

Rapport nr. 183

# Forbrenningsforsøk med kategori 2 fiskebiprodukter

**RAPPORTTITTEL****Forbrenningsforsøk med kategori 2 fiskebiprodukter**

RAPPORTNUMMER	183	PROSJEKTNUMMER	4518
UTGIVER	RUBIN	DATO	August 2009

**UTFØRENDE INSTITUSJONER**

**SINTEF Energiforskning**, 7465 Trondheim

Kontakt: Edvard Karlsvik ([edvard.k.karlsvik@sintef.no](mailto:edvard.k.karlsvik@sintef.no))

**Scanbio Bjugn AS**, 7160 Bjugn

Kontakt: Bjørn Hyllmark ([bjorn.hyllmark@scanbio.com](mailto:bjorn.hyllmark@scanbio.com))

**SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER**

Totalt oppstår det bortimot 40 000 tonn dødfisk fra oppdrettsanleggene i Norge. Dette er definert som kategori 2 materiale i hht. EUs Biproduktforordning og er ikke tillatt brukt i fôr til oppdrettsfisk eller husdyr. Det kan aksepteres i fôr til pelsdyr og kjæledyr, men disse markedene er relativt små. Alternativet kan være å bruke *energien* i dette råstoffet, enten som biogass eller som ved forbrenning.

En aktuell løsning er å bygge opp en forbrenningsløsning i tilknytning til Scanbios prosessanlegg for ensilerte fiskebiprodukter i Bjugn, og benytte energien i dødfisken som erstatning for fyringsolje. Scanbio har utviklet en kostnadseffektiv metode for fjerning av vann fra ensilasje. Forbrenning av avvannet ensilasje tilsvarende ca. 25 000 tonn dødfisk kan erstatte 4 000 tonn fyringsolje, som har en verdi på 18 mill kr.

SINTEF Energiforskning har, i samarbeid med Norsk Inova og Forskningsrådet, etablert et nytt forbrenningskammer med intern tørke (ID-teknologi) som har vist å kunne forbrenne bl.a. slam med høyt vanninnhold. I et tidligere prosjekt ble råstoffet fra Scanbio analysert, og konkludert med at dette egnet seg til forbrenning. Det ble pekt på nødvendigheten av å kjøre initielle forbrenningsforsøk med tanke på avklaring av viktige utfordringer.

Denne rapporten beskriver resultater fra de initielle forsøkene med bruk av det aktuelle brennkammeret, og en har brukt ensilert materiale med ca 10 % vann, 45 % olje og 45 % proteiner. Forsøkene viste at forbrenning av dette materialet lar seg gjøre med god utbrenning. Materialet har høyt energiinnhold, og en ser for seg forbrenning uten støttebrensel. Testene viser at materialet må varmes og eksponeres for flammer for å kunne antenne. Det kan videre mates inn i brennkammeret uten risiko for eksplosiv oppførsel. Som forventet viser målingene at det er behov for tiltak for både NOx- og SO<sub>2</sub>-reduksjon.

Asken inneholder mye nitrogen, og kan være egnet som tilsats i gjødsel.

Alt i alt synes ID-teknologien å være godt egnet og kan videreutvikles til fleksible løsninger for forbrenning av biprodukter av varierende kvalitet.

 <b>SINTEF</b>  <b>SINTEF Energiforskning AS</b>  Postadresse: 7465 Trondheim Resepsjon: Sem Sælands vei 11 Telefon: 73 59 72 00 Telefaks: 73 59 72 50  www.energy.sintef.no  Foretaksregisteret: NO 939 350 675 MVA		<b>ARBEIDSNOTAT</b>	
		GJELDER  <b>Forbrenningstester av kat.2 avfall - biprodukt</b>	
		GÅR TIL Sigrun Bekkevold, RUBIN Bjørn Hyllmark, Scanbio	
AN NR.	GRADERING Åpen	GJENNOMGÅTT AV Edvard Karlsvik	
ELEKTRONISK ARKIVKODE 09012814346		FORFATTERE(E) Vidar Brenden, Judit Sandquist, Willy Horrigmo	DATO 2009-07-03
PROSJEKTNR. 16X887.01			ANTALL SIDER 16
AVDELING Energiprosesser		BESØKSADRESSE Kolbjørn Hejesvei 1A	LOKAL TELEFAKS 73592889

## 1 KONKLUSJONER OG ANBEFALINGER

Det er utført forbrenningstester med kategori 2. avfall – biprodukt. Testene viser at biproduktet må varmes og eksponeres for flammer for å kunne antennes. Dette er dokumentert gjennom forbrenningstester med glør i en vedovn og tilførsel av biproduktet inn i et gradvis oppvarmet brennkammer. Testene stadfester at biproduktet kan mates inn i et brennkammer uten risiko for eksplosiv oppførsel.

Biproduktet skiller seg under lagring slik at vi får en fast masse som legger seg på bunnen og en flytende veske som ligger over. Før innmating i brennkammer må biproduktet homogeniseres slik at det er pumpbart.

Testene med tilførsel av biproduktet inn i oppvarmet brennkammer ved hjelp av en intern tørke (ID) utviklet ved Norsk Inova viser at *forbrenning av biproduktet lar seg gjøre med god utbrenning.*

Biproduktet har et høyt energiinnhold og vi ser for oss en forbrenning uten støttebrensel. En forbrenningsløsning vil destruere avfall og produsere energi. Avfallsdestruksjon vil løse en utfordring for oppdrettsnæringen og skape energiproduksjon som tilfredsstillende behovet for varme i en videre foredlingsprosess.

