

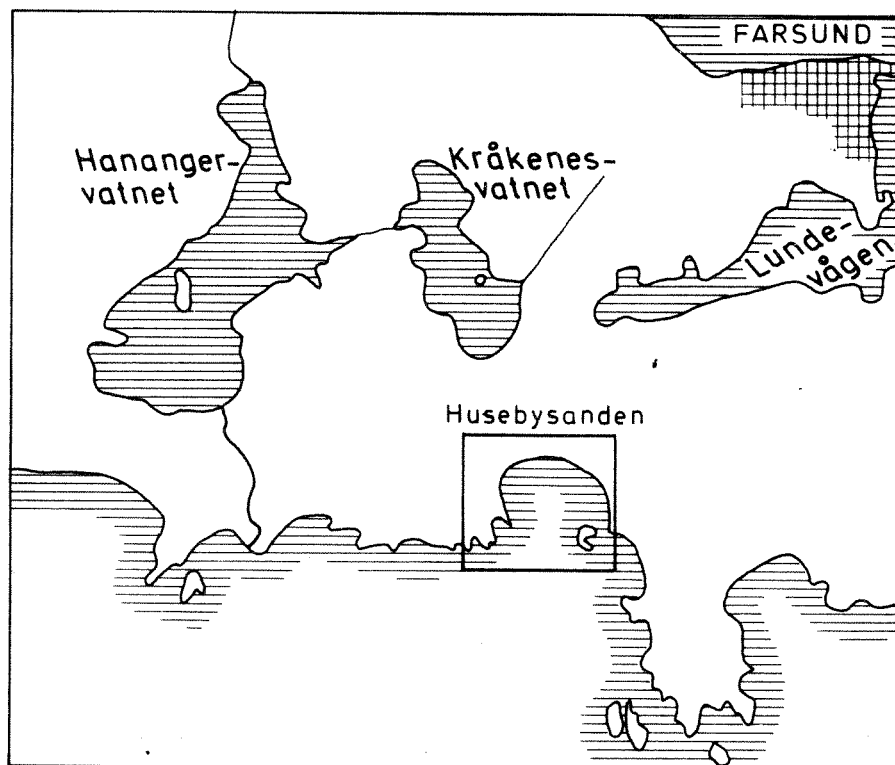
O – 68019

Utslipp av avløpsvann  
fra

Lista Aluminiumverk

Kontrollundersøkelser

1983 – 1984



Tidligere rapporter i denne serien:

Norsk institutt for vannforskning: O-68019  
Utslipp av avløpsvann fra Lista Aluminiumsverk.

- Undersøkelse av biologiske forhold ved Husebysanden 1970-71.  
April 1972, 25 s.
- Kontrollundersøkelser 1972-73. Juli 1973, 13 s.
- Kontrollundersøkelser 1973-74. 28. mai 1975, 48 s.
- Kontrollundersøkelser 1975-78. 15. mai 1979, 28 s.
- Kontrollundersøkelser 1979-80. 20. mai 1981, 21 s.
- Kontrollundersøkelser 1981-82. 25. aug. 1983, 23 s.

# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Hovedkontor      Sørlandsavdelingen      Østlandsavdelingen      Vestlandsavdelingen  
Postboks 333      Grooseveien 36      Rute 866      Breiviken 2  
0314 Oslo 3      4890 Grimstad      2312 Ottestad      5035 Bergen - Sandviken  
Telefon (02)23 52 80      Telefon (041)43 033      Telefon (065)76 752      Telefon (05)25 53 20

Prosjektnr.:	0-68019
Undernummer:	VII
Løpenummer:	1750
Begrenset distribusjon:	

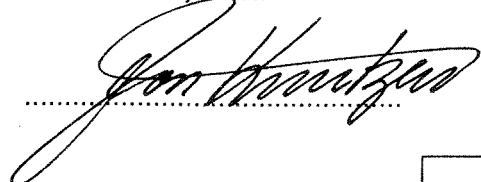
Rapportens tittel: Utslipp av avløpsvann fra Lista Aluminiumverk. Kontrollundersøkelser 1983-1984.	Dato: 6.8. 1985
	Prosjektnummer: 0-68019
Forfatter (e):  Jon Knutzen	Faggruppe: HYDROØKOLOGISK
	Geografisk område: Lista, Vest-Agder
	Antall sider (inkl. bilag): 25

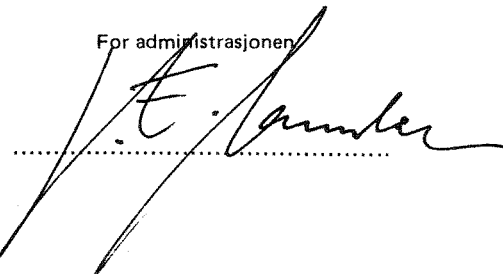
Oppdragsgiver: Lista Aluminiumverk	Oppdragsg. ref. (evt. NTF-nr.):
---------------------------------------	---------------------------------

**Ekstrakt:**  
Effekter av utslipp fra Lista Aluminiumverk er vurdert på basis av observasjoner av avløpsvann, resipientvann, strandflora og -fauna, samt analyse av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og fluor i albuskjell og tang. Avløpsvannet var mindre surt og inneholdt lavere konsentrasjoner av fluorid, muligens også av PAH enn det som er registrert etter 1979. Det er også observert reduserte overkonsentrasjoner av fluorid i tang og artsrikere fjærebeltensamfunn. PAH-innholdet i albuskjell var fremdeles høyt.

4 emneord, norske:
1. Aluminiumverk
2. Resipientundersøkelse
3. Fluorid
4. PAH
5. Marin biologi

4 emneord, engelske:
1. Aluminium smelter
2. Recipient investigations
3. Fluoride
4. PAH
5. Marine biology

Prosjektleder:  


For administrasjonen:  


ISBN 82-577-0942-5

0-68019

UTSLIPP AV AVLØPSVANN FRA LISTA ALUMINIUMVERK

Rapport 7 - Kontrollundersøkelser 1983-1984

Oslo 6. august 1985

Prosjektleder : Jon Knutzen

For administra-  
sjonen : J.E. Samdal

## F O R O R D

Den 7.de rapport om kontrollundersøkelsene i resipientområdet utenfor Lista Aluminiumverk omfatter observasjoner for årene 1983-84. Øvrige rapporter i denne serien er listet på omslagssiden. De biologiske undersøkelsene har med avbrytelser foregått siden 1970, fra 1979 med årlige observasjoner.

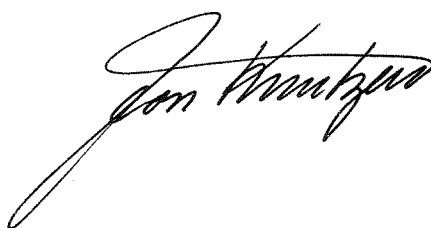
Analysene av avløpsvann er delvis foretatt av bedriften, som også har foreslått innsamling av resipientvann, tang og albuskjell til analyse på fluorinnhold. Fluoranalysene av organismene er i likhet med tidligere undersøkelser utført ved SINTEF (Avd. for teknisk kjemi, seksjon for kjemisk analyse).

Hovedkontakt med oppdragsgiver har vært laboratoriesjef Jan Rob, som også har gitt verdifull bistand ved feltarbeidet.

De innsamlede algeprøver er analysert av lektor Øyvind Wiik, Drammen.

