



Miljø- og  
Fødevareministeriet  
Miljøstyrelsen

# FloTek - Udvikling af teknologikoncept til opkoncentrering af højværdikomponenter fra industrielle spildevandsstrømme

MUDP rapport

Juni 2018

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion:

Karin Loft Eybye - Teknologisk Institut

Caroline Kragelund Rickers – Teknologisk Institut

Christian Holst Fischer – Teknologisk Institut

Tore Svendsen – BIO-AQUA

Lisbeth Schönemann-Paul - Royal Greenland

ISBN: 978-87-93710-31-3

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

<b>1.</b>	<b>Forord</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>Opsummering</b>	<b>5</b>
<b>3.</b>	<b>Koncept og fremgangsmåde</b>	<b>7</b>
<b>4.</b>	<b>Produktionsproces og kortlægning af spildevandstrømme</b>	<b>8</b>
4.1	Kort anlægsbeskrivelse og overordnet massebalance	8
4.1.1	Indvejning	9
4.1.2	Rejemelsproduktion	11
4.2	Flokkulering	12
4.3	Opsummering	12
<b>5.</b>	<b>Udvikling og optimering af teknologikoncept</b>	<b>14</b>
5.1	Kort beskrivelse af det udviklede udstyr	14
5.2	Forsøg – Separationseffektivitet	16
5.2.1	Forsøg 1 – Blandet indvejning	19
5.2.2	Forsøg 2 – Indvejning trin 1 uden flokkulant	20
5.2.3	Forsøg 3 – Indvejning trin 1 med flokkulant	20
5.2.4	Forsøg 4 – Indvejning, dampning	21
5.2.5	Forsøg 5 – Indvejning, 3. trin	22
5.2.6	Forsøg 6 - Rejemelsproduktion, 1. separationstrin	22
5.3	Indhold af højværdikomponenter	23
5.4	Opsummering	23
<b>6.</b>	<b>Design af anlæg og videreudvikling af teknologikonceptet</b>	<b>25</b>
6.1	Udfordringer og det fremadrettede arbejde	25
<b>7.</b>	<b>Afsætning og indhold af højværdikomponenter</b>	<b>27</b>
7.1	Kvalitetsvurdering: Protein, fedtsyre og farvestoffer	27
7.1.1	Protein- og aminosyreindhold	27
7.1.2	Fedt og fedtsyreindhold	31
7.1.3	Astaxanthin og andre højværdikomponenter	32
7.1.4	Samlet vurdering	33
7.2	Biogasproduktion	33
<b>8.</b>	<b>Businesscase</b>	<b>35</b>
8.1	Potentialet i teknologien	35
8.1.1	Marked og produkter	35
8.1.2	Tidshorisont og implementering	36
8.2	Royal Greenland	37

# 1. Forord

Nærværende rapport udgør slutrapporten for projektet "Udvikling af teknologikoncept til opkoncentrering af højværdikomponenter fra industrielle spildevandsstrømme (FloTek)" under Miljøministeriets tilskudsordning "MUDP". Projektet blev gennemført i perioden januar 2016 til oktober 2017 i et samarbejde mellem BIO-AQUA, Royal Greenland og Teknologisk Institut.

Det overordnede formål med projektet var at udvikle en innovativ og robust flotations- og opkoncentreringsteknologi, som muliggør en kosteffektiv udvinding af højværdikomponenter, og som renser vandige spildstrømme i fødevarerindustrien.

## 2. Opsummering

I projektet er der blevet udviklet et teknologikoncept, som består af en innovativ kombination af en flotations- og en opkoncentreringsteknologi til vandige strømme. Teknologikonceptet har til formål at generere merværdi af det materiale, som i dag opfattes som en affaldsstrøm, og samtidig reducere udledningen af organisk materiale. Teknologikonceptet er udviklet med henblik på anvendelse bredt inden for fødevarerproduktion.

Indledningsvis blev der i projektet gennemført en kortlægning af Royal Greenlands rejeproduktion i Ilulissat, som i nærværende projekt danner case for udviklingen af teknologikonceptet. Casen er valgt, fordi der under rejeforarbejdning og produktion af rejemel genereres en række vandige spildstrømme, som indeholder flere interessante højværdikomponenter, såsom fiskeprotein, omega-3, astaxanthin og kitin. Spildstrømmene udledes i dag direkte til havet i nærheden af den bevaringsværdige Isfjord, og på grund af astaxanthinindholdet i rejerne farves vandet lejlighedsvis rødt.

Kortlægningen viste, at langt hovedparten af det udledte tørstof forefindes i få og koncentrerede processtrømme. Således forefindes ca. 80 % af det udledte tørstof i processtrømme, som samlet set udgør mindre end 5 % af det samlede vandforbrug på fabrikken, hvilket reducerer de omkostninger, som er forbundet med etablering og drift af teknologikonceptet. Såfremt den udledte mængde tørstof i stedet kunne udvindes og anvendes til et eller flere salgbare produkter, ville udnyttelsen af tørstoffet kunne fordobles ved det nuværende input af rejer.

Med udgangspunkt i den gennemførte kortlægning blev der opstillet et mindre pilotskalaanlæg. I pilotforsøgene blev de identificerede processtrømme behandlet på det udviklede flotationsanlæg, og det floterede materiale er efterfølgende blevet opkoncentreret i en presse. Overordnet set viste forsøget, at:

- 40-60 % af indholdet af tørstof og protein tilbageholdes i det floterede materiale. Det skal dog bemærkes, at opløst materiale, som eksempelvis salt, ikke tilbageholdes i separationen, og at der ikke har været anvendt traditionelle flokkuleringsmidler.
- Det floterede materiale har et højt tørstofindhold (11-26 %). Ved yderligere afvanding er det muligt at forøge tørstofindholdet til op mod 35 %.
- Der opnås en kraftig reduktion i turbiditet og rødfarvning af det behandlede spildevand. Endvidere reduceres COD-indholdet i det floterede spildevand med 40-80 % i forhold til det indgående spildevand.

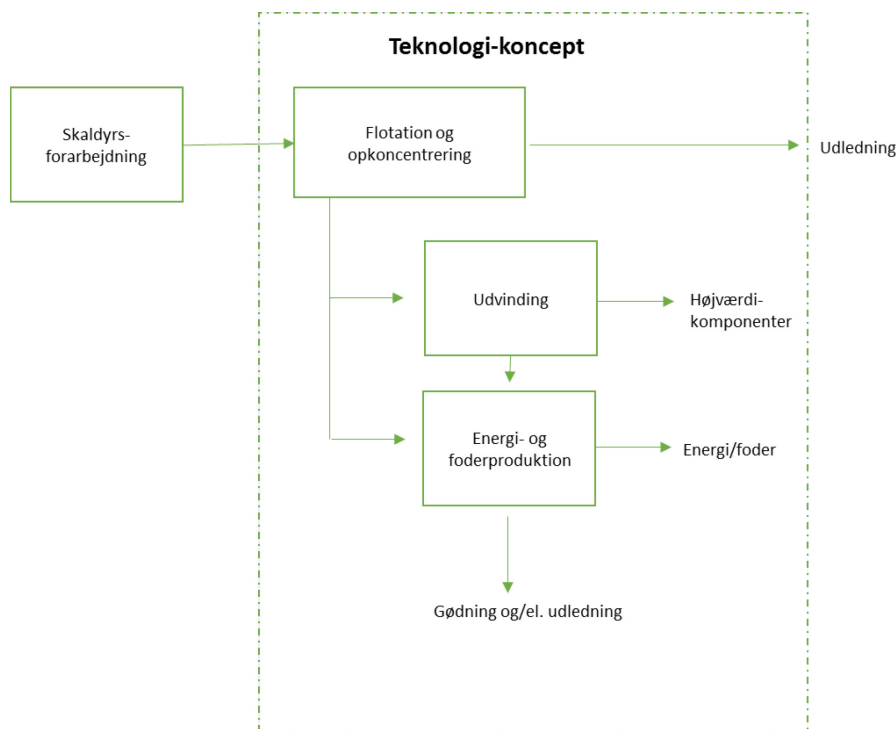
Baseret på pilotforsøgene og kortlægningen estimeres det således, at det er muligt at udvinde ca. 40 % af det tørstof, som i dag udledes med spildevandet. Udvinningen vil endvidere bevirke, at rødfarvningen af spildevandet, som i dag udledes til fjorden, reduceres kraftigt. Analyserne af det floterede materiale viser, at fedtsyre- og aminosyresammensætningen generelt er meget interessant i forhold til at anvende det floterede materiale som foder eller fødevarer.

I projektet er der blevet afprøvet og udviklet et innovativt teknologikoncept til udvinding af højværdikomponenter fra vandige processtrømme. I den valgte case (Royal Greenland) viser resultaterne, at det er muligt at opnå en effektiv udvinding af højværdikomponenter, og at den forventede tilbagebetalingstid er kort. Royal Greenland finder teknologikonceptet meget interessant og undersøger muligheden for implementering, men stiller som krav at teknologikonceptet kan håndtere fødevarer. Såfremt teknologikonceptet bliver endeligt færdigudviklet som fødevarerprodukt og herefter implementeret, vil udledningen til nærmiljøet blive reduceret, samtidig med at der genereres et salgbart nyt produkt, som vil øge omsætningen og dermed muliggøre ansættelse af nye medarbejdere i Grønland.

Et fødevaregodkendt teknologikoncept forventes at kunne finde anvendelse i mange fødevareindustrier, både nationalt og internationalt. Der udestår dog stadig et vist udviklingsarbejde i forhold til at konstruere det nuværende teknologikoncept, således at anlægget bliver hygiejnisk både under drift og let at rengøre. Det vurderes, at såfremt teknologikonceptet bliver videreudviklet, vil det kunne afsættes bredt til virksomheder inden for fødevareproduktion, hvilket ville kunne øge BIO-AQUA's omsætning betydeligt.

### 3. Koncept og fremgangsmåde

I projektet er der blevet udviklet et teknologikoncept, som består af en innovativ kombination af flotation og opkoncentrering, se nedenstående billede. Teknologikonceptet har til formål at generere merværdi af det materiale, som i dag opfattes som en affaldsstrøm, og samtidig reducere udledningen af organisk materiale.



Oversigt over teknologikoncept

Teknologikonceptet er udviklet med henblik på anvendelse bredt inden for fødevarereproduktion. Royal Greenlands rejeproduktion i Ilulissat er i indværende projekt anvendt som case, idet der under rejeforarbejdning og produktion af rejemel genereres en række spildstrømme, som indeholder flere interessante højværdikomponenter, såsom fiskeprotein, omega-3, astaxanthin og kitin. Spildstrømmene udledes i dag direkte til havet i nærheden af den bevaringsværdige Isfjord, og på grund af astaxanthinindholdet i rejerne farves spildstrømmene og dermed vandet i fjorden lejlighedsvis rødt.

I nærværende projekt er teknologikonceptet blevet udviklet igennem fire faser:

1. Gennemgang af produktionsproces og kortlægning af de spildevandstrømme, der har størst potentiale
2. Afprøvning og optimering af teknologikoncept
3. Design og udvikling af teknologikoncept
4. Opstilling af businesscase samt vurdering af højværdikomponenter og miljøeffekt.

I de efterfølgende kapitler opsummeres de væsentligste resultater fra de enkelte faser.

## 4. Produktionsproces og kortlægning af spildevandstrømme

Kortlægningen af procestrinene på rejefabrikken i Ilulissat baserer sig på såvel oplyste data som målte værdier fra forskellige lokationer på fabrikken. På baggrund af kortlægningen er der opstillet en overordnet massebalance for rejeproduktionen. Tillige opstilles mere detaljerede massebalancer for både indvejningen og rejemelsproduktionen, da indledende analyser viste, at spildstrømmene fra netop disse produktionstrin udgør det største potentiale. Karakteriseringen af spildstrømme indbefatter bl.a. indhold af tørstof, glødetab, protein, fedt og indhold af eventuelle højværdiprodukter som fx astaxanthin. Kortlægningen dannede basis for bestemmelse af lokation til afprøvningen af teknologikonceptet (se kapitel 5).

Kortlægningen af spildstrømme blev gennemført i uge 23 (2016) i et samarbejde mellem Teknologisk Institut, BIO-AQUA og Royal Greenland.

### 4.1 Kort anlægsbeskrivelse og overordnet massebalance

På baggrund af oplyste mængder af modnede rejer processeret den 8/6-2016 sammenholdt med den opgivne rejemelsproduktion og mængden af færdigprodukt er der i TABEL 1 opstillet en massebalance. Til beregning af den overordnede massebalance er der målt på tørstofniveauer af de modnede rejer, på rejemelsproduktionen og på produktionen af rejer. Ud fra indkomne mængder og tørstofindhold er mængderne omregnet til procent tørstof pr. dag.