Et potensial for utnyttelse av restproduktet fra forbrenningsprosessen foreligger. Vi ser en mulighet for en eventuell bruk av asken som tilsats i gjødsel pga av dens høye innhold av nitrogen. Det foreligger også en mulighet til å dimensjonere brennkammeret for å motta våtorganisk biomasse for destruksjon. I dette tilfelle matavfall fra den lokale husholdning. Man skal i denne forbindelse være oppmerksom på deponiforbudet som trer i kraft fra 1. ste juli i år.

Som forventet viser målinger høye konsentrasjoner av NO<sub>x</sub> og SO<sub>2</sub> i røkgassen. Med tanke på kommersialisering må det *inn med tiltak for både NO<sub>x</sub>- og SO<sub>2</sub>- reduksjon*. Asken inneholder både Na og Ca. Dette er komponenter som kan bidra til økt korrosjon. Det ble ikke målt partikler. Partikkelmengden er avhengig av hastigheter og strømminger i brennkammeret og utløpskanaler. Det er imidlertid rimelig å forvente at det blir medrevet en del partikler og at disse kan danne belegg på heteflater.

*Med bakgrunn i de kjørte testene mener vi at ID- teknologien er godt egnet og kan videreutvikles til fleksible løsninger for forbrenning av biprodukter i varierende kvalitet.*

Det anbefales at det utføres forstudie for å få kartlagt eventuelle andre alternativer for behandling av biproduktet og å vurdere disse teknisk og økonomisk opp mot ID- teknologien. Dersom dette studiet viser at ID- teknologien er den beste løsningen så anbefales det et større prosjekt med konseptstudier for underlag til bygging av et pilotanlegg.

Vi ser at næringen har høy produksjonstakt. I fravær av en god håndteringsløsning lagres nå biproduktet. Etter det vi har fått inntrykk av er metningspunktet for lagring nådd. En snarlig løsning vil være av vesentlig betydning. Det er sannsynlig at det vil kunne oppstå uønsket håndtering av råvaren. Vi ser at en slik håndtering innehar potensialet til uheldig miljøpåvirkning og i verste fall være ødeleggende for næringens markedssituasjon.

For å kunne akselerere en løsning ser vi for oss en mulighetsanalyse med fokus på alternativ behandling av biproduktet og parallelle studier i laboratorier (konseptstudier) for underlag til bygging av pilotanlegg.

Det er tidkrevende å bygge opp tilstrekkelig produksjonskapasitet, selv med en akselerert løsning. Det er etter vår oppfatning vesentlig at det settes fokus på problemet for i en mellomfase å etablere et behandlingsalternativ selv om dette ikke er økonomisk optimalt.

Scanbio har estimert at et anlegg som nyttiggjør seg energien fra biproduktet kan redusere oljeforbruket med 18 mill. NOK pr. år. Et slikt anlegg vil kreve en betydelig investering og det anbefales at Scanbio utfører forstudie for å finne ut hvilke investeringskostnader et slikt anlegg kan greie.

Det vil være krevende å prosjektere et så stort anlegg som vi her snakker om og det vil ta tid å skaffe finansieringsbistand. Det vil være naturlig å starte med å ta kontakt med følgende institusjoner med tanke på finansiering:

RUBIN – Et forstudie for kartlegging av ev. andre løsninger enn ID- teknologien  
NFR (Norges forskningsråd) – Bistand til FoU (konseptstudier). Søknadsfrist 14. oktober  
ENOVA – Oppbygging av pilotanlegget

## INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
1	KONKLUSJONER OG ANBEFALINGER..... 1
	VEDLEGG ..... 3
	BAKGRUNN ..... 4
2	MÅLSETTING ..... 4
3	ANALYSER AV BIPRODUKTET..... 5
4	FORBRENNINGSFORSØKENE ..... 6
4.1	TEST PÅ GLØDENDE TREKULL I VEDOVN ..... 6
4.1.1	Testens formål..... 6
4.1.2	Testbeskrivelse..... 6
4.1.3	Oppsummering..... 7
4.2	FORBRENNINGSTEST I FULLSKALA BRENNKAMMER DIMENSJONERT OPP TIL 1MW ..... 7
4.2.1	Testens formål..... 7
4.2.2	Testbeskrivelse..... 7
4.2.3	Oppsummering..... 8
4.3	TEST MED FLAMME ..... 9
4.3.1	Metode og formål..... 9
4.3.2	Oppførsel i vedovn og i fullskala brennkammer..... 9
4.3.3	Oppsummering..... 9
	VEDLEGG
	- Temperatur og kapasitet
	- Temperatur og avgass
	- Illustrasjon av interntørka (Internal Drayer)
	- Bilder fra brennkammer
	- Bilder fra test i ovn

## **BAKGRUNN**

Scanbio AS håndterer i dag omkring 50 % av alt fiskeavfall i Norge. Sammen med Hordafør, som kan være en samarbeidende part i et eventuelt videre hovedprosjekt, vil disse kunne håndtere 90 % av alt fiskeavfall (kategori 2 og 3 avfall). For kategori-2 avfall vil det årlig bli behandlet 40.000 tonn.

Kategori 2 fiskeavfall består av selvdød fisk eller slaktet syk fisk. Det er derfor ikke lov å benytte dette biproduktet videre til næringskomponenter i oppdrett av fisk/dyr som videre skal konsumeres av mennesker. Det kan derimot aksepteres som mat for pels- og kjæledyr, men dette markedet er relativt lite.

EU innførte i 2002 restriksjoner for håndtering av dette biproduktet, og disse ble implementert i Norge våren 2008. Bransjen har nå midlertidig dispensasjon fra EU-regulativet, men har kun frem til medio 2009 til å finne en ny håndteringsløsning. Etter dette vil oppdrettsnæringen ikke kunne levere dette biproduktet videre, og man frykter ureglementær håndtering som dumping, nedgraving osv, så det haster med å finne en løsning.