Ved instituttet har Lasse Berglind vært ansvarlig for analysene av polycykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i avløpsvann og organismer.

Oslo, 6. august 1985



## INNHOOLD

	2
1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	4
2. INNLEDNING	6
3. AVLØPSVANNETS OG RESIPIENTVANNETS KJEMISKE OG FYSISKE EGENSKAPER	8
3.1 Tjærestoffer, partikler og toluenløselig materiale	10
3.2 Temperaturøkning	10
4. FLUOR I ORGANISMER	12
5. POLYSYKLISKE AROMATISKE HYDROKARBONER (PAH) I ALBUSKJELL	15
6. OBSERVASJONER I STRANDSONEN	17
6.1 Resultater og diskusjon	18
7. LITTERATURHENVISNINGER	23

## 1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

- I. Kontrollanalyser av avløpsvann og overvåking av sjøvannsresipienten utenfor Lista Aluminiumverk 1983-84 har i likhet med tidligere bestått i årlige befaringsobservasjoner av fjærebeltets organismesamfunn (stasjonsnett, fig. 1), månedlige målinger av bl.a. pH og fluorid på to resipientstasjoner (fig. 1), dessuten månedlige stikkprøver av pH, fluorid og suspendert tørrstoff og gløderest i avløpsvann. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i avløpsvann måles to ganger i året (døgnblandprøver). Det er også gjort analyser på innhold av fluor i tang og albuskjell og av PAH i albuskjell. Bedriften har selv stått for vannanalysene, med unntak for PAH.
- II Avløpsvannets innhold av fluor var uforandret i 1983, men signifikant lavere i 1984 sammenlignet med foregående 4-5 år (kap. 3, tabell 1). Også avløpsvannets surhet var mindre markert i 1984. Belastningen med suspendert stoff har vært omtrent som tidligere.

PAH-belastningen synes å ha gått markert ned, men observasjonshyppigheten er for lav til å kunne si noe sikkert. Middelveiden av toluenløselig materiale (bl.a. PAH) var signifikant lavere i 1983/84 enn i foregående toårsperiode. Samvariasjon mellom PAH og toluenløselig materiale 1979-1984 lot seg ikke påvise.

- III Overkonsentrasjonen av fluor i tang fra resipientområdet lå på 3-5 ganger antatt normalverdi, dvs. bare på omkring halvparten av gjennomsnittet for perioden med nåværende produksjonskapasitet (tabell 3, fig. 2). Reduksjonen var særlig tydelig i 1984. Fluorinnholdet i albuskjell viste små endringer.

Albuskjell og vorteflik har vist seg mindre hensiktsmessige som fluorindikatorer og kan tas ut av overvåkingsprogrammet. Isteden anbefales å utvide vannanalyseprogrammet til også å omfatte innsamlingsstedet for alger, slik at det blir mulig å beregne oppkonsentreringsgrad og dessuten få bedre grunnlag for å bedømme fluorbelastningens influensområde.

- IV PAH-konsentrasjonen i albuskjell fra Husebybukta var lav i 1983 (tabell 4), men på samme nivå som tidligere påfølgende år. Derimot ble det i 1984 observert svakere overkonsentrasjoner ved Havik enn tidligere. For å få definert utslippets influensområde anbefales å analysere PAH i albuskjell fra både Havik og Litlerauna (referansestasjon).
- V Strandsonens algesamfunn syntes i 1984 å vise bedring i forurensningssituasjonen i form av økt artsantall, særlig på den mest utslippsnære stasjonen (fig. 3-4). Imidlertid kan noe av dette skyldes uvanlig gode registreringsforhold, og det trengs ytterligere oppfølging for å bedømme om den positive tendensen vil vedvare og øke. Fremdeles mangler flere arter som opprinnelig var til stede i de berørte samfunn (fig. 4).



## 2. INNLEDNING

Formålet med kontrollundersøkelsene er å følge utviklingen hva angår:

- avløpsvannets sammensetning, særlig mht. innhold av tjærestoffer (polysykliske aromatiske hydrokarboner = PAH) og fluorid
- tilstanden i resipientområdet (Husebybukta, fig. 1).

Etter førundersøkelse i 1970 (Knutzen og Rueness 1972) er det med avbrekk 1975-1977 foretatt årlige marinbiologiske observasjoner i strandsonen (Knutzen 1973, 1979, 1981, 1983, Knutzen og Arnesen 1975). Stasjonene fremgår av fig. 1. Opprinnelig ble innsamling av alger og dyr foretatt med skrape fra land, fra og med 1980 ved snorkeldykking p.g.a. tilbakevendende vanskelige observasjonsforhold forårsaket av bølgeslag.

Analysene av fluor i organismer har i hele undersøkelsesperioden vært utført ved SINTEF (Avd. for teknisk kjemi), Trondheim, etter en patentert, ikke offentlig tilgjengelig metode. Analysene av PAH i avløpsvann ble tidligere utført av SI (Senteret for industriforskning), Oslo; i de par siste år ved NIVA, som også har analysert PAH i organismer. Den gasskromatografiske metoden for PAH-analyser er den samme på de to institutter (Bjørseth et al. 1979, Berglind og Gjessing, 1980).

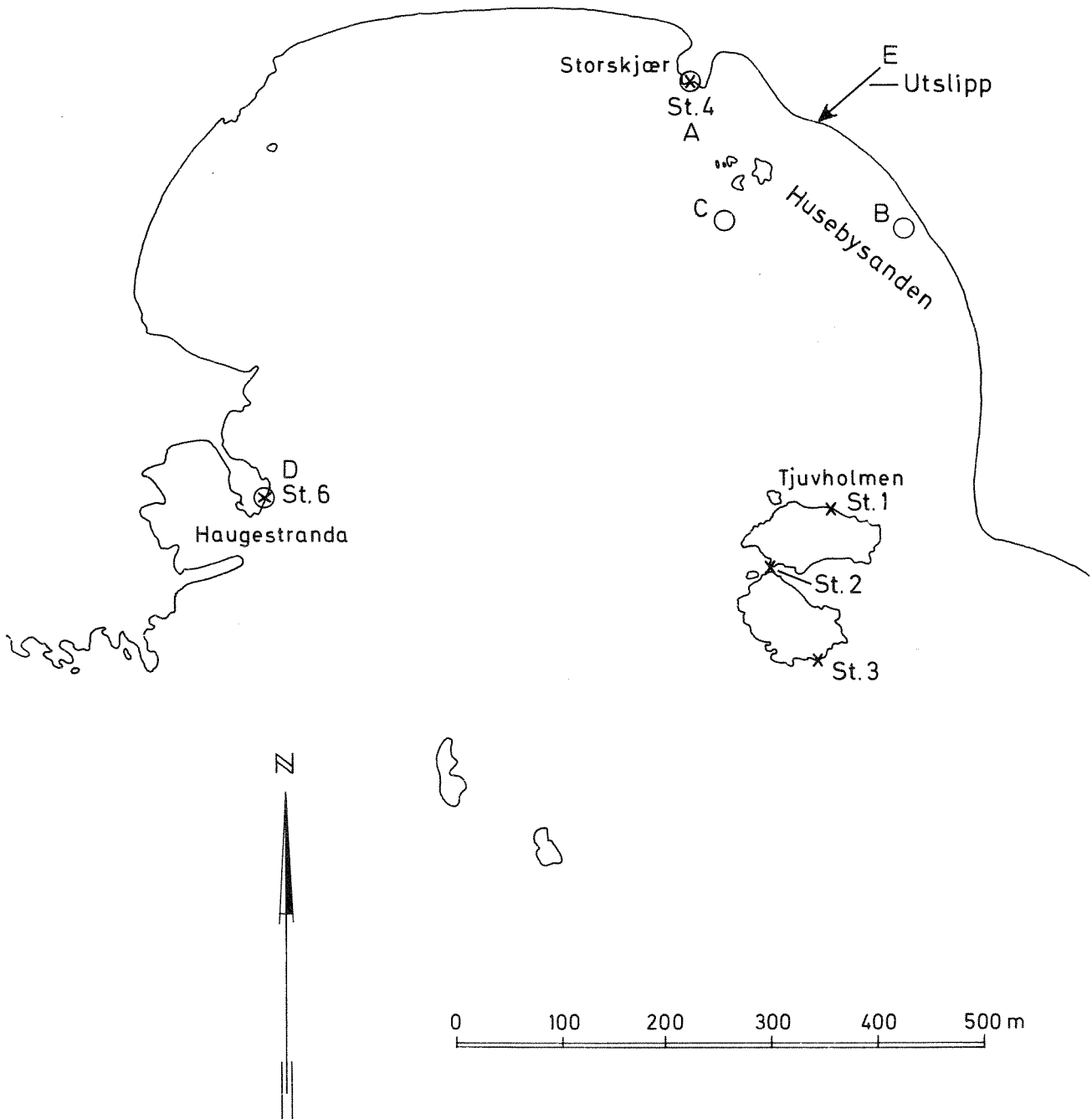
Produksjons- og avløpsforhold er i prinsippet ikke endret siden forrige rapport, men det er fra bedriftens side arbeidet med å begrense utslipp av de delvis kreftfremkallende PAH i arbeidsatmosfæren. Dette skulle samtidig medføre mindre PAH til gassvaskeanlegget og dermed minsket belastning på vannresipienten. Fra 1980 går alt kjølevann fra Kråkenesvatnet også til avløp (ingen retur), men dette utgjør bare en ubetydelig del av avløpsvannstrømmen (2-3 %).

