

RAPPORT LNR 3773-98

Analys av avløpsvann fra fiskeforedlingsindustrien - filetering av torsk og sild



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00

Sørlandsavdelingen

Televeien 1
4890 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5008 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 32 88 33

Akvaplan-NIVA A/S

9015 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel Analyse av avløpsvann fra fiskeforedlingsindustrien - filetering av torsk og sild Characterization of wastewater from fish processing industry - cod and herring filleting	Løpenr. (for bestilling)	Dato	
	3773-98	1997	
Forfatter(e) Helge Liltved	Prosjektnr. Undernr.	Sider	Pris
	0-97199	24	
Fagområde Avløpsteknologi	Distribusjon		
	Åpen		
Geografisk område Norge	Trykket		
	NIVA		

Oppdragsgiver(e) Statens forurensningstilsyn	Oppdragsreferanse Egil Strøm
---	---------------------------------

Sammendrag

Avløpsvann fra maskinell filetering av torsk og sild er blitt analysert for å bestemme konsentrasjonsnivåer for forurensningsparametere, og stoffbelastninger pr. tonn råvare og ferdigvare. Effekten av å rense avløpsvannet med roterende siler er blitt vurdert ved å måle silgodsmengder under produksjon.

Processing wastewaters from cod- and herring filleting have been characterized with respect to concentration levels of organic matter and nutrients, and pollution loads relative to the produced amounts of fillets. The effect of treating the effluents by rotating screen systems have been evaluated by measuring the amount and composition of the sludge produced.

Fire norske emneord 1. Fiskeforedling 2. Filetering 3. Karakterisering av avløpsvann 4. Rensing av avløpsvann	Fire engelske emneord 1. Fish processing 2. Fillets processing 3. Wastewater characterization 4. Wastewater treatment
---	---


 Helge Liltved
 Prosjektleder

ISBN 82-577-3346-6


 Bente Wathne
 Forskningssjef

**Analyse av avløpsvann fra fiskeforedlingsindustrien
- filetering av torsk og sild**

Forord

Prosjektet, som ble finansiert av Statens forurensningstilsyn (SFT), ble gjennomført i løpet av november og desember 1997. Saksbehandler i SFT har vært Egil Strøm, mens undertegnede har vært NIVA's prosjektleder.

Representanter for fylkesmennenes miljøvernavdelinger har bistått med å finne fram til aktuelle fiskeforedlingsbedrifter for prøvetaking og målinger. Det rettes en takk til disse, samt til ansatte ved de involverte bedriftene for velvillighet og assistanse under gjennomføringen av arbeidet.

Grimstad, 12.12.97

Helge Liltved

Innhold

Sammendrag	5
Summary	7
1. Innledning	8
2. Gjennomføring av undersøkelsene	10
2.1 Beskrivelse av bedriftene	10
2.1.1 Filetering av torsk	10
2.2 Filetering av sild	10
2.3 Prøvetaking og analyse	13
3. Resultater og diskusjon	14
3.1 Filetering av torsk	14
3.2 Filetering av sild	18
4. Referanser	23

Sammendrag

Hovedmålsettingen med den gjennomførte undersøkelsen var å måle stoffmengder, samt effekten av rensing med silsystemer, i prosessavløpet ved en foredlingsbedrift som fileterer torsk og en som fileterer sild. Målingene ble foretatt i løpet av en produksjonsperiode ved hver bedrift. En viss forsiktighet i bruk av resultatene bør utvises da det vil kunne forekomme variasjoner i mengde og sammensetning fra dag til dag og fra bedrift til bedrift innen samme bransje.

Torske-filetering:

I løpet av de 15 timene produksjonen pågikk på måledagen ble det produsert 34 061 kg ferdig filét fra 53 492 kg råfisk (sløyet og hodekappet), d.v.s. et utbytte på 63.7 %. Det resterende utgjorde da avskjær og fett som ble fraskilt i en grovseparator og benyttet i fôrproduksjon, pluss partikulært og løst materiale i utløpsvannet etter rensing.

Øyeblikksmålinger av vannmengde varierte mellom 27 og 34 m³ pr. time med et beregnet gjennomsnitt på 29 m³ pr. time. Summert vannforbruk i produksjonsperioden ble avlest på bedriftens mengdemåler til 440 m³, tilsvarende 8.2 m³/tonn råfisk og 12.9 m³/tonn ferdigvare.

Blandprøven som ble tatt i løpet av produksjonsperioden viste konsentrasjoner på 692 mg SS/l (suspendert stoff), 2280 mg KOF/l (kjemisk oksygenforbruk), 1100 mg BOF₇/l (biologisk oksygenforbruk), 26.9 mg tot-P/l (total fosfor) og 142 mg tot-N/l (total nitrogen). De løste fraksjonene av KOF, tot-P og tot-N utgjorde henholdsvis 63.2, 88.5 og 66.5 % av totalmengdene, noe som indikerer begrensede muligheter til å forbedre renseseffektene ved å redusere lysåpningene i sildukene. Stikkprøvene som ble tatt indikerte at variasjonene for SS og PO₄-P lå innenfor 25 % av middelverdien, mens variasjonene for KOF var noe høyere.

Det ble produsert ca. 1170 l silgods i løpet av 15 timers produksjon. Dette volumet inneholdt 79.2 kg tørrstoff (TS) (6.8 %), 58.5 kg protein (74.2 % av TS) og 4.4 kg fett (5.5 % av TS). I forhold til tørrstoffinnholdet i råstoffet ble ca. 0.8 % tatt ut i silen, mens ca. 4.6 % ble ledet til resipient med avløpet.

Silde-filetering:

I løpet av 7.5 timers produksjon ble det filetert 148 140 kg rund sild som ga 63 700 kg ferdig filét. Dette ga et utbytte på 43 %. De resterende 57 % består av avskjær og slo som tas ut på grovsil og mellomlagres i silo, partikulært materiale som tas ut på finsilen (1.5 mm), fett fra fettutskiller, og partikulært og løst materiale som passerer rensanlegget og føres til sjøen.

Øyeblikksmålinger av vannmengde varierte mellom 73 og 76 m³ pr. time med et beregnet gjennomsnitt på 74 m³ pr. time. Summert vannforbruk i produksjonsperioden ble avlest på bedriftens mengdemålere til 574 m³, tilsvarende 3.9 m³/tonn råfisk og 9.0 m³/tonn ferdig filét.

Blandprøven som ble tatt i løpet av produksjonsperioden viste konsentrasjoner på 5 890 mg SS/l, 10 885 mg KOF/l, 5 520 mg BOF₇/l, 129 mg tot-P/l og 725 mg tot-N/l. De løste fraksjonene av KOF, tot-P og tot-N utgjorde henholdsvis 33.6, 47.8 og 36.7 % av totalmengdene, noe som indikerer muligheter for å ta ut større mengder tørrstoff av avløpet ved å redusere lysåpningene i silduken. Stikkprøvene som ble tatt indikerte at variasjonene for SS og KOF lå innenfor 27 % av middelveriene.

Det ble produsert ca. 4725 l silgods i løpet av 7.5 timers produksjon. Dette volumet inneholdt 737 kg TS (15.6 %), 461 kg protein (62.5 % av TS) og 212 kg fett (29.5 % av TS). I forhold til tørrstoffinnholdet i råstoffet ble ca. 2 % tatt ut i silen, mens ca. 10 % ble ledet til resipient med avløpet.

I tabellen nedenfor er vannmengder og stoffbelastninger pr. tonn råvare og ferdigvare beregnet, samt tørrstoff-tap til avløpet i prosent av TS i råstoffet. Tallene er basert på analyseverdiene for blandprøvene som ble tatt i produksjonsperiodene ved de to filéfabrikkene. Vannmengder og stoffbelastninger fra vasking og spyling av maskinelt utstyr, haller, kasser etc. etter produksjonen er ikke medregnet.