Ulike håndteringsmuligheter har vært vurdert. Et av alternativene er å bygge en ny forbrenningsløsning i Bjugn der dette biproduktet fra hele Norge vil kunne forbrennes og gi energi til proteinkonsentrat/proteinmel produksjonen fra tradisjonelt (kategori 3) avfall fra slakterinæringen.

SINTEF Energiforskning har i samarbeid med Norsk Inova og Forskningsrådet etablert et nytt forbrenningskammer med unike driftsinnstillinger på luft og væsketilførsel. Dette har vist å kunne forbrenne bl.a. slam med høyt vanninnhold.

I et tidligere prosjekt ("Grunnlagsanalyser av biprodukt til forbrenning") ble biproduktet analysert, og konkludert med at biproduktet egner seg til forbrenning. Det er pekt på noen teknologiske utfordringer, som gjør det nødvendig med initielle forbrenningsforsøk. De initielle forsøkene er kjørt med biprodukt som inneholder ca 10 % vann, 45 % olje og 45 % proteiner.

## **2 MÅLSETTING**

Målet er å utføre forbrenningsforsøk med biproduktet for å se hvordan det oppfører seg under forbrenningen, samt analysere avgassen og asken. Dette for å kunne gi grundigere underlag for å vurdere best mulig teknologi, samt identifisere mulige forbrenningsproblemer i fremtidig håndtering av produktet. Prosjektet foreslås å taes videre til et større og mer langsiktig prosjekt, hvor tekniske løsninger utforskes og optimaliseres for håndtering av biproduktet.

### 3 ANALYSER AV BIPRODUKTET

Biproduktet i dette studiet ble mottatt fra Scanbio i en 2 liters dunk og i 2 tønner. Biproduktet i denne formen inneholder ca 6 % vann, 50 % tørrstoff (proteinmel) på volumbasis og resten er olje. Disse verdiene er oppgitt av Scanbio og er ikke bekreftet ved måling i SINTEFs laboratorier. Oljen og proteinfraksjonen (tørrstoff) ble mottatt tidligere separat ifb. med prosjektet "Grunnlagsanalyser av biprodukt til forbrenning". Analyser på både olje og proteindelen ble utført. Brennver dianalyse og elementanalyse ble utført i det tidligere prosjektet men presenteres her også. I tillegg ble det utført proximate og detaljert elementanalyse på proteindelen.

#### Øvre brennverdi:

Oljedelen: 39,39

Fiskemel: 19,030

#### Elementanalyse:

	C (vekt%)	H (vekt%)	N (vekt%)	S (vekt%)
Oljedelen	77,76	11,70	< 0,05	< 0,02
Fiskemel	43,35	6,25	10,46	0,95

#### Mineralinnhold proteinmel:

ELEMENT	SAMPLE	Fiskemel
TS	%	93,9
Al	mg/kg TS	102
As	mg/kg TS	<10
Ba	mg/kg TS	1060
Ca	mg/kg TS	55200
Cd	mg/kg TS	<2
Co	mg/kg TS	<2
Cr	mg/kg TS	20,3
Cu	mg/kg TS	141
Fe	mg/kg TS	2320
K	mg/kg TS	7140
Mg	mg/kg TS	2150
Mn	mg/kg TS	40,8
Mo	mg/kg TS	<2
Na	mg/kg TS	10200
Ni	mg/kg TS	9,68
P	mg/kg TS	38100
Pb	mg/kg TS	<10
Ti	mg/kg TS	3,57
V	mg/kg TS	<2
Zn	mg/kg TS	1810

**Proximate analysis proteinmel:**

Fuktighet	Tørr basis [vekt%]	Fuktig basis [vekt%]
Proteinpulver	<b>6.8 %</b>	<b>6.4 %</b>

Proxanalyse	#1 [vekt%]	#2 [vekt%]	#3 [vekt%]	Middelverdi [vekt%]
Flyktige bestanddeler	74.0 %	73.5 %	74.1 %	73.9 %
Fast Karbon	8.9 %	8.8 %	9.0 %	8.9 %
Aske	17.1 %	17.7 %	16.9 %	<b>17.2 %</b>

**Andel uforbrent i aske etter forbrenningsforsøk:** 0,33 vekt%

Fra analyseresultatene kan man konkludere at brennverdien er tilstrekkelig for forbrenning, men brenselet inneholder mye aske og mye nitrogen. Asken må håndteres i forbrenningskammeret, og det høye nitrogeninnholdet kommer til å resultere i høye NO<sub>x</sub>-utslipp. I tillegg inneholder asken mye Na, K, Ca og P. Natrium og kalium kan bidra til økt korrosjon i forbrenningsprosessen under lengre tid.

Det mottatte brenselet hadde en annen utfordring, tørrstoffet har lagt seg i bunnen av beholdere. Å få homogenisert det i gitte forhold var vanskelig. Det anbefales å ta hensyn til homogenisering ved valg av lagring og innmating senere.

## **4 FORBRENNINGSFORSØKENE**

### **4.1 TEST PÅ GLØDENDE TREKULL I VEDOVN**

#### **4.1.1 Testens formål**

Testen søker å simulere oppførselen til tilsendt biprodukt ved direkte og indirekte eksponering på varm overflate. Formålet er å skape en tilsvarende situasjon til den som oppstår når biproduktet pumpes inn i en oppvarmet fullskala forbrenningsovn.

#### **4.1.2 Testbeskrivelse**

En Jøtul vedovn type F3 fyres opp kraftig med to fulle ilegg av bjørkeved. Etter nedbrenning er det skapt en seng av glødende trekull.



