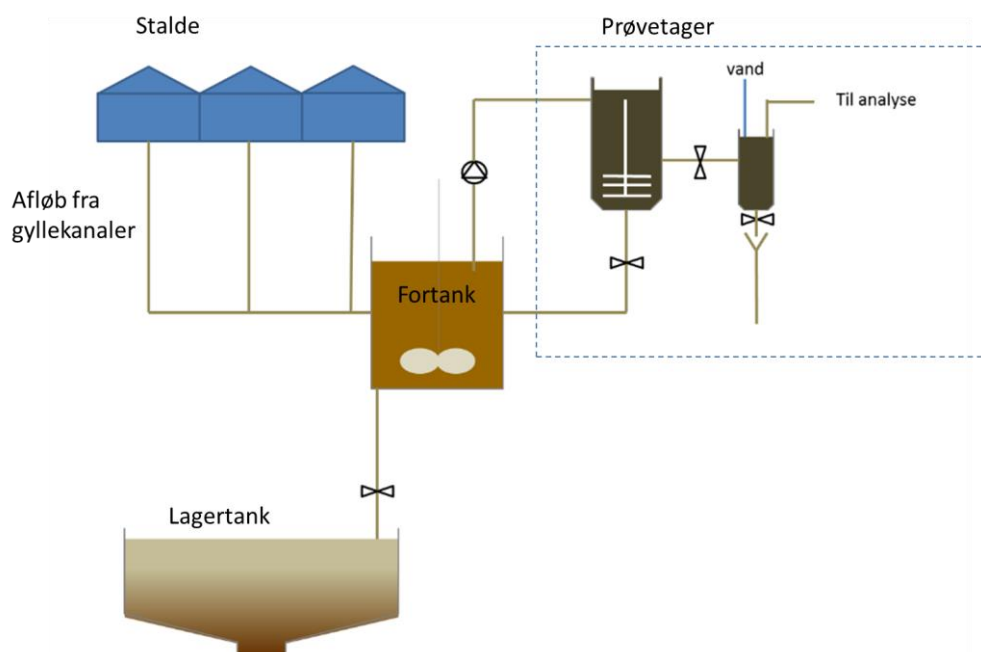


Månegrisen - Udvikling af måle- og dokumentationsteknologier til dokumentation af emissioner fra en slagtesvineproduktion

AP3: Måling af produktionen af næringsstoffer i gylle



Ministeriet For Videnskab

Rapport

Januar 2016

Denne rapport er udarbejdet under DHI's ledelsessystem, som er certificeret af Bureau Veritas for overensstemmelse med ISO 9001 for kvalitetsledelse

ISO 9001
Management System Certification

BUREAU VERITAS
Certification Denmark A/S



Godkendt af

X

Approved by

Månegrisen - Udvikling af måle- og dokumentationsteknologier til dokumentation af emissioner fra en slagtesvineproduktion

AP3: Måling af produktionen af næringsstoffer i gylle

Udarbejdet for Ministeriet For Videnskab
Repræsenteret ved

Projektleder	Peter Andreasen
Kvalitetsansvarlig	Jesper Duwe Nielsen
Projektnummer	11550084
Godkendelsesdato	Afventer
Revision	Draft 19 1 2016
Klassifikation	Begrænset

INDHOLDSFORTEGNELSE

1	Introduktion	3
1.1	Mål	3
1.2	Tidsplan.....	3
1.3	Læsevejledning og forventninger til rapportering af dokumentation.....	4
2	Sammenfatning og konklusion	5
2.1	Gyllen som prøvetagningsmedie	5
2.2	Mængdeopgørelse og anvendelse af data i driften	6
2.3	Manuel eller automatisk prøvetagning	6
2.4	Fra gylle til vandprøve og manuel analyse eller automatisk kemisk analyse i analyse-robot	7
2.5	Mobil prøvetager og analyse-robot	8
2.6	Fuldskalatest på en svinefarm	8
2.7	Omkostninger til trailer med mobilprøvetager og robotanalysator	9
2.8	Konklusion.....	9
3	Arbejdspakker (AP).....	10
3.1	AP 3.1 Systemrammer.....	10
3.2	AP 3.2. Forslag til prøvetagning manuelt og automatisk	10
3.2.1	Vurdering af mulighed automatisk prøvetagning og on-line måling på gården	11
3.3	AP 3.3. Udvikling af automatisk prøvetager af gylle med tilhørende homogenisering før kemisk analyse	12
3.3.1	Betingelser	12
3.3.2	Mobil prøvetager og analyserobot	13
3.3.3	Prøvetager - Hovedelementer.....	14
3.3.4	Funktionsbeskrivelse af prøvetagerens metode	14
3.3.5	Vejecellens anvendelse ved volumefortynding.....	15
3.3.6	Vejecellens betydning ved anvendelse af vægt til bestemmelse af fortynding	15
3.3.7	Funktionstest.....	15
3.3.8	Prøvetagningsrutinen	16
3.3.9	AP3900 robot fra Hach	17
3.3.10	Funktionsbeskrivelse af flowcellen.....	17
3.4	AP 3.4 Vurdering af analysemetoder.....	26
3.5	AP 3.5 Fuldskala test hos svineproducent.....	27
3.5.1	Afrunding på målinger	31
4	Diskussion af de samlede resultater af projektet	32
4.1	Delmålstabel	33
4.2	Forslag til forbedret gylleprøvetager og gylleanalyser i emissionsbaseret regulering	34
4.2.1	Fortanken	34
4.2.2	Automatisk og fastmonteret prøvetager.....	34
4.2.3	Udtagning af prøve til manuel ekstern eller intern laboratorieanalyse.....	34
4.2.4	Udtagning af prøve til automatisk analyse-robot	34
4.2.5	Måling af gyllemængder.....	35
4.2.6	Rapportering	35
4.2.7	Usikkerhed på måling af næringssalte og mængde af næringssalte.....	35
4.2.8	Måling på separeret gylle – mulige problemer.....	36
4.2.9	Markedskrav og eksport af prøvetagningsudstyr og måleudstyr	36
4.2.10	Principskitse for forbedret udformning af målestation.....	38

4.3	Motivation for anvendelse af prøvetager og målestation ud over anvendelse til emissionsbaseret regulering	38
-----	---	----

1 Introduktion

Gylle udgør den største kilde til næringsstoffer, som kommer fra stalde med slagtesvinsproduktion. Gyllen indeholder bl.a. kvælstof, fosfor og metaller. Til sammenligning udgøres luftemissionen af kvælstof 10-20 % af den samlede kvælstofbelastning, mens 80-90 % findes i gyllen sammen med al fosfor og øvrige komponenter. Såfremt stalden har luftrensning, vil gyllen indeholde 95 % af kvælstoffet.

Arbejdspakken har til formål at kunne opgøre mængden af næringsstoffer i gyllen/gyllefraktioner i form af kvælstof og fosfor forud for endelig disponering til anden anvendelse, f.eks. gødningsanvendelse. Arbejdspakken har fokus på repræsentativ prøvetagning, forbehandling af gyllen før analyse, on- og off-line analyser samt anvendelse af de anviste metoder til belastningsbaseret regulering og mere detaljerede oplysninger til management af produktionen, herunder anvendelse til egenkontrol. En artikel fra 1999 viser, at hollænderne, som har beskæftiget sig med prøvetagning og indført analysekontrol ved transport af gylle, har tænkt, at de bedste resultater får man med en automatisk prøvetager:

Although more accurate, the newly developed sampling techniques still offer the opportunity to the operator to influence the result by shifting the timing of sampling. Furthermore, almost continuous attention of the operator during the loading process is required. Therefore, a fully automatic version of the sampling device is highly recommended. With the help of the newly developed techniques in future both farmers and authorities can monitor the mineral quantities related to animal slurry more accurately.

1.1 Mål

- Udvikle en automatisk prøvetagnings- og forbehandlingsmetode til gyllen, før analysen udføres.
- Videreudvikle en robotanalysator til automatisk analyse af gyllen samt afprøve on-line målemetoder for at opnå yderligere viden til forbedring af management af produktionen.
- Fuldskalatest i en svineproduktion.

1.2 Tidsplan

AP	Aktivitet	2014			2015			
		Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
3.1	Systemanalyse og prøvetagningsplan	1						
3.2	Forslag til prøvetagning: Off-line og on-line	2						
3.3	Udvikling af automatisk prøvetager af gylle med tilhørende homogenisering før kemisk analyse			3				
	Afprøvning af prøvetagningsprototype			3				
3.4	Forslag til analysemetoder						4	
3.5	Full-scale test hos producent							
3.6	Afrapportering							5

I henhold til den oprindelige plan har vi i det store hele byttet om på tidsforløbet for 3.3 og 3.4, da det viste sig langt vanskeligere at færdigudvikle prøvetageren. Desuden er de sidste tests udført i januar 2016, hvor de sidste resultater er indført i rapporteringen. De sidste resultater fra afprøvning af udstyret hos en producent er udført af DHI selv i december og primo januar måned.

1.3 Læsevejledning og forventninger til rapportering af dokumentation

Hovedformålet med denne arbejdsopgave er at udvikle fysiske enheder, som er ganske avancerede, og som indeholder mange delprocesser. De skal tilpasses og koordineres, for at det er muligt at udføre analyserne. Maskinerne kræver desuden udvikling af styringer, som kan sikre det nødvendige samspil med delkomponenterne, og et databasesystem til opsamling af måleresultater.

Prøvetager og robot-analysator skal yderligere indbygges i et beskyttet miljø. Såfremt udstyret blev placeret i forbindelse med en stald, vil udstyret blive korroderet i løbet af ganske kort tid.

De kemiske analyser til laboratorieanalyse på gylle er velkendte og kræver egentlig alene, at DHI kan sætte dem ind i helheden. Her er forståelsen af gylle som matrix for indholdet af kvælstof og fosfor meget væsentlig, samt de problemer som allerede er kendt fra gyllehåndtering, som f.eks. tilstopning af pumper og rør, bundfældning og korrosion.

Denne rapport har som formål at dokumentere det udførte arbejde med fokus på det fysiske udviklede. Derfor er rapporten skrevet relativt kort og med anvendelse af bilag, som indeholder diverse arbejdsbeskrivelser og tegninger, som har været anvendt i udviklingen. Bilagene er anvendt i udviklingsarbejdet og er ikke dokumenter, som en producent kan anvende til produktion af deres eget udstyr, eller som en forsker kan bruge til at evaluere det udførte arbejde i detaljer.

Metoderne i arbejdet har været at få en vis forståelse for produktionen af slagtesvin og de betingelser, som produktionen foregår under.

Herefter har vi set på metoder og løsninger i industrien og vandbranchen, hvor der måtte være teknologier og viden, som kan anvendes til at prøvetagning og analyse af næringssalte i gylle. Herefter er der udført test af de mulige teknologier, og de mest lovende er anvendt til at konstruere en automatisk prøvetager og videreudvikle en robot-analysator.

2 Sammenfatning og konklusion

I dette udviklingsprojekt har DHI haft til formål at udvikle en prøvetager og en automatisk analysator til måling af næringsalte i gylle.

2.1 Gyllen som prøvetagningsmedie

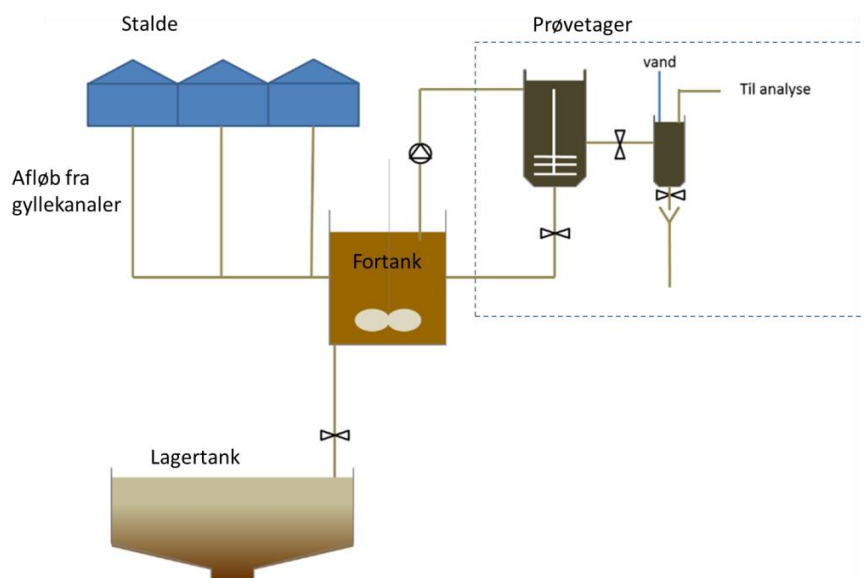
Gylle er en vanskelig matrix at udtage en repræsentativ prøve af. Gyllen kommer fra kanaler under stierne, hvor urin, fæces, foderrester, tabt vand og rengøringsvand bliver opsamlet. Når mængden er passende til at gyllekanalerne kan tømmes, kan en prop trækkes og gyllen tømmes ved gravitation til en fortank. Gyllen kan opbevares i kanalerne fra få dage til 6 uger. Fortanken er en pumpestation, hvorfra gyllen pumpes til lagertanke. Disse kan med fordel være overdækkede, men kan også være åbne og udsat for vejr og vind.

På afprøvningsgården og de fleste andre gårde bliver gylleproppen taget manuelt. Det er en ulempe for registreringer af sammenhænge i gyllens sammensætning og drift af staldene.

Gyllen er et vanskelig medie at udtage prøver af og efterfølgende analysere. Gyllen sedimentere i løbet af få sekunder, og dermed ændres sammensætningen i overfladen hurtigt. Den fosfor og kvælstof, som er bundet til den faste fraktion, går til bunden, mens de opløste fraktioner som ammonium og fosfat fortsat vil være i vandfasen. Det gør ligeledes, at den gylle, som tømmes til fortanken, kan ændre sammensætning med tiden. Gyllen lagdeler sig, og der kan desuden opstå et flydelag.

For en generel opgørelse over næringsalte i en egenkontrol kan man næppe finde et bedre sted at måle end i fortanken. Inden og efter denne i en lagertank vil sedimentation mindske gyllens indhold i den øvre fase og øge koncentrationen i den sedimenterede fase. Gyllen ændrer ligeledes sammensætning ved lang tidsplagring, hvor der yderligere sker emission af metan.

Det er i prøvegården som alle andre steder nødvendigt at omrøre fortanken meget grundigt for at få en repræsentativ prøvetagning. Såfremt prøven skulle tages fra lagertanken, vil det ikke være sikkert, at man kan sikre, at den sedimenterede fase kan opblandes igen. Derudover vil fordampning og nedbør kunne påvirke både mængder og koncentration.



Figur 1: Figuren viser udtagning af gylle fra svinestalde til prøvetager. Fortanken er omrørt.

2.2 Mængdeopgørelse og anvendelse af data i driften

Den mængde, som løber til fortanken kan opgøres via en fuldtløbende magnetisk induktiv flowmåler. DHI har dog erfaring fra disse, som viser at en langsomt løbende væske med risiko for sedimentation i rørene kan være vanskelig at måle korrekt i en længere. Derfor foreslår vi at anvende en niveaumåler (tryktransducer), som måler ændringen i vandstanden i fortanken, som ganget med arealet vil give en mængde.

Med henblik på informationsopsamling til management er det nødvendigt, at gyllen fra en sti alene bliver opgjort og analyseret. Det kræver desuden, at fortanken så godt som muligt tømmes fuldstændigt, og at der ikke samtidig tilledes ny gylle fra en anden sti.

I en månegrisstald forventer vi, at disse registreringer og styringer foregår automatisk og minimum med en sikkerhed for at kunne kildesporer data tilbage til en sti.