	Vannmengde, m ³ /tonn r.v. ¹ m ³ /tonn f.v. ²	BOF ₇ kg/tonn r.v. kg/tonn f.v.	KOF kg/tonn r.v. kg/tonn f.v.	Tot-N kg/tonn r.v. kg/tonn f.v.	Tot-P kg/tonn r.v. kg/tonn f.v.	TS-tap i av- løp i % av TS i råstoff
Filetering av torsk. Stoffmengder målt etter trommelsil (1 mm lysåpninger)	8.2 12.9	9.0 14.2	18.8 29.5	1.16 1.83	0.24 0.38	4.6
Filetering av sild. Stoffmengder målt etter trommelsil (1.5 mm) og fettavskiller	3.9 9.0	21.5 49.7	42.2 98.1	2.83 6.53	0.50 1.16	10

¹ r.v. = råvare

² f.v. = ferdigvare

Grovt sett er stoffutslippene fra silde-fileteringen pr. tonn råvare for BOF₇, KOF, tot-P og tot-N dobbelt så høye som utslippene fra torske-filetering. Basert på ferdigvare er stoffutslippene 3.1 - 3.5 ganger høyere ved silde-fileteringen. De forhøyede stoffutslippene skyldes i hovedsak at silda ble filetert rund, mens torsken ble filetert sløyet og hodekappet, noe som medførte større mengder partikulært og løst materiale til prosessvannet ved silde-fileteringen.

Selv om effekten av rensing ved siling er høyere ved silde-fileteringen enn ved torske-fileteringen, blir det også ved sistnevnte prosess tatt ut betydelige mengder (ca. 17 % av tørrstoffet/proteininnholdet i prosessavløpet etter rensing).

Summary

Title: Characterization of wastewater from fish processing industry - cod and herring filleting

Year: 1997

Author: Helge Liltved

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-3346-6

Processing wastewaters from cod- and herring filleting have been characterized with respect to concentration levels of organic matter and nutrients, and pollution loads relative to the produced amounts of fillets. The effect of treating the effluents by rotating screen systems have been evaluated by measuring the amount and composition of the sludge produced.

1. Innledning

Ved bearbeiding og foredling av fisk brukes store mengder vann, både ferskvann og sjøvann. Vannet som er i kontakt med fisken tilføres organisk stoff og næringsalter. Mengden er avhengig av foredlingsgraden, bedriftsinterne rutiner og fiskens karakter.

Når det gjelder målinger av stoffkonsentrasjoner og avløpsmengder fra norsk fiskeindustri, er utvalget sparsomt og mangelfullt, og i hovedsak av eldre dato. I tabell 1 og 2 er det gitt konsentrasjonsnivåer og stoffmengder i forhold til produksjonsmengder for ulike vannkvalitetsparametere i avløpet. Undersøkelsene er gjort ved danske og norske bedrifter. Tallene tyder på at konsentrasjonene og utslippsmengdene for torsk og oppdretts-laks er moderate i forhold til tilsvarende fra dansk sildefiletering. Hovedårsaken til de høye konsentrasjonene fra sildefiletering er trolig at silda leveres og fileteres rund, slik at slo følger med i avløpet. Ellers er det dårlig spesifisert hvilke typer behandling avløpet har vært gjennom før prøvetakingspunktet, men en minimumsbehandling i form av grovavskilling må antas.

Det er behov for oppdaterte tall som beregningsgrunnlag for å vurdere eventuelle miljøeffekter fra ulike typer norsk fiskeforedlingsindustri, og hvilke rensemetoder som kan være aktuelle for rensing av de ulike avløpsstrømmene. Kvantifisering av organisk tørrstoff og protein i avløpsvannet sier noe om hvilket inntjenings-potensiale som ligger i forbedret rensing med oppsamling/oppkonsentrering og salg av slamproduktet. Dette er spesielt interessant i dag med høye priser på biprodukter.

I tillegg til karakterisering av prosessvann, samt beregning av avløpsmengder i forhold til produksjonsmengder, var hensikten med den foreliggende undersøkelsen å avklare forhold omkring effekten av å benytte roterende siler med lysåpninger på ca. 1 mm for rensing av avløpet fra fiskeforedlingsbedrifter.

Tabell 1. Stoffkonsentrasjoner (middelverdier) i avløp ved maskinell filetering av ulike fiskearter.

Referanse	Bedrift/ bransje	SS, mg/l	TS, mg/l	Fett, mg/l	BOF ₇ , mg/l	TOC, mg/l	KOF, mg/l	Tot-N, mg/l	Tot-P, mg/l
Byskov og medarb. (1977)	torsk A I	585	-	51	973	615		162	33.9
	" A II	372	-	72	600	418		100	19.2
	" B	247	1184	54	1300	740		138	16.3
Hjelmar & Krog (1978)	sild	-	20000	12000	10000	-	-	-	-
VKI (1988)	sild	-	-	500-25000	2000-28000	-	-	400-1000	80-150
Miljøstyrelsen (1996)	fet fisk	-	-	-	15000	-	28800	760	-
	mager fisk	-	-	-	3600	-	5200	-	-
Liltved (1997) *	oppdretts - laks	1600	3230	<1000	2350	-	3050	132	28.9

*Etter grovsiling (1cm lysåpninger)

Tabell 2. Vannmengder og stoffbelastninger pr. tonn ferdigvare (f.v.) ved filetering av ulike fiskearter.

	Vannmengde m ³ /tonn ferdigvare	BOF ₅ kg/tonn f.v.	KOF kg/tonn f.v.	Tot-P kg/tonn f.v.	Tot-N kg/tonn f.v.	Referanse
Filetering torsk	10 - 43	13 - 32	-	-	1.5 - 5.2	Byskov og medarb. 1977 ¹⁾
Filetering fet fisk	6.6	100	190	-	5	VKI 1988 Miljøstyrelsen 1996
Filetering mager fisk	19.2	70	200	-	-	VKI 1988 Miljøstyrelsen 1996
Filetering oppdretts-laks	11.3	26.4	34.3	0.33	1.49	Liltved 1997 ²⁾

1) Det er antatt et utbytte på 60% ved omregning fra råfisk til ferdigvare

2) Etter grovsiling (1cm lysåpninger)

2. Gjennomføring av undersøkelsene

Undersøkelsene ble gjennomført i løpet av to dager ved hver av de to bedriftene (filetering av henholdsvis torsk og sild). Den første dagen ble benyttet til å gjøre seg kjent med bedriften og driftsrutiner, samt montering og testing av prøvetakingsutstyr. Den andre dagen ble det tatt ut prøver av prosessvannet i produksjonsperioden, samtidig som vannmengder, silgodsmengder, mengde råstoff og ferdigvare ble registrert.

2.1 Beskrivelse av bedriftene

2.1.1 Filetering av torsk

Ved filéfabrikken blir det foredlet makrell og småsei, trålsei og torsk. I 1996 ble det mottatt 14 000 tonn råstoff som utgjorde 6346 tonn palletert ferdigvare og 6450 tonn avskjær. Bedriftens ferdigvarer er i første rekke singelfryste produkter, hele filéter/porsjonsstykker, våtpakk, blokk/farse og panerte filéter.