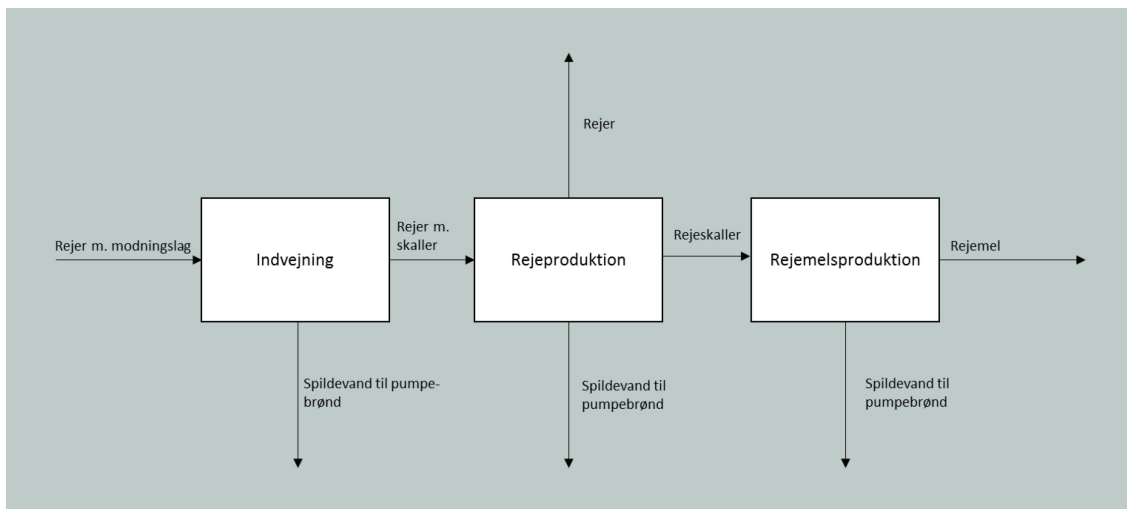
**TABEL 1.** Data til den overordnede massebalance baseret på oplyste tal for den 8/6-2016.

	Tørstof-%	Mængde, procent/dag
Indtag af rå rejer	17	100
Rejemelsproduktion	95	38
Produktion af rejer	15	30
Tab af tørstof		32

Som det fremgår af tabellen, er der en stor differens mellem indtag af råvarer og de færdige produkter (rejer og rejemel). Således viser beregningerne, at 32 % tørstof udledes med spildevandet, svarende til den indgående tørstofmængde. Det beregnede tørstoffab er dog forbundet med nogen usikkerhed, idet tørstoffbestemmelsen for de rå rejer og de færdige rejer er udført på en mindre delprøve.

For en simplificering af kortlægningen er rejefabrikken i Ilulissat blevet inddelt i tre overordnede produktionstrin, se FIGUR 1.





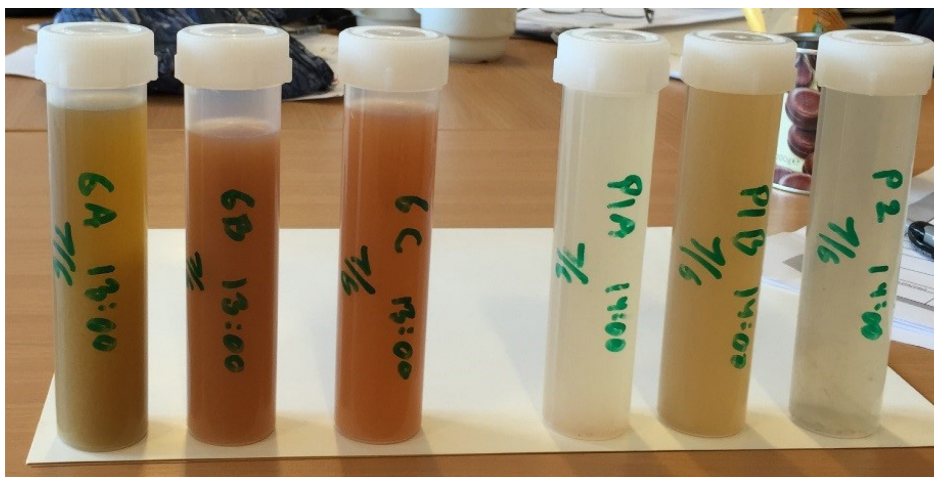
**FIGUR 1.** Skematisk oversigt over rejefabrikken.

*Indvejning og modning:* Modtagelse af råprodukt, modning og skylning

*Rejeproduktion:* Dampning, pilning, sortering samt glacering af rejer og pakning af slutprodukt

*Rejemel:* Filtrering med buesigte, tørring og formaling

Spildevand fra indvejeningen ledes til spildevandsbrønde. Nedenstående billede viser vand fra spildevandsbrøndene og vand udtaget fra indvejeningen, som ledes til spildevandsbrøndene.



Spildevand udtaget fra indvejning (tre rør fra venstre) og fra spildevandsbrøndene (tre rør fra højre).

Kortlægningen har identificeret to produktionstrin, hvor potentialet for at udnytte ekstra tørstof er størst, nemlig *indvejeningsprocessen* og *rejemelsproduktionen*. Det høje potentiale skyldes, at vandflowene er høje, og at tørstofmængderne er store. Desuden kan tørstofmængderne opsamles separat og derved bibeholde klassificering som fødevarer. Indvejeningsprocessen og rejemelsproduktionen gennemgås i de følgende afsnit. Detaljer om opbygningen af produktionsanlægget og de enkelte produktionstrin ønskes bevaret som forretningshemmeligheder og er i de efterfølgende afsnit alene beskrevet på et meget overordnet niveau.

#### 4.1.1 Indvejning

Indvejeningen blev opdelt i flere overordnede procestrin. Der er målt tørstof på vand fra alle procestrin, og flowet er bestemt ved at opsamle vand fra procestrinene i en given tidsperiode, se TABEL 2. Det vand, som blev mistet under transportbånd, er ikke medregnet.

Som det fremgår af tabellen, varierer både tørstofindholdet og flowet fra trin 2 og trin 3 betragteligt. Dette skyldes, at der i nogle perioder tilføres store mængder frisk vand til procestrinene, hvorimod der i andre perioder tilføres en mindre mængde frisk vand. Således er tørstofindholdet lavt og flowet højt, når der tilføres meget vand, og omvendt er tørstofindholdet højt og flowet lavt, når der tilføres mindre vand til procestrinene. I nedenstående tabel er begge scenarier vist for trin 2 og trin 3. I beregningen af den tørstofmængde, som udledes, er mængden beregnet som et gennemsnit af de to scenarier.

Der blev tillige målt på en række spildevandsparametre for de tre procestrin (se TABEL 3), ligesom der blev målt for indhold af farvestofferne astaxanthin, zeaxanthin og  $\beta$ -caroten, som vist i TABEL 3.

**TABEL 2.** Oversigt over målte spildevandsparametre under kortlægning.

	Tørstof kg/m <sup>3</sup> ***	COD g/m <sup>3</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> g/m <sup>3</sup>	TN g/m <sup>3</sup>	Beregnet protein kg/m <sup>3</sup>	Protein, Kjeldahl kg/m <sup>3</sup> **	Fedt kg/m <sup>3</sup> **
Trin 1	30,3	28.000*	52	2.300	13,7	15	3,5
Trin 2 lavt flow	42,4	52.000	90	2.600	15,9	12	9,85
Trin 2 høj flow	18,4	19.000	131	1.270	7,3		
Trin 3 lav flow	41,5	19.000	98	2.170	13,0	4	2,3
Trin 3 høj flow	10	4000	37,5	855	5,1		

\* COD-tallet for trin 1 anses som værende meget lavt. Dette kan skyldes en målefejl på grund af den høje saltkoncentration

\*\* Målt af Eurofins

\*\*\* Indholdet af NaCl er fratrukket tørstofindholdet

**TABEL 3.** Oversigt over astaxanthin-, zeaxanthin- og  $\beta$ -carotenindhold i indvejningen.

		Astaxanthin (mg/l)		Zeaxanthin (mg/l)		$\beta$ -caroten (mg/l)	
		middel	std. afv.	middel	std. afv.	middel	std. afv.
Trin 1	Fri	0,08	0,02	0,01	0,00	0,02	0,00
	Total	0,55	0,16	0,01	0,00	0,02	0,00
Trin 2	Fri	0,08	0,03	0,03	0,00	0,02	0,00
	Total	1,89	0,15	0,04	0,01	0,03	0,01
Trin 2	Fri	0,06	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00
	Total	1,27	0,13	0,02	0,00	0,02	0,00

COD (Chemical Oxygen Demand) er et udtryk for, hvor meget organisk stof der er i vandet, og som det fremgår, er der høje niveauer af organisk materiale til stede i alle procestrin, dog afhængigt af flow (belastning). Der er tillige målt ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) og total kvælstof (TN), og ud fra disse tal, er der foretaget en teoretisk beregning af værdien for proteinindholdet i vandet.

Som det fremgår af ovenstående data, er der et stort potentiale for at udnytte spildstrømmene fra indvejningen, da disse er forholdsvis koncentrerede (højt tørstof) og indeholder en relativt stor andel af protein og astaxanthin.

Baseret på tørstof anslås det, at der fra disse spildstrømme udledes op mod 81 procent af det tørstof, som i dag udledes med spildevandet. Protein estimeres til at udgøre 41 % af tørstofmængden. Således vurderes det, at vandet herfra med fordel vil kunne anvendes som udgangspunkt for udvinding.

Astaxanthin udgør langt hovedparten af de tre målte farvestoffer. Endvidere bemærkes det, at langt hovedparten af astaxanthinmængden ikke er fri, men skal forsæbes, inden den kan måles. Der er i litteraturen angivet et indhold på mellem 0,2 og 0,7 µg/ml i spildevand fra andre rejefabrikker. De målte koncentrationer for trin 2 og trin 3 er altså noget højere, hvilket kan skyldes, at vandet i disse trin endnu ikke er fortyndet med andet procesvand.

#### 4.1.2 Rejemelsproduktion

Kortlægningen af rejemelsproduktionen omfattede, ligesom indvejning, prøveudtagning fra hvert af procestrinene og estimering af vandflow.

Rejeskallerne fra high-risk frasorteres fra vandet ved hjælp af en buesigte. De frasorterede rejeskaller passerer gennem to separationstrin, hvis formål er at fjerne vandet fra rejeskallerne inden selve rejemelsproduktionen, som består af tørring og formaling. Vandflowet fra de to procestrin er meget varierende, hvorfor det ikke har kunnet bestemmes ved at opsamle vandet. I stedet er vandflowet beregnet ved at anvende tørstofindholdet og den samlede produktion af rejemel.

Som det fremgår af TABEL 4 **Fejl! Henvisningskilde ikke fundet.**, indeholder vandet fra de to separationstrin en del tørstof, om end tørstoffet herfra kun udgør ca. 6 % af den samlede udledning af tørstof. Det vurderes, at vandet fra buesigten har et meget lavt tørstofniveau, hvilket gør det vanskeligt at anvende denne spildstrøm som kilde for udvinding af højværdiprodukter samt protein og fedt. Vandet fra separationstrinene indeholder relativt meget astaxanthin som vist nedenfor. Således vurderes det, at vandflowet fra disse med fordel vil kunne anvendes som udgangspunkt for udvinding.

**TABEL 4.** Oversigt over målte tørstofværdier og flow under kortlægning.

	Tørstof-%	Flow m <sup>3</sup> /time
Buesigte	0-0,25	82,6
Separationstrin 1	0,65	1,26
Separationstrin 2	2,1	0,14

Proteinmængder estimeres til at udgøre 53 % af tørstofmængden (se TABEL 5). Således vurderes det, at vandet herfra med fordel vil kunne anvendes som udgangspunkt for udvinding.

Astaxanthin udgør, ligesom ved indvejning, langt hovedparten af de tre målte farvestoffer (se TABEL 6). Endvidere bemærkes det, at langt hovedparten af astaxanthinmængden ikke er fri, men skal forsæbes, inden den kan måles. De målte koncentrationer er meget høje, hvilket også kan observeres visuelt.

**TABEL 5.** Oversigt over målte spildevandsparametre under kortlægning.

	COD kg/m <sup>3</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> g/m <sup>3</sup>	TN g/m <sup>3</sup>	Beregnet protein kg/dag	Protein, Kjeldahl kg/dag	Fedt kg/dag
Buesigte	0-1.350	0-0,55	0-340	0-300		
Separationstrin 1	12.000	15	470	61	64	5
Separationstrin 2	2.600	34	2.800	42	26	0

**TABEL 6.** Oversigt over astaxanthin-, zeaxanthin- og  $\beta$ -carotenindhold i spildevandet fra rejemelsfabrikken.

		Astaxanthin (mg/l)		Zeaxanthin (mg/l)		$\beta$ -caroten (mg/l)	
		middel	std. afv.	middel	std. afv.	middel	std. afv.
Separationstrin 1	Fri	0,08	0,02	0,00	0,00	0,01	0,01
	Total	3,08	0,33	0,00	0,00	0,02	0,00
Separationstrin 1	Fri	0,32	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01
	Total	9,74	0,17	0,00	0,00	0,05	0,00

## 4.2 Flokkulering

For at optimere flotationseffektiviteten (kerneteknologi i FloTek-konceptet) anvendes der ofte et flokkuleringsmiddel. Flokkuleringsmidlet har til formål at udfælde indholdsstofferne i flokke, hvilket gør den efterfølgende proces langt mere effektiv.

Derfor blev der udført initiale flokkuleringsforsøg ved anvendelse af medbragte, kommercielt tilgængelige flokkulanter, bl.a. fra Kemira. Som det fremgår af nedenstående billedserie, er rejespildevandet relativt nemt at flokkulere. Her er blot demonstreret en separation gennem et tyndt klæde, hvorved der opnås en klar væskefase og en fraseparation af det flokkulerede materiale.