Dette har ikke været muligt på prøvegården, og kun få gårde har i dag et automatisk system og registrering af driften af gyllesystemet. Et for gården samlet såkaldt SRO system (styring, regulering og overvågning med data-opsamling) vil være fordelagtigt og nødvendigt i en månegrisstald. Omrøringen foran pumpen til lagertanken har haft til formål at undgå at pumpen stopper til, og er ikke velegnet til omrøring af fortanken.

2.3 Manuel eller automatisk prøvetagning

Når en gyllekanal bliver tømt til fortanken skal denne være fuldt omrørt. Det er en forholdsvis krævende proces, som skal udføres fagligt optimalt i en månegrisstald.

Man kan nu tage en prøve med 1. en pumpe eller 2. man kan sænke en kop/flaske på en stang og udtage en gylleprøve manuelt.

Den manuelle prøvetagning er sædvanligvis anvendt i branchen.

For den automatiske prøvetager er der pumpet gylle til en prøvetagers indløbstank (stor tank – her 50 l) via en snittepumpe med en stor kapacitet. Prøven recirkuleres tilbage til gylletanken igennem længere tid og mange gange (op til 50 gange volumen) for at få

den bedst mulige opblanding. Herefter skal tilpumpningen stoppes og en intern pumpning over indløbstanken fortsætte i længere tid. Tanken er med låg, og emissionen af ammoniak er ikke stor. Prøven snittes godt, og samtidig sikrer pumpningen, at gyllen går fra tykflydende til en lettere pumpbar tilstand. Gyllen bliver lettere flydende, når den er udsat for megen intensiv energi. Denne snittede gylle sedimenterer desuden langsommere.

2.4 Fra gylle til vandprøve og manuel analyse eller automatisk kemisk analyse i analyse-robot

En gennemgang af analysemetoder viser, at kvælstof og fosfor i gylle kan analyseres efter en kemisk oplukning. I vandbranchen udfører driftsfolk kemiske analyser ved hjælp af forudindstillede test kits, som sikrer, at man kan lave analyser uden at være laborant eller kemiker.

Metoderne er nøjagtige og giver resultater, som svarer til kommercielle laboratoriers resultater. Den positive anvendelse modsvarer erfaringen fra vandsektoren, bortset fra at fortynding af prøver bedst sker ved hjælp af afvejning i stedet for en fortynding baseret på volumen. Det er sværere at udtage et lille volumen prøvegylle med en pipette.

Standard analyse-kit kan således fint anvendes manuelt til analyse af gylle.

Købsprisen for spektrofotometer, varmeblok, vægt og pipetter er i størrelsesordenen 80.000 kr. Analyseprisen for test kits er omkring 25 kr./analyse.

Der har desuden været afprøvet on-line målere, som kan måle pH, massefylde, niveau- og ledningsevne som on-line målinger. pH, niveau og ledningsevne kan fungere. Ledningsevnen kan indikere niveau af kvælstof og fosfor.

I projektet har vi ønsket at komme skridtet videre og foretage en automatisk analyse af gyllen med test kits. Der findes robot-analysatorer, som kan lave de rigtige analyser, men kræver, at prøven er sat op manuelt, og at der i robotten foretages et valg af analysemetoder og opsætning af test kits som for de manuelt udførte test kits.

Gyllen fra den mekaniske prøvetager bliver pumpet til en mindre beholder og fortyndes der med vand. Fortyndingen er testet både med volumenfortyndinger og med afvejning. Begge måder fungerer, dog har vi haft den bedste kontrol og styring af fortyndingen ved afvejning af prøve og tilført vand.

Den 20-50 gange fortyndede prøve blandes godt og kan nu pumpes til en nyudviklet flowcelle, som erstatter de ellers manuelt placerede rør i robotten. I flowcellen pumpes prøven blot igennem og er til rådighed for prøveudtagning af analyse-robotten.

Styring af snittepumpe og homogenisering af gylleprøven og efterfølgende fortynding af gyllen styres via en PLC, med en parameterstyring via et softwareprodukt DIMS (som gør det er enklere at rette i parametre m.m). DIMS kommunikerer ligeledes med robotanalysatoren. Robotanalysatoren har fået nyt program med muligheden for at anvende en flowcelle og blive aktiveret af DIMS softwaren.

Både prøvetager og robot-analysator kan styres over internettet, og det er unødvendigt i mange situationer, at der er personale ved maskinerne.

Test kits leverer analyseresultater, som ligger inden for 10 % af resultaterne fra kommercielle laboratorier. Med analyserobotten kan vi have resultaterne inden for to timer, mens resultaterne fra de kommercielle laboratorier er modtaget efter 4 til 21 dage.

Såfremt der skal gribes ind i driften ved ikke forventede resultater, kan man dårligt anvende kommercielle laboratorier.

Den vandfortyndede gylleprøve bliver således pumpet til robot-analysatoren via flowcellen. Analysatoren foretager nu en analyse af total kvælstof, ammonium og total fosfor. Analysenøjagtigheden svarer til de manuelt anvendte test kits, dog er der mulighed for en større nøjagtighed. Analysatoren er ikke så afhængig af en menneskelig faktor som forskelle i pipettering. Erfaringen fra vandbranchen er, at der er færre fejlmålinger og større præcision med en robotanalysator, med mindre der er tale om laboranter eller kemikere, som udfører analysearbejdet. Det sidste vil ikke være tilfældet på en svinefarm.

Til afslutning bliver prøvetageren med beholdere, ventiler og pumper skyllet med vand og rengjort, hvorefter de er klar til en ny omgang. Der er mulighed for at anvende både syre- og basevask.

Utilstrækkeligt vandtryk har vist sig at kunne ødelægge en prøvetagning og analyse. Når der fodres eller rengøres, kan vandforbruget blive så stort, at der ikke er vand til rådighed. Det har givet problemer, og det har været nødvendigt at indbygge alternativ håndtering via DIMS softwaren, når dette sker.

2.5 Mobil prøvetager og analyse-robot

Prøvetager og analyse-robot kan ikke umiddelbart opsættes på en svinefarm. Der er flere PC'er, automatiske ventiler, en PLC og motorer, som næppe vil holde lang tid ved kontakt med bare luften i en svinestald.

Der er derfor bygget en trailer, som er delt i to rum: Et rum til prøvetageren og et rum til robot-analysatoren.

Prøvetagerrummet har et kraftigt luftskifte, da blandt andet svovlbrinte kræver stort luftskifte. Der er mulighed for at spule med vand i rummet for at kunne rengøre i tilfælde af skum eller uheld ved prøvetageren. Prøvetageren er udført i korrosionsbestandige materialer.

Rummet med analyse-robotten er fuldstændigt adskilt fra prøvetageren med en pleksiglasvæg, da elektronikken ikke kan tåle gasserne eller fugten, som er ved prøvetageren.

Traileren kræver opvarmning og opsætning i vatter, eltracing af slanger for at udstyret er velfungerende. I december har der været perioder med under -5°C , som har krævet både installation af varmeradiator og varmeblæser. Der er krav til, at ammoniumanalyserne udføres ved ca. 20°C , hvilket har været en årsag til afvigende analyser, indtil temperaturen var på plads.

2.6 Fuldskalatest på en svinefarm

Der er i oktober – december og primo januar lavet kortvarige test med den mobile prøvetager og robot-analysator på prøvegården.

Der har været ting, som vi har måttet ændre i forhold til testene i laboratoriet. Vi har ikke kunnet afprøve med gylle i laboratoriet på grund af lugt og uhygiejniske forhold. Der har været test med andre medier, herunder kaffegrums, som lidt ligesom gylle kan tilstoppe og sedimentere. Det har efterfølgende været vanskeligere at gøre tingene under de mere primitive forhold på gården.

Indledningsvis er det værd at bemærke, at udstyret ved det rette materiale valg har kunne tåle kontakten med gylle og de dampe, som findes i prøvetageren og ved placeringen op ad fortanken. Hverken el-installationer eller andet har tegn på at være påvirket. Vi tror dog at selve prøvetageren med fordel kan holdes uden for en målestation, og derved være enklere at anvende og desuden øge levetiden af udstyret.

De afsluttende tests med anvendelse af fortynding med afvejning af prøve indikerer, at det er muligt at foretage automatiske målinger i en uge i træk uden manuel indgriben bortset fra opfyldning af kemikalier og ændring af måleområde for en ledningsevne måler og tilretning af pipettespidser.

I de sidste dage er prøverne udtaget kl. 12 og kl. 24 og herefter analyseret.

Resultaterne falder kraftigt fra op til 2700 mg/l kvælstof ned til 200 mg/l! Herefter fik vi desværre frost tilstopning og vi målte på den samme vandprøve i den store beholder. Faldet i koncentrationen tilskrives tømning af kanaler og rengøring.

Analyserne kan ikke anvendes til en massebalance for gården på grund af for få analyser og utilstrækkelig omrørt fortank.

Den udviklede mobile prøvetager er endnu ikke en rigtig prototype, som umiddelbart kan masseproduceres. Der skal foretages justeringer, som dog er af mindre omfang. Projektet indikerer, at det er praktisk muligt at foretage automatisk prøvetagning og få analyseresultater automatisk med få timers forsinkelse. Samtidig kan udstyret i stort omfang styres via internettet. En længere måleperiode uden stærk frost (vi havde temperatur ned til -10C) vil dog have givet en bedre dokumentation.

Erfaringen fra gården blandt andet under frost viser, at det vil være fordelagtigt at flytte prøvetageren helt ud af traileren. Indblæsning af kold luft kan give frysninger af prøve mm. Derudover er det lettere at rengøre og håndtere prøvetageren uden for traileren. I givet fald skal prøvetageren beskyttes mod vind og vejr.

Prøvetageren vil derved ligeledes kunne fungere som en selvstændig prøvetager, som kan foretage prøvetagning til manuelle analyse-kit eller til eksterne laboratoriers analyse af gyllen.

2.7 Omkostninger til trailer med mobilprøvetager og robotanalysator

Robotanalysator koster omkring 500.000 kr., prøvetager 200.000 kr., trailer med installation omkring 200.000 kr. En sådan pris vil ikke være forsvarlig for en enkelt svinefarm, og vi forestiller os, at en trailer med udstyr kan lejes til kampagnemålinger eller anvendes af fagpersoner i forbindelse med myndighedskontrol eller dokumentation af en månegrisstald eller andet som giver værdi for branchen.

Markedet for udstyret vil førtst være tilstede hvis der kommer lovkrav eller, hvis anvendelsen kan give andre værdier for svineproducenten.

2.8 Konklusion

Det er muligt at lave en automatisk prøvetagning og automatiske analyser baseret på analyse-kits.

Prøvetageren kan med fordel opstilles særskilt ved fortanken således, at både svineproducent og fagfolk udføre analyser og gerne på den samme prøve. Denne model er kendt fra regulering af vandbranchen.

Der er betydelige omkostninger, som kan afholde svineproducenter til at undersøge gyllen nærmere.

3 Arbejdspakker (AP)

I de følgende afsnit er der taget udgangspunkt i dokumentation for udførelse af arbejdsplanerne.

3.1 AP 3.1 Systemrammer

Gylle er en vanskelig matrix at måle på. Gyllen er heterogen med både et stort indhold af partikulært stof og opløst stof. Partiklerne sedimenterer hurtigt, og dermed ændres gyllens sammensætning inden for minutter, hvis en omrøring stopper eller gyllen løber ved gravitation mod en fortank.

Gentagen prøvetagning og analyse på den samme prøve vil have en relativ stor relativ usikkerhed (udtrykt som standard afvigelse divideret med middelværdien), indledningsvis kan 30-50% være realistisk for et heterogen medie.

Den analytiske usikkerhed er lavere, ofte 10-30%.

Det er antaget, at indholdet af halm ikke er højt, da det ikke er set for slagtesvineproduktion. Dette er væsentligt, da halm kan forstærke tendensen til at tilstoppe udstyret mere til end almindelig gylle.

Prøvetagningen skal udføres på en fuldt opblandet tank for at mindske antallet af prøvetagninger og opnå den højeste nøjagtighed ved prøvetagningen.

Vi forventer at måle kvælstofkoncentrationer fra 1.800-10.000 mg N/kg (eller mg/l) med et gennemsnit på 4200 mg N/kg), mens ammoniumkoncentrationen er lidt højere end halvdelen af total N (55-80% af total N). Fosforkoncentrationen varierer mellem 200 mg P/kg til 2200 mg/kg med det forventede gennemsnit omkring 800 mg P/l. Der må dog forventes en stor variation afhængig af produktionsbetingelserne.

Systemrammer for prøvetagning og analyse er nærmere beskrevet i appendiks 1.

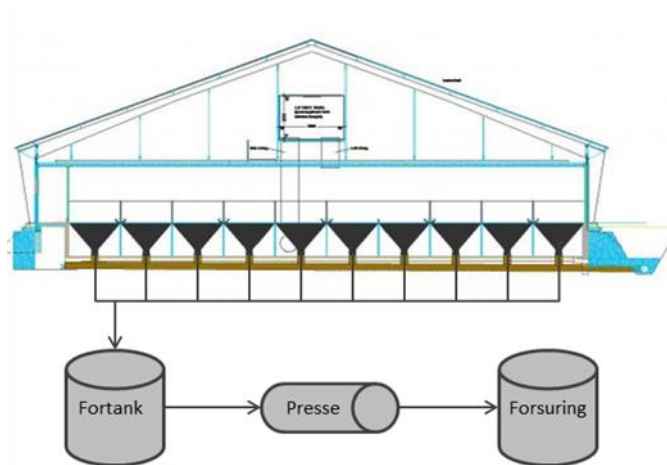
3.2 AP 3.2. Forslag til prøvetagning manuelt og automatisk

Indledningsvis har vi besøgt flere svineproduktioner sammen med Agrotech for at forstå opbygningen af de produktionsstalde fra traditionelle stier til store stier, forskellige grader af spaltegulve og drift og tømning af gyllekanaler.

Metode: For at forstå en prøvetagning bedst muligt har vi skullet opnå egne erfaringer.

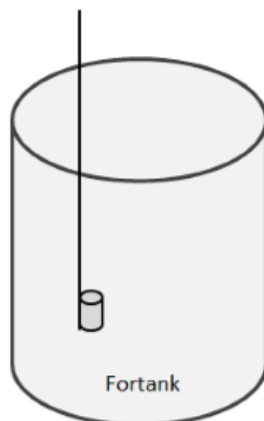
En af prøvetagningerne blev udført hos en svineproduktion med gylleseparering og forsuring af den tynde fraktion efter separering. Gyllekanalerne blev tømt hyppigt, og tiden mellem en tømning var under en uge og gerne tre dage. Det skyldes ønsket om at undgå ammoniakafdampning fra staldene. Ventilationsluften blev syrevasket for at opfange en væsentlig del af ammoniakfordampningen.

Det tætteste vi kunne komme på gyllen var i fortanken.



Figur 2: Staldsystem med stejle gyllekanaler udført i plast og med hyppig tømning. Fra fortanken blev gyllen pumpet på en gylleseparatør/skruepresse, hvor tørstof blev lagret og tynd fraktion blev forsuret inden lagring.

Prøvetagningen blev udført manuelt med en beholder fastgjort til en rundstok, som blev dykket ned, efter omrøring havde været startet i mindst 30 minutter.



Figur 3: Manuel prøvetagning med simpel prøvetager til rågyllen og til forsuret vandfase.

Vandfasen fra skruepressen blev opsamlet enkelt med en spand fra afløbet under pressen.

3.2.1 Vurdering af mulighed automatisk prøvetagning og on-line måling på gården

Det er vigtigt at tage højde for, hvordan og hvornår gyllen pumpes til og fra fortanken. Samtidig skal det sikres, at fortanken er omrørt ved prøvetagning for at undgå sedimentation under prøvetagningen.

