



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Måling af lattergasemission på Hyllingeriis Renseanlæg

MUDP rapport

Januar 2021

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion:

Trine Dalkvist, DHI A/S, Urban

Mads Hoffmann Bech Merrild, DHI A/S, Urban

Fotos:

Rasmus Nissen

ISBN: 978-87-7038-268-7

Miljøstyrelsen offentliggør rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, som er finansieret af Miljøstyrelsen. 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.	Indledning	4
2.	Anlægsbeskrivelse Hyllingeris Renseanlæg	5
2.1	Måleudstyr	5
2.2	Måleperiode	6
3.	Måling i procestank	8
3.1	Emission for perioden	8
3.2	Målekampagne	10
3.3	C/N forhold i måleperioden	12
4.	Sammenligning og konklusion	13
4.1	Samlet emission og CO ₂ -ækvivalenter	13
4.2	Lattergas som del af kvælstoffjernelsen	13
5.	Omkostninger til installation og vedligeholdelse af målere	14
6.	Beskrivelse af eventuelle tiltag til reduktion af N₂O-emissionen	15
7.	Litteraturliste	16

1. Indledning

Novafos ønsker at få kortlagt emissionen af lattergas fra Hyllingeriis Renseanlæg i forbindelse med optimering af beluftning og slambehandling på anlægget for at få et indblik i, hvor stor deres udledning er, og behovet for at reducere denne. Derfor har de deltaget i Miljøstyrelsens MUDP-projekt om måling og opgørelse fra danske anlæg.

Projektet forløb fra maj 2018 til september 2020. Der blev foretaget N₂O-målinger i procestanken i hele måleperioden og emissionsberegninger foretaget fra 01.01.2019 til 15.12.2019. Som en del af projektet blev der også lavet N₂O-målinger i procestanken, mens ydelsen for luftflowet blev reduceret. Resultater herfra viser, at der uden at sætte lattergasemissionen over styr er et besparelspotentiale på 14.200 kWh/år.

Den overordnede vurdering af resultaterne er følgende:

- Lattergasemissionen for Hyllingeriis Renseanlæg er generelt lav, og der er mange dage, hvor der slet ikke måles lattergas. Dog er der i perioder med sommerhusaktivitet, som giver pludselige ændringer i næringsstofbelastningen på anlægget, efterfølgende observeret en øget lattergasproduktion.
- Der er potentiale for at mindske energiforbruget til beluftningsstyringen uden at risikere en øget lattergasproduktion udenfor sommerhussæsonen. Alternativt kunne implementering af en beluftningsstyring med input fra ammonium- og nitratsensorerne bruges til at kontrollere beluftningen. Herved kunne beluftningen automatisk reguleres efter belastningen.

2. Anlægsbeskrivelse

Hyllingeriis Renseanlæg

Hyllingeriis Renseanlæg er et recirkulerende aktivt slamanlæg med bundbeluffere. Det er et lille anlæg med kapacitet til at behandle 6.500 PE. Procestanken er cirkulær med en indre hydrolysetank og en ydre N/DN-tank med beluftning i ca. halvdelen af tanken. Kvælstoffjernelsen foretages simultant og styres af beluftningen. Beluftningsstyringen er tidsstyret med en fastsat ydelse på luftflowet til 50 Hz.

Anlægget ligger i et sommerhusområde og har derfor et varierende tilløb, som især kommer til udtryk i helligdagene og ferieperioden. Anlæggets belastning udenfor sommerhussæsonen er 4.600 PE, mens det i sæsonen er belastet med 6.150 PE.

2.1 Måleudstyr

En N₂O Wastewater System sensor fra Unisense Environment blev opsat af Unisense og placeret ca. halvvejs inde i den beluftede zone af procestanken. Den måler mg N₂O/l i vandfasen som vist på Figur 1 og Figur 2.

Data fra lattergassensorer registreres i PLC'en på anlægget. Det var et ønske fra Novafos' side, at der ikke skulle etableres kommunikation mellem DIMS.CORE og deres system, hvor lattergasemissionsberegningen i første omgang var tiltænkt at foregå. I stedet er data blevet behandlet offline med dataudtræk fra PLC'en og sendt til DHI via en delt folder.