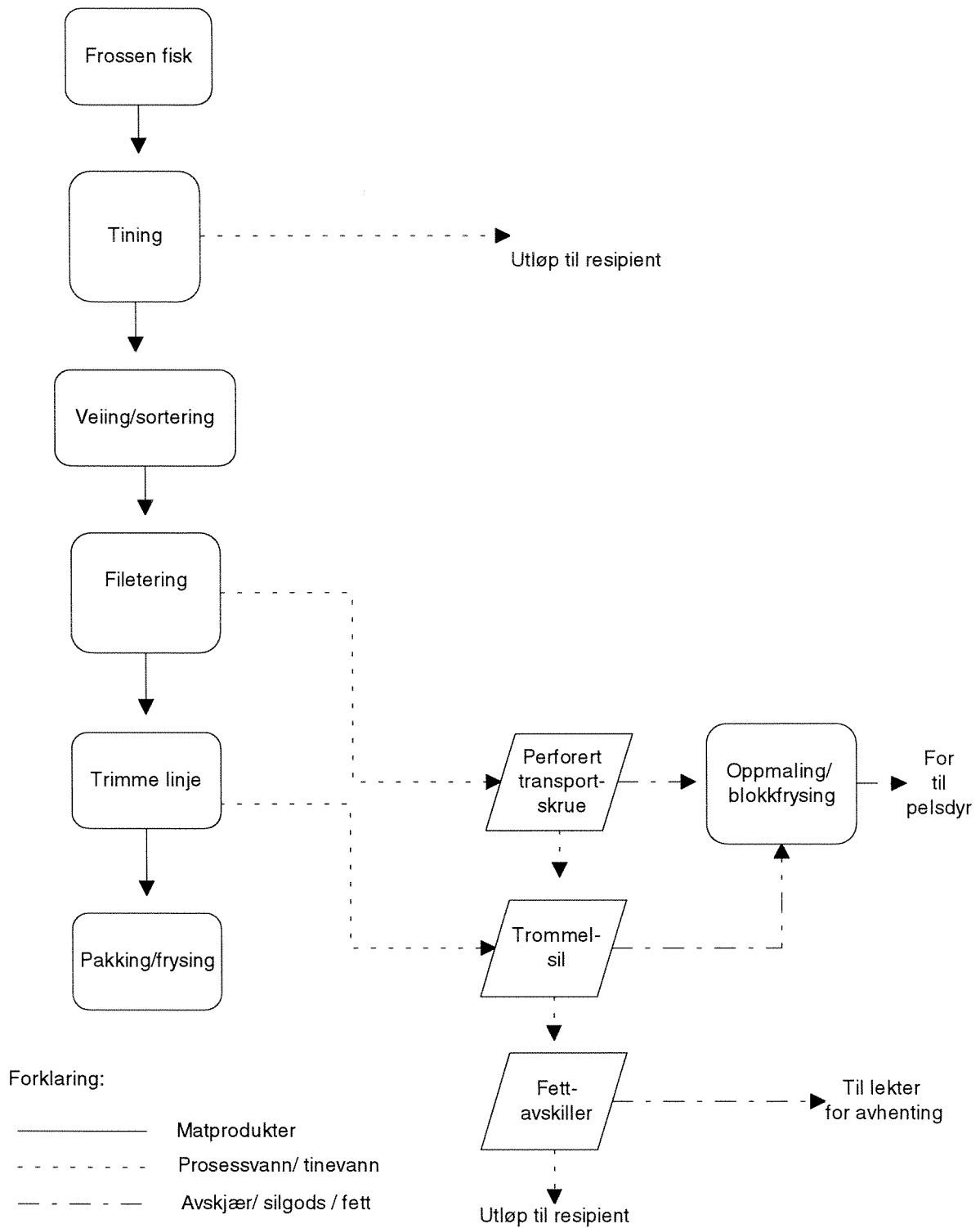
I filéfabrikken er det montert 6 filémaskiner, 3 store (Baader 184) og 3 mindre (Baader 182). Den dagen målingene ble gjort var de 3 store maskinene i drift. Råfiske (sløyet og hodekappet torsk) ble tint umiddelbart før filetering. Tinevannet blir ledet direkte til resipient. Fra filémaskinene og trimme/pakkelinjene blir prosessvannet, sammen med alt avskjær (inkl. rygger), transportert i renner og rør inn på førkjøkkenet for avskilling, oppmaling og innfrysing av avskjær, samt videre rensing av prosessvannet (figur 1).

Prosessvannet blir først ledet til en skråstilt transportskrue med perforert bunn (lysåpninger 0.8 cm). Her blir grovavskjær skilt fra og transportert opp i en container for videre oppmaling og innfrysing i 75 kg blokker. Blokkene blir i hovedsak solgt som fôr til pelsdyrnæringen. Prosessvannet blir pumpet videre til en roterende sil (Rotosieve) med lysåpninger på 1 mm. Silgods blir transportert til containeren for avskjær, mens prosessvannet pumpes til en flotasjonstank for fettavskilling før utledning til sjøen. Flotasjonstanken er utstyrt med trykk tank og kompressor for tilsats av findispersert luft ved innløpet for å øke separasjonsgraden. Avskilt fett blir pumpet til en leker, hvor det blir hentet av personell fra Måløy Sildeoljefabrikk.

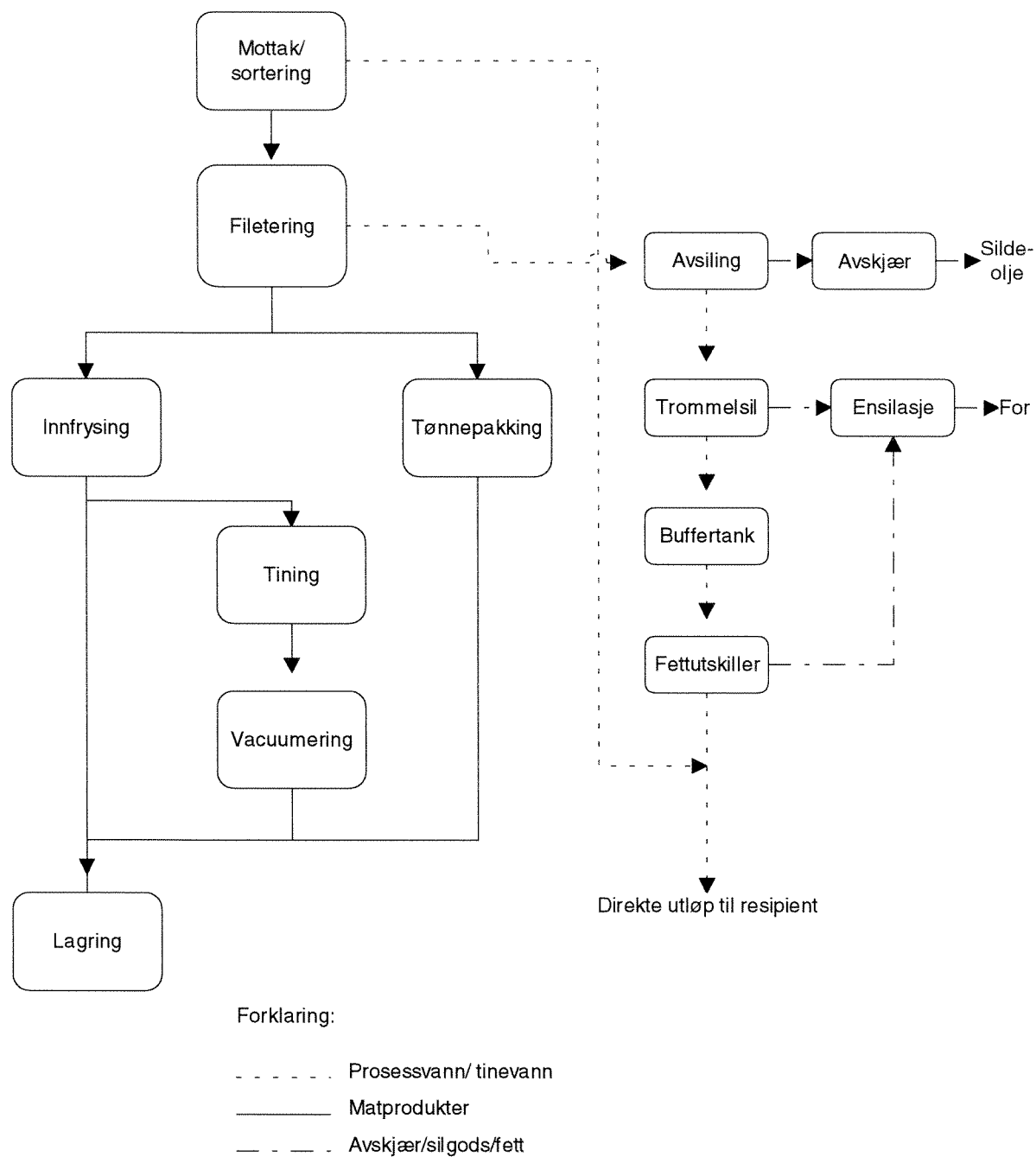
2.2 Filetering av sild

Filéfabrikken består av avdeling 1 (mottak/filetering) og avdeling 2 (bearbeiding/videreforedling). Bedriften produserer blokkfrost filét, ferskpakket filét, tønnepakket filét og fermentmodnet sild. Biproduksjonen består av ferskt avskjær og ensilasje.