Da sektionerne tømmes en af gangen, kan prøver som repræsenterer de enkelte sektioner udtages og identificeres ved at holde en tilstrækkelig pause mellem tømning af de enkelte sektioner.

Med den nuværende styring af gyllebehandlingen på gården tømmes og fyldes fortanken samtidig. For at gylleflowet kan måles med en niveaumåler, er det et krav, at fortanken er

tilstrækkelig stor til at modtage en batch gylle, så der må altså ikke tømmes og fyldes samtidig.

On-line måling af pH eller ledningsevne kan umiddelbart udføres, men målingerne giver kun mening, hvis fortanken indeholder gylle fra sti og tanken er omrører. Målingerne skal sammenholdes med niveaumålinger for at sikre, at målingerne repræsenterer en gyllekanal.

Notatet vedrørende prøvetagning er bilag 2.

3.3 AP 3.3. Udvikling af automatisk prøvetager af gylle med tilhørende homogenisering før kemisk analyse

Indledningsvis var der en mulighed for at videreudvikle på et eksisterende udstyr. Dette blev stoppet, da det udstyr vi kunne finde var rettet mod udtagning af delprøver udtaget til en transportvogn, og prøven var låst af efter udtagning af delprøver.

Vi har derfor gentænkt mulighederne for udvikling af en prøvetager, som i henhold til AP 3.1 og 3.2 vil skulle ske fra fortanken.

Metoder:

1. Kontakt til leverandør med erfaring fra gyllelignende medier (spildevandsslam) for fælles drøftelse af materialevalg og design af prøvetager med motorer og ventiler, samt materialevalg. Herefter beregninger af fysiske størrelser og opbygning af model 1.
2. Oplisting af I/O liste, styringsbehov for opbygning af PLC til styring af pumper og ventiler, samt overordnet software (DIMS) for parametre og kontrol med PLC og mulighed for overordnet kontrol. Kontakt til elektriker for opbygning af el-skab samt PLC programmør for sparring til programmering af de nødvendige funktioner.
3. Opbygning af Excel-model for virtuel test af prøvetager, herunder fortynding med volumen fortynding.
4. Fortynding med anvendelse af volumen og vægt.
5. Test og efterfølgende justering af førsteudgaven.

Emnerne indgår i det følgende, dog uden, at der er refereret til dem.

3.3.1 Betingelser

I de følgende afsnit vil læseren blive ført gennem alle elementerne i den målestation, der er hovedelementet i en undersøgelse af, hvad pålidelige og retvisende målinger af næringsstofindholdet i gylle forudsætter. Sideløbende med dette afsnit ligger et grundigt studie af de kemiske og fysiske egenskaber gyllemediet har, samt en række analysemetoder er forsøgt, for at opnå erfaringer herom (AP 3.4). Af dette arbejde stilles 4 kriterier, som er basis for udformningen af den målestation, som projektet har udviklet:

- Der skal ske en homogenisering og fortynding af råmediet, før en retvisende prøve kan udtages til analyse. Det skyldes, at partiklerne i råmediet bundfælder på sekunder, samt at det forventes at kvælstofindholdet er i særdeles høje koncentrationer.

- Målepunktet skal være i en gyllefortank. Inde i stalden, er der et stærkt korroderende miljø, som besværliggør installation af analyseudstyr. I hovedtanken vil prøvetagningen, vurderes det, blive forurenede af en ophobning af faststof, som samler sig i midten af tanken inden udpumpning til afvanding. Fortanken er en position, hvor en frisk prøve kan tages uden indgreb i rørføring med mere. Der behøves kun en åbning til at føre en dykpumpe ned i fortanken. Fortanken har den fordel, at en niveaumåler kan registrere, når en staldsektion tømmes, idet tanken netop fyldes og tømmes indenfor et relativt kort tidsrum.
- Prøven skal analyseres omgående, fordi gylle er et meget biologisk aktivt medie, som hurtigt kan omsætte de næringsstoffer, som eftersøges.
- Hele prøvetagningsprocessen skal være automatiseret, og helst mobil, så prøvetagning kan foregå med høj tidsmæssig opløsning året rundt i varierende miljøer. Den projekterede prøvetagningsfrekvens er op imod hver anden time. Det forventes at prøver også skal kunne tages om natten, idet der er eksempler på automatiske tømningssystemer, som kører natten igennem.

3.3.2 Mobil prøvetager og analyserobot

De ovenstående kriterier har ledt til en målestation, der er bygget ind i en cargo-trailer, og består af to hoveddele; en special fremstillet prøvetager, samt en analyserobot fra Hach Lange (herom senere). Prøvetageren er i de følgende afsnit gengivet med beskrevne arbejdstegninger og virkemåden er gengivet med de programmerede rutiner, som styrer en prøvetagning. Målestationens funktion er at tage en 50L prøve af gylle direkte fra fortanken, homogenisere denne og fortynde en delmængde, 100 gange. En delmængde af den fortyndede gylle overføres til en specialfremstillet flowcelle med et volumen på 50mL i robotten. Herfra kan robotten tage de nødvendige analyser, som i projektet er ammonium, total kvælstof og total fosfor.

Hele proceduren foregår automatisk og er styret fra DHIs DIMS.CORE software. Herfra aktiveres robotens forprogrammerede rutiner, og analysedata lagres.

Foruden de to hovedelementer er der en række nødvendige detaljer i målestationens indretning, som er nødvendig før disse to kan fungere i samspil i begrænset rum og atmosfære:

- Et skinnedsystem under prøvetageren og robotten. Uden dette ville det være meget vanskeligt at tage udstyret ud til service/vedligehold.
- Hele den ene side af målestationen udgøres af en låge, som ved åbning giver adgang til at betjene robotten, overvågnings-Pc'en, samt udskifte kemikalier og affaldsdunke uden det er nødvendigt at stige ind i traileren.
- En låge med indvendig skærmningskasse hvor tilløb og afløb fra autosampleren kobles ind. Heri også rent vandføring, som bør føres i el-trace vandslange.
- Opmagasineret vand, samt dunke til kemisk affald fra analyserobotten.
- Det er en høj prioritet i målestationens indretning at robotten har stabile drift betingelser. Derfor er til trailerens centrale strømforsyning også koblet et airconditionssystem, samt varmeblæser.
- For at beskytte robotten mod korroderende dampe fra gyllen i auto-sampleren (og stænk fra samme), er der installeret en langsgående skillevæg i plexiglas. Airconditioningen er indrettet således at suge siden er robotens, og der blæses ud i autosamplerens rum, hvor der er luftafgang gennem til-og afløbskassen.

3.3.3 Prøvetager - Hovedelementer

Prøvetagerens hovedelementer er to kamre á 50L (kammer1) og 3L (kammer2), som benyttes til hhv. at opsamle og fortynde gylle for at klargøre det til analyse. Der er en neddykket snittepumpe (betegnet LowPump i skitse og rutediagrammer) til at trække gylle fra fortanken, og en snittepumpe (betegnet CutPump) monteret som recirkulation på kammer1. I kammer2 holdes de formindskede partikler suspenderet ved en "spadeomrører" monteret i toppen. Al overskudsgylle forlader prøvetageren via et fælles afgangsrør, der er den eneste blottede udgang. I kammer1 skal gyllen opsamles og homogeniseres med recirkulation af gyllen gennem CutPump, der netop har et snittehoved til formålet. En peristaltisk pumpe (DilPump) skal føre en delmængde til kammer2, hvor fortyndingen foregår. En anden peristaltisk pumpe sender, fra bunden af kammer2, prøven videre til den flowcelle, som er monteret i robotten. Denne operation er ikke mængde-begrænset, idet den nye fortyndede prøve først skal bruges til at fortrænge skyllevandet fra renseproceduren.

3.3.3.1 Ventiler

Alle ventiler er pneumatiske og fuldt udborede kugleventiler. De styres med digital signal (4-20mA), men kun med funktionerne helt-åben og helt-lukket. En kompressor med tank forsyner hele prøvetageren med trykluft.

I bunden af hvert kammer er en ventil (ventil1 og ventil2), som kan åbne til et fælles afgangsrør. Det lille kammer har en ventil i siden, som kan bruges til afrømning, hvis der ønskes en volumen baseret fortynding.

3.3.3.2 Rørføringer

Pumpen, som befinder sig i gylletanken, betegnet LowPump, er forbundet til målestationen via en brandslange, som ender i et 5" rør, der går op i kammer1. Den tørtopstillede CutPump er ligeledes koblet til systemet med stykker af brandslange, som ender i en 5" kobling. Den suger fra et udløb i bunden af kammer1 og returnerer til toppen af kammer1 for at skabe omrøring. Bundrøret fra kammer1 er 2", og der er et overløb på kammer1, med et 2" rør. Kammer2 har ligeledes et bundrør og overløbsrør på 2". Bundrør og overløbsrør går til et fælles afgangsrør på 6" som beskrevet ovenfor. Til toppen af hvert kammer går et 1" rør til rentvandsforsyning. De to rentvands rør ender i et spulehoved hver, så de både renser og fylder. Fra bunden af kammer2 er en konisk studs uden vinkel, hvortil en 1/8" slange kan sættes fast. Slangen er forbundet til analyse-robotten via en peristaltisk pumpe, der ved stilstand agerer ventil.

3.3.3.3 Flowcellen

I robotten er det standard-leverede rack til tuber med prøver udskiftet med en specialfremstillet flowcelle. Selve flowcellen har et volumen på 50 ml og har en konisk bund, hvor til- og afløb kobles på. Hvert af disse er forsynet med en magnetventil, Mag1 Valve i tilløb og Mag2 Valve i afløbssiden. I flowcellens top er der et passivt overløb. Flowcellen er fikseret på to plader i bund og top. Begge plader er forsynet med en kant og et stort afløb, således at hvis der skulle ske et uheld, hvor f.eks. en slange springer af eller overløbet klotter til og flowcellen løber over, så vil det ikke brede sig i robotten.

3.3.4 Funktionsbeskrivelse af prøvetagerens metode

1. Overvågnings PC'en modtager et signal fra niveau-måleren i gyllefortanken. Med BigBotValve i åben position i bundrøret fra kammer1, starter LowPump og trækker gylle fra gylletanken. Der er frit afløb for at fjerne falsk væske i rørene, og for det tilfælde at den første gylle er tynd.

2. Kort efter lukkes BigBotValve, og LowPump kører fortsat indtil overløb nås.
3. CutPump starter og kører i en tidsbestemt periode. Dette er en recirkulerende operation og gyllen bliver homogeniseret i pumpens snittehoved.
4. Rent vand fyldes på i det lille kammer, opfyldning sker indtil en niveaumåler i det lille kammer aktiveres, hvorefter massen af vandet måles.
5. Mens CutPump stadig kører, af hensyn til at have et fuldt opblandet medie, udtages en prøve ved hjælp af DilPump, som sendes over i det lille kammer, hvor den blandes med vandet.
6. Efter påfyldning måles massen af den fortyndede prøve for at bestemme den eksakte fortynding.
7. En delmængde pumpes videre til en flowcelle i robotten.

3.3.5 Vejecellens anvendelse ved volumefortynding

For at sikre en stabil drift uden at have målestationen under opsyn er der en række sikkerhedsforanstaltninger i prøvetagerens udformning og program. Det mest væsentlige element til at sikre kvalitet i målemetoden er den vejecelle, som det lille kammer er installeret på. Den melder tilbage, hvordan status er på det lille kammer igennem scriptet. Således kan slutvægten hjælpe med at bestemme, om der over mange målinger er en variation i fortyndingsfaktoren.

Vægtens signal gør det også muligt at afbryde prøvetagningsrutinen, hvis en ventil blokerer, så der måles at der ikke kommer vand til som forventet, eller prøven ikke forlader kammeret, når det skal. Begge kamre er udstyret med et passivt overløb, som sender gyllen tilbage i fortanken, hvis noget går anderledes end forventet. Det kunne dog stadig give en u hensigtsmæssig situation, hvis prøvetagningsrutinen kører uden at væskestrømmene bevæger sig som forventet.

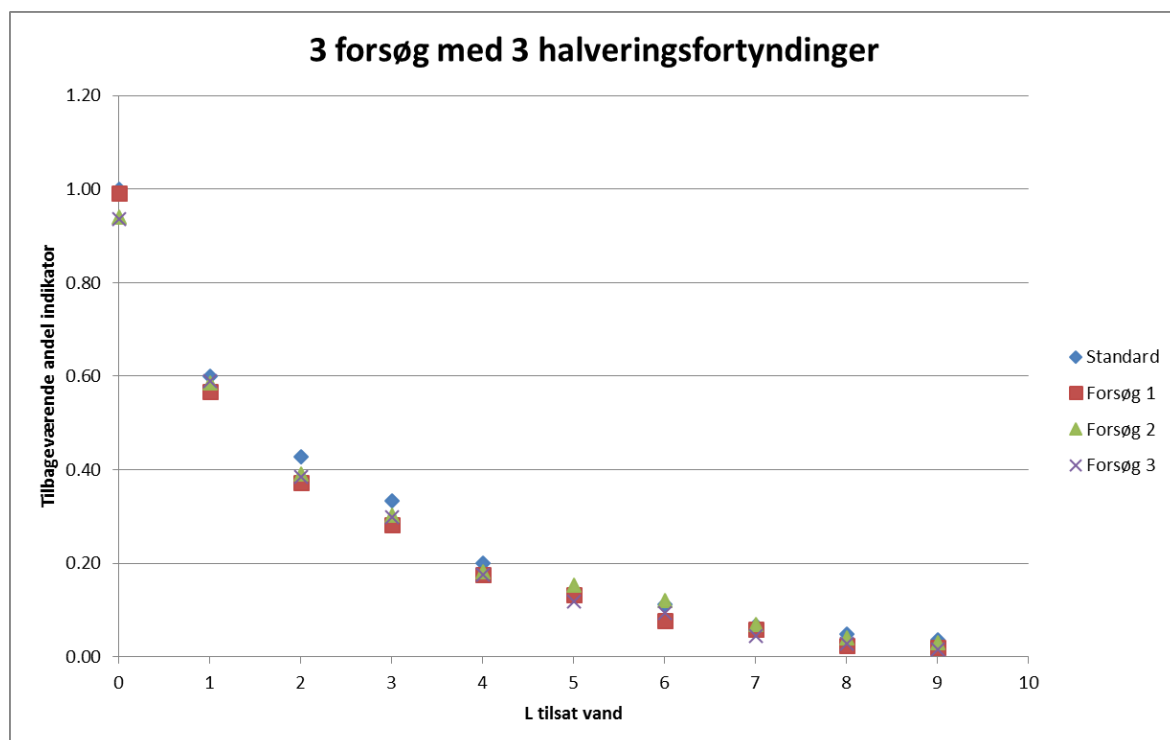
3.3.6 Vejecellens betydning ved anvendelse af vægt til bestemmelse af fortynding

Det viste sig fordelagtigt at anvende vejecellen til den faktiske bestemmelse af fortyndingen. En ekstra slangepumpe pumper homogeniseret gylle fra stor tank til lille tank. Mængden afvejes og efterfølgende tilledes vand til niveauekontakt stopper tilførslen, hvorefter den samlede mængde vejes.

Herefter kan fortyndingen beregnes på grund af vægt af prøve og den samlede vægt af prøve og vand.

3.3.7 Funktionstest

Inden installation af vejecelle og niveaumåler blev det lille kammers evne til at lave en præcis fortynding undersøgt. Resultatet kan ses på nedenstående graf. Beholderen er fra starten fyldt med farve indtil tømningventilen i siden. Derpå tilsættes 1 liter vand ad gangen, mens en prøve udtages. For hver 3 liter nås overløb, og tømningventilen i siden åbnes. Med 9 målinger er der således foretaget 3 halveringsfortyndinger, men mellem målingerne ses også det væsentlige resultat, at ingen af rørene ophober væske, der er væsentligt for meget eller for lidt fortyndet. Det vurderes på baggrund af dette, at der ikke sker et skred i afvigelsen fra den 3. til den 9. måling på nogen af de tre forsøg.