Databehandlingen blev foretaget i R[®], hvor lattergasemissionen er beregnet ud fra sensormålinger af lattergaskoncentrationen i vandfasen, temperatur og luftflow til procestanken samt inputværdier for areal af beluftningsfelt, diffusor-dybde samt generiske konstanter som specificeret af Unisense. Databehandlingen er sat op som en Microservice, hvor det er muligt at modtage data, foretage beregninger og sende resultater tilbage, samtidig med at resultater samt målinger visuelt kan udstilles på et website. Denne operation kan sættes op til at modtage minutdata og sende resultater tilbage indenfor få sekunder.

I PLC'en på anlægget gemmes data, når værdien har ændres sig mere end en fastsat grænseværdi, og værdier forekommer derfor med et irregulært tidsinterval. Data er således blevet aggregeret til minutværdier for at lattergasemissionen kan beregnes.

Vedligehold af sensorerne blev foretaget af Unisense for at minimere usikkerheder. Da måleværdierne lå tæt på detektionsgrænsen, blev præcision prioriteret højt. På grund af de lave koncentrationer af lattergas i vandfasen blev der dog målt negative værdier. Under beregningen af lattergasemission er disse sat til nul.



Figur 1: Hyllingeriis renseanlæg set fra oven, med lattergassensor anvist (Rød)



Figur 2: Nærbillede af procestanken med OXxOff og placering af lattergassensoren

2.2 Måleperiode

Måleperioden var planlagt til at inkludere følgende tre perioder:

Måleperiode 1 – baseline (3 måneder – høj sommerhusbelastning)

Måleperiode 2 – optimering af procestank

Måleperiode 3 - optimering af slamafvanding

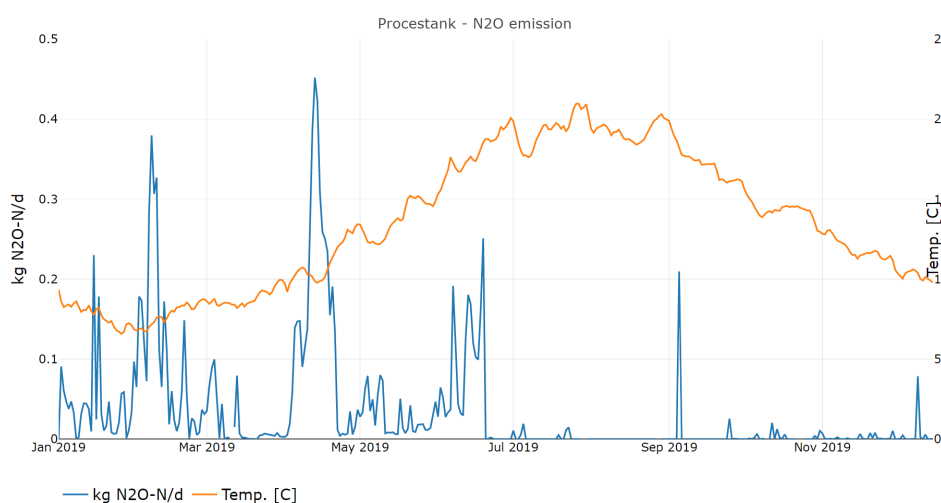
Hyllingeriis Renseanlæg havde udvidet deres beluftning i procestanken inden opstart af måleperioden samt foretaget nødvendige ændringer i slamafvandingen. Måleperioden har således kunnet detektere lattergasproduktionen i den optimerede procestank for hele perioden, der forløb fra 01.01.2019 til 15.12.2019. Herved har det været muligt at observere udviklingen af lattergas henover hele året for Hyllingeriis Renseanlæg.

Ud over måleperioden blev emissionsdata fra en målekampagne indsamlet, hvor blæseeffekten til procestanken blev reguleret fra henholdsvis 50 Hz, 40 Hz og 30 Hz. Denne målekampagne blev foretaget for at undersøge, hvordan en reduktion af energiforbruget til beluftning ville påvirke lattergasproduktionen. Målekampagnen fandt sted den 19.05.2020.

