Deltagere i arbejdsgruppen: Asbjørn (Danfoss), Anders (fa. Stjernholm), Jakob (fa. Landia), Lars (ER) og Lars-Christian Sørensen (NIRAS):

Driftsprofil for eksisterende pumpebestykning bør kortlægges.

Det antages dog at være hensigtsmæssigt at supplere den nuværende store pumpe og den nuværende ”natpumpe”, så de samlet set får en større effektivitet, men så de stadig kan håndtere regnvejrssituationer. Den ene af de to store pumper tages ud af drift (kan evt. anvendes til reservedele eller sælges).

Eksisterende pumpebestykning: Den lille pumpe, tørvejr er på 37kW og de to store pumper, regnvejr, er på 250kW hver.

Flowhastigheder: Min. Flow: 0 l/s. Max flow ved kørsel af de to pumper 650 l/s (gæt) officielt 575 l/s.

Årligt forbrug i 2016:

- Hele udløbspumpestationen 488.838 KWh
- Driftstimer pumpe 1 (205 KW motor, regnvejr) 2.236,3 timer
- Driftstimer pumpe 2 (205 KW motor, regnvejr) 2.404,1 timer
- Driftstimer pumpe 3 (37 KW motor, tørvejr) 4.586,9 timer
- Driftstimer Spulevandspumpe 1 (5,5 KW motor) 8.765,4 timer
- Driftstimer Spulevandspumpe 2 (4 KW motor) 7,2 timer

Ny mellempumpe skønnes: 90 – 110 kW.

Anlægsomkostninger vurderes til kr. 400.000. (Pumpe pris: kr. 200 – 250.000).

Fordeles den nuværende årlige belastning (6.791.287 m3/år) ligeligt på årets 8.760 timer, pumpes der i gennemsnit 775 m^3/h.

Årligt el-forbrug er angivet til ca. 25% af det samlede årlige forbrug, svarende til at pumpestationen forbruger ca. 495.000 kWh/år.

Disse 2 nøgletal fortæller, at den specifikke energi udgør 495.000/6.791.287 =0,073 kWh/m3.

En ny mellempumpe bør kunne optimeres til specifik energi ca. 0,060-0,065 kWh/m^3

Besparelsen vil da være (0,073-0,060)kWh/m^3 x 6.791.287m3/år = 88.000 kWh/år

En konservativ vurdering kunne være en besparelse, ca. 50.000 kr./år.

Kilde: Xylem/Gruppe 1

NIRAS vurderer anlægsomkostninger på 400.000 kr og en værdi af elbesparelsen på ca 50-66.000 kr/år. En forventet tilbagebetalingstid vil være ca. 6-8 år.

Bemærk: Anlægget noterer sig at den begrænsende faktor på anlægget er den hydrauliske i regnvejrssituationer, og de mener derfor ikke at en neddrosling til mindre pumper vil være en mulighed så længe regnvandstilledningen fra oplandet er så stor.

3.3.4 Optimering af procestanke og procesdrift

Arbejdsgruppe: Lars-Bo (fa. Xylem), Søren Eriksen (VCS), John (Fors), Kaj Stjernholm (Stjernholm) og Anette Hoff (ER).

3.3.4.1 Ændring til bundbeluftning

Eksisterende 2 x 11 stk. overfladebeluftere (rotorer) udskiftes med et bundbeluftningssystem (bundmonterede diffusorer og blæsere).

Årligt elforbrug til beluftning i 2016:

Rotortimer i alt i LT01	LT1_SUM	Timer	19.575,5	
Beluftningsrotor 1 LT01-1	LT01BR01_TIMER	Timer	403,1	
Beluftningsrotor 2 LT01-1	LT01BR02_TIMER	Timer	2.106,9	2 hastigheds
Beluftningsrotor 3 LT01-1	LT01BR03_TIMER	Timer	952,8	
Beluftningsrotor 4 LT01-1	LT01BR04_TIMER	Timer	2.065,5	2 hastigheds
Beluftningsrotor 5 LT01-2	LT01BR05_TIMER	Timer	3.760,6	2 hastigheds
Beluftningsrotor 6 LT01-2	LT01BR06_TIMER	Timer	1.163,5	
Beluftningsrotor 7 LT01-2	LT01BR07_TIMER	Timer	3.288,2	2 hastigheds
Beluftningsrotor 8 LT01-3	LT01BR08_TIMER	Timer	2.215,0	2 hastigheds
Beluftningsrotor 9 LT01-3	LT01BR09_TIMER	Timer	1.327,7	
Beluftningsrotor 10 LT01-3	LT01BR10_TIMER	Timer	2.047,6	2 hastigheds
Beluftningsrotor 11 LT01-3	LT01BR11_TIMER	Timer	244,6	
Luftningstank 2 (timetællere)				
Rotortimer i alt i LT02	LT2_SUM	Timer	17.923,5	
Beluftningsrotor 1 LT02-1	LT02BR01_TIMER	Timer	428,3	
Beluftningsrotor 2 LT02-1	LT02BR02_TIMER	Timer	2.098,7	2 hastigheds
Beluftningsrotor 3 LT02-1	LT02BR03_TIMER	Timer	981,5	
Beluftningsrotor 4 LT02-1	LT02BR04_TIMER	Timer	1.975,7	2 hastigheds
Beluftningsrotor 5 LT02-2	LT02BR05_TIMER	Timer	3.743,0	2 hastigheds
Beluftningsrotor 6 LT02-2	LT02BR06_TIMER	Timer	1.150,5	
Beluftningsrotor 7 LT02-2	LT02BR07_TIMER	Timer	3.245,9	2 hastigheds
Beluftningsrotor 8 LT02-3	LT02BR08_TIMER	Timer	332,7	2 hastigheds
Beluftningsrotor 9 LT02-3	LT02BR09_TIMER	Timer	1.457,9	
Beluftningsrotor 10 LT02-3	LT02BR10_TIMER	Timer	2.139,2	2 hastigheds
Beluftningsrotor 11 LT02-3	LT02BR11_TIMER	Timer	370,1	

10 stk. Beluftningsrotorer med hvid farve er 1 hastigheds motorer 45 KW

12 stk. Beluftningsrotorer med grøn farve er 2 hastigheds motorer 30/45 KW (adskilte viklinger)

Der kan ikke siges hvor meget der er kørt som høj eller lav hastighed.

Beluftningstank 1 på beluftning: ca. 745.000 kWh/år

Beluftningstank 2 på beluftning ca. 685.000 kWh/år

Samlet svarer det til 1.430.000 kWh/år og 67 % af nuværende energiniveau på renseanlægget.

Besparelser kan ifølge teknologilisten (NIRAS, 2017) være på op mod 40-50 % af det nuværende forbrug på 1,43 mio Kwh/år, hvilket for Egsmades vedkommende er 500.000-600.000 kWh/år. Besparelsen afhænger dog af forhold såsom tankdybden, som her er 3,5 m. Ifølge teknologilisten er der i praksis er der set besparelser på 0,08 og 0,19 kWh/m^3 indløbsvandsspildevand hvilket for Egsmade vil svare til 600-1.290.000 kWh/år.

Med en antaget elpris på 0,75 kr/kWh svarer elforbruget til en udgift på 375-450.000 kr/år – eller alternativt til 450-970.000 kr/år.

Workshop vurderer: Anlægsomkostningerne skønnes til kr. 6 – 7,5 mio.

Der er en række problemstillinger, der skal afklares før tiltag gennemføres, bl.a:

- Eksisterende rotores restlevetid.
- Problemer med/muligheder for at optage beluftningsgitre for rengøring og service (Med 3 tanke pr linje er den vanskeligt at nu ud til den midterste tank – selv med mobilkran).
- Kan tankene ombygges – f.eks. til recirkulationsdrift, hvorved diffusorinstallationen vil kunne minimeres.

Stjernholm skriver at der skal udarbejdes nærmere projektering på opgaven og beløbet anslåes for udskiftning af rotorer til bundbeluftere og inklusive blæsere uden – alt efter niveau på el til en pris på ca. 10 mill kr.

Der er foretaget skift fra overfladebeluftere til bundbeluftere på følgende anlæg.

Egå Renseanlæg – Aarhus Vand, viby Renseanlæg – Aarhus Vand, Aaby Renseanlæg – Aarhus Vand – Kolding Centralrenseanlæg – BlueKolding, Køge Renseanlæg – KLAR Forsyning, Nordkysten Renseanlæg – Helsingør Forsyning, Skagen Renseanlæg, Forysningen Frederikshavn, Varde Renseanlæg – DIN Forysning, Grindsted Renseanlæg – Billund Vand, Lyngby Tårnbæk Renseanlæg, Forsyning??, Avedøre Renseanlæg – Biofos

Kilde: Stjernholm

NIRAS: Vurderer anlægsomkostninger kommer til være et sted mellem 6-10 mio kroner baseret på oplyste data.