Fra venstre mod højre: Rejespildevand tilsat flokkulanter; før og efter flokkulering; separeret vand og flokkuleret materiale.

## 4.3 Opsummering

Som det fremgår af ovenstående, er der et stort potentiale for at opsamle og udnytte en væsentligt større del af det tørstof, som på nuværende tidspunkt ender i spildevandet. Det største potentiale for yderligere udvinding af tørstof forefindes i indvejningen og i rejemelsproduktionen. Baseret på den simple tørstofmassebalance ses det, at der er et væsentligt tab af tørstof gennem produktionen af rejer og rejemel. Tabet svarer til en tredjedel af det tilladte tørstof pr. dag.

Kortlægningen af indvejningen viser, at hvis udvalgte spildstrømme udnyttes fuldt ud, vil det resultere i yderligere tørstof, svarende til ca. 81 % af den mængde tørstof, som i dag udledes med spildevandet. Tilsvarende analyser er gennemført for rejemelsproduktionen, og her estimeres det, at der vil kunne opsamles en tørstofmængde på yderligere ca. 6 %. Ved at udnytte relativt få spildstrømme vil det være muligt at udnytte yderligere ca. 80 % af den mængde tørstof, som i dag udledes med spildevandet.

De ekstra mængder, som kan opsamles, vil reducere tabet af organisk materiale til blot 20 %.

Genanvendelse af denne mængde tørstof i rejemelsproduktionen vil betyde, at denne produktionen fordobles ved det nuværende input af rejer. Det forudsætter imidlertid en komplet udvinding, hvilket ikke er realistisk. Estimerne indikerer dog en oplagt mulighed for relativt let at reducere rødfarvningen af spildevandet og for bedre at kunne udnytte tørstoffet til eksempelvis ekstra rejemelsproduktion.

## 5. Udvikling og optimering af teknologikoncept

Udvikling og afprøvning af teknologikonceptet på rejefabrikken i Ilulissat baserer sig på kortlægningen af spildevandsstrømme, se Kapitel 4. Der er udelukkende fokuseret på spildevandet fra indvejningen og fra rejemelsproduktionen, idet disse to vandstrømme tegner sig for størstedelen af det udledte tørstof. Endvidere er der i forsøgene overvejende fokuseret på indvejningen, idet tørstofmængden her er langt større end fra rejemelsproduktionen, se Kapitel 4. Flotationskonceptet er udviklet i nærværende projekt med fokus på effektiv vandbehandling og opkoncentrering.

Der er derfor på basis af de indsamlede resultater fra kortlægning og besigtigelse på fabrikken, gennemført en teknologiudvikling på lignende spildevand i Danmark. Der har været fokus på skånsom omrøring og pumpning i forbindelse med tilsætning af flokkulanter, samt et effektivt indløsningsystem af luft til at sikre en meget lille boblestørrelse. Der er gennemført test med forskellige typer af afvandingsteknologi. Ingen af disse blev dog vurderet anvendelig i denne sammenhæng, hvorfor der blev anvendt en ombygget æblepresse. De forskellige optimeringer er nærmere beskrevet under de relevante afsnit.

På baggrund af de gennemførte forsøg er der udregnet separationseffektiviteter for teknologikonceptet –på både tørstof- og proteinniveau.

Afprøvningen af teknologikonceptet på Grønland blev gennemført i perioden 22.-29. november 2016 i et samarbejde mellem Teknologisk Institut, BIO-AQUA og Royal Greenland.

### 5.1 Kort beskrivelse af det udviklede udstyr

Som første trin i processen blev der anvendt flokkulering af det partikulære stof. Partiklerne i vandet er primært negativt ladede, og ved at tilsætte positivt ladede flokkulanter er det muligt at neutralisere ladningen. Dette fører til en flokkulering af partiklerne i vandet, der dermed lettere kan fjernes i den efterfølgende renseteknologi. Vandet fra de individuelle processtrømme blev hentet i 1000-literskar. Fra disse blev vandet med en dykpumpe overført til selve flokkuleringstanken. I flokkuleringstanken foregik en konstant omrøring med en elektrisk omrører, der var monteret i midten af tanken. Omrøreren var indstillet på en hastighed, der var høj nok til at modvirke sedimentation, men ikke så høj, at der kunne dannes kraftig turbulens, som potentielt kunne ødelægge de dannede flokke. I nedenstående billede ses omrøreren i drift i flokkuleringstanken.

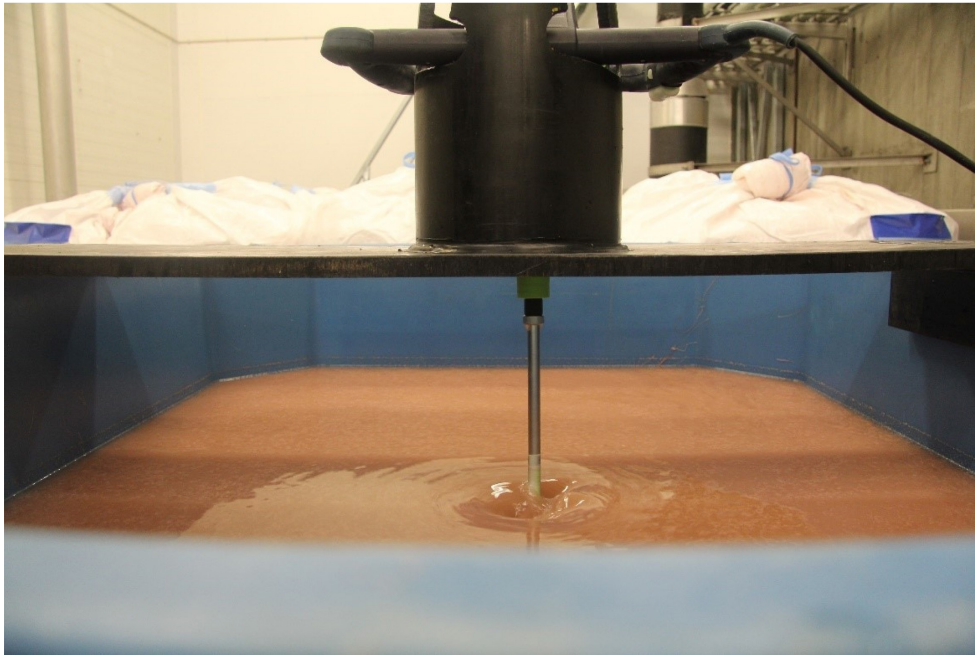


Foto af flokkuleringstank med påmonteret omrører.

Efter flokkuleringen løber vandet ved hjælp af gravitation videre til fødepumpen. Fødepumpen var af typen excentersnekke, som blev valgt for at behandle flokkene så forsigtigt som muligt og for samtidig at sikre, at alle partikler kom ind i anlægget. Pumpen var udstyret med en frekvensomformer, for derigennem at styre indpumpningen til flotationsanlægget.



Oversigtsbillede af det anvendte pilotskalaudsyr.

Fra fødepumpen pumpes vand ind i indløbsrøret til flotationsanlægget. BIO-AQUA anvendte til pilotanlægget en speciel teknologi til dannelse af mikrobobler i flotationsanlægget. Der anvendes turbinepumper fra den japanske producent Nikuni. Disse pumper kaviterer ikke og kan derfor håndtere væsker indeholdende gasbobler. På sugesiden af pumpen blev der suget luft ind. Efter pumpen har luft/vand-blandingen et tryk på ca. 5 bar. Indsugningen af luften foretages igennem en nåleventil til indstilling af luftmængden. Fra pumpen løber luft/vand-blandingen hen til BIO-AQUA's patenterede indløsningsdyser. I dyserne frigives boblerne og bliver til mikrobobler ( $<5 \mu\text{m}$ ). Dyserne er udstyret med en trykluftstyring (pneumatisk), og ved fastlagte intervaller frigives modtrykket, således at dysen automatisk renses. Ved opblanding af det indkomne, flokkulerede vand med vand med mikrobobler dannes der flokke af partikler og luftbobler. Disse udløses højt inde i flotationsanlægget og

føres til overfladen af flotationsanlægget, hvor de afskrabes med den indbyggede skraber. Skraberer er en rent mekanisk skraber med et gummiblad, der kører henover overfladen. I de udførte forsøg blev der opstillet en overordnet massebalance, og skraberer blev styret manuelt. Overfladen af flotationsanlægget og skraberer kan ses på nedenstående billede.



Overfladen af det udviklede flotationsanlæg med skum. Skraberer ses i forgrunden.

Det behandlede vand udtages midt i tanken. Ca. 15 % af det rensede vand genbruges til dannelse af nyt dispergeret vand, der ledes igennem Nikuniturbinepumpen, inden det blandes med det indkomne vand. Denne løsning anvendes for at sikre en god drift af Nikunipumperne.

## 5.2 Forsøg – Separationseffektivitet

Der blev i afprøvningsperioden gennemført seks forsøg, som er opsummeret i TABEL 7.

**TABEL 7.** Overblik over gennemførte forsøg og spildevandsmængder.

Forsøgsnr.	Spildevand	Spildevandsmængde (l)	Flokkulant
1	Blandet indvejning	1.072	Ja
2	Indvejning – trin 1	609	Nej
3	Indvejning - trin 1	992	Ja
4	Indvejning - dampning	995	Ja
5	Indvejning – trin 3	637	Ja
6	Rejemel – 1. separationstrin	787	Ja

Det anvendte pilotanlæg har et forholdsvis stort dødvolumen, hvorfor det er nødvendigt at anvende en betydelig vandmængde for at sikre, at det udgående vand er repræsentativt. Således er der ved hvert forsøg anvendt minimum 600 l vand (se TABEL 7). De udregnede separationseffektiviteter i nedenstående afsnit er udelukkende udregnet på baggrund af data fra den sidste del af hvert forsøg, hvor systemet har været tættest på at være i ligevægt.



Vandet fra dampningsprocessen (kogevand) blev ifm. kortlægningen ikke identificeret, idet vandrøret ikke var blotlagt. Bidraget fra denne proces (tørstof, protein, fedt, m.m.) blev derfor ikke inkluderet i den oprindelige kortlægning. Det vurderes dog, at bidraget fra trin 2 er lavere end først antaget, idet vandmængden er mindre, hvorfor det antages, at den samlede udledning er uændret.

### **Forsøgsbeskrivelse**

I nedenstående punkter beskrives den overordnede arbejdsgang for forsøgene:

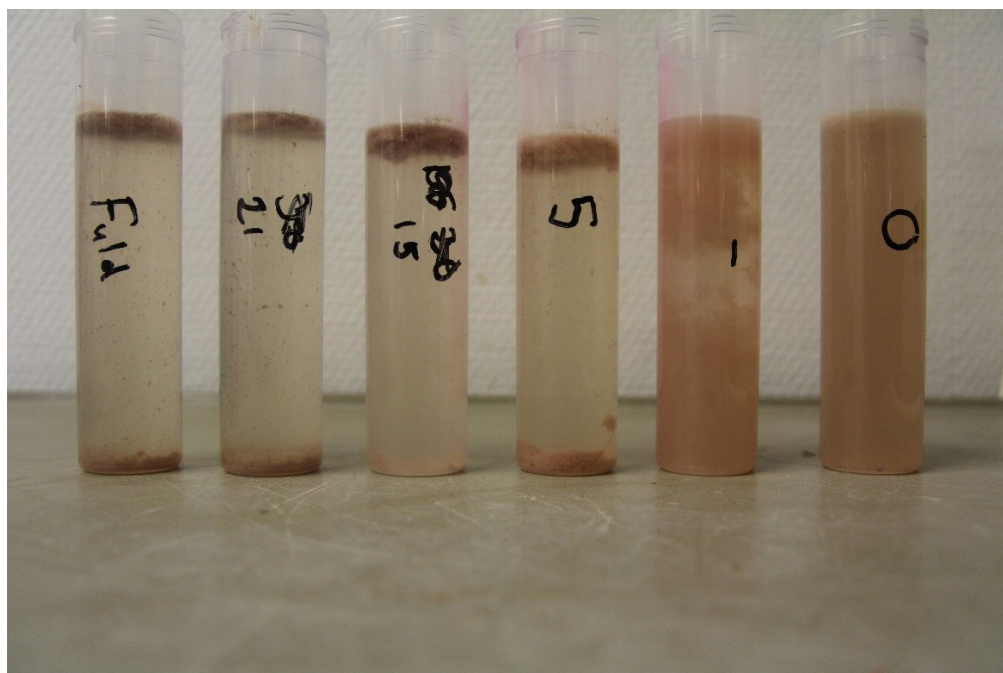
- Opsamling af vand fra procestrin
- Test af flokkulant og udregning af dosering (jartest)
- Flotation af spildevand
- Behandling af floteret materiale i presse.

### **Opsamling af vand fra procestrin**

Udvalgte spildevandsstrømme blev opsamlet (se TABEL 7) ved oppumpning fra spildevandsrender eller fra opsatte opsamlingskar.

### **Test af flokkulant**

En repræsentativ prøve blev udtaget af det opsamlede vand. 100 ml blev overført til et bægerglas, og under omrøring blev der tilsat forskellige mængder af en 2 %-opløsning af C-577 (Kemira). Efter omrøring i 3-4 minutter blev prøven overført til et prøverør. Flokdannelsen blev efter ca. 15 min vurderet visuelt. På denne baggrund blev flokkulantdoseringen udregnet. På nedenstående billede ses et eksempel på prøverør fra de gennemførte tests.