3. Måling i procestank

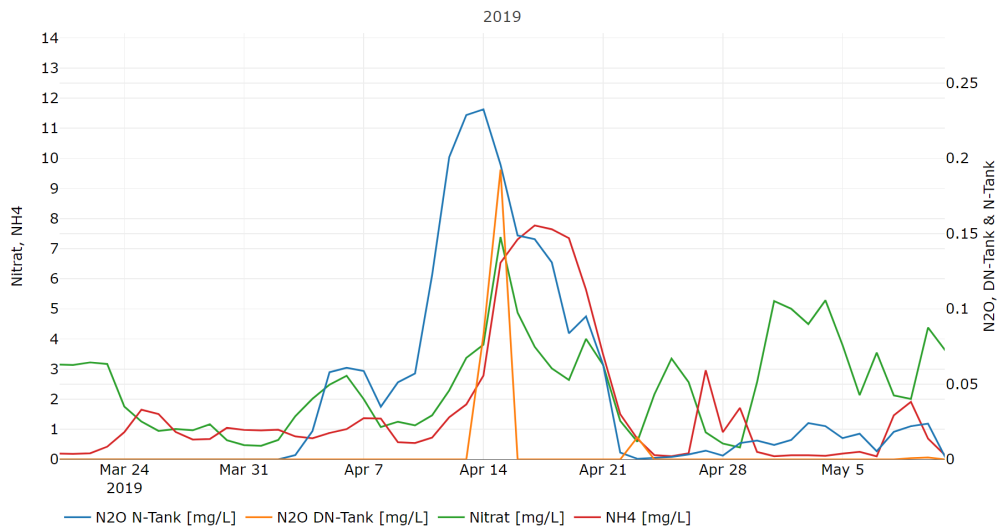
3.1 Emission for perioden

I måleperioden fra 01.01.2019 til 15.12.2019 var lattergasemissionen i procestanken meget tæt på detektionsgrænsen og i nogle perioder under. Det har resulteret i, at der i perioder er blevet beregnet en lattergasemission på 0 kg N₂O-N/d (Figur 3). I hele perioden er lattergasemissionen meget lav og er altid under 0,5 kg N₂O-N/d. Figur 3 viser, at temperaturen i vandfasen stiger hen over forår og sommer og begynder at falde igen i slutningen af august måned. Lavere vandtemperaturer medfører en reduceret denitrifikationshastighed og dermed risikoen for ophobning af nitrat der kan danne lattergas, især ved lave COD/N forhold.



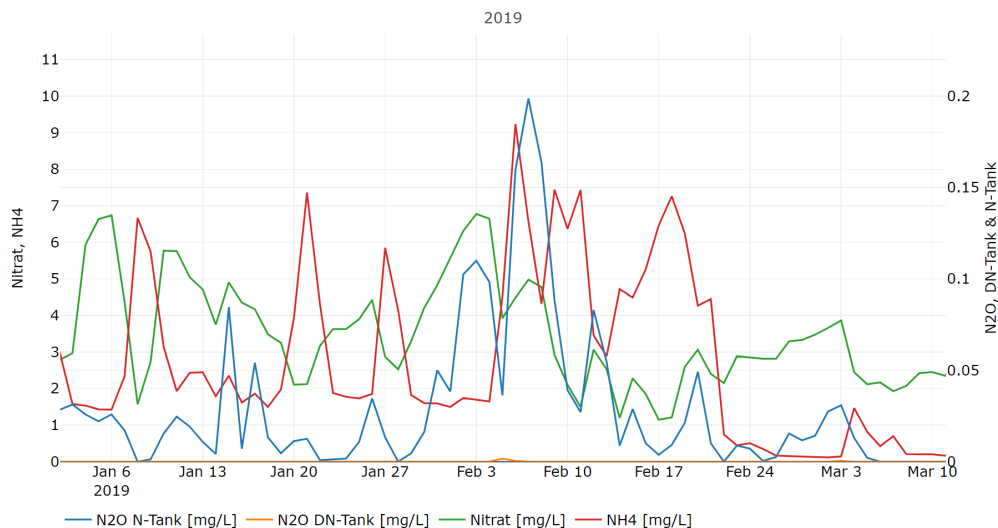
Figur 3: Den daglige beregnede emission for procestanken (-) samt temperaturen i vandfasen (-)