NIRAS vurderer at tilbagebetalingstiden på udgifter 6-10 mio kroner og besparelser på 375-450.000 kr/år er 13-27 år. Er besparelsen i omfang 450-970.000 kr/år reduceres tilbagebetalingstiden til 6-22 år.

NIRAS: medregnes besparelsen vurderet under styring af beluftningen opnås yderligere en besparelse og dermed en kortere tilbagebetalingstid.

Egsmade fortæller: Der er for anlægget tidligere lavet et projekt på bundbeluftning, men investeringen og tilbagebetalingstiden var meget lang. Endvidere er der en del driftsmæssige problemer. Samtidig med at kanalerne er placeret således at der skal anvendes en stor mobilkran med 50 m udlæg hver gang de skal serviceres, hvis ikke investeringen skal blive alt for stor.

3.3.4.2 Styring af beluftningen

Optimering af styringen kan muligvis reducere elforbruget til rotorerne og stabilisere driften. Følgende tiltag gennemføres:

- To-trins motorer på rotorer udskiftes til 1-trins.
- Tilpas antallet af rotorer der starter, og reguler antallet i drift efter behov.
- Reducer om muligt slamkoncentrationen i procestankene.

Besparelsespotentiale skønnes til i størrelsesordenen 2kW optaget effekt pr rotor pr. kg N behandlet, svarende til 320.000 kWh/år – 240.000 pr. år.

Bemærk dog at besparelsespotentialet er størst ved fortsat anvendelse af overfladebeluftning og mindre ved en overgang til bundbeluftning.

Bemærk, at dette forslag kan kræve opgradering af det nuværende SRO system.

3.3.4.3 Reducering af procesvolumenet

Antallet af procestanke i drift kan muligvis reduceres. Dette afhænger med den aktuelle driftsform og anlægsudformning (alternerende drift med skift mellem procestankfunktion og klaringsfunktion i samme tanke) af om den hydrauliske belastning på anlægget tillader dette.

Hvis muligt vil der kunne opnås en strømbesparelse til omrøring på ca. 1,5 kW pr. m^3 tankvolumen. Hvis den ene proceslinje kan lukkes bliver besparelsen på (0,5 x 17.000 x 0,0015) x 24 x 365 ~ 100.000 kWh/år – 75.000 kr./år.

Bemærk at ved etablering af en eller flere efterklaringstanke vil nedlukning af den ene proceslinje højst sandsynlig kunne gennemføres. Ud over reduceret elforbrug vil tiltaget kunne øge den hydrauliske kapacitet og antageligt forbedre afløbsresultaterne (reduceret SS i afløb). (NIRAS – vurdering, 2017).

Årligt forbrug i 2016:

Luftningstank 1 (timetællere)			
Propelomrører 1 LT01-1	LT01PO01_TIMER	Timer	325,9
Propelomrører 2 LT01-1	LT01PO02_TIMER	Timer	347,0
Propelomrører 3 LT01-2	LT01PO03_TIMER	Timer	1.762,3
Propelomrører 4 LT01-2	LT01PO04_TIMER	Timer	1.016,1
Propelomrører 5 LT01-3	LT01PO05_TIMER	Timer	367,0
Propelomrører 6 LT01-3	LT01PO06_TIMER	Timer	362,9
Luftningstank 2 (timetællere)			
Propelomrører 1 LT02-1	LT02PO01_TIMER	Timer	275,6
Propelomrører 2 LT02-1	LT02PO02_TIMER	Timer	272,2
Propelomrører 3 LT02-2	LT02PO03_TIMER	Timer	1.453,4
Propelomrører 4 LT02-2	LT02PO04_TIMER	Timer	836,2
Propelomrører 5 LT02-3	LT02PO05_TIMER	Timer	282,7
Propelomrører 6 LT02-3	LT02PO06_TIMER	Timer	278,8

12 stk. Propelomrører motor 6,6 KW

Samlet elforbrug omrøring:

- Omrøring beluftningstank 1: 4181 timer dvs. 27600 kWh
- Omørring beluftningstank 2: 3399 timer dvs. 22450 kWh

Det kræver en del ekstra analyser at etablere en efterklaringstank, men interessant flere steder. Den større hydrauliske kapacitet vil mindsker bl.a. overløbet pga. større volumen. Men kræver samtidig ekstra pumper og dermed også energi.

Egsmade fortæller, at en efterklaringstank kræver ekstra investeringer i pumper ved havnen og ved udløbspumperne. Samtidig skal tilløbsledningen fra havnen sandsynligvis undersøges og fornyes pga. øget tryk.

Da forslaget påvirker mange af anlæggets processer vil konkretisering og prissætning kræve yderligere data og undersøgelser.

3.3.5 Optimering af slamhåndteringen

Arbejdsgruppe: Ole Rene (ER), Ole Madsen (ER), Anna Katrine Vanggaard (fa. Krüger), Anders (fa. Stjernholm).

Arbejdsgruppen har haft fokus på følgende forhold i forbindelse med håndteringen af internt og eksternt slam:

- Bedre overblik over hvad der kommer af ekstern slam og hvor det kommer fra samt af konsekvenserne af den følgende kvælstofbelastning af biotankene med rejektvand.
- Ny slammodtagestation og styring af indpumpning til biologien.
- Ny separat slutafvanding af eksternt slam og rejektvandsbehandling af rejektet herfra.

3.3.5.1 Etablering af ny slammodtagestation og styring af indpumpning til biologien

Der foreslås etableret en ny og større slammodtagestation, der giver mulighed for styring af indpumpningen til procestankene hhv. for tilførsel til separat slamafvandingsanlæg for eksternt slam.

Der vil ved dette tiltag alene ikke være tale om energireduktion, men ved styring af indpumpningen af eksternt slam til renseanlægget udlignes belastningen på procestankene med mere stabil drift (og evt. bedre renseresultater) til følge.

Slammodtagetanken skal være inddelt i to: én til at modtage det septiske slam på 50m^3 og en anden på tilsvarende volumen til vådslam. Tankene skal hver bestykkes med rist, omrører og pumpe.

Egsmade fortæller, at de i 2015 fik et overslag fra Krüger på anlægsomkostninger i størrelsen 8.6 mio. kr. for en ny slammodtagestation.

Da forslaget påvirker mange af anlæggets processer vil konkretisering af eks. energibesparelser kræve yderligere data og undersøgelser.

3.3.5.2 Separat afvanding af eksternt slam

Afvandingen kan hensigtsmæssigt ske i en ny skruepresse hvortil slammet tilføres fra en ny slammodtagetank/-buffertank.

Afvandingsmæssigt vurderes selve slamafvandingen stort set at være energimæssigt neutral i forhold til nuværende afvanding af internt og behandlet eksternt slam, men ved separat afvanding af det tilførte eksterne slam reduceres belastningen på procestankene med reduceret strømforbrug til beluftning til følge.

Ved separat afvanding af udrådnet slam fra Egebjerg Syd (i stedet for tilførsel til procestankene) vurderes, at den organiske belastning (som COD) reduceres med 4 – 5.000 PE. Dette vil resultere i mulighed for at reducere slamindholdet med mere effektiv beluftning og større hydraulisk kapacitet til følge.

Det skønnes af at energiforbruget til beluftning ved direkte separat afvanding af det udrådnede slam kan reduceres med ca. 10% svarende til 140.000 kWh/år eller 100.000 kr./år.

Alternativt kan en af de eksisterende skruepressere anvendes til eksternt slam og den anden til internt bioslam, dersom kapaciteten er tilstrækkelig hertil.

Egsmade oplyser efterfølgende, at lige pt. køres der på en eksisterende skruepresse på Egesmade. Der indkøbes en midlertidig tank til formålet. Endvidere overvejes det om der skal etableres en presse på Egebjerg Syd renseanlæg.

Omkostningerne til en midlertidig tankt er: 100-200.000 kr./år

NIRAS vurderer:

Værdi af elbesparelse ca. 105.000 kr./år

Tilbagebetalingstid ca. 1-2 år.

3.3.6 Etablering af rådnetank ved centralisering

Arbejdsgruppe: Gry Tully (ER), Henning M. Christensen (fa. Nissen Energiteknik) og Morten Rebsdorf (fa. Envidan).

Arbejdsgruppens overvejelser gik på at undersøge mulige strukturmæssige ændringer af rensningen, slambehandlingen og evt. energiproduktion. Følgende muligheder drøftedes:

Separat slamafvanding af rådnetanksslam fra Egebjerg Syd på Egsmade RA. (Se ovenstående under pkt. 3.4.2)

Energiproduktion på Egebjerg Syd.

Centralisering af spildevandsrensningen fra hele Svendborg kommune + evt. nabokommuner – med rådnetank og energiproduktion.

Generelt vurderedes, at der kan være en vis usikkerhed ved at blande slam fra Egebjerg Syd med slam fra andre anlæg på grund af faren for forurening med krom fra garverispildevandet.