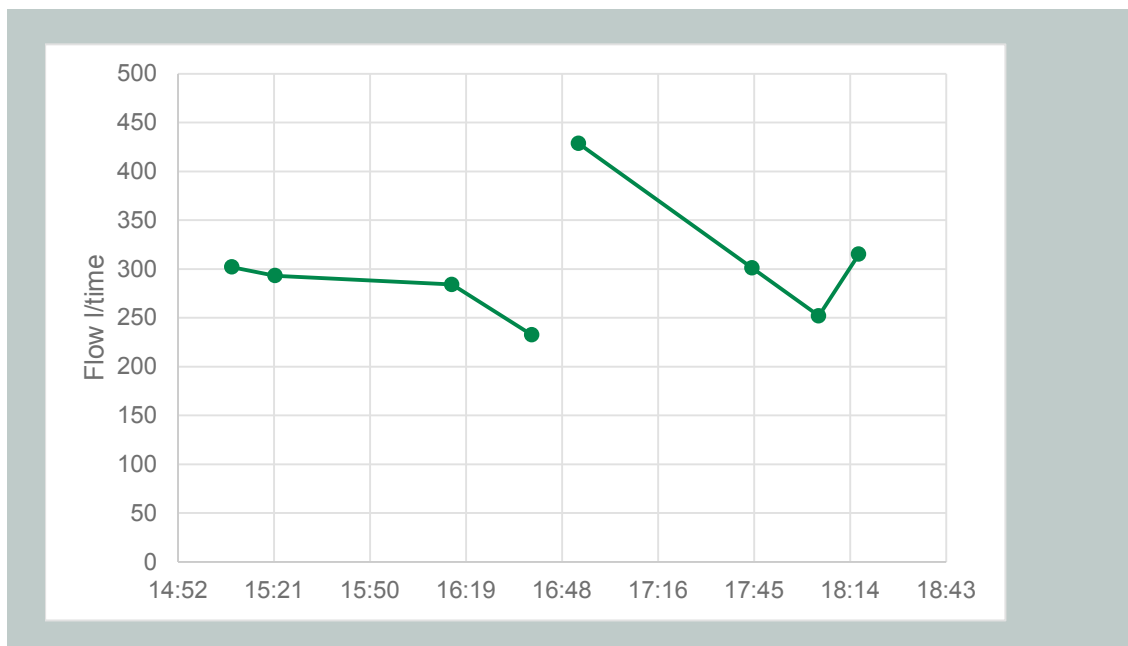


Blandet indløbsvand tilsat forskellige koncentrationer af flokkuleringsmiddel.

### **Flotation af spildevand**

Det opsamlede spildevand blev overført til et kar (1 m<sup>3</sup>) placeret på en pallevægt, hvilket muliggjorde monitorering og justering af flowet til flotationsanlægget (se FIGUR 2). På blandedekaret var der monteret en tvangsblender, som havde til formål at forhindre lagdeling og sikre en god opblanding af flokkulanten c-577.

Fra palletanken blev spildevandet pumpet ind i flotationsanlægget. Undervejs blev der udtaget prøver fra det indgående og udgående vand. Ved afslutning af forsøget blev den floterende masse skrabet af anlægget og afvejnet, se nedenstående billede.



**FIGUR 2.** Indløbsflow af spildevand til flotationsanlægget til et givent tidspunkt.

### **Behandling af floteret materiale**

Til identifikation af den mest egnede opkoncentreringsteknologi blev der afprøvet flere gængse teknologier som bl.a. skruepresse, presse og cyklon. Dog viste indledende test, at den mest effektive måde at opkoncentrere det floterende materiale, var ved hjælp af et posefilter, som muliggjorde, at porestørrelsen kunne styres simpelt. Dette skyldtes, at flokkuleringen var baseret på fødevaregodkendte flokkulanter. Ved anvendelse af mere traditionelle polymerbaserede produkter ville alle ovenstående teknologier have kunnet afvande det floterende materiel. Dette er ikke muligt i fx en skruepresse, hvorfor der i Grønland blev gennemført forsøg med en kraftigt ombygget æblepulppresse, hvor filterdug med forskellige porestørrelser kunne anvendes. Herved blev tabet af protein og fedt i rejektvandet minimeret, samtidig med at der blev opbygget en filterkage med et højt tørstofindhold.

I nogle af forsøgene blev den floterende biomasse overført til pressen. Pressen blev herefter påsat tryk, og rejektvandet blev opsamlet. Afslutningsvis blev pressekagen taget ud af pressen.



Modificeret æblepresse med filterdug samt filterkage.

### 5.2.1 Forsøg 1 – Blandet indvejning

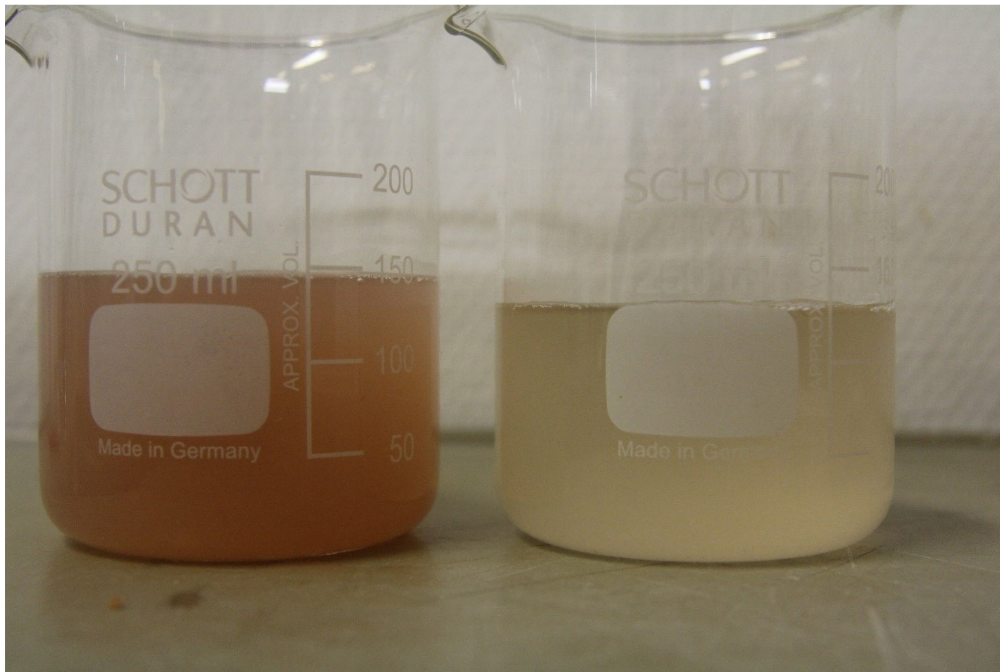
Til det første forsøg blev der opsamlet blandingsvand fra indvejsningen. Vandet blev opsamlet i gulv afløbet umiddelbart inden pumpebrønden, hvorfor det vurderes, at vandet var godt opblandet. Endvidere blev vandet opsamlet over en længere periode (ca. 20 minutter) efter en periode med stabil drift på rejeprocesseringsanlægget. Således vurderedes det, at vandet var forholdsvis repræsentativt for indvejsningsprocessen.

Forsøget forløb over en periode på ca. fire timer med en samlet spildevandsvolumen på 1072 l. I den nedenstående tabel er tørstof-, COD- og proteinindholdet i ind- og udløbsvandet angivet. I den sidste del af testperioden, hvor anlægget vurderedes at være i ligevægt, var koncentrationerne i udløbsvandet ca. det halve i forhold til koncentrationerne i indløbsvandet. Altså var det muligt at tilbageholde ca. halvdelen af tørstof- og proteinindholdet. Spildevandet indeholder en del salt. I modsætning til den første kortlægning er salt ikke målt og trukket ud af massebalancen.

**TABEL 8.** Oversigt over ind- og udløbsværdier for tørstof-, COD- og proteinindhold.

	Tørstof (%)	COD (mg/l)	Protein (mg/l)
Indløbsvand	1,4-1,6	8.800	10.400
Udløbsvand	0,5-1,0	3.380-3.710	2.700-5.700
Floteret skum	26,5		

Endvidere blev der observeret en betydelig reduktion i turbiditet og rødfarvning af udløbsvandet i forhold til indløbsvandet, som illustreret på nedenstående billede. Analyserne af det floterende skum viste et proteinindhold på 9,5 % (svarende til 35,8 % af tørstoffet) og et fedtindhold på 13,0 % (svarende til 49,2 % af tørstoffet). Sammensætningen indikerer, at tilbageholdelsen af fedt er højere end tilbageholdelsen af protein.



Forskel mellem indløbs- og udløbsvand efter flotation.

### 5.2.2 Forsøg 2 – Indvejning trin 1 uden flokkulant

Til dette forsøg blev der opsamlet vand fra spildevandsrenden ved trin 1 i indvejningen. Vandet blev opsamlet over en længere periode.

Vandet fra dette trin har et højt indhold af salt, hvorfor lagen kan være svær at flokkulere. Det blev derfor besluttet at gennemføre et forsøg uden tilsætning af flokkulant til spildevandet.

Forsøget forløb over en periode på ca. 3 timer, og den samlede spildevandsvolumen var 609 l. I den nedenstående tabel er tørstof- og COD-indholdet i ind- og udløbsvandet angivet. I den sidste del af testperioden, hvor anlægget vurderedes at være i ligevægt, var koncentrationerne i udløbsvandet ca. det halve i forhold til koncentrationerne i indløbsvandet. Altså var det, meget lig forsøg 1, muligt at tilbageholde ca. halvdelen af tørstof- og proteinindholdet. Det floterede skum havde dog en betydeligt lavere tørstofkoncentration i forhold til forsøg 1.

**TABEL 9.** Oversigt over ind- og udløbsværdier for tørstof- og COD-indhold.

	Tørstof (%)	COD (mg/l)
Indløbsvand	4,8	24.000
Udløbsvand	2,9	14.560
Floteret skum	11,7	

Endvidere blev der observeret en betydelig reduktion i turbiditet og rødfarvning af udløbsvandet i forhold til indløbsvandet på trods af et meget højt COD-niveau (ca. x3).

### 5.2.3 Forsøg 3 – Indvejning trin 1 med flokkulant

Til dette forsøg blev der opsamlet vand fra spildevandsrenden. Vandet blev opsamlet over en længere periode.

Forsøget forløb over en periode på ca. fire timer, og den samlede spildevandsvolumen var 992 l. I TABEL 10 er tørstof- og COD-indholdet i ind- og udløbsvandet angivet. I den sidste del af testperioden, hvor anlægget vurderedes at være i ligevægt, var koncentrationerne i udløbsvandet ca. 40 % lavere i forhold til koncentrationerne i indløbsvandet.

**TABEL 10.** Oversigt over ind- og udløbsværdier for tørstof- og COD-indhold.

	Tørstof (%)	COD (mg/ml)
Indløbsvand	5,0	24.000
Udløbsvand	2,9-3,9	14.880-16.880
Floteret skum	11,5-13,0	

Endvidere blev der observeret en betydelig reduktion i turbiditet og rødfarvning af udløbsvandet i forhold til indløbsvandet.

#### Behandling af floteret materiale

Til forsøget blev der anvendt filterduge, som ikke var specielt tætvet. 6 liter floteret skum blev overført til pressen, som blev tryksat natten over. I alt blev der opsamlet 0,8 l rejektvand fra pressen med et tørstofindhold på 8,7 %, hvilket kun medførte en mindre opkoncentrering af tørstofindholdet i pressekagen.

### 5.2.4 Forsøg 4 – Indvejning, dampning

Til dette forsøg blev der opsamlet vand fra spildevandsrenden, hvortil vandet fra dampprocessen tilledes. Vandet blev opsamlet over en længere periode på ca. 20 min.

Forsøget forløb over en periode på ca. 3 timer, og den samlede spildevandsvolumen var 995 l. I den nedenstående tabel er tørstof-, COD- og proteinindholdet i ind- og udløbsvandet angivet. I den sidste del af testperioden, hvor anlægget vurderedes at være i ligevægt, var koncentrationerne i udløbsvandet ca. 40 % lavere end koncentrationerne i indløbsvandet.

**TABEL 11.** Oversigt over ind- og udløbsværdier for tørstof-, COD- og proteinindhold.

	Tørstof (%)	COD (mg/l)	Protein (mg/l)
Indløbsvand	0,8	11.590	9.900
Udløbsvand	0,4-0,6	3.650-4.285	6.500

Endvidere blev der observeret en betydelig reduktion i turbiditet og rødfarvning af udløbsvandet i forhold til indløbsvandet. Analyserne af det floterede skum viste et proteinindhold på 9,7 % (svarende til 52,4 % af tørstoffet) og et fedtindhold på 6,1 % (svarende til 33,3 % af tørstoffet).

#### Behandling af floteret materiale

Til forsøget blev der anvendt den mest finmaskede af de medbragte filterduge. 7 l floteret skum blev overført til presse, som blev tryksat natten over. I alt blev der opsamlet 3 l rejektvand fra pressen med et tørstofindhold på blot 1,1 %, hvilket medførte, at tørstofindholdet i pressekagen var øget til 27,9 % (fra 18,9 %).