Figur 4: Prøvetagerens fortyndingsfunktion blev indledningsvis testet ved manuelt at tilsætte vand i incrementer og måle fortyndingens progression.

3.3.8 Prøvetagningsrutinen

I softwaren er prøvetagningen inddelt i en række rutiner, som eksekveres sekventielt. Hver rutine begynder med at identificere sig til debug loggen, så en eventuel fejl kan spores til en position i prøvetagningen. Prøvetagningen indledes af et oprydningstrin for at undgå komplikationer, hvis proceduren nødstoppes, eller der kommer et strømafbud. Prøvetageren vil altid tømme systemet for gammel prøve og aktivt sætte ventilerne i den korrekte position, inden pumpen i gylletanken startes.

I rutediagrammerne kan hver af sekvenserne følges. Langt de fleste handlinger i sekvenserne er tidsmæssigt styret, så et stykke udstyr aktiveres på en sekund tælling. Eneste undtagelse er påfyldning af vand i det lille kammer, der har en niveaumåler som primær styring og sekundært en tidsstyring, for det tilfælde at vandtrykket forsvinder.

Hver stykke udstyr har en State parameter, som sætter slukket/tændt eller lukket/åben for det givne udstyr. De fleste har også en SP, sætpunkt, parameter, der anviser hvor længe udstyret skal være aktivt, samt en PV, procesvariabel, parameter, som holder sekundtællingen. For nogle sekvenser er flere State parametre samlet under én tælling. For at kunne have flere tællinger kørende samtidig, kaldes ét af en række opdateringsscripts, som administrerer kommunikationen til PLC niveau. De betegnes Update 1-5. Inddelingen er foretaget for at minimere risikoen for at noget udstyr bliver aktiveret ved en fejl. Ved hvert rutediagram findes en parameterliste for dens sekvens.

Til at udvikle sekvenserne er en simulator blevet anvendt, hvor programmet først blev skrevet som en Excel makro. Derved kunne vi teste, at vi havde styr på alle delene, og give kvalificerede bud på sætpunkterne. Senere er disse blevet trimmet med kørsler på udstyret.

3.3.9 AP3900 robot fra Hach

Den automatiske analyse-robot fra Hach er i stand til selv at foretage almindelige vandanalyser, herunder ammonium, total-N og total-P. Dette inkluderer også destruktion af prøver samt dosering af reagenser uden indblanding fra brugeren. Robotten kan analysere flere parametre samtidig fra samme prøve og er i stand til at håndtere flere prøver sideløbende.

AP3900 analyse-robotten bruger Hachs velafprøvede kuvettetest, hvor kemikalier og reagenser er afmålt og blandet på forhånd. Robotten er selv i stand til at håndtere disse rør og dosere den nødvendige mængde reagens. Efter endt prøveforbehandling og reaktionstid måles testrøret i det indbyggede DR3900 fotometer, som automatisk scanner strekkoden på røret, og dermed er i stand til at genkende typen og tilhørende omregningsfaktor.

3.3.9.1 Indretning af AP3900 med flowcelle

Normalt er AP3900 robotten indrettet til at håndtere individuelle prøverør placeret i et rack inde i robotten.

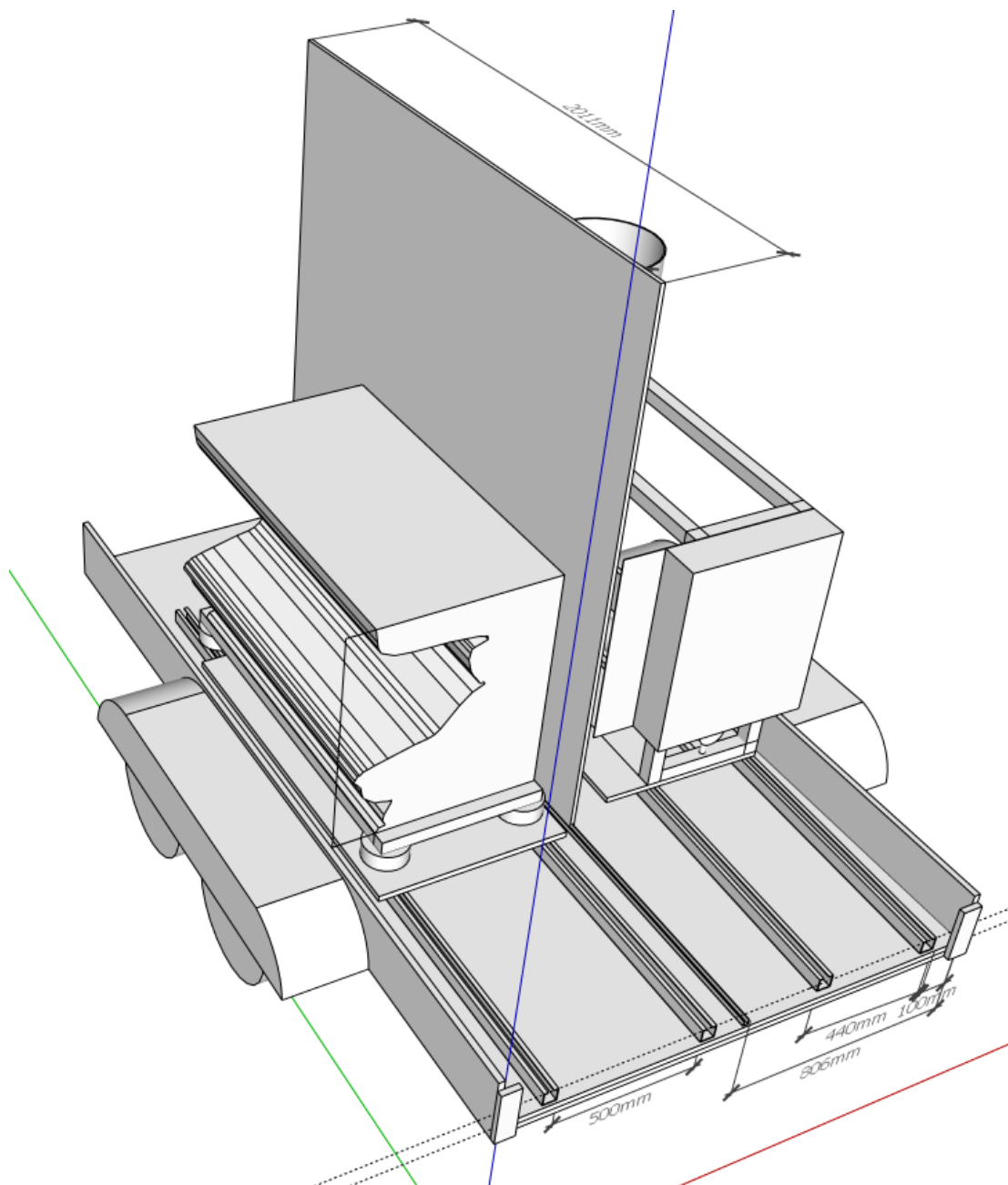
For at tilgodese ønsket om at være i stand til automatisk at levere en færdigbehandlet prøve til analyserobotten, har det været nødvendigt at få lavet en særlig udgave af robotdens software, som kan håndtere forskellige prøver fra samme prøveposition. Ligeledes bliver robotten igangsat af et klar-signal, som angiver at der er en ny prøve klar til analyse.

Da dette ikke er en standard funktion i robotten, har det været nødvendigt at designe og fremstille en flowcelle med tilhørende holder, som passer ind i robotten i stedet for de normale prøve-racks. Selve flowcellen består af en delvist udboret cylinder, hvor udboringen er konisk i bunden. Nederst på cylinderen er der boret to huller (inlet og outlet), som mødes med den koniske udboring i midten af cylinderen. Øverst på cylinderen er der boret endnu et hul, som fungerer som overløb. På både inlet- og outlet-slangerne er der monteret magnetventiler til håndtering af prøven. I overløbet er der monteret en fitting, som gør at væsken kan løbe uden modtryk. Selve holderen er designet, så eventuelle lækager ikke vil løbe ind i robotten, men vil blive ledt direkte væk.

3.3.10 Funktionsbeskrivelse af flowcellen

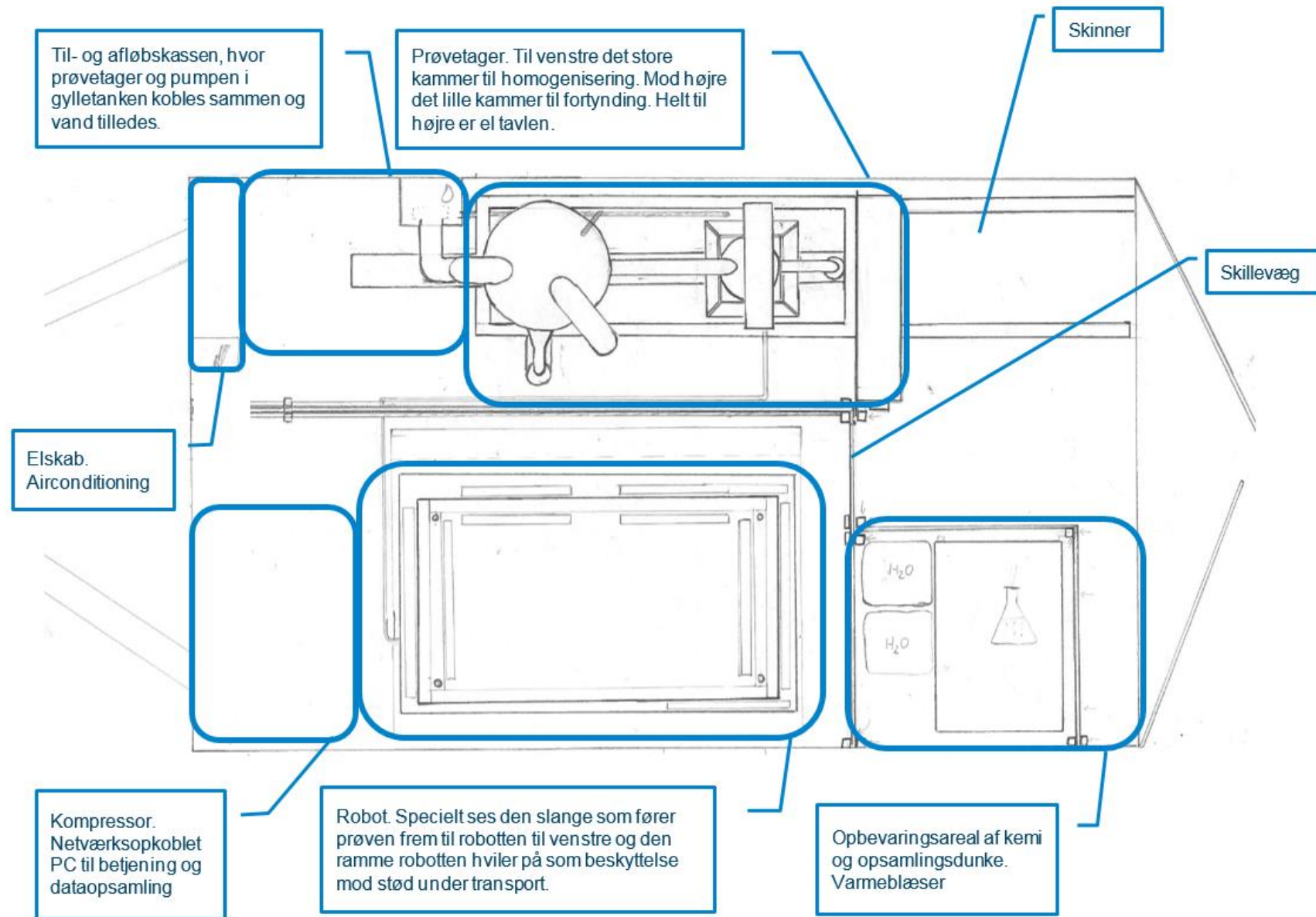
8. Mag2Valve holdes åben for at sikre, at flowcellen er tom.
9. Mens Mag2Valve holdes åben, bliver peristaltpumpen, som skal føre prøven over, tændt. Mag1Valve skal altid være åben når pumpen kører. Systemet skyldes grundigt igennem, så det er sikkert at den prøve som fanges i flowcellen, er fra det aktuelle medie og uforurenset.
10. Mag2Valve lukkes, så en prøve samles i flowcellen.
11. Når flowcellen er fyldt til overløb standses pumpen og Mag1Valve lukkes,
12. Mens robotten kører sin rutine, er cellen i bero. Robotten har udstyr til at sikre opblanding inden en prøve fanges i pipetten.
13. Prøvetageren har kørt sin renseprocedure, så når pumpen til prøveoverføring kører, fyldes flowcellen med rent vand.
14. Mag2Valve åbnes for at skyldes flowcellen igennem og tømme denne.

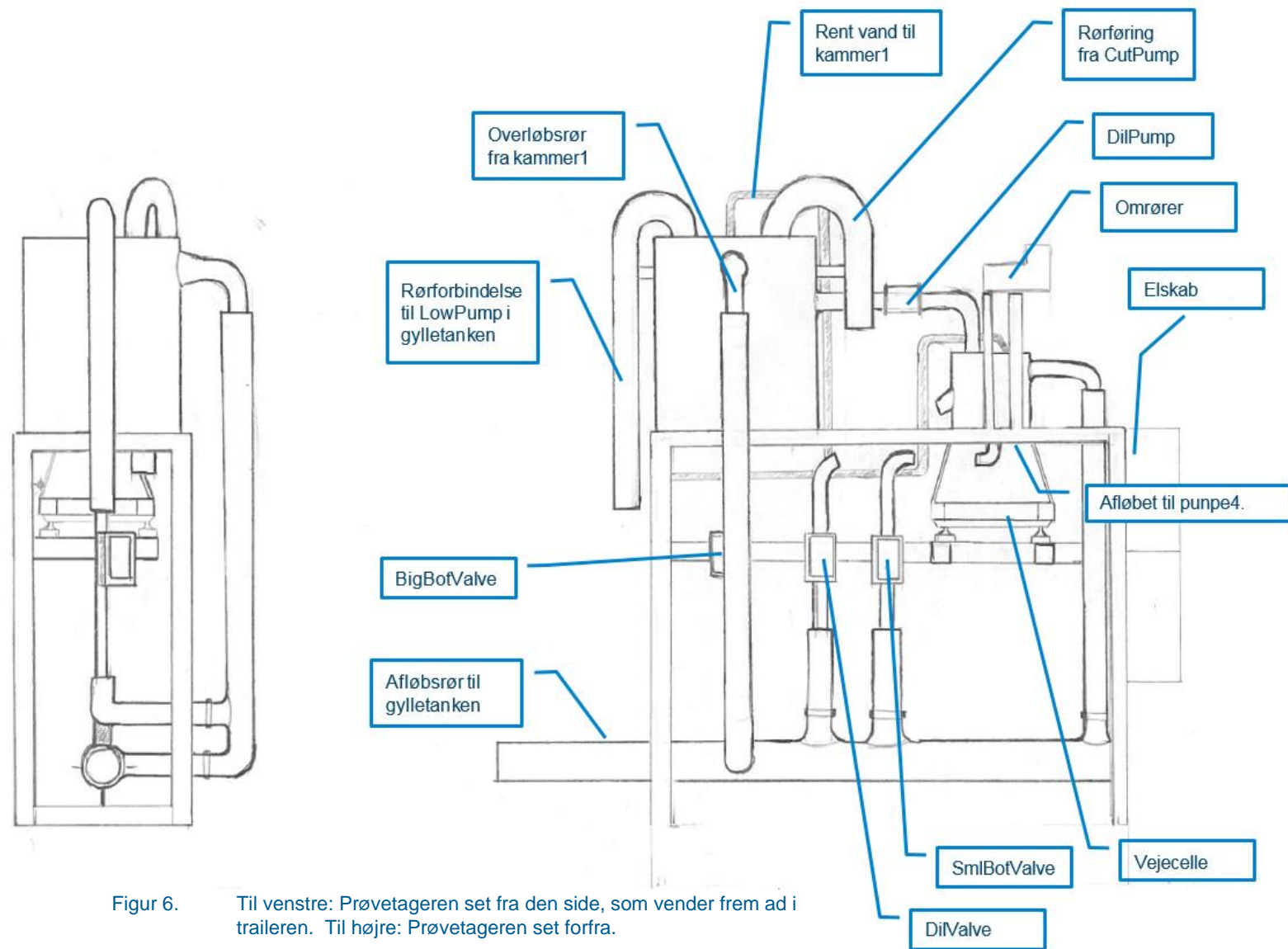
Ved langvarig drift er det muligt at aktivere et renseprogram, hvor flowcellen også bliver skyllet igennem med syre og base for at fjerne fedt og kalkaflejringer.