Der produceres ca. 60.000 til 65.000 m³ gas pr. år på anlægget på Egebjerg Syd. I 2017 er der til dato (7. juni) produceret ca. 31.400 m³. Der er fornyligt installeret Gasmix og der har i den forbindelse været tvivl om, hvorvidt gasmåleren viser korrekt, forventes en merproduktion.

Der er ifølge Nissen Energiteknik tidligere lavet en business case på at etablering af gasmotor på Egebjerg Syd har en tilbagebetalingstid på ca. 3 år.

Det mindste gasmotoranlæg som Nissen Energiteknik har installeret er en 63kWe gasmotor baseret en biogasproduktion på 166-249.000 m^3/år, som ved fuld last (dvs. 30m^3/h) giver en elproduktion på 552.900 kWh/år.

Forudsætningen for denne beregning:

Metan procent: 60 %

Driftstimer: 8300 timer/år

Kilde: Nissen Energiteknik/Landia

3.4 Overblik beskrevne forslag

Nedenstående giver et overblik over de forskellige forslag:

Forslag	Effekt (besparelse/merproduktion af el/varme/gas)	Tilbagebetalingstid
Optimering udløbspumpe	- 65-90.000 kWh/år	6-8 år
Regulering sandfangsblæser	-55.000 kWh/år	6-8 år
Etablering af bundbeluftning	-500-1.300.000 kWh/år	6-27 år
Ny slammodtage-station	Ingen data	Ingen data
Separat afvanding af slam via. midlertidig tank	-140.000 kWh/år	1 år

Note: Effekterne kan ikke umiddelbart adderes, da der er overlap i deres energipotentialer.

4. Baggrundsnotat: Randers

Case: Randers Central Renseanlæg

4.1 Eksisterende forhold

4.1.1 Proceslayout

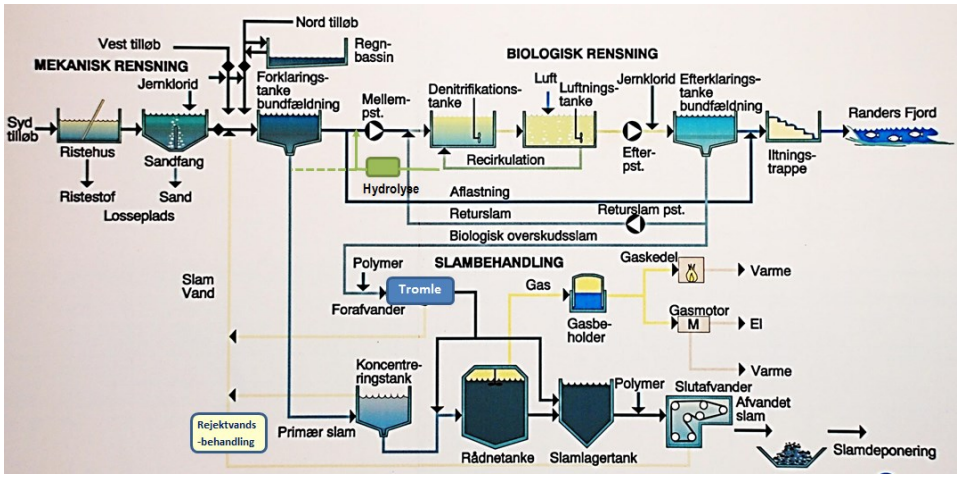
Randers Centralrenseanlæg er et 130.000 PE biologisk renseanlæg, der dog kun er belastet med ca. 80.000 PE, idet der ikke længere er nogen nævneværdig industri i renseanlæggets opland.

4.1.1.1 Hovedproces

Renseanlægget er opbygget med mekanisk rensning, tre forklaringstanke (hver med et volumen på 1.425 m^3 og et overfaldeareal på 552 m^2), en recirkulationsproces med syv parallelle tanksæt bestående af denitrifikations- og luftningstank (samlet volumen hhv. 12.600 og 13.650 m^3), seks efterklaringstanke (hver på 1850 m^3), mellem-, efter- og returslampumpestationer samt en tank til sidestrømshydrolyse af biologisk overskudsslam (en tidligere forklaringstank).

Luftningstankene er ca. 4 meter dybe og beluftes via bundbeluftere, som forsynes fra en central blæserinstallation. Blæserinstallationen holder et konstant udgangstryk, mens iltindholdet i hver af de syv luftningstankes tre kanaler måles online og løbende reguleres af SRO-anlægget v.h.a. 21 reguleringsventiler (én for hver kanal).

Spildevandets temperatur varierer normalt mellem 7 og 18 C afhængigt af årstiden.



Figur 4.1 Flowdiagram (principopbygning) for det eksisterende anlæg i Randers

4.1.1.2 Slambehandling

På slamsiden er der en 700 m^3 tykner til opkoncentrering af primærslam, en tromle-afvander til afvanding af biologisk overskudsslam, to mesofilt drevne rådnetanke med et samlet volumen på 4.800 m^3, en 1.000 m^3 slamlagertank samt en moderne centrifuge til slamafvanding. En del af rejektvandet fra slutafvandingen behandles i en

hjemmestrikket anammox-proces i en tank med et volumen på 450 m^3. Denne rejektvandsbehandling forventes moderniseret og opdateret i løbet af 2017-2018.

Biogassen fra rådnetankene omsættes normalt i en MAN E 2842 LE 312 biogasmotor fra 1997 med en effekt på op til 340 kW el med henblik på produktion af el. Som biprodukt produceres varme, der genanvendes internt på renseanlægget eller varmeveksles af til omgivelserne, da der ikke er varmekobling til eksterne aftagere. Nærmeste fjernvarme-central ligger på Skolebakken i Kristrup ca. 1,6 km væk. Hvis biogasmotoren ikke er driftsklar kan biogassen omsættes til varme i et 12 år gammelt Viesmann Vito Plex 100 kedelanlæg med en indfyret effekt på 500 kW.

Randers Centralrenseanlæg har i mange år drevet et BioCon slamtørringsanlæg, som kunne tørre det afvandede slam til 90 %TS. Varmekilden var en naturgasfyret gasmotor med en effekt på 1003 kW el. Dette anlæg er pt. skrinlagt grundet de stadigt stigende afgifter på brug af naturgas.

4.1.1.3 Fremtidig tilførsel af eksternt kulstof til rådnetanke

Der er hidtil ikke blevet tilført nævneværdige mængder af eksternt materiale til Centralrenseanlæggets biogasanlæg. Der arbejdes imidlertid for øjeblikket på at skabe mulighed for tilførsel af pulpet, kildesorteret organisk dagrenovation (KOD-pulp) med henblik på en mærkbar forøgelse af biogasproduktionen. Der forventes i denne forbindelse i 2018 at skulle etableres et hygiejniserings- og hydrolyseanlæg med kapacitet til behandling af både den tilledte KOD-pulp og renseanlæggets egen slamproduktion ved opvarmning til min. 70C i et døgn. Der vil desuden skulle anskaffes endnu en biogasmotor samt et nyt, større kedelanlæg som backup for denne.

4.1.2 Stofmængder i anlægget

Følgende stofmængder er oplyst.

Stofmængder - Spildevandsrensning

År	Behandlet vand-mængde	Centralrenseanlæggets indløb					Tilledt til biologisk rensning				Udledte mængder			
		Målt årlig belastning	Tilledt mængde Total-N	Tilledt mængde Total-P	Tilledt mængde BI5	Tilledt mængde COD	Tilledt mængde Total-N	Tilledt mængde Total-P	Tilledt mængde BI5	Tilledt mængde COD	Udledt mængde Total-N	Udledt mængde Total-P	Udledt mængde BI5	Udledt mængde COD
	m^3/år	PE	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år
2014	8.170.626	69.400	363.905	50.054	1.519.852	3.731.350	306.746	38.550	653.800	1.644.632	58.569	3.567	14.229	168.263
2015	8.450.713	87.411	396.459	61.813	1.914.292	4.615.167	365.345	55.000	1.164.965	2.792.583	56.330	3.284	17.309	183.321
2016	9.043.478	80.715	375.917	55.522	1.772.494	4.404.756	337.510	45.216	1.037.245	2.409.095	69.101	4.078	14.133	180.661
Middel	**8.554.939**	**79.175**	**378.760**	**55.796**	**1.735.546**	**4.250.424**	**336.534**	**46.255**	**952.004**	**2.282.103**	**61.333**	**3.643**	**15.223**	**177.415**

Den behandlede vandmængde er opgjort ved kontinuert måling, mens stofmængder er beregnet på baggrund af eksterne analyser (12 årlige målinger for tilledte mængder og 24 årlige målinger for udledte mængder).