Den højeste top i lattergasproduktionen er sammenfaldende med påsken. Hyllingeriis Renseanlæg ligger som nævnt tidligere i et sommerhusområde. I påsken 2019, 11.-19. april, observeres en stigning i både ammonium og nitrat, samtidig med at lattergasproduktionen også stiger (Figur 4). Efter påsken falder koncentrationerne af både ammonium og nitrat, og dermed reduceres lattergasproduktionen også mærkbart.



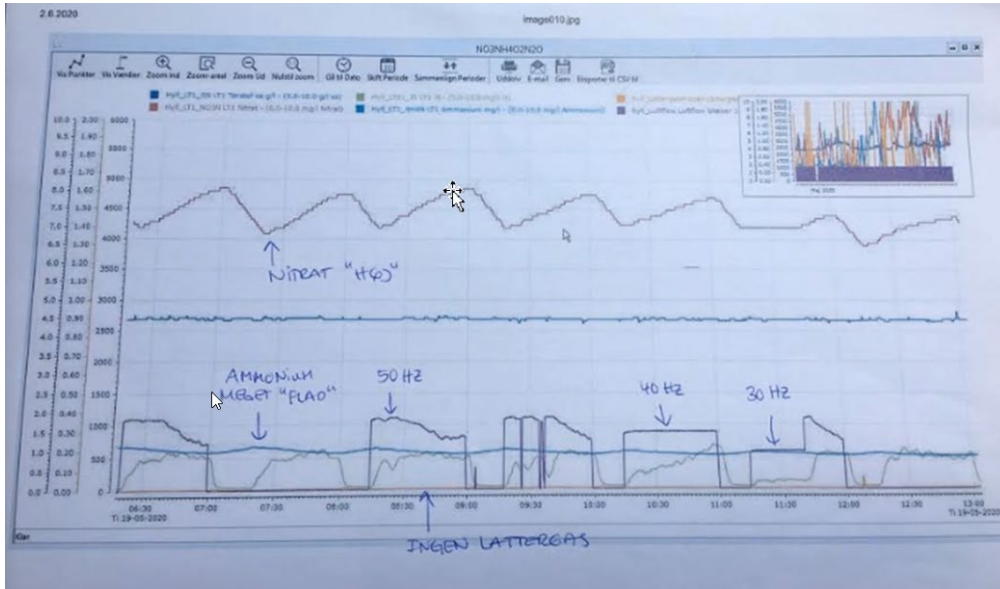
Figur 4: Udviklingen i lattergasproduktion sammenholdt med ammonium- og nitratkoncentration i tanken over påsken 2019. Data er præsenteret som døgnværdier.

I starten af februar observeres der også en stigning i lattergasproduktionen. Disse stigninger er delvist sammenfaldende med perioder hvor der er forhøjede nitrat-koncentrationer. Vinterferien lå for størstedelen af Danmark den 9.-17. februar. Vinterferien vurderes dog ikke at have haft den store effekt da stigningen i lattergasproduktionen ligger ugen før vinterferien



Figur 5: Udviklingen i lattergasproduktion sammenholdt med ammonium- og nitratkoncentration i procestanken over i perioden omkring vinterferien 2019. Data er præsenteret som døgnværdier.

3.2 Målekampagne



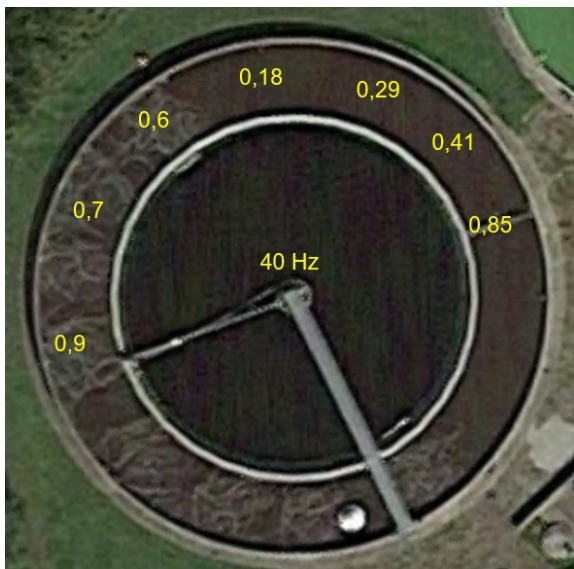
Figur 6: Udvikling i lattergasproduktionen under målekampagnen