I filéhallen er det installert 12 filémaskiner (Baader). Fersk rund fisk, i hovedsak sild, blir pumpet eller håvet fra båt til mottak for sortering og innveining, og ført videre til filetering (figur 2). Vann fra mottaket, hovedsaklig sjøvann, blir ledet direkte til resipient. Alt avskjær og slo, sammen med prosessvann fra filémaskinene, blir pumpet videre for rensing. Større partikler blir fraskilt i et avsilingsband og ført til silo for ferskt avskjær. Dette selges til Måløy Sildeoljefabrikk som står for jevnlig henting. Prosessvannet føres så til en roterende sil (Rotosieve) med trommellengde på 2 m og diameter 0.6 m. Lysåpningene i trommelen er 1.5 mm. Videre ledes vannet via en bufferkum til fettutskiller (Muslingen) med roterende avskraper før utledning til resipient. Partikulært materiale som tas ut i silen, samt fett fra fettutskiller, blir ensilert ved tilsats av maursyre og antioksidant. Vann fra videreforedling blir ledet direkte til resipient sammen med tinevann.



Figur 1. Flytskjema for maskinell filetering av torsk med avløpsstrømmer.



Figur 2. Flytskjema for maskinell filetering av sild med avløpsstrømmer.

2.3 Prøvetaking og analyse

Ved begge bedriftene ble mengde prosessvann fra filétavdelingene målt v.h.a. anleggenes egne vannmengdemålere på inntaksledningene. Dette fordi det var vanskelig å få gode målinger ved utløp v.h.a. vår elektromagnetiske mengdemåler. Imidlertid gir inntaksmengdene et temmelig nøyaktig bilde av hva som føres til avløp, da vannforbruket i andre deler av virksomhetene er små.

Ved bedriften som fileterer torsk ble det gjennomført målinger over to skift den 20.11.97. Vannmengdemåleren ble avlest ved oppstart av produksjonen kl. 0730, og ved avslutning kl. 2330. Øyeblikksverdier ble registrert jevnlig i løpet av produksjonen. Vannprøver ble tatt ut fra pumpekummene før og etter sil for analyse. Det ble tatt ut blandprøver og 5 stikkprøver fra hvert prøvetakingspunkt. Blandprøven fra utløp ble komponert av delprøver a 50 ml som ble tatt ut hvert 15 min. v.h.a. automatisk blandprøvetaker (Isco) gjennom produksjonen. Blandprøven fra innløp ble tatt manuelt, da store biter umuliggjorde bruk av automatisk prøvetaker her. Innholdet av store partikler gjorde også den manuelle prøvetakingen problematisk, da tilfeldigheter avgjorde hva man fikk med i prøven. Innløpsprøvene er derfor lite vektlagt i rapporten.

Silens effekt ble målt direkte ved å måle silgodsmengde pr. tidsenhet. Representativ prøve ble tatt ut for analyse.

Ved bedriften som fileterer sild ble det gjennomført målinger i løpet av ett skift den 25.11.97 fra kl. 0730 til kl. 1530. Undersøkelsen ble i hovedsak gjennomført tilsvarende som for bedriften som fileterer torsk. Imidlertid var det ikke mulig å ta ut vannprøver umiddelbart før silen. Utløpsprøvene (stikkprøver og blandprøve) ble tatt etter fettavskiller, da en slik enhet vil inngå som en naturlig del av renseutstyret der det bearbeides feit fisk.

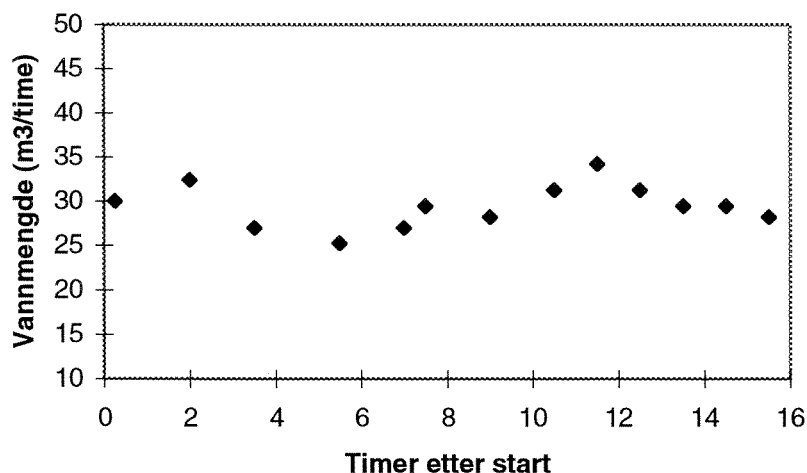
Vannprøvene ble kjølt ned og transportert til laboratorium for analyse. Blandprøvene og silgodsprøvene ble analysert ved KM-lab i Grimstad i henhold til akkrediterte standarder, mens stikkprøvene ble analysert m.h.p. SS, KOF og PO₄-P i NIVA's laboratorier i Grimstad.

3. Resultater og diskusjon

3.1 Filetering av torsk

I løpet av produksjonen den 20.11.97, som varte fra kl. 0730 til kl. 2330 (15 timers produksjon når to haltimes spisepauser trekkes fra), ble det produsert 34 061 kg ferdig filét fra 53 492 kg råfisk (sløyet og hodekappet), d.v.s. et utbytte på 63.7 %. Det resterende utgjorde da avskjær og fett som ble benyttet i fôrproduksjon, pluss partikulært og løst materiale i utløpsvannet etter rensing.

Øyeblikksmålingene av vannmengde som ble gjort under produksjon viste et tilnærmet stabilt forbruk, med et beregnet gjennomsnittlig 29 m³ pr. time (figur 3). I spisepausene var forbruket betydelig lavere. I løpet av produksjonsperioden ble det benyttet totalt 440 m³ vann, avlest på anleggets mengdemåler. I forhold til produksjonsmengde blir vannforbruket 8.2 m³/tonn råfisk og 12.9 m³/tonn ferdigvare.



Figur 3. Vannforbruk ved filetering av torsk.

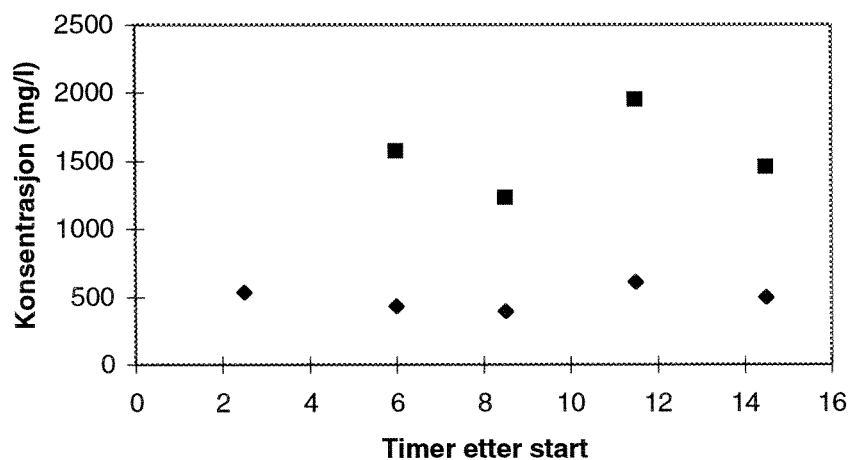
I tabell 3 er stoff-konsentrasjonene i blandprøven etter siling vist. Prøven hadde høyt klorid-innhold (fra sjøvann), noe som igjen har gitt høye verdier for totalt tørrstoff. Videre observeres at de løste fraksjonene (stoffmengdene i de filtrerte prøvene) for KOF, tot-P og tot-N utgjør en betydelig andel av de totale stoffmengdene (63.2 - 88.5 %), noe som tilsier begrensede tilleggseffekter ved å redusere lysåpningene i sildukene. Andre rensemetoder (f.eks. kjemisk felling med påfølgende flotasjon, biologisk rensing, membran teknologi) må benyttes for å gjenvinne mer protein/ redusere stoffmengdene i utløpet ytterligere. BOF₇-verdien utgjør omtrent halvparten av verdien for KOF ufiltrert.