### 5.2.5 Forsøg 5 – Indvejning, 3. trin

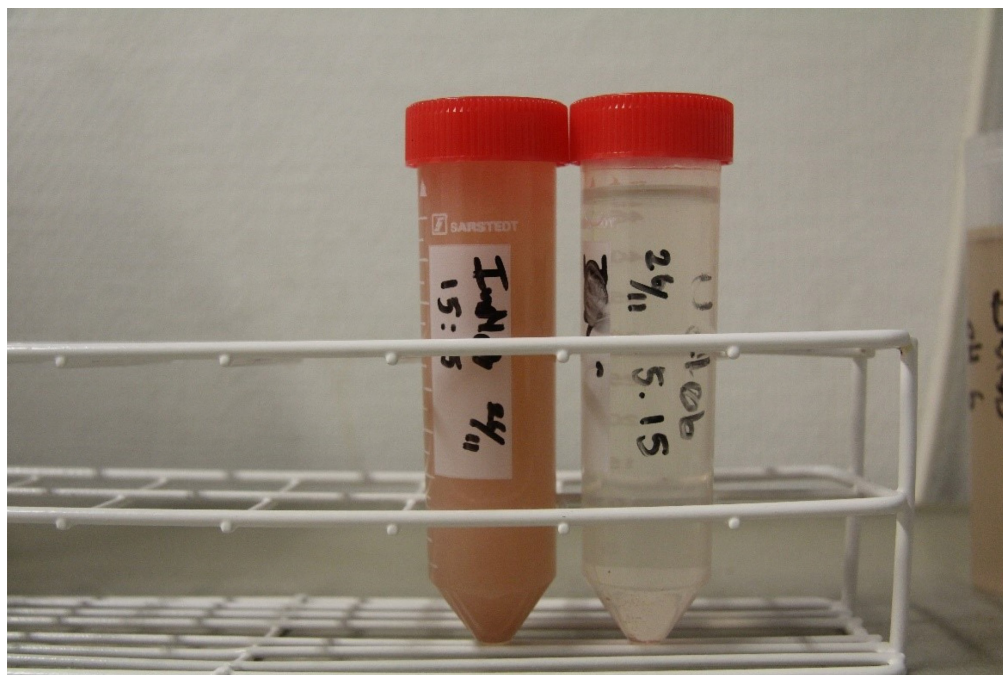
Til dette forsøg blev der opsamlet vand i et kar, som var placeret ved trin 3. Vandet blev opsamlet over en længere periode på ca. 20 min.

Forsøget forløb over en periode på ca. 3 timer, og den samlede spildevandsvolumen var 637 l. I TABEL 12 er tørstof-, COD- og proteinindholdet i ind- og udløbsvandet angivet. I den sidste del af testperiode, hvor anlægget vurderedes at være i ligevægt, var tørstofkoncentrationerne i udløbsvandet halvdelen i forhold til koncentrationerne i indløbsvandet.

**TABEL 12.** Oversigt over ind- og udløbsværdier af tørstof-, COD- og proteinindhold.

	Tørstof (%)	COD (mg/ml)	Protein (mg/ml)
Indløbsvand	0,7-0,8	10.550-11.850	2.600-2.700
Udløbsvand	0,4	2.420-4.225	2.100-2.200

Endvidere blev der observeret en betydelig reduktion i turbiditet og rødfarvning af udløbsvandet i forhold til indløbsvandet, som det kan ses af nedenstående billede.



Forskell mellem indløbs- og udløbsvand fra 3. trin efter flotation.

### 5.2.6 Forsøg 6 - Rejemelsproduktion, 1. separationstrin

Til dette forsøg blev der opsamlet vand fra 1. separationstrin fra rejemelsproduktionen. Vandet blev opsamlet over en længere periode på næsten en dag.

Forsøget forløb over en periode på ca. 4 timer, og den samlede spildevandsvolumen var 787 l. I den nedenstående tabel er tørstof-, COD- og proteinindholdet i ind- og udløbsvandet angivet. I den sidste del af testperioden, hvor anlægget vurderedes at være i ligevægt, var tørstofkoncentrationerne i udløbsvandet halvt så høje som koncentrationerne i indløbsvandet.

**TABEL 13.** Oversigt over ind- og udløbsværdier af tørstof-, COD- og proteinindhold.

	Tørstof (%)	COD (mg/ml)	Protein (mg/ml)
Indløbsvand	0,7-0,9	8.500	4.400
Udløbsvand	0,4	4.075-4.620	2.300-3.200

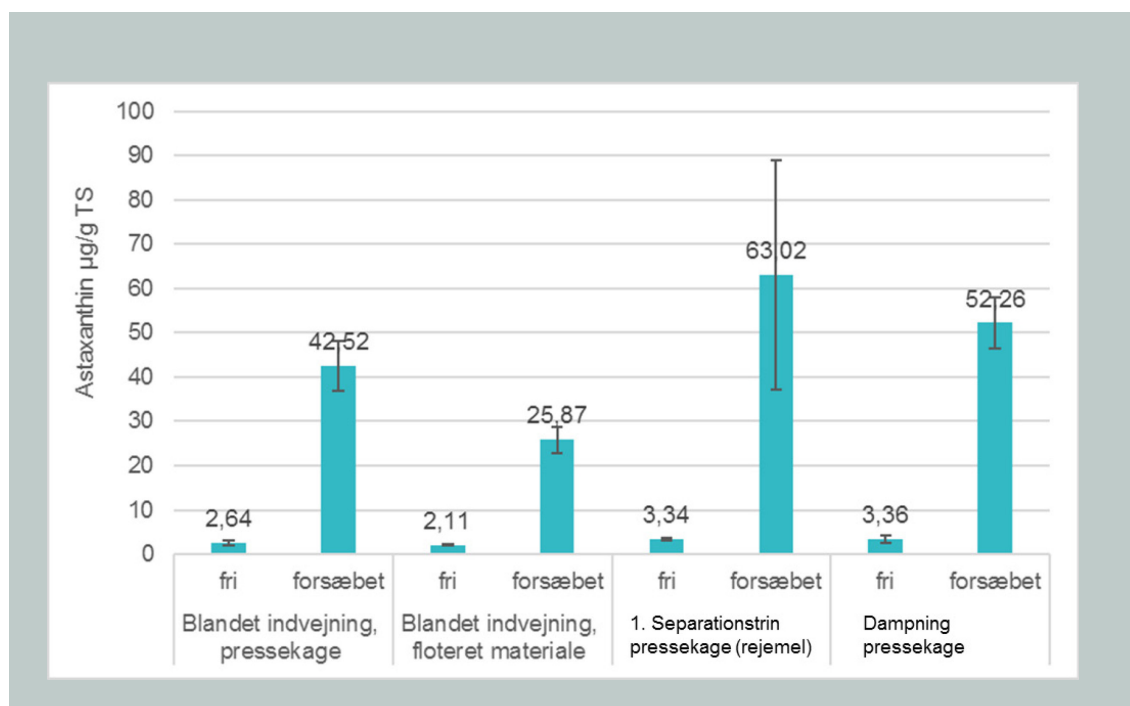
Endvidere blev der observeret en betydelig reduktion i turbiditet og rødfarvning af udløbsvandet i forhold til indløbsvandet.

#### Behandling af floteret materiale

Til forsøget blev der anvendt den mest finmaskede af de medbragte filterduge. 2,5 liter flotere-ret skum blev overført til presse, som blev tryksat natten over. I alt blev der opsamlet 0,8 l rejeftvand fra pressen, hvilket medførte, at tørstofindholdet i pressekagen var øget til 31,2 %. Analyserne af pressekagen viste et proteinindhold på 10,1 % (svarende til 33,3 % af tørstoffet) og et fedtindhold på 17,3 % (svarende til 57,2 % af tørstoffet).

### 5.3 Indhold af højværdikomponenter

Der blev tillige målt for indhold af farvestofferne astaxanthin, zeaxanthin og  $\beta$ -caroten i udvalgte forsøg. Ligesom i kortlægningen viser målingerne, at langt hovedparten af indholdet ikke er fri, men skal forsæbes, inden mængden kan måles. Resultaterne viste et højt indhold af astaxanthin i udvalgte pressekager og floterede materialer, hvilket også kan observeres visuelt.



**FIGUR 3.** Astaxanthinindhold i pressekage og det floterede materiale i udvalgte forsøg.

### 5.4 Opsummering

Til at håndtere de udvalgte, vandige strømme, der blev identificeret under kortlægningen, blev der i projektet udviklet et nænsomt flotationsanlæg med en opkoncentreringsteknologi, der sikrede højt tørstof i pressekagen. Under afprøvning af teknologikonceptet blev spildevandet fra indvejningsprocessen og rejemelsproduktionen behandlet på flotationsanlægget, og det

floterede materiale er efterfølgende blevet opkoncentreret i pressen. Overordnet set viser forsøget, at:

- 40-60 % af tørstof- og proteinindholdet tilbageholdes i det floterede materiale. Tilbageholdelsen af fedt vurderes at være lidt højere.
- Det floterede materiale har et højt tørstofindhold (11-26 %). Ved afvanding er det muligt at forøge tørstofindholdet til op til 35 %
- Der opnås en kraftig reduktion i turbiditet og rødfarvning af det behandlede spildevand. Endvidere reduceres COD-indholdet i det floterede spildevand med 40-80 % i forhold til det indgående spildevand.

De ovenfor anførte effektivitetsmål er udført under sub-optimale betingelser ved anvendelse af pilotskalaudstyr. Effektivitetsmålene forventes derfor at kunne forbedres ved en evt. implementering af teknologikonceptet.

I TABEL 14 er det med udgangspunkt i de gennemførte forsøg samt den indledende kortlægning (Kapitel 4) beregnet, hvor meget tørstof, protein og fedt der vil kunne udvindes fra spildevandet.

**TABEL 14.** Procentdel af det udledte tørstof, protein og fedt, der kan udvindes.

	Nuværende udledning	Procentdel som kan udvindes / Reduktion i udledning ved fuld implementering
Tørstof	100 %	40-60 %
Protein	65 %	40-60 %
Fedt	35 %	40-60 %

Som det fremgår af tabellen, er det således muligt at udvinde 40-60 procent af spildevandets tørstof før udledning. Udvindingen vil samtidig bevirke, at rødfarvningen af det spildevand, som i dag udledes til fjorden, vil blive kraftigt reduceret. Analyserne af det floterede materiale viser, at indholdet af fedt generelt er højere end indholdet af protein. Denne forskel indikerer, at tilbageholdelseeffektiviteten er højere for fedt end for protein. Således er det sandsynligt, at den estimerede proteinmængde kan være for høj, hvorimod fedtmængden kan være for lav. Det skal dog bemærkes, at ovenstående beregninger er forbundet med nogen usikkerhed.

Endvidere viser forsøgene, ligesom kortlægningen, at indholdet af astaxanthin er højt, hvilket vil have positiv indflydelse på afsætningsmulighederne for det floterede materiale.



## 6. Design af anlæg og videreudvikling af teknologikonceptet

I gennem projektet er der arbejdet på design af et samlet teknologikoncept til Royal Greenland. Efter afprøvningen af teknologikonceptet i Grønland skønnes det muligt, at et anlæg kunne udformes som illustreret nedenfor. Dog er det viste anlæg ikke fødevaregodkendt, hvorfor det udvundne materiale ikke på nuværende tidspunkt vil kunne afsættes som en fødevare. Dette påvirker businesscasen, idet den forventede merindtægt fra det flokkulerede materiale ikke kan medregnes.

I nedenstående PID er der projekteret en samlet løsning af kombineret vandbehandling og opkoncentrering af restprodukter. Der er grundet udsving i rejeproduktionen medtaget en buffertank, hvor vandet efterfølgende ledes over i flokkuleringskammeret. Herefter ledes det flokkulerede vand over til selve flotationsanlægget. Rejektvandet kan bortledes, og det floterende materiale vil efterfølgende blive presset. I nedenstående koncept er der valgt en skruepresse, da den modificerede æblepresse, som blev anvendt i Grønland, ikke eksisterer i stor skala.

Skitseret teknologikoncept med optimeret flotation og presse.

### 6.1 Udfordringer og det fremadrettede arbejde

Det udviklede teknologikoncept kunne i høj grad fjerne både fedt, protein og partikler fra de udvalgte vandstrøme med et meget lavt energiforbrug. Den skitserede løsning kan dog ikke umiddelbart anvende de opkoncentrerede højværdikomponenter til produktion af foder eller fødevarer, da anlægget ikke er fødevaregodkendt. Teknologikonceptet vil kunne anvendes til virksomheder, som af forskellige årsager ikke kan producere produkter af den kvalitet, som kræves til afsætning som fødevarer eller foder. I disse tilfælde vil den producerede presseka-gen kunne anvendes til fx biogasproduktion. Udfordringen fremadrettet ligger i både at konstruere et fødevaregodkendt teknologikoncept i den rigtige skala og at identificere mulige aftagere af det floterende materiale.

For at kunne sikre en kontinuerlig produktion af høj kvalitetsprodukter i et fødevaregodkendt teknologikoncept kræves yderligere teknologioptimering. Der er således behov for at kunne rengøre anlægget tilstrækkeligt effektivt til at kunne overholde gældende standarder for fødevareproduktion.