**TEST # 1 (Video)**

- Homogenisert kat.2 avfall helles direkte på glødende trekull (0,5 dl)
- Flammer opp kraftig
- Nedbrenning i løpet av 2-3 minutter

**TEST # 2 (Video)**

- Homogenisert biprodukt helles i metallkrus som settes på glødende trekull (5 dl)
- Etter en periode med oppvarming av biproduktet brenner det med en klar og rolig flamme
- Dør lukkes og forbrenningen manipuleres med varierende lufttilførsel

**4.1.3 Oppsummering**

- Biproduktet oppfører seg ikke eksplosivt i direkte kontakt med varm overflate
- Forbrenningsprosessen lar seg styre med varierende lufttilførsel

**4.2 FORBRENNINGSTEST I FULLSKALA BRENNKAMMER DIMENSJONERT OPP TIL 1MW****4.2.1 Testens formål**

I testen studeres forbrenning av tilsendt biprodukt i en fullskala forbrenningsovn. Ovnene er tilpasset separat innmating av tørravfall og våtorganisk biomasse.

Testens formål er innledende studier av hvorvidt ovnens intern tørke (ID) teknologi kan tilpasses forbrenning av biproduktet.

**4.2.2 Testbeskrivelse****TEST #1**

- Innkjøring av ovn under lav innmating av biproduktet (20 kg/time)
- Gjennomsnittlig temperatur økes langsomt med oljebrenner

**TEST #2 (Video)**

- Kjøring med stabile forbrenningsparametre
- Avfall innmating ved 3 rpm (60 kg/time)

**TEST #3**

- Avfall innmating økes fra 3 til 4 rpm på skruerpumpe (fra ca 60 til 80 kg/time).
- Oljebrennerens pådrag reduseres fra trinn 4 til trinn 2.
- Forbrenningen blir understøkiometrisk
- Sekundærlufttilførsel økes til max.
- I tillegg startes viften for primærlufttilførsel.
- O<sub>2</sub> fortsatt lav, 1-2 volum% (målt i tørr røkgass)
- Forbrenningen er ustabil. Flammehavet pulserer. Brennende partikler, 2-5 mm, fyker rundt i forbrenningskammeret med jevne intervaller.
- Undertrykk og andre driftsparametere korrigeres stadig. Røyk ut av ovn
- T2, eksosgastemperaturen, går over 1000 °C. Forbrenningen foregår i avgasskanalen pga økt lufttilførsel og økt undertrykk generert av avgassvifte.

**TEST #4 (Video)**

- Oljebrenneren stenges
- Innmating ved 3,5 rpm (70 kg/time)
- Temperaturen reduseres til under 850 °C

**TEST #5 (Video)**

- Oljebrenneren er fortsatt stengt
- Innmating ved 4,5 rpm (90 kg/time)
- Temperaturen opprettholdes
- O<sub>2</sub> er stabil på 4 volum% (målt i tørr røkgass)

**4.2.3 Oppsummering**

- Biproduktet lar seg godt forbrenne med ID (Internal Dryer) teknologi
- Egenforbrenning av biomassen kan sannsynligvis opprettholdes uten støttebrensel
- Avfallsforbrenning har krav til temperatur (over 850 °C) og oppholdstid (minimum 2 sekunder) i brennkammer
- Forbrenningen i primærkammer er ufullstendig pga luftunderskudd
- Temperaturen i avgasskanalen er høy
- Forbrenningen er pulserende/syklisk selv under konstante forbrenningsparametere (tilførsel av biprodukt, temp, O<sub>2</sub>, undertrykk, etc.)
- ID's normalfunksjon som blander for å oppnå økt overflate er ikke påkrevd
- Oppgaven til ID er asketransport fra biproduktet

### **4.3 TEST MED FLAMME**

#### **4.3.1 Metode og formål**

Med ekstern stikkflamme fra håndholdt gassflaske å studere lettantenneligheten til kat.2 avfall. Ut i fra biproduktets oppførsel i vedovn og i fullskala brennkammer gjøres analysen ut i fra dette grunnlaget.

#### **4.3.2 Oppførsel i vedovn og i fullskala brennkammer**

Ved plassering av 5 dl fylt metallkrus med biproduktet på glødende trekull vises treghet i antenning. Biproduktet trenger oppvarming i en periode før avgassing. Etter ca 2 min brenner biproduktet rolig med ren flamme og åpen ovnsdør.

Under oppstart i fullskala brennkammer økes temperaturen langsomt ettersom pådraget fra oljebrenneren økes. Biproduktet pumpes inn ved 300 °C i en mengde av 20 kg/t. Biproduktet flyter utover den ildfast sengen og varmes ytterligere opp før antenning.

#### **4.3.3 Oppsummering**

Biproduktet er ikke så lettflyktig at det lar seg tenne på uten oppvarming. Scanbio oppgir antennelsestemperatur på rundt 430 °C.