Stoff-konsentrasjonene i prosessavløpet er i samme størrelsesorden som i tidligere norske undersøkelser hvor torsk ble filetert (tabell 1) (Byskov *et al.* 1977).

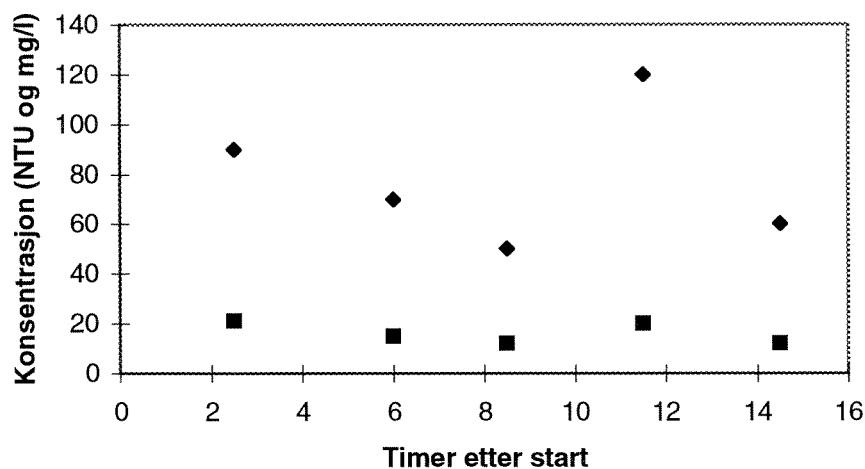
Tabell 3. Konsentrasjoner med hensyn på ulike parametere i blandprøve tatt etter trommelsil (1 mm poreåpninger) i løpet av produksjonen (torskefiletering). Forbehandlet blandprøve er filtrert (0.45 µm) på laboratoriet før analysering, og angir den løste andelen av totalmengden.

Parameter	Blandprøve (totalt)	Forbehandlet blandprøve (løst)	Andel løst
pH	6.9		
Klorid, mg/l	8400		
Susp. stoff, mg/l	692		
Tot. tørrstoff, mg/l	17600		
KOF, dikr. mg O/l	2280	1440	63.2 %
BOF ₇ , mg O/l	1100		
Tot-P, mg P/l	29.6		
Fosfat, mg P/l		26.2	88.5 %
Tot-N, mg N/l	142	94.4	66.5 %
Fett, g/l	< 5		

Figur 4 og 5 angir konsentrasjonsnivåene for SS, KOF, turbiditet og PO₄-P i stikkprøvene som ble tatt ut til ulike tider i pumpekummen etter å ha passert den roterende silen. Middelerdiene for SS, KOF og PO₄-P i stikkprøvene er henholdsvis 493, 1893 og 16 mg/l, mens tilsvarende for turbiditet er 78 NTU. Stikkprøvene tyder på at prosessvannets stoffinnhold kan variere i løpet av produksjonen. Når det gjelder SS og turbiditet blir disse som tidligere nevnt rutinemessig analysert på prøver som ikke er homogenisert, noe som gjør at variasjonene kan være noe tilfeldige, avhengig av antall og størrelse på partiklene som kommer med i volumet som tas ut for analyse. Etter siling som her, er imidlertid denne usikkerhetsfaktoren betydelig redusert. Samvariasjoner mellom de ulike prøveparameterene synes å framkomme.



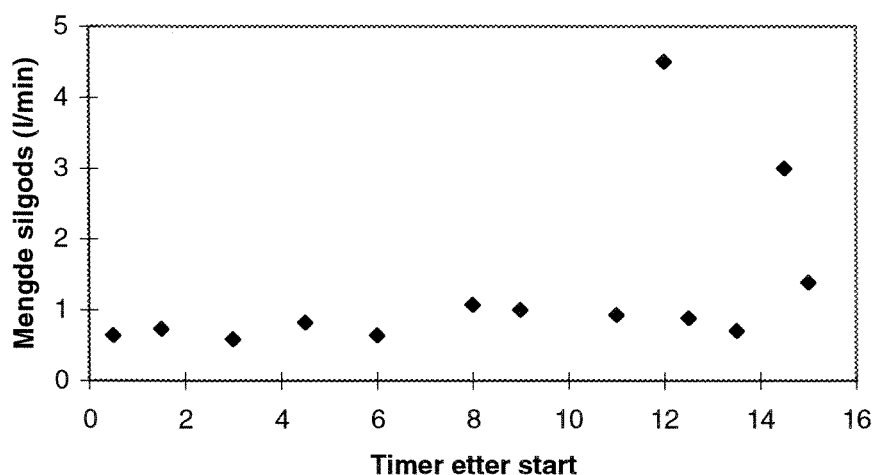
Figur 4. Konsentrasjonsnivåer for SS (◆) og KOF (■) etter trommelsil i produksjonsperioden.



Figur 5. Konsentrasjonsnivåer for turbiditet (NTU, ◆) og PO₄-P (mg/l, ■) etter trommelsil i produksjonsperioden.

Da det var vanskelig å få mål for effekten av silen v.h.a. vannprøver før og etter, ble det lagt vekt på hyppige målinger av silgodsmengder. I figur 6 framkommer verdier fra 13 målinger fordelt over produksjonsperioden. Enkeltstående målinger som viste høye verdier synes i hovedsak å skyldes kortvarige periodiske tilførsler av avskjær/kutt fra trimme/pakkelinje. Dette vannet passerer ikke den skråstilte transportskruen med perforert bunn, noe som førte til at store biter ble pumpet med prosessvannet direkte til trommelsilen, hvor disse ble avskilt og ført med det øvrige silgodset til oppmaling og blokkfrysing. Middel-verdien på 1.3 liter pr. min er lagt til grunn i de videre beregningene.

Silgodset hadde et tørrstoffinnhold på 68 gram pr. liter (6.8 % TS). Tørrstoffet inneholdt 74.2 % protein og 5.5 % fett. Tallene viser at protein-innholdet i forhold til tørrstoff i silgodset er lavere enn i råvaren (ca. 92 % protein), mens fettinnholdet er høyere. I tabell 4 er mengder silgods, tørrstoff, fett og protein pr. tidsenhet og pr. tonn råvare og ferdigvare angitt, med utgangspunkt i 15 timers produksjon.