Målekampagnen i procestanken blev udført den 19.05.2020. Beluftningsstyringen på anlægget blev evalueret ved at sænke den maksimale ydelse for blæserne fra 50 Hz til hhv. 40 og 30 Hz. Resultaterne fra denne test er vist i Tabel 1.

Tabel 1: Luftflow, effektforbrug og iltkoncentration under beluftningstest

Blæser 1	Luftflow	kWh/h	Iltkoncentration
50 Hz	1100	16	1,1
40 Hz	850	11,8	0,85
30 Hz	550	8,4	0,35

På Figur 6 ses, at nitratniveauet påvirkes i nogen grad, hvor koncentration falder med mindre beluftning. Ved 30 Hz bliver iltkoncentrationen for lav til, at der ses en stigning i nitratkoncentrationen under beluftning. Derfor blev forsøget med 30 Hz kortere end de to andre. Ammonium på den anden side holder sin meget flade kurve under hele forløbet. Indløbskoncentrationen af ammonium var dog meget lav under hele forsøget, og der blev dermed ikke observeret nogen lattergasproduktion til trods for de lave iltkoncentrationer.



Figur 7: Iltprofilen i N-tanken ved beluftning på 40 Hz.

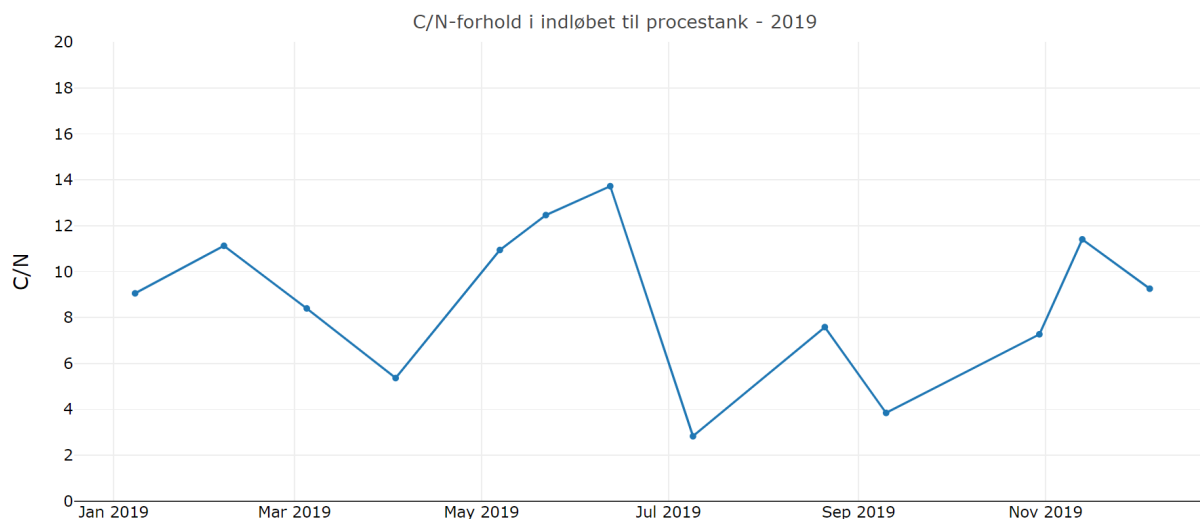
Iltprofilen i tanken blev undersøgt ved 40 Hz for at vurdere risikoen for lattergasemission (se Figur 7). Hvis ammonium er lav, er der ikke risiko for lattergasemission. Iltkoncentrationen bør dog ikke være lavere end 0,3-0,5 mg/l, da dette kan påvirke slamegenskaberne. Ud fra målingerne er det et meget lille område af tanken, der når ned på disse koncentrationer, og vi vurderer risikoen til at være minimal.