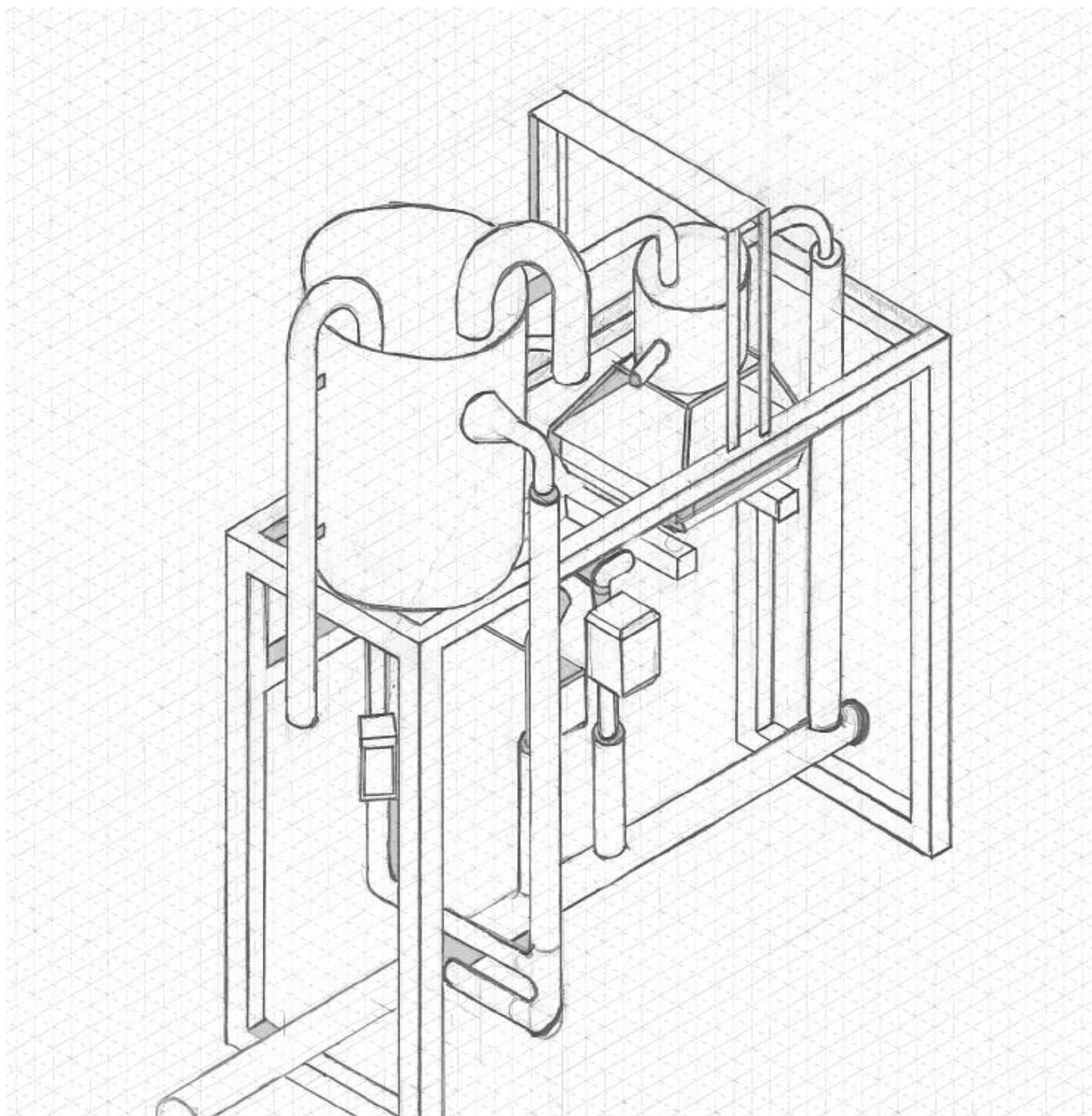
Figur 5 Ovenfor: Isometrisk skitsering af robotten (tv.) og prøvetageren (th.) indsat i traileren. Trailerens sider er her ikke inkluderet.

På næste side: Plantegning over trailerens indretning. Skitsen er målfast.





Figur 6. Til venstre: Prøvetageren set fra den side, som vender frem ad i traileren. Til højre: Prøvetageren set forfra.



Figur 7: Isometrisk skitse af prøvetageren.



Figur 9: Fotografi af trailer fra betjeningslågen. Forrest står robotten på en stålramme for at beskytte den imod rystelser. I baggrunden ses den øverste del af prøvetageren.



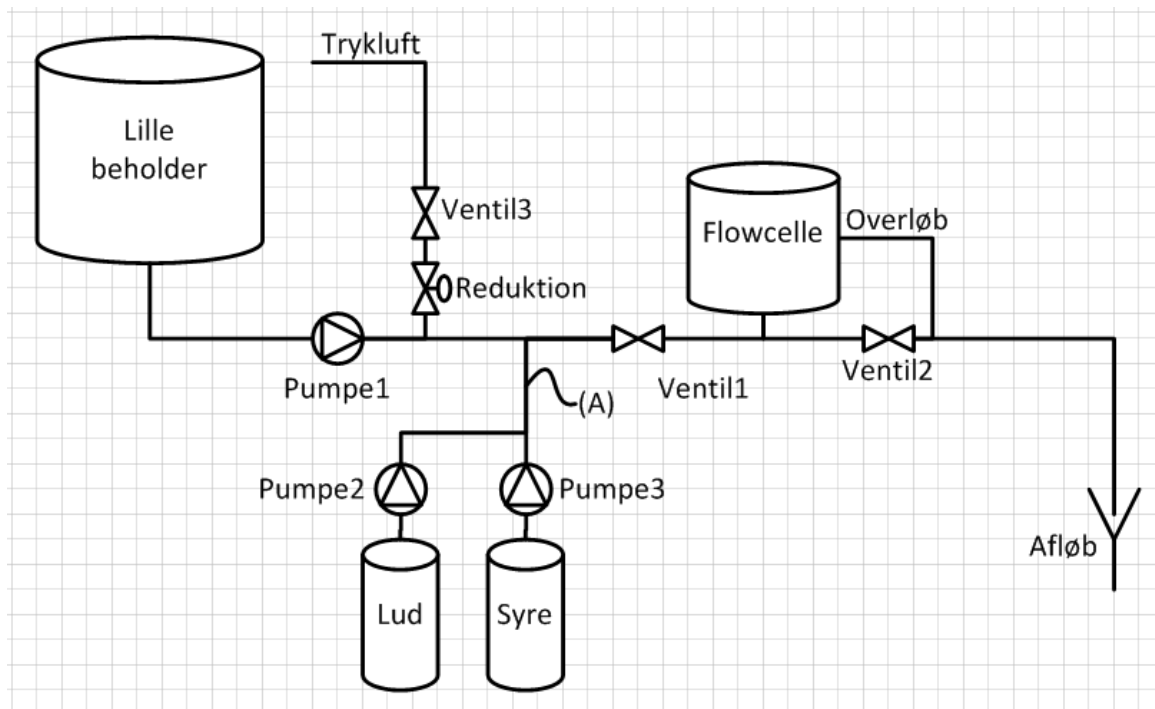
Figur 8: Et nærfoto af prøvetageren som den står i målestationen. I forgrunden er robotten.



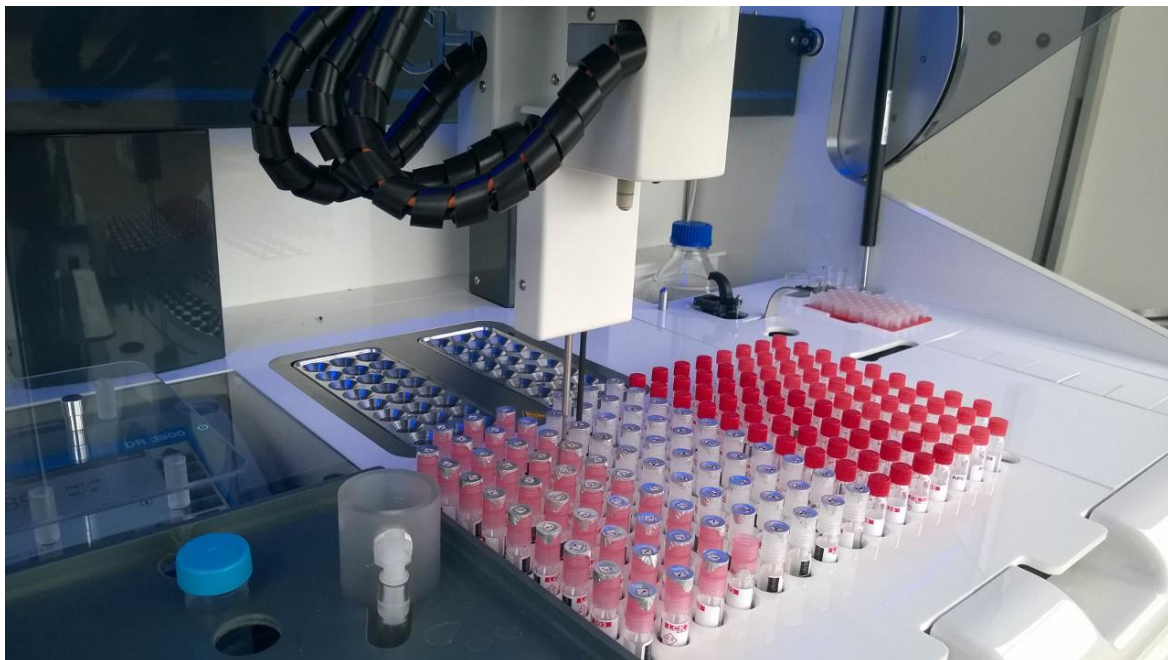
Figur 10: Fotografi forud installation i målestationstraileren. Pumpe 2 er endnu ikke installeret.



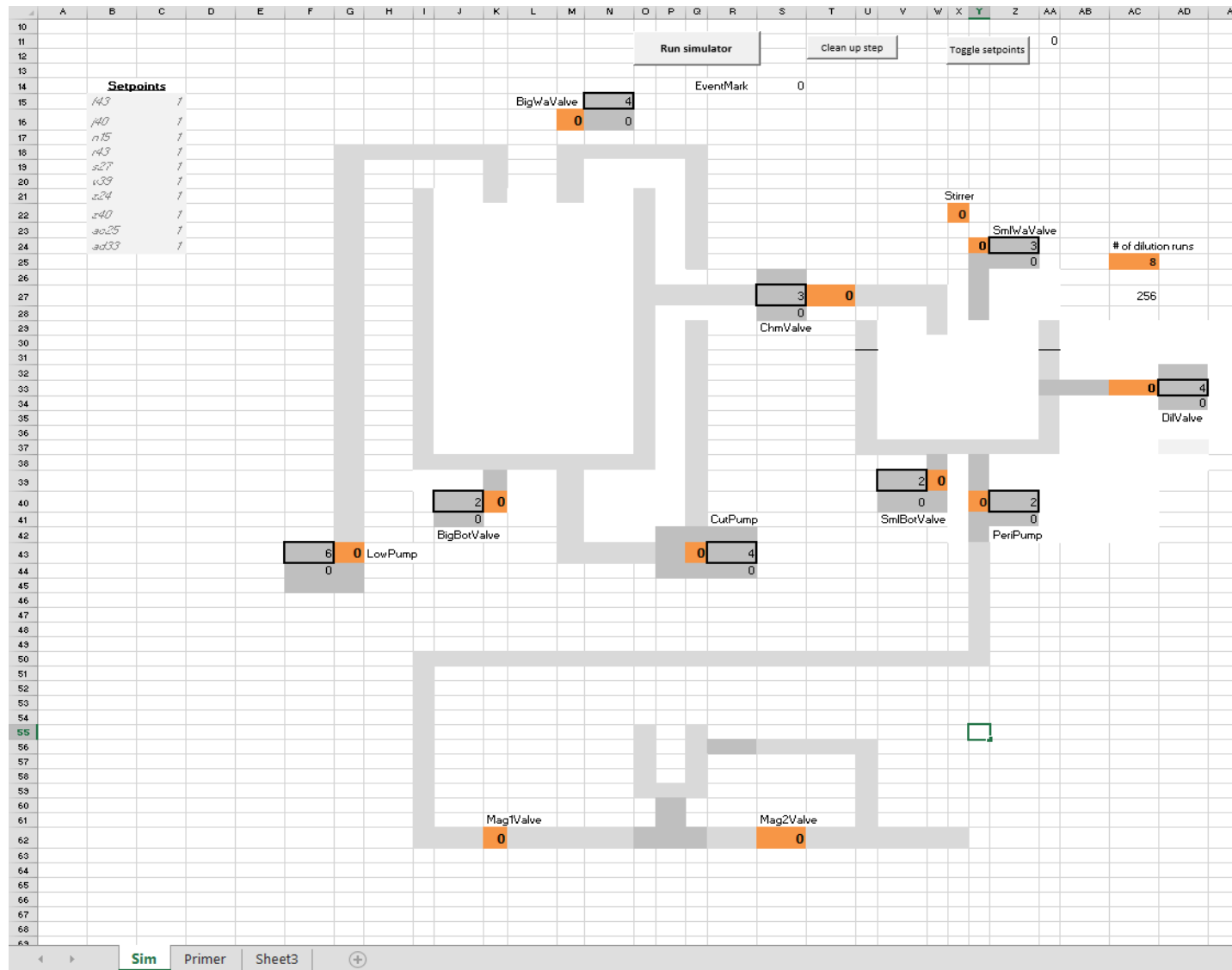
Figur 11: Nærfoto af det lille kammer, hvor omrører, tilløb og rentvand-forsyning ses stikkende ned i beholderen. Til venstre er overløbet samt et gevindstykke til niveaumåleren. I bunden ses afløb samt gevindstykke til at forbinde peristaltpumpen.



Figur 12: Diagram over detaljerne omkring flowcellen. Ventil 1 og 2 er dem, der betegnes Mag1Valve hhv Mag2Valve, idet de er magnetventiler



Figur 13: Nærfoto af robotten med opstilling af analyserør. I forgrunden nederst til venstre er flowcellen



Figur 14: Screenshot af den simulator, som er blevet anvendt til at udvikle og tilrette prøvetagningsrutinen.