Stofmængder - Slambehandling

År	Mængde af Primærslam	Mængde af Biologisk overskuds-slam	Mængde af kemisk slam	Mængde af ekstent slam	Mængde af afvandet slam	Mængde af afvandet slam	Biogas-produktion	Biogas til gasmotor	El-produktion
	TonsTS/år	TonsTS/år	TonsTS/år	TonsTS/år	m^3/år	TonsTS/år	m^3/år	m^3/år	kWh/år
2014	2.019	714	183	1,9	47.119	1.645	1.030.088	983.880	1.672.661
2015	1.369	1.314	178	0,0	43.336	1.577	636.273	568.303	821.519
2016	1.785	1.147	139	0,4	44.322	1.498	1.047.031	1.045.087	1.789.800
Middel	**1.724**	**1.058**	**167**	**0,8**	**44.926**	**1.573**	**904.464**	**865.757**	**1.427.993**

NB: Centralrenseanlæggets rådnetanke var grundet ombygning ude af drift i en længere periode i foråret 2015

Mængderne af afvandet slam i 2016 er beregnet ved ektrapolation grundet manglende dataopsamling primo 2016 (nyt SRO-anlæg)

4.1.3 Eksisterende monitorering og styring

Randers Centralrenseanlægs styring er netop blevet opgraderet med et nyt SRO-anlæg baseret på centrale PLC-styringer med et iFix brugerinterface. Dette anlæg erstatter et ældre IGSS-baseret SRO-anlæg med lokale PLC-styringer. Styringsrutinerne er udviklet over mange år og senest opdateret i forbindelse med implementeringen af det nye SRO-anlæg. Der anvendes således ikke tredjeparts-styringer (som

f.eks. Star), idet mange af de funktioner, der findes i disse, allerede er implementeret i anlæggets egen styring.

Målertype og antal	Placering (tilløb, procestank, afløb,…)	Formål (hvad anvendes den til/hvordan anvendes den?)	Evt. yderligere beskrivelse
H2S-måler	Indløbsbygværk syd	Monitering af spildevandskvalitet (arbejdsmiljø og risiko for korrosion)	
pH-måler	Indløbsbygværker	Forureningsmonitering	
Trykmåler	Manifold efter blæsere	Regulering af lufttryk / styring af blæsere	
Iltmålere	Alle kanaler i luftningstanke (7 x 3 stk.) samt rejektvandsbehandlingsanlæg	Styring af beluftning	
OXxOFF inkl. lattergasmåler	Luftningstanke	Optimering af beluftningsudstyr samt monitering af evt. lattergasemission	
Næringsstofmålere (NO3-N, NH4-N & Ortho-P)	Fordelingsbygværk før efterklaringstanke	Styring af kemisk fældning samt iltsetpunkter i procestanke	
Slamspejlsmålere	Efterklaringstanke	Monitering og styring af slamspejl	
Turbiditetsmåler	Udløbsbygværk	Alarmering om slamflugt samt slamflugtsstyring og styring af hydraulisk belastning i tilfælde af slamflugt	
TS-målere	Div. slamstrømme	Overvågning og styring af slamafvanding	
SS-måler	Rejektvand fra slutafvanding	Monitering af rejektvandskvalitet og styring af, hvor det efterfølgende behandles	Anammox-anlæg tåler ikke større mængder SS i rejektvandet
TS-måler	Transportsnegl - Afvandet slam	Overvågning af drift af slamafvandere	
Vejeceller	Kemikalietanke	Overvågning af lagre og forbrug	
Trykmålere	Anlæg til intern forsyning med vand og trykluft samt biogasanlæg	Overvågning og styring	
Biogasmålere	Biogasanlæg	Monitering af biogasmængde og - kvalitet	
Temperaturmålere	Procestanke, gasmotor- og varmeanlæg	Monitering af temperaturer	
Niveaumålere	Diverse steder	Styring og overvågning	
Flowmålere	Indløb, udløb, returslamflow, div. doseringer mm.	Styring og overvågning	

Gasdetektorer	Indendørs ATEX-områder	Varsling vedr. udslip af eksplosive gasser	Elforsyning afbrydes ved detektering af udslip
SVK nedbørsmåler	Ved forklaringstanke	Monitering af nedbørsmængder	

4.1.4 Nuværende procesmæssige udfordringer

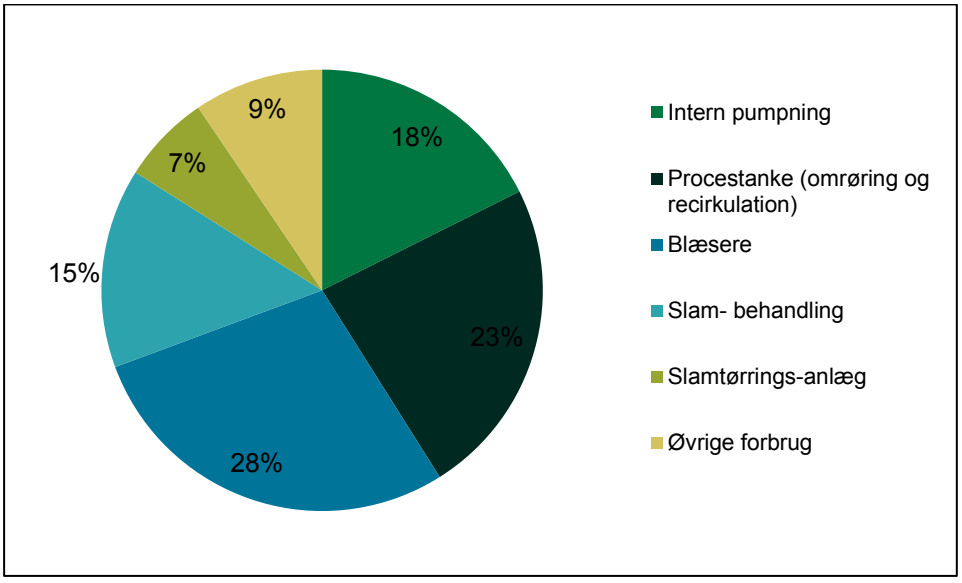
Randers Centralrenseanlægs har grundlæggende to procesmæssige udfordringer:

Høje kvælstof-koncentrationer i udløbet (primært i form af nitrat): Middelkoncentrationen af kvælstof i renseanlæggets udløb ligger omkring 7-8 mg/l, hvilket er lavt nok til at sikre overholdelse af kravene i renseanlæggets udledningstilladelse, men koster ca. 2 millioner kr. i årlig spildevandsafgift.

En anlægsopbygning med megen pumpning: RCA er opbygget på en måde, så spildevandet efter stort set hver eneste enhedsoperation har et fald ned mod en pumpesump, hvorfra det pumpes videre til det næste trin i processen. Mange af pumpeinstallationerne er lavet med archimedes-snegle. De mange vandfald og brugen af sneglepumper bevirker dels et stort energiforbrug til pumpning og dels en ofte uønsket iltning af spildevandet.

4.1.5 Nuværende energiforbrug

Anlæggets samlede elforbrug er 3 mio. kWh/år, hvilket er fordelt som vist nedenfor. Se bilag for flere informationer.



Figur 4.2 Energiforbrug el, Randers Centralrenseanlæg

År	Intern pump-ning	Procestan-ke (omrø-ring og re-cirkulation)	Blæse-re	Slam- be-handling	Slamtør-rings-anlæg	Øvrige forbrug	Samlet forbrug
	kWh/år	*kWh/år*	*kWh/år*	*kWh/år*	*kWh/år*	*kWh/år*	*kWh/år*
2014	537.644	706.477	771.224	488.653	536.081	332.822	3.372.901
2015	576.392	789.446	809.523	564.145	231.213	449.481	3.420.200
2016	535.519	712.909	860.251	444.664	199.257	288.245	3.040.845
Mid-del	**549.852**	**736.277**	**813.666**	**499.154**	**322.184**	**356.849**	**3.277.982**

Bemærk, at forbrug vedr. procestanke samt retur- og efterpumpestationer i et vist omfang er beregnet ved ekstrapolation grundet manglende registreringer af forbrug i efteråret 2016.

År	Opvarmning rådnetanke	Opvarmning bygninger	Overskud (bortkøles)	Total varme-mængde
	MWh/år	*MWh/år*	*MWh/år*	*MWh/år*
2014	1.221	494	1.261	2.976
2015	1.263	386	662	2.311
2016	1.639	611	934	3.184
Middel	**1.374**	**497**	**952**	**2.824**

Opvarmning af bygninger bruges i et vist omfang som alternativ til direkte bortkøling

Figur 4.3 Energiforbrug varme

4.2 Idéer og forslag fra workshop

Ved workshoppen den 17. maj 2017 blev der fremsat følgende enkeltstående idéer til energi- og driftsforbedringer.