Rapporten behandler data fra årene 1983 og 1984, jevnført med tidligere resultater. Forøvrig bygger vurderingene på analysemateriale og opplysninger fra bedriften. Til fig. 1 (stasjonsnett) kan bemerkes at siden 1974 er det bare lokalitetene i den umiddelbare nærhet av avløpselven (st. A og B) som har vært benyttet til resipientvannanalyser, idet lokalitetene C og D er utelatt.

Fig.1

### HUSEBYSANDEN

Stasjoner for observasjoner av biologiske forhold utenfor  
utslippet fra Lista Aluminiumsverk, 1973 -74 x  
(Bedriftens vannprøvestasjoner A-E ○)



### 3. AVLØPSVANNETS OG RESIPIENTVANNETS KJEMISKE OG FYSISKE EGENSKAPER

Pga. blåskjell-begroing i inntaksledningen til gassvaskeanlegget har avløpsvannmengden vært noe varierende. Fra september 1983 til mars 1984 varierte avløpsvannstrømmen mellom 6600 og 7700 m<sup>3</sup>/t. Etter opprensning i inntaksledningen økte dette til mellom 8000 og 9400, for det meste vel 8500 m<sup>3</sup>/t.

Tabell 1 viser utviklingen mht. pH og konsentrasjoner av fluorid i avløpsvann og resipientvann. Tallene baserer seg på månedlige stikkprøver, og rådata lagres ved bedriften og NIVA.

Avløpsvannet hadde i 1983 omtrent samme pH og fluoridinnhold som i foregående 2-års periode (1981-1982). Derimot ble det en forbedring i 1984 både hva angår pH og fluoridkonsentrasjon. Jevnført med 1982 var denne forskjellen statistisk signifikant på nivå  $p < 0.0001$ .

Et midlere fluorinnhold på 7-8 mg F/l avløpsvann tilsvarer et årlig utslipp i størrelsesorden 500 tonn.

Midlere fluoridinnhold i resipientvannet var i 1983 noe høyere enn i de to foregående år. Det er tidligere påpekt at samsvar mellom avløpsvanndata og resipientobservasjoner ikke kan forventes ved så lav observasjonsfrekvens som 12 stikkprøver pr. år i resipienten (Knutzen 1983). Årsaken er at vannbevegelsen i resipienten er så hyppig skiftende at vind og vær er like avgjørende for konsentrasjonene som avløpsvannets fluoridinnhold.

Tabell 1. Middelverdier og variasjonsområde for fluoridkonsentrasjon og pH i avløpsvann og resipientvann i forskjellige perioder fra januar 1975 til desember 1982.

Tidsrom (antall obs. i avløpsvann) <sup>1)</sup>	Avløpsvann		St. A		St. B	
	pH	mg F/l	pH	mg F/l	pH	mg F/l
Jan.75-Nov.76 <sup>2)</sup> (23 obs.)	7.0 (6.7-7.3)	4.9 (2.6-7.8)	7.8 (7.4-8.0)	2.7 (1.0-5.7)	7.95 (7.6-8.1)	1.85 (0.6-6.2)
Des.76-Nov.78 (26 obs.)	6.9 (6.3-7.2)	7.3 (3.3-12.1)	7.8 (7.5-8.1)	3.8 (1.2-9.2)	7.95 (7.5-8.2)	2.35 (1.0-6.0)
1979 (12 obs.)	6.8 (6.6-7.0)	9.4 (5.6-12.9)	7.7 (7.1-8.0)	4.8 (1.8-12.5)	7.9 (7.4-8.1)	2.8 (1.0-5.6)
1980 (12 obs.)	6.7 (6.3-7.0)	11.6 (8.2-17.3)	7.6 (6.9-8.0)	7.2 (1.4-11.9)	7.9 (7.4-8.2)	3.4 (1.3-8.9)
1981 (12 obs.)	6.8 (6.4-7.1)	11.0 (6.3-18.8)	7.7 (7.1-8.1)	4.7 (1.5-11.8)	7.95 (7.3-8.1)	2.65 (1.5-6.5)
1982 (11-12 obs.) <sup>3)</sup>	6.8 <sup>3)</sup> (6.4-7.1)	10.4 (6.7-13.5)	7.7 <sup>3)</sup> (7.4-7.9)	5.3 (2.1-9.0)	7.85 <sup>3)</sup> (7.4-8.0)	2.55 (1.2-6.4)
1983 (12 obs.)	6.9 <sup>4)</sup> (6.2-7.4)	10.4 (7.4-12.5)	7.7 (6.9-8.0)	5.9 (3.4-10.1)	7.9 (7.3-8.1)	3.2 <sup>5)</sup> (1.1-8.3)
1984 (12 obs.)	7.3 (6.9-7.6)	7.4 (6.3-9.0)	7.8 (7.1-8.1)	4.1 (1.7-8.5)	7.9 (7.1-8.1)	2.8 (1.1-5.8)

- 1) Antall observasjoner i resipientvann kan være 1-2 lavere i hver periode, idet man har enkelte døgnvannprøver fra avløpsvannet.
- 2) Produksjonsutvidelsen i november 1976 medførte økning i avløpsvannmengden fra ca 5600 til ca 8500 m<sup>3</sup>/time (varierende p.g.a. blåskjellbegrøing, se tekst).
- 3) Bare 11 observasjoner av pH på grunn av instrumentfeil i oktober.
- 4) Basert på innhold av løst fluorid (også begynt å registrere fluor bundet til partikler fra september 1983).
- 5) Unntas ekstremverdi på 8.3 mg F/l, blir gjennomsnittet 2.75 mg F/l.