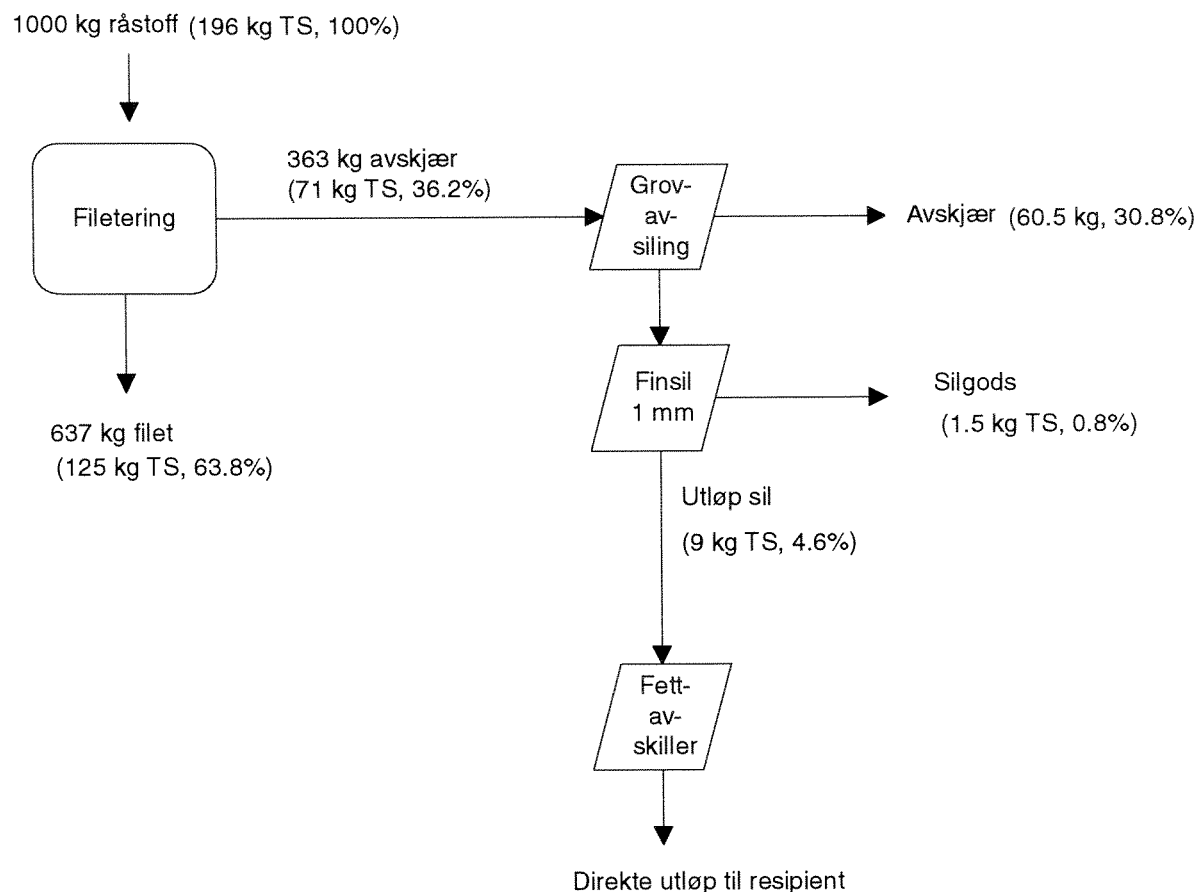


Figur 6. Mengde silgods produsert pr. tidsenhet. Silgodset hadde et tørrstoffinnhold på 6.8 %.

Tabell 4. Mengde og sammensetning av silgodset.

Mengder silgods	Produsert pr. min	Pr. dag (to skift, 15 timers produksjon)	Pr. tonn råvare	Pr. tonn ferdigvare
Volum	1.3 l	1170 l	22.0 l	34.4 l
Tørrstoff	0.088 kg	79.2 kg	1.50 kg	2.33 kg
Fett	0.0049 kg	4.4 kg	0.082 kg	0.13 kg
Protein	0.065 kg	58.5 kg	1.09 kg	1.72 kg

I figur 7 er det tegnet et flytskjema for tørrstoff (TS). Det viser at av ett tonn råstoff (sløyet og hodekappet torsk), med TS innhold på 19.6 % (196 kg), blir 125 kg TS til ferdigprodukt (filét), mens 71 kg går som avskjær med prosessvannet til grovavsiling hvor hovedmengden blir tatt ut. Den roterende finsilen tar ut 1.5 kg TS, mens 9 kg TS følger med avløpsvannet til utløp (utløpsverdien er basert på at 1 kg BOF₇ er tilnærmet lik 1 kg TS (Thorsen 1987)). Tilsvarende massebalanse kan gjøres for protein med utgangspunkt i at tørrstoff fra torsk inneholder ca. 92 % protein.



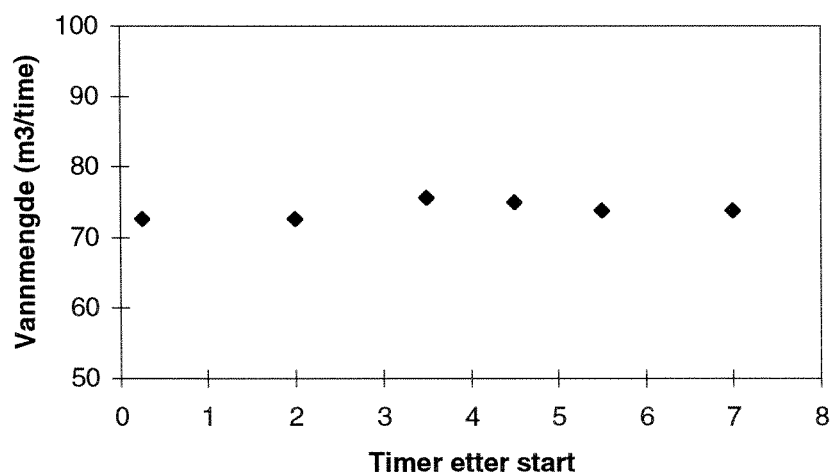
Figur 7. Flytskjema for tørrstoff (TS) med utgangspunkt i filetering av 1000 kg sløyet og hodekappet torsk som inneholder 19.6 % TS.

3.2 Filetering av sild

I løpet av første skift som varte fra kl. 0730 til 1530 (7.5 times produksjon når spisepausen trekkes fra) den 25.11.97 ble det filetert 148 140 kg rund sild som ga 63 700 kg ferdig filét. Dette ga et utbytte på 43 %. De resterende 57 % består av ferskt avskjær og slo som mellomlagres på silo, partikulært materiale som tas ut i silen, fett fra fettutskiller, og partikulært og løst materiale som ikke tas ut i renseanlegget men føres med prosessvannet til sjøen.

I løpet av produksjonsperioden ble det totale vannforbruket avlest til 574 m³. Øyeblikksmålingene som ble foretatt under produksjon viste et tilnærmet stabilt vannforbruk, med et beregnet gjennomsnitt på 74 m³ pr. time (figur 8). Vannforbruket i spisepausen var betydelig lavere. I forhold til produksjonsmengde blir vannforbruket 3.9 m³/tonn råvare og 9.0 m³/tonn filét.

I tabell 5 er stoff-konsentrasjonene i blandprøven etter siling vist. Klorid-konsentrasjonen er lavere her enn ved torske-fileteringen, noe som angir lavere sjøvannsmengder. Videre viser tallene for KOF, tot-P og tot-N lavere andeler i filtrerte prøver, noe som tilsier større muligheter for å ta ut mer stoff av avløpsvannet ved å redusere lysåpningene i sildukene. Hvor små lysåpningene bør være kan avgjøres ved hjelp av en partikkelfordelingsanalyse. Konsentrasjonsnivåene er generelt lavere enn de som er rapportert fra dansk sildefiletering (tabell 1) (VKI 1988, Miljøstyrelsen 1996). Høyere vannforbruk og derved høyere fortykning kan forklare noe av denne forskjellen.

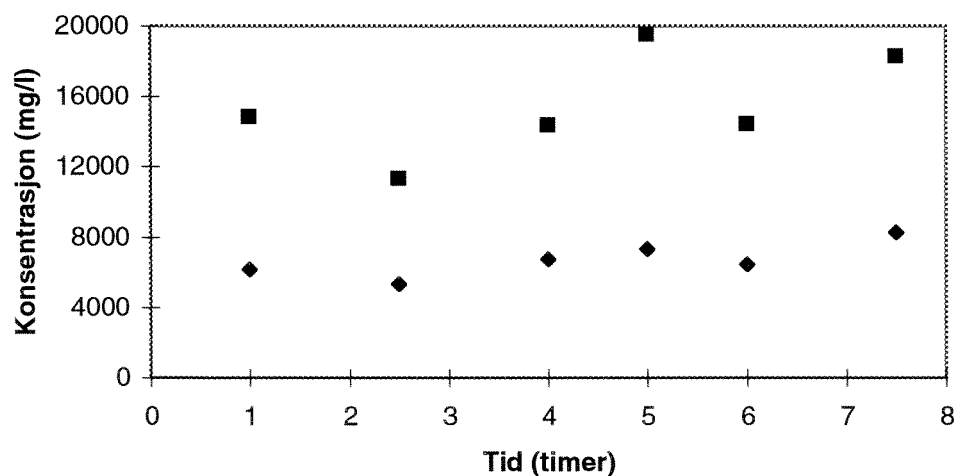


Figur 8. Vannforbruk ved produksjon av sildefilét.