Beluftningsteknik/-styring:

- Myresyre til membranrensning
- Kabselblæsere erstattes af turboblæsere
- Lavlast styring af proces – luk linjer om natten
- Styring af beluftning efter belastning/behov
- Amm. styring – simultan N/DN i luftningstank

Energiproduktion:

- Metanisering af biogas
- Brintindblæsning i RT
- CO2 konvertering eller opgradering af biogas
- On-line styring af RT v. dataanvendelse og/el. ny målerteknologi
- Optimering af gasmotorvirkningsgrad ctr. ny gasmotor
- Større gaslagerkapacitet (stabil last og drift)
- Ny gaskedel med bedre virkningsgrad

Varmeudnyttelse:

- Brug overskudsvarme til slamtørring
- Spildvarme pumpes i undergrund, som fjernvarme må hente op et andet sted
- Optimering af varmefordeling (reduktion i antal pumper – og el-forbrug)
- Samle energiprocessen
- Udnytte af varme i processen
- Optimering af stand-by gasmotror – opvarmning med spildvarme
- ORC – varme til el
- Varmepumpe i udløb

Optimering af mekanisk udstyr:

- Sneglepumper i tilløb suppleres med ”normal-last pumpe”
- Energigenvinding far m-udstyr (centrifuge)
- Forafvanding – virkningsgrad
- Frekvensomformere på alle motorer
- Slukke motorer, der ikke er nødvendige for drift
- Erstatning for sneglepumpe
- Optimering/udskiftning af mellempumper
- Optimering af omrørere (mere energieffektive)
- Frekvensregulering af recirkulation og omrørere

Procesdrift.

- Styre recirkulation efter NO3-måling

Sandfang:

- Behovsstyring af sandfangsblæser
- Luftindblæsning styres efter flow, temp. og sandudskillelsesgrad

Hydraulik:

- Reducere antal pumpestationer
- Optimer hydraulik igennem anlæg – spar pumpeløftehøjde
- Mindske ”vandfald” på udløb/indløb – bedre DN-proces
- Optimere hydraulik i mellempumpestation – evt. opdele oppumpningskammer

Helhed – procesændringer:

- Fosforgenvinding (N-fjernelse, bedre varmeveksling)
- Microalge assimilering af CO2, N og P før biotank (øget biogasprod.)
- Rejektvandsrensning
- Nyt primær trin ved filtrering (mere slam til gas + færre løft)
- Styring af returslamføring efter slamspejl
- Bedre DN proces (sparer kulstof -> mere gas)
- Styring efter kulstofballance
- Nedlæg procesblok 2 (som følge af større reduktion i primær trin)
- Optimeret udtag af primærslam (C-balance)

- Sandfilter på udløb (P-fjernelse og simultan DN -> mindre forbrug i hovedproces)

4.3 Scenarier fra workshop

Workshoppens arbejdsgrupper har på baggrund af foranstående bruttoliste drøftet og konkretiseret forslagene indenfor funktionsopdelte afsnit.

Nogle af forslagene medfører primært driftsmæssige forbedringer og er i mindre omfang energiforbedrende.

4.3.1 Sandfang, mekanisk optimering og hydraulik

Deltagere i arbejdsgruppen: Kaj Stjernholm (fa. Stjernholm), Jakob E. Holdgaard (fa. Landia), Asbjørn Jonassen (fa. Danfoss) og Lars Jensen (fa. Xylem Water Solutions).

4.3.1.1 Sandfangsoptimering

Det foreslås, at der installeres frekvensomformere til sandfangsblæserne og at luftindblæsningen reguleres i forhold til flow/behov.

Det nuværende årlige elforbrug til sandfangsbeluftning er ca. 47.500 kWh/år.

Det skønnes, at elforbruget til sandfangsbeluftning reduceres med 50%, svarende til 23.750 kWh/år – 17.800 kr./år.

4.3.1.2 Mellempumpestation og fordelerbygværk FB01

Der foreslås installeret en mindre pumpe på 10 – 20 kW som erstatter de to store sneglepumper (ca. 100 kW).

Pumpepris ca. kr. 300.000 og de samlede omkostninger ikke skønnet.

Det årlige elforbrug til drift af mellempumper er pt. ca. 180.000 kWh.

Der skønnes et reduceret elforbrug til mellempumpning på 30 – 50%, svarende til op til 90.000 kWh/år – 67.500 kr./år.

Det vurderes, at fordelingen til procestankene kan optimeres. Dette vil give en mere stabil drift, og måske også energibesparelser til beluftning ved behovsstyring.

Ved reduktion af løftehøjden med 1 meter reduceres elforbruget med ca. 48.000 kWh/år. Det er derfor værd at overveje, om niveauet i pumpesumpen kan hæves.

4.3.1.3 Mellempumpestation og fordelerbygværk FB02

Det foreslås, at bygge en helt ny pumpestation med syv nye pumper – én til hver proceslinje (evt. dobbelt bestykning).

Anlægsomkostningerne ikke anslået

Fordelerbygværket og eksist. mellempumpestation kan nedlægges eller ombygges til et ventilbygværk med regulering (alternativ til syv sæt pumper).

Energibesparelser som under 3.1.2.

4.3.1.4 Procestanke

Røreværker:

- Røreværker udskiftes til nye. Evt. med frekvensomformere for mulighed for hastighedsregulering.
- Anlægsomkostningerne ikke anslået.
- Energibesparelse skønnes til 200.000 kWh/år – 150.000 kr./år.

Beluftning:

- Gammel back-up blæser for turboblæsere udskiftes med ny mindre kapselblæser.
- Anlægsomkostningerne skønnes til ca. kr. 500.000.
- Energibesparelserne skønnes til omkring 30.000 kr./år – 40.000 kWh/år.

Styring:

- Processtyringen foreslås optimeret med O2, ammonium styring og hastighedsregulering på røreværker
- Det nuværende elforbrug til beluftning er ca. 810.000 kWh/år.
- Energibesparelserne og omkostninger ikke skønnet.

4.3.1.5 Forafvanding

Disintegratoren (fabr. Vogelsang) flyttes fra tilløb til forafvander til afløbet fra forafvanderen for at opnå en bedre slamstruktur.

Såfremt disintegratoren nødvendigvis skal være placeret før forafvanderen, kan tromleafvanderen skiftes til en dekanter eller lignende. Det forventes herved muligt at køre uden polymer, hvis SVI er mindre end 120 ml/g. Resultat: mindre polymerforbrug (men større el-forbrug).

4.3.2 Beluftningsstyring og –teknik

Deltagere i arbejdsgruppen: Per Henrik Nielsen (VCS), Anders Harpøth (fa. Stjernholm) og Rasmus Holmgaard Skov (fa. Kruger).

Gruppen foreslår følgende tiltag:

- Reducer slamindhold i procestanke og øg udtagning af kulstof i primært trin – under hensyntagen til denitrifikationen.
- Forbedring af styring med flere on-line målere samt tilpasning af SRO.
- Optimer udstyr – bundbeluftningsplader, rensning af diffusorer samt skift fra kapsel til turboblæser (sidste se. pkt. 3.1.4).

Driftsmæssigt kræver det øget opmærksomhed på slamhåndtering og fintuning af SRO (og et anlæg der er gearet hertil) samt undervisning og sparring m.v.

Den nuværende årlige biogasproduktion er ca. 1.080.000 Nm^3/år. Metan-indholdet er generelt ca. 63%.

Det nuværende elforbrug til beluftning er ca. 810.000 kWh/år.

Gasproduktionen kan ved (1) forventes øget med 5 – 20%, svarende til 50.000 - 200.000 Nm^3/år hhv.

Elforbruget forventes reduceret med min 5 – 10% ved (2) og 5 – 10 % ved (3) – samlet ikke estimeret.

Endvidere er der et meget stort potentiale ved (1)

Gruppens bemærkninger: Der skal være opmærksomhed på interne kompetencer samt et SRO-anlæg med mulighed for optimeret drift. Gennemtænk også proceslayout med henblik på kulstof-balance samt overkapacitet.

4.3.3 Helhed og proceslayout

Deltagere i arbejdsgruppen: Marianne Thomsen (Aarhus Universitet), Mette Dam Jensen (Krüger), Peter Balslev (Aarhus Vand) og Martin Thau (RCA).

Gruppen foreslår, at det nuværende primær trin (forklaringstanke) afløses af en filterløsning med ny fordeling til DN tanke.

Der opnås følgende:

- Ekstra løft til procestankene samt skævfordeling til disse undgås.
- Forbedrede styringsmulighederne for kulstofudtag.
- Mulighed for at øge SS udtag med følgende større biogas- og energiproduktion.
- Mindre bioslamproduktion med mulighed for at lukke procesblok 2.
- Der undgås unødvendig iltning før DN-afsnit – forbedrer C/N forhold.

Som alternativ til en filterløsning foreslås forhøjelse af forklaringstankene.

Med en ny filterløsning kan forklaringstankene evt. bruges til Smart-Grid drift.

Endvidere foreslå etablering af rejektvandsrensning med Anammox, hvilket giver mulighed for øget udtag af SS/kulstof og mere biogas.