Økt midlere pH og redusert midlere fluoridinnhold i avløpsvannet gjennom 1984 ble gjenspeilet i en tilsvarende utvikling på resipientstasjon A (Storskjær, fig. 1). Imidlertid var forbedringen bare tilsynelatende (ikke statistisk signifikant ved jevnføring av 1984-data med 1981-82).

### 3.1 Tjærestoffer, partikler og toluenløselig materiale

I følge utslippsvilkårene skal det analyseres på innhold av PAH i 2 døgn-blandprøver pr. år. Hovedresultatene 1979-1984 er vist i tabell 2, idet et utvalg av de viktigste forbindelsene er tatt med (rådata oppbevares på bedriften og ved NIVA). Tabell 2 viser også resultatene av analyse på toluenløselig materiale i parallelle prøver.

Avløpsvannets innhold av PAH synes ved de siste analysene å ha gått ned sammenlignet med tidligere. 20-25 µg/l er under halvparten av minimumsverdien fra foregående års målinger. Forandringen kan være et resultat av de ovennevnte tiltak for å bedre arbeidsatmosfæren. Imidlertid er observasjonsfrekvensen for lav til å bedømme om nedgangen er statistisk signifikant. Antas tilnærmet normalfordeling av variasjonen i avløpsvannets sammensetning, trengs minimum 10 analyser pr. år for å kunne jevnføre ett års observasjoner med det foregående. Problemet med lav observasjonshyppighet er påpekt før (Knutzen, 1983).

Av tabell 2 fremgår at forholdet mellom innholdet av toluenløselig materiale og PAH-konsentrasjonen varierer mellom ca 3-20 (frasett ekstremverdien i november 1983). En statistisk analyse viste heller ingen sammenheng mellom de to variable. Manglende samvariasjon kan skyldes varierende innhold av andre upolare stoffer, men også at PAHs partikkeltilknytning gjør det vanskelig å få representative prøver ved såpass moderate konsentrasjoner.

Tørrstoffinnholdet har vært omtrent som tidligere, dvs. ca 15 mg/l, stort sett varierende mellom 10 og 20 mg/l, med enkeltstående høyere konsentrasjoner. Etter rensing av sump i gassvasketårn i mars 1984 synes tørrstoffinnholdet å ha avtatt noe (8-16 mg/l fra mai 1984).

Glødetapet (organisk stoff) utgjorde noe under halvparten av totalt tørrstoffinnhold, dvs. 6-7 mg/l.

Middelverdi og standardavvik for månedlige analyser av toluenløselig materiale 1981-1984 har vært (mg/l):

1981	1982	1983	1984 <sup>1)</sup>
2.35 (1.19)	1.28 (0.72)	0.55 (0.31)	0.55 (0.55)

Både t-test og Mann-Whitney test viste en signifikant forskjell mellom 1983/84 og 1981 (nivå <0.01) og også jevnført med 1982 (nivå 0.01-0.05). Dette gir enda en bekreftelse på minsket midlere innhold av forurensede stoffer i avløpsvannet de to siste år.

### 3.2 Temperaturøkning

Økningen i temperatur fra inntaket i Lundevågen til avløpsvann har i hovedsaken vært 4-6°C, samsvarende med tidligere år. Avløpsvannets maksimaltemperatur er målt til 20-21°C.

---

1) Frasset en episodisk høy konsentrasjon i mars.

Tabell 2. Totalkonsentrasjon og utvalgte komponenter av polysykliske aromatiske hydrokarboner jevnført med toluenløselig materiale i avløpsvann fra gassvaskeanlegg, Lista Aluminiumverk, µg/l.

Stjerner markert svakt (\*) til sterkt (\*\*\*) kreftfremkallende egenskaper etter NAS (1972). Analysene er foretatt ved SI og NIVA (fra og med nov. 1983).

	Ma i 1979	Nov. 1979	Ma i 1980	Nov. 1981	Ma i 1982	Nov. 1982	Ma i 1983	Nov. 1983	Ma i 1984	Nov. 1984
Fluorene							28.4			0.2
Phenanthrene		0.9	<0.6	9.6	0.9	1.0	20.1	0.5	0.4	0.7
Fluoranthene		3.5	1.7	44.0	2.7	6.2	2.6	1.3	0.9	3.7
Pyrene		2.3	1.1	28.0	1.9	2.8	3.6	0.8	1.0	1.2
Benzo(a)fluorene		0.8	3.5	8.2	2.1	3.3	1.3	0.7	-	-
Benzo(b)fluorene		0.8	3.4	6.3	1.4	2.4	1.0	0.7	0.5	-
Benzo(a)anthracene*		3.1	5.6	18.0	2.9	3.8	3.0	1.0	1.0	2.0
Benzo(c)phenanthrene***		-	<0.2	1.4	-	0.5	-	-	-	0.1
Chrysene/Triphenylene*		7.7	12.0	38.0	9.9	11.4	7.4	3.6	2.5	3.8
Benzo(b)fluoranthene**		5.1	6.6	22.0	-	-	4.9	2.6	2.6	4.0
Benzo(j)fluoranthene**		1.0	2.2	7.3	8.9	13.4	3.6	6.5	1.1	1.6
Benzo(k)fluoranthene			2.5	8.3	-	-	1.0	-	-	-
Benzo(e)pyrene*		5.6	3.8	13.0	5.8	5.9	3.3	2.6	2.4	-
Benzo(a)pyrene***		4.6	2.5	11.0	4.5	4.1	3.0	1.9	1.3	2.2
Dibenz(a, c, og/eller a, h) anthracene***	1)									
Andre		0.7	<0.2	1.2	0.9	1.4	-	0.5	-	0.5
Sum PAH <sup>2)</sup> µg/l	179.0	48.0	52.0	268.0	51.4	73.9	95.7	24.7	16.8	26.5
Derav KPAH <sup>3)</sup> µg/l		~11.0	~11.0	~42.0	~14.0	~14.0	~12.0	~6.0	~4.4	~7.2
Prosentandel KPAH		~23	~21	~16	~27	~19	~12	~24	~26	~27
Toluenløselig materiale, µg/l	500	300	300	700	580	600	230	1360(?)	300	530

- 1) Bare dibenz(a,h)anthracene er potensielt sterkt kreftfremkallende. Regnet med 50% av angitt konsentrasjon i sum KPAH.
- 2) Inkluderer en mindre andel (<10%) av heterosykliske forbindelser.
- 3) Sum av forbindelser med moderat (\*\*) til sterkt (\*\*\*) kreftfremkallende egenskaper. Ved flere isomere med ulik cancerogenitet, er det regnet med en forholdsmessig andel av den kreftfremkallende forbindelsen.

#### 4. FLUOR I ORGANISMER

Ved tidligere observasjoner er det påvist en statistisk signifikant økning i fluorinnholdet over tid hos et utvalg av algearter fra Husebybukta (Knutzen 1979, 1980, 1981). Denne forhøyelsen er også dokumentert ved sammenligning med fluorinnholdet i alger fra referanseområder. Ser man bort fra enkelte avvikende og mindre sannsynlige ekstremverdier, forble situasjonen tilnærmet stabil i perioden etter siste produksjonsutvidelse, dvs. i årene 1977-1982 (Knutzen 1983).