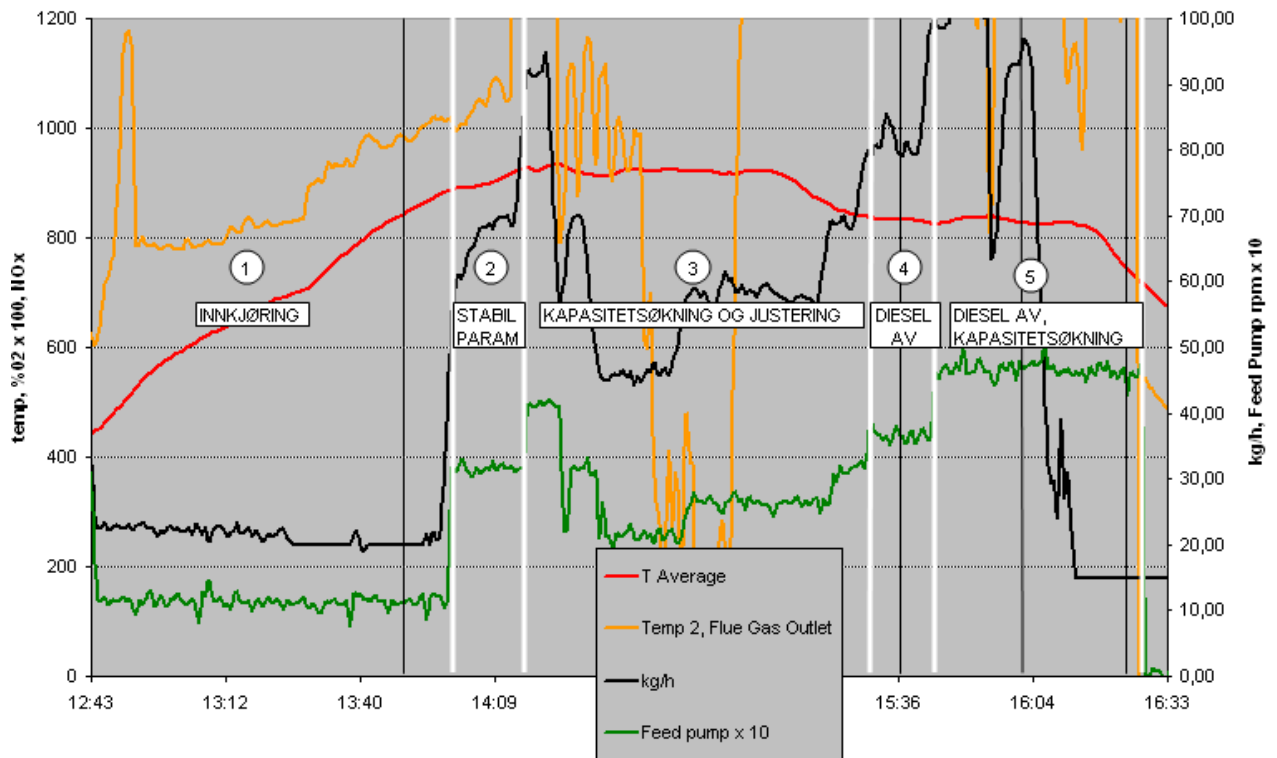
## **VEDLEGG**

- Temperatur og kapasitet
- Temperatur og avgass
- Illustrasjon av interntørka (Internal Drayer)
- Bilder fra brennkammer
- Bilder fra test i ovn

Materiale: Kat. 2 avfall, Marin Biomasse  
 Fuktighet: 4 % H<sub>2</sub>O  
 Brennverdi: 29 MJ/kg

**FULLSKALA FORSØK 1MW OVN**  
**FORBENNINGS**  
**PARAMETERE**  
**TEST NO. 1, temp og kapasitet**

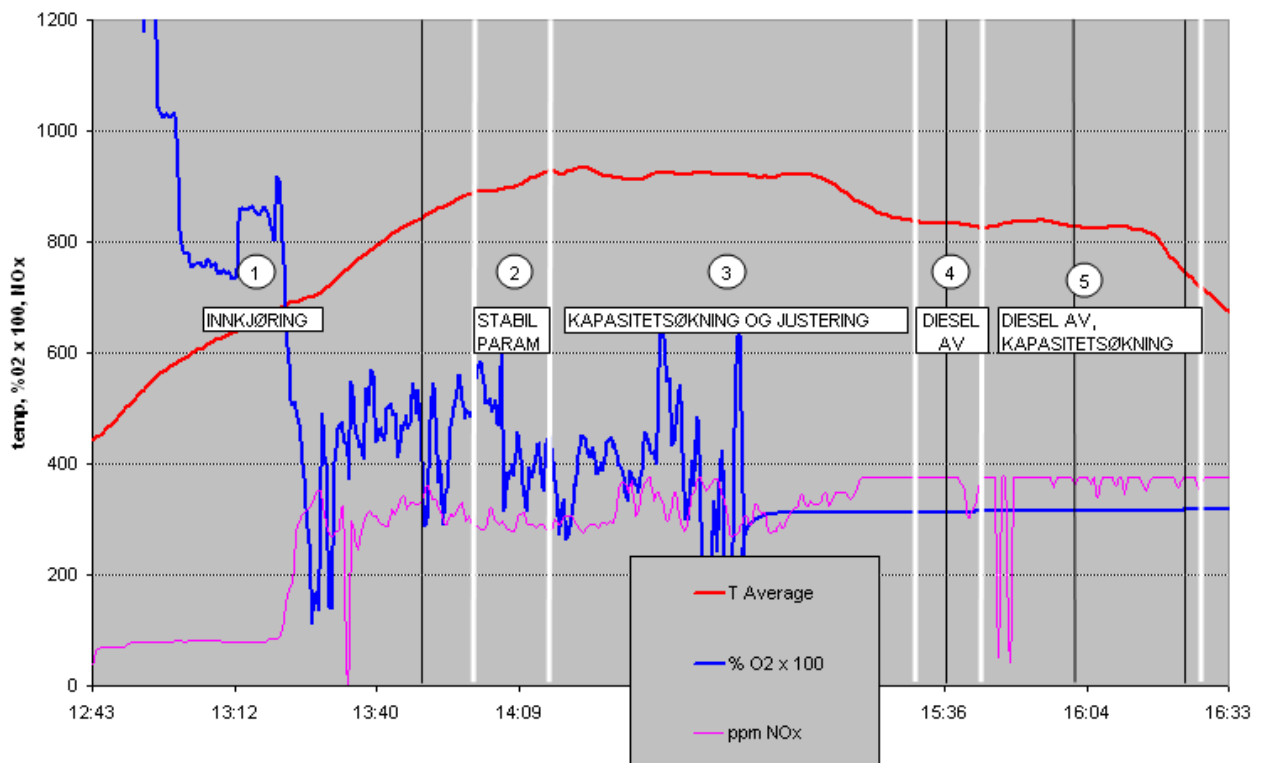
Prosjekt: SCANBIO  
 Dato: 18.06.2009  
 Mating start: 12:30  
 Mating stopp: 16:30