Styringen udvides med C/N-styring.

Anlægsomkostningerne skønnes til:

- Filterløsning: 10 – 25 mio. kr.
- Forhøjelse af FKT: 5 – 10 mio. kr.
- Rejektvandsrensning: 2 mio. kr.
- C/N-styring: 1 – 2 mio. kr.
- Smart-grid drift (tilpasning af gl. FT): 1 mio. kr.

Afhængigt af ledninger i jord, bygningsbehov m.v.

Potentialer:

I dag: 47% COD reduktion over FT. Forventet over filter: 60% COD reduktion, svarende til + 20 – 25% mere biogas.

Energibesparelser:

- Nedlæggelse af mellempumpestation: 180.000 kWh/år
- Omrøring og recirkulation ved nedlukning af Blok 2: 210.000 kWh/år
- Iltbesparelse ved rejektvandsrensning: 50 – 100.000 kWh/år

Energiproduktion:

800.000 kWh el pr. år (ved 40% el-virkningsgrad på gasmotor).

Forudsætning: Spildevandssammensætning som husspildevand.

4.3.4 Energiproduktion og varmeudnyttelse

Deltagere i arbejdsgruppen: Henning Mejlby Christensen (fa. Nissen Energiteknik), Michael B. Nissen (fa. Nissen Energiteknik), Mikkel Hall (Miljøstyrelsen), Michael Sønder Jensen (RCA), Casper Andersen (RCA).

Dette er fastholdt i struktur og derfor indsat i kapitel 4.

4.4 Scenarierne bearbejdet efter workshop

4.4.1 Styring af sandfangsblæsere

Det foreslås, at der installeres frekvensomformere til sandfangsblæserne og at luftindblæsningen reguleres i forhold til flow/behov.

RCA belufter pt. sandfanget ved brug af en sandfangsblæser med en 5,5 kW motor.

Anlægsomkostningerne for frekvensomformerne anslås ifølge Danfoss til

- 5,5 kW VLT AQUA FC202 for vægmontage ca. 14.000 kr.
- 7,5 kW VLT AQUA FC202 for vægmontage ca. 15.500 kr.

Det nuværende årlige elforbrug til sandfangsbeluftning er ca. 47.500 kWh/år.

Det skønnes, at elforbruget til sandfangsbeluftning reduceres med 50%, svarende til 23.750 kWh/år – 17.800 kr./år.

Tilbagebetalingstiden er ca. 1-2 år.

Kilde: Danfoss

4.4.2 Mellempumpning

4.4.2.1 Mellempumpestation

Der foreslås installeret en mindre pumpe på 10 – 20 kW som supplerer de to store sneglepumper (ca. 100 kW).

Pumpepris skønnes til ca. kr. 300.000 og de samlede omkostninger skønnes til kr. 600.000 af Stjernholm.

Det årlige elforbrug til drift af mellempumper er pt. ca. 180.000 kWh.

Der skønnes et reduceret elforbrug til mellempumpning på 30 – 50%, svarende til op til 90.000 kWh/år – 67.500 kr./år.

Tilbagebetalingstid estimeret til ca. 9 år.

Ved en reduktion af løftehøjden med 1 meter reduceres elforbruget med yderligere ca. 48.000 kWh/år med en virkningsgrad på ca. 50 %. Det er derfor værd at overveje, om niveauet i pumpesumpen kan hæves.

Kilde: Xylem/Stjernholm

4.4.2.2 Mellempumpestation og fordelerbygværk

Det vurderes, at fordelingen til procestankene kan optimeres. Dette vil give en mere stabil drift, og måske også energibesparelser til beluftning ved behovsstyring.

Det foreslås, at bygge en helt ny pumpestation med syv nye pumper – én til hver proceslinje (evt. dobbelt bestykning). Fordelerbygværket og eksisterende mellem-pumpestation kan nedlægges eller ombygges til et ventilbygværk med regulering (alternativ til syv sæt pumper).

Det årlige elforbrug til drift af mellempumper er pt. ca. 180.000 kWh.

Der skønnes et reduceret elforbrug til mellempumpning på 30 – 50%, svarende til op til 90.000 kWh/år – 67.500 kr./år.

Hvis effekten af behovsstyring på beluftning vil reducere energibehovet til beluftning med 5% spares yderligere 5% af 867.000 kWh/år svarende til 43.350 kWh/år – 32.500 kr./år. (NIRAS estimat)

Anlægsomkostningerne anslås til kr. 2 mio. kr. (Kilde: Stjernholm)

Tilbagebetalingstid estimeret til ca. 20 år.

Ved en reduktion af løftehøjden med 1 meter reduceres elforbruget med yderligere ca. 48.000 kWh/år med en virkningsgrad på ca. 50 %.. Det er derfor værd at overve-je, om niveauet i pumpesumpen kan hæves.

Kilde: Xylem/Stjernholm

4.4.3 Optimering ved recirkulationstanke

4.4.3.1 Udskiftning af røreværker i procestanke

Røreværker udskiftes til nye. Evt. med frekvensomformere for mulighed for hastighedsregulering.

RCA estimerer, at det nuværende elforbrug på røreværker er ca. 400.000 kWh/år.

Energibesparelse skønnes til 200.000 kWh/år – 150.000 kr./år ved en elpris på 0,75 kr./kWh.

Anlægsomkostningerne anslås til kr. 2,8 mio. kr.

Tilbagebetalingstid estimeret til ca. 18-19 år.

Kilde: Landia samt ukendt leverandør i kontakt med anlægget

4.4.4 Optimering af bundbeluftningsudstyr inkl. blæser

Randers Centralrenseanlæg har de senere år haft følgende energiforbrug til beluftning af procestanke (alle tal kWh/år):

År	Primær Blæser	Back-up Blæsere	I alt
2015	650.882	158.641	809.523
2016	780.081	80.170	860.251
Estimat 2017	810.548	121.875	932.423
Middel	**747.170**	**120.229**	**867.399**

Den primære blæser er en HST 20-6000 turbo kompressor, mens de to back-up-blæsere er kapselblæsere af typen Robuschi RB 140 CD LP.

Anlægget noterer at det stigende elforbrug kan tyde på, at diffusorerne trænger til syre-rengøring eller udskiftning.

a) Gamle back-up blæser for turboblæseren udskiftes med en ny mindre

kapselblæser (gruppe 1)

Energibesparelserne på a) skønnes til omkring 30.000 kr./år – 40.000 kWh/år.

Anlægsomkostningerne på a) skønnes til ca. kr. 500.000.

Tilbagebetalingstiden er er ca. 17 år.

b) Optimer udstyr – bundbeluftningsplader og/eller nye diffusorer (gruppe 2)

Der er skiftet fra Stjernholm / Supratec MF 650 til MF 1100, som har en areal som er dobbelt så stor og giver en energibesparelse på > 25 % på den samlede beluftning.

I dag bruges ca. 867.000 kWh/år til beluftning

Anlægsomkostninger Ca. kr. 80.000,00 pr. tank, hvor der er syv tanke. Dette svarer til ca. 600.000,00

Elbesparelse ca. 25% af 870.000 kWh/år svarende til ca. 215.000 kWh/år

Værdien er elbesparelsen ca. 164.000 k.r/år med en elpris på 0,75 kr./kWh.

Tilbagebetalingstiden ca. 3-4 år.

Forudsætninger: Der er udarbejdet beregninger hvor der er vurderet på kg O2 mvs og dette optimeres ved at belaste belufter arealet optimalt.

Kilde: Stjernholm.

Anlægget fortæller efter workshoppen, at de har skiftet 3 ud af 7 indtil videre. og bekræfter en besparelse. De kender ikke slutresultatet endnu, men har ox/off udstyr til at måle effekt. Man kan se forskel i virkningsgraden, som er markant større. Virkningsgraden ændres en 20-25 procent. Iltoverførsel i vandfasen er blevet bedre. Man ser muligvis en endnu større effekt end antaget, fordi der er nogle gamle plader, som i værste fald er i stykker. Man er i gang med at trimme styringen af ilt/ammonium, fordi man nu ser en langt bedre iltoverførsel.

Referenceanlæg: Aarhus Vand, Helsingør Vand, Skanderborg Forsyning, Ringkøbing – skjern Forsyning, Sønderborg Forsyning, Lyngby Tårnbæk Forsyning.

Kilde: Stjernholm A/S

4.4.5 Styring af beluftningen i procestankene

Processtyringen foreslås optimeret med O2, ammoniumstyring og hastighedsregulering på røreværker. Kræver muligvis flere online målere samt tilpasning af SRO.

Randers Centralrenseanlægs syv luftningstanke består hver af tre kanaler: Indløbs-, midter- og udløbskanal. Iltniveauerne i de enkelte kanaler reguleres ved hjælp af ventiler, idet der reguleres efter setpunkter for og iltmålinger i hver enkelt kanal. Reguleringen kan ske efter en af følgende 3 styringsstrategier:

Styring efter faste setpunkter: For hver kanaltype fastsætter operatøren et fast setpunkt.