I tabell 3 er siste to års observasjoner jevnført med middelverdien for hele perioden fra 1977. Fra 1982 er Litlerauna benyttet som referanseområde istedenfor Havik av praktiske grunner (nødvendig å ha fjernere referanseområde for PAH i organismer, kfr. Knutzen 1983, s. 14-15).

Tabell 3. Fluorinnholdet (mg/kg tørrvekt) i tang og albuskjell fra Haugestranda, Husebybukta og referanseområder 23/8 1983 og 20/8 1984 samt middelverdier og variasjonsområde 1977-1984. Analyser ved SINTEF (årsresultater basert på 2-3 parallellanalyser).

Organismer	Haugestranda			Havik	Litlerauna		
	1983	1984	1977-1984	1977-1981	1983	1984	1982-1984
Vorteflik ( <i>Gigartina stellata</i> )	40,6	38,9	150 (38,9-446*) n=9	28,6 (4,3-88,5*) n=6	9,0	37,4	26,3 (9,0-37,4) n=3
Grisetang ( <i>Ascophyllum nodosum</i> )	42,7	24,4	50,9 (24,4-108) n=10	7,6 (2,6-12,2) n=7	8,4	5,9	6,4 (4,8-8,4) n=3
Sagtang ( <i>Fucus serratus</i> )	52,7	27,3	79,0 (26-282*) n=10	12,3 (4,8-29,7) n=7	8,5	6,1	8,1 (6,1-9,7) n=3
Fingertare ( <i>Laminaria digitata</i> )	34,4	26,7	44,7 (22-114) n=10	8,1 (4,3-14,1) n=7	7,4	5,9	7,6 (5,9-9,5) n=3
Albuskjell, bløtdeler ( <i>Patella vulgata</i> )	90,4	110,0	93,1 (62-156) n=7	81,1 (42-118) n=4	80,1	92,1	81,2 (71,3-92,1) n=3
Albuskjell, skall	170	161	162,6 (144-190) n=7	133,8 (129-136) n=4	137	139	136 (132-139) n=3

\* Tvilsom verdi



Av tabellen ses at de to siste års fluorinnhold i tang fra resipient-området synes å være lavere enn tidligere i perioden fra 1977-1984. Forskjellen er illustrert ved fremstillingen i fig. 2, der det er foretatt sammenligning med middelverdier for årene frem til og med 1982.

For alle artene unntatt vorteflik synes det særlig å ha vært en nedgang i 1984. Dette samsvarer med den minskede fluorbelastning siste år. Imidlertid er det foreløpig ikke grunnlag for en statistisk vurdering av materialet.

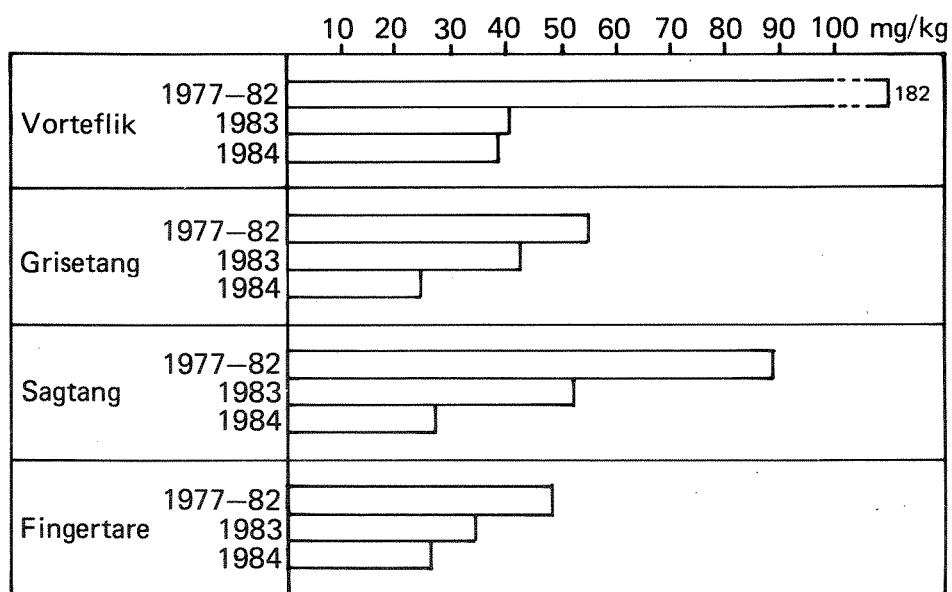


Fig. 2 Fluorinnhold i tang fra Haugestranda, Husebybukta i 1983-84 jevnført med middelverdi for 1977-82, mg/kg tørrvekt.

Det ses at selv om nedgangen antas å være reell, var fluoridinnholdet i algene fra Haugestranda (unntatt vorteflik) omkring 5 ganger høyere enn i materialet fra referanseområdene.

Andre opplysninger om bakgrunnsnivåer av fluor i tang enn de som skriver seg fra Havik er fremdeles sparsomme i henhold til en nylig gjennomgåelse av litteraturen (Knutzen 1985).

Erfaringene med vorteflik som indikatororganisme er tvilsomme (uforklarlige ekstremverdier på bl.a. referanselokaliteten, jfr. Knutzen 1981, 1983). I tillegg kommer risikoen for sammenblanding med krusflik. Det vil derfor neppe være noe tap for overvåkingsprogrammet å sløyfe analyser av vorteflik.

Dataene for fluorkonsentrasjonene i albuskjell er i samsvar med tidligere observasjoner. Selv om den moderate forskjellen i skallenes fluorinnhold sannsynligvis er reell (kfr. Knutzen 1981), synes det unødvendig å beskatte bestanden når det er åpenbart at algene er like gode eller bedre indikatorer på fluorbelastningen. Det anbefales derfor at fluoranalyser av albuskjell utgår.

Det ville styrke kontrollundersøkelsen om det også ble foretatt analyse av fluoridinnholdet i vann fra den del av resipientområdet der algene samles inn. Både vann- og algedata hadde muliggjort korrelasjonsanalyse og beregning av oppkonsentreringsfaktor. Derved hadde det også blitt sikrere grunnlag for eventuell bedømmelse av fluoridutslippets influensområde.

## 5. POLYSYKLISKE AROMATISKE HYDROKARBONER (PAH) I ALBUSKJELL

Tabell 4 gir en fremstilling av utviklingen over tid m.h.t. PAH-innhold i albuskjell fra 1978, da denne del av kontrollundersøkelsen startet. Etter orienterende analyser også av tang (Knutzen, 1979) ble det funnet tilstrekkelig å følge nivåene i albuskjell.

På grunn av at påvirkningen fra PAH-delen av utslippet synes å strekke seg lenger enn Havik (Knutzen 1981, Knutzen og Sortland 1982), er det også samlet inn materiale fra andre stasjoner som sammenligningsgrunnlag. Mistanke om at en lokalitet ved Snekkestø ytterst i Fedafjorden kunne være noe påvirket fra Øye Smelteverk foranlediget innsamling av albuskjell fra Litleråuna, der det imidlertid har vært delvis vanskelig å få tak i skjell. Senere analyse av PAH i albuskjell fra flere steder i Fedafjorden (Statlig program for forurensningsovervåking under bearb.), viste bare svak overkonsentrasjon så langt ut. (Forholdene kan imidlertid ha vært annerledes i 1980-81, ved siden av muligheten for rent episodisk påvirkning ved tilfeldige lokale utslipp.)