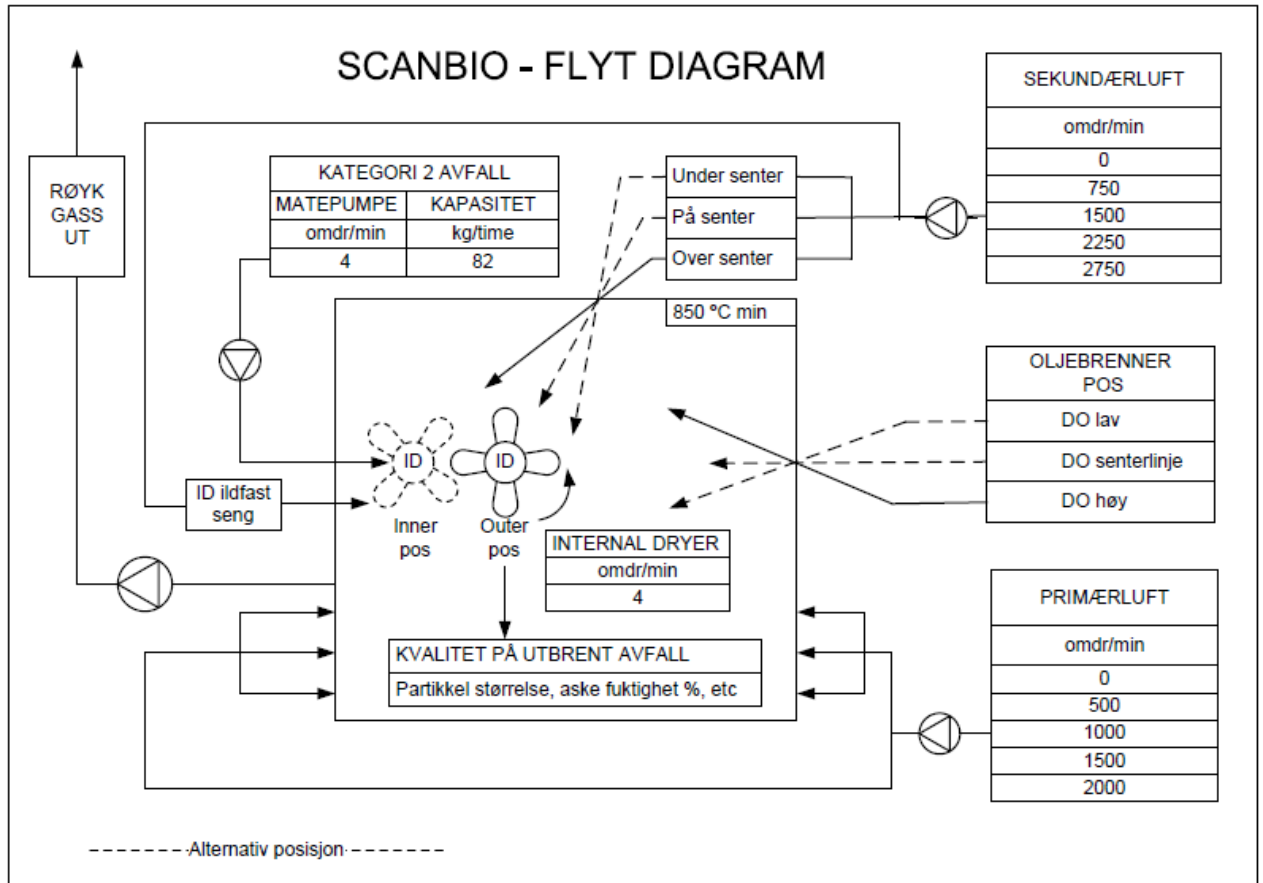


Materiale: Kat. 2 avfall, Marin Biomasse  
 Fuktighet: 4 % H<sub>2</sub>O  
 Brennverdi: 29 MJ/kg