3.4 AP 3.4 Vurdering af analysemetoder

I forbindelse med emissionsopgørelserne er det konkluderet at næringsaltene total kvælstof og total fosfor skal analyseres. Desuden er ammonium/ammoniak væsentlig, da det er denne komponent, som kan fordampe fra gyllen og forlade stalde og lagertanke.

Indledningsvis er der gennemgået diverse potentielle analysemetoder, som fremgår af bilag til AP3.4. Her er desuden vurderet anvendelse af indikative målinger som NIR, NMR og kombination af simple analyser som ledningsevne, pH og massefylde.

I den sammenhæng er det vurderet, at standardanalyser svarende til de gængse anvendte af laboratorier skal anvendes til måling af koncentrationerne. Det er erfaringen fra vandbranchen, at driftspersonale kan foretage kemiske målinger, såfremt de udføres med forenklede, men alligevel nøjagtige analyser i form af test kits. Egenkontrol med renseanlægsdrift udføres med disse metoder.

Test kits har den fordel, at man ikke nødvendigvis behøver at være laborant eller kemiker for at udføre målingerne. Sædvanligvis sættes en prøvetager op i til- og afløb, som opsamler repræsentative prøver over et døgn. Disse vandprøver bliver herefter analyseret med analysekits. Målingerne bliver desuden oftest sammenlignet med de eksterne laboratoriers målinger, som udføres på forudbestemte tidspunkter og på samme vandprøve.

Det er denne tilgang, som er undersøgt i projektet.

1. Afklaring af om analyse-kits kan anvendes til måling af kvælstof, fosfor og ammonium i gylle.
2. Sammenligning af kommercielle laboratoriers analyseresultater med manuelle analyse-kits.
3. Automatiseret analyser ved brug af analyse-kits i robotanalysator.

Ad 1. Efter en fortynding fremstår prøverne mere som vandprøver. Der har ikke været problemer med at foretage analyser med test kittene. Et eksempel på målinger på den samme gylle se i nedenstående table.

Tabel 1. Analyseresultater med brug af to produkter til tripel bestemmelse og deres standard afvigelse.

	Merck		Hach-Lange	
	Gennemsnit mg/L	Std. Dev. %	Gennemsnit mg/L	Std. Dev. %
Total-N	4100	2,81	3990	1,33
Total-P	720	1,62	812	1,05
NH ₄ -N	2813	2,21	3030	1,38

Eksemplet viser, at de to analyse-kits giver så godt som det samme resultat, og standard afvigelse er lav fra 1 til knap 3%.

Ad 2. Der er sendt ca. 2 liter gylle til tre laboratorier, som ligeledes har udført en analyse på den samme gylle.

Tabel 2. Sammenligning af kommercielle laboratorier med Hach test kit - alle tal i mg/l. Standardafvigelse er opdelt efter eksterne laboratorier og med Hach test kit.

	DHI Hach kit	Eurofins	Analytech	AgroLab	mean	Ekstern std. dev.	Alle std. dev.
NH4-N	3030	2900	2800	3040	2943	121	114
Total-N	3990	4000	3700	4060	3938	193	161
Total-P	812	640	770	560	696	106	116

Total-N og ammonium ligger for test kittet inden for de kommercielle laboratoriers resultater. Total-P er noget mere varierende, og her ligger analysekittet ca. 5% over Analytechs måling, mens Agrolab faktisk er næsten 30% lavere end Analytech. Fosfor er langt vanskeligere at måle, og målemetoderne er ikke ens. På det foreliggende grundlag vurderer vi, at test kittet ikke giver afvigende værdier fra de kommercielle laboratorier.

Ad. 3. Analyse-kittene forventes at have samme resultat som hvis de udføres med en rutineret laboratoriekemiker og med robotten. Test udført med fortynding i prøvetageren har vist, at analyserobot og manuel anvendelse af prøve analyse-kit havde en afvigelse på mindre end 1% for ammonium og total N.

3.5 AP 3.5 Fuldskala test hos svineproducent

Det var nogle udfordringer ved den første opstilling af målestationen ved en svineproducent som gjorde, at det var nødvendigt at trække den hjem. Forsøgene blev genoptaget i januar 2016. Formålet var en live-test af, om målestationen er i stand til at fungere selvkørende og producere meningsfulde analyseresultater. Fremgangsmåden var at have én måledag med prøvetagning hver anden time, hvor en person ville være tilstede i fald målestationen gik i stå. Derefter skulle stationen have en uges drift med prøvetagning ved en ændring i væskestanden i gylletanken (en online-niveaumåler vogter dette) eller hver 12. time.

Rent funktionsmæssigt var testen en succes: Det lykkedes målestationen at tage alle prøver uden at gå i stå. Dog har det været nødvendigt at justere fortyndingsgraden undervejs, men det var forventet og har kun resulteret i forkastelsen af få målerunder.

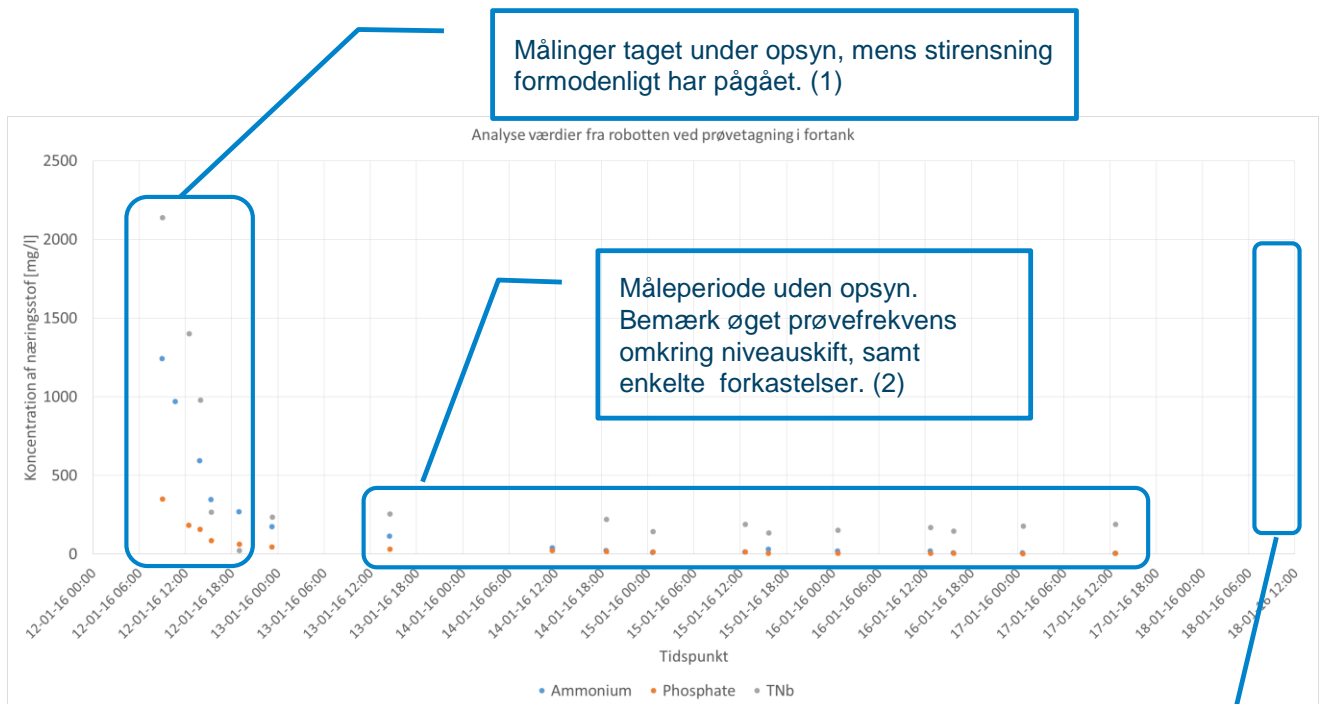
Som det vil fremgå af graferne nedenfor har der været to omstændigheder, som har skadet værdien af test-kampagnen. I løbet af dagen med hyppige målinger blev en sti tømt, rengjort og skyllet, så gylletankens indhold blev fortyndet, men der blev ikke efterfølgende tilført ny gylle før hen mod kampagnens afslutning, så de fleste målinger er taget i et fortyndet medie. Da der blev tilført frisk gylle, skete det efter en weekend med hård frost, som havde fået den tilledende ø50mm brandslange til at fryse, da den har ligget frit med en lunke med gylle. Så det var ikke muligt at få taget en prøve, da forholdene ellers endelig var blevet opfyldt.

Herunder er nogle af de væsentlige observationer, som også er anført på graferne på de følgende sider.

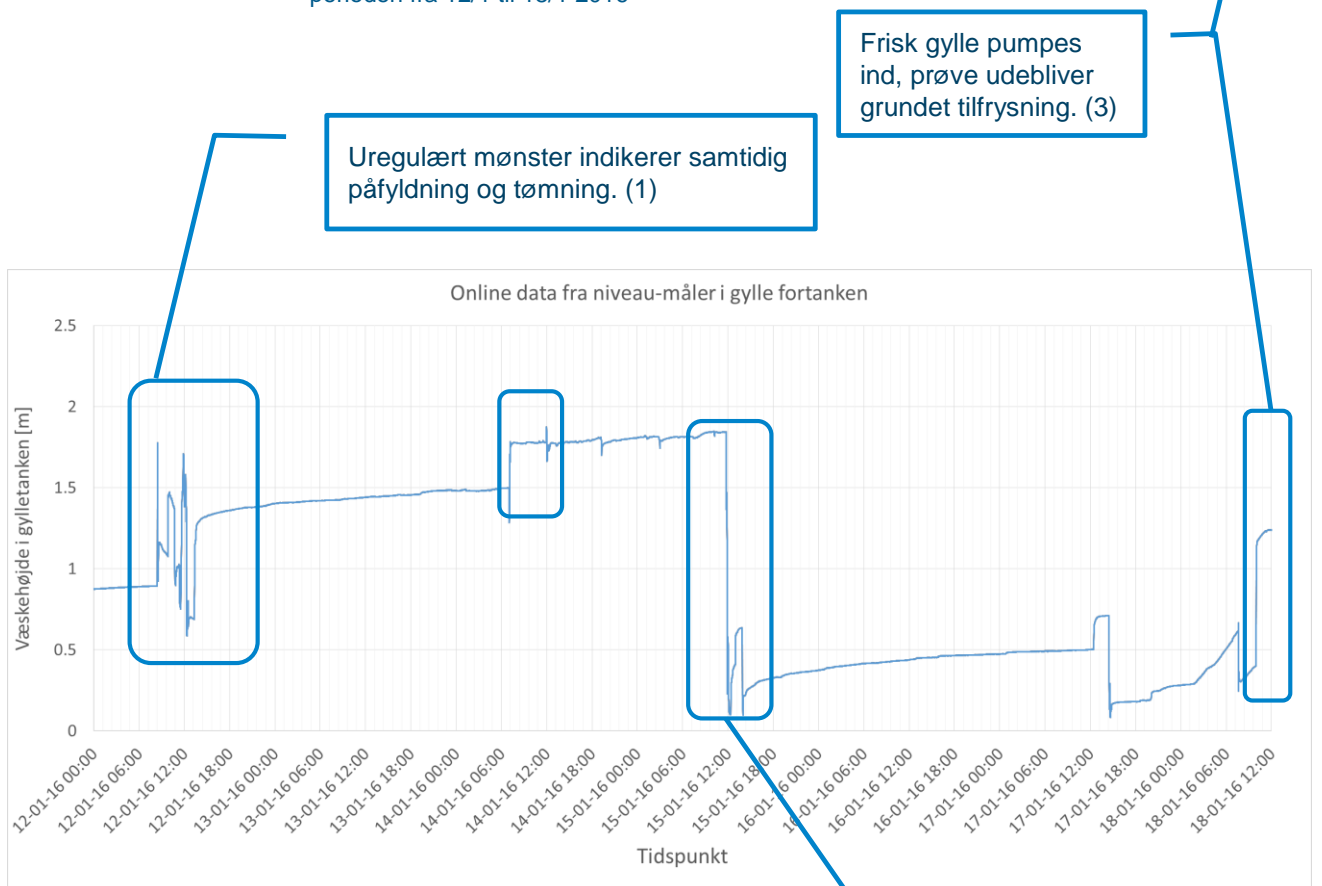
- (1) I starten af målekampagnen, hvor en person har overvåget prøvetagningen, ses at gyllen tilsyneladende fortynder. Der var ikke nogen komplikationer ved prøvetagningen, og måleområdet har været overholdt. Niveaumålerens bevægelse tyder på, at der er sket samtidig fyldning og tømning. Sammenlignes perioden med pH sensoren, ses en markant stigning. En forklaring er at den rapporterede rensning af en sti har gjort, at der er tilført først gylle og siden stadigt renere skyllevand. Når der pumpes ud i bunden af fortanken, vil det

fortrinsvis være koncentreret gylle der fjernes, hvorved en hastig fortynding finder sted som vi ser.

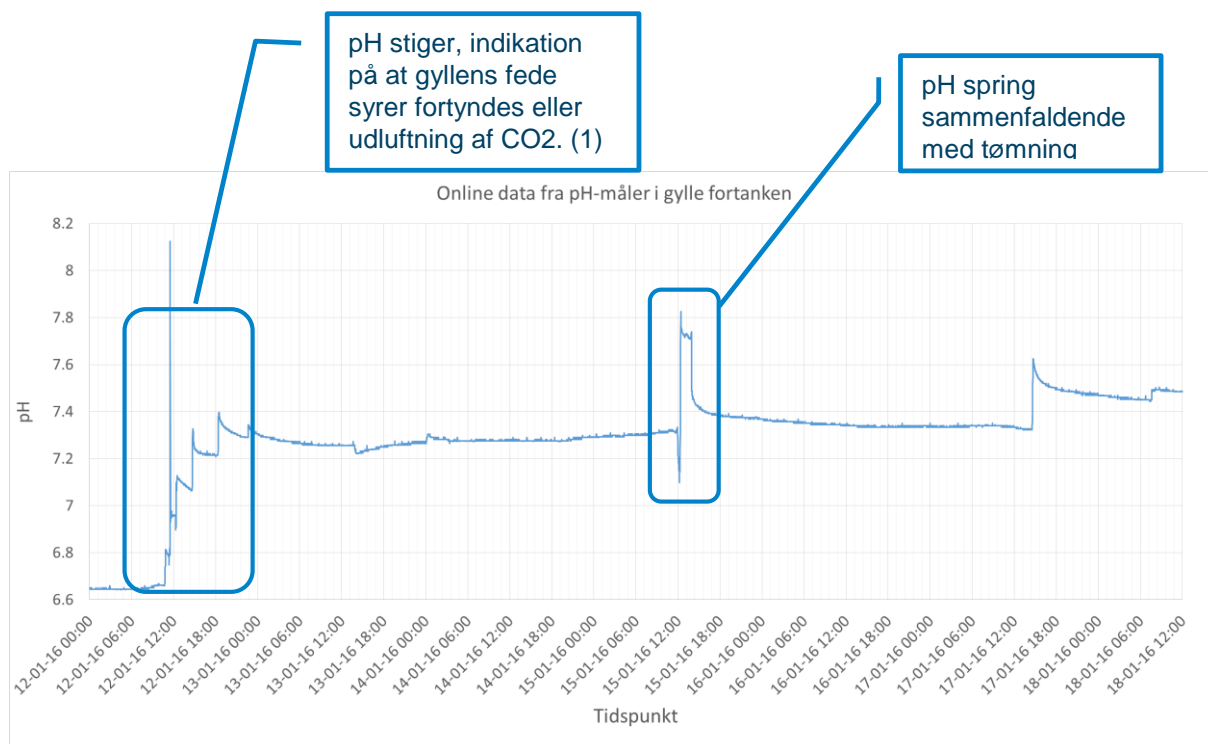
- (2) Måleperiode uden opsyn. Generelt forløber prøvetagningen stabilt, men desværre bliver der ikke fyldt ny gylle i fortanken i denne periode, så resultaterne er her kun for en fortyndet gylle. Det har ledt til at måleområdet er overskredet et par gange, hvor resultatet så er forkastet. Følgelig blev fortyndingsgraden sænket fra 40 til 20. Der er her risiko for at prøvetageren kan have fortyndet yderligere, da rent vand bruges til rensning og al væske ledes tilbage i gylletanken, på nær kemirester. Ved afsluttende inspektion blev det fundet, at der stod væske i 50 l kammeret, så det formodes at afløbet fra denne stoppede til på et tidspunkt uden opsyn – hvilket også ville have besværliggjort en udskiftning af gylle.
- (3) Til sidst i måleperioden, mandag 18/1, blev ny gylle fyldt i. Desværre var dette efter en weekend med hård frost, -15 °C. Tilløbsrøret var desværre frosset til, så en prøve kunne ikke tages.