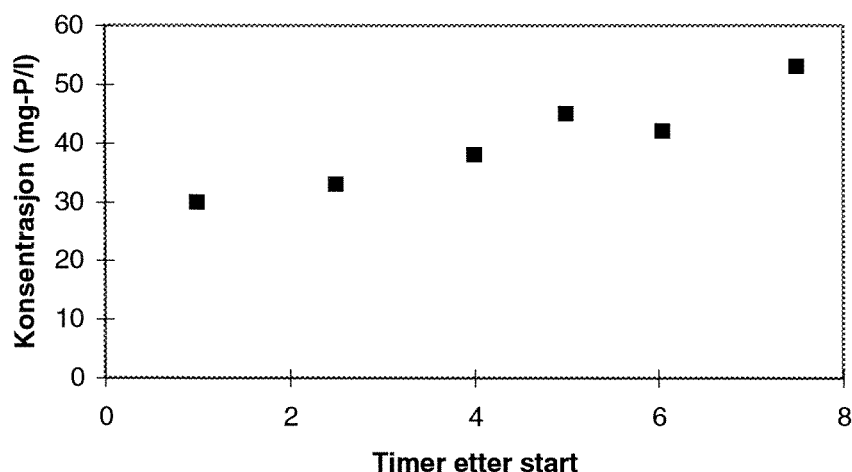
Tabell 5. Konsentrasjoner med hensyn på ulike parametere i blandprøve tatt etter trommelsil (1.5 mm poreåpninger) og fettavskiller i løpet av produksjonen (sildefiletering). Forbehandlet blandprøve er filtrert (0.45 µm) på laboratoriet før analysering, og angir den løste andelen av totalmengden.

Parameter	Blandprøve (totalt)	Forbehandlet blandprøve (løst)	Andel løst
pH	6.6		
Susp. stoff, mg/l	5 890		
Klorid, mg/l	510		
Tot. tørrstoff, mg/l	10 200		
Tot. gløderest, mg/l	1 680		
Tot. org. tørrstoff, mg/l	8 520		
KOF, dikr. mg O/l	10 885	3 660	33.6 %
BOF ₇ , mg O/l	5 520		
Tot-P, mg P/l	129		
Fosfat, mg P/l		61.7	47.8%
Tot-N, mg N/l	725	266	36.7%
Fett, g/l	< 5		

Figur 9 og 10 angir konsentrasjonsnivåene for SS, KOF og $\text{PO}_4\text{-P}$ i stikkprøvene som ble tatt ut til ulike tider i produksjonsperioden i pumpekummen etter siling. Middelerdiene for stikkprøvene var henholdsvis 6723, 15470 og 40.2 mg/l. Variasjonene ligger innenfor 27 % av middelverdiene for samtlige parametere.



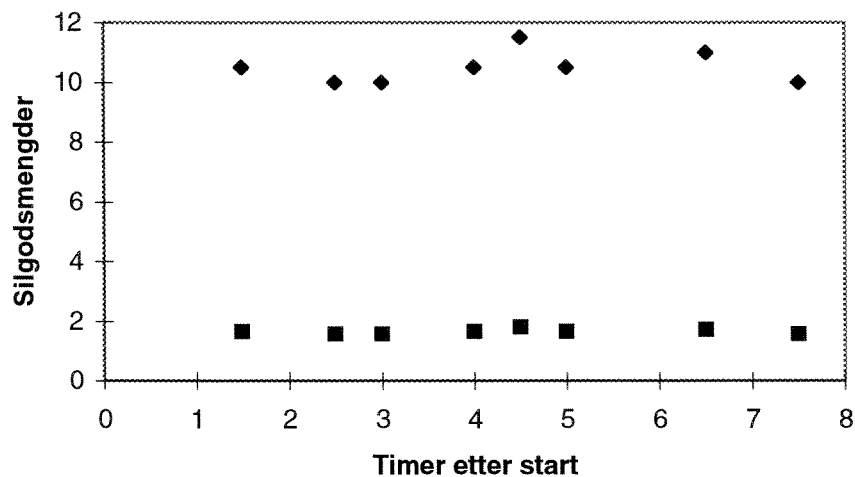
Figur 9. Konsentrasjonsnivåer for SS (◆) og KOF (■) etter trommelsil og fettavskiller i produksjonsperioden.



Figur 10. Konsentrasjonsnivåer for $\text{PO}_4\text{-P}$ (■) etter trommelsil og fettavskiller i produksjonsperioden.

Da det ikke var mulig å få tatt ut prøver før silen, ble det også her lagt vekt på hyppige målinger av silgodsmengder for bestemmelse av silinstallasjonens effekt. I figur 11 framkommer verdier fra 8 målinger fordelt over produksjonstiden. Som tallene antyder, synes silgodsmengden under produksjon å være svært stabil, med et gjennomsnitt på 10.5 liter pr. min. Silgodset hadde et tørrstoffinnhold på 156 gram pr. liter. Tørrstoffet inneholdt 62.5 % protein og 29.5 % fett. I tabell 6 er mengder silgods, tørrstoff, fett og protein pr. tidsenhet og pr. tonn råvare og ferdigvare angitt, med utgangspunkt i 7.5 timers produksjon.

Som tallene viser er det betydelig mengder som tas ut i silen. Normalt vil det kjøres to skift ved bedriften, noe som vil gi en tilnærmet fordobling av silgodsmengden pr. dag.

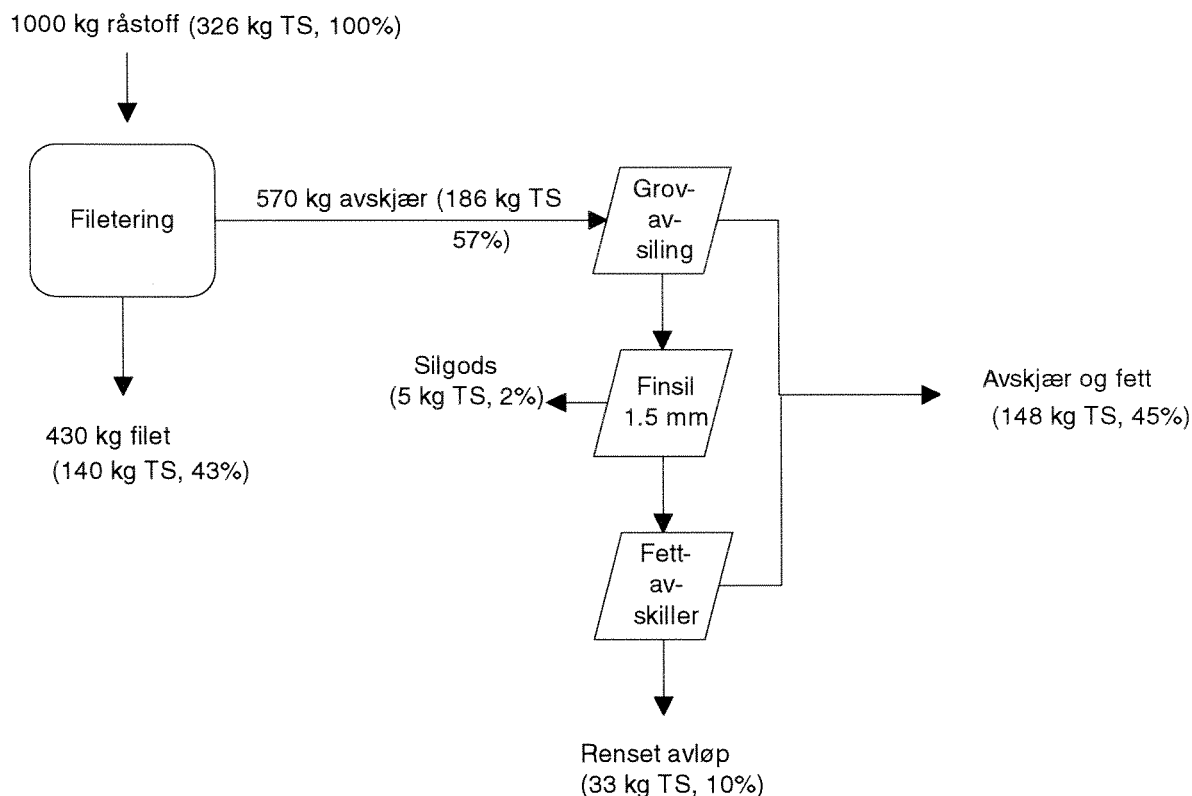


Figur 11. Silgodsmengder i produksjonsperioden, liter pr. min (♦) og kg tørrstoff pr. min (■). Silgodset inneholdt 15.6 % tørrstoff.