Av tabell 4 fremgår at PAH-konsentrasjonene i 1983 var lavest blant alle de foretatte registreringer, mens 1984-nivået var omtrent som tidligere år. På grunn av lav observasjonsfrekvens har det begrenset hensikt å betrakte disse svingningene i lys av avløpsvanndata. Hvis de målte PAH-konsentrasjoner i avløpsvann fra 1983-84 (jfr. kap. 3.2) skulle være representative, kunne man ha forventet minsket PAH-innhold i skjell begge år. Imidlertid er representativiteten som nevnt usikker, og dertil kommer virkninger av mulige episoder med støtutslipp. (Rengjøring av "sumpen" i gassvaskeanlegget mars 1984 er et mulig eksempel på slike episoder med uberegnelig effekt på skjellenes PAH-innhold.)

Tabell 4. Ca konsentrasjoner av PAH, sum av moderat til sterkt kreftfremkallende forbindelser (KPAH) og benzo(a)pyrene (B(a)P) i albuskjell fra Husebybukta (Y. Tjuvholmen) og referansestasjoner 1978-84. Konsentrasjoner i mg/kg tørrvekt. Ca avstand fra utslipp.

		Husebybukta 0,5 km	Havik 3 km	Litlerauna 10 km	Snekkestø 25 km
Tot. PAH	1978	141,8-175,5	7,8-15,5		
	1980	51,1	5,9		4,6
	1981	150,8	9,2		2,0
	1982	103,8			
	1983	37,4		0,86	
	1984	119,4	1,6		
KPAH <sup>1)</sup>	1978	~2,9	~0,05-0,22		
	1980	~2,4	~0,22		~0,06
	1981	~5,2	~0,15		~0,07
	1982	~4,3			
	1983	~1,7		~0,08	
	1984	~3,7	~0,03		
B(a)P	1978	0,40	0,03		
	1980	0,37	0,06		-
	1981	0,90	-		-
	1982	0,15			
	1983	0,22		0,04	
	1984	0,57	~0,01		

1) KPAH = sum av forbindelser med moderat (\*\*) til sterkt (\*\*\*) kreftfremkallende egenskaper i henhold til U.S. National Academy of Science (NAS, 1972). De forbindelser det dreier seg om her er: benzo(c)fenantren (\*\*\*), benzo(b)fluoranten (\*\*), 50% av sum benzo(j,k)fluoranten (\*\*), benzo(a)pyren (\*\*\*) og dibenz(a,h)antracen (\*\*\*). (En ekstremverdi av denne forbindelse - ca 8% av tot PAH i skjell fra Husebybukta 1980 - er ikke regnet med.)

Dataene fra Havik 1984 antyder at belastningen kan ha avtatt, idet skjellenes innhold av PAH var vesentlig lavere ved siste års observasjon enn i 1980-81.

I likhet med tidligere var det forholdsmessig mindre av potensielt kreftfremkallende forbindelser i albuskjell enn i avløpsvann (2-5% mot vel 20%).

For å følge med i utviklingen over tid og få en god dokumentasjon av PAH-utslippets influensområde, anbefales å analysere skjell både fra Havik og Litlerauna (eller et annet fjerntliggende område).

## 6. OBSERVASJONER I STRANDSONEN

Tidligere observasjoner har vist en negativ utvikling for livet i strandsonen på de utslippsnærmeste stasjonene, særlig st. 4 Storskjær (fig. 1), men også på st. 1, I Tjuvholmen og st. 2 Tjuvholmeidet (Knutzen og Rueness 1972, Knutzen 1973, 1975, 1979, 1981). I 1981-82 ble det også observert svake (usikre) tegn til forringelse av samfunnet lenger vekk fra utslippet, dvs. på st. 6 Haugestranda (Knutzen 1983). Denne negative utvikling har tatt form av at enkelte arter har forsvunnet og andre har fått tydelig redusert forekomst. Effekten har ikke latt seg knytte til en bestemt faktor; snarere til den kombinasjon av fysiske og kjemiske påkjenninger som avløpsstrømmen representerer, herunder episodisk større belastning enn til vanlig.

Som diskutert nærmere i de forrige rapporter (Knutzen 1981, 1983), er det enkle undersøkelsesopplegget ledsaget av usikkerhet mht. å bedømme resultatene. Dette skyldes særlig at observasjonsforholdene kan være negativt influert av bølgebevegelser (bl.a. med ledsagende grumsing), slik at små arter i lav forekomst kan bli oversett.

I 1983 og 1984 er det fulgt samme fremgangsmåte som i de senere år (fra 1980), dvs. innsamling ved snorkeldykking. Mens observasjonene i 1983 ble delvis vanskeliggjort av været, særlig på Storskjær, var det i 1984 uvanlig gunstige forhold. Artenes relative mengdemessige forekomst er bedømt etter en skjønsmessig skala:

- 5: Dominerende
- 4: Hyppig
- 3: Vanlig
- 2: Sparsom
- 1: Sjelden
- +: Forekommer

På grunnlag av erfaringene fra tidligere år ble det valgt å utelate st. 2 Tjuvholmeidet fra observasjonene (kfr. stasjonsnett, fig. 1), og heller konsentrere seg om registreringene på de øvrige lokalitetene.

## 6.1 Resultater og diskusjon

Resultatene er fremstilt i tabell 5, som viser alle registrerte arter ned til vel 1 meters dyp. Fig. 3 viser fordelingen med hensyn på antall algearter tilhørende de tre klassene rødalger, brunalger og grønnalger, og fig. 4 gir en fremstilling av utviklingen over tid, basert på forekomst av utvalgte arter fra 1970. Fremstillingen i fig. 4 omfatter bare de mer fremtredende arter, og en del forutsetninger og feilkilder er omtalt i en foregående rapport (Knutzen 1981).

Hovedkonklusjonen som kan trekkes ut av tabellen og de to figurene er at det synes å ha funnet sted en bedring. Mest markert var dette på st. 4 Storskjær, men positive tegn var også til stede på st. 1. Indre Tjuvholmen og delvis på st. 6 Hagestranda.

Forbedringen i livsvilkårene for alger ytrer seg mest ved at det enten ble registrert et høyere antall arter enn noen gang tidligere (st. 4) eller på flere år (st. 1). Gjenkomst av forsvunne arter ble derimot bare registrert i begrenset grad. Foreløpig må det derfor tas det forbehold at mesteparten av det økte artsantall kan skyldes sporadisk forekommende arter (for Storskjærs vedkommende dessuten de eksepsjonelt gode observasjonsbetingelsene i 1984). I denne forbindelse er det verd å understreke at de vanligste tangartene fremdeles manglet på I. Tjuvholmen, og at det samme gjalt albuskjell og bl.a. kalkalgen Phymatolithon (slett rugl) på Storskjær (kfr. fig. 4).