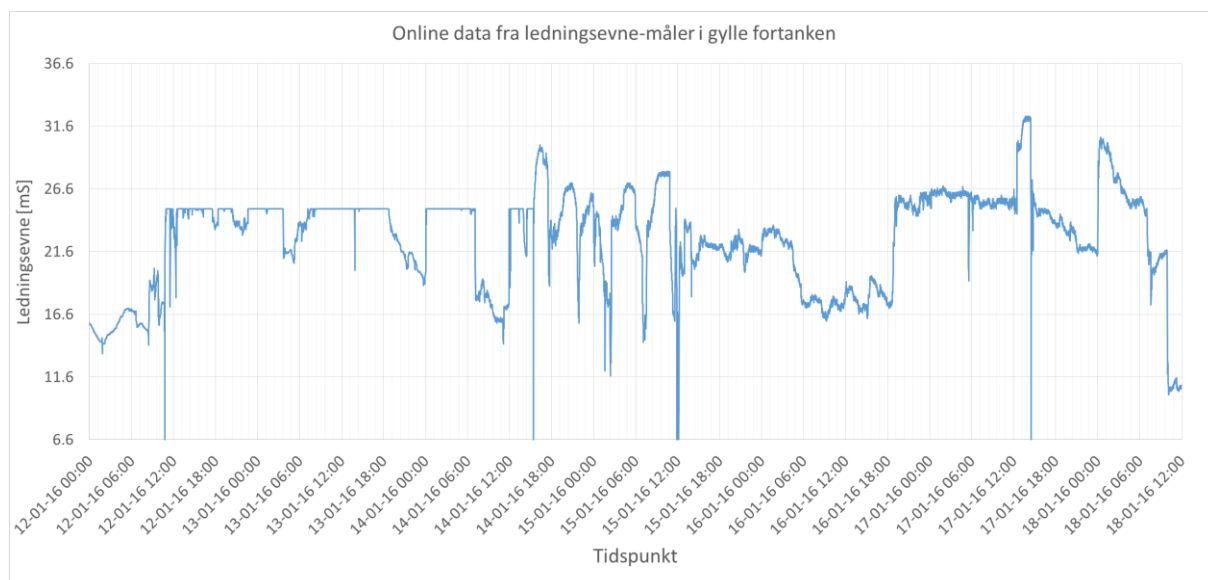
Figur 15: Alle resultater fra analyserobotten i kampagne perioden fra 12/1 til 18/1 2016



Figur 16: Online målinger fra målekampagnen 12/1 til 18/1 2016.



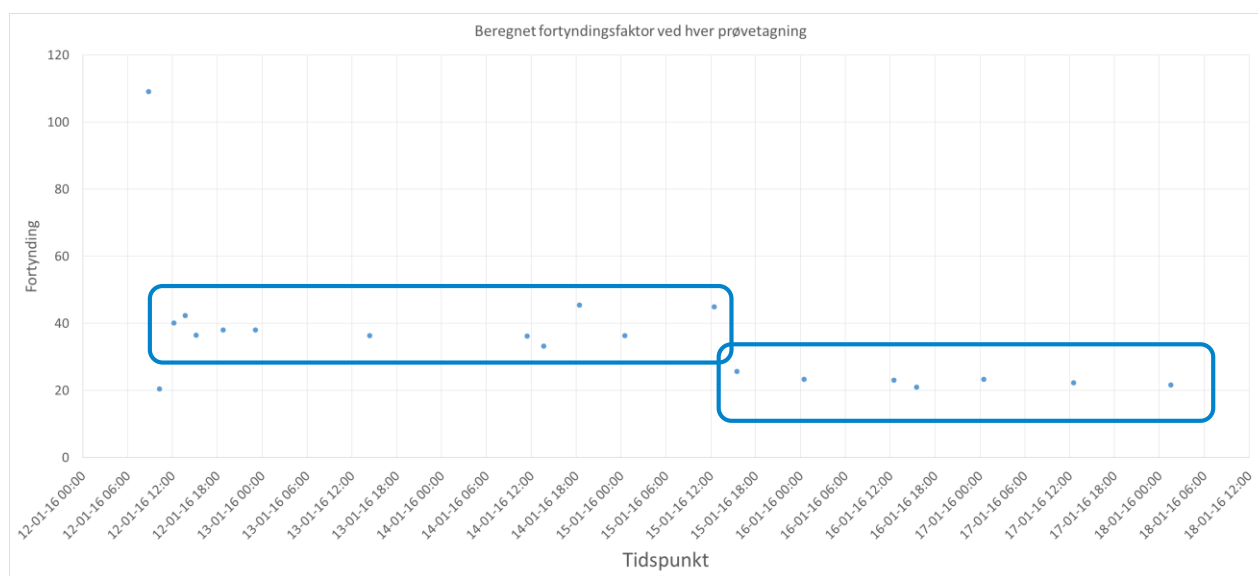
Figur 17: Online målinger fra målekampagnen 12/1 til 18/1 2016.



Figur 18: Online målinger fra målekampagnen 12/1 til 18/1 2016.

Herover, Figur 18, ses online-målinger fra en ledningsevne-sensor. Den kan fortælle om hvor koncentreret gyllen er, da koncentreret gylle har en større ledningsevne fra salte og partikler. Der kan ved kalibrering opnås en næsten lineær sammenhæng mellem ammonium og ledningsevne. I den første del af måleperioden ses det, at måleområdet var sat for lavt. Dette er justeret i den efterfølgende periode.

En af de store problemstillinger gennem hele projektet har været om prøvetageren kunne tage en repræsentativ prøve og efterfølgende foretage en stabil fortynding. I den endelige udgave af prøvetageren er det foregået på den måde, at en delmængde pumpes over i en tidsbegrænset periode, som kan tilbageføres til et flow, og altså indirekte en fortynding, når der pumpes over i et kammer med rent vand. Vægten er her blevet bragt i anvendelse. Ved at veje kammer 2 efter tilførsel af rent vand og efter kørsel med den pumpe, som skal forsyne prøven, er det muligt at beregne fortyndingen ganske præcis. Resultatet ses herunder i, Figur 19. De to første punkter er tests, hvor pumpetiden skydes ind ved at forsøge en fortynding på 120 gange og en på 20 gange. I den første del af kampagnen er den ønskede fortynding 40 gange, en sættes senere ned til 20 gange. I begge tilfælde forløber det ganske tilfredsstillende.



Figur 19: Beregninger af prøvens fortynding ved hver prøvetagning i målekampagnen fra 12/1 til 18/1 2016.

Fortyndingens nøjagtighed kan blive forøget ved udskiftning til en mere nøjagtig vægt, hvilket vil være en enkelt ting at udføre.

3.5.1 Afrunding på målinger

Vi må desværre konstatere at det ikke lykkedes at få en målekampagne, som det oprindeligt var intentionen, nemlig at vi ville have udstyret ude i en periode med hyppige stitømninger, så vi kunne måle koncentrationer i varierende miljø. Men det lykkedes at vise, at målestationen kan foretage en succesfuld serie af målinger og foretage en pålidelig og meningsfyldt fortynding af gyllemediet. Flowmængder kan opgøres på basis af niveaumålingen i tanken.

4 Diskussion af de samlede resultater af projektet

Forventningen ved udarbejdelse af projektansøgningen om at det er relativt enkelt at måle på gylle med testkits og få resultater, som svarer til kommercielle laboratorier, har vist sig at holde stik.

Det har ligeledes vist sig muligt, at analyserne via analyse-kits kan udføres automatisk i en analyse-robot. Analysatoren har skullet ombygges og forsynes med en tilpumpet, hakket og fortyndet (20-100 gange) gylleprøve. Derudover kan analyse-robotten styres via ekstern kommunikation, som koordinerer analyser og rengøring af flowcellen med prøvetagningen. En væsentlig del af pasningen af måleudstyret kan blive udført, hvis udstyret har adgang til internettet, hvorfra analyseresultater ligeledes kan tilgås.

Prøvetagningen af gyllen fra en fuldt opblandet fortank har været den største udfordring. Gyllen kan let stoppe rør og ventiler til, og fugt og svovlbrinte kan korrodere materialet, hvis det ikke er udført i syrefast rustfrit stål. Gyllen skal homogeniseres og hakkes grundigt for ikke at stoppe til og for at gøre gyllen mere flydende og pumpbar. Det har vist sig realistisk men ikke uden at man kan garantere at en prøvetagning kan stoppe på grund af emner i gyllen, som stopper maskinen.

Prøvetagerens fortynding af tilført gylle med vand bør foregå via en vægt, som ligledes giver fortyndingsfaktoren i beregning af koncentrationen i gyllen.

Uanset at de sidste dages analyser på gården kunne foregå automatisk, har selve prøvetagerens funktion været det vanskeligste at få til at fungere med lav risiko for tilstopning, herunder i forbindelse med frost, som ramte testene til sidst.

Prøvetageren bør derfor kunne fungere som en egen enhed for at gøre rengøring enklere, og at prøvetageren kan fungere uden at skulle indkøbe en hel målestation. Samtidigt vil indemiljøet inde i målestationen blive bedre med mindre uhygiejniske forhold og mindre risiko for korrosion.

4.1 Delmålstabel

Denne tabel er en oversigt med de mål, som udviklingen af målestationen har indeholdt, sammen med en kort beskrivelse af, hvordan vi ser at de forskellige resultater kan bringes til anvendelse fremadrettet. Der er også et par mål, som ikke blev indfriet.

	Delmål	Succes	Fremtidig anvendelse
1	Analyser + kits	OK	Skal indgå.
2	Analyserobot tilpasning med installation af flowcelle.	OK	For automatisk målestation skal robot med tilpasning indgå. Prøvetagning kan dog stå alene uden robot.
3	Krav til automatisk prøvetager: Oppumpning med snittepumpe. Homogenisere prøve. Udtage prøve til målestation eller manuel analyse.	OK	Vurderes at de trin gyllen passerer, alle er nødvendige for at gøre en prøve klar til analyse.
4	Konstruktion af automatisk prøvetager	OK	Fremtidigt adskille selve prøvetagning fra øvrig målestation. Forbedrer analysemiljøet, se 8, og nedbringer startomkostninger.
5	Styring af prøvetager	OK	Ingen anmærkninger til programrutinen, skal indgå. Tilføj manuel option for at få en homogeniseret, ufortyndet prøve i glas.
6	Online analyser: Ledningsevne, temperatur, pH og niveau	OK	Niveaumåling skal indgå til prøvetagning. Øvrige online målinger, specielt ledningsevne, anvendelig. Indikator for koncentration.
7	Tests af enkelt-komponenter, herunder: Spektrofotometrisk analyse af homogeniseret gylle Fortyndingstest med opløst medie i prøvetager Fortyndingstest udenfor prøvetager med homogeniseret gylle Transport af opløst medie til flowcelle i analyserobot.	OK	Erfaringer skal indgå i forslag til videreudvikling af målestation og prøvetager.
8	Pilot drift med målestation	OK	Fugt, kold ventilation, lugt og hygieniske hensyn indikerer at prøvetager flyttes uden for målestation. Skal kunne aktiveres manuelt, se 5.
9	Analyser på gården – men hvad har vi målt på?	Medie ikke udskiftet.	Alt efter prøvetager, fungerede efter hensigten. Analyserobot og fortyndingsmetode er responsiv overfor uventede hændelser. Medført fortynding af samme prøve – ikke analyser af friske prøver.
10	Fortanken. Skal være fuldt omrørt. Information skal kunne trækkes om tømning og tilførsel fra ny sti.		Gårdens fortank ikke udført til automatisk prøvetagning
11	Langvarig målekampagne til at eftervise stabil drift		Ikke nået indenfor projektet.
12	Forslag til videreudvikling af gylleprøvetagnings- og målesystem til emissionsbaseret regulering.	OK	

4.2 Forslag til forbedret gylleprøvetager og gylleanalyser i emissionsbaseret regulering

4.2.1 Fortanken

Fortanken er det første sted, hvor gylle fra slagtesvinsproduktion kan udtages for analysering af næringsalte. Fortanken kan omrøres, og det vil være muligt ved et forberedt design at udføre fortanken således, at den er fuldt omrørt og dermed velegnet til prøvetagning. Fortanken skal være installeret med en effektiv omrøring i form af en mixer eventuelt suppleret med en pumpe.

4.2.2 Automatisk og fastmonteret prøvetager

Vi foreslår på baggrund af vore erfaringer fra dette projekt, at der installeres en automatisk og fastmonteret gylleprøvetager i forbindelse med fortanken. En automatisk prøvetager er i stedet for en manuel opsamling af prøve med en kop på stang eller tilvarende. Prøvetagerens opsamlingstank skal forsynes med gylle fra en dykpumpe med skærehoved. Af hensyn til oppumpning med en driftssikker pumpe skal volumenet være i størrelsesordenen 50 l. Beholderen har tilknyttet cirkulationspumpe, som snitter og homogeniserer gyllen yderligere. Denne funktion kører selvstændigt i ca. 10 minutter efter tilførslen er ophørt, hvorved der er kontrol med gyllens homogenisering og pumpbarhed og vil være egnet til næringssaltsanalyse. Prøvetageren skal have eget el-styreskab, således at den både kan aktiveres manuelt, f.eks. af et godkendt laboratorium, eller automatisk via gårdens SRO/CTS system (Styring, Regulering og Overvågningsudstyr eller Central Tilstandskontrol og Styring). Det kan f.eks. være på baggrund af ønske om tømning af gyllekanaler med fem dages interval.

4.2.3 Udtagning af prøve til manuel ekstern eller intern laboratorieanalyse

Prøvetageren kan nu aflevere en gylleprøve via en ventil eller pumpe til en prøveflaske. Prøven kan herefter analyseres i eksternt laboratorium eller på gårdens eget måleudstyr. Gårdens eget udstyr foreslås på baggrund af projektets resultater at udgøres af en vægt (til afvejning af en fortyndet prøve), analyse-kit med tilhørende varmeblok til kemisk oplukning, samt et spektrofotometer. Analyse-kittet bevirker, at man ikke skal være laborant eller kemiker for at foretage analysen.

4.2.4 Udtagning af prøve til automatisk analyse-robot

Såfremt der skal udføres kampagnemålinger eller andet større måleprogram for indhentning af viden om gyllen i forhold til management/drift af gården, kan der automatisk pumpes en prøve fra prøvetageren til en robot-analysator. Erfaringen fra projektet med robot-analysatoren er, at den vil kunne måle næringssaltene automatisk og med en lav usikkerhed.

Første trin i denne funktion er fortynding af prøven, hvilket baseret på erfaringer fra projektet sker via vægt, som afvejer prøven og herefter fortynder med vand til en samlet vægt. Den fortyndede prøve, som nu mest af alt ligner en vandprøve, kan på baggrund af erfaringer fra projektet efter omrøring pumpes til en flowcelle.