Tabell 6. Mengde og sammensetning av silgodset.

Mengder silgods	Pr. min	Pr. dag (ett skift, 7.5 timers produksjon)	Pr. tonn råvare	Pr. tonn ferdigvare
Volum	10.5 l	4725 l	31.9 l	74.2 l
Tørrstoff	1.64 kg	737 kg	5.0 kg	11.6 kg
Fett	0.47 kg	212 kg	1.4 kg	3.3 kg
Protein	1.00 kg	461 kg	3.1 kg	7.3 kg

I figur 12 er det tegnet et flytskjema for tørrstoff (TS). Det viser at av ett tonn sild, med TS innhold på 32.6 % (326 kg), blir 140 kg TS til ferdigprodukt (filét), mens 186 kg går som avskjær med prosessvannet til grovavsiling hvor hovedmengden blir tatt ut. Basert på våre målinger som gir 33 kg TS i utløp etter rensing, tapes ca. 10 % av fiskens opprinnelige tørrstoff- og proteininnholdet i avløpet. Den roterende finsilen tar ut 5 kg TS, d.v.s. 15 % av mengden som føres til utløp etter fettavskiller (33 kg TS). Tilsvarende massebalanse kan gjøres for protein med utgangspunkt i at tørrstoff fra sild inneholder ca. 47 % protein.



Figur 12. Flytskjema for tørrstoff (TS) med utgangspunkt i filetering av 1000 kg rund sild som inneholder 32.6 % TS, d.v.s. 32.6 kg TS (100%).

Forskjellig praksis med hensyn til filetering og håndtering av avskjær synes å gi store utslag på konsentrasjonsnivåene i avløpsvannet, og derved også effekten av rensing med roterende siler med lysåpninger rundt 1 mm. I den tidligere undersøkelsen hvor det ble filetert sløyet og hodekappet oppdretts-laks (Liltved 1997), ble rygger og annet avskjær skilt fra ved maskinene, noe som medførte at avløpsvannet inneholdt lite avskillbare partikler.

En vanligere praksis ved større bedrifter (som ved de to i denne undersøkelsen) er at alt avskjær (inkl. slo og hoder ved sildefiletering), følger avløpsstrømmen til grovseparering med etterfølgende finsiling, og eventuell fettavskilling, før utledning til resipient. En slik praksis kan medføre økt fragmentering og utlekking av stoffer fra avskjæret til vannet. Graden av fragmentering/utlekking vil etter all sannsynlighet være avhengig av tiden avskjæret er i kontakt med vannet, og hydrauliske forhold (turbulens) i avløpsstrømmen. Ved bedriften som fileterer torsk i denne undersøkelsen synes ikke dette å være noe stort problem da oppholdstiden var kort og behandlingen skånsom (ingen pumping mellom filémaskinene og grovsepareringen).

Forhøyede stoffkonsentrasjoner med mer separerbart materiale ved sildefileteringen forklares i første rekke med at silda fileteres rundt slik at slo og hoder, i tillegg til øvrig avskjær, følger med i avløpsstrømmen. Også det faktum at avløpsvannet blir pumpet til toppen av en silo før grovsepareringen finner sted vil sannsynligvis bidra til en viss knusing av slo/avskjær, slik at andelen

partikler som passerer grovavskilleren øker. Noe av dette vil bli tatt ut i den roterende finsilen (1.5 mm), mens resterende går til resipienten.

I tabell 7 er vannmengder og stoffbelastninger pr. tonn råvare og ferdigvare beregnet, samt tørrstoff-tap til avløpet i prosent av TS i råstoffet, ut fra analyseverdiene for blandprøvene som ble tatt i produksjonsperiodene ved de to filéfabrikkene. Vannmengder og stoffbelastninger fra vasking og spyling av maskinelt utstyr, haller, kasser etc. etter produksjonen er ikke medregnet. Tidligere utførte målinger i filéindustrien tyder på at stoffbelastningene under vask er relativt små, selv om vannforbruket kan være betydelig (Byskov og medarb. 1977).

Tabell 7. Vannmengder og stoffbelastninger i avløpet etter siling (hhv 1 og 1.5 mm lysåpninger) pr. tonn råvare (r.v.) (sløyet og hodekappet torsk og rund sild) og ferdigvare (f.v.), samt tørrstoff (TS)-tap i prosent av TS i råstoffet.

	Vannmengde, m ³ /tonn r.v. m ³ /tonn f.v.	BOF ₇ kg/tonn r.v. kg/tonn f.v.	KOF kg/tonn r.v. kg/tonn f.v.	Tot-N kg/tonn r.v. kg/tonn f.v.	Tot-P kg/tonn r.v. kg/tonn f.v.	TS-tap i av- løp i % av TS i råstoff
Filetering av torsk. Stoffmengder målt etter trommelsil (1 mm lysåpninger)	8.2 12.9	9.0 14.2	18.8 29.5	1.16 1.83	0.24 0.38	4.6
Filetering av sild. Stoffmengder målt etter trommelsil (1.5 mm) og fettavskiller	3.9 9.0	21.5 49.7	42.2 98.1	2.83 6.53	0.50 1.16	10

Grovt sett er stoffutslippene fra silde-fileteringen pr. tonn råvare for BOF₇, KOF, tot-P og tot-N dobbelt så høye som utslippene fra torske-filetering. Basert på ferdigvare er stoffutslippene 3.1 - 3.5 ganger høyere ved silde-fileteringen.

4. Referanser

Byskov P., Halvorsen K., og Thorsen T. 1977. Opparbeiding av rensed fisk. Delrapport nr. 4 fra NORDFORSK-prosjektet "Fiskeindustriens vandproblemer". Vandkvalitetsinstituttet, Danmark. 75 s. + vedlegg.

Hjelmar O. og Krogh O. 1978. Vandproblemer i den nordiske fiskeindustri - beskrivelse og sammenfatning. Delrapport nr. 1 fra NORDFORSK-prosjektet "Fiskeindustriens vandproblemer". Vandkvalitetsinstituttet, Hørsholm, Danmark. 41 s.

Halvorsen K. 1984. Vannsparing i filéindustrien. SINTEF-rapport STF21 A84058. 43 s.

Liltved H. 1997. Analyse av avløpsvann fra filé- og rekeindustri. NIVA-rapport LNR 3631-97. 25 s.

Miljøstyrelsen 1996. Oversigt over renere teknologi i fiskeindustrien. Miljøprosjekt nr. 317. Miljø- og Energistyrelsen, København, Danmark. 102 s.

Thorsen T. 1978. Rensing av vann fra fiskeforedling - oppsummering og tekniske konklusjoner. Delrapport nr. 11 fra NORDFORSK-prosjektet "Fiskeindustriens vandproblemer". Vandkvalitetsinstituttet, Hørsholm, Danmark. 45 s.

Thorsen T. 1987. Rensing og gjenvinning av stoffer fra prosessvann i fiskeindustrien - Fase II. Kartlegging av materialstrømmene. SINTEF-notat 215004. 50 s.

VKI 1988. Spildvand fra vegetabilsk og animalsk industri i Danmark. Områderapport. Branchegruppe B: Fisk og skaldyr til konsum. Vandkvalitetsinstituttet, Lyngby, Danmark. 44 s. + vedlegg.

Årbok for norsk kystnæring 1995/96. Kystnæringens forlag & bokklubb, Bergen.

Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås
0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00
Telefax: 22 18 52 00

Ved bestilling av rapporten,
oppgi løpenummer 3773-98

ISBN 82-577-3346-6