Den tilsynelatende forbedringen kan ses i sammenheng med de igangværende bestrebelser i retning av bedre driftsforhold og sannsynligvis reduserte utslipp (kfr. kap. 3). Fortsatte registreringer trengs for å si noe mer bestemt om tendensen vil vedvare og om det kan forventes en full restaurering av strandsamfunnene på Storskjær og I. Tjuvholmen. Ut fra den negative tendensen frem til 1982, vil en fortsatt positiv utvikling etter all sannsynlighet avhenge av at man lykkes i å minske både det jevne utslippet og episodiske påkjenninger.

Tabell 5. Organismer i strandsonen ned til ca 1 m dyp, Husebysanden, Lista 6-7/9 1983 og 4/9 1984. Subjektiv skala for mengdemessig forekomst: se tekst.

ORGANISMER	STASJONER		St.1 I.Tjuvholmen		St.3 Y.Tjuvholmen		St.4 Storskjør		St.6 Haugestranda	
	1983	1984	1983	1984	1983 <sup>1)</sup>	1984	1983	1984		
<b>LICHENES (LAV)</b>										
<i>Anaptychia fusca</i>	3	3	3	3						
<i>Caloplaca cf. marina</i>	2/3	2	2/3	3	2	1/2	2/3	2/3		
<i>Lecanora sp.</i>	4	4	4	3			3	+		
<i>Ramalina siliquosa</i>	3	2	4	3/4			3	2		
<i>Rhizocarpon sp.</i>	+	3	2/3	?				3/4		
<i>Verrucaria maura</i>	3	2/3	3/4	4		1/2	3/4	3		
<i>Xanthoria parietina</i>	4	4	4	4	3	2/3	4	4		
<b>CYANOPHYCEAE (BLAGRØNNALGER)</b>										
<i>Calothrix scopulorum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Gloeocapsa crepidinum</i>	+									
<i>Lyngbya confervoides</i>	3/4	2/3	2/3	+	+	+	+	3		
<i>L. infixa (epifytt)</i>	+		+	+				+	+	
<i>Phormidium fragile</i>							+			
<i>Plectonem battersii</i>	+	+	+		4	3	4	+		
<i>P. norvegicum</i>	3	+	+		+	+	+	+		
<b>RHODOPHYCEAE (RØDALGER)</b>										
<i>Acrochaetium secundatum</i>							3			
<i>Ahnfeltia plicata</i>	3	1/2	3	+			+	+	+	
<i>Audouinella sp.</i>	+	+	+	+			3	+		
<i>Bonnemaisonia hamifera (tetrasporofytt)</i>	3	4	2/3	2			+	2/3	2	
<i>Callithamnion hookeri</i>										
<i>Ceramium rubrum</i>	2	+	4	3			+	3	3/4	
<i>C. strictum</i>	+	+	+	+						
<i>Chondrus crispus</i>	+	2	3	3				3	2	
<i>Corallina officinalis</i>			1							
<i>Erythrotrichia carnea</i>	+	+	+	+				+	+	
<i>Furcellaria lumbricalis</i>		?		?						
<i>Gigartina stellata</i>	+	+		2			2/3	2	2/3	
<i>Hildenbrandia prototypus</i>			3	3			+	2/3	2/3	
<i>Phyllophora pseudoceranoides</i>			2/3	2/3						
<i>Phymatolithon lenormandii</i>			2/3	3				3	3	
<i>Plocamium cartilagineum</i>								+		
<i>Polysiphonia urceolata</i>								+		
<i>Porphyra umbilicalis</i>			1	1			2/3		+	
<i>Rhodochorton purpureum</i>		+				3	3	+	+	
<b>PHAEOPHYCEAE (BRUNALGER)</b>										
<i>Ascophyllum nodosum</i>			2/3	2						
<i>Ectocarpus siliculosus</i>	3	4	3	3			+	+	+	
<i>Elachista fucicola</i>			2							
<i>Fucus serratus</i>			4	4				3	2/3	
<i>F. vesiculosus</i>			3	3				+ <sup>2)</sup>		
<i>Laminaria digitata</i>	+ <sup>3)</sup>	+ <sup>3)</sup>	4	4			2 <sup>3)</sup>	4	4	
<i>L. saccharina</i>			3	3			+	2/3	2/3	
<i>Sphacelaria sp.</i>								+	+	

STASJONER ORGANISMER	St.1 I.Tjuvholmen		St.3 Y.Tjuvholmen		St.4 Storskjær		St.6 Haugestranda	
	1983	1984	1983	1984	1983	1984	1983	1984
CHLOROPHYCEAE (GRØNNALGER)								
Acrosiphonia centralis						+		
Cladophora rupestris	4	4	3	3		1/2	4	3
C. cf. sericea	+		+	+		+		2/3
Enteromorpha cf. clathrata		}		}			}	
E. cf. compressa			4		4	2/3		4
E. intestinalis	4		4	4				4
Rhizoclonium implexum	+			+		+		
Ulva lactuca	3	4	3	3/4		4	4	4
Ulothrix sp.	+		+			+	+	
Urospora penicilliformis					+			
BACILLARIOPHYCEAE (DIATOMEER)								
Div. uidentfiserte		4		4				4
FAUNA (DYR)								
Balanus balanoides			3	2				
Carcinus maenas	+					+	+	+
Littorina littorea				3/4				+
L. saxatilis	3/4	3/4	3/4	4/5		+	3/4	+
Littorina sp.								
Patella vulgata			2	+			+	+
Spirorbis borealis			3	3				

- 1) Vanskelige observasjonsforhold pga bølger. Ikke snorkeldykket
- 2) Små eksemplarer innenfor neset (men på utsiden av molo)
- 3) Små eksemplarer