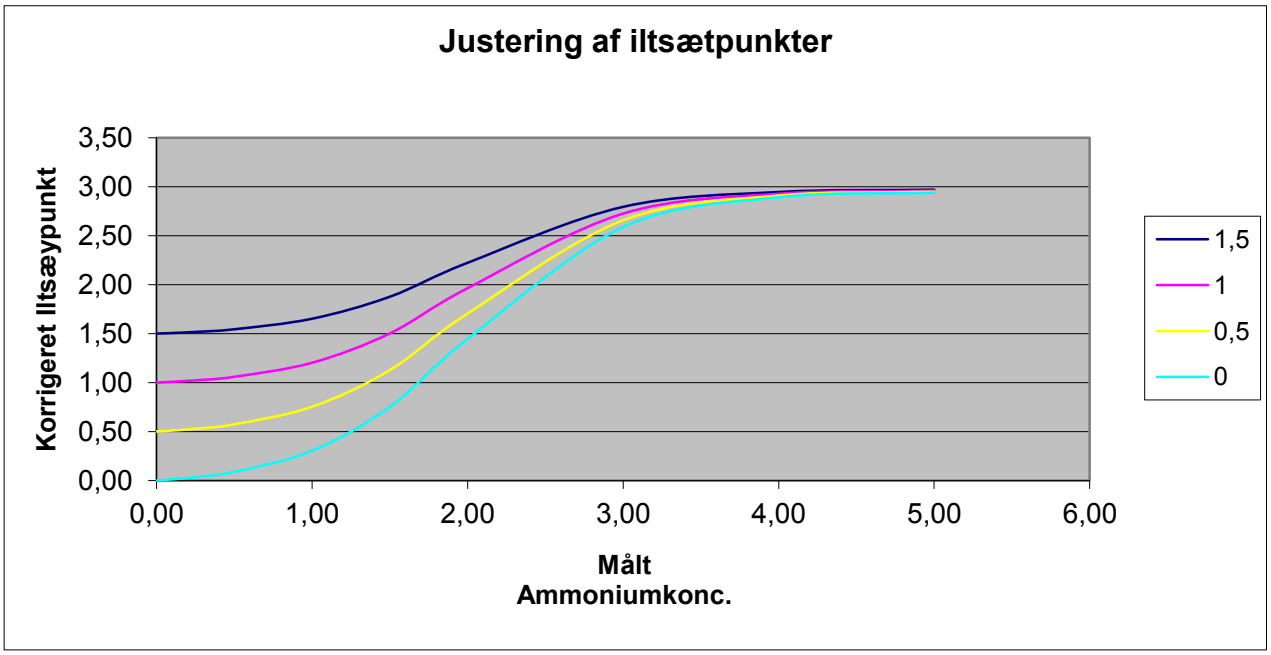
Styring efter intermitterende setpunkter: For hver kanaltype fastsætter operatøren et maks. og min. setpunkt, samt en ønsket tid, hvor disse setpunkter skal holdes. Herefter skifter styringen mellem de valgte setpunkter med de ønskede intervaller.

Styring efter intermitterende setpunkter med sigmoid korrektion jf. on-line ammoniummåling.

Sidstnævnte styring er en overbygning på styringsstrategi 2. Ideen er at hæve iltsætpunkterne, hvis der måles ammonium i udløbet fra luftningstankene – f.eks. når anlæggets belastning stiger i forbindelse med en nedbørshændelse (det såkaldte first flush).

Ved lave ammonium-koncentrationer ønskes ikke de store ændringer i iltsætpunkterne, men bliver ammoniumindholdet i luftningstankene højere, gøres beluftningen mærkbart kraftigere, indtil iltsætpunkterne nærmer sig en af operatøren fastsat grænse (kaldet MAXILT), som fastholdes. Når ammonium-koncentrationerne falder, reduceres iltsætpunkterne igen.

Dette opnås ved at regulere sætpunkterne jf. en sigmoid funktion som den, der illustreres på figuren herunder. De korrigerede iltsætpunkter ved forskellige ammoniumkoncentrationer kan aflæses af kurverne, idet der som eksempler er tegnet en kurve for hvert af iltsætpunkterne 0, ½, 1 og 1½ mg/l.



Figur 4.4 Justering af iltsætpunkter Randers Centralrenseanlæg

I dag styres RCA generelt ved brug af sidstnævnte styrestrategi. Denne fraviges dog ved kraftig hydraulisk belastning, hvor beluftning af udløbskanalerne nedprioriteres for at mindske slambelastningen på efterklaringstankene.

Der sker desuden en periodisk gennemblæsning af diffusorerne i de enkelte kanaler med henblik på at holde disse rene.

Det nuværende elforbrug til beluftning er ca. 860.000 kWh/år og til omrøring er ca. 400.000 kWh/år. Sidstnævnte forventes at kunne halveres ved udskiftning af røreværker jf. punkt 4.3.1.

Den præcise beskrivelse af styringen i luftningstankene var sandsynligvis ikke kendt af workshoppens deltagere. En yderligere optimering vil kræve en gennemgang af data og anlægget med fokus på forbedret styring og mulighederne herfor. Dette ligger ikke indenfor rammen af dette projekt.

4.4.6 Forbedret kulstof udtag

Deltagere i arbejdsgruppen: Marianne Thomsen (Aarhus Universitet), Mette Dam Jensen (fa. Krüger), Peter Balslev (Aarhus Vand) og Martin Thau (RCA).

Gruppen foreslår, at det nuværende primær trin (forklaringstanke) afløses af en filterløsning med ny fordeling til DN tanke.

4.4.6.1 Udtag af mere kulstof med forhøjet forklaringstank og styring

Optimere udtag af kulstof ved forhøjelse af forklaringstanke og styring af kulstof efter C/N forholdet i procestankene og tilføre rejektvandsrensning med Anammox

På RCA er der for nærværende mulighed for at dosere fældningskemikalier (pt. jernklorid) i tilløb til forklaringstankene. Doseringen kan ske med fast hastighed eller flowproportionalt.
Denne mulighed for forfældning bruges i dag primært til styring af fosforfjernelsen, idet en del fosfor fjernes ved forfældning, en del fjernes af bio-P-bakterier i procestankene, og resten fjernes ved efterfældning styret af on-line-målere.

Anlægsomkostninger:

- Forhøjelse af FKT: 5 – 10 mio. kr.
- C/N styring 1-2 mio. kr.
- Rejektvandsrensning: 2 mio. kr.
- Samlede anlægsomkostninger ca. 8-14 mio.

NIRAS: Antages samme energiproduktion og energireduktion som i pkt. 4.5.2 fås en nettoenergigevinst på maksimalt 1.240-1.490.000 kWh/år. Med et elpris på 0,75 kr./kWh svarer dette til en værdi på ca. 930.000-1.120.000 kr./år. Tilbagebetalingstid ca. 7 – 15 år

Forudsætninger/antagelser: Der kan opnås kulstofudtag op imod 60%

4.4.6.2 Udtag af mere kulstof med filter og styring

Erstatte forklaringstanke med en filterløsning med kulstofsstyring ifht. C/N forholdet i procestankene og med ny fordeling til DN tanke og tilføre rejektvandsrensning med Anammox

I dag: 47% COD reduktion over FT.

Effekt: Forventet over filter: 60% COD reduktion, svarende til + 20 – 25% mere biogas. Mulighed for at udtage blok 2. Der undgås unødvendig iltning før DN-afsnit – forbedrer C/N forhold

Energibesparelser:

- Nedlæggelse af mellempumpestation: 180.000 kWh/år

- Omrøring og recirkulation ved nedlukning af Blok 2: 210.000 kWh/år
- Iltbesparelse ved rejektvandsrensning: 50 – 100.000 kWh/år
- Samlet elreduktion opnået: 440.000-490.000 kWh/år

Energiproduktion: 20-25% øget biogasproduktion

Gruppens estimerede forbedrede gasproduktion svarende til en elproduktion på 800.000 kWh/år, hvilket gruppen vurderede som højt.

NIRAS' beregninger:

Randers producerede 0,865 mio. m3biogas/år i årrækken 2014-2016, svarende til en teoretisk brændværdi på 5,627 mio. kWh/år. Elproduktionen 1.427.993 kWh/år gennemsnitlig i årrækken 2014-2016 – svarende til en virkningsgrad: 26 %. Forudsætning: 65% metan med en brændværdi på 6,5 kWh/m3 biogas. Øges gasproduktionen vil motorens virkningsgrad stige op imod 36%.