Tilførsel af prøve og drift af robot-analysatoren skal på baggrund af erfaringer fra projektet styres via egen el-tavle med en PLC og med en PC med dataopsamling og integration af data fra gårdens eget SRO/CTS anlæg. Dermed kan ændringer i driften kombineres med analyser for at vurdere årsagssammenhænge og udvikling i f.eks. akkumuleret emission af næringsalte.

4.2.5 Måling af gyllemængder

Mængden af gylle, som tilledes fortanken, kan måles via en niveaumåler, når dimensionerne af fortanken er kendt. Hver cm svarer således til en mængde (enten m³ eller ton). Det kræver at installationen er udført således at tilført og bortpumpning ikke udføres samtidigt (dog gerne i forbindelse med uheld eller lignende). Mængden kan opgøres med centimeters nøjagtighed og tømning af f.eks. 50 cm eller 150 cm giver en usikkerhed på 0,6%-2%, hvilket er lave usikkerheder i mængdeopgørelsen.

En flowmåling med en magnetisk induktiv flowmåler kan også anvendes, men er vanskeligere. Skum eller bobler vil påvirke nøjagtigheden. I praksis forventer vi en usikkerhed på +10%.

I begge tilfælde skal mængderne registreres og indgå i driften for mængder sammen med næringsaltsanalyse og opgørelse over rest lagerkapacitet mm. af driften.

4.2.6 Rapportering

Det vil være fordelagtigt at tidsstemple prøvetagning og analyser, således at der kan udtrækkes en rapport om analyserne og anden sammenhæng til gårdens drift. F.eks. kan tømning og rengøring af gyllekanaler kobles sammen i en vurdering af analyseresultaterne. Datakommunikation og rapportering forventes at være væsentlige behov for management af driften.

4.2.7 Usikkerhed på måling af næringsalte og mængde af næringsalte

Usikkerheden er opgjort som standard afvigelsen/middelværdien. Kvadratet på usikkerheden på mængdeopgørelsen vil være summen af kvadratet på usikkerheden af koncentrationen af næringsalte og på mængde af gylle. Kvadratet på usikkerheden af koncentrationen er igen summen af kvadratet usikkerheden på prøvetagningen og analysen. Dette fører til:

$$\text{Usikkerheden } U^2(\text{Mængde næringsalte}) = U^2(\text{Prøvetagning}) + U^2(\text{analyse næringsalte}) + U^2(\text{gyllemængde})$$

$U(\text{Prøvetagning})$ har vi, for en uhomogen prøve som en ikke omrørt gylle med et højt indhold af partikulært bundet fosfor og kvælstof, forventet at være i størrelsesordenen 30-50%. Med ovenstående prøvetagning fra en fuldt omrørt fortank forventer vi en usikkerhed på 10-15%.

$U(\text{analyse næringsalte})$ forventer vi er i størrelsesordenen 5-10%, hvor vi på test kits har målt 1-2%.

$U(\text{gyllemængde})$ forventer vi med en niveau-opgørelse at være i størrelsesordenen fra 2% op til 10% afhængig af mængdemålingen.

Den samlede usikkerhed bliver 31-52% for ikke homogen prøvetagning.

Den samlede usikkerhed bliver 11-18% for en homogen prøvetagning.

I begge tilfælde er det prøvetagningen, som er afgørende for usikkerheden i opgørelsen. Såfremt der arbejdes videre med en emissions baseret regulering, skal nøjagtigheder og usikkerheder bearbejdes i detaljer, hvilket ikke er gjort i dette udviklingsprojekt.

4.2.8 Måling på separeret gylle – mulige problemer

Gylle kan separeres i en våd fraktion og en fiberfraktion. Den våde fraktion kan analyseres med ovenstående udstyr. Fiberfraktionen kan ikke analyseres automatisk, men vil skulle prøvetages ved mange delprøver, som samles i en prøve og analyseres, sandsynligvis på eksternt laboratorium.

Omrøring af gylletanken inden afvanding kan være kritisk for separering af gyllen. Det er ikke afklaret, om en fuldt opblandet tank kan forenes med anvendelsen af gyllesepareringsudstyret.

4.2.9 Markedskrav og eksport af prøvetagningsudstyr og måleudstyr

Svineproducenterne er generelt pressede for at give overskud. Derfor er det ikke sandsynligt, at der kan sælges udstyr, medmindre lovgivningen foreskriver målinger, eller at der kan opnås andre positive effekter af målinger af næringssalte og mængdeopgørelser. Vi har målt, at der om natten langsomt tilleds til fortanken, hvor årsagen kan være overflade vand og en løbende vandhave. Det kan registreres med både måleresultaterne og med de simple on-line turbiditet og niveaumålinger. Utsigtet vand øger behovet for lagervolumen og kan resultere i kritiske situationer med for lidt lagerplads inden udbringningsperioder.

Indholdet i lagertank uden låg er påvirkelig af vejr og vind, og en homogen opblanding er for alle lagertanke meget vanskelig. Såfremt der er sket en stor hydrolyse før og efter lagring vil kvælstofmålingerne ikke være særligt påvirkelige af ikke homogen opblanding, da 85% af kvælstoffet vil være på opløst form. De sidste 15% kan delvis sedimentere og undervurdere emissionen. Fosfor vil sedimentere i større omfang, og fosfor vil sandsynligvis undervurderes væsentligt i en emissionsberegning, hvis den baseres på målinger i lagertankens øvre indhold. I forbindelse med gødningsudbringning vil sedimenteret gylle skulle udbringes på større areal de øvre lag i tanken.

Et niveau af egenkontrol er velkendt fra industrier, hvor logning af data, registreringer og lejlighedsvis prøvetagning er krav i myndighedskontrollen. Ved indførelse af emissionsbaseret regulering forventer vi, at der vil være krav om prøvetagning og egenkontrollmålinger, og der vil da være mange hundrede produktioner, som skal have opstillet prøvetageren i en eller anden form, og derved vil der kunne være et marked for denne del.

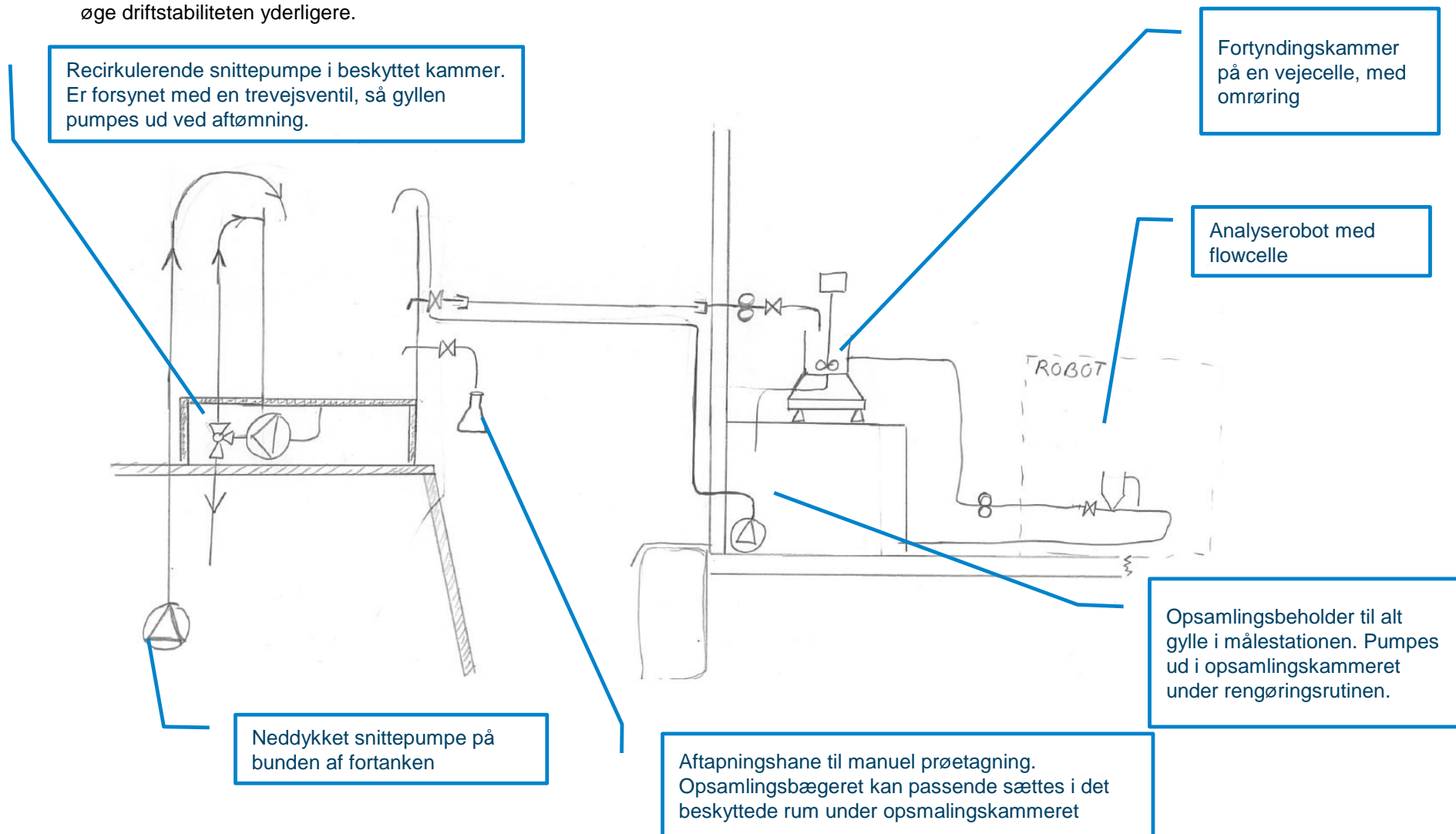
Måleudstyr og målestation er dyrere komponenter, og svineproducenterne kan næppe forventes at ville investere i udstyret alene på baggrund af den viden, der kan være i at vide mere om indholdet i gyllen. Kontrol af foderspild sammen med en optimering af proteintildeling kan være et område, som kan forbedre økonomien i produktionen. Her kan COD (kemisk iltforbrug) sammenholdt med glødetabs målinger måske afsløre om energien er udnyttet godt (COD/GT lavt, som anvendes i vandbranchen for biogaspotentiale). Der vil være behov for nogle gode historier, som dokumenterer en forbedring af økonomien eller afhjælpning af et for producenterne væsentligt problem. Det sidste kunne være opgørelse over emission til særligt følsomme naturområder, hvor produktionen i nærheden af disse områder er begrænset. Kan man godtgøre at 95-97% af kvælstoffet fraktukket grisenes indhold findes i gyllen er det indirekte opgørelse over den gasformige emission.

Selve prøvetagningsudstyret og sammenbygning af målestationer kan produceres i Danmark. Prisen for selve prøvetagningsudstyret skønnes at være i intervallet 60-100.000 kr. (prisen vil falde hvis antallet stiger) mens de foreslåede forenklede analyse-kits, spektrofotometer, vægt og pipetter, produceres af internationale firmaer og koster som manuel udgave 50-70.000 kr.

Analyserobot indbygget i målestation er langt den største post, og den samlede pris for en prøvestation og prøvetager kommer op på 800-1.000.000 kr. Det er tænkeligt, at rådgivningscentre eller laboratoriefirmaer vil indkøbe en sådan målestation, såfremt der er et marked og krav om analyserne. Svineproducenterne vil sandsynligvis fokusere på produktionen og indkøbe en måleservice, hvis det er nødvendigt.

4.2.10 Principskitse for forbedret udformning af målestation

Til en forbedret udgave af målestationen ser vi af en række erfaringer, at opsamlingskammeret adskilles fra den øvrige station og fastmonteres på fortanken. Den forbindes med et udskifteligt rør, ikke ulig den nuværende forbindelse, ind til den mobile målestation, hvor fortynding og analyse foregår. Snittepumper til opsamlingskammer er uændret, men gylle i afløbet pumpes ud gennem en trevejsventil for at øge driftstabiliteten yderligere.



4.3 Motivation for anvendelse af prøvetager og målestation ud over anvendelse til emissionsbaseret regulering

Det at kunne opnå kendskab til dynamiske egenskaber ved gylle, hvis den har en sammenhæng til produktionens økonomi, åbner for en række nye muligheder for at kunne vurdere værdien af nye teknologitiltag, at stille garantier for samme, samt ikke mindst indenfor driftoptimerende tiltag.

Selve det at have nær-online målinger af næringsstofudledningen giver mulighed for at anvende faktisk målinger i stedet for normtal. Planteavlsorientering Nr. 07-540 viser, at normtal for slagtesvin svin er 5,3 kg kvælstof per ton gylle, mens målinger på gylle viser udsving fra 1,8 til 8,2 kg kvælstof per ton med et gennemsnit på 4,2 kg /ton. Det er en stor variation fra normtallet, som kan resultere i både mindre og større arealbehov. For fosfor er variationen endnu større - en faktor 11 fra 0,2- 2,2 kg per ton med et gennemsnit på 0,8 kg fosfor per ton gylle. Den lave fosforværdi kan skyldes, at fosforen netop er sedimenteret som diskuteret ovenfor. Normtallet for slagtesvin er 1,2 kg fosfor per ton. En ukritisk anvendelse af normtal, som er det vi indledningsvis er præsenteret for som udgangspunkt for gyllens sammensætning i projektet, vil i det mindste give en forkert gødningstildeling.

Næringssaltene variation koblet til en mængdeopgørelse kan vise et stort potentiale (lille emission per produceret svin) for de producenter, som har stor kontrol med deres emission.

Såfremt svineproducenten har en overdækket lagertank vil en fortløbende opgørelse af den producerede mængde næringssalte kunne være et vigtigt redskab til at kontrollere og eventuelt reducere emissionen.

Vi forventer at i sommerens 3 varmeste uger er gas-emissionen langt højere end resten af året:

- Selve temperaturen øger damptrykket og letter fordampning.
- De få dage ventilationen ikke kan følge med, vil temperaturstigningen på og omkring hvert svin stige kraftigt, fordi varmen ikke kan ledes væk.
- For at køles begynder dyrene på "svineri", nemlig at rulle sig i gyllen. Når dette sker får gyllen en langt større væskeoverflade, end hvis det blot var på gulv og spalter.

I disse situationer vil forholdet mellem nitrogen og fosfor i gyllen vise, om en stærkt øget emission har fundet sted: Ammoniakken går let over i en gasfase, ligesom organisk bundet nitrogen vil have en effektiv mikrobiologisk nedbrydning til ammoniak og andre lette komponenter. Fosfor derimod vil forblive bundet i det faste stof.

Tilsvarende, ved at måle forholdet med ammoniak og total nitrogen, er det muligt at indikere gas-potentialet i gyllen. Når organisk bundet N nedbrydes, dannes der i samme proces fede syrer af det organiske kulstof. Et lavt forhold (50-60%) antyder, at gyllen ikke er særligt omsat og dermed, at den har et større potentiale for biogas end en gylle med et højt forhold (fx 85%). Punktmålinger tilbyder mindre information, men en grundig karakteristik af disse forhold vil måske bidrage til at anviser gode drifrutiner og -tiltag, hvor CO₂-emissionen mindskes og biogas-produktionen forbedres. I et fremtidigt arbejde kan stofmængden af organisk kulstof måles som kg COD/d (kemisk iltforbrug/dag). Det er en oplagt måling at foretage, så biogaspotentialet kan bestemmes bedre. Med analyserobotten i målestationen er det ikke noget problem at udvide programmet med denne eller andre målinger. Der findes en lang række af nye målemuligheder, så det er et spørgsmål om at anskaffe de rigtige analyse-kit.