Ved lav belastning, hvilket svarer til ca. 70% af året, kan beluftningen reduceres betydeligt. Hvis beluftningen sænkes fra 50 Hz til 40 Hz, vil energiforbruget til beluftning kunne sænkes med ca. 25%. Besparelspotentialet vil hermed blive:

Energiforbrug pr. år til beluftning:	81.000 kWh/år
Energireduktion:	25 %
Andel af året med lav belastning:	70 %
Besparelspotentialet:	14.200 kWh/år

3.3 C/N forhold i måleperioden

Baseret på indløbsanalyserne er C/N forholdet (COD/N) vist i Figur 8. Gennemsnitligt er C/N forholdet i indløbet i den høje ende. Det høje forhold kan være en del af forklaringen på den meget lave lattergasproduktion – mange studier viser generelt at lave COD/N forhold kan medføre øget lattergasproduktion (Kampschreuret al. 2009, Itokawa et al. 2001 og Sangrey et al. 2017). Der forekommer dog to målinger i sensommeren, hvor værdierne er under 6. På baggrund af de få måledata for COD og TN i indløbet er det ikkemuligt at lave en konklusion omkring sammenhængen mellem C/N forholdet og lattergasemissionen.



Figur 8: C/N forholdet i indløbet til procestanken 2019.

4. Sammenligning og konklusion

4.1 Samlet emission og CO₂-ækvivalenter

Baseret på måledata fra 2019 beregnes den samlede N₂O-emission og CO₂-ækvivalent.

Samlet daglig N ₂ O-N:	0,098 kg N ₂ O-N/d
Samlet daglig N ₂ O:	0,154 kg N ₂ O/d*
Samlet daglig emission opgjort som CO ₂ -ek:	45,970 kg CO ₂ /d**
Årlig emission opgjort som CO ₂ -ek:	16,779 t CO ₂ /år

*Der bruges en omregningsfaktor på 1,57 kg N₂O/kg N₂O-N

**Der bruges en omregningsfaktor på 298 kg CO₂/kg N₂O

Omregningen til CO₂-ækvivalenter viser, at det trods meget lave koncentrationer af lattergas i procestanken stadig har en effekt på CO₂-aftrykket, da lattergas er en meget potent klimagas.

En større forståelse af, hvor stor betydning lattergasemissionen har for Hyllingeriis' samlede klimaaftryk, kræver en nærmere gennemgang af hele anlægget. Generelt, for at opnå et større overblik over anlæggets CO₂-aftryk inddrages energiforbrug til pumpning og beluftning, kemikalieforbrug og bidrag fra slambehandlingen. I forhold til slambehandlingen er der brændstofforbrug til bortskaftelse og muligvis methanudslip fra rådnetanke o.l. Derudover vil der ved aerob omsætning af COD i procestanken blive dannet CO₂. For Hyllingeriis Renseanlæg er der ikke et biogasanlæg og slamafvanding foregår med dekanter. Slam bliver kørt på landbrugsjord, hvorved kvælstof og fosfor i slammet bliver genanvendt. Genindvindingen af næringsstoffer bidrager positivt til det samlede CO₂-aftryk. Ved at inddrage alle disse bidrag er det muligt at danne sig et overblik over, hvor stor en andel lattergasemissionen udgør af den samlede CO₂-udledning.

4.2 Lattergas som del af kvælstoffjernelsen

Baseret på eksterne analyser fra 2019 beregnes her, hvor stor en del af den fjernede kvælstofmængde der fjernes som lattergas i procestanken.

Tilført Total-N:	60 kg N/d
Udledt Total-N:	-6 kg N/d
Fjernet Total-N:	54 kg N/d
Total-N fjernet som N ₂ O-N:	0,15 kg N ₂ O-N/d
% N fjernet som N₂O-N:	0,3 % af total-N

0,3% af den kvælstof anlægget omsætter, ender som lattergas. Det er en del lavere end IPCC 2019 nøgletal, der regner med 1,6%.