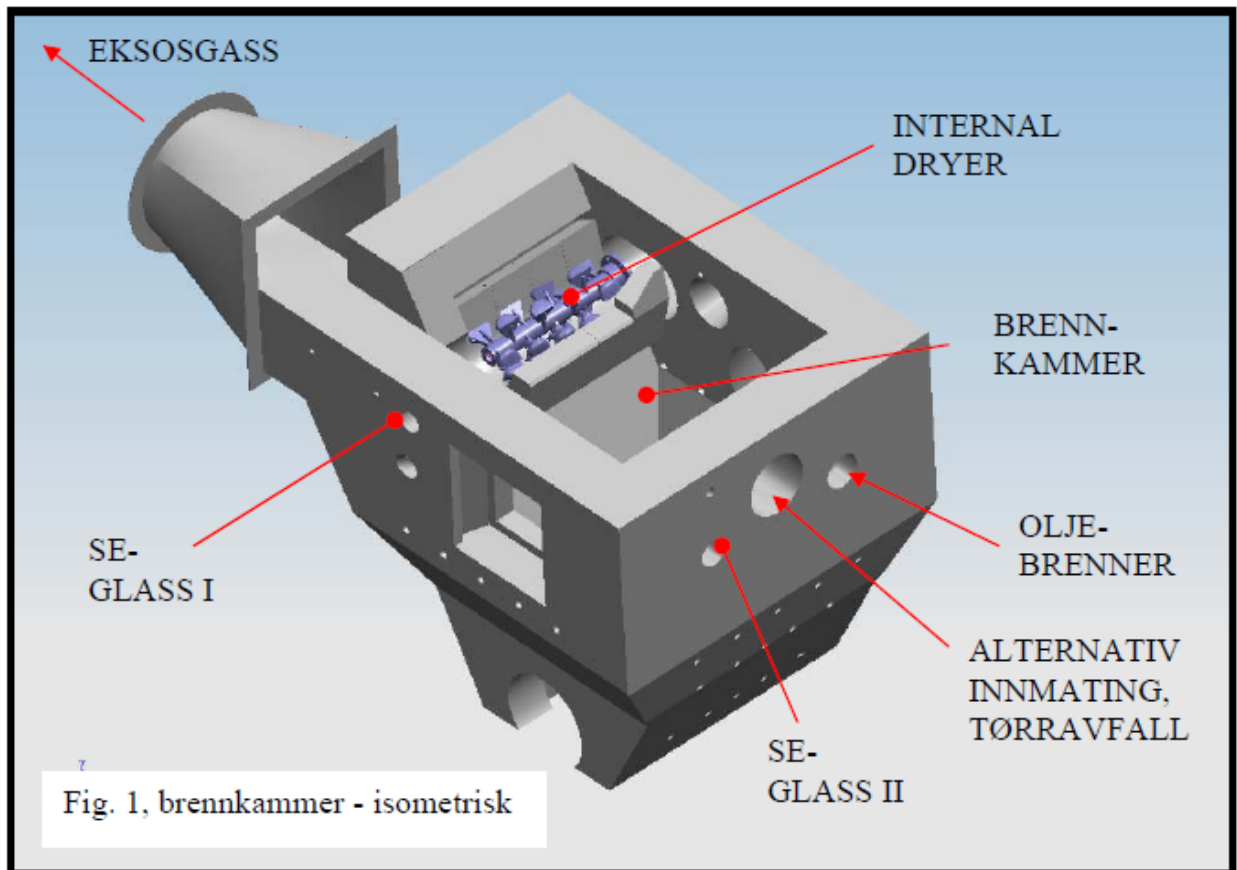
**FULLSKALA FORSØK 1MW OVN**  
**FORBENNINGS**  
**PARAMETERE**  
**TEST NO. 1, temp og avgass**