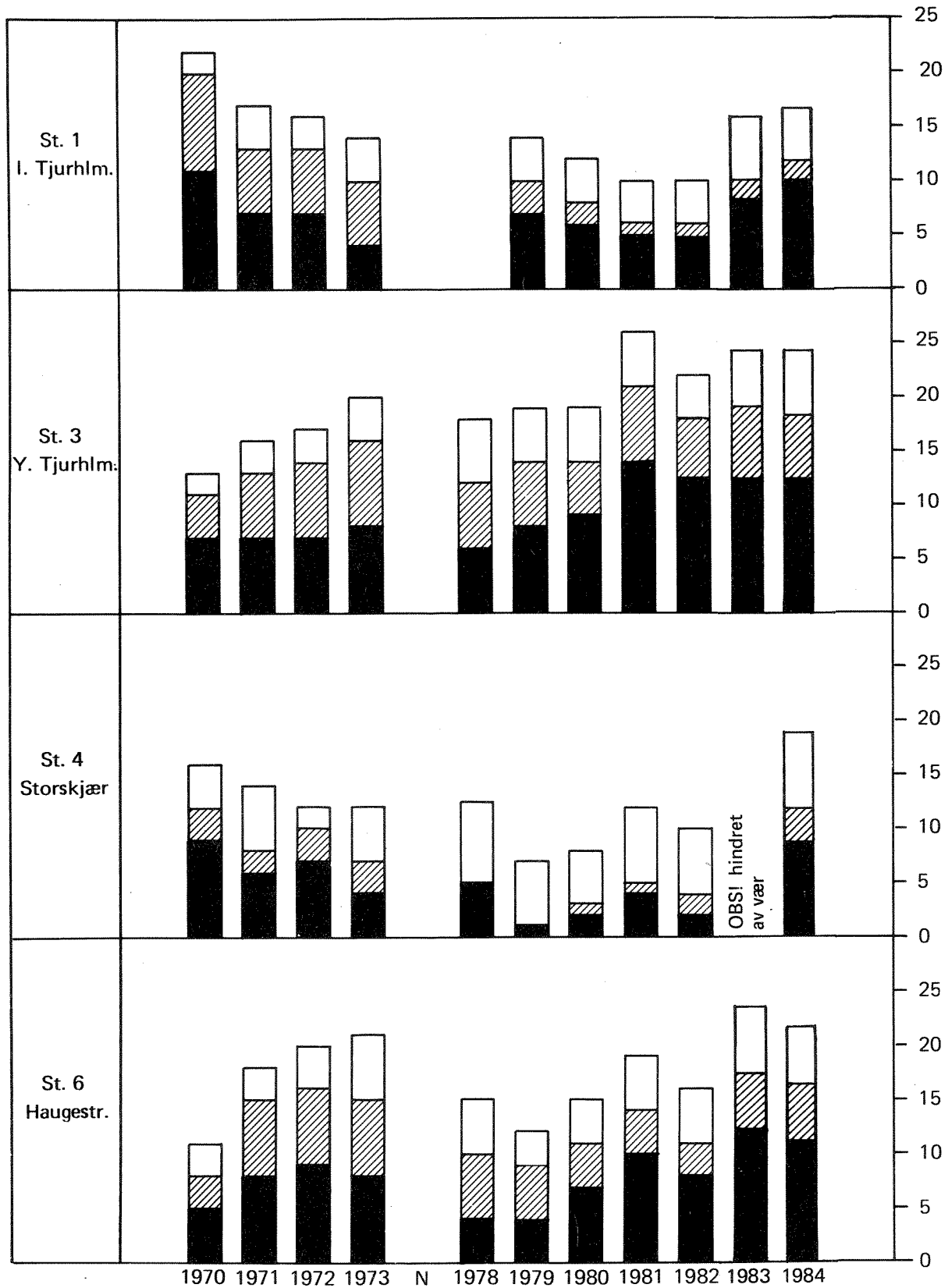


Fig. 3 Antall arter av grønnalger , brunalger og rødalger på ulike stasjoner.

St.	Organismer	1970	1971	1972	1973	1974	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
St. 1	Cyanophyceae	Ingen reg. -----											
	Ceramium spp.	-----											
	Chondrus crispus	-----											
	Corallina officinalis	-----											
	Gigartina stellata	-----											
	Hildenbrandia prototypus	-----											
	Porphyra umbilicalis	-----											
	Ascophyllum nodosum	-----											
	Fucus serratus	-----											
	Fucus spiralis	-----											
	Fucus vesiculosus	-----											
	Laminaria digitata	-----											
	Enteromorpha spp.	? -----											
	Ulva lactuca	----- ?											
Littorina spp.	-----												
Patella vulgata	-----												
St. 3	Cyanophyceae	Ingen reg. ----- Ingen r. -----											
	Ceramium spp.	-----											
	Chondrus crispus	-----											
	Corallina officinalis	----- ? ----- ?											
	Hildenbrandia prototypus	----- ? -----											
	Phymatolithon lenormandii	-----											
	Porphyra umbilicalis	-----											
	Ascophyllum nodosum	? -----											
	Fucus serratus	-----											
	Fucus vesiculosus	-----											
	Enteromorpha spp.	-----											
	Ulva lactuca	-----											
	Littorina spp.	-----											
	Patella vulgata	-----											
St. 4	Cyanophyceae	Ingen r. ----- Ingen r. -----											
	Ceramium spp.	-----											
	Chondrus crispus	-----											
	Corallina officinalis	-----											
	Gigartina stellata	-----											
	Hildenbrandia prototypus	----- ? -----											
	Phymatolithon lenormandii	-----											
	Porphyra umbilicalis	-----											
	Laminaria digitata	----- ? -----											
	Enteromorpha spp.	-----											
	Ulva lactuca	-----											
	Littorina spp.	-----											
	Patella vulgata	-----											
	St. 6	Cyanophyceae	Ingen reg. ----- Ingen r. -----										
Ceramium spp.		-----											
Chondrus crispus		-----											
Corallina officinalis		-----											
Gigartina stellata		-----											
Hildenbrandia prototypus		----- ? ? ----- ?											
Phymatolithon lenormandii		Ingen reg. -----											
Porphyra umbilicalis		-----											
Fucus serratus		-----											
Fucus vesiculosus		-----											
Enteromorpha spp.		-----											
Ulva lactuca		-----											
Littorina spp.		-----											

5/4: ■ 3: ■ 2: ■ 1/+ : - - - - ? : Usikker observasjon

Fig. 4 Forekomst 1970-1984 av utvalgte arter og organismegrupper fra Husebysanden, Lista. Subjektiv mengdeskala (kfr. tekst).

## 7. LITTERATURHENVISNINGER

Berglind, L. og Gjessing, E. 1980. Utprøving av analysemetoder for PAH og kartlegging av PAH-tilførsler til norske vannforekomster. NIVA-rapport A3-23, 27/3 1980. 48 s.

Knutzen, J. 1973. Utslipp av avløpsvann fra Lista Aluminiumverk. Kontrollundersøkelser 1971/73. Rapport 0-19/68 (II) fra Norsk institutt for vannforskning, juli 1973.

Knutzen, J. 1979. Utslipp av avløpsvann fra Lista Aluminiumverk. Kontrollundersøkelser 1975-1978. Rapport 0-68019 (IV) fra Norsk institutt for vannforskning, 15.5. 1979. 28 s.

Knutzen, J., 1980. Effekter av fluorid og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) fra et aluminiumsverk med sjøvannsvasking av røykgasser S. 69-76 i K. Pedersen (red.) Norsk institutt for vannforskning. Årbok 1979. Oslo, 109 s.

Knutzen, J. 1981. Utslipp av avløpsvann fra Lista Aluminiumverk. Kontrollundersøkelser 1979-1980. Rapport 0-68019 (V) fra Norsk institutt for vannforskning, 20.5. 1981. 21 s.

Knutzen, J. 1983. Utslipp fra Lista Aluminiumverk. Kontrollundersøkelser 1981-1982. Rapport 0-68019 (VI) fra Norsk institutt for vannforskning, 25.8. 1983. 23 s.

Knutzen, J. 1985. "Bakgrunnsnivåer" av utvalgte metaller og andre grunnstoffer i tang. Øvre grense for normalinnhold, konsentrasjonsfaktorer, naturbetingede variasjoner, opptaks- og utskillelsesmekanismer. Rapport 83091/8460002 fra Norsk institutt for vannforskning. Under trykking.

Knutzen, J. og Arnesen, R.T. 1975. Utslipp av avløpsvann fra Lista Aluminiumverk. Kontrollundersøkelser 1973/74. Rapport 0-19/68 (III) fra Norsk institutt for vannforskning. 48 s.

Knutzen, J. og Rueness, J. 1972. Utslipp av avløpsvann fra Lista Aluminiumverk. Undersøkelser av biologiske forhold ved Husebysanden 1970-71. Rapport 0-19/68 (I) fra Norsk institutt for vannforskning, april 1972. 25 s.

Knutzen, J. og Sortland, B. 1982. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in some algae and invertebrates from moderately polluted parts of the coast of Norway. Water Res. 16(4): 421-428.

NAS (National Academy of Science) 1972. Particulate Polycyclic Organic Matter. Washington DC, 361 s.