5. Omkostninger til installation og vedligeholdelse af målere

Novafos har oplyst, at nedenstående omkostninger omfatter alle projektomkostninger. Omkostningerne omfatter også udtræk og indsendelse af data, emissionsberegninger samt udarbejdelse af den afsluttende rapport og regnskab.

Omkostninger	Timer	Udstyr	I alt
Indkøb og installering af lattergassensorer samt drift og vedligeholdelse af disse i projektperioden	256.078 kr.	300.656 kr.	556.734 kr.
Rådgivning fra DHI A/S vedr. databehandling og indrapportering	282.000 kr.		282.000 kr.
I alt	538.078 kr.	300.656 kr.	838.734 kr.

Projektets sluttidspunkt blev ændret fra april 2019 til september 2020 grundet Corona pandemien og for at kunne fuldføre målekampagnen. Regnskabet inkluderer omkostninger for hele perioden.

Novafos havde i 2019 en årlig udgift til eftersyn og kalibrering af lattergassensorer på 4.299 kr. Herudover bruger de selv 1 time om ugen til kontrol af måler samt rengøring af sensorer. Sammenlagt bliver det en årlig driftsudgift på 23.192 kr.

6. Beskrivelse af eventuelle tiltag til reduktion af N₂O-emissionen

I projektperioden har der været en meget lav lattergasemission fra N tanken. I sommerhusperioder har den ændrede belastning medført en stigning i lattergasemissionen. Dog har den under hele måleperioden været under 0,5 kg N₂O-N/d.

Grundet den lave lattergasemission blev der derfor udført en målekampagne, hvor potentialet for energioptimering af beluftningen blev undersøgt. Målingerne viser, at ydelsen til luftpumperne kan sænkes med 4,2 kWh/h uden at øge lattergasemissionen.

7. Litteraturliste

Andalib, Mehran. Andersen, Mikkel & Taher, Edris. 2017 Correlation between nitrous oxide (N₂O) emission and carbon to nitrogen (COD/N) ratio in denitrification process. *Water Science & Technology*, in press

Itokawa, H., Hanaki, K. & Matsuo, T. 2001 Nitrous oxide production in high-loading biological nitrogen removal process under low COD/N ratio condition. *Water Research* 35(3), 657–664

Kampschreur, M. J., Temmink, H., Kleerebezem, R., Jetten, M. S. M. & van Loosdrecht, M. C. M. 2009 Nitrous oxide emission during wastewater treatment. *Water Research* 43, 4093–4103

Måling af lattergasemission på Hyllingeriis Renseanlæg

Novafos har ønsket at få kortlagt emissionen af lattergas fra Hyllingeriis Renseanlæg i forbindelse med optimering af beluftning og slambehandling på anlægget for at få et indblik i, hvor stor deres udledning er, og behovet for at reducere denne. Derfor har de deltaget i Miljøstyrelsens MUDP-projekt om måling og opgørelse fra danske anlæg.

Projektet forløb fra maj 2018 til september 2020. Der blev foretaget N₂O-målinger i procestanken i hele måleperioden og emissionsberegninger foretaget fra 01.01.2019 til 15.12.2019. Som en del af projektet blev der også lavet N₂O-målinger i procestanken, mens ydelsen for luftflowet blev reduceret. Resultater herfra viser, at der uden at sætte lattergasemissionen over styr er et besparelspotentiale på 14.200 kWh/år.

Den overordnede vurdering af resultaterne er følgende:

- Lattergasemissionen for Hyllingeriis Renseanlæg er generelt lav, og der er mange dage, hvor der slet ikke måles lattergas. Dog er der i perioder med sommerhusaktivitet, som giver pludselige ændringer i næringsstoffbelastningen på anlægget, efterfølgende observeret en øget lattergasproduktion.
- Der er potentiale for at mindske energiforbruget til beluftningsstyringen uden at risikere en øget lattergasproduktion uden for sommerhussæsonen. Alternativt kunne implementering af en beluftningsstyring med input fra ammonium- og nitratsensorerne bruges til at kontrollere beluftningen. Herved kunne beluftningen automatisk reguleres efter belastningen.



Miljøstyrelsen
Tolderundsvej 5
5000 Odense C

www.mst.dk