Her vil en HACCP-gennemgang af teknologikonceptet være med til at sikre en sikker og kontinuerlig produktion af fx pressekagen til fødevarer eller foder. Anlægget skal optimeres med:

- Hygiejniske indløsningsdyser og pumper
- Hygiejnisk design af selve flotationskarret
- Hygiejnisk afskrabningsløsning, eksempelvis baseret på vibrerende niveaumåler
- Nem og automatisk rengøring (Cleaning In Place, CIP) med produkter, der ikke kompromiterer kvaliteten af det endelige produkt
- Inert gas skal anvendes til flotationen, så oxidation af fedt og protein minimeres, og holdbarheden af produkter forlænges
- Flotationstanken og pressen skal have indbyggede dyser til CIP, og de eksisterende systemer skal være udført i hygiejniske materialer
- En simpel og automatisk styring af teknologikonceptet
- Det udvundne materiale (pressekagen) med et højt fedtindhold oxideres meget hurtigt, hvilket påvirker holdbarheden. Dette medfører, at hele teknologikonceptet skal køre kontinuert samtidig med produktionen, ligesom det nemt skal kunne rengøres automatisk, fx om natten. I rejeproduktionen er der betydelige variationer i vandflowet i løbet af dagen. Normalt vil sådanne variationer blive håndteret med indbygning af en bufferkapacitet, men på grund af holdbarheden er dette en udfordring.

# 7. Afsætning og indhold af højværdikomponenter

Som det fremgår kortlægningen (kapitel 4), indeholder spildevandet fra rejeprocesseringsfabrikken store mængder af fedt, protein og andre højværdikomponenter som fx astaxanthin. Endvidere viste afprøvningen af teknologikonceptet (kapitel 5), at højværdikomponenterne uden større vanskeligheder kan udvindes fra spildevandet. I nærværende kapitel diskuteres afsætningsmulighederne for det floterende materiale fra afprøvningen med udgangspunkt i de gennemførte indholdsanalyser. Indholdsanalyserne er overvejende gennemført med udgangspunkt i det floterende materiale fra indvejningen, idet denne udgør langt hovedparten af biomassen, som vil kunne udvindes ved en evt. implementering af teknologikonceptet.

## 7.1 Kvalitetsvurdering: Protein, fedtsyre og farvestoffer

Indholdet og ikke mindst sammensætningen af protein, fedt og farvestoffer er afgørende for den ernæringsmæssige værdi og efterfølgende afsætningsmuligheder. I det nedenstående gennemgås sammensætningen af det floterende materiale.

### 7.1.1 Protein- og aminosyreindhold

Det floterende materiale fra indvejning indeholder 48,7 % protein, hvilket er lidt lavere end for andre biprodukter fra fiskerisektoren, men stadig langt højere end for vegetabiliske proteinkilder.

Protein består af omkring 20 forskellige aminosyrer, hvoraf flere ikke kan dannes i kroppen og må tilføres via kosten. Disse benævnes essentielle aminosyrer, og har en høj ernæringsmæssig værdi. Kvaliteten af protein afhænger derfor af aminosyresammensætningen, idet denne afgør, om de ernæringsmæssige krav kan imødekommes. En velafbalanceret proteinkilde er således foretrukket til dyreproduktion.

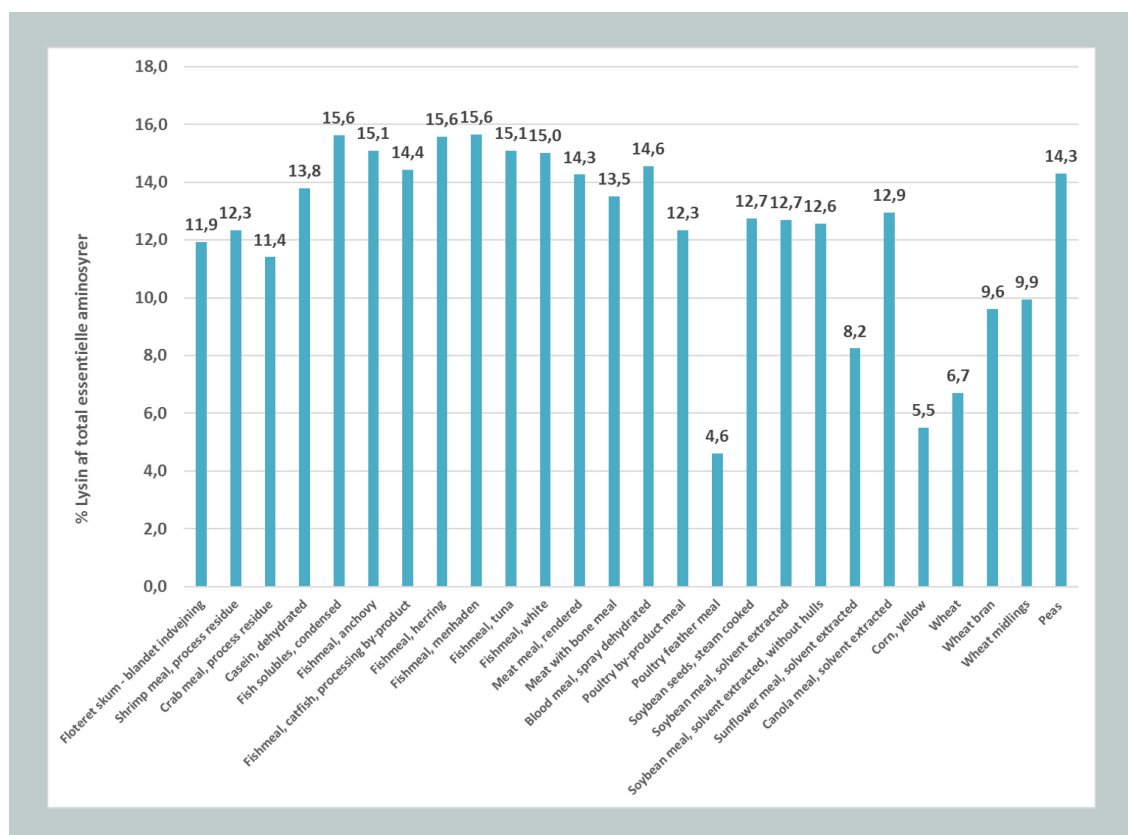
De essentielle aminosyrer er histidin, isoleucin, leucin, lysine, methionin (met), phenylalanin (Phe), threonin (Tyr), tryptophan (Trypt) og valin. Tre aminosyrer betragtes som semiessentielle: Arginin, cystein og tyrosin. Den semiessentielle arginin betragtes som essentiel for mange dyrearter, herunder kyllinger og fisk. Derimod er arginin ikke essentiel for svin og drøvtyggere, idet den hos disse dyr kan dannes gennem den metaboliske urinstofbane. Dog har nogle dyr, som selv kan syntetisere arginin, stadig behov for et tilskud<sup>1</sup>, da tilgængeligheden ofte er begrænset. Cystein og tyrosin kan kun syntetiseres af dyr ud fra de to andre aminosyrer methionin og phenylalanin.

Aminosyren lysin har fået særlig opmærksomhed, da aminosyren har en høj ernæringsmæssig værdi og i mange tilfælde er den mest begrænsende aminosyre i kornprotein og således begrænsende for eksempelvis vækst. Lysin er desuden varmefølsom og kan nedbrydes under madlavning eller foderopvarmning. Dette er problematisk, idet foder ofte opvarmes for at opfylde foderstofsikkerhedsbestemmelserne (reduktion af fx salmonella).

---

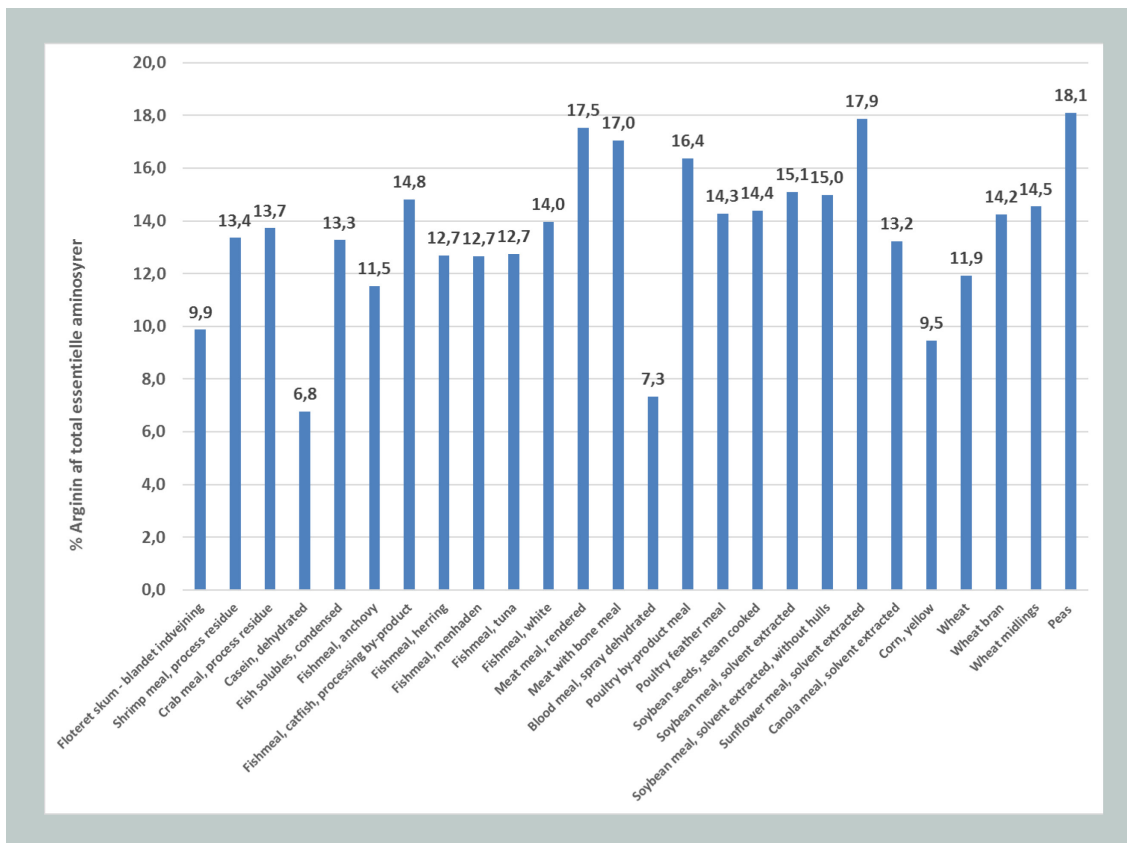
<sup>1</sup> Fuller MF (1994) Amino acid requirements for maintenance, body protein accretion and reproduction in pigs. In: D'Mello, J.P.F. (Ed.), Amino Acids in Farm Animal Nutrition, CAB International, pp. 155–184.

Alle de essentielle aminosyrer blev identificeret i det floterede materiale fra indvejeningen. Nedenfor er bl.a. vist indholdet af lysin, som er på højde med eller lidt lavere end for andre biprodukter fra fiskerisektoren, men derimod langt højere end for vegetabiliske proteinkilder (FIGUR 4). Derimod er indholdet af arginin betydelig lavere end for gængse vegetabiliske og animalske proteinkilder (FIGUR 5), mens indholdet af tryptofan er betydeligt højere (FIGUR 6).



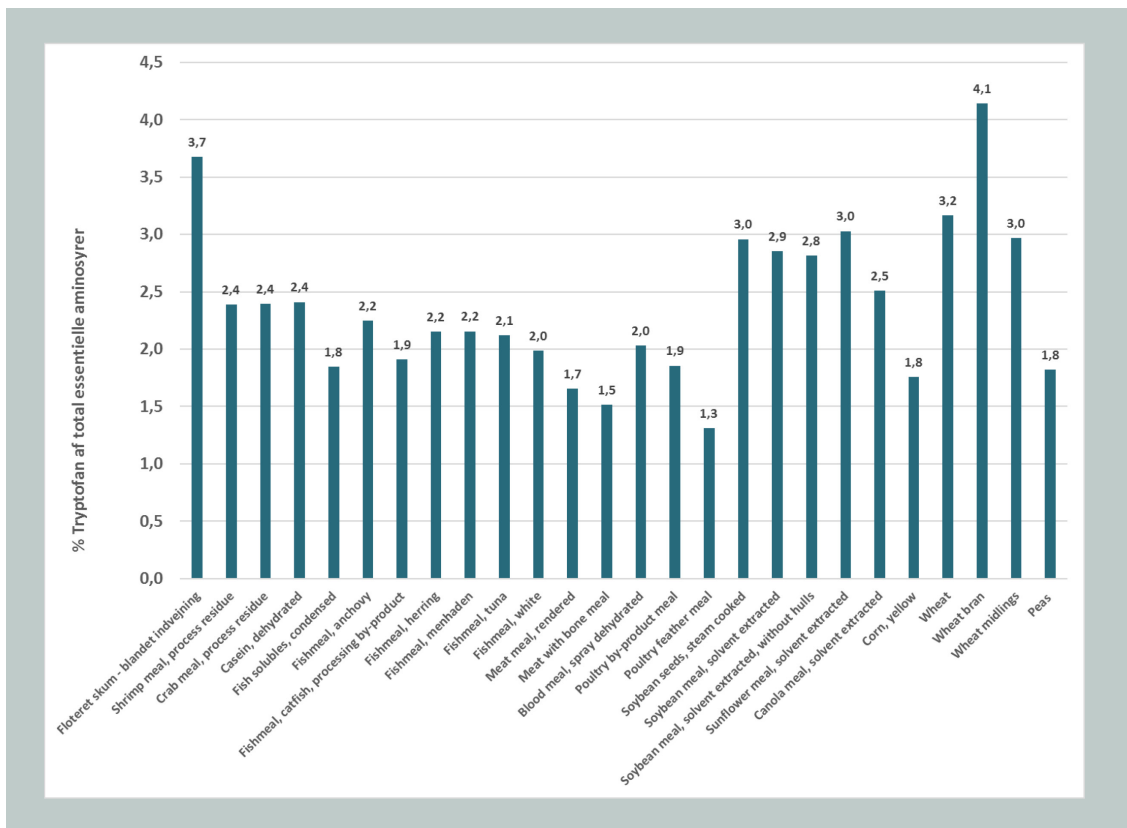
**FIGUR 4.** Indhold af lysin i det floterede materiale sammenlignet med andre vegetabiliske og animalske foderkilder<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Nutrient Requirements of Fish Fish Nutrition, National Research council, ISBN: 0-309-59629-7, 124 pages, 8,5 x 11, (1993)



**FIGUR 5.** Indhold af arginin i det floterede materiale sammenlignet med andre vegetabiliske og animalske foderkilder<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Nutrient Requirements of Fish Fish Nutrition, National Research council, ISBN: 0-309-59629-7, 124 pages, 8.5 x 11, (1993)



**FIGUR 6.** Indhold tryptofanarginin i det floterede materiale sammenlignet med andre vegetabiliske og animalske foderkilder<sup>4</sup>.