Øget gasmængde svarer til teoretisk gasmængde på 1,25 x teoretisk brændværdi på 5,627 mio. kWh/år = 7,033 mio. kWh/år. En øget elproduktion svarer til 1,427 + 0,8 mio. kWh/år = 2,227 mio. kWh/år. Dette svarer til en virkningsgrad på ca. 32% på motoren. Er virkningsgraden 36%, svarer 20-25% merproduktionen på el til en merproduktion på 1.004.000 - 1.104.000 kWh/år.

Netto-elforbedring:

440-490.000 kWh besparet el plus 800.000-1.000.0000 kWh/år ekstra el giver en nettoenergigevinst på maksimalt 1.240-1.490.000 kWh/år. Med et elpris på 0,75 kr./kWh svarer dette til en værdi på ca. 930.000-1.120.000 kr./år.

Forventet anlægsomkostning:

- Filterløsning: 10 – 25 mio. kr.
- C/N styring 1-2 mio kr.
- Rejektvandsrensning: 2 mio. kr.
- Samlet anlægsomkostninger ca. 13-29 mio kr

Forventet tilbagebetalingstid kan beregnes til 12-31 år.

Forudsætninger/antagelser:

- Kan evt. undgå en mellempumpning
- Omkostning afhængig af ledninger i jord, bygningsbehov m.v.
- Spildevandssammensætning som husspildevand.
- Resultatet vil forbedres ved en forbedret rejektvandsbehandling
- Virkningsgrad motor 40%

4.4.7 Reduktion af kapacitet ved udtag af blok 2

Udtage blok 2 dvs. 2 ud af 7 recirkulationstanke, hvilket betyder besparelse på omrøring i blok to.

Det nuværende elforbrug på røreværker i Blok 2 estimeres at være ca. 120.000 kWh/år. Dette forventes at kunne mere end halveres, hvis omrørerne udskiftes

Yderligere besparelser er ikke konkretiseret på workshoppen.

Forudsætning:

- Kan kræve mere kulstofudtag i primærtrinnet
- Kan kræve bedre rejektvandsrensning

4.4.8 Energiproduktion og varmeudnyttelse

Deltagere i arbejdsgruppen: Henning Mejlby Christensen (fa. Nissen Energiteknik), Michael B. Nissen (fa. Nissen Energiteknik), Mikkel Hall (Miljøstyrelsen), Michael Sønder Jensen (RCA), Casper Andersen (RCA).

4.4.8.1 Mere effektiv elproduktion

Forslaget er at installere et gaslager (fra 200 – 2000 m3) og en varmeakkumuleringstank, således at motoren kunne køre fuldlast under drift og dermed sikre en høj virkningsgrad. Samtidigt kunne overskudsvarmen akkumuleres og være med til at sikre at der ikke skulle være kedeldrift når motoren ikke kørte. Dermed ville alt tilgængeligt gas blive udnyttet mest optimalt i gasmotoren, men også at motoren ikke køres konstant.

Virkningsgraden på gasmotoren er i dag kun ca. 25%.

Med ny gasmotor kan virkningsgrad øges yderligere til en virkningsgrad op til 40%.

Nuværende elproduktion:

Elproduktionen 1.427.993 kWh/år gennemsnitlig i årrækken 2014-2016 – svarende til en virkningsgrad: 25 %

Randers producerede 0,865 mio m3biogas/år i årrækken 2014-2016, svarende til en teoretisk brændværdi på 5,627 mio kWh/år.

Forudsætning: 65% metan med en brændværdi på 6,5 kWh/m3 biogas.

Anlægsomkostningerne skønnes til:

Udskiftning af gasmotor: 3,0 mio. kr.
Større gaslager: 0,5 mio. kr.

Varmeakkumuleringstank kr. 400.000.

Hertil projektering og udbud. m.v.

Øget elproduktion:

Opnås fuld last på nuværende motor:

Den nuværende gennemsnitlige virkningsgrad på 26 % skyldes at motoren driftes efter den aktuelle gasproduktion og dermed ikke kører fuldlast. Hvis motoren kunne driftes på fuldlast ville Randers med den nuværende gasmotor kunne hæve virkningsgraden til 36 %.

Elproduktion:2.030.000 kWh/år

Virkningsgrad: 36% (Målt)

Forbedring:30 %

En merproduktion svarende til ca. 602.000 kWh/år og en benyttet elpris svarende til 0,75 kr./kWh svarer dette til en værdi på 450.000 kr./år.

Anlægsomkostningen vil være ca. 900.000 kr. plus projektering og udbud.

Tilbagebetalingstiden for gaslager og akkumuleringstank ekskl. projektering og udbud er ca. 2 år

Ny motor på fuld last:

Elproduktion: 2.225.000 kWh/år

Virkningsgrad:40

Forbedring: 37 %

En merproduktion svarende til ca. 797.000 kWh/år og en benyttet elpris svarende til 0,75 kr./kWh svarer dette til en værdi på 600.000 kr./år.

Anlægsomkostningen vil være ca. 3.900.000 kr. plus projektering og udbud.

Tilbagebetalingstiden for ny motor og gaslager eks. projektering og udbud er ca. 7 år.

4.4.8.2 Varmeudnyttelse igennem varmeakkumuleringstank

Samle gasmotor og gasfyr samt etablering af en varmeakkumuleringstank. Ved et samlet opnås en optimal varmefordeling og reduceret varmetab. Dette betyder man muligvis kan tage gasfyret ud af drift og opnå forøget elproduktion ved at bruge varme.

Gasfyret bruges primært som back-up for biogasmotoren (i stedet for en gasfakkel). I 2016 blev 4.845 m3 biogas forbrændt i gasfyret i forbindelse med testkørsler samt i perioder, hvor biogassen ikke kunne forbrændes på biogasmotoranlægget.

Den ekstra elproduktion afhænger meget af gasproduktionen samt varmebehovet. For at forbedre driftsvirkningsgraden skal motorens driftes ved fuldlast. Dette betyder således, at der ikke driftes med motoren i perioder med den nuværende gasproduktion. Da varmebehovet er konstant er der behov for akkumulering. Den ekstra elpro-

duktion findes således i muligheden for at brænde mere gas af i gasmotoren, og opnå den bedre virkningsgrad samtidigt med at der akkumuleres overskudsvarme, der bruges når motoren ikke kører.

Anlægsomkostninger for en varmeakkumuleringstank skønnes til kr. 400.000.

Kedel og gasmotor skulle placeres i samme rum/bygning således drift og varmetab forbedres. Prisen af evt. ny kedel afhænger af størrelsen. Hvis eksisterende kedel skal flyttes vil prisen være i omegnen 70.000-100.000 kr. inkl. flytning. Og smedearbejde i bygning. Ex. skorsten.

Der kan etableres et ORC anlæg hvis gasproduktionen i fremtiden stiger. (ORC ikke med i cases)

Etablering af varmepumper vurderes umiddelbart ikke at kunne betale sig, men hvis der produceres varme nok til at bekoste tilslutning til fjernvarmenettet (2 km væk) eller brug af varmen i lokalområdet, kan billedet ændre sig.

4.4.9 Øvrige forbedringsforslag

4.4.9.1 Forafvanding

Disintegratoren (fabr. Vogelsang) flyttes fra tilløb til forafvander til afløbet fra forafvanderen for at opnå en bedre slamstruktur.

Gruppe 1: Såfremt disintegratoren nødvendigvis skal være placeret før forafvanderen kan tromleafvanderen skiftes til en dekanter eller lignende. Det forventes herved muligt at køre uden polymer, hvis SVI er mindre end 120 ml/g. Resultat: mindre polymerforbrug (men større elforbrug).

4.5 Overblik beskrevne forslag

Nedenstående giver et overblik over de forskellige forslag

Forslag	Effekt (besparelse/merproduktion af el/varme/gas)	Tilbagebetalingstid
Regulering af sandfangsblæser	-24.000 kWh/år	2år
Forbedret mellempumpe – mindre pumpe	-90.000 kWh/år	9 år
Forbedret mellempumpe – ny pumpestation med 7 pumper	-90-135.000 kWh/år	20 år
Ny backup blæsere	-40.000 kWh/år	17 år
Udskiftning af røreværker	-200.000 kWh/år	18-19 år
Optimering af bundbeluftnings-udstyr	-600.000 kWh/år	3-4 år
Filterløsning med C/N styring og anammox	Netto: 1.2-1.4 mio kWh/år	12-31 år
Forhøjet forklaringstank med C/N styring og Anammox	Netto: 1.2-1.4 mio kWh/år	7-15 år
Effektiv elproduktion med større gaslager	+ 600.000 kWh/år	2 år
Effektiv gasproduktion med ny motor	+ 800.000 kWh/år	7 år

Note: Effekterne kan ikke umiddelbart adderes, da der er overlap i deres energipotentialer.

Nettoenergiproduktion i vandsektoren
Denne rapport omhandler teknologiske løsninger, der bidrager til energibesparelser og energiproduktion ved behandling af drikkevand og spildevand

Miljøstyrelsen
Haraldsgade 53
2100 København Ø

www.mst.dk