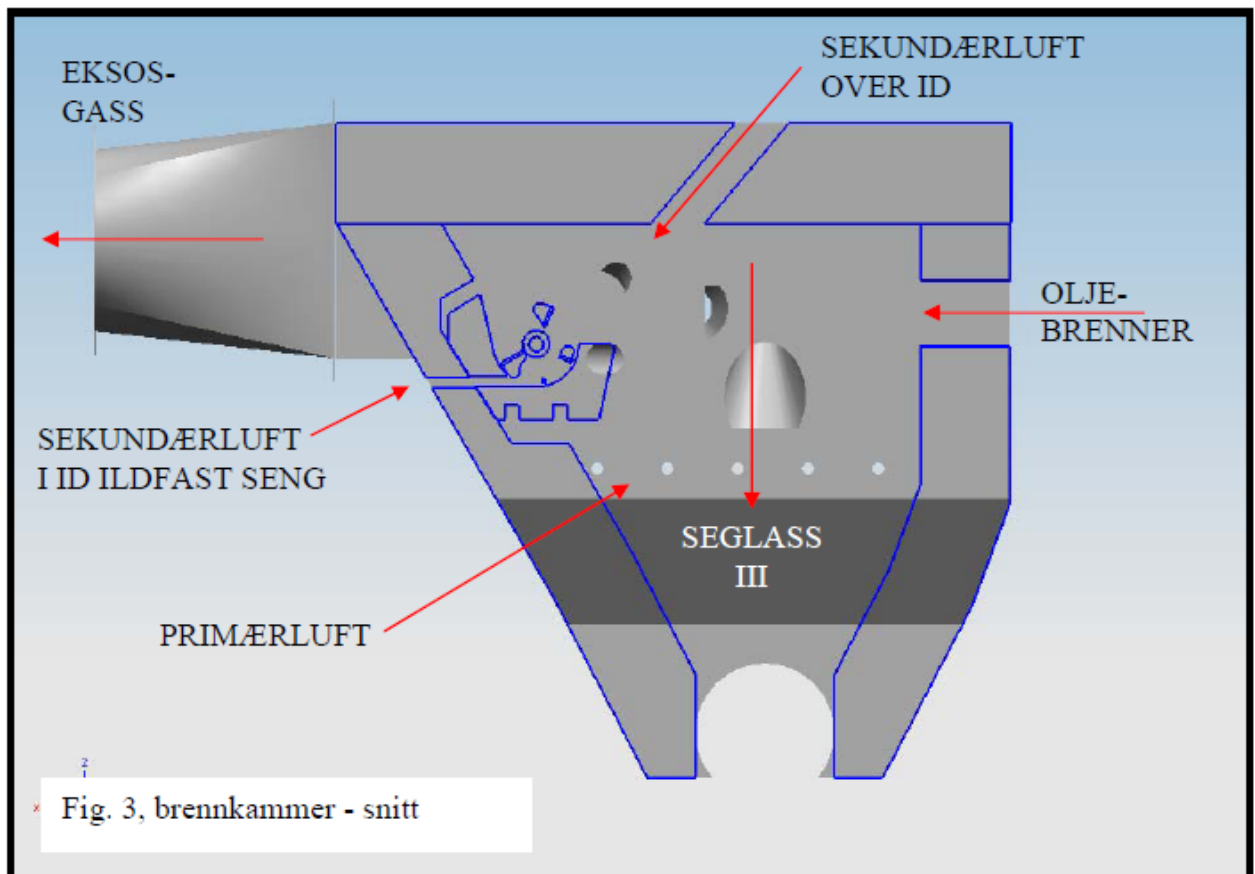
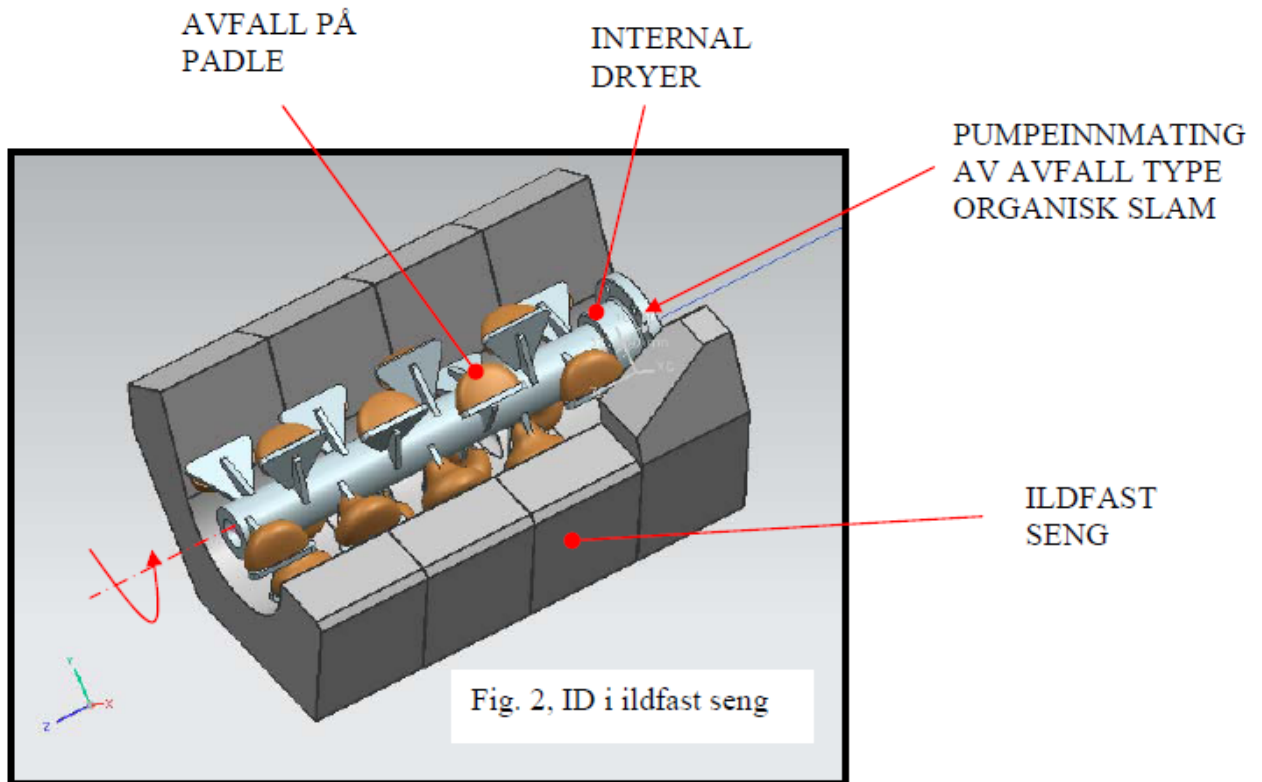
Prosjekt: SCANBIO  
 Dato: 18.06.2009  
 Mating start: 12:30  
 Mating stopp: 16:30



**FLYTSKJEMA**


Illustrasjon av interntørka (Internal Dreyer).







Bilder fra brennkammer



Fig .4, seglass I

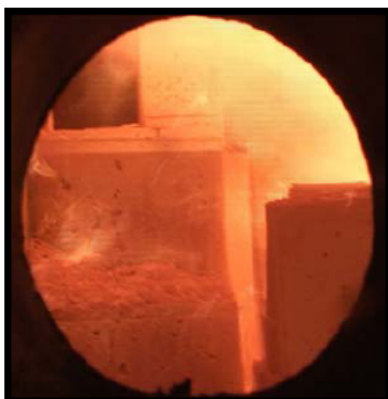


Fig. 5, seglass II

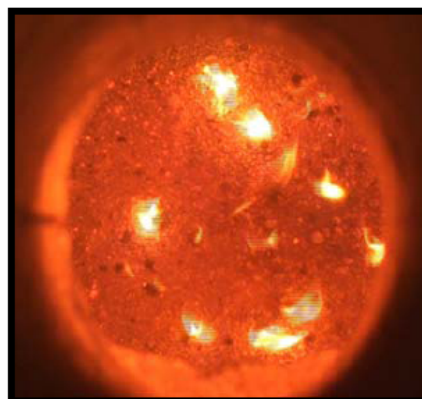


Fig. 6, seglass III

Bilder fra test i ovn.



Fig 6. Gloseng m 0,5 dl matebeger



Fig 7. påføring av kat. 2 avfall



Fig 8. Antenning



Fig 9. Nedbrenning etter 2-3 min



Fig 10. Metallkrus m 5 dl på gloseng



Fig 11. Utbrenning m regulert lufttilførsel