Med udgangspunkt i proteinindholdet og aminosyresammensætningen er den ernæringsmæssige værdi som foder udregnet, hvad angår det floterede materiale (TABEL 15). Ernæringsmæssig har produktions- og kæledyr forskellige krav til aminosyresammensætningen. Endvidere er der forskellige behov ift. dyrets alder (vækst eller vedligeholdelse).

En aminosyrescore på 100 indikerer, at indholdet af de essentielle aminosyrer er tilstrækkeligt for dyrearten. Som det fremgår af tabellen, har det floterede materiale fra indvejningen en aminosyrescore på mere end 100 til både gris, ørred og karpe, hvorimod arginin er begrænsende for både kylling, kat og laks, når aminosyren lysin anvendes til normalisering.

**TABEL 15.** Aminosyrescore for det floterede materiale ift. mulig ernæringsmæssig værdi som foder til kylling, svin, fisk og kat. En score på 100 indikerer tilstrækkeligt indhold af den pågældende aminosyre, ift. den angivne dyreart.

	Floteret skum – blandet indvejning*	Gris <sup>1</sup> 20-50 kg	Kylling <sup>2</sup> 0-3 uger	Rotte <sup>5</sup>	Laks <sup>3</sup>	Ørred <sup>4</sup>	Karpe <sup>4</sup>	Tilapia <sup>4</sup>	Kat <sup>5</sup>
Lysin	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Met + Cys	61	119	84	87	121	108	112	96	67
Threonin	70	110	105	117	167	160	103	96	78

<sup>4</sup> Nutrient Requirements of Fish Fish Nutrition, National Research council, ISBN: 0-309-59629-7, 124 pages, 8.5 x 11, (1993)

	Floteret skum – blandet indvejning*	Gris <sup>1</sup> 20-50 kg	Kylling <sup>2</sup> 0-3 uger	Rotte <sup>5</sup>	Laks <sup>3</sup>	Ørred <sup>4</sup>	Karpe <sup>4</sup>	Tilapia <sup>4</sup>	Kat <sup>5</sup>
Valin	82	111	107	97	179	123	130	149	103
Leucin	117	103	107	106	156	150	205	177	78
Isoleucin	73	128	109	104	173	146	166	119	112
Phe + Tyr	147	129	140	134	134	147	129	136	113
Tryptofan	31	181	192	220	237	280	220	154	205
Histidin	75	207	233	207	226	191	201	219	213
Arginin	83	(207)**	79	(**)	94	100	110	100	55
Gly or Ser	136	-	(210)***	-	-	-	-	-	-
Aminosyrescore		100	79	87	94	100	100	96	55
1. begrænsende aminosyrer		100	Arg	Met + Cys	Arg	Lys+Arg	Lys	Met + cys + Theo	Arg

\* Aminosyresammensætning relativt ift. lysin. Aminosyrescore over 100 er sat til 100

\*\* Arginin syntese er ikke tilstrækkelig for at opfylde behov

\*\*\* Glycin og serine syntese er ikke tilstrækkelig for maksimal vækst

1. Boisen et al., 2000. 2. Baker and Han, 1994. 3. Bureau and Cho, 2000. 4. NRC, 1993. a: g/MJ DE, 5. FAO

De fleste foderingredienser af vegetabilsk oprindelse, der almindeligvis anvendes i diætformuleringer, er lave i lysin, threonin, tryptofan og methionin i forhold til de ernæringsmæssige krav for svin og fjerkræ. I dag er foderblandinger af forskellige diætproteiner tilpasset, således at aminosyreindholdet præcist opfylder dyrets krav til vækst og vedligeholdelse. Afsætning af proteiner til foder ligger typisk i prisniveauet for fiskemel, som har varieret de senere år. I 2018 forventes prisen for fiskemel at svinge imellem 1.100 og 1.500 dollars per ton<sup>5</sup>. Disse priser afhænger dog af fedtindholdet. Pilotforsøgene viste, at der pr. dag kan udvindes 300-600 kg protein, der antages at have en værdi af ca. 4.000 kr. ab fabrik.

Proteiner til fødevarer er drevet af primært smag og sekundært af proteinerne fødefunktionelle egenskaber samt indholdet af de essentielle aminosyrer.

### 7.1.2 Fedt og fedtsyreindhold

Indholdet af fedt i det floteret materiale fra indvejen udgør ca. 49 % af tørstoffet. Koldt-vandsrejer (pandalus borelais) indeholder typisk omkring 1,3 % fedt i køddelen og lidt mindre for skalfraktionen<sup>6</sup>. Sammenlignes med det naturlige indhold af fedt i rejer, er fedtfraktionen opkoncentreret væsentligt i det floterede materiale fra indvejen.

Det samlede fedtindhold og fordelingen af fedtsyrerne varierede meget inden for forskellige fiskearter og fiskeprodukter. Fisk og skaldyr har generelt betragtet en høj ernæringsmæssig værdi, da de er en naturlig god kilde til essentielle omega-3-fedtsyrer (herefter benævnt omega-3 og omega-6).

<sup>5</sup> [http://www.allaboutfeed.net/Raw-Materials/Articles/2017/12/Rabobank-Fishmeal-prices-to-stabilise-223723E/?cmpid=NLC|allaboutfeed|2017-12-13|Rabobank:\\_Fishmeal\\_prices\\_to\\_stabilise](http://www.allaboutfeed.net/Raw-Materials/Articles/2017/12/Rabobank-Fishmeal-prices-to-stabilise-223723E/?cmpid=NLC|allaboutfeed|2017-12-13|Rabobank:_Fishmeal_prices_to_stabilise)

<sup>6</sup> The Lipid Composition Profiles as Contributed by the Whole Organism, Flesh and Shell of Pandalus borealis Shrimp and their Nutritional Values". EC Nutrition 8.4 (2017): 124-144

Som det fremgår af TABEL 16, er der et meget højt indhold af omega-3 og et meget lavt indhold af omega-6 i det floteret materiale. Det høje indhold af omega-3 vurderes at have stor betydning i forhold til prissætning ved evt. afsætning til både fødevarer og foder.

**TABEL 16.** Indhold af omega-3, omega-6 og omega-9 i det floterede materiale, koldtvandsrejer og fileter fra konsumfiskene: sild, regnbueørred og laks.

	Floteret materiale (blandet indvejning)		Reje (pandalus borelais) <sup>1</sup>	Reje (pandalus borelais) <sup>1</sup>	Reje (pandalus borelais) <sup>1</sup>	Sild (clupea harengus) <sup>1</sup>	Regnbueørred (oncorhynchus mykiss) <sup>2</sup>	Laksefilet (vild*) <sup>2</sup>	Laksefilet (opdrætt*) <sup>2</sup>
	1. Måling	2. Måling	hel	kød	Skal				
Total fedt (%)	13,13	12,96	1,3	1,31	0,8	12,7	7,43	2,07	12,3
Sum af omega-3 (% af fedtindhold)	16,9	17,6	17,8	18,5	16,7	16,1	24,9	0,53	2,4
Sum af omega-6 (% af fedtindhold)	1,5	1,5	24	23,5	23,1	2,58	6,65	0,05	1,32
Sum af omega-9 (% af fedtindhold)	11	11,5	0,74	0,79	0,72	6,24	3,74	10,60	1,82
Omega-3/Omega-6	13,13	12,96	1,3	1,31	0,8	12,7	7,43	2,07	12,3

1: The Lipid Composition Profiles as Contributed by the Whole Organism, Flesh and Shell of *Pandalus borealis* Shrimp and their Nutritional Values". EC Nutrition 8.4 (2017): 124-144.

2: Strobel et al. Lipids in Health and Disease 2012, 11:144

\*vild fanget laks = *Oncorhynchus keta*, *Oncorhynchus gorbuscha*, *Oncorhynchus nerka* og opdrættet laks = *Salmo salar*

Både omega-6 og omega-3 fedtsyrer er vigtige for mennesker, og det anbefales, at forholdet mellem omega-6 og omega-3 i kosten skal være 4:1<sup>7</sup> (Abedi et al., 2014).

Vestlige måltider har ofte en ubalance i dette forhold, da forholdet ofte er på mellem 10:1 og 30:1. I hele rejer er forholdet 1,35:1 og i sild 0,27:1 (TABEL 16). Til sammenligning er forholdet mellem omega-6 og omega-3 på 0,09:1 i det floteret materiale. Det er dog meget svært at estimere en pris på fedtindholdet i det floterede materiale, idet fedtfraktionen med stor sandsynlighed vil sælges sammen med proteinfraktionen.

### 7.1.3 Astaxanthin og andre højeværdikomponenter

Det primære farvestof i spildevandet fra rejefabrikken er astaxanthin (TABEL 3 og TABEL 6). Ren astaxanthin har en relativt høj markedsverdi. På kommerciel skala bliver astaxanthin i øjeblikket fremstillet ved kemisk syntese og isoleret fra naturlige kilder, såsom *phaffia*-gær, *paracoccus*-bakterier, rejebiprodukter og *haematococcus pluvialis*-mikroalger (*h. pluvialis*).

<sup>7</sup> Long-chain polyunsaturated fatty acid sources and evaluation of their nutritional and functional properties. Elahe Abedi & Mohammad Ali Sahari. Food Science & Nutrition 2014; 2(5): 443–463



Den største produktion af naturligt astaxanthin er fra *h. pluvialis*-mikroalger. Syntetisk astaxanthin finder primært anvendes i akvakultur, mens naturligt astaxanthin fra *h. pluvialis*-mikroalger er den vigtigste kilde til human anvendelse, såsom kosttilskud og kosmetik samt fødevarer og drikkevarer.

Det globale marked i 2014 for både syntetisk og naturligt astaxanthin i fiskefoder, kosttilskud, kosmetik samt mad og drikke er anslået til 280 tons til en værdi af US\$ 447 millioner. Markedet forventes at vokse med mere end 7 % pr. år fra 2016 til 2023<sup>8</sup>. Den normale markedsværdi er 11 kr./gram i 2014 eller ca. 12.000 kr./kg for oprenset produkt. Markedsværdien for naturligt astaxanthin er ca. 40-50 % højere end for syntetisk fremstillet astaxanthin. Pilotforsøgene viste, at der kan udvindes 50-150 gram astaxanthin pr. dag fra indvejningen, hvilket alene vil have en værdi på 500-2.000 kr./dag.

Endvidere vil der i det floterede materiale også være andre højværdikomponenter, som fx kitosan og glukosamin, som har markedspriser i omegnen af henholdsvis 110-740 DKK/kg og 450 DKK/kg. Indholdet af disse højværdikomponenter er dog ikke blevet nærmere bestemt i nærværende projekt.

#### 7.1.4 Samlet vurdering

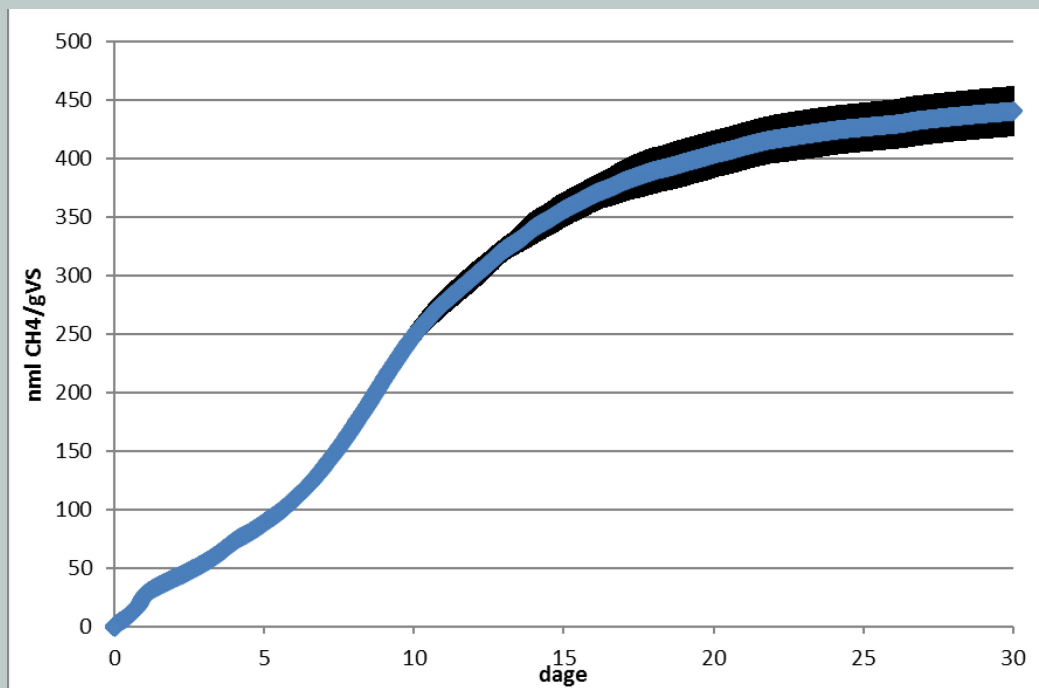
Analyserne af det floterede materiale viser, at dette indeholder en stor andel af fedt og protein, begge med en meget fornuftig sammensætning af amino- og fedtsyrer. Endvidere er indholdet af det naturlige farvestof astaxanthin meget højt. Således forventes det floterede materiale at være af stor interesse både i forhold til fødevarer og som protein- og fedtkilde i foder.

## 7.2 Biogasproduktion

Det flokkulerede materiale fra kortlægningen er ved hjemkomst til Danmark blev undersøgt for biogaspotentiale (se FIGUR 7). Biogaspotentialet er således efter 30 dages udrådning blevet bestemt til 440 ml CH<sub>4</sub>/gVS, hvilket er meget højt. Bidraget fra flokkulanten er kun meget lille, idet denne kun udgør en lille del af tørstoffet. Dette er ikke overraskende, idet proteinindholdet er meget højt. Biogaspotentialet er blevet bestemt i tripelbestemmelse ved brug af Bioprocess Control-udstyr ved anvendelse af protokollen "*Measurement protocol for biogas potential measurements for verification tests (ETV, CBMI), v6, 16/5-2011, metode 2: Measurement using the bioprocess control system*". Med udgangspunkt i de gennemførte pilotforsøg, biogaspotentialet og en pris på 4 kr. per m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> vil det floterede materiale fra indvejning have en værdi på ca. 2.000 kr. om dagen. Denne værdi er dog væsentligt lavere end værdien af det floterede materiale, hvis materialet afsættes til foder

---

<sup>8</sup> <https://www.gminsights.com/industry-analysis/astaxanthin-market> og <http://www.prnewswire.com/news-releases/global-astaxanthin-market-2015---sources-technologies-and-application-market-projected-to-reach-670-metric-tons-valued-at-us11-billion-by-2020-497446251.html>



**FIGUR 7.** Akkumuleret metanproduktion (det sorte område angiver standardafvigelsen). Meso-fil udrådning ved en organisk belastning på 7,5 g VS/l.

## 8. Businesscase

Nedenstående beskriver i korte træk den samlede businesscase for FloTek-teknologikonceptet. Businesscasen er overvejende baseret på salg af teknologi og medtager kun i mindre grad gevinsten for den involverede fødevarevirksomhed. Dette er valgt, da værdien af det udviklede produkt vil variere både inden for de forskellige segmenter og lokalt i forhold til aftagere. Tilsvarende vil der være meget store forskelle i forhold til produktionens størrelse. Altså vil værdiproduktet fra en lille rejeproduktion ikke være så interessant for eksempelvis en fiskefoderproducent, da man her vil have svært ved at inkludere det i produktionen.

Den opstillede businesscase fokuserer derfor udelukkende på teknologileverandøren BIO-AQUA

### 8.1 Potentialet i teknologien

Igennem projektet har der været et stærkt fokus på at udvikle et generisk koncept, hvilket vil muliggøre, at konceptet kan implementeres inden for andre industrier. I dag findes der stort set ingen virksomheder inden for fisk og skaldyr-området, der anvender vandigt opløst fedt og protein, hvorfor disse værdistrømme hovedsageligt udledes med spildevandet.

Den overordnede præmis for teknologikonceptet er, at omkostningen (investering- og drifts-omkostning) for at udvinde og opkoncentrere værdistrømme ikke må overskride indtægterne. Endvidere er det vigtigt, at produktet bibeholder sin kvalitet og ikke reduceres i værdi pga. oxidering eller brug af kemi. I forbindelse med projektet er der til Royal Greenland udviklet et samlet koncept, se nedenstående tegning. En sådan løsning forventes at kunne implementeres mange steder inden for et bredt udvalg af fødevarevirksomheder.

Konceptet vil blive bygget hos BIO-AQUA i Frederikssund af dele indkøbt hos underleverandører. Til sådanne projekter vil hele produktions- og projektledelsesorganisationen skulle involveres (smede, montører, elektrikere, projektleder m.fl.).

#### 8.1.1 Marked og produkter

Med udgangspunkt i projektet er der udviklet to produkter:

**Analysefasen – hvor stort er udbyttet.** På grund af forskellighederne i produktionsfaciliteter og typen af fødevareprodukt har det vist sig, at en kortlægning og pilotfase er af stor værdi for

de potentielle kunder. Der er igennem projektet blevet udviklet en screeningsmetode og et analyseværktøj til undersøgelse af potentialet, ligesom der er blevet opbygget pilotsystemer til at evaluere potentialet på den enkelte virksomhed. Dette er nu kommercialiseret som en reel ydelse, der tilbydes kunden som en pakkeløsning af BIO-AQUA og Teknologisk Institut. Alene i Skandinavien findes mere end 50 virksomheder, som bearbejder fisk og skaldyr, og som har så stor en produktion, at det forventes at udbyttet vil kunne forrente en investering.

**Salg af udstyr.** Med udgangspunkt i den viden om de individuelle vandstrømme, som er genereret i analysefasen, og BIO-AQUA's viden om teknologikonceptet kan indtægter og udgifter estimeres. Dette estimat vil kunne anvendes af beslutningstageren hos kunden til at kvalificere det grundlag på hvilket en eventuel investering i udstyr skal foretages. Indtil nu har der i mange produktioner været særligt stort fokus på de primære produkter og kun meget lidt fokus på spildevandet, hvorfor den genererede viden vil blive af stor værdi for beslutningstagerne.

Det vurderes, at den indledende analyse vil lette den senere implementering og sikre, at den rigtige projektering finder sted i forhold til design af teknologiløsningen. Siden starten af projektet er BIO-AQUA blevet kontaktet af en række virksomheder, som er interesserede i en løsning, bl.a. fra Danmark, Sverige, Litauen og Canada.

### 8.1.2 Tidshorisont og implementering

Det er på nuværende tidspunkt ikke muligt at udarbejde en detaljeret projekt- eller implementeringsplan, da der stadig pågår arbejde ift. afsætningen af det floterede materiale og udviklingen af teknologikonceptet.

Inden for vandrenseteknologi implementeres ny teknologi ofte for at kunne overholde gældende udledningskrav eller for at reducere udgiften til vandbehandling. FloTek-teknologikonceptet adskiller sig fra andre koncepter, idet det fokuserer på at udvinde produkter med merværdi.

Overordnet set er det BIO-AQUA's forventning at implementere to systemer hos skandinaviske virksomheder i løbet af det næste år. I samme periode igangsættes arbejdet med at vise potentialet hos minimum otte nye virksomheder, og af disse forventes minimum fem virksomheder at indlede et afprøvningsforløb. Allerede nu anses det for nødvendigt at øge salgsressourcerne i organisationen, og tilsvarende er der brug for ansættelse af flere testingeniører.

Med hensyn til øget omsætning for BIO-AQUA i forhold til salg af FloTek-løsningerne er nedenstående estimeret ud fra den meget store interesse, der har været for teknologikonceptet.

År efter projektets afslutning	Omsætning af teknologikonceptet (mio. DKK)	Nye ansatte i BIO-AQUA (summeret)
1	2,4	2 (salg og test)
2	4,6	3 (montage og projektledelse)
3	8,7	5

Ved et øget salg vil dele af produktionen blive udlagt til underleverandører, da det minimerer BIO-AQUA's sårbarhed overfor udsving i antallet af ordrer over året. Det er BIO-AQUA's erfaring, at der kan være en meget lang lagfase inden for fødevarerindustrien, også selvom udstyret øjensynligt har en meget kort tilbagebetalingstid. Det er derfor meget vigtigt, at der kan præsenteres et samlet og let implementerbart koncept. I forhold til økonomien og tilbagebetalingstiden skal det inden for det enkelte område overvejes, om det er muligt at indgå kontrakt med en mulig aftager allerede på forhånd, således at risikoen for virksomheden reduceres. Sådanne løsninger kendes fra mange industrier, hvor de er sikret en vis pris for deres restprodukter.

## 8.2 Royal Greenland

På nuværende tidspunkt er det meget vanskeligt at estimere den økonomiske gevinst for Royal Greenland. Dette skyldes bl.a.:

- Den geografiske placering af produktionsfaciliteterne, som betyder, at transportudgifter i anlægsfasen samt efterfølgende transport- og lagerudgifterne af produktet vil være meget afhængigt af eventuelle aftagere
- At indhold af tungmetaller og andre risikostoffer er ikke analyseret i dette projekt, men vil influere på en eventuel efterfølgende oprensning og dermed på afsætningsprisen
- At implementeringsomkostningerne af anlægget (ombygning af rørføring m.m.) på nuværende tidspunkt ikke er estimeret.

Overordnet set viser projektet, at værdien af det floterede materiale med stor sandsynlighed vil kunne forrente investeringen og driftsudgifterne. Således vurderes det, at værdien af den udvundne biomasse vil have en værdi på mere end 5.000 kr. dagligt.

En udvinding af protein og fiskeolier er værdifulde basiskomponenter, og den nye råvaretype kan indtænkes i følgende produkttyper:

- Ekstruderede produkter af forskellig slags
- Dyrefoder, herunder til hunde i lokalområdet i Grønland
- Produkter til human ernæring, fx chips,
- Produkter til opblanding med andre ingredienser
- Smagsforstærkere
- Ekstratørstof i eksisterende reje- og fiskeprodukter.

Det udvundne råmateriale indeholder letfordøjelige proteiner og en stor andel af omega-3-fedtsyrer, som er højt værdsat til både dyrefoder og human ernæring. Projektet har vist, at der er muligheder for både at rense spildevandet til gavn for miljøet og samtidig udvinde værdifulde højværdikomponenter, som kan anvendes til nye produkter.

Der er således afdækket et væsentligt potentiale, som det er særdeles interessant at få forløst.

## **FloTek - Udvikling af teknologikoncept til opkoncentrering af højværdikomponenter fra industrielle spildevandsstrømme**

MUDP-projektet "Udvikling af teknologikoncept til opkoncentrering af højværdikomponenter fra industrielle spildevandsstrømme (FloTek)" havde til formål at udvikle en innovativ og robust flotations- og op-koncentreringsteknologi, som muliggør en kosteffektiv udvinding af højværdikomponenter, og som renses vandige spildstrømme i fødevarerindustrien. Projektet kortlagde som en case spildevandet fra en produktion af rejemel i Ilulissat. Casen er valgt, fordi der under rejeforarbejdning og produktion af rejemel genereres en række vandige spildstrømme, som indeholder flere interessante højværdikomponenter, såsom fiske-protein, omega-3, astaxanthin og kitin. Med udgangspunkt i den gennemførte kortlægning blev der opstillet et mindre pilotskala-anlæg. I pilotforsøgene blev de identificerede processtrømme behandlet på det udviklede flotationsanlæg, og det floterede materiale er efterfølgende blevet opkoncentreret i en presse. Baseret på pilotforsøgene og kortlægningen estimeres det således, at det er muligt at udvinde ca. 40 % af det tørstof, som i dag udledes med spildevandet. Udvindingen vil endvidere bevirke, at rødfarvningen af spildevandet, som i dag udledes til fjorden, reduceres kraftigt. Analyserne af det floterede materiale viser, at fedtsyre- og aminosyresammensætningen generelt er meget interessant i forhold til at anvende det floterede materiale som foder eller fødevarer. Et fødevarer godkendt teknologikoncept forventes at kunne finde anvendelse i mange fødevarerindustrier, både nationalt og internationalt. Der udestår dog stadig et vist udviklingsarbejde i forhold til at konstruere det nuværende teknologikoncept, således at anlægget bliver hygiejnisk både under drift og let at rengøre. Det vurderes, at såfremt teknologikonceptet bliver videreudviklet, vil det kunne afsættes bredt til virksomheder inden for fødevarerproduktion.



Miljøstyrelsen  
Haraldsgade 53  
2100 København Ø

[www.mst.dk](http://www.